CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN ENTRE
LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO Y
EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

# ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉRMICO GENERADO POR LOS POZOS DE CLIMATIZACIÓN EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Instituto Geológico y Minero de España

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

**CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN ENTRE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO Y EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

# ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉRMICO GENERADO POR LOS POZOS DE CLIMATIZACIÓN EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD
Instituto Geológico y Minero de España

# ÍNDICE

**1. RESUMEN ..... 1**

**2. INTRODUCCIÓN ..... 5**

Preámbulo ..... 5

Objetivos ..... 6

Difusión de resultados ..... 8

Equipo de trabajo ..... 10

Agradecimientos ..... 11

**3. EL APROVECHAMIENTO GEOTÉRMICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS ..... 13**

El calor terrestre y los recursos geotérmicos ..... 13

Energía geotérmica somera ..... 16

Aprovechamiento de la energía geotérmica somera ..... 19

1. La bomba de calor ..... 19
2. La bomba de calor en Europa y España ..... 21

Sistemas de captación de energía geotérmica de muy baja temperatura ..... 24

Ventajas y aplicaciones de la energía geotérmica ..... 28

1. Ventajas ..... 28
2. Aplicaciones ..... 29

El papel de los acuíferos en el aprovechamiento de la energía geotérmica somera ... 30

**4. LA EXPLOTACIÓN GEOTÉRMICA DEL ACUÍFERO URBANO DE ZARAGOZA ..... 37**

Introducción ..... 37

Inventario de puntos de agua ..... 38

Usos urbanos del agua subterránea ..... 43

Demanda y consumo urbano de agua subterránea ..... 45

Catálogo de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas ..... 51

1. Características de los sistemas de climatización ..... 64
2. Características de los pozos ..... 67
3. Características del vertido ..... 71
4. Temperaturas del agua y descripción del impacto térmico ..... 74

**5. ACTUACIONES PARA EL CONTROL DEL ACUÍFERO URBANO ..... 77**

Diseño de una Red de Control Geotérmica ..... 77
1. Red de Control Geotérmica Tipo 1 ..... 81
2. Red de Control Geotérmica Tipo 2 ..... 81
Construcción y acondicionamiento de la red de control ..... 81
1. Construcción de los piezómetros IGME ..... 81
2. Colocación de tubería piezométrica ..... 84
3. Nivelación ..... 85
Ejecución de ensayos ..... 86
1. Ensayos de inyección ..... 87
2. Ensayos de dilución ..... 87
3. Reinterpretación de ensayos de bombeo ..... 88
Control de la red ..... 89
1. Registros de nivel y parámetros fisicoquímicos ..... 89
2. Control hidroquímico ..... 90
Modelización ..... 90
1. Información y datos ..... 91
2. Modelos previos o de escala local ..... 92
3. Modelos globales y de escala regional ..... 93

**6. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL ACUÍFERO URBANO. PARÁMETROS HIDRÁULICOS ..... 97**

Introducción ..... 97
El acuífero aluvial urbano de Zaragoza ..... 98
Reinterpretación de ensayos de bombeo ..... 100
Ensayos de dilución ..... 107
Ensayos de inyección ..... 112
Resumen y conclusiones ..... 116

**7. CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉRMICO ..... 119**

Temperatura del agua subterránea ..... 119
1. Pozos y captaciones ..... 119
2. Piezómetros IGME ..... 126
3. Caracterización térmica 3D ..... 134
Impacto térmico de los sistemas geotérmicos abiertos ..... 137
1. Análisis del riesgo de autointerferencia térmica ..... 137
2. Otros aprovechamientos y el riesgo de impacto térmico ..... 147
3. Valoración de la contaminación térmica ..... 149
Otros impactos generados por los pozos de climatización ..... 159

**8. RELACIONES RÍO ACUÍFERO ..... 167**
Introducción ..... 167
Metodología ..... 168
1. Monitorización ..... 168
2. Modelo conceptual y calibración ..... 170
Propagación de la recarga a través del acuífero ..... 173
Conclusiones ..... 176

**9. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ZARAGOZA ..... 177**
Introducción. Algunas definiciones previas ..... 177
Metodología. Red de control Geotérmica ..... 179
Composición y características físico-químicas de las aguas ..... 187
1. Margen izquierda ..... 187
2. Margen derecha ..... 188
Facies hidroquímicas ..... 194
Evolución temporal de la composición ..... 199

**10. IMPACTO DE LOS SITEMAS GEOTÉRMICOS EN LA GEOQUÍMICA Y COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ZARAGOZA ..... 203**
**10.1 Aspectos generales sobre la interacción de los sistemas de climatización con el medio subterráneo ..... 203**
Parámetros sensibles: temperatura, oxígeno disuelto y dióxido de carbono ..... 204
Afección a la matriz sólida. Impacto sobre las características hidráulicas del acuífero ..... 208
Afección a la actividad microbiana ..... 211
**10.2 Identificación de impactos en la composición de las aguas subterráneas ..... 214**

Identificación de impactos en dobletes de pozos ..... 216
1. Conductividad eléctrica ..... 216
3. Oxígeno disuelto ..... 219
4. Potencial de hidrogeniones (pH) ..... 222
5. Potencial redox (Eh) ..... 224
Identificación de impactos a lo largo de una línea de flujo ..... 227
**10.3 Identificación procesos de precipitación-solubilidad mineral ..... 231**
Procesos naturales de precipitación-solubilidad mineral ..... 233
1. Yeso ..... 233
2. Calcita ..... 234
3. Halita ..... 236
Identificación de procesos geoquímicos entre puntos de la red de control afectados térmicamente y puntos no afectados ..... 237
1. Yeso ..... 237
2. Calcita ..... 238
3. Halita ..... 238
Evolución de procesos geoquímicos en dobletes de pozos de sistemas abiertos ..... 239
1. Doblete de pozos Aragonia (GS-29/GS-30) ..... 241
2. Doblete de pozos Utrillas Plaza-Centro Comercial (GS-38/GS-39) ..... 243
Evolución de procesos geoquímicos a lo largo de una línea de flujo subterráneo ..... 245
**10.4 Estimación del riesgo de los sistemas abiertos para la geoquímica de las aguas subterráneas ..... 249**
Simulación de la evolución de la saturación mineral según la temperatura ..... 249
Estimación de áreas geoquímicamente desfavorables ..... 251

**11. MODELIZACIÓN MATEMÁTICA DEL FLUJO SUBTERRÁNEO Y DEL TRANSPORTE DE CALOR ..... 255**
Introducción ..... 255
Datos de entrada. Monitorización ..... 257
Modelo numérico ..... 259
1. Fundamentos del modelo ..... 259
2. Condiciones de contorno de flujo ..... 259
3. Condiciones de contorno de transporte de calor ..... 263
4. Condiciones iniciales ..... 266
5. Parametrización ..... 266
Evaluación de la influencia térmica de las variaciones de nivel de río ..... 267
Resultados ..... 268

1. Análisis de los datos de los perfiles de temperatura y de la monitorización ... 268
2. Resultados de los modelos de transporte de calor ... 269
3. Influencia térmica de las variaciones de nivel de río ... 275
Implicaciones de la simulación de transporte de calor ... 278
Posibles medidas de remediación y prevención ... 280
1. Incentivar el uso del potencial geotérmico actual para calefacción ... 281
2. Diseño de estrategias para la recarga actual del acuífero ... 282
3. Importancia de la gestión energética del acuífero ... 286
Conclusiones ... 287

**12. SIMULACIÓN DE LA INTERFERENCIA TÉRMICA ENTRE APROVECHAMIENTOS ..... 289**
Introducción ... 289
Objetivos y alcance ... 290
Desarrollo del proyecto ... 291
1. Modelo conceptual ... 294
2. Datos de la simulación ... 295
3. Condiciones iniciales ... 296
4. Condiciones de contorno ... 297
5. Explotación. Caudales y temperaturas ... 299
6. Parámetros de la simulación ... 302
7. Recarga ... 303
8. Fundamentos de cálculo ... 304
Resultados de la calibración ... 304
1. Estudio en los puntos de referencia ... 305
2. Cortes transversales ... 310
3. Vista en planta ... 320
Resultados de la simulación de la explotación a 25 años ... 323
1. Evolución de la temperatura en los puntos de referencia ... 324
2. Cortes transversales ... 325
3. Vista en planta ... 334
Análisis de sensibilidad ... 338
1. Incremento de las temperaturas máximas de inyección ... 338
2. Disminución de la altura piezométrica ... 344
3. Incremento de la dispersividad longitudinal y transversal ... 349
Conclusiones ... 357
1. Conclusiones acerca de la simulación ... 357

2. Criterios para una explotación sostenible ..... 360

**13. CRITERIOS TÉCNICOS E HIDROGEOLÓGICOS PARA LA EXPLOTACIÓN SOSTENIBLE DE LOS APROVECHAMIENTOS ..... 363**

Planteamiento inicial ..... 366

1. Aplicabilidad ..... 366
2. Extensión superficial ..... 367
3. Estado concesional y temporalidad ..... 368
4. Especificidad ..... 369
5. Aspectos a considerar ..... 370

Criterios técnicos e hidrogeológicos para la explotación sostenible de sistemas geotérmicos abiertos ..... 371

1. Criterios generales para la gestión y administración ..... 371
2. Criterios para la construcción de pozos ..... 374
3. Criterios para la explotación sostenible de los aprovechamientos ..... 376
4. Criterios para la protección de la calidad ..... 378
5. Criterios para el control de los sistemas geotérmicos abiertos ..... 379

Propuestas de futuro ..... 381

**14. CONCLUSIONES ..... 385**

Aprovechamientos geotérmicos en Zaragoza ..... 386

Impactos en el acuífero ..... 386

Monitorización ..... 387

Parámetros hidráulicos del acuífero ..... 388

Situación del acuífero en relación con la temperatura ..... 388

Valoración de la interferencia térmica ..... 389

Hidrogeoquímica del acuífero ..... 390

Modelización numérica del acuífero ..... 393

**15. REFERENCIAS ..... 395**

## ANEXOS

**ANEXO I**: CONSTRUCCIÓN DE PIEZÓMETROS

**ANEXO II**: NIVELACIÓN

**ANEXO III**: FICHAS DE APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ANEXO IV**: PARÁMETROS HIDRÁULICOS. ENSAYOS

**ANEXO V**: REGISTROS EN PIEZÓMETROS

**ANEXO VI**: RED DE CONTROL GEOTÉRMICA. DATOS ANALÍTICOS

**ANEXO VII**: MODELOS MATEMÁTICOS

**VII.i**: Utilización del programa VS2DHI para la simulación de procesos geotérmicos someros en el acuífero aluvial del Ebro. Aplicación a los pozos de climatización del Hospital Clínico Universitario

**VII.ii**: Modelo de transporte de calor para el aprovechamiento geotérmico del agua subterránea en el entorno del Hospital Provincial de Zaragoza

**VII.iii**: Simulación de la distribución de temperaturas en la margen derecha del Ebro (2009-2013)

# 1. RESUMEN

Esta memoria pretende recoger y mostrar el conjunto de actividades realizadas entre los años 2009 y 2013 en el marco del Convenio Específico de Colaboración suscrito entre la Confederación Hidrográfica del Ebro y el Instituto Geológico y Minero de España para el "Análisis del impacto térmico generado por los pozos de climatización en las aguas subterráneas de Zaragoza".

El creciente uso de las aguas subterráneas de la ciudad para satisfacer las demandas de calefacción o refrigeración de numerosos edificios constituye un hecho sin precedentes en España, tanto por el volumen de recursos movilizados como por la concentración de instalaciones. Pese a que la explotación geotérmica de las aguas subterráneas mediante bombas de calor es una alternativa energética con amplio desarrollo en otros países de nuestro entorno, la experiencia en nuestro país es escasa, como lo eran también, al comienzo de este proyecto, el conocimiento de las causas y efectos que la explotación e inyección prolongada del calor residual podría causar en el acuífero aluvial urbano. Ambos Organismos, conscientes de la necesidad de profundizar en el alcance de los impactos ocasionados por la inyección térmica y los mecanismos que los generan acuerdan llevar a cabo este estudio, para conocer a fondo las consecuencias de esta explotación en la ciudad, para obtener criterios suficientes con los que prevenir futuras afecciones y poder gestionar de forma sostenible los aprovechamientos de aguas subterráneas.

Los diferentes capítulos de la memoria pretenden ser un reflejo de los trabajos ejecutados:

En primer lugar se introduce al lector en conceptos básicos acerca del calor terrestre, los recursos geotérmicos someros y la bomba de calor, para profundizar después en aspectos relativos a los sistemas geotérmicos abiertos y el importante papel que desempeñan los acuíferos en el aprovechamiento de esta energía. Enlazando con este tema se pasa a describir en el capítulo 3 las características de la explotación de las aguas subterráneas en Zaragoza, la demanda y el consumo de agua. Del análisis de los datos se puede observar que el aprovechamiento geotérmico constituye hoy en día el principal uso urbano de las aguas subterráneas. Un estudio en detalle de los puntos de agua ha permitido confeccionar un completo catálogo de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas que se puede consultar con detalle en las ficha individuales del anexo III. El capítulo se completa con una descripción genérica de las principales características constructivas y de explotación referidas a estos aprovechamientos.

A lo largo de los capítulos 5 a 7 se describen las actuaciones realizadas para el control del acuífero urbano, con objeto de definir una red de control geotérmica en Zaragoza a partir de la cual se obtendrán todos los datos acerca de parámetros hidrogeológicos, térmicos e hidroquímicos necesarios para realizar el conjunto de actividades técnicas posteriores. Así, en el capítulo 6 se aportan los resultados de los pruebas de dilución, inyección y de reinterpretación de ensayos de bombeo llevados a cabo; mientras, en el capítulo 7 se procede al estudio térmico de la masa de agua subterránea a partir de los datos de temperatura obtenidos en los diferentes puntos de control, lo que ha permitido mejorar el conocimiento acerca del comportamiento de este parámetro en las tres dimensiones del acuífero. También, con los datos térmicos y con las características de los pozos de cada aprovechamiento, se procede a evaluar el impacto térmico generado por los pozos de climatización de los diferentes aprovechamientos geotérmicos, destacando el riesgo de autointerferencia en el doblete de pozos, la afección a terceros y estableciendo finalmente los criterios para valorar la contaminación térmica del acuífero.

Los aspectos relativos a la hidroquímica de las aguas subterráneas se tratan en los capítulos 9 y 10. Se describen inicialmente la red de control, los parámetros analizados y la frecuencia de muestreo para, a continuación, abordar la descripción de la calidad y

de las características fisicoquímicas de las aguas subterráneas, mostrando las diferencias observadas en cada una de las márgenes del río Ebro bajo la ciudad, las facies hidroquímicas, su distribución urbana y la evolución temporal de la composición química. En el siguiente capítulo se realiza una detallado estudio del impacto hidroquímico a partir de los datos de especiación mineral de las aguas subterráneas, abordando cómo los sistemas geotérmicos modifican los procesos de precipitación-solubilidad de los minerales de yeso, calcita y halita desde diferentes escalas de observación: estudiando la especiación en un estado inicial o no afectado del acuífero, comparando la especiación entre puntos afectados térmicamente y no afectados, observando le evolución en diferentes dobletes de pozos de aprovechamientos geotérmicos y, finalmente, determinando cambios composicionales a lo largo de una línea de flujo bien caracterizada.

En el capítulo 8 se describirá el comportamiento hidráulico y térmico del sector meridional del acuífero aluvial urbano en relación con el régimen fluvial del río Ebro, así como sus implicaciones en el reparto estacional de la temperatura. Para esta descripción ha sido de gran utilidad la implicación de los modelos matemáticos que simulan el comportamiento acoplado del flujo subterráneo y del transporte de calor. La modelización es objeto de dos apartados específicos de la memoria. El capítulo 11 trata sobre un modelo bidimensional a escala regional de la margen derecha, construido con el código TRANSIN IV, donde el acuífero urbano ocupa un sector central del área a modelizar, lo que permite minimizar el efecto de las condiciones de contorno para obtener resultados fiables sobre la influencia térmica de las variaciones de nivel y el comportamiento térmico de todo el acuífero ante la explotación de todos los aprovechamientos geotérmicos de la ciudad en su conjunto. En el capítulo 12 se describen exhaustivamente los resultados de una modelización tridimensional sobre la interferencia térmica entre tres aprovechamientos geotérmicos de grandes dimensiones (Edificio Seminario, Complejo Aragonia y Hospital Clínico) que movilizan gran cantidad de recursos hídricos y energéticos. En este caso se aplica el código Feflow para simular la evolución de la explotación de los tres sistemas durante un periodo de funcionamiento continuado de 25 años, observando el comportamiento térmico de la masa de agua subterránea, del acuífero, del sustrato impermeable y de la

zona no saturada, incluso bajo diferentes supuestos de temperatura de inyección, gradiente hidráulico y valores de dispersividad del acuífero. Los resultados de ambos modelos serán importantes a la hora de proponer toda una serie de medidas y estrategias pensadas en la gestión energética, la remediación y prevención de la contaminación térmica.

La enorme experiencia conseguida con la realización de este estudio permite recopilar en último lugar toda una serie de criterios técnicos e hidrogeológicos para la explotación sostenible de los aprovechamientos, que surgen como resultado de un proceso de modelización, de síntesis y de reflexión sobre los impactos observados en el acuífero urbano de Zaragoza. Los criterios no pretenden poner impedimentos a la progresiva implantación de esta tecnología si no prestar apoyo a la gestión diaria del acuífero, la ordenación sostenible de la explotación y la concesión de nuevos aprovechamientos. Las recomendaciones sobre el uso de la geotermia van más allá de actuaciones que hay en este momento, por ello se comentan también nuevas oportunidades que brinda la gestión de estas captaciones conjuntamente con la explotación de las aguas superficiales o con la incorporación de criterios y experiencias innovadoras en la gestión y explotación de los acuíferos urbanos.

# 2. INTRODUCCIÓN

## Preámbulo

Uno de los aspectos más destacados del aprovechamiento de las aguas subterráneas de Zaragoza y su entorno es la elevada demanda de agua existente para satisfacer diferentes usos industriales, que supone más del 75% de la explotación actual del acuífero. La tendencia actual en la explotación del acuífero urbano es creciente, fundamentalmente de las captaciones de agua destinadas a la refrigeración industrial o la climatización de edificios, hecho que viene incentivado, entre otros factores, por la inapropiada calidad de las aguas subterráneas para satisfacer demandas de calidad más exigente (abastecimiento de población, determinados procesos industriales, etc.), por el ahorro energético y eficiencia del uso de energía geotérmica, pero también por las notables mejoras en aspectos de salubridad e higiene que incorpora esta tecnología de refrigeración respecto de otros métodos tradicionales para evitar la aparición de la bacteria *Legionella pneumophilla*, cuyos efectos sobre la salud humana han sido causa de contagio de numerosas personas, incluso del fallecimiento de otras, las últimas en el año 2004.

El procedimiento se vale del agua subterránea como fuente energética en un proceso abierto que necesita al menos un doblete de pozos y una bomba de calor, para lo que se extrae agua del acuífero y se reintroduce en el mismo con diferente temperatura, más caliente en procesos de refrigeración, generalmente en verano, pero también puede ser agua más fría tras un proceso de calefacción, durante el invierno.

El Texto Refundido de la Ley de Aguas (Art. 93) considera como contaminación la introducción directa o indirecta en el agua de formas de energía, mientras que para la

Directiva Marco del Agua (Art. 2) lo es la introducción de calor como consecuencia de la actividad humana. Por consiguiente, estas captaciones generan un impacto térmico cuyas consecuencias se centran fundamentalmente en la transferencia y el movimiento de las plumas de calor por el acuífero, pero también en la hidrogeoquímica, debido a la introducción de un agua que posee características fisicoquímicas modificadas respecto a las que identifican originalmente la calidad del agua, que afecta a la solubilidad de las especies en disolución y de los minerales que conforman la estructura del acuífero y del sustrato impermeable. Con ello, a largo plazo, estos impactos pueden poner en riesgo la sostenibilidad de los propios aprovechamientos geotérmicos o de otras captaciones de aguas subterráneas de su entorno.

La incorporación de las bombas de calor en la explotación de las aguas subterráneas se ha llevado a cabo tanto por iniciativa pública como privada de forma ajena a cualquier marco de planificación urbana, medioambiental o de una estrategia para la explotación de recursos geotérmicos y renovables. Pese a ello, la implantación de los sistemas abiertos de climatización en esta ciudad ha supuesto una auténtica eclosión para la que no existe comparación con otras áreas del territorio español, tanto por la densidad de captaciones como por la potencia instalada, lo que permite situar a Zaragoza en el rango de ciudad pionera del aprovechamiento de la energía geotérmica de muy baja temperatura. De ello se deriva la necesidad de haber realizado un estudio igualmente novedoso y pionero acerca de la temática tratada, con marcada directriz de investigación aplicada pero sin olvidar su orientación técnica.

## Objetivos

Ante la innegable necesidad de estudiar unos fenómenos que de forma individual o aislada podrían no plantear un riesgo reseñable, el auge de las explotaciones geotérmicas en la ciudad, su concentración en ámbitos reducidos del espacio urbano, el incremento del volumen de bombeos y el de inyecciones de alta temperatura,

hacían necesario un estudio en detalle que llegara a identificar y ejecutar aspectos clave para una adecuada gestión de las aguas subterráneas, como son:

a) Identificar todos los aprovechamientos geotérmicos existentes en el casco urbano de Zaragoza.
b) Crear una red específica para observar la temperatura del agua subterránea.
c) Controlar y describir en el ámbito urbano el comportamiento del flujo subterráneo y la variabilidad espacio-temporal de diferentes características fisicoquímicas del agua, especialmente la temperatura en su componente tridimensional.
d) Precisar el esquema conceptual de funcionamiento del acuífero.
e) Elaborar diferentes cartografías temáticas relacionadas con la temperatura y la calidad de las aguas subterráneas.
f) Identificar y relacionar factores naturales, antrópicos o de estructura urbana que pudieran contribuir en la alteración del flujo y temperatura del agua.
g) Evaluar el impacto hidráulico e hidrogeoquímico sobre el acuífero debido fundamentalmente a la acción de los pozos de climatización.
h) Elaborar unos criterios de explotación y gestión, diseñar una herramienta técnica de apoyo para mejorar la planificación y el ordenamiento sostenible, tanto de nuevas captaciones como de explotaciones en uso.

Conscientes de ello, la Confederación Hidrográfica del Ebro, del entonces Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (hoy Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente), y el Instituto Geológico y Minero de España, también del entonces Ministerio de Ciencia e Innovación (hoy Ministerio de Economía y Competitividad) suscribieron el 11 de mayo de 2009 un Convenio Específico de Colaboración para el "Análisis del impacto térmico generado por los pozos de climatización en las aguas subterráneas de Zaragoza" para desarrollar un estudio sobre el impacto térmico en las aguas subterráneas y los efectos causados al acuífero aluvial del Ebro bajo la ciudad de Zaragoza derivado del aprovechamiento del acuífero en procesos de climatización de edificios.

El presente documento recoge por tanto el conjunto de actividades realizadas en el marco del Convenio citado, los datos generados, las interpretaciones y los resultados de los trabajos de todo el equipo que en él ha intervenido desde su inicio hasta su conclusión en diciembre de 2013.

En el ánimo de todo el equipo de trabajo está que este documento sirva de herramienta de apoyo a la toma de decisiones que resulten importantes para los gestores del agua subterránea, en la planificación de los recursos hídricos urbanos, la ordenación de captaciones de aguas subterráneas, así como la distribución de usos del agua y equipamientos de la ciudad.

## Difusión de resultados

No es este informe final el único documento que recoge resultados del Convenio. Contemplado como uno de los objetivos iniciales estaba la redacción de un documento preliminar y de características provisionales, donde se recogiese toda una serie de resultados iniciales, aspectos técnicos, criterios y recomendaciones de buenas prácticas orientado a la construcción, funcionamiento y control de todos aquellos pozos destinados a la climatización de edificios y a la explotación energética de las aguas subterráneas de Zaragoza. En consecuencia, en diciembre de 2010 se difunde de manera restringida el informe “Directrices técnicas para la utilización del acuífero urbano por los aprovechamientos geotérmicos con bomba de calor (Documento provisional), que sintetiza los trabajos realizados y sirve de antesala a futuros informes, escritos de difusión y comunicaciones a la comunidad científica en el ámbito de la hidrogeología.

Son por tanto diferentes foros (simposios, jornadas, conferencias, curso, publicaciones en revistas especializadas…) los que se hacen eco de los logros parciales, que dan a conocer también la problemática inicialmente existente en Zaragoza, el interés que ha suscitado por su estudio en ambas Instituciones y el acuerdo alcanzado, que queda reflejado en la mayor parte de las ocasiones en las actas y publicaciones de cada reunión. Cabe citar, entre otros, la difusión llevada a cabo a través de:

- I y III Congresos de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria, organizados por la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid en 2008 y 2012.
- Jornada I+D+iGME celebrada en Madrid, en el año 2010.
- Cursos de Verano sobre La Energía Geotérmica como instrumento para la mejora de la eficiencia energética, organizados por la Universidad Politécnica de Cartagena (Murcia) en 2010 y 2011.
- 49 y 56 Reuniones Científicas de la Sociedad Geológica de España, celebradas en Gandesa (Tarragona), 2010 y Alicante, 2014.
- Congreso Ibérico sobre Las aguas subterráneas: desafíos de la gestión para el siglo XXI, organizado por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Grupo Español (AIH-GE) en 2011.
- Jornada sobre sistemas geotérmicos abiertos: tecnología, aplicabilidad y sostenibilidad bajo el marco legal existente, organizada por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Cataluña en Barcelona, año 2011.
- Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Aragón. Zaragoza Barcelona, en el año 2011.
- Los Viernes de Nuestra Investigación, organizada por el IGME en Madrid, 2011.
- Jornada sobre la energía en casa ante los retos del futuro, organizada por el Centro de Estudios Ambientales ITACA. Andorra (Teruel) 2012.
- Aspectos Tecnológicos e Hidrogeológicos de la Geotermia, organizado por la AIH-GE en Barcelona, 2013.
- Jornada IGME-CHE. Análisis del impacto térmico generado por los pozos de climatización en las aguas subterráneas de Zaragoza, en 2014.
- Reuniones del Clúster del Agua, Hidrogeología urbana, organizada por ZINNAE, Ayuntamiento de Zaragoza.
- Artículos y publicaciones en revistas especializadas:
    - Science of the Total Environment 485-486 (2014).
    - Revista Obras Urbanas.
    - Hidrogeología y Obras Hidráulicas.

## Equipo de trabajo

Un trabajo de esta magnitud ha requerido la participación un amplio equipo humano. Unos han participado bien directamente como técnicos o investigadores perteneciente a alguno de los dos Organismos firmantes del Convenio, bien indirectamente como técnicos y auxiliares de los laboratorios de la CHE, pero otros han tenido una contribución externa como técnicos o investigadores que forman parte de alguna de las asistencias técnicas que han sido necesarias para la consecución de los objetivos. Se cita a continuación el equipo de trabajo, indicando la actividad principal de participación, así como los colaboradores:

**Responsables**

- **Eduardo Antonio GARRIDO SCHNEIDER** (IGME). Director del proyecto, participación en todos los capítulos y actividades
- **Javier SAN ROMÁN SALDAÑA** (CHE)

**Equipo de trabajo**

- Antonio AZCÓN GONZÁLEZ DE AGUILAR (IGME). Capítulo 6
- José Ángel SÁNCHEZ NAVARRO (Dpto. Ciencias de la Tierra, UZ). Capítulo 8
- Alejandro GARCÍA GIL (Dpto. Ciencias de la Tierra, UZ). Capítulos 8 y 11
- Raúl CELADOR MARTÍNEZ. Capítulos 9 y 10
- Luis MORENO MERINO (IGME). Capítulo 10
- Enric VÁZQUEZ SUÑÉ (IDAEA-CSIC). Capítulo 11
- Francisco Javier ELORZA TENREIRO (ETSIM-UPM). Capítulo 12
- Eva RIVAS POZO (ETSIM-UPM). Capítulo 12

**Colaboraciones**

- Felipe Delgado Mangas (CHE)
- Pablo Coloma (CHE)
- Teresa Carceller Layel (CHE)
- Celestino García de la Noceda (IGME)

- María Victoria Lafuente (IGME)
- Amalia Romero Prados (IGME)
- José Antonio de la Orden Gómez (IGME)
- Juan Ignacio Pinuaga Espejel (IGME)
- Luis F. Auqué Sanz (Dpto. Ciencias de la Tierra, UZ)
- Marta Oroz Pardos
- Irma Karina Febré Lorca

## Agradecimientos

No se puede obviar en ningún momento la inestimable y siempre desinteresada colaboración dada por una amplia relación de organismos, instituciones, empresas y particulares que han facilitado en forma y tiempo toda información que les ha sido requerida acerca de captaciones de agua, pozos, funcionamiento de sistemas de climatización, características técnicas de las instalaciones y edificios, así como el acceso a todas las infraestructuras necesarias cuando así ha sido necesario, generando una valiosa documentación que en muchos casos puede decirse que es única y original.

La inquietud por la temática de los trabajos aquí desarrollados ha superado las fronteras del IGME y de la CHE para entrelazarse con la necesidad de completar una adecuada formación académica. En este sentido, alumnos de últimos cursos de grado, licenciatura o másteres, tanto de la Universidad de Zaragoza como de Málaga, han tenido la oportunidad de integrarse en el equipo de trabajo colaborando en aspectos puntuales del proyecto durante periodos limitados de tiempo no superiores a tres meses.

Detrás queda otro amplio grupo de personas, geólogos, hidrogeólogos, ingenieros, técnicos de mantenimiento, etc., que de forma individual han aportado comentarios, sugerencias o información esporádica que constituyen valiosos apuntes que en todo momento enriquecen la interpretación del modelo conceptual de funcionamiento del acuífero, la envergadura del aprovechamiento geotérmico en Zaragoza o el entendimiento de los procesos que se desarrollan en el acuífero.

No obstante, por su grado de implicación, cesión de información y facilitar que sus infraestructuras integren la Red de Control Geotérmica cabe mencionar expresamente el agradecimiento a:

- Ayuntamiento de Zaragoza. Departamento de Infraestructuras, Servicio de Parques y Jardines, Servicio de Instalaciones Deportivas
- Diputación General de Aragón. Servicio Aragonés de Salud
- Universidad de Zaragoza. Unidad Técnica de Ingeniería y Mantenimiento
- Ibercaja
- Zaragoza Urbana, S. A.
- Plásticos ITER
- SAICA
- UMBELA, S.C.L.
- Residencia Reyes de Aragón
- Patrimonios Inmobiliarios Zaragoza, S. L.
- Mutua de Accidentes de Zaragoza
- Utrillas Plaza, Centro Comercial
- ADIF

# 3. EL APROVECHAMIENTO GEOTÉRMICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

## El calor terrestre y los recursos geotérmicos

El calor es una fuente de energía y la energía geotérmica, tal como la define la Directiva Europea de Energías Renovables (Directiva 2009/28/CE de 23 de abril), es el calor contenido bajo la superficie de la tierra sólida. El calor terrestre constituye una fuente de energía inagotable que no depende de las condiciones climáticas ni meteorológicas. Es por ello que la energía geotérmica cuenta con numerosas ventajas cuando es comparada con otras fuentes de energía renovable por su disponibilidad en cualquier momento del día y estación del año, siendo hoy en día una opción muy atractiva y ambientalmente sostenible de suministro energético.

La Tierra es una fuente de calor que irradia continuamente energía calorífica hacia la atmósfera proveniente de dos fuentes principales: el calor generado durante la formación del planeta hace 4.500 millones de años y el calor producido por la desintegración natural de isótopos radiactivos presentes en la corteza y manto terrestre, de elementos como uranio, torio o potasio. Por otro lado, los movimientos diferenciales entre las distintas capas que conforman la Tierra o procesos de cristalización del núcleo externo también aportan calor. En sondeos que perforan a grandes profundidades, como los de investigación minera o petrolífera, es posible detectar mediante sondas térmicas cómo la temperatura aumenta en función de la profundidad un valor conocido como gradiente geotérmico, que oscila entre 2 y 3,5°C cada 100 m. Por otro lado, la capacidad de los diferentes materiales para trasmitir el calor es una propiedad intrínseca de cada roca denominada conductividad térmica,

que depende de su naturaleza y que es necesario obtener experimentalmente en laboratorios o por ensayos directos en sondeos (test de respuesta térmica).

La energía que se genera en las profundidades del planeta se trasmite lentamente por conducción térmica a través de las distintas capas rocosas hacia la superficie terrestre, pudiendo atravesar en su avance medios con distinta capacidad de almacenar el calor y, también, formaciones con gran contenido hídrico (masas de agua subterránea y acuíferos) donde se transfiere esta energía. Surgen así los yacimientos geotérmicos cuya explotación resulta ventajosa para las necesidades energéticas de la humanidad (Figura 3.1).

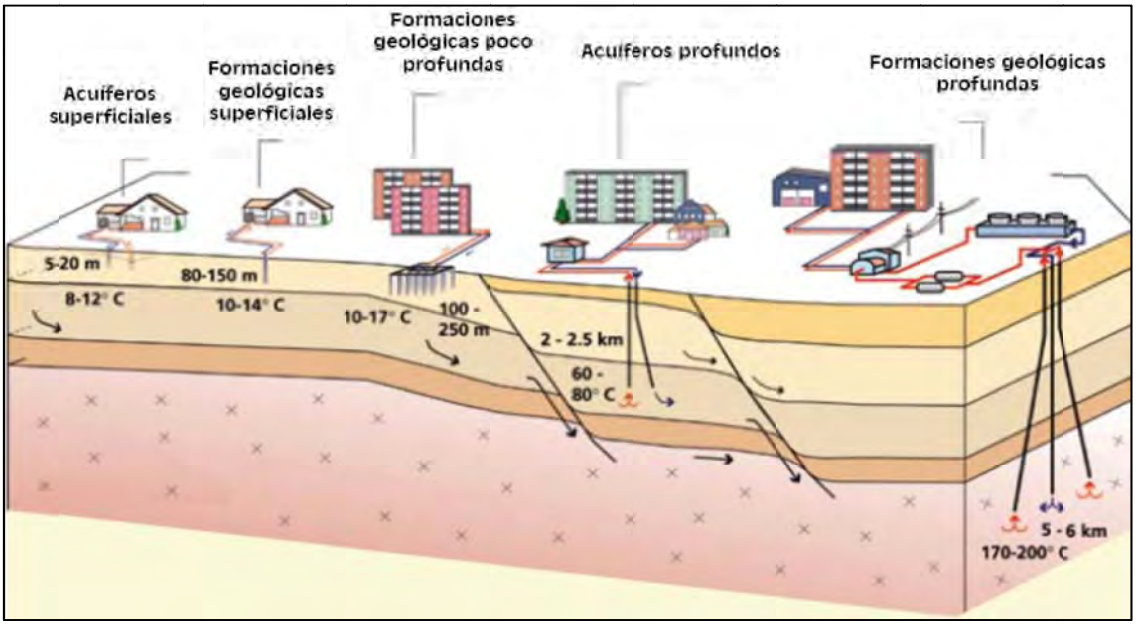



Figura 3.1. Diferentes tipos de yacimientos geotérmicos según profundidad de las formaciones geológicas. Modificado de Office Fédérale de l'énergie (2006)

La parte de la energía geotérmica que puede ser aprovechada técnica y económicamente viable se denomina recurso geotérmico. A este respecto la legislación española es clara al determinar que recursos geotérmicos son aquellos entre los geológicos que por su temperatura pueden permitir, entre otras aplicaciones, la obtención de energía, en especial térmica, por intermedio de fluidos (Decreto 2875/1978 por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería).

El criterio comúnmente usado para clasificar los recursos geotérmicos es el basado en la entalpía de los fluidos geotermales -contenido de calor o cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno-, que actúan como medio de transporte desde las rocas calientes en profundidad hasta la superficie (Figura 3.2). No existe un claro consenso en cuanto qué valores de entalpía (o su análogo conceptual la temperatura) limitan los diferentes recursos geotérmicos por lo que suele ser habitual en las clasificaciones distinguir también cuál es la potencial fuente de aprovechamiento de esos recursos geotérmicos. Una clasificación habitual puede ser la de Muffler y Cataldi (1978), modificada con criterios del Código Minero francés, que distingue entre:

- Recursos de alta temperatura: aquellos cuya temperatura supera los 150°C. Por su elevada entalpía se utilizan para la generación de energía eléctrica directamente del vapor de agua.
- Recursos de media temperatura: aquellos cuya temperatura se encuentra entre 90°C y 150°C y que puede ser destinada a usos directos y generación de electricidad utilizando fluidos de intercambio.
- Recursos de baja temperatura: aquellos cuya temperatura se encuentra entre 25-30°C y 90°C, generalmente aprovechados en usos directos de calefacción de edificios, en procesos industriales y agrícolas.
- Recursos de muy baja temperatura o someros: aquellos cuya temperatura es inferior a 25-30°C que aprovechan la energía almacenada en el subsuelo, mediante la tecnología de intercambio geotérmico. En adelante se detallarán aspectos concernientes a estos recursos.

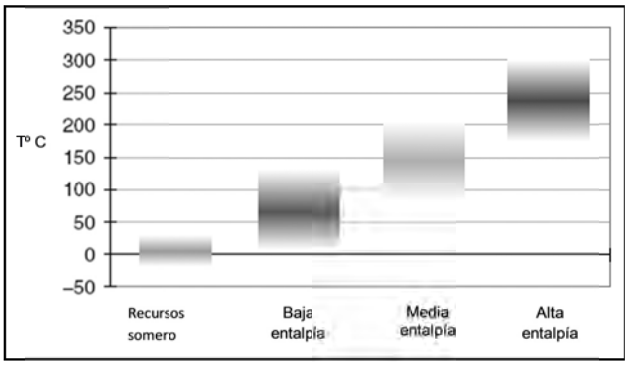



Figura 3.2. Clasificación de recursos geotérmicos según entalpía (en: Banks, 2008)

## Energía geotérmica somera

El aprovechamiento de recursos geotérmicos someros consiste básicamente en la recuperación de la energía que está contenida en los terrenos más superficiales de la corteza terrestre, fundamentalmente en las formaciones geológicas situadas a profundidades no superiores a los 300 m y en las aguas subterráneas que circulan por estas, donde la temperatura suele ser inferior a los 25-30°C. Mediante tecnologías de intercambio basadas en la bomba de calor es posible elevar esa temperatura hasta los 40-50°C de manera que su explotación resulta provechosa para el hombre. Conocida esta energía por el hombre desde hace tiempo, suele recibir otras acepciones: energía geotérmica poco profunda, de baja entalpía, de baja intensidad…, y su interés reside en la significativa estabilidad térmica, característica principal que permite su aprovechamiento geotérmico.

El entorno de la superficie terrestre además del calor interno de la Tierra recibe el calor directo del Sol, mucho más importante que el primero cuya aportación neta al subsuelo (descontando pérdidas por irradiación al espacio, calor destinado a evapotranspiración, etc.) supone una cantidad al menos dos órdenes de magnitud mayor al calor aportado por el flujo calorífico normal interno. En climas de temperatura media puede estar entre 40-80 $W \cdot m^{-2}$, por lo que de hecho la superficie terrestre se puede configurar como un enorme colector de energía solar. Frente a estas cifras, los criterios de diseño técnico que se aplican generalmente a los sistemas de explotación de estos recursos no consideran un recurso utilizable superior a 10-20 $W \cdot m^{-2}$.

Esta energía tiene también como peculiaridad su escasa capacidad de penetración en el subsuelo no alcanzando más que unos pocos metros. De hecho, la radiación solar absorbida constituye más del 45% de la energía geotérmica en los 10 m superficiales, donde se detectan las mayores fluctuaciones estacionales de la temperatura (Figura 3.3). Desde los 10 m el subsuelo almacena el calor que recibe sin apenas experimentar variación estacional significativa. Superando más o menos los 15 m de profundidad la temperatura permanece uniforme en un valor cercano o ligeramente superior a la

temperatura atmosférica media del lugar, aumentando su valor conforme al gradiente geotérmico a partir de aproximadamente 20 m de profundidad (Figura 3.4).

Otro hecho que hay que considerar es la inercia y difusividad térmica del terreno (Williams y Smith, 1989), que condiciona un desfase temporal de los valores máximos y mínimos que se alcanzan a diferentes profundidades (Figura 3.5). Ello supone que en invierno la temperatura del subsuelo es muy superior a la atmosférica y que en verano sea mucho más fría, proporcionando una conveniente fuente de energía en ambos casos.

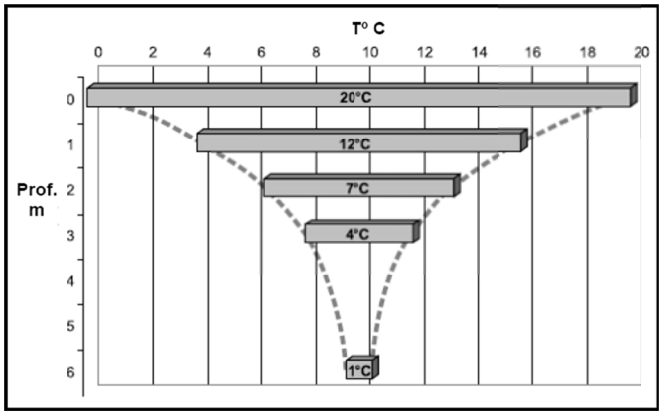



Figura 3.3. Amplitud de la fluctuación estacional de la temperatura según la profundidad en Suecia (en Banks, 2008)

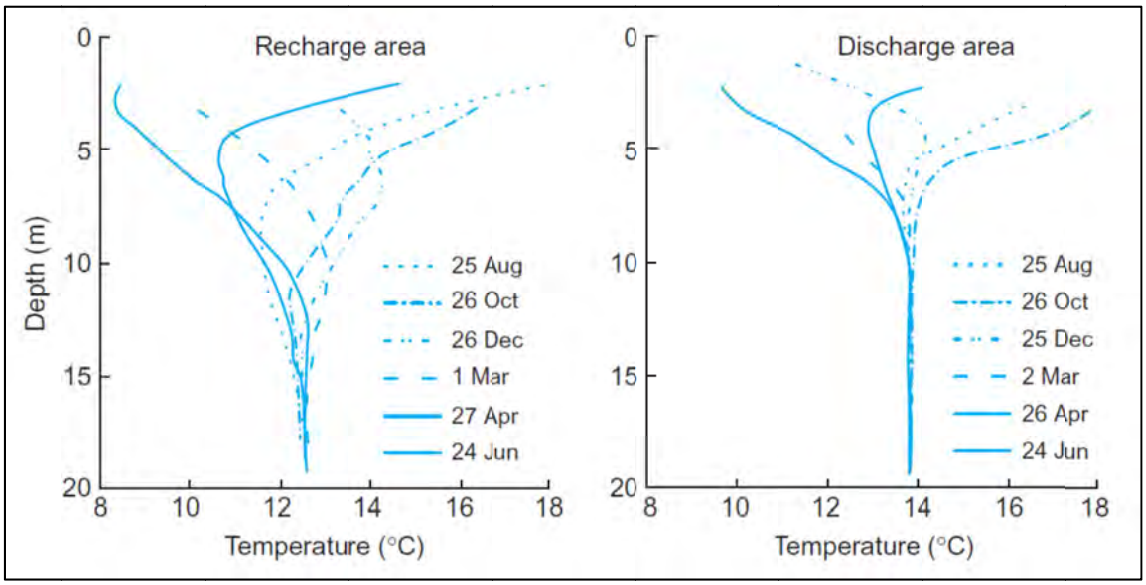



Figura 3.4 Perfiles verticales de temperatura obtenidos en diferentes estaciones del año en sondeos perforados sobre la plana aluvial de Nagaoka (Japón). Fuente: Taniguchi (1993), en Fitts (2013)

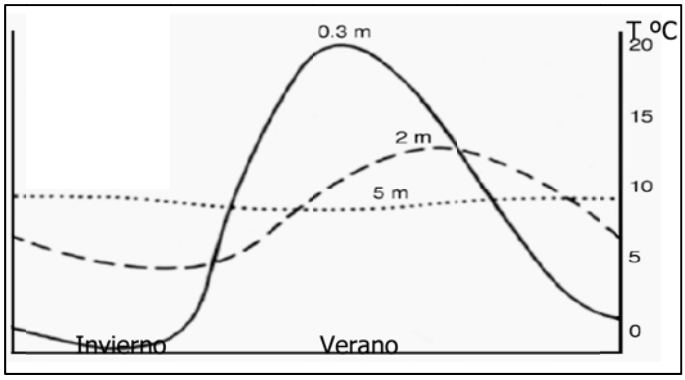



Figura 3.5. Efecto de la difusividad térmica y desfase temporal en curvas térmicas del suelo a diferentes profundidades. Fuente: Williams y Smith (1989)

La temperatura del subsuelo a una determinada profundidad, y por tanto el rendimiento energético esperable de los aprovechamientos, dependerá de varios factores: temperatura del suelo en superficie, profundidad bajo la superficie, tiempo dedicado al intercambio térmico, conductividad térmica y capacidad del terreno para almacenar calor (calor específico). Igualmente, la permeabilidad del terreno es otro factor a tener en cuenta puesto que la presencia de un medio saturado en agua mejora no solo la conductividad térmica de la roca (Tabla 3.I) sino también que el transporte de calor por convección, es decir acompañando al fluido que se desplaza, se realice de una manera más efectiva que por una mera conducción térmica. Se deduce por tanto que llegar a contar con una masa de agua a la hora de plantear un aprovechamiento geotérmico con bomba de calor puede suponer unas importantes ventajas en cuanto al rendimiento del sistema diseñado.

| TIPO DE ROCA | Conductividad térmica W/mK | | | Capacidad térmica volumétrica |
|---|---|---|---|---|
| **Rocas no consolidadas** | **Mín.** | **Valor típico** | **Máx.** | **MJ·m$^{-3}$·K** |
| Grava seca | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 1,4 – 1,6 |
| Gravas saturadas | | 1,8 aprox. | | 2,4 aprox. |
| Morrenas | 1,0 | 2,0 | 2,5 | 1,5 – 2,5 |
| Arena seca | 0,3 | 0,4 | 0,8 | 1,3 – 1,6 |
| Arenas saturadas | 1,7 | 2,4 | 5,0 | 2,2 – 2,9 |
| Arcillas, limos | 0,4 | 0,5 | 1,0 | 1,5 – 1,6 |
| Arcillas, limos saturados | 0,9 | 1,7 | 2,3 | 1,6 – 3,4 |
| Turbas | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 0,5 – 3,8 |

Tabla 3.I. Comparativa de las principales propiedades térmicas de algunas rocas no consolidadas según Pahud (2002)

## Aprovechamiento de la energía geotérmica somera

El consumo de energía de la humanidad ha experimentado un crecimiento espectacular durante los últimos 100 años hasta el punto de haber multiplicado por 16 la demanda energética. La necesidad de aprovisionarse de fuentes de energía sostenibles y perdurables junto con el avance tecnológico vivido en las últimas décadas ha favorecido el desarrollo de mecanismos tendentes al aprovechamiento de fuentes energéticas hasta ahora poco comunes como la energía geotérmica de muy baja temperatura. Puesto que el 75% de las necesidades energéticas en los hogares corresponden a la climatización de las viviendas y al agua caliente sanitaria, la utilización de la bomba de calor ha permitido incorporar el aprovechamiento eficiente de la energía geotérmica de muy baja temperatura para usos domésticos y grandes edificios públicos o privados.

### 1. La bomba de calor

Una bomba de calor no es más que un aparato eléctrico capaz de transferir energía en forma de calor de un lugar a otro acorde a la segunda ley de la termodinámica, según la cual el calor se dirige de manera espontánea de un foco caliente a otro frío, y no al revés, hasta que sus temperaturas se igualan. Un foco frío ideal es aquel que tiene una temperatura elevada y estable a lo largo de la estación en que es necesario calentar, que puede ser el aire exterior, el suelo o el agua, mientras que el foco caliente estará constituido por el medio que se quiere calentar (calefacción o agua caliente sanitaria).

El concepto básico de la bomba de calor se basa en que todo cuerpo que se encuentre a una temperatura superior al cero absoluto (-273°K) puede ceder calor. La bomba de calor permite lograr esto cuando la temperatura del denominado foco frío (del que absorbe calor) se encuentra a una temperatura al menos algo por encima de la de congelación del agua. Este fenómeno de transferencia de energía calorífica se realiza por medio de un sistema de refrigeración por compresión de un fluido refrigerante térmicamente estable, con baja inercia térmica y con un bajo punto de ebullición, aunque para lograr esta acción es necesario un aporte de trabajo en forma de energía mecánica o eléctrica.

El sistema de refrigeración utiliza un fluido refrigerante que requiere energía para evaporarse, energía que extrae de su alrededor en forma de calor, por ejemplo en el caso de las aplicaciones geotérmicas cuando se extrae el calor en invierno del subsuelo, el foco "frío". Para ello se absorbe el calor en un primer intercambiador de calor: el evaporador, puesto que la temperatura del fluido está más fría que dicho foco. El fluido refrigerante a baja temperatura y en estado gaseoso pasa posteriormente por un compresor, que eleva su presión aumentando así su energía interna. Éste, al pasar después por el segundo intercambiador de calor, llamado condensador, cede calor al foco caliente porque el fluido está aún más caliente que este foco, donde cambia su estado a líquido. A continuación se le hace pasar por una válvula de expansión, donde recupera la presión inicial y se enfría bruscamente. Finalmente el ciclo se cierra cuando el fluido vuelve circular por el primer intercambiador de calor, el evaporador (Figura 3.6).

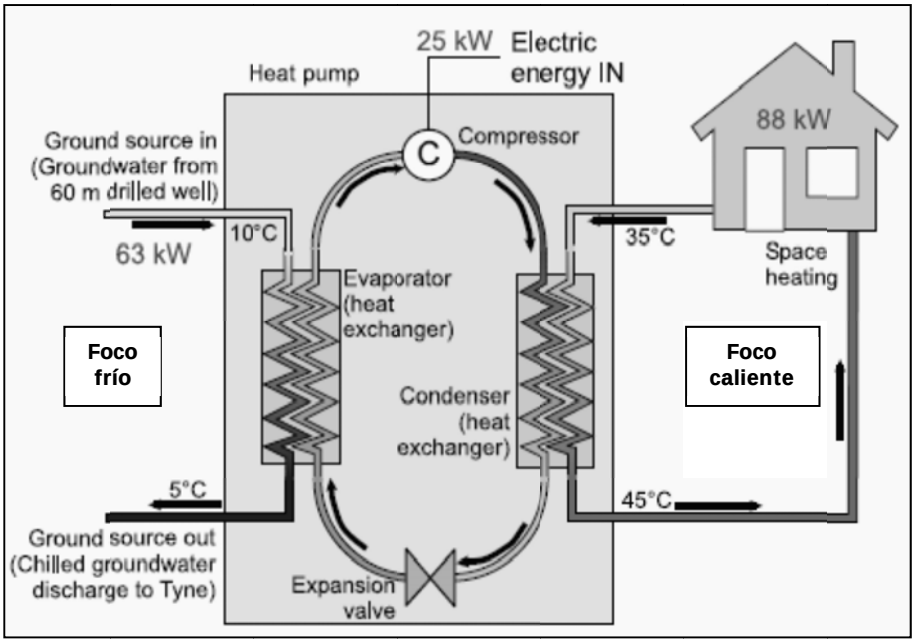



Figura 3.6. Esquema del funcionamiento de una bomba de calor en modo calefacción. Fuente: Banks (2008)

Esta máquina térmica puede funcionar en sentido inverso de forma que el mismo aparato puede servir para la refrigeración de un cuerpo que ya está a temperatura más bien fría, cediendo calor a otro cuerpo que está más caliente. Para ello, no es necesario más que efectuar un pequeño cambio en el circuito interno de la bomba (Figura 3.7). Mediante una válvula de cuatro vías situada a la salida del compresor, se puede

invertir el ciclo mediante la modificación del flujo del fluido de bajo punto de vaporización (se requiere, evidentemente, que la válvula de expansión sea de doble sentido). Algunos sistemas no efectúan la inversión en el circuito interno si no que disponen de un sistema de válvulas en la parte externa de la bomba de calor, de forma que el evaporador actúe en ambas épocas, invierno y verano, como evaporador y el condensador como condensador.

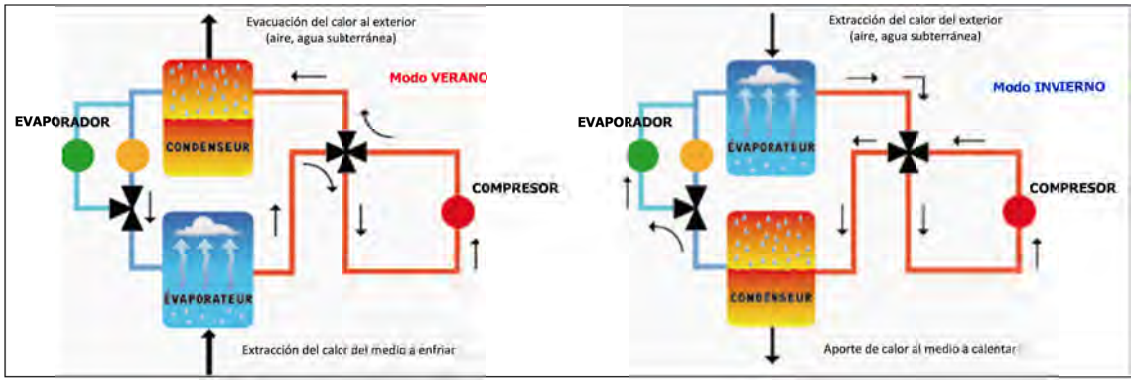



Figura 3.7. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor reversible, equipada con válvula de 4 vías. Modificado de Lemale y Gourmez (2008)

En sistemas complejos de climatización, cuando en un mismo periodo se puede necesitar suministro de calor en algunas dependencias y suministro de frío en otras, a través de sistemas de distribución del calor y frío a cuatro tubos, mediante la compensación de cargas térmicas y usando la capacidad de la bomba de calor de proporcionar calor y frío en el mismo momento ("heat recovery system") se pueden lograr grandes ahorros energéticos a la vez que elevado nivel de confort. Un caso muy habitual de este tipo de coincidencias en el tiempo de necesidad de aporte de frío y calor en un mismo periodo de tiempo es el aporte de calor para el suministro de agua caliente sanitaria (ACS) en la época de verano o la necesidad de refrigeración en invierno de ciertas estancias de determinados edificios (quirófanos de hospitales, estudios de televisión, etc.).

## 2. La bomba de calor en Europa y España

La tecnología actual para el aprovechamiento de la energía geotérmica basada en la bomba de calor no es nueva. Su funcionamiento es equivalente al de una nevera o a cualquier aparato doméstico de aire acondicionado, artilugios que se rigen por el

conocido ciclo teórico de la Máquina de Carnot. De hecho, la primera bomba de calor geotérmica fue patentada en Suiza en el año 1912 aunque hubo que esperar hasta finales de la década de los años 30 del siglo XX para encontrar las primeras referencias en Estados Unidos de instalaciones para calefacción. El gran impulso se percibió no obstante con la primera crisis del petróleo en la década de los años 70, cuando el elevado precio de los combustibles fósiles hizo tomar en consideración otras fuentes de energía renovable.

Como un porcentaje elevado de la energía se destina a suministrar calor para calefacción, han sido precisamente los países más fríos de Europa (Suecia, fundamentalmente, seguido de Suiza, Alemania, Italia y Austria) junto con EE.UU. y Canadá los que mayor impulso dieron a la introducción de las bombas de calor. En el lado opuesto, los países de Europa que resultan favorecidos por un clima más suave como son los países mediterráneos, con menor necesidad de dar calor a sus viviendas, se sitúan a la cola en cuanto al número de bombas instaladas.

El último empuje que recibe esta tecnología, y que todavía perdura, surge de forma paralela al compromiso alcanzado en Kyoto en el año 1997 para reducir las emisiones atmosféricas de $CO_2$ procedente de los combustibles fósiles. De esta manera llegamos a la actualidad, donde los últimas cifras elaboradas por el European Geothermal Energy Council (EurObser'ER, 2013) elevan a más de 20,5 millones las unidades de bombas de calor en funcionamiento en Europa (Figura 3.8), de las que según esta misma fuente, un 2% aproximadamente corresponde a bombas geotérmicas agua-agua (Figura 3.9) utilizadas por los sistemas abiertos. En este contexto la posibilidad de utilizar la bomba de calor en procesos de refrigeración y generación de frío industrial ha generado un nuevo impulso a la demanda, a la que se añade las grandes instalaciones en países mediterráneos de clima más cálido del este y suroeste de Europa, pero también en áreas del Reino Unido o Irlanda.

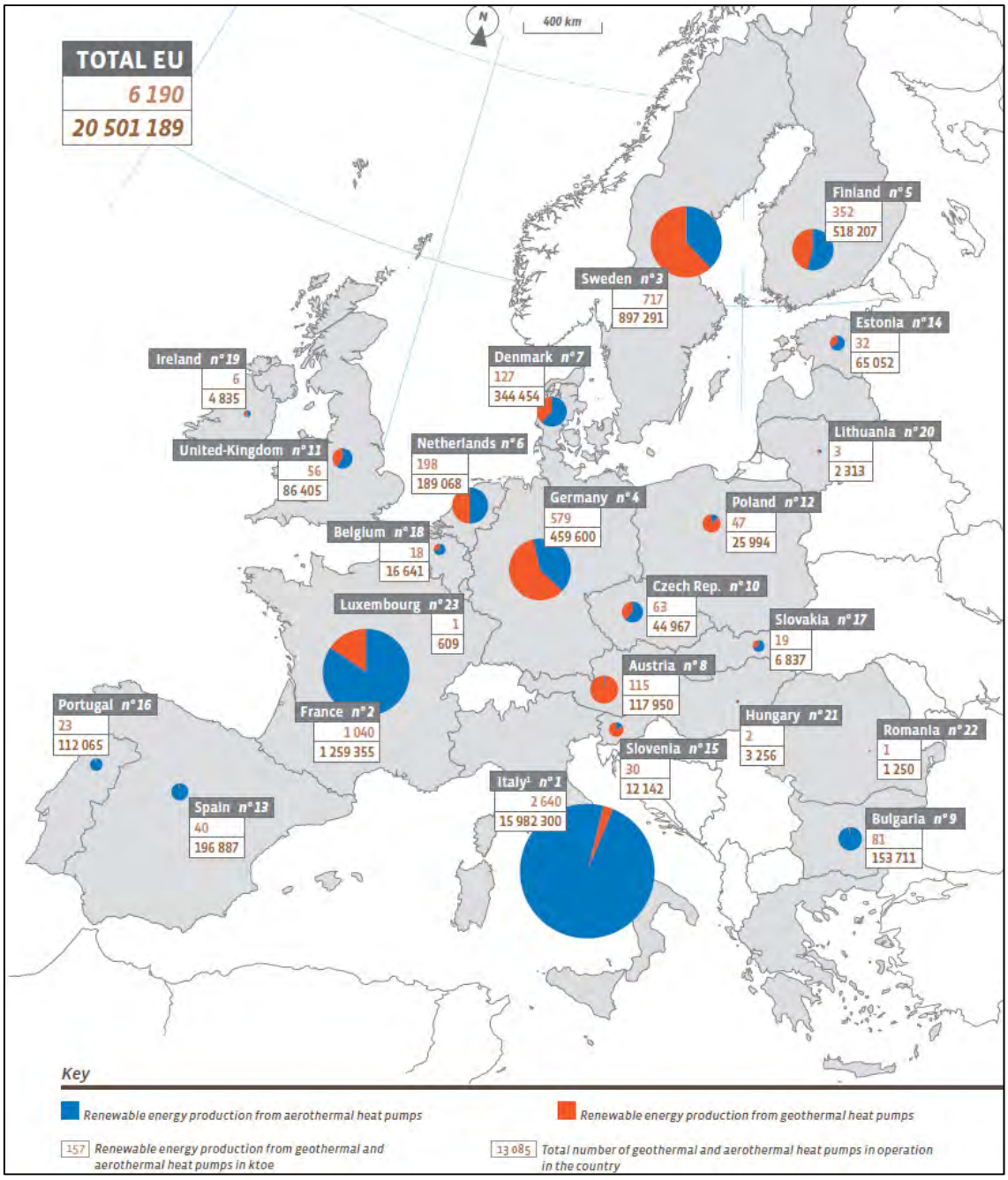



Figura 3.8. Producción de energía renovable (en kilotoneladas equivalentes de petróleo) procedente de bombas de calor y número total de bombas de calor operativas en el año 2012 (aerotérmicas y geotérmicas). Fuente: EurObserv'ER (2013)

La potencia total instalada con bombas de calor geotérmicas en el año 2011 según datos de ErObserv'ER superaba los 12.600 MW. Resulta significativa la escasa y deficiente información que diferentes fuentes dan sobre la situación de la explotación de los recursos geotérmicos someros en España (EGEC, 2008; EurObserv'ER, 2013) hasta el punto de no ser considerada o llegar a suponer mínima la instalación de bombas de calor en nuestro país. Ante la ausencia de inventarios o registros oficiales,

quizás sean los datos recientes que proporcionan GEOPLAT (2010) y Sánchez-Guzmán *et al*. (2011) los que más se acercan a la realidad, al estimar respectivamente una potencia instalada próxima a los 60-80 MW o 30-36 MW, aunque estas cifras proceden únicamente de algunos cientos de bombas de calor en funcionamiento. Lo que no cabe duda es que estas valoraciones son ajenas a la realidad de la creciente, inusual y singular explotación con bombas de calor agua-agua de los sistemas abiertos que se concentran en la ciudad de Zaragoza. El escenario en España puede ser bien distinto y más esperanzador puesto que el presente estudio, surgido del Convenio de Colaboración entre IGME y CHE, ha catalogado y sacado a la luz más de 60 aprovechamientos de recursos geotérmicos con aguas subterráneas tan sólo en la ciudad de Zaragoza, hasta ahora desconocidos (Garrido y García, 2009; IGME-CHE, 2010), estimando que únicamente en esta ciudad la potencia instalada supera con creces los 50 MW, siendo la potencia calorífica suministrada muy superior a 34 MW (Garrido *et al*., 2012).

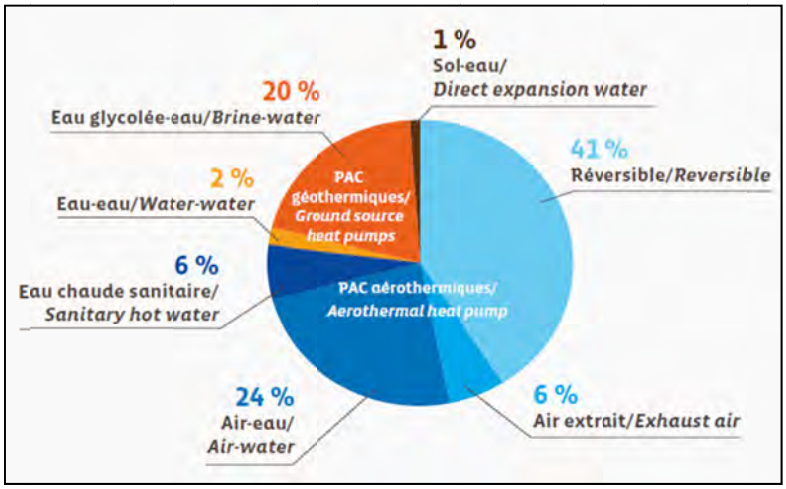



Figura 3.9. Distribución del tipo de bombas de calor aerotérmicas y geotérmicas en uso en Europa. Fuente: EurObserv'ER (2013)

## Sistemas de captación de energía geotérmica de muy baja temperatura

Los sistemas de captación de la energía del subsuelo poco profundo (geotermia somera) son diversos. Los diferentes circuitos de captación que se pueden considerar permiten establecer distintas clasificaciones. Así cuando el fluido captador y portador

de la energía hasta la bomba de calor es siempre el mismo se habla de sistemas cerrados (closed-loop systems), mientras que cuando ese fluido que transporta la energía se renueva constantemente se habla de sistemas abiertos (open-loop systems).

En los primeros, la energía captada circula a través de tuberías cerradas y enterradas denominadas "geocaptadores" que tienen un recorrido en "u". Entre los sistemas cerrados (Figura 3.10) se pueden considerar los siguientes:

- Los que se sitúan en perforaciones verticales o inclinadas.
- Los que captan la energía mediante la circulación de un fluido a través de tuberías cerradas enterradas a poca profundidad.
- Los que van asociados a los elementos constructivos (pilotes, pantallas o losas) e incorporan a estas estructuras las tuberías cerradas por las que circula el fluido de intercambio.

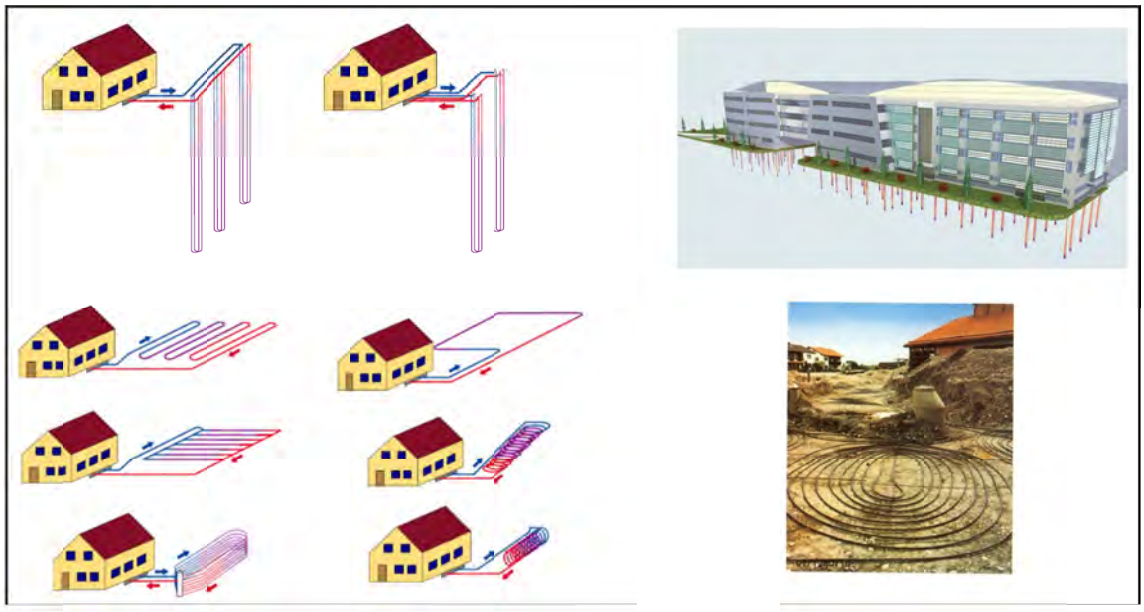


Figura 3.10. Diferentes ejemplos de dispositivos de intercambio adoptados por sistemas cerrados

Los sistemas cerrados, debido a su capacidad para almacenar energía, cuando son utilizados de forma reversible permiten un aprovechamiento energético con muy bajo consumo eléctrico o sin funcionamiento del compresor de la bomba de calor, en lo que se conoce como "free-cooling" y "free-heating". Básicamente consiste en el aprovechamiento del calor almacenado en verano para su uso en las primeras épocas

de demanda de calor durante el invierno, y del frío almacenado en invierno para las primeras épocas de demanda de frío en verano.

Entre los sistemas abiertos (Figura 3.11) se pueden considerar los siguientes:

- Dobletes de pozos, aprovechan la energía contenida en las aguas subterráneas, que se convierte en el fluido de intercambio que se devuelve al acuífero o a otros circuitos tras el geointercambio. Para ello se requiere de al menos un pozo de captación y otro de devolución o pozo de vertido.
- Pozos de desarrollo vertical (standing column well), procedimiento poco frecuente pero adoptado por algunos sistemas que consiste en un único pozo donde quedan perfectamente individualizados los niveles que sirven para captación y devolución del agua subterránea (Figura 3.12).
- Los que aprovechan la energía del agua de las minas o de las aguas de drenaje de obras civiles.
- Pozos provenzales o canadienses, sistemas que captan la energía mediante la circulación de aire a través de tuberías enterradas a poca profundidad (conocidos como sistemas tierra-aire), utilizados para precalentar o pre enfriar el aire en los sistemas de ventilación y de renovación de aire.

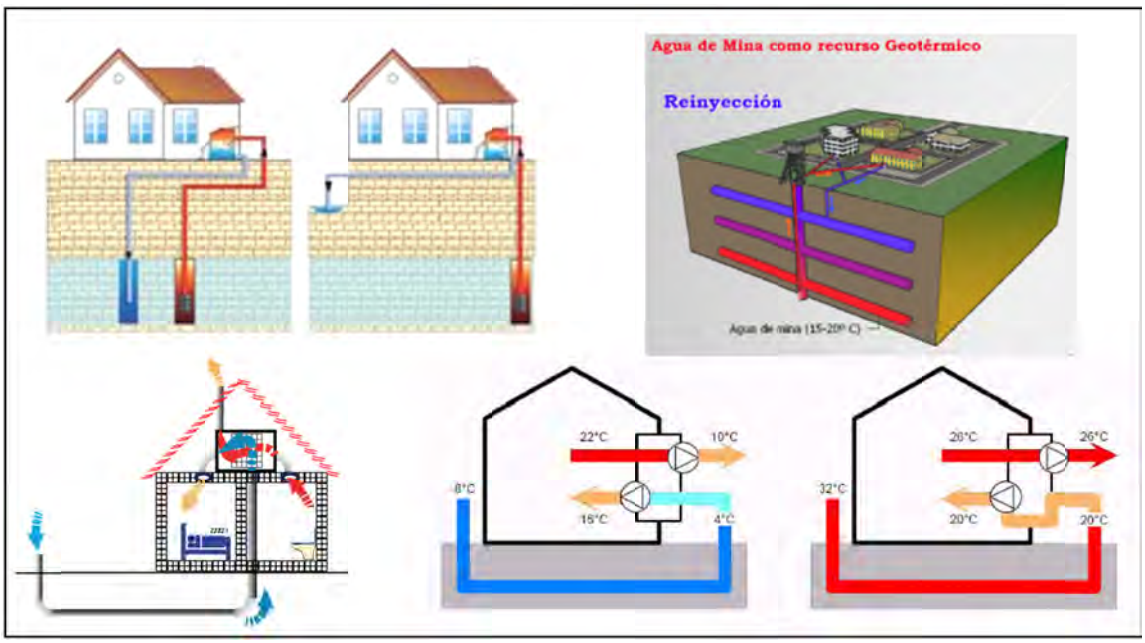



Figura 3.11. Ejemplos de dispositivos para intercambio adoptados por los sistemas abiertos

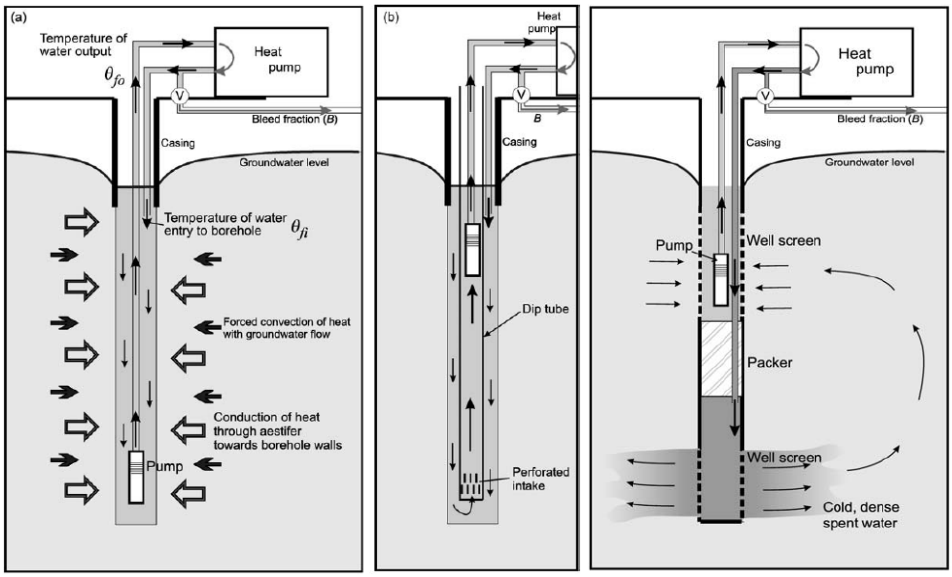



Figura 3.12. Diferentes esquemas de funcionamiento de los denominados poros de desarrollo vertical. Fuente: Banks (2008)

En general y sólo bajo determinadas circunstancias, los sistemas abiertos no permiten el almacenamiento energético en el acuífero, por lo que en muchos de ellos no es posible aprovechar las técnicas de “free-cooling” o “free-heating”, al menos con la intensidad que se logra en numerosos sistemas cerrados.

Prácticamente hasta comienzos del siglo XXI los aprovechamientos de geotermia somera han sido poco frecuentes en España, momento en que se popularizan los sistemas cerrados. Pero precisamente los primeros en ser utilizados son los sistemas abiertos con aprovechamiento del calor de las aguas subterráneas y los que localmente en ciertas zonas del territorio se han implantado con mayor facilidad.

Por lo general, pesa a que los sistemas abiertos pueden ofrecer mejores rendimientos energéticos y con menores costes de explotación que los sistemas cerrados, y aun reconociendo las dificultades normativas que afectan a toda la geotermia somera, los sistemas cerrados han tenido mayor desarrollo en estos años debido a las mayores dificultades de tramitación administrativa que recae sobre los sistemas abiertos.

## Ventajas y aplicaciones de la geotermia somera

### 1. Ventajas

La principal ventaja de la energía geotérmica se debe a su condición de energía renovable. El calor de la tierra y la radiación solar son ilimitados, pero para obtener su aprovechamiento se requiere un dimensionado correcto y racional de los geocaptadores y de las instalaciones, para que el flujo de calor natural compense la temperatura del subsuelo en los periodos de inactividad o inversión de funcionamiento, a fin de evitar el excesivo calentamiento o enfriamiento del suelo o del acuífero, y por tanto el acortamiento de la vida útil de las instalaciones.

La energía geotérmica es una energía limpia, que apenas aporta $CO_2$ a la atmósfera, pues no requiere la quema directa de combustibles fósiles. La energía que requieren las bombas de calor es una energía eléctrica en la que las emisiones de este gas proceden únicamente del necesario para la generación de electricidad.

Es una energía económica, cuyos costes de explotación y mantenimiento resultan mucho más bajos que los resultantes con otras fuentes energéticas, aunque los costes que conlleva la instalación de los geocaptadores y de las bombas de calor suelen ser más elevados.

Es una energía con disponibilidad y adaptabilidad total, puede ser utilizada en cualquier momento del año y en cualquier terreno al no necesitar de grandes extensiones, no requiere gastos ni tiene pérdidas por transporte puesto que se utiliza allí donde se explota. Los sistemas abiertos tienen no obstante la limitación del acceso y disponibilidad a los recursos hídricos en el emplazamiento a climatizar, que no siempre resulta posible, además de contar con la cantidad y calidad adecuada a las necesidades de la instalación.

La climatización mediante sistemas abiertos previene de la generación de colonias de la bacteria *Legionella pneumophilla*, de frecuente aparición en torres de refrigeración de grandes sistemas de climatización agua-aire, cuyos efectos sobre la salud humana han resultado incluso mortales en ciertas ocasiones.

No necesitan de grandes instalaciones exteriores y su construcción puede integrarse en la estructura del edificio abaratando costes de implantación. La mayoría de las bombas de calor se instalan en el interior de los edificios, en sótanos, lo que supone ventajas añadidas como: mejora de la estética de los edificios, se evita la corrosión por inclemencias atmosféricas, se aminoran ruidos y se alarga su vida útil.

Puede proporcionar climatización en sistemas complejos conocidos como "District Heating" o "Sistemas Centralizados". En ellos, desde un único sistema de captación geotérmica, se proporciona calor o frío a todo un edificio, a una zona específica o varios edificios independientes conectados a una red de distribución climática mejorando el rendimiento y eficacia del sistema.

## 2. Aplicaciones

La primera y más extendida de todas las aplicaciones que pueden citarse ha sido la calefacción de edificios. No hay que olvidar que los inicios de la bomba de calor se sitúan en países de clima frío donde es muy elevado el grado de introducción en la población. Y si observamos que una parte importante de la población vive en pequeñas casas unifamiliares es fácil darse cuenta de que gran parte de la potencia instalada se concentra sobre bombas de calor de pequeña potencia (5 a 20 kW) instaladas bajo sistemas cerrados con sondas verticales o circuitos horizontales. No obstante, los avances tecnológicos han permitido la instalación de complejos circuitos y bombas de mayor potencia que permiten el uso de la geotermia somera en grades edificios e instalaciones. Y es aquí donde la presencia de aguas subterráneas supone una gran ventaja, rentabilizando el aprovechamiento de los recursos geotérmicos someros mediante la implantación de sistemas abiertos.

Grandes centros de demanda como hoteles, centros comerciales y de ocio, hospitales, etc. requieren capacidades muy por encima de los 50-100 kW que son proporcionadas por grandes equipos, con potencial para suministrar temperaturas de hasta 60-70°C en modo calefacción o de 6-7°C en modo refrigeración. Alcanzadas estas temperaturas se abre un amplio abanico de opciones para utilizar este recurso energético, no sólo en aspectos de refrigeración si no para aquellos sectores que requieran una demanda de

temperatura equiparable a la que aporta la energía geotérmica clasificada de "baja temperatura". Entre las distintas opciones se pueden señalar:

- Climatización de pequeños y grandes edificios: hoteles, colegios, centros comerciales, salas de cine, edificios públicos de la administración, museos, bibliotecas, centros deportivos, naves industriales, iglesias, etc.
- Dotación de climatización y agua caliente para spas, piscinas cerradas, gimnasios, etc.
- Calefacción de invernaderos.
- Acuicultura y cría de animales.
- Deshielo de tramos de carreteras con elevada peligrosidad, zonas de humbría, tramos de elevada pendiente, rampas de acceso a garajes, aceras y pasos de peatones, etc. Esta técnica se utiliza preferentemente en países de invierno extremo.
- Generación de frío industrial destinado a cámaras de frío en almacenes, mercados, naves industriales, etc.
- Refrigeración de maquinaria y procesos industriales.

## El papel de los acuíferos en el aprovechamiento de la energía geotérmica somera

Un acuífero constituye una formación geológica capaz de almacenar y transmitir el agua subterránea a través de ella en cantidades significativas, es importante pues que esta formación tenga una permeabilidad suficiente como para que el agua almacenada pueda circular y renovarse con facilidad. La presencia en el subsuelo de tales formaciones o de otras masas de agua constituye una importante ventaja para la explotación de los recursos geotérmicos mediante dobletes de pozos en sistemas abiertos, puesto que la presencia de un flujo subterráneo prácticamente garantiza dos requisitos importantes de estos sistemas: primero, permitir la renovación del recurso hídrico evitando su agotamiento y segundo, mantener la temperatura del foco frío (el

acuífero) prácticamente constante garantizando el aporte de energía necesario para el funcionamiento óptimo de las bombas de calor.

Los acuíferos son depósitos extensos que permiten almacenar y disponer de agua allí donde no es posible encontrar, en un entorno inmediato, un curso de agua capaz de satisfacer una determinada demanda de agua. La posibilidad de perforar un pozo y extraer agua subterránea con relativa facilidad y garantía de suministro resuelve muchas necesidades de la industria y es por ello que ciudades e industrias se asientan bien cerca de río o sobre acuíferos capaces de satisfacer esta demanda. Quizás las formaciones más relevantes desde este punto de vista sean aquellas constituidas por los materiales de acarreo de los ríos, depósitos aluviales y de terrazas, generalmente en estrecha conexión hidráulica con el río.

Pero la urbanización de las ciudades implica la construcción de estructuras enterradas que aportan calor al subsuelo (garajes, sótanos, túneles, conducciones de vertido, depósitos…), la impermeabilización del suelo con materiales capaces de absorber mayor radiación solar y la reducción de la recarga a los acuíferos, que se lleva a cabo con unas aguas que generalmente son más frías que las del propio acuífero. El conjunto de estos factores contribuye de forma indirecta al aumento de la temperatura del subsuelo y del agua subterránea, y el vertido de aguas con elevada temperatura procedentes del retorno de los sistemas abiertos contribuyen directamente a la formación de lo que se denomina “isla urbana de calor” (Allen y Milenic, 2002; Ferguson y Woodbury, 2004, 2007; Lee, 2006). De esta forma el valor medio de la temperatura del agua subterránea, que normalmente toma el valor de la temperatura media atmosférica del lugar, puede experimentar un incremento de hasta 5°C (Zhu *et al*., 2010) dependiendo de la dimensión de la ciudad y de la hidrodinámica del flujo subterráneo. Esta energía térmica adicional que almacena el subsuelo de las ciudades supone una ventaja para el aprovechamiento geotérmico de los acuíferos en entornos de clima frío puesto que se dispone de un importante recurso térmico precisamente allí donde la demanda para climatización puede ser importante. Ejemplos del efecto de esta islas urbanas de calor en las aguas subterráneas (Figura 3.13) se detectan en ciudades como Winnipeg, EEUU (Ferguson y Woodbury, 2004), Berlín (Henning y Limberg, 1995), Colonia, Shangai, Tokyo, Londres, Estambúl o Praga

(Zhu *et al.*, 2010), entre otras, donde la ciudad de Zaragoza podría figurar también puesto que manifiesta una incipiente isla de calor.

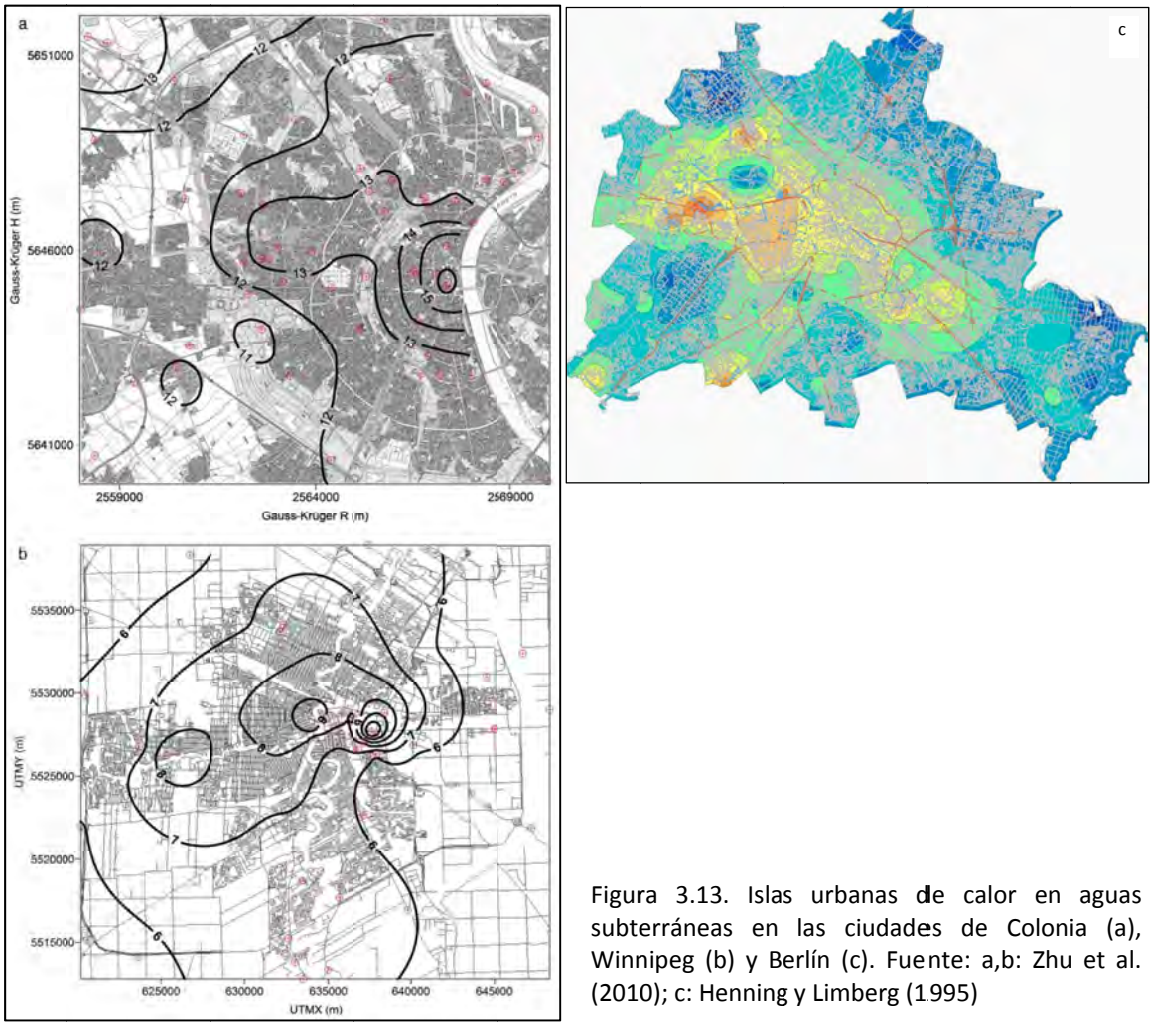



Figura 3.13. Islas urbanas de calor en aguas subterráneas en las ciudades de Colonia (a), Winnipeg (b) y Berlín (c). Fuente: a,b: Zhu et al. (2010); c: Henning y Limberg (1995)

En los momentos del diseño de la climatización de una futura instalación se debería tener en cuenta la presencia de aguas subterráneas en el emplazamiento y la conveniencia de adoptar no solo la geotermia como fuente energética de la instalación si no también la rentabilidad de un sistema abierto frente a uno cerrado, puesto que disponer de un flujo subterráneo de agua aumenta la cantidad de calor útil. De hecho, para tener una instalación de 20 kW puede ser necesario al menos un caudal de explotación de 1,6 $L \cdot s^{-1}$ (Llopis y Rodrigo, 2008). En acuíferos detríticos con alta permeabilidad, como es el caso del aluvial del Ebro en Zaragoza, es normal conseguir pozos con caudal de explotación del orden de 20-40 $L \cdot s^{-1}$, incluso superiores, capaces por tanto de satisfacer plenamente la demanda energética de grandes instalaciones,

de más de 100 kW. Si la formación acuífera tiene su nivel de saturación a escasos metros de la superficie los dobletes térmicos aportan una ventaja adicional al tener que construir un menor número de pozos y menos metros de perforación en cada uno de ellos, suponiendo un importante ahorro de la inversión inicial del proyecto.

Parece obvio por tanto que un correcto funcionamiento de los sistemas geotérmicos abiertos requiere no solo de un adecuado cálculo de la demanda energética y del dimensionado de la bomba de calor, pero también del conocimiento de las características hidrogeológicas y térmicas del acuífero que suministra el calor al sistema. La correcta construcción y equipamiento de los pozos, la adecuada localización de la captación y del pozo de devolución respecto al flujo subterráneo para evitar que la primera se contamine térmicamente con el agua de vertido proceso denominado "autointerferencia", la afección aprovechamientos de aguas subterráneas ubicados en el entorno, la alteración de la calidad del agua subterránea, el control de las variables y comportamiento del acuífero no son más que algunos problemas o condicionantes que deben ser estudiados y evaluados en el momento de considerar la instalación de un sistema geotérmico abierto.

Coincidiendo con el auge de la geotermia somera numerosos estudios comienzan a evaluar de una u otra manera aquellos aspectos que puedan interferir en el correcto desarrollo de la explotación o que evalúan el potencial térmico del subsuelo para la implantación de esta técnica. Paralelamente surgen también diferentes documentos técnicos, guías de orientación a la construcción o criterios de explotación e instalación bombas de calor elaboradas por empresas, instituciones u organismos de algunos países que pretender dar respuesta a esta creciente preocupación por la sostenibilidad y rentabilidad de las explotaciones geotérmicas.

Cabe citar en este sentido la Guía de la Energía Geotérmica (Llopis y Rodrigo, 2008) y la Guía Técnica de Sistemas Geotérmicos Abiertos (Ruiz *et al*., 2010) editadas por la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid; la Guía CLIMACA, elaborada por la Agència Catalana de l'Aigua (2008). Fuera de España se han escrito diversos documentos específicos de apoyo y orientación a la explotación de los recursos someros con bombas de calor destacando, entre otros, la guía elaborada por Jaudin

(1988) para el BRGM, la guías de la EPA (1997) en Estados Unidos, la escrita por Lemale y Gourmez (2008) para el consorcio francés de ADEME, ARENE, BRGM y EDF, o la de GEOTRAINET (2011) editada por el Consejo Europeo para la Energía Geotérmica.

La importancia de los acuíferos en relación con la energía geotérmica ya mereció la atención del IGME en el año 1985 tal y como se puso de manifiesto en los estudios surgidos del Convenio con ENADIMSA para el desarrollo de trabajos de investigación geotérmica, en los que se estableció el cuál era el panorama de los acuíferos de España y su posibilidad para disponer de agua como fuente de calor utilizable con operaciones de bomba de calor. En dicho trabajo se cartografiaron los acuíferos potencialmente explotables en cada ámbito geológico de España, se describió la calidad del agua, los caudales disponibles y la temperatura del recurso. Más recientemente, Pinuaga y del Barrio (2008) remarcaban la potencialidad de los acuíferos españoles para su utilización por bombas de calor. Otra institución española como es el IDAE evalúa el potencial de la energía geotérmica en España, incluyendo la geotermia somera, aborda aspectos puntuales de utilización, marco regulatorio y describe algunos proyectos singulares básicamente centrados en sistemas cerrados (Sánchez *et al.* 2011; IDAE, 2012).

Muchas capitales españolas se asientan sobre importantes acuíferos (Madrid, Barcelona, Sevilla, Valencia, Zaragoza, Valladolid, Palma de Mallorca, Tarragona, Málaga, etc.), ciudades que aglutinan a un porcentaje muy elevado de la población española y del tejido industrial nacional. Si además se tiene en cuenta que estos acuíferos son fundamentalmente detríticos, con buena permeabilidad, que el agua se localiza a pocos metros de profundidad y que es fácil y económicamente accesible mediante técnicas tradicionales de perforación, se puede llegar a entender que el potencial de los acuíferos de España para el aprovechamiento geotérmicos de sus aguas subterráneas es enorme.

La práctica en nuestro país pone ya de manifiesto la potencialidad del desarrollo de las bombas de calor en sistemas abierto. Prueba de ello es la explotación que actualmente se realiza en formaciones acuíferas muy productivas, localizadas sobre los aluviales de ríos como el Guadalquivir, Ebro o, incluso, de otras formaciones detríticas, como el

Delta del río Llobregat y la plana costera de Valencia, donde cada vez se están implantando más sistemas de gran potencia con bombas de calor. Muy posiblemente, gran número de explotaciones de aguas subterráneas que acompañaron al periodo de expansión industrial de los años 60 y 70 del siglo XX podrían haber sido inscritas en los registros mineros como destinadas a "usos industriales" sin mayor especificación, lo que posibilitaría que pasara desapercibida su verdadera finalidad, el aprovechamiento geotérmico del acuífero.

Hoy en día quizás el caso más llamativo sea el del acuífero aluvial del Ebro donde se conoce un importante número de aprovechamientos activos localizados en el interior de la ciudad de Zaragoza, pero también en el entorno industrial y en los núcleos de población cercanos a la ciudad. Conscientes de ello, el IGME y la CHE se implican en el presente estudio con objeto de determinar las características de los sistemas geotérmicos de la ciudad, describir los potenciales impactos sobre el acuífero aluvial y sobre terceras captaciones que dichas instalaciones pudieran estar causando en la ciudad de Zaragoza.

# 4. LA EXPLOTACIÓN GEOTÉRMICA DEL ACUÍFERO URBANO DE ZARAGOZA

## Introducción

La explotación energética de las aguas subterráneas del aluvial del Ebro ha experimentado en la última década un notable crecimiento al haber proliferado, especialmente en la ciudad de Zaragoza, el número de peticiones y concesiones de explotación de aguas subterráneas para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos de muy baja temperatura, para su uso en climatización de edificios y refrigeración industrial. Hoy en día se están utilizando, entre otros, por pequeñas comunidades de vecinos, naves industriales, oficinas, locales de ocio, espacios comerciales, hoteles, centros hospitalarios y diferentes dependencias tanto de la Universidad, del Ayuntamiento de Zaragoza o del Gobierno de Aragón. Es tan elevada e inusual la concentración de aprovechamientos de aguas subterráneas destinadas a climatización y refrigeración que puede considerarse a Zaragoza como una ciudad pionera en España en la implantación de sistemas abiertos para explotación de recursos geotérmicos (Garrido y Sánchez, 2009).

Las causas de este gran desarrollo son diversas, pero principalmente es la gran ventaja que ofrece esta técnica frente a otros sistemas tradicionales de climatización en aspectos de salubridad e higiene, puesto que previenen o minimiza el riesgo de aparición de la bacteria *Legionella pneumophilla.* También hay que pensar en un fuerte impulso como consecuencia de una notable mejora del rendimiento general del proceso de climatización, por un menor coste económico de explotación que redunda en cortos plazos de amortización de la inversión y por la disminución de emisión de $CO_2$ a la atmósfera al disminuir el consumo directo de combustibles fósiles.

A lo largo de este capítulo se irán describiendo aspectos cruciales para entender cómo es, cómo se realiza y qué características tiene la explotación geotérmica de las aguas subterráneas en Zaragoza como paso previo a la identificación de impactos y análisis del riesgo generado por este tipo de aprovechamientos en el acuífero urbano.

## Inventario de puntos de agua

El conocimiento que actualmente se tiene del subsuelo de Zaragoza y del acuífero urbano procede fundamentalmente de los trabajos realizados por el IGME durante las últimas décadas y de las inscripciones de nuevos aprovechamientos y concesiones solicitadas al Organismo de cuenca. Todos estos datos forman parte de las bases de datos de puntos acuíferos del IGME y de la CHE, aunque no es la única información existente. Son muy numerosos los sondeos de investigación y reconocimiento geotécnico del suelo llevados a cabo por diferentes empresas especializadas que en su mayor parte no están incorporados en estas bases y que podrían aportar una valiosa información acerca de las características litológicas del acuífero y de la posición del piezométrico.

Durante el año 2009, en una primera fase del estudio, se han revisado y visitado las más de 500 referencias a puntos de agua que figuran en estas bases de datos y que están localizadas exclusivamente dentro del núcleo urbano consolidado de Zaragoza, con objeto de:

a) Depurar y actualizar la información de todos los puntos acuíferos de las diversas bases de datos existentes (IPA e INTEGRA de la CHE, AGUAS XXI del IGME, Ayuntamiento de Zaragoza), para identificar todas las captaciones de agua subterránea actualmente activas y señalar aquellas que pueden quedar afectadas por el vertido de sistemas geotérmicos de climatización con aguas subterráneas.
b) Inventariar y catalogar de manera independiente los aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas.

c) Registrar en todas las captaciones posibles dos parámetros fisicoquímicos del agua subterránea: conductividad eléctrica (CE) y Temperatura (T), con objeto de hacer una primera identificación y valoración del alcance de los impactos térmicos generados por los sistemas abiertos.

A lo largo del presente estudio, mediante un proceso continuado de actualización del inventario, se han podido catalogar nuevos pozos llegando a establecer que el número total de pozos activos hoy en día es de aproximadamente 270 (Figura 4.1). En su conjunto alcanzan profundidades que oscilan entre 20 y 60 m, en función del nivel de terraza sobre el que se asientan y diámetros frecuentemente superiores a 300 mm. De estos pozos, 176 tienen finalidad energética, bien como pozos destinados a la extracción de agua bien para inyección, vertido o devolución de agua procedente del intercambio energético. Cerca de un centenar más de pozos satisfacen una demanda de agua no ligada a procesos geotérmicos (riego, procesos industriales, usos recreativos); además es preciso indicar que más de 70 piezómetros repartidos por la ciudad, de pequeño diámetro, profundidad variable y pertenecientes al Ayuntamiento, la CHE o construidos por el IGME en el marco del presente Convenio controlan niveles piezométricos y determinados procesos de contaminación del agua subterránea.

La perforación de pozos para climatización cuenta con gran expectativa de crecimiento al estar ligada en España a una creciente implantación y expansión de la tecnología para aprovechamiento de la energía geotérmica. Por otro lado, este uso del agua subterránea no genera una demanda consuntiva, puesto que la mayor parte del volumen de agua extraído es reinyectado en el mismo acuífero en condiciones similares a las de un vertido directo. Con este procedimiento se evita la incorporación de grandes volúmenes de agua a las redes urbanas de vertido, minimizando los costes de implantación y mantenimiento de los sistemas de climatización, prescindiendo así del pago de cualquier canon de vertido.

Pese a la previsible capacidad inicial del acuífero para satisfacer una demanda de estas características existe una carencia de información con la que poder evaluar adecuadamente los efectos negativos e impactos que puede ocasionar la inadecuada ubicación de los pozos de climatización en la ciudad. Consecuentemente, resulta

importante describir correctamente y disponer de todos los aspectos de un inventario de puntos acuíferos de estos pozos de climatización a fin de precisar factores tales como: la separación del propio doblete térmico (pozo de captación frente al pozo de vertido), el alejamiento entre distintos aprovechamientos, el agrupamiento en una misma línea del flujo subterráneo o la profundidad del sustrato impermeable, muy variable y de naturaleza salina.

Por otro lado, parece adecuado también establecer criterios encaminados a la caracterización del impacto térmico mediante la adopción de índices que faciliten, por un lado, valorar la amplitud del impacto percibido en un determinado emplazamiento, y por otro lado permitan contrastar el alcance de los impactos observados entre diferentes aprovechamientos. Se definen así dos índices: Magnitud de la Captación y Magnitud del Vertido, con dependencia de las temperaturas de captación y vertido, que más adelante se detallan.

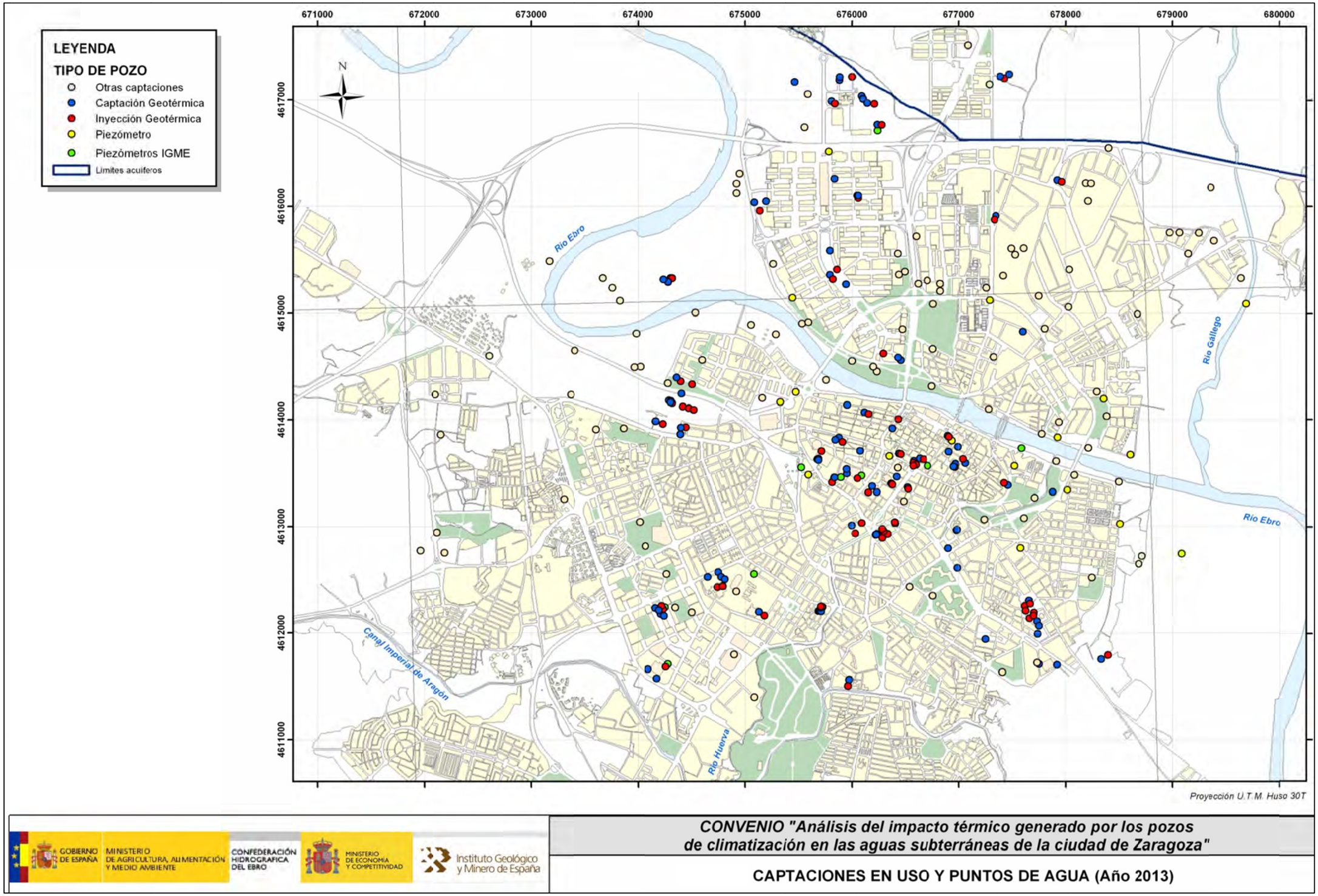



Figura 4.1. Mapa del inventario de captaciones en uso y otros puntos de agua

## Usos urbanos del agua subterránea

Hasta hace menos de una década el uso mayoritario del agua subterránea en Zaragoza se ha atribuido generalmente al abastecimiento industrial en instalaciones de polígonos de zonas periurbanas y del interior de la ciudad. Pero el crecimiento experimentado por Zaragoza en las últimos décadas, la deslocalización de las industrias fuera de los cascos urbanos y la reordenación urbana de estos espacios han sido elementos clave para la transformación de la demanda, de manera que el riego de jardines y la captación de agua para bombas de calor geotérmica son hoy en día los dos usos con mayor demanda en la urbe. La utilización del agua subterránea mantiene por tanto una prelación de usos similar a la seguida por el acuífero aluvial del Ebro en su conjunto, matizada no obstante por las particulares necesidades del entorno urbano. Con datos de 2010 se llega a la siguiente distribución (Garrido *et al*., 2012b):

- **Usos industriales**: 21 pozos suministran agua para la elaboración o transformación de productos en distintos procesos industriales (papel, industrias mecánicas, plásticas, alimentación), lavado de vehículos, refrigeración de maquinaria y prevención de incendios. Este último figura además en otros aprovechamientos como otro tipo de uso secundario.
- **Regadío y uso agrario**: existen 74 captaciones para riego por aspersión y goteo de superficies ajardinadas en parques municipales y jardines privativos.
- **Usos urbanos o recreativos**: 19 pozos se destinan a diferentes usos recreativos, en ocasiones combinados con usos para riego: llenado de piscinas públicas o privadas, además de, estanques, balsas, canales y fuentes ornamentales en parques y jardines.
- **Abastecimiento**: fundamentalmente para usos sanitarios en algunos pocos aprovechamientos que están desconectados del suministro municipal de agua potable.
- **Climatización y aprovechamiento geotérmico con bomba de calor**. Las instalaciones que utilizan el agua subterránea en sistemas de climatización aprovechan la energía contenida en el agua subterránea; se trata de sistemas geotérmicos abiertos que intercambian la energía térmica del agua extraída del

pozo de captación con la bomba de calor. Una vez efectuado el intercambio, el agua captada puede ser retornada al acuífero o vertida a cauce o conducción superficial (un curso de agua o red de saneamiento), pero puede ser utilizada en otros usos dependiendo de los casos y autorizaciones correspondientes. En los últimos años se constata una creciente demanda de las aguas subterráneas para climatización hecho incentivado por el ahorro y eficiencia de la energía geotérmica frente a otras fuentes alternativas, por la reducción de emisiones de $CO_2$, por las mejoras en salubridad e higiene al prevenir la aparición de la bacteria *Legionella* y por la inapropiada composición química de las aguas para satisfacer demandas de calidad más exigentes. En el año 2010 este uso involucraba a 151 pozos, de los que 91 era captaciones de agua y 60 constituían pozos de vertido.

Con los últimos datos disponibles de 2013 la cifra de pozos directamente relacionados con aprovechamientos geotérmicos es de 176: 105 pozos de captación y 71 de vertido, repartidos entre 65 aprovechamientos geotérmicos instalados en pequeñas comunidades de vecinos, naves industriales, oficinas, locales de ocio centros deportivos, espacios comerciales, hoteles, centros hospitalarios y diferentes dependencias de las administraciones públicas repartidas por la ciudad. Los gráficos de las Figura 4.2 y 4.3 muestran para cada año el número de aprovechamientos que comienzan su explotación y el número acumulado de explotaciones activas.

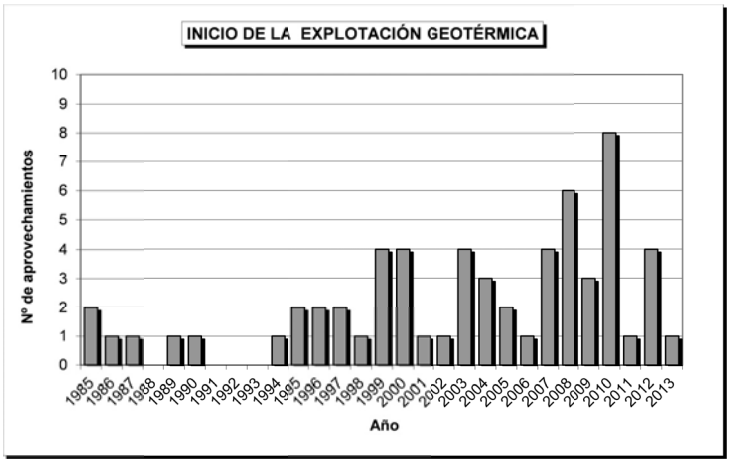



Figura 4.2. Distribución anual del inicio de explotaciones geotérmicas con aguas subterráneas en Zaragoza destinadas a climatización o generación de frío industrial

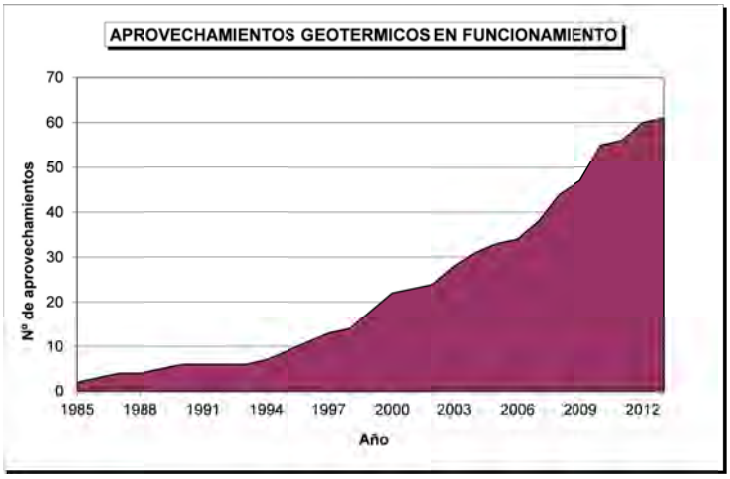



Figura 4.2 Distribución anual del número de aprovechamientos geotérmicos en funcionamiento en la ciudad de Zaragoza

De su visualización se pueden extraer dos conclusiones importantes: que la explotación geotérmica se remonta a cerca de 30 años en Zaragoza, superando cualquier pronóstico implantación de esta tecnología en nuestro país, y que su expansión tiene lugar fundamentalmente a finales del siglo XX y comienzos del XXI.

## Demanda y consumo urbano de agua subterránea

Al objeto de evaluar con detalle cuál es la demanda de agua subterránea en la ciudad, qué parte de ella corresponde a los aprovechamientos geotérmicos, cuál es el volumen de agua realmente utilizado y el realmente detraído del acuífero se ha realizado una valoración de tres términos diferentes: a) demanda, entendida como la cantidad teórica de agua que solicita un aprovechamiento para el desarrollo de una determinada actividad; b) extracción o volumen real de agua bombeada del acuífero; y c) consumo, entendido como una parte de la extracción, que representa el consumo neto de agua subterránea utilizada como materia prima, agua de riego o refrigerante que tras su uso no se reincorpora al acuífero de forma directa si no a la red municipal de saneamiento, como sucede en ciertos aprovechamientos geotérmicos.

Para calcular la demanda se parte de los datos aportados por los peticionarios, que constan en los expedientes para la solicitud de explotación de aguas subterráneas y en la base de datos INTEGRA de aprovechamientos inscritos que gestiona la Comisaría de

Aguas de la CHE. Esta información se basa la mayor parte de las veces en cálculos teóricos en función de la necesidad del proceso industrial, en los kilovatios térmicos que demanda la climatización, la superficie de riego, el volumen de piscinas, etc. En ocasiones se dispone también de una previsión con distribución mensual de la demanda. Tal información se ha podido consultar y contrastar con trabajo de campo para un 45% de los pozos. Para otro porcentaje similar de pozos se han conseguido datos reales o estimaciones con encuestas directas tras una visita y revisión del aprovechamiento. Sólo se ha calculado la demanda mediante estimaciones indirectas para un 10% de las captaciones.

El trabajo de revisión de los puntos acuíferos del ámbito urbano de Zaragoza ha permitido obtener de forma directa datos con los que ajustar las cifras de demanda al volumen de agua subterránea realmente extraído del acuífero. Para ello se han tomado lecturas directas o consultado registros recientes de contadores de agua; en parques y jardines se han calculado las dotaciones y volúmenes de riego a partir de las superficies ajardinadas, número de aspersores en funcionamiento, potencia de la bomba de la captación y horas de funcionamiento; en el caso de piscinas mediante cálculo de su volumen de llenado y renovación legal diaria del 5 % en el periodo abierto al público.

Se han obtenido datos globales muy aproximados entre la demanda y la extracción anual del agua subterránea (Tabla 4.I), que para el año 2010 ascienden a 24,66 $hm^3$ y 23,99 $hm^3$ respectivamente (Garrido *et al*., 2012b); no obstante, se observan diferencias notables entre demanda y extracción para determinados aprovechamientos de climatización que no han encontrado todavía un equilibrio entre la necesidad energética calculada de forma teórica y la necesidad real de generar frío o calor, ajustándose a las necesidades de la actividad económica que llevan a cabo. En grandes edificaciones este desequilibrio se transforma en un caudal medio importante. En conjunto, más del 68% del volumen de extracciones en el acuífero (16,4 $hm^3 \cdot año^{-1}$) se debe a los pozos de climatización y un 14% es causado por la demanda de riego. Los usos recreativos suponen un 10% de la demanda mientras que la industria apenas alcanza 2 $hm^3 \cdot año^{-1}$, el 8% del total.

| USOS | NÚMERO CAPTACIONES | DEMANDA | | EXTRACCIÓN | | CONSUMO | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $hm^3$ | % | $hm^3$ | % | $hm^3$ | % |
| **Riego de jardines** | 74 | 3,34 | 13,53 | 3,34 | 13,91 | 3,34 | 38,89 |
| **Recreativo** | 19 | 2,81 | 11,37 | 2,38 | 9,89 | 2,37 | 27,63 |
| **Industrial** | 21 | 1,91 | 7,73 | 1,91 | 7,95 | 1,91 | 22,20 |
| **Climatización** | 91 | 16,63 | 67,37 | 16,39 | 68,25 | 0,97 | 11,25 |
| **TOTAL** | **205** | **24,66** | **100** | **23,99** | **100** | **8,56** | **100** |

Tabla 4.I Distribución de la demanda, extracción y consumo de agua subterránea según usos (año 2010)

Del volumen real extraído se considera consumo: el agua sanitaria, la de riego, la del llenado de piscinas, la de procesos industriales y la de sistemas geotérmicos en los que la devolución no se inyecta en el acuífero. Para su cálculo se ha valido también de datos de facturación de tasas municipales de vertido. El consumo total asciende a 8,5 $hm^3 \cdot año^{-1}$, poco más de la tercera parte de la demanda urbana, y es generado por el 60% de las captaciones, porcentaje donde sólo contribuyen 9 pozos de climatización con el 11% del consumo global, es decir, 1 $hm^3$ pese a ser este uso el que tiene mayor demanda. El riego de jardines supone casi el 39% del consumo con cerca de 3,4 $hm^3$ anuales. Los usos recreativos e industriales, con un volumen de extracción inferior al 10% respectivamente, generan el 27,6 y 22,2% del consumo urbano (Figura 4.3). Con referencia a aprovechamientos individuales, el consumo más elevado para riego es de 1,8 $hm^3 \cdot año^{-1}$, seguido de 1,7 $hm^3 \cdot año^{-1}$ en una industria papelera. Para climatización el mayor consumo es 0,35 $hm^3 \cdot año^{-1}$, cifra que contrasta con la alcanzada por la instalación de mayor volumen de extracción: 1,3 $hm^3 \cdot año^{-1}$.

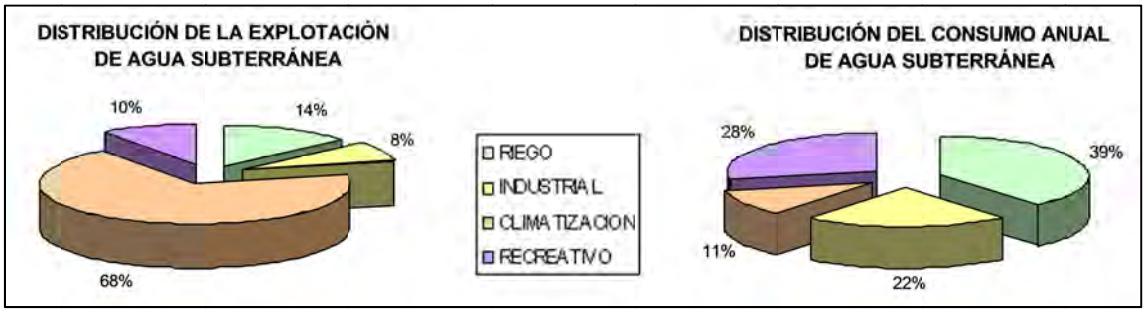



Figura 4.3. Distribución porcentual de la explotación y consumo de agua subterránea en Zaragoza en función de los usos

La Figura 4.4 permite observar la distribución mensual de la explotación, comprobando que los meses de mayor demanda se concentran en el periodo estival en el que

aumenta el consumo de agua para riego de jardines, llenado de piscinas y el destinado a procesos de refrigeración.

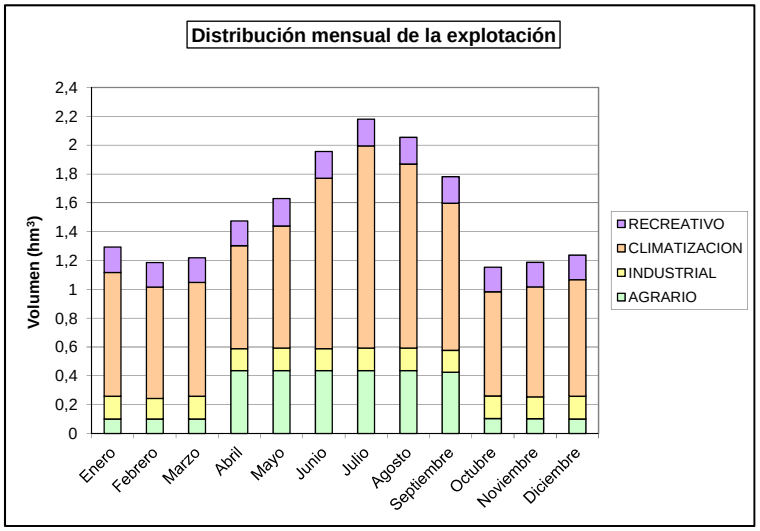
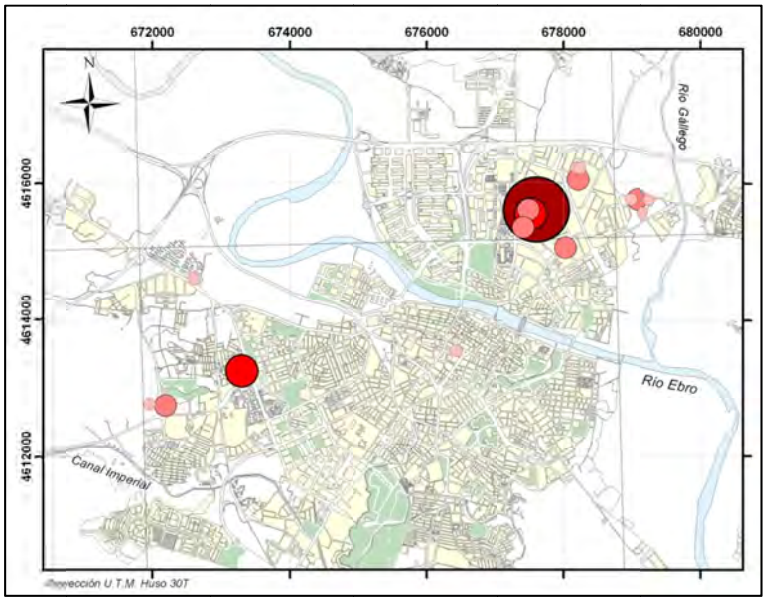



Figura 4.4. Distribución mensual de la explotación de aguas subterráneas en Zaragoza según usos

La localización de los diferentes aprovechamientos dentro de la ciudad y su posición dentro de la margen izquierda o derecha del río Ebro permite observar cómo es la distribución de la explotación y la presión que ejercen estos aprovechamientos sobre la cantidad del recurso hídrico disponible del acuífero (Figuras 4.5 a 4.8).

En conjunto, el volumen de extracciones en la margen izquierda del río Ebro es inferior al de la margen derecha, donde la concentración de captaciones en el centro de la ciudad genera una gran demanda (Figura 4.9). Aspecto distinto se observa para el reparto geográfico del consumo de agua subterránea (Figura 4.10); el volumen es de menor cuantía en la margen derecha y estando disperso por las áreas urbanas de reciente expansión de la ciudad. No obstante, la margen izquierda del río en Zaragoza, caracterizada porque el espesor saturado del acuífero es muy inferior al que tiene otras partes de la ciudad, es la que concentra los consumos más elevados y por tanto la zona expuesta a una mayor presión sobre los recursos disponibles.



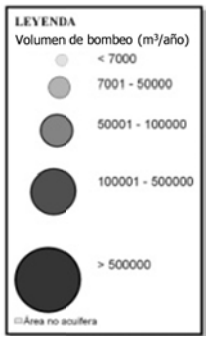




Figura 4.5. Distribución de la demanda de aguas subterráneas para uso industrial

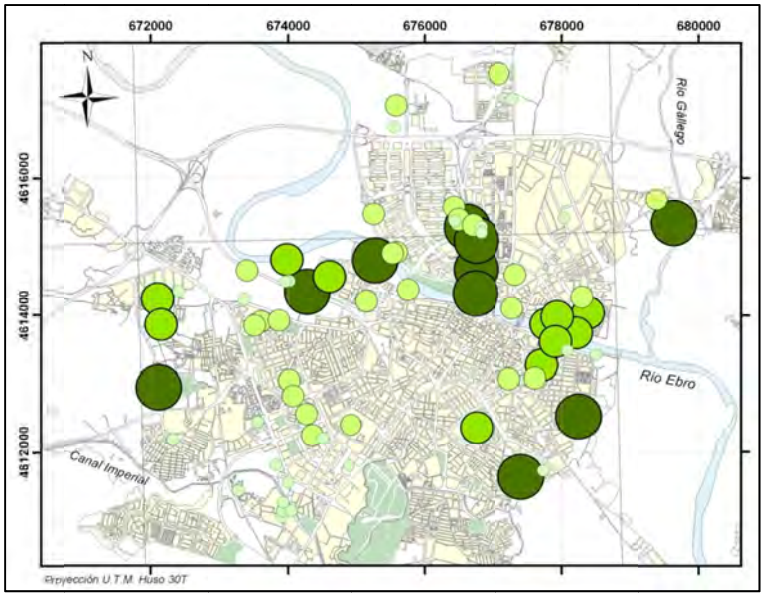



Figura 4.6. Distribución de la demanda de aguas subterráneas para riego de parques y jardnes. Leyenda en Figura 4.5

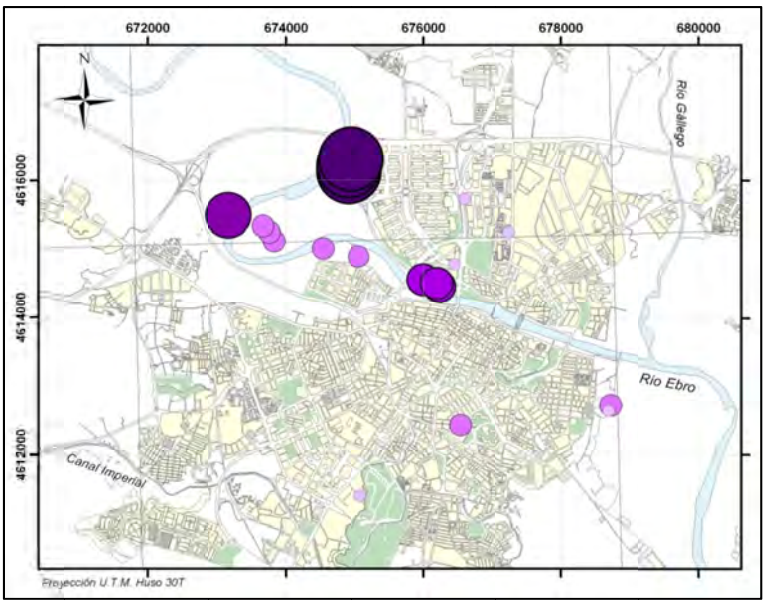



Figura 4.7. Distribución de la demanda de aguas subterráneas para usos urbanos o recreativos. Leyenda en Figura 4.5

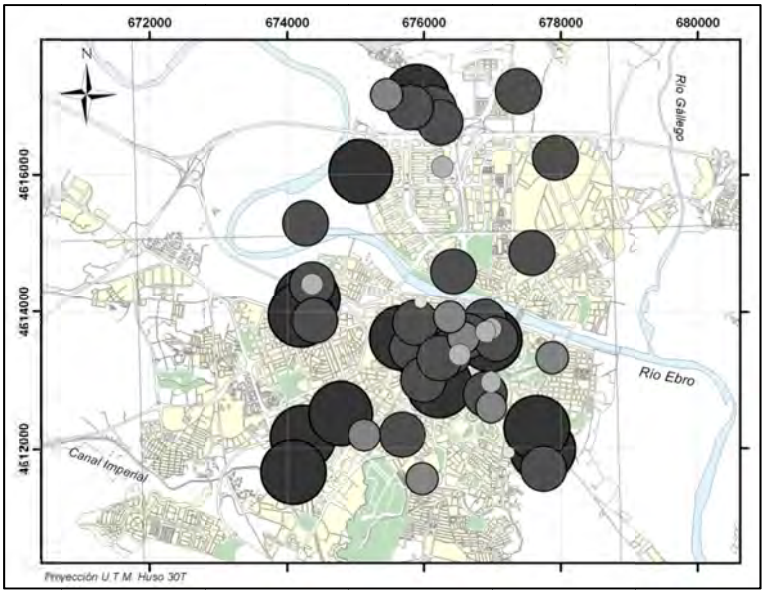


Figura 4.8. Distribución de la demanda de aguas subterráneas para climatización y aprovechamiento geotérmico con bombas de calor

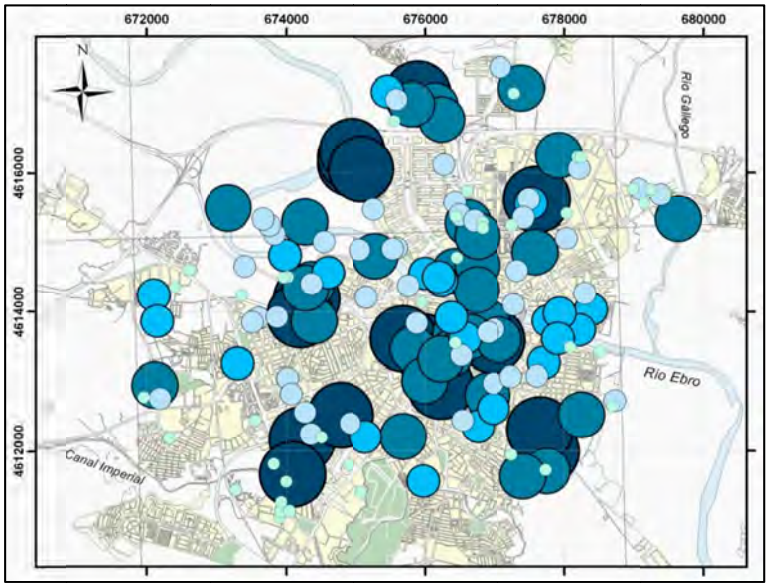



Figura 4.9. Distribución de la demanda total de aguas subterráneas en Zaragoza en el año 2010. Leyenda en Figura 4.8

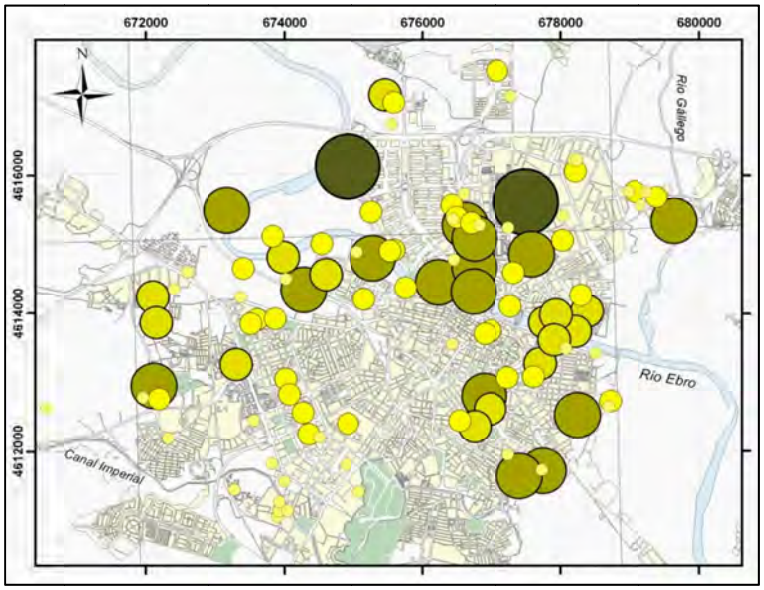



Figura 4.10. Distribución del consumo total de subterráneas. Leyenda en Figura 4.5. Leyenda en Figura 4.8

## Catálogo de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas

La revisión y actualización del inventario hasta diciembre de 2013 ha permitido catalogar dentro del perímetro urbano de Zaragoza 65 aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas cuya distribución se muestra en la Figura 4.11. Para cada uno de ellos se ha generado una ficha que recoge las características más destacadas. Estas fichas pueden consultarse en el anexo correspondiente a esta memoria.

Teniendo en cuenta que hay tres aprovechamientos paralizados o sin uso y que otros tres están en proyecto o en ejecución se puede concretar que el número de pozos involucrados es al menos de 176, de los que 105 son pozos de captación y 71 corresponden a pozos de devolución o vertido. Aproximadamente un 20% de los aprovechamientos no tiene abierto expediente para la tramitación de concesión del aprovechamiento de aguas subterráneas. Para estos pozos, al igual que se ha procedido con otros de nuevo inventario en este proyecto, se les ha asignado una numeración provisional con el número de orden dentro del octante correspondiente precedido del dígito 9.

Las fichas del anexo sintetizan la información en 7 apartados, que agrupan datos relevantes del aprovechamiento geotérmico para proceder a una valoración de los impactos potenciales en la masa de agua subterránea y sobre las captaciones. Los apartados y su contenido son los siguientes:

1) Aprovechamiento.
    a) Nombre asignado a la explotación.
    b) Titular.
    c) Número de expediente asignado en Comisaría de Aguas de la CHE.
    d) Estado operativo actual del aprovechamiento (en diciembre de 2013).
    e) Croquis de situación, sobre callejero urbano de Zaragoza y a escala adecuada, con indicación del número de referencia del inventario de puntos acuíferos de las captaciones y pozos de vertido del aprovechamiento, de los pozos de vertido de otras captaciones y aprovechamientos geotérmicos situadas aguas arriba o aguas abajo en la dirección supuesta del flujo subterráneo.

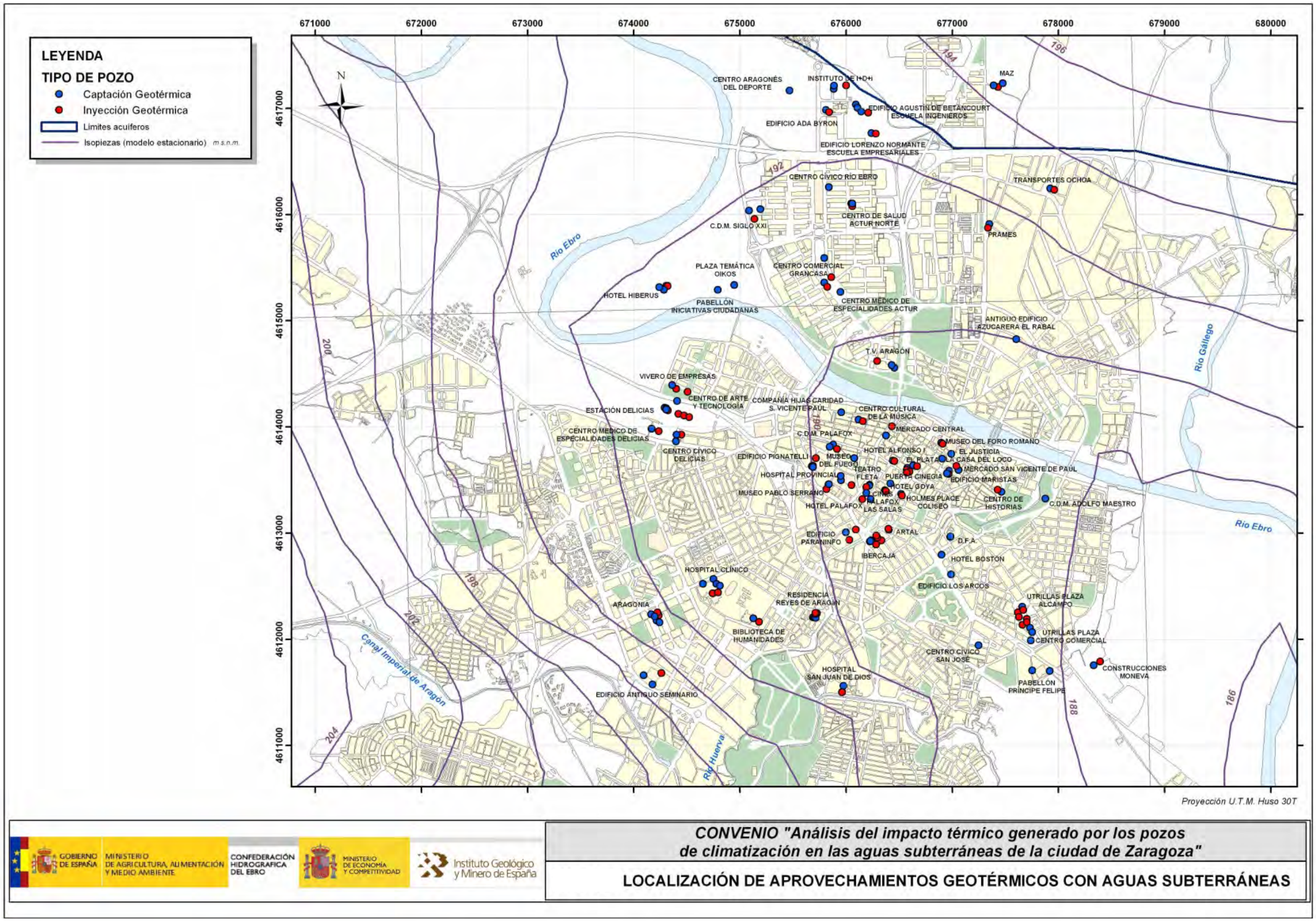



Figura 4.11. Aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas en el casco urbano de la ciudad de Zaragoza

2) Características de los pozos.
   a) Otros usos del agua subterránea en este aprovechamiento.
   b) Número total de perforaciones que compone el aprovechamiento.
   c) Número de pozos de captación y de pozos de vertido.
   d) Profundidad (en metros) del pozo de captación y de vertido más profundos respectivamente.
   e) Caudal medio equivalente de explotación y caudal de vertido en $L \cdot s^{-1}$.
   f) Consumo total del aprovechamiento ($m^3 \cdot año^{-1}$).
   g) Volumen total de vertido del aprovechamiento ($m^3 \cdot año^{-1}$).
3) Características de la climatización.
   a) Frecuencia de generación de frío: periodo o rango temporal aproximado de funcionamiento de las instalaciones para generación de frío.
   b) Potencia instalada para la generación de frío (kW).
   c) Frecuencia de generación de calor.
   d) Potencia instalada para la generación de calor (kW).
4) Características del vertido.
   a) Lugar de vertido, o punto de deposición del agua de retorno.
   b) Tipo de circuito que realiza el agua.
   c) Forma de disposición o método utilizado para el vertido.
   d) Relación entre la posición o profundidad de las rejillas de los pozos de vertido y de captación o, en su caso, respecto de la profundidad de la bomba en los pozos de captación.
5) Temperaturas del agua.
   a) Del agua de captación en grados centígrados y fecha de lectura o medida.
   b) Del agua de vertido en grados centígrados y fecha de lectura o medida.
   c) Salto térmico.
6) Descripción del Impacto Térmico.
   a) Distancia máxima y mínima entre pozos de captación y vertido, con valoración sobre posible influencia de la dirección del flujo subterráneo.
   b) Distancia entre captación y otro vertido próximo, referenciado y con valoración sobre posible influencia de la dirección del flujo subterráneo.

c) Distancia entre el pozo de vertido y otro pozo de captación próximo, referenciado y con valoración sobre la posible influencia de la dirección del flujo subterráneo.
d) Valoración de la contaminación: ¿se controla periódicamente la temperatura del vertido?, ¿existe contaminación externa?, ¿existe autointerferencia térmica?
e) Índices de impacto: Magnitud de la Captación y Magnitud del Vertido (en °C).
f) Año de comienzo de la explotación y, en su caso, de finalización.

7) Croquis del pozo de captación o vertido y registros CE-T
   a) Croquis de construcción del pozo o pozos de captación y de vertido, indicando el nombre con el que se identifica en las diferentes bases de datos, número de registro, coordenadas UTM X, Y y cota nivelada o estimada en m s.n.m. El corquis constructivo recoge la profundidad, diámetros de perforación y entubación, posición de las rejillas, nivel piezométrico y litología atravesada.
   b) Croquis de registros de conductividad eléctrica (CE) y temperatura (T).
   c) Información fotográfica de los pozos para su correcta identificación, supervisión de la instalación y del estado de conservación.

La Tabla 4.II recopila los aprovechamientos geotérmicos conocidos en la ciudad a diciembre de 2013, incluyendo su titular, estado operativo y fecha de comienzo de la explotación. Se muestra también para cada caso el número de expediente asignado al aprovechamiento en la Base de Datos INTEGRA de Comisaría de Aguas, así como los números de inventario de los pozos de captación y de vertido.

A continuación se irá describiendo cada uno de los apartados anteriores reflejando las características más destacadas del conjunto de los aprovechamientos o de forma particular para alguno de ellos, si es el caso. En el capítulo 7 de esta memoria se tratará de manera específica aspectos relativos a los puntos 6 y 7 de este catálogo: temperatura del agua subterránea y a la descripción del impacto térmico.

Tabla 4.II. Relación de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas en la ciudad de Zaragoza

| Nº | APROVECHAMIENTO | TITULAR | EXPEDIENTE CHE | Nº INVENTARIO POZOS CAPTACION | Nº INVENTARIO POZOS VERTIDO | ESTADO ACTUAL | COMIENZO EXPLOTACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ANTIGUO EDIFICIO AZUCARERA EL RABAL | Ayuntamiento de Zaragoza | 2005P0119 | 271489025 | | Activo | 2010 |
| 2 | ARAGONIA | Zaragoza Urbana, S.A. | 2003P0125 | 271540191<br>271540230<br>271540386<br>271549065 | 271540387<br>271549067 | Activo | 2009 |
| 3 | BIBLIOTECA DE HUMANIDADES | Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento | 2001P0421 | 271540178 | 271540177 | Activo | 2003 |
| 4 | CENTRO ARAGONÉS DEL DEPORTE | Gobierno de Aragón - Dpto. Presidencia y Relaciones Institucionales | 2002P1064 | 271489005 | | Activo | 2003 |
| 5 | CENTRO CÍVICO DELICIAS | Ayuntamiento de Zaragoza | 2009P0751<br>2010P1457 | 271540503<br>271540504<br>271549071 | 2715405050 | Activo | 2012 |
| 6 | CENTRO CÍVICO SAN JOSÉ | Ayuntamiento de Zaragoza | | 271549036 | 1 sin uso | Activo | 1999 |
| 7 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL ADOLFO MAESTRO | Ayuntamiento de Zaragoza - Deportes | | 271549056 | | Activo | 1994 |
| 8 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL PALAFOX | Ayuntamiento de Zaragoza - Deportes | 1999P1071 | 271540165<br>271540166 | 271540167 | Activo | 2002 |
| 9 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL S. XXI | Ayuntamiento de Zaragoza - Deportes | 2008P0448 | 271480133<br>271480143 | 271480144 | Activo | 2007 |
| 10 | CINES PALAFOX LAS SALAS | Zaragoza Urbana, S.A. | 2002P1186 | 271540186<br>271540187 | 271540185 | Activo | 2004 |
| 11 | DISMINUIDOS FÍSICOS DE ARAGÓN | Disminuidos Físicos de Aragón | 1999P0845 | 271540161 | 271540160 | Activo | 1998 |
| 12 | EDIFICIO ADA BYRON | Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento | 1999P0248 | 271480086 | 271480087 | Activo | 1999 |

Tabla 4.II. Relación de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas en la ciudad de Zaragoza

| Nº | APROVECHAMIENTO | TITULAR | EXPEDIENTE CHE | Nº INVENTARIO POZOS CAPTACION | Nº INVENTARIO POZOS VERTIDO | ESTADO ACTUAL | COMIENZO EXPLOTACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS | Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento | 2004P0466 | 271480134<br>271480135<br>271480136<br>271480137 sin uso | 271480145 | Activo | 2000 (un pozo vertido en 2004) |
| 14 | EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO | Ayuntamiento de Zaragoza | 2006P0389 | 271540234<br>271540235 | 271540236 | Activo | 2009 |
| 15 | EDIFICIO LORENZO NORMANTE - ESCUELA EMPRESARIALES | Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento | 2001P1516 | 271480090 | 271480091 | Activo | 2000 |
| 16 | EDIFICIO LOS ARCOS | CIUVASA | | 271540289 | | Activo | 1986 |
| 17 | EDIFICIO MARISTAS | Gobierno de Aragón - Dpto. Presidencia y Relaciones Institucionales | 1998P0256 | 271540168<br>271540169 | 271540170 | Activo | 1996 |
| 18 | EDIFICIO PARANINFO | Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento | 2007P0872<br>2009P0193 | 271540388<br>271540389 | 271540390 | Activo | 2008 |
| 19 | EDIFICIO PIGNATELLI | Gobierno de Aragón - Dpto. Presidencia y Relaciones Institucionales | 2005P0786<br>1986P0109 | 271540394<br>271540395<br>271540396 | 271540397 | Activo | 1987 |
| 20 | EDIFICIO ZEUS | Comunidad de Propietarios Edificio Zeus | | 271549047 | | Sin uso | Anterior 1985 |
| 21 | EL JUSTICIA | El Justicia | 1995P0114 | 271540099 | | Activo | 1995 |
| 22 | EL PLATA | Aramesa | 2006P0152 | 271540245 | 271540246 | Activo | 2008 |
| 23 | ESTACIÓN DELICIAS | ADIF Patrimonio | 2003P1491 | 271540310<br>271549058<br>271549059 | 271549063<br>271549060<br>271549061<br>271549062 | Activo | 2003 |
| 24 | HOLMES PLACE COLISEO | DUAR Desarrollo Urbano Aragonés S.L. | 2005P1472 | 271540257 | 271540256 | Activo | 2007 |

Tabla 4.II. Relación de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas en la ciudad de Zaragoza

| Nº | APROVECHAMIENTO | TITULAR | EXPEDIENTE CHE | Nº INVENTARIO POZOS CAPTACION | Nº INVENTARIO POZOS VERTIDO | ESTADO ACTUAL | COMIENZO EXPLOTACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | HOSPITAL CLÍNICO | Gobierno de Aragón Departamento de Salud | 2005P0073 | 271540226<br>271540227<br>271540385<br>271549035 | 271540228<br>271540229 | Activo | 2005 |
| 26 | HOSPITAL PROVINCIAL | Gobierno de Aragón Departamento de Salud | 2008P0298 | 271540306<br>271549089 | 271540305 | Activo | 2009 |
| 27 | HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS | Orden Hospitalaria San Juan de Dios | 2008P0414 | 271540322<br>271540323 | 271540324<br>271540325 | Activo | 2010 |
| 28 | HOTEL ALFONSO I | Zaragoza Urbana, S.A. | 2008P0378 | 271540303<br>271540320 | 271540304 | Activo | 2010 |
| 29 | HOTEL BOSTON | Inversiones Generales Boston S.A. | 1994P2060 | 271540084 | | Activo | 1995 |
| 30 | HOTEL GOYA | Zaragoza Urbana, S.A. | 2004P0166 | 271540224 | | Sin uso | Reprofundizado en 1978 |
| 31 | HOTEL IBERUS | Zaragoza Urbana, S.A. | 2007P0822 | 271480156<br>271480157<br>271480158 | 271480138<br>271480153<br>271480154<br>271480155 | Activo | 2008 |
| 32 | HOTEL PALAFOX, CASINO y CINE CERVANTES | Zaragoza Urbana, S.A. | 2003P1183<br>1999P0426 | 271540223<br>271540163 | 271540164 | Activo | 1999 |
| 33 | IBERCAJA | Ibercaja | 2006P0246 | 271540231<br>271540232<br>271540233 | 271540391<br>271549049<br>271549050<br>271549051 | Activo | 2006 |
| 34 | INSTITUTO DE I+D+i | Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento | 2006P0943 | 271480140<br>271480142 | 271480141 | Activo | 2010 |
| 35 | LA CASA DEL LOCO | La Casa Del Loco | 1990P0273 | 271540101 | | Activo | 1990 |
| 36 | MERCADO CENTRAL | Ayuntamiento de Zaragoza | 2007P0941 | 271540308 | 271540307 | Activo | 2007 |

Tabla 4.II. Relación de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas en la ciudad de Zaragoza

| Nº | APROVECHAMIENTO | TITULAR | EXPEDIENTE CHE | Nº INVENTARIO POZOS CAPTACION | Nº INVENTARIO POZOS VERTIDO | ESTADO ACTUAL | COMIENZO EXPLOTACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | MERCADO SAN VICENTE DE PAÚL | Ayuntamiento de Zaragoza | 2009P0299 | 271540370 | 271540371 | Activo | 2010 |
| 38 | MUSEO PABLO SERRANO | Gobierno De Aragón | 2009P0796 | 271540372<br>271540373 | 271540374 | Activo | 2010 |
| 39 | MÚTUA ACCIDENTES ZARAGOZA | Mutua Accidentes Zaragoza | 2001P0465 | 271480004<br>271480092 | 271480093 | Activo | 2001 |
| 40 | PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE | Ayuntamiento de Zaragoza - Deportes | | 271549052<br>271549053 | | Activo | 1989 |
| 41 | PUERTA CINEGIA | Ordisa | 2002P1959 | 271540215 | 271540216<br>271540217<br>271540218 | Activo | 2004 |
| 42 | RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN | Sekilur, S.A. | 2005P0360 | 271540239<br>271540240<br>271540241 | 271540242<br>271540243<br>271540244 | Activo | 2008 |
| 43 | T.V. ARAGÓN | Gobierno de Aragón - Dpto. Presidencia y Relaciones Institucionales | 1993P0138 | 271540094<br>271540095 | 271540096 | Activo | 1999 |
| 44 | TRANSPORTES OCHOA | Transportes Ochoa | 2003P0473 | 271480098 | 271480099 | Sin uso | 2005 |
| 45 | UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO | Alcampo | | 271549042 | 271549043<br>271549044<br>271549045 | Activo | 2000 |
| 46 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL | Utrillas Plaza - Centro Comercial | 2002P1073 | 271549037<br>271549038<br>271540309 | 271540392<br>271549039<br>271549040 | Activo | 2000 |
| 47 | ARTAL | Urbihome-Grupo Artal. Antiguamente Construcciones Monrepós | 2003P1056 | 271540311 | 271549076 | Sin uso | 2004 |
| 48 | PABELLÓN INICIATIVAS CIUDADANAS | Expo Agua- Ayuntamiento de Zaragoza | 2007P1437 | 271480131 | | Inhabilitado | May-Sep 2008 |
| 49 | PLAZA TEMÁTICA OIKOS | Expo Agua- Ayuntamiento de Zaragoza | 2008P0380 | 271480132 | | Inhabilitado | May-Sep 2008 |

Tabla 4.II. Relación de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas en la ciudad de Zaragoza

| Nº | APROVECHAMIENTO | TITULAR | EXPEDIENTE CHE | Nº INVENTARIO POZOS CAPTACION | Nº INVENTARIO POZOS VERTIDO | ESTADO ACTUAL | COMIENZO EXPLOTACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | TEATRO FLETA | Diputación Provincial de Zaragoza | 2002P0090 | 271540180<br>271540181 | 271540182 | En proyecto | |
| 51 | COMPAÑÍA HIJAS DE LA CARIDAD | Compañía Hijas de la Caridad de San Vicente Paúl | 1997P1293 | 271540147 | | Activo | 1997 |
| 52 | CENTRO SALUD ACTUR NORTE | Dpto. Salud Gobierno de Aragón | 2009P1003 | 271480151<br>271489032 | 271480152 | Activo | 2010 |
| 53 | MUSEO DEL FORO ROMANO | Ayuntamiento de Zaragoza | | 271549077 | 271549078 | Activo | 2010 |
| 54 | CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN DELICIAS | Gobierno de Aragón Departamento de Salud, Consumo y Servicios Sociales Servicio Aragonés de Salud | 2009P0321 | 271540408<br>271540409 | 271540410<br>271540411 | En ejecución | Previsto 2014 |
| 55 | CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN ACTUR | Gobierno de Aragón Departamento de Salud, Consumo y Servicios Sociales Servicio Aragonés de Salud | | 271489031 | | En ejecución | 2010-2011 |
| 56 | CENTRO INTERPRETACIÓN ARTE DIGITAL | Ayuntamiento de Zaragoza | 2010P0470 | 271549087 | 271549088 | Activo | 2013 |
| 57 | CENTRO CULTURAL DE LA MUSICA (PERI Armas - Casta Álvarez) | Sociedad Municipal de Rehabilitación Urbana de Zaragoza, S.L. | 2009P0631 | 271540398 | 271540399 | Activo | 2012 |
| 58 | CAIXA FORUM (Avenida de Clavé) | Caixa d'Estalvis i Pensions de Barcelona (LA CAIXA") | 2010P0222 | 271549082 | | Denegado | |
| 59 | MUSEO DEL FUEGO | Ayuntamiento de Zaragoza | | 271549086 | | Activo | 2012 |
| 60 | CENTRO DE HISTORIAS DE ZARAGOZA | Ayuntamiento de Zaragoza | | 271549084 | 271549085 | Activo | 2000 |
| 61 | CENTRO CÍVICO RÍO EBRO JOSÉ MARTÍ | Ayuntamiento de Zaragoza | | 271489037 | | Activo | 1996 |
| 62 | CENTRO DE INCUBACIÓN EMPRESARIAL (Milla Digital) | Ayuntamiento de Zaragoza | 2010P0860 | 271540347 | 271540348 | Activo | 2011 |
| 63 | ARTAL AUTOMOCIÓN | Construcciones Moneva | 2006P1348 | 271540414 | 271540413 | Activo | 2007 |
| 64 | CENTRO COMERCIAL GRANCASA | Grupo Sonae-Sierra | | 271489033<br>271489035 | 271489034<br>271489036 | Activo | 1994 a 1997 |
| 65 | PRAMES | PRAMES, S.A. Camino de los Molinos 32 | 2012P0188 | 271480202 | 271480203 | Activo | 2012 |

No todos los aprovechamientos se encuentran en funcionamiento o plena operatividad. Los motivos son diversos: dos aprovechamientos fueron clausurados al finalizar la Exposición Internacional de Zaragoza en 2008, puesto que fueron construidos para la climatización de los pabellones *Plaza Temática Oikos* y *Pabellón de Iniciativas Ciudadanas;* por otro lado al menos cuatro instalaciones, pese a estar plenamente operativas, han dejado se ser utilizadas en los últimos años: *Hotel Goya, Edificio Zeus, ARTAL y Transportes Ochoa*; el aprovechamiento de *Caixa Forum* ha sido denegado; finalmente, existen tres aprovechamientos en trámite de autorización, en fase de construcción o en proyecto de construcción que tienen prevista su puesta en marcha en el futuro.

El uso energético de las aguas subterráneas viene realizándose en la ciudad desde hace más de 25 años. Cabe citar como emplazamiento singular la sede del Gobierno de Aragón en el *Edificio Pignatelli* (Figura 4.12) cuya instalación se remonta al año 1987; otros edificios, como el *Hotel Goya,* ya eran operativos con anterioridad a 1978. Pero es a mediados de la década de los años 90 cuando se produce el salto importante de la implantación de sistemas abierto en el acuífero al dar comienzo el periodo de mayor expansión de la explotación con fines energéticos. Puesto que el movimiento del calor en el acuífero se realiza con lentitud viajando a menor velocidad que el agua, el comienzo de la explotación geotérmica de cada aprovechamiento puede ser revelador a la hora de valorar cualitativamente el grado de afección y el retardo en que es percibido un hipotético impacto térmico.

Figura 4.12. Enfriadoras de las instalaciones de climatización de los Edificios Pignatelli y Paraninfo

En relación a la localización y dispersión de las diferentes instalaciones por la ciudad, aproximadamente una cuarta parte se sitúan en la margen izquierda del río Ebro y tres cuartas partes en la margen derecha. El centro y casco histórico de la ciudad son los sectores que detecta la densidad más alta de aprovechamientos (Figura 4.13) aunque son normalmente de pequeña y mediana entidad, entendida esta como demanda de recursos hídricos o potencia energética instalada. Sin embargo, en determinadas áreas de la periferia de Zaragoza (al norte, oeste-suroeste y sureste) donde se localizan instalaciones de gran potencia energética que forman conjuntos de pozos que crean gran demanda de agua y tienen elevada probabilidad para generar impactos térmicos por el volumen y temperatura del agua de vertido.

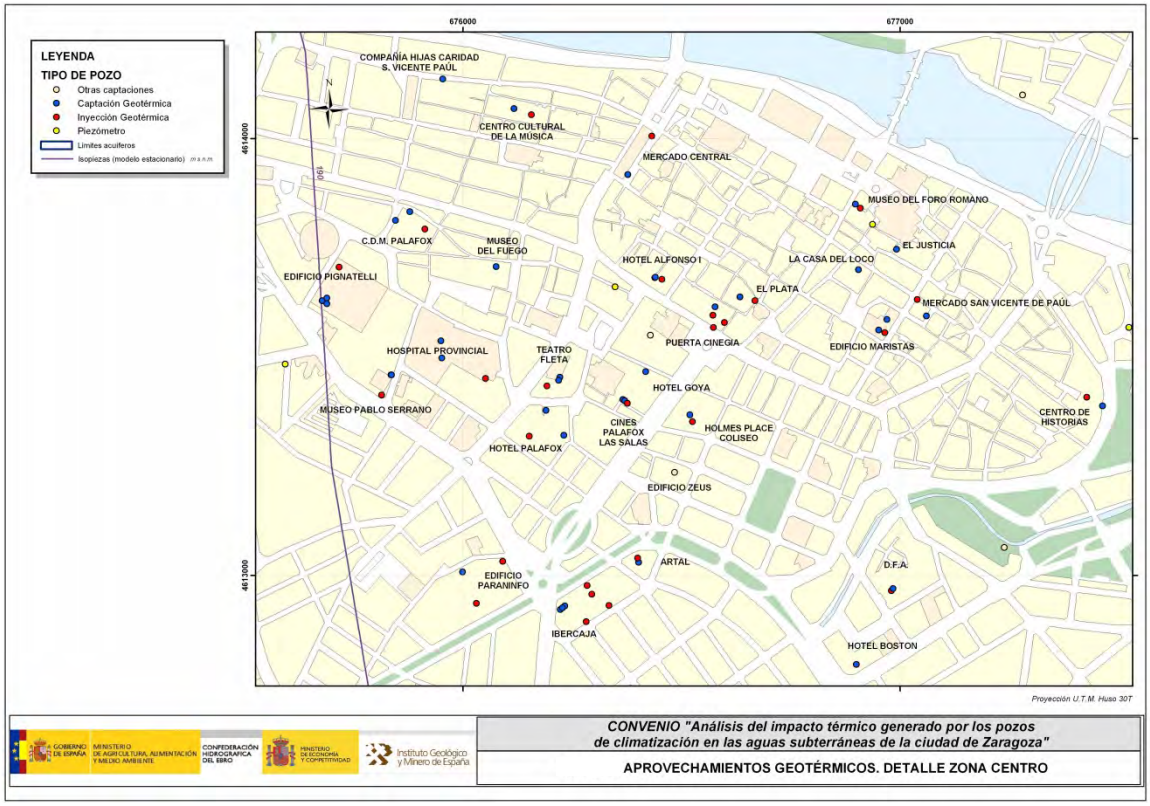



Figura 4.13. Detalle de la situación de los pozos de los aprovechamientos geotérmicos en el sector central de la ciudad de Zaragoza

## 1. Características de los sistemas de climatización

Los sistemas de climatización más adecuados para ser instalados en Zaragoza son los de tipo abierto. Es una consecuencia lógica de las características del subsuelo y del entorno geológico, puesto que gran parte del casco urbano de la ciudad se extiende sobre materiales detríticos de los aluviales de los ríos Ebro y Gállego disponiendo de

un importante espesor saturado de agua. En los niveles de terrazas altas y en los sistemas de glacis asociados donde el espesor saturado es mínimo o inexistente se han instalado algunos sistemas de climatización cerrados, provistos de captadores geotérmicos horizontales o verticales.

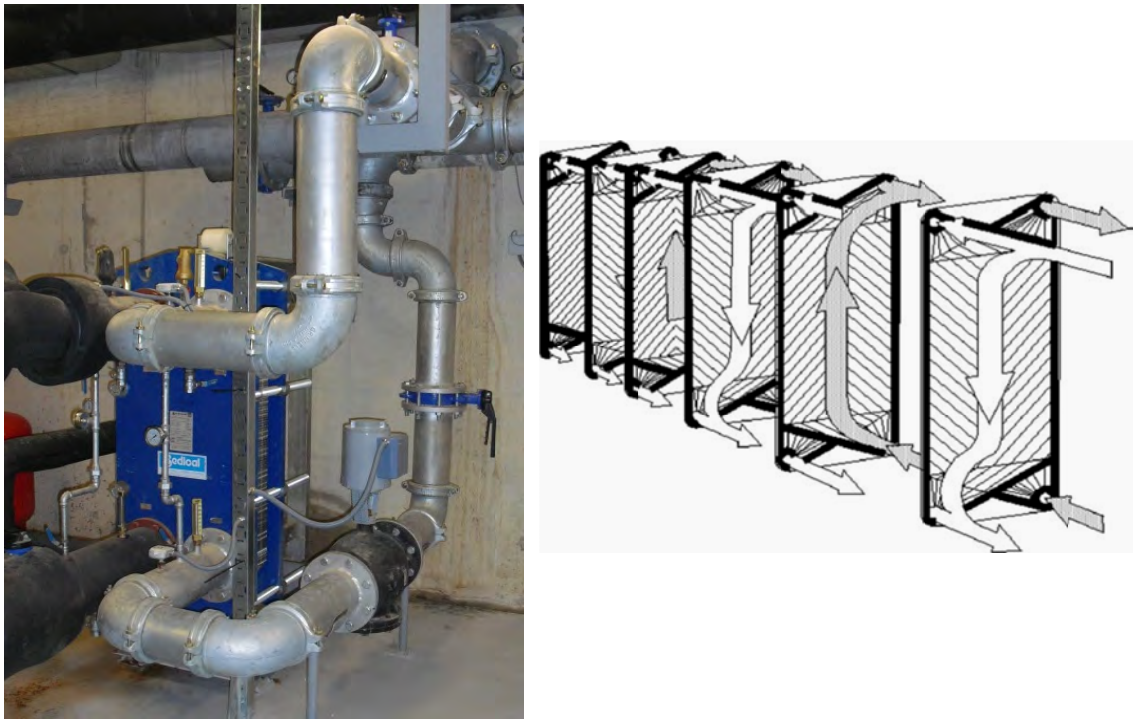


Figura 4.14. Esquema de funcionamiento interno de un intercambiador térmico (en Banks, 2008) y ejemplo de instalación, con disposición de los circuitos primario y secundario (Edificio Paraninfo)

La mayor parte de los sistemas geotérmicos abiertos de Zaragoza cuentan con un circuito primario que dirige el agua subterránea hacia el intercambiador térmico (Figura 4.14), dispositivo que recibe también el fluido del circuito secundario procedente del interior de la estancia que se desea climatizar. En este estudio se denominarán como circuitos primarios "abiertos" aquellos en los que el agua se devuelve al exterior (acuífero o red de saneamiento municipal). A diferencia de estos circuitos abiertos, sólo existen dos aprovechamientos -*Hotel Boston* y *Centro Cívico San José*- donde se considera un sistema abierto pero con lo que se llamará circuito primario "cerrado": una vez producido el intercambio térmico el agua de devolución se conduce hacia un depósito o aljibe en donde transcurrido un tiempo se estabiliza nuevamente su temperatura o se reduce por la mezcla con agua de renovación más fría. El proceso se producirá dependiendo de la demanda energética del sistema o

cuando desciende el nivel del agua almacenada, generalmente atribuida a una evaporación-condensación. En estos casos, la eficacia energética del sistema puede ser menor pero la demanda, las extracciones de agua subterránea y los costes del proceso se reducen considerablemente.

Los sistemas están pensados normalmente para la generación de frío (aprovechando que la temperatura del agua subterránea es inferior a la ambiental), pero al menos en un 25% de sistemas el uso es reversible, con generación también de calor. El *CDM Adolfo Maestro* es el único sistema instalado exclusivamente para generación de calor. De otro 25% de los aprovechamientos no se tiene información sobre funcionamiento reversible o no de las bombas de calor instaladas.

El funcionamiento de las instalaciones se realiza con una frecuencia que depende de la necesidad de climatización de cada edificio, marcada fundamentalmente por la actividad que se desarrolla en su interior, y por la existencia de otros sistemas alternativos para la generación de frío-calor. Es habitual que la demanda de frío ambiental (y, consecuentemente, el vertido de agua caliente) se prolongue durante todo el año, con una frecuencia media diaria de 6-8 horas, exceptuando los días festivos por cierre de las instalaciones, pero puede ser permanente debido a la presencia de estancias que demandan continuamente frío, como quirófanos, estudios de TV, salas de máquinas u ordenadores, espacios de ocio o por la necesidad de frío industrial para cámaras frigoríficas y refrigeración de maquinaria.

La demanda de calor se extiende generalmente durante el periodo comprendido entre octubre ya abril. Pese a que el agua de retorno del circuito primario de los sistemas abiertos puede tener algunos grados de temperatura menos que el agua captada del acuífero, la temperatura final resultante del vertido no suele ser inferior, pues frecuentemente las necesidades de climatización de los edificios contemplan también la demanda de frío, incluso en invierno. De esta forma pueden coexistir bombas de calor con funcionamiento simultáneo, es decir, varios circuitos primarios con temperaturas del agua de salida fría o caliente, pero donde la temperatura resultante de la mezcla final en el vertido sigue siendo superior a la del acuífero.

En la descripción de las características de la climatización puede resultar de interés conocer la potencia de las máquinas para generación de frío y para generación de calor, como datos que resultan comparables con otras instalaciones y que sean indicativos de la dimensión del aprovechamiento y de su capacidad para generar un impacto determinado a partir de la potencia instalada. Se dispone de datos de la potencia instalada para generación de frío en 36 instalaciones y para generación de calor en otras 21. Sólo con esta información ya se deduce que la potencia instalada alcanza los 67,5 MWt en frío y 33 MWt en calor, de las que dos terceras partes correspondería a la potencia efectivamente utilizada. Si se tuviera en cuenta información y datos para la totalidad de los aprovechamientos se debería considerar una potencia instalada solo en generación de frío del orden de 110-120 MWt.

Ante la ausencia de estadísticas fiables y datos oficiales, las cifras aportadas de potencia instalada en la ciudad de Zaragoza van a suponer un salto cuantitativo muy importante en cuanto al cómputo de energía renovable en España, pues por sí mismas podrían superar las últimas estimaciones sobre potencia instalada en todo el país, 80 MW citados por la Plataforma Tecnológica Española de Geotermia (GeoPlat, 2010) o 30-36 MW citados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE, 2012), entidades que en ningún caso consideran ni contabilizan la importante y excepcional explotación geotérmica de Zaragoza.

## 2. Características de los pozos

El número de captaciones para aprovechamiento geotérmico del agua subterránea se eleva a 105. La profundidad media de estos pozos es de 33,5 m, oscilando entre 5,2 m del *Edificio Zeus* y 65 m de los pozos del *Edificio del Antiguo Seminario*. Las captaciones más profundas se localizan en las cotas más altas de la ciudad, sobre niveles T4 y T5 de terraza aluvial. Cada aprovechamiento cuenta con uno o dos pozos de captación, que funcionan de manera alternativa o manteniendo alguno parado en reserva, para solventar situaciones de averías y mantenimiento del resto de pozos. No obstante, algunos emplazamientos disponen hasta 4 pozos de captación para satisfacer demandas que requieren un elevado caudal instantáneo. En ciertos casos un mayor número de captaciones obedece a la necesidad de reubicar los pozos para conseguir

agua más fría, tras haber detectado un incremento de temperatura en la captación como consecuencia de procesos de interferencia térmica entre pozos.

Figura 4.15. Izquierda: pozo de captación en la Estación Delicias. Derecha. Pozo de captación del Hotel Boston

El número de pozos de inyección o vertido se eleva a 71. Lo habitual es encontrar un único pozo de vertido por aprovechamiento, pero también existen pares de pozos que son situados en paralelo, actuando desde el punto de vista hidrodinámico como un único pozo de inyección (Figura 4.16). Otras instalaciones disponen hasta 3 o 4 pozos de vertido independientes (*Estación Delicias, Ibercaja*). La profundidad media de estos pozos es de 33 m oscilando entre 12,3 m del *Hotel Palafox* y 64 m en el *Antiguo Seminario*.

La afección hidrodinámica y térmica entre pozos ha de evitarse mediante un apropiado distanciamiento y colocación respecto a la dirección del flujo subterráneo. Aun teniendo en cuenta estos aspectos, no siempre se adoptan las correctas medidas, bien por las propias limitaciones del recinto, de la superficie de parcela disponible o bien por el deficiente asesoramiento técnico para la perforación del pozo y desconocimiento en cuanto al funcionamiento del flujo subterráneo y del acuífero. En estos casos puede llegar a detectarse un importante incremento de la temperatura del

agua de captación transcurrido un tiempo desde el comienzo de la explotación. Cuando la instalación se ha diseñado para funcionar de forma reversible, el almacenamiento de calor en el subsuelo durante los periodos verano en los que se demanda refrigeración supone una ventaja al poder disponer de mayores recursos energéticos para cubrir una potencial demanda de calefacción en invierno. Además se contribuye a equilibrar el balance energétrico del acuífero disminuyendo el potencial impacto térmico.

Figura 4.16. Izquierda: pozos de vertido en paralelo en el Hotel Iberus. Derecha: pozo de devolución en el edificio Puerta Cinegia

Esta técnica, en la que se aprovecha el calor inyectado al subsuelo durante el verano, se ha puesto en práctica, de forma indirecta sin planificación previa, en el *Centro Comercial Utrillas-Plaza,* como una contramedida para paliar el progresivo ascenso de la temperatura que se ha ido observando en un pozo de captación desde el inicio de la explotación. Este pozo es bombeado únicamente durante el invierno para satisfacer la demanda de calor existente en el centro comercial durante ese periodo del año. Una operativa similar también podría ser aconsejable en otros emplazamientos que resultan afectados por el aumento significativo de la temperatura de sus captaciones aunque, no obstante, es un aspecto que requiere de un estudio adecuado y muy

preciso pues la elevada permeabilidad del acuífero reduce la posibilidad de almacenar calor de una estación a otra. El flujo subterráneo traslada rápidamente las islas de calor que anualmente genera cada emplazamiento siendo difícil su aprovechamiento por el mismo sistema que las genera.

Se han identificado varios aprovechamientos que comparten el agua subterránea para otros usos distintos del energético o de climatización:

- **Previsión contra incendios**, en: *Centro Aragonés del Deporte, Edifico Los Arcos, Hotel Boston* y *Puerta Cinegia*.

- **Refrigeración industrial,** de maquinaria o de cámaras frigoríficas en: *Hotel Palafox, Mercado Central, Mercado San Vicente de Paúl* y *Utrillas-Plaza Alcampo*.

- **Climatización de la piscinas,** del *Centro Deportivo Municipal Palafox*.

Conocer el volumen de agua extraído y el régimen de explotación del acuífero implica que todas las captaciones deben estar equipadas con contadores capaces de registrar los caudales diarios de bombeo. Un cálculo fiable se obtiene de los datos suministrados por los expedientes de explotación de aguas subterráneas donde se fijan el caudal medio equivalente y el máximo volumen anual de explotación autorizado, cifras que se incluyen junto al apartado consumo $m^3 \cdot año^{-1}$ en las respectivas fichas del catálogo de aprovechamientos geotérmicos.

Esta información se ha contrastado durante los trabajos de campo con información sobre consumo real en cada aprovechamiento, bien mediante lecturas de contador (en pozos de bombeo o en pozos de inyección) o por estimación del número de horas de funcionamiento del equipo, supuesto un régimen de bombeo igual al caudal medio equivalente. En estos caso las cifras aportadas se ajustan mejor a la situación real de la explotación quedando reflejadas en el apartado vertido $m^3 \cdot año^{-1}$.

Los emplazamientos actualmente operativos con mayor demanda de agua subterránea son: *Centro Comercial Utrillas* (1,75 $m^3 \cdot año^{-1}$), *Estación Delicias* (1,18 $m^3 \cdot año^{-1}$),

*Aragonia* y *Hospital Clínico* (0,9 $m^3 \cdot año^{-1}$). La demanda solicitada para *Puerta Cinegia* es de 1,75 $m^3 \cdot año^{-1}$ aunque en 2009 la extracción solo alcanzó 0,1 $hm^3$.

### 3. Características del vertido

El procedimiento para eliminación del retorno de agua utilizado por el 80% de los aprovechamientos geotérmicos ha consistido en pozos de inyección, en número variable de 1 a 4 dependiendo de las dimensiones de la instalación, con una práctica operativa que se asemeja más a una técnica de vertido directo a las aguas subterráneas. En 11 emplazamientos (que representan al 17% del total) el agua de retorno del circuito primario se conduce hacia la red municipal de saneamiento. Únicamente en los casos que disponen de circuito primario cerrado, el agua de retorno se conduce hacia un depósito o aljibe, de manera que no se genera vertido. Se ha observado cuatro procedimientos diferentes para evacuación del agua en pozos:

- **En caída libre, sobre boca de pozo abierta**, práctica que se ejecuta al menos en 8 instalaciones (Figura 4.17).

- **En caída libre, sobre boca de pozo cerrada**. Es la forma más habitual, en un mínimo de 25 instalaciones. En ocasiones disponen de manómetro y válvula de regulación de presión de aire (Figura 4.18); también pueden tener un orificio o conducto para introducción de sondas.

- **En caída libre sobre el mismo pozo de captación**, existe un único caso en el *Edificio Zeus* (Figura 4.19), cuyo funcionamiento es similar a los denominados "standing column wells" (Banks, 2008). Este aprovechamiento no se explota.

- **Sifón en boca de pozo y conducción cerrada bajo nivel freático** (Figura 4.20). se conocen tres aprovechamientos de este tipo: *Hospital Provincial, Residencia Reyes de Aragón y Centro de Arte y Tecnología Digital*. Este procedimiento es el que más garantías ofrece para evitar la aireación del agua y la incorporación de burbujas de aire en el acuífero, totalmente contraindicadas al ser responsables de una pérdida de permeabilidad en el entorno de pozo y de una alteración en las características fisicoquímicas del agua subterránea.

Figura 4.17. Pozos abiertos de vertido en caída libre. Izquierda: CDM Siglo XXI. Derecha: Hospital San Juan de Dios

Figura 4.18. Pozos cerrados de vertido en caída libre. Izquierda, Edificio Puerta Cinegia. Derecha, con válvula de escape en Utrillas Plaza-Centro Comercial

Figura 4.19. Pozo de desarrollo vertical o Standig Column Well en el edifico Zeus

Figura 4.20. Vertido con sifón en boca de pozo en la Residencia Reyes de Aragón

Para finalizar, se completa este apartado de las fichas del catálogo con un campo donde se describe la relación de posición entre tramos enrejillados de los pozos de inyección y de extracción, o en su caso la profundidad a la que se encuentra la bomba. La relación se expresa en términos de: inyección por encima del bombeo, encima-igual, igual, igual-debajo, o de inyección por debajo de la zona de admisión de agua.

Esta relación puede resultar de interés para observar en qué parte del acuífero y de la zona saturada tiende a ser inyectada el agua de retorno en caso de que se observe una estratificación del calor o exista niveles acuíferos independizados por niveles con litologías de baja permeabilidad. Se facilita asimismo un interpretación preliminar y cualitativo del riesgo de favorecer la disolución del material salino presente en el sustrato impermeable del acuífero, pero también estimar si el agua de vertido se incorpora a un mismo nivel productivo del acuífero, favoreciendo que vuelva a ser bombeada si la disposición de las captaciones no es la más idónea.

Dada la naturaleza del sustrato del acuífero aluvial en Zaragoza, las relaciones igual-debajo o debajo pueden ser la menos aconsejables si los pozos llegan a ser

completamente penetrantes en el acuífero, o si el tramo enrejillado del pozo de inyección está próximo a la base del acuífero.

Se contabilizan 21 casos con relación de vertido por encima del nivel de extracción del agua subterránea, 3 de relación encima-igual, 13 aprovechamientos en los que el vertido está en el mismo nivel que la extracción de agua y 2 casos (*Edificio Antiguo Seminario y Residencia Reyes de Aragón*) en los que las rejillas de los pozos de vertido se sitúan por debajo del nivel de captación.

## 4. Temperaturas del agua y descripción del impacto térmico

La caracterización térmica del agua es un aspecto fundamental a la hora de evaluar el impacto térmico sobre las captaciones y sobre el acuífero. Con este propósito se incorporan lecturas de temperaturas en los pozos de captación y de inyección obtenidos por alguno de estos dos procedimientos: a) lecturas directas en pozos, con sonda piezométrica dotada de sensores de conductividad eléctrica y temperatura; y b) lectura de los sensores instalados a la entrada y salida de los circuitos primarios de intercambio del sistema de climatización, que ha sido facilitadas por los técnicos y responsables de mantenimiento de las instalaciones visitadas.

Las lecturas se han llevado a cabo entre los meses de julio y octubre de 2009. En total, se ha obtenido información de 38 aprovechamientos geotérmicos, con datos de temperaturas de extracción en 35 emplazamientos y de temperaturas de inyección en otros 25. Se ha calculado el salto térmico de 24 explotaciones, entendiendo que no es un salto térmico característico o promedio sino el obtenido de forma puntual, en un momento concreto de la explotación, no siendo necesariamente coincidente con los valores habituales de vertido. Se pueden calcular otros saltos térmicos consultando las lecturas de los parámetros físico-químicos “in situ” de las diferentes campañas de muestro y control químico llevadas a cabo entre los años 2011 y 2012 en una docena de aprovechamientos geotérmicos que se integran en la Red de Control Geotérmica establecida para el presente proyecto. Esta relación se muestra en el Capítulo 7.

Los datos de temperatura del año 2009 pueden ser utilizados como información acerca del estado inicial del régimen térmico de los aprovechamientos. Un resumen se

muestra en la Tabla 4.III, donde se recogen las primeras lecturas térmicas de los aprovechamientos geotérmicos a los que se ha tenido acceso, destacando con gradación de colores las temperatura de captación, temperatura de vertido y salto térmico.

En este sentido, el valor mínimo de las temperaturas en los pozos de captación oscila entre 14,6°C de *Aragonia* y 25,6°C de *Transportes Ochoa,* con valor medio de 18,8°C. La temperatura más elevada registrada entre los pozos de vertido oscilaba entre 19,4°C de *T.V. Aragón* y 41,9°C del *Edificio Ada Byron* de la Universidad de Zaragoza, con una T media de 26,7°C. Valores más extremos en ambos casos se pueden observar en la Tabla 4.III pero hacen referencia a años posteriores a 2009.

Con esas referencias se procede al cálculo del salto térmico (ΔT) registrado en el doblete térmico de cada explotación geotérmica, entendido como la diferencia entre las temperaturas de vertido T*v* y de captación T*c*, expresado en grados centígrados:

$$\Delta T\ (°C) = Tv - Tc$$

El valor de *ΔT* calculado oscila entre un mínimo de 0,5°C del aprovechamiento de *T.V. Aragón* y un máximo de 25,1°C en el *Edificio Ada Byron*, con un valor promedio de 8,1°C (valor de la mediana de 6,4 °C). El máximo referido resulta un valor extremo, para el que hay que suponer que corresponde a una punta de temperatura en un momento de máxima demanda de climatización del Edificio. Este máximo energético quizás pueda repetirse con cierta frecuencia en otros dobletes de la ciudad coincidiendo con momentos de climatología adversa (días calurosos de verano), aunque no parece que deba considerarse como un evento prolongado. El siguiente *ΔT* obtenido es de 14,0°C en el *Hotel Palafox*, salto térmico en consonancia con otros aprovechamientos medidos en Zaragoza.

| Nº | APROVECHAMIENTO GEOTÉRMICO | Fecha | T Captación (°C) | T Vertido (°C) | ΔT (°C) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ANTIGUO EDIFICIO AZUCARERA EL RABAL | 11-nov-10 | 16,6 | 18,3 | 1,7 |
| 2 | ARAGONIA | 28-oct-09 | 14,6 | 20,9 | 6,3 |
| 3 | BIBLIOTECA DE HUMANIDADES | 17-jul-09 | 18,0 | 23,2 | 5,2 |
| 4 | CENTRO ARAGONÉS DEL DEPORTE | 09-sep-09 | 16,4 | 20,5 | 4,1 |
| 5 | CENTRO CÍVICO DELICIAS | | | | |
| 6 | CENTRO CÍVICO SAN JOSÉ | | 17,6 | | |
| 7 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL ADOLFO MAESTRO | | 18,0 | | |
| 8 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL PALAFOX | 19-oct-09 | 16,9 | 28,0 | 11,1 |
| 9 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI | 21-oct-09 | 16,4 | 29,7 | 13,3 |
| 10 | CINES PALAFOX LAS SALAS | | 21,0 | | |
| 11 | DISMINUIDOS FÍSICOS DE ARAGÓN | 09-oct-09 | | 26,0 | |
| 12 | EDIFICIO ADA BYRON | 16-jul-09 | 16,8 | 41,9 | 25,1 |
| 13 | EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS | 06-jul-11 | 21,5 | 27,4 | 5,9 |
| 14 | EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO | | 17,0 | 29,3 | 12,3 |
| 15 | EDIFICIO LORENZO NORMANTE - ESCUELA EMPRESARIALES | 17-jul-09 | 16,6 | 28,3 | 11,7 |
| 16 | EDIFICIO LOS ARCOS | | 18,1 | | |
| 17 | EDIFICIO MARISTAS | 05-oct-09 | 22,6 | 30,7 | 8,1 |
| 18 | EDIFICIO PARANINFO | | 18,4 | 32,0 | 13,6 |
| 19 | EDIFICIO PIGNATELLI | | | | |
| 20 | EDIFICIO ZEUS | | 24,4 | | |
| 21 | EL JUSTICIA | | 20,0 | 25,0 | 5,0 |
| 22 | EL PLATA | | | | |
| 23 | ESTACIÓN DELICIAS | | 18,5 | 22,0 | 3,5 |
| 24 | HOLMES PLACE COLISEO | | | | |
| 25 | HOSPITAL CLÍNICO | 15-oct-09 | 21,3 | 28,5 | 7,2 |
| 26 | HOSPITAL PROVINCIAL | 19-oct-09 | 16,6 | 24,1 | 7,5 |
| 27 | HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS | | 17,1 | | |
| 28 | HOTEL ALFONSO I | | 16,9 | | |
| 29 | HOTEL BOSTON | | 18,4 | | |
| 30 | HOTEL GOYA | | 24,6 | | |
| 31 | HOTEL HIBERUS | 27-oct-09 | 17,0 | 29,7 | 12,7 |
| 32 | HOTEL PALAFOX, CASINO y CINE CERVANTES | 26-oct-09 | 20,0 | 34,0 | 14,0 |
| 33 | IBERCAJA | 22-oct-09 | 17,5 | 25,0 | 7,5 |
| 34 | INSTITUTO DE I+D+i | 05-jun-12 | 20,2 | | |
| 35 | LA CASA DEL LOCO | | 20,2 | | |
| 36 | MERCADO CENTRAL | | | | |
| 37 | MERCADO SAN VICENTE DE PAÚL | | 19,7 | | |
| 38 | MUSEO PABLO SERRANO | 07-oct-09 | 16,6 | 16,6 | 0,0 |
| 39 | MÚTUA ACCIDENTES ZARAGOZA | 21-sep-09 | 20,4 | 31,5 | 11,1 |
| 40 | PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE | | 17,5 | | |
| 41 | PUERTA CINEGIA | 05-oct-09 | 25,0 | 35,0 | 10,0 |
| 42 | RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN | 06-jul-12 | 17,1 | 22,6 | 5,5 |
| 43 | T.V. ARAGÓN POZO-1 | 21-sep-09 | 18,9 | 19,4 | 0,5 |
| 44 | TRANSPORTES OCHOA | 10-sep-09 | 25,6 | 29,5 | 3,9 |
| 45 | UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO | 16-oct-09 | 24,0 | 30,4 | 6,4 |
| 46 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL | 14-jul-11 | 18,4 | 35,4 | 17,0 |
| 47 | ARTAL | | | | |
| 48 | PABELLÓN INICIATIVAS CIUDADANAS | | | | |
| 49 | PLAZA TEMÁTICA OIKOS | | | | |
| 50 | TEATRO FLETA | | | | |
| 51 | COMPAÑÍA HIJAS DE LA CARIDAD | | | | |
| 52 | CENTRO SALUD ACTUR NORTE | 11-nov-10 | 17,5 | 17,6 | 0,1 |
| 53 | MUSEO DEL FORO ROMANO | 12-ene-11 | 16,0 | 43,3 | 27,3 |
| 54 | CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN DELICIAS | | | | |
| 55 | CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN ACTUR | | | | |
| 56 | CENTRO DE ARTE Y TECNOLOGÍA DE LA MILLA DIGITAL | | 20,2 | | |
| 57 | CENTRO CULTURAL DE LA MUSICA (PERI Armas - Casta Álvarez) | 01-abr-12 | 16,5 | 22,5 | 6,0 |
| 58 | CAIXA FORUM (Avda. Clavé) | | | | |
| 59 | MUSEO DEL FUEGO | | | | |
| 60 | CENTRO DE HISTORIAS DE ZARAGOZA | 17-abr-12 | 19,9 | 15,6 | -4,3 |
| 61 | CENTRO CÍVICO RÍO EBRO. Edif. José Martí | | | | |
| 62 | CENTRO DE INCUBACIÓN EMPRESARIAL | 17-abr-12 | 17,0 | 19,5 | 2,5 |
| 63 | ARTAL AUTOMOCIÓN | 20-may-07 | 15,0 | 20,0 | 5,0 |
| 64 | CENTRO COMERCIAL GRANCASA | | | | |
| 65 | PRAMES, SA | | | | |
| **Promedio** | | | 18,8 | 26,6 | 8,1 |
| **Mediana** | | | 18,0 | 26,7 | 6,4 |

Tabla 4.III. Relación de temperaturas de captación, vertido y salto térmico aplicados en los aprovechamientos geotérmicos de Zaragoza. Valores en "estado inicial" de la explotación

# 5. ACTUACIONES PARA EL CONTROL DEL ACUÍFERO URBANO

Se enumeran en este capítulo los principales trabajos, estudios, obras y adquisiciones de instrumental que se han llevado a cabo en el marco de este Convenio con objeto de mejorar la infraestructura de control y medida de datos en la ciudad de Zaragoza, para obtención de datos del acuífero, parámetros hidrodinámicos y de calidad de las aguas subterráneas. Asimismo se citan las asistencias técnicas que han sido imprescindibles para la consecución de diferentes objetivos del proyecto.

## Diseño de una Red de Control Geotérmica

La necesidad de conseguir información del acuífero con suficiente nivel de detalle en todo el casco urbano de Zaragoza en aspectos tan relevantes como: variaciones significativas de la temperatura del agua subterránea, niveles piezométricos, cambios en la calidad del agua subterránea, impacto de los vertidos térmicos de los sistemas geotérmicos en funcionamiento, localización de focos y sumideros de calor o llegar a observar cómo es la relación del acuífero con cursos de agua superficial requiere del diseño y selección de puntos de agua con los que establecer la que se ha definido como Red de Control Geotérmica. La red parte de la infraestructura de captaciones y pozos existentes en la ciudad. Los puntos se han seleccionado según criterios de localización, facilidad de acceso a las captaciones, posibilidad de utilizar instrumental de medida en los pozos, que estén actualmente en uso y profundidad de los pozos. Se consideró que esta red debería estar integrada por 46 puntos (Figura 5.1), 37 preexistente y 9 de piezómetros de nueva construcción donde poder hacer un seguimiento específico y detallado denominados piezómetros IGME.

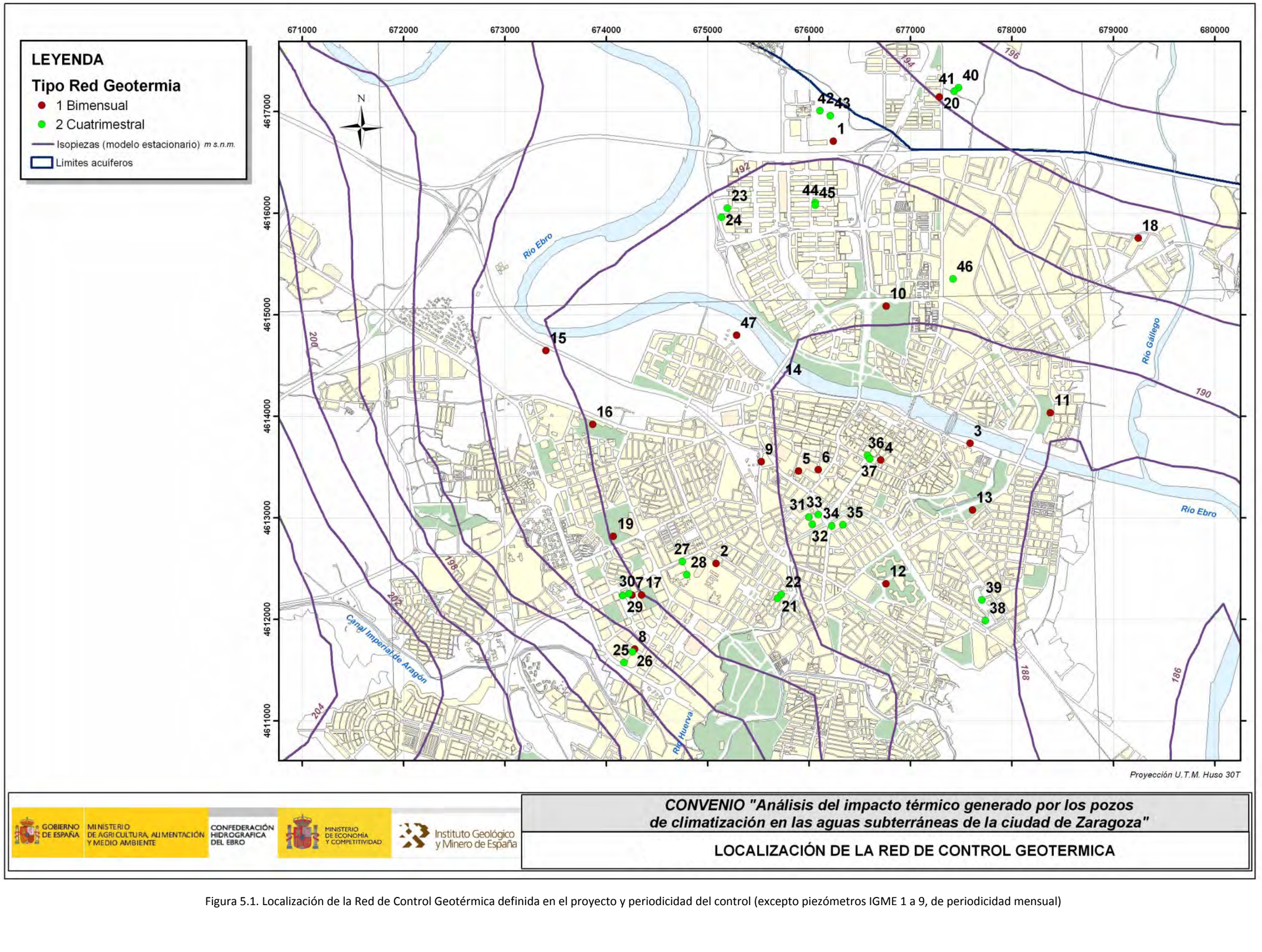



Figura 5.1. Localización de la Red de Control Geotérmica definida en el proyecto y periodicidad del control (excepto piezómetros IGME 1 a 9, de periodicidad mensual)

Los puntos son referidos en esta memoria con la misma numeración observada en la figura precedida de las siglas GS, o P si son los piezómetros IGME de nueva construcción. Más información de la red, características, parámetros controlados y periodicidad de los muestreos podrá consultarse a lo largo de esta memoria, en el capítulo 9 (Tablas 9.I y 9.II) y en los anexos.

**1. Red de Control Geotérmica Tipo 1**

Consta de 20 puntos de control distribuidos homogéneamente por la ciudad para obtener con periodicidad bimensual información básica acerca de la composición del agua subterránea. Está formada por 9 piezómetros alineados en direcciones de flujo subterráneo (Figura 5.2), construidos por el IGME entre 2010 y 2011, de pequeño diámetro (150 mm), totalmente penetrantes en el acuífero que se controlan de forma manual mes a mes y automáticamente con dispositivos de registros en continuo; 9 pozos de explotación para riego en parques y jardines de la ciudad pertenecientes al Ayuntamiento de Zaragoza; y 2 pozos de explotación de propiedad particular. Por quedar inhabilitado, el punto 14 fue sustituido en la segunda campaña por el punto 47.

**2. Red de Control Geotérmica Tipo 2**

Diseñada para obtener cuatrimestralmente información complementaria y puntual de los focos potenciales de contaminación térmica y del funcionamiento de sistemas geotérmicos. Consta de 26 puntos con los que se controla una docena de dobletes de pozos de captación y vertido de aprovechamientos geotérmicos repartidos por la ciudad, cuatro situados en la margen izquierda del Ebro y 8 en su margen derecha. Un punto adicional sirve para homogeneizar la distribución espacial de la red.

## Construcción y acondicionamiento de la red de control

**1. Construcción de los piezómetros IGME**

La necesidad de cubrir con precisión el área de estudio y de conseguir información puntalmente relevante del funcionamiento de determinados procesos naturales en

relación con las aguas superficiales y con los sistemas geotérmicos aconsejaba la construcción de una serie de piezómetros. Una de las primeras actuaciones consistió en contratar una asistencia para la "Construcción de una red de piezómetros para el control térmicos de las aguas subterráneas de Zaragoza", por un importe 53.324,04 €, siendo adjudicataria la empresa Control 7, S.A., que incluyese también la tramitación y gestión administrativa de autorizaciones del Ayuntamiento de Zaragoza para la ocupación temporal del suelo durante la perforación y permiso de servidumbre durante un plazo prorrogable de 30 años. Los trabajos finalizaron en enero de 2011.

Se han ejecutado 9 piezómetros con extracción de testigo continuo, de profundidad comprendida entre 28 y 52 m, con diámetro final de 150 mm. Están equipados con tubería de PVC de diámetro interno 80 mm y ranurada en tramos seleccionados, El número total de metros perforados ha sido de 358,7 m habiendo concluido la obra con la nivelación topográfica de la boca del sondeo. La localización de estos piezómetros puede observarse en el mapa de la Figura 5.1, pudiendo consultar todas las características técnicas y constructivas en el anexo final. Imágenes de la construcción de alguno de estos piezómetros se muestran en las Figuras 5.2 y 5.3

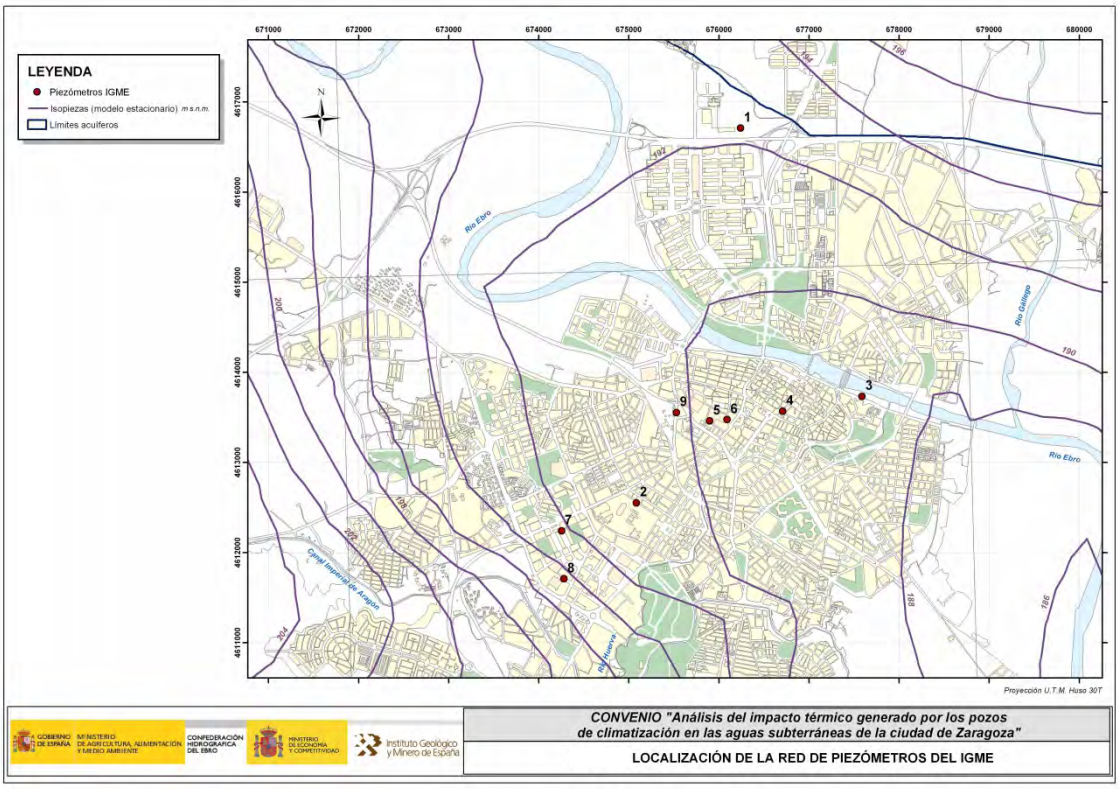



Figura 5.2. Situación de la red de piezómetros IGME perforados en este proyecto

Figura 5.3. Perforación de los piezómetros IGME de Tenerías, Plaza José Sinués y Hospital Provincial

Figura 5.4. Perforación de los piezómetros IGME de Geológicas y del Edificio Seminario

## 2. Colocación de tubería piezométrica

Alguno de los pozos considerados imprescindibles a la hora de definir la Red de Control Geotérmica presentaban un acabado deficiente, un estado de conservación que hacía peligrar la consecución de las futuras mediciones de control y el propio instrumental de medida, sondas o tomamuestras que debían introducirse por el anular entre tuberías de impulsión y entubación del pozo. Ello ha requerido la equipación del piezómetro GS-16, un pozo de riego del Parque Castillo Palomar, perteneciente al

Ayuntamiento de Zaragoza, con unos 25 m de tubería piezométrica, de PVC ranurado y 2 pulgadas de diámetro. Esta obra fue ejecutada también por Control 7, S.A. y como consecuencia la nivelación en boca de esta tubería pasa a ser desde 213,785 m s.n.m. desde junio de 2011. Todas las medidas de los anexos han sido por tanto corregidas.

### 3. Nivelación

Todos los puntos de la Red de Control Geotérmica donde fuese accesible la sonda de nivel debían ser nivelados con precisión centimétrica. La posición precisa de la referencia de medida de la profundidad del nivel de agua en los pozos es un dato que requiere lectura rigurosa para la obtención de la superficie piezométrica a partir de la cual se deduce las direcciones de flujo preferente, gradientes hidráulicos y se calculan otros parámetros hidrodinámicos y térmicos del acuífero. Pero además resulta importante situar en cotas conocidas los niveles productivos, los cambios de litología observados en los sondeos y el sustrato impermeable del acuífero, al objeto de poder correlacionar estos datos y llegar a reconstruir la geometría, los cambios de permeabilidad, movilidad del flujo, composición química o de estructura de las formaciones litológicas que componen las terrazas y el sustrato terciario.

| Nº DE RED | PUNTO DE RED | UTM X | UTM Y | Z (m s.n.m.) |
|---|---|---|---|---|
| GS-10 | Parque del tío Jorge (Gasolinera) | - | - | 193.831 |
| GS-11 | Parque de oriente | - | - | 193.776 |
| GS-13 | Parque de las Glorietas de Goya | 677609.221 | 4613078.58 | 201.022 |
| GS-12 | Parque Miraflores | 676730.275 | 4612339.13 | 205.804 |
| GS-47 | Jardines ámbito U4 y U5 | 675292.553 | 4614795.44 | 198.397 |
| GS-17 | Jardines Taifa Saraqusta | - | - | 229.496 |
| GS-16 | Parque Castillo Palomar | - | - | 213.345 |
| GS-15 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | - | - | 200.505 |
| GS-19 | Parque Delicias (Pozo zona 1-Anfiteatro) | - | - | 223.851 |
| GS-27 | Hospital Clínico (Pozo 5) | 674751.119 | 4612569.49 | 221.530 |
| GS-28 | Hospital Clínico (P-4 Inyección Universidad) | 674793.693 | 4612440.47 | 220.141 |
| GS-29 | Aragonia P-5 (P-9 en el Centro Comercial) | - | - | 210.131 |
| GS-30 | Aragonia (P-6 vertido) | - | - | 210.110 |
| GS-31 | Edificio Paraninfo (Captación) | 676003.283 | 4613009.08 | 210.643 |
| GS-33 | Edificio Paraninfo (Plaza Paraíso) | 676093.973 | 4613031.11 | 210.561 |
| GS-8 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674275.521 | 4611709.27 | 235.580 |
| GS-25 | Edificio Antiguo Seminario (P-2 Captación) | - | - | 229.854 |
| GS-39 | Utrillas Plaza Centro comercial (Vertido zona 43) | - | - | 191.860 |
| GS-21 | Residencia Reyes de Aragón (Captación P-3) | - | - | 209.862 |
| GS-46 | SAICA (Pozo 5) | - | - | 198.225 |
| GS-40 | Mutua de Accidentes de Zaragoza (P-2 Captación) | - | - | 212.035 |
| GS-20 | Centro de Atención de Minusválidos Psíquicos | 677284.715 | 4617144.08 | 210.363 |
| GS-42 | Edf. Agustín Betancourt-Escuela de Ingenieros (P-2) | 676106.076 | 4617006.27 | 200.689 |
| GS-18 | Plásticos ITER | - | - | 198.443 |
| GS-23 | Centro Deportivo Municipal Siglo XXI | 675194.568 | 4616049.77 | 198.709 |
| GS-44 | Centro de Salud Actur Norte (P-1 Captación) | - | - | 194.405 |
| GS-44BIS | Centro de Salud Actur Norte (P-2 Captación) | - | - | 194.433 |

Tabla 5.I. Datos de nivelación de puntos de la Red de Control Geotérmica

Concretamente se adjudicó el 16 de diciembre de 2010 a la empresa GEOCEC la "Nivelación de puntos de control hidrogeológico en el casco urbano de Zaragoza" por un importe de 2.802,5 €. Los trabajos consistieron en la nivelación altimétrica de un total de 27 puntos de la Red de Control Geotérmica; puntos ubicados en exteriores los cálculos se realizaron mediante GPS en tiempo real y en postproceso; puntos situados en interior de edificios, sótanos o en exteriores con baja cobertura de señal de satélites se controlaron mediante bases auxiliares. La Tabla 5.I recoge los resultados de la nivelación pero información detallada de los trabajos se ofrece en el anexo II.

## Ejecución de ensayos

La determinación de parámetros hidrogeológicos es otro aspecto importante dentro del proyecto. De la correcta interpretación de los datos ensayados y del cálculo de los parámetros depende la fiabilidad de las predicciones que surjan de la aplicación de los modelos matemáticos, la formulación analítica y la interpretación del impacto térmico de los aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas. Es importante además poder contar con parámetros locales del acuífero, ensayados en la propia ciudad, descartando o considerando poco fiable cualquier parámetro procedente de otras fuentes no contrastadas. Por último es también importante homogeneizar la información, es decir, que los todos los datos de ensayos de bombeo, inyección y dilución sean tratados aplicando un mismo criterio y metodología, con técnicas de análisis comunes en cada tipo de ensayo, que favorezcan el contraste de resultados y una única interpretación final acerca de los parámetros que se desean obtener.

Con estos ensayos se obtiene información acerca de parámetros como: permeabilidad, transmisividad, almacenamiento del acuífero, gradientes hidráulicos, velocidad del flujo subterráneo, existencia de flujos verticales, zonas productivas del acuífero. Los aspectos metodológicos, trabajos realizados, interpretación y resultados serán tratados en detalle en el capítulo 6 de esta memoria y en el anexo IV. Se han efectuado tres tipos de ensayos:

## 1. Ensayos de inyección

Estos ensayos se han realizado con personal y medio propios. Han consistido en tras ensayos de inyección de caudal instantáneo, cuyo fundamento básicamente consiste en crear un ascenso del nivel piezométrico para controlar la evolución de los niveles durante el descenso, como si de un ensayo de recuperación se tratase. Con esta metodología se han tratado los piezómetros IGME del Edificio Seminario, Aragonia (Figura 5.5) y Geológicas.

Figura 5.5. Preparación de ensayo de inyección en el piezómetro IGME P-7 Aragonia

## 2. Ensayos de dilución

La metodología de ensayos consiste en síntesis en el marcado de toda la columna de agua del piezómetro con una salmuera de NaCl y salinidad conocida. Controlando en sucesivos intervalos de tiempo la evolución de la salinidad mediante el registro de perfiles verticales de Conductividad eléctrica-Temperatura, se puede observar la movilidad del flujo y el ritmo de dilución, que se relaciona con la permeabilidad de la formación ensayada.

Se han realizado en total 14 ensayos de dilución en los piezómetros IGME de la Red de Control Geotérmica en la ciudad de Zaragoza. Para su correcta ejecución fue necesaria la contratación en marzo de 2012 de una asistencia técnica con la Universidad de Zaragoza, siendo adjudicado al Departamento de Ciencias de la Tierra con un contrato

por importe de 9.440,00 €. Todos los sondeos a excepción de Actur (Figura 5.6), José Sinués y Avenida Clavé se sometieron a dos ensayos de este tipo.

Figura 5.6. Preparación de ensayo de dilución en el piezómetro IGME P-1 Campus Actur

### 3. Reinterpretación de ensayos de bombeo

Se ha llevado a cabo una exhaustiva búsqueda e identificación en el inventario de puntos acuífero IPA de captaciones que contasen con ensayos de bombeo. Asimismo, con la colaboración de la CHE, se han revisado los expedientes de solicitud de concesiones de explotación de aguas subterráneas con objeto de identificar nuevos ensayos de bombeo no introducidos en la base IPA. Los datos acerca de ensayos de bombeo suelen ser escasos y frecuentemente obtenidos sin rigor, lo que se traduce en información inservible o de escaso valor. Pese a todo, se ha logrado reunir información adicional de captaciones y datos de bombeos ejecutados durante los últimos años como para poder interpretar correctamente 62 ensayos de bombeo y 30 ensayos de recuperación que pertenecen a 57 pozos repartidos por la ciudad.

Apoyándose en medios y personal propio se realiza la interpretación de datos utilizado el programa MABE (Modelo Analítico para la interpretación de Bombeos de Ensayo) que, básicamente, no es sino una implementación en hoja de cálculo Excel de los métodos de Theis y Hantush. En otros casos también se han interpretado los datos con los métodos de Boulton y Neuman. En total se han realizado 179 interpretaciones.

## Control de la red

### 1. Registros de nivel y parámetros fisicoquímicos

La temperatura del agua subterránea ha sido durante todo el proyecto uno de los parámetros objetos de control específico. Se ha podido hacer un seguimiento exhaustivo de la misma por tres procedimientos: a) control puntual, durante las campañas bimensuales en la Red de Control Geotérmica; b) registros verticales mensualmente en la red de piezómetros IGME y durante el año 2011 en la Red Geotérmica; y c) control en continuo durante todo el proyecto, a partir de los datos registrados por dispositivos DIVER instalados a diferentes profundidades en la red IGME y en tres pozos de la Red de Control.

En total se han instalado 14 dispositivos DIVER de la casa Schlumberger, lo que ha requerido de un contrato para la "Adquisición y suministro de equipos de medida para la red de control térmico de Zaragoza", en junio de 2010, por importe de 10.822,80 €. Estos dispositivos permiten el registro de las variaciones de nivel de agua, temperatura y, según modelo, la conductividad eléctrica a intervalos seleccionados a voluntad. Adicionalmente ha sido necesaria la instalación de un dispositivo similar (BARODIVER) que permite compensar las oscilaciones de la presión atmosférica. La información proporcionada por estos dispositivos queda reflejada en el capítulo 7.

Otros registros multiparamétricos se han podido efectuar en la red de piezómetros IGME mediante una sonda SEBA QLL de 500 m de longitud, equipada con sensores de nivel, CE, T, pH, Eh y oxígeno disuelto (OD). Los registros se han realizado con periodicidad mensual obteniendo información en la vertical de toda la columna del sondeo a intervalos de 1 m. La información gráfica y los datos de estos registros quedan incorporados en el anexo V.

Los registros de nivel, CE y T en otros pozos de la Red de Control Geotérmica se llevaron a cabo en 2009 y, posteriormente, con periodicidad bimensual en 2011, alcanzando un número total de 107 registros repartidos entre 21 sondeos. Se utilizó una sonda piezorresistiva, dotada de sensor de CE y T; posteriormente se incluyó un dispositivo de registro en continuo CTDiver programado para obtener lecturas a

intervalos de 2 segundos. Para no alterar las condiciones iniciales de estratificación del agua este dispositivo se introdujo a velocidad lenta, equivalente a 30 $cm \cdot sg^{-1}$.

**2. Control hidroquímico**

Para el estudio hidroquímico de la red de geotermia de Zaragoza se han tomado hasta noviembre de 2012 un total de 382 muestras distribuidas en 12 campañas de campo, realizadas entre los meses de enero de 2011 y noviembre de 2012. Cuatrimestralmente se analizó en la red el contenido de 18 metales pesados. Todos los análisis fueron llevados a cabo en los laboratorios de la CHE.

Los datos obtenidos han sido necesarios para la caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas de la ciudad, la investigación acerca de los procesos geoquímicos existentes y los impactos generados en la composición de las aguas como consecuencia de los cambios de temperatura generados por los vertidos térmicos. La elevada periodicidad de las campañas, la disponibilidad y el tiempo requerido de muestreo junto con el gran volumen de información a tratar con técnicas informáticas, gráficas y de modelización geoquímica requirió la consultoría técnica de Raúl Celador Martínez, contratado para el "Análisis geoquímico e identificación del impacto térmico sobre la calidad de las aguas subterráneas en Zaragoza", por un importe: 21.200€.

## Modelización

A lo largo del proyecto se ha ido comprobando la necesidad de abordar la modelización matemática del acuífero urbano como una herramienta que podría dar respuesta a diferentes aspectos e interrogantes hidrogeológicos. Por un lado, manejar toda la información de manera conjunta acerca del modelo conceptual del acuífero (geometría, parámetros hidráulicos, potenciales), sirve como estrategia para destacar aquellas lagunas de información que pueden requerir mayor esfuerzo de investigación. Integrar además la dinámica del flujo con el transporte de calor, comportamiento que depende de unos parámetros termodinámicos y de propiedades intrínsecas del agua y del terreno que hasta ahora resultaban desconocidas y que han podido ser estimados

de forma aceptable. Pero también, para comprobar que el correcto funcionamiento de estas herramientas requiere que la información de los modelos sea fiable y precisa, de manera que el alcance de las proyecciones futuras y de las simulaciones acerca de los procesos de contaminación e interferencia térmica serán tanto más acertadas cuanto mayor información se tenga de todas y cada una de las variables que intervienen en la resolución de las ecuaciones del flujo y transporte.

La pretensión de poder abordar una simulación en el ámbito urbano de Zaragoza se ha demostrado a lo largo del proyecto como un objetivo excesivamente ambicioso y de dificultad extrema, por la cantidad de información necesaria y porque en contadas ocasiones ha estado disponible. Citar por ejemplo la escasa o nula información sobre, el régimen real de explotación de los sistemas geotérmicos, registros térmicos, niveles piezométricos, conexión del acuífero con los ríos otros cauces, proceso de recarga del acuífero, límites y condiciones de contorno del propio modelo. Gran parte de las cuestiones hidrogeológicas han podido ser deducidas o estimadas a partir de la información obtenida de la Red de Control Geotérmica, del inventario IPA o del conocimiento del funcionamiento de los aprovechamientos. Llegar a integrar esta información en los modelos ha requerido un trabajo en etapas progresivas de dificultad creciente, que permitiese resolver dudas acerca del funcionamiento o capacidad de los propios códigos y su aplicabilidad en las condiciones y datos existentes en Zaragoza.

Con estos antecedentes puede decirse que ha habido tres etapas en el proceso de modelización de flujo y transporte de calor.

1. **Información y datos**

Ha consistido en la obtención de información en función de los objetivos perseguidos y del tipo de código utilizado en cada una de las etapas de modelización. En este proceso debe agradecerse la colaboración de entidades y responsables de mantenimiento de aprovechamientos, que han facilitado datos detallados e información diversa sobre la gestión que realizan de la explotación, básicamente caudales diarios o mensuales de las diferentes captaciones, caudales de inyección, temperaturas de los pozos de captación y de la devolución de los sistemas de refrigeración inyección, sin la cual no

se habría alcanzado la alta resolución de los modelos que se han construido. Se ha conseguido así valiosa información entre la que destacan las series temporales de:

a) Edificio Seminario: desde enero de 2011.
b) Hospital Clínico: desde julio de 2007.
c) Hospital Provincial: desde julio de 2011.

Se ha comprobado que disponer de información con estas características resulta esencial, que debería ser de obligado registro administrativo junto con otros parámetros de interés hidrogeológico (como los niveles piezométricos), de manera que periódicamente pudiera ser transmitida al Organismo de cuenca por todos los aprovechamientos de aguas subterráneas de la ciudad para su seguimiento y supervisión, pero especialmente por los destinados a procesos de climatización.

**2. Modelos previos o de escala local**

La falta de datos no obstante no ha sido problema para avanzar en la línea de resolver determinadas situaciones, como conocer la progresión de la contaminación térmica o para resolver de manera preliminar y con la ayuda de la modelización incógnitas relativas a los parámetros termodinámicos del acuífero. Con estos objetivos se han abordado dos actuaciones en sendos sistemas geotérmicos:

a) Utilización del programa VS2DHI para la simulación de procesos geotérmicos someros en el acuífero aluvial del Ebro mediante la resolución de la ecuación del flujo y transporte por el método de diferencias finitas. Esta actividad se realiza para simular la entrada de energía a un acuífero mediante un pozo de inyección de agua caliente, su interacción con un pozo de captación y verificar el alcance de la pluma de contaminación del Hospital Clínico, y para conseguir una primera aproximación acerca de los parámetros que rigen el comportamiento térmico; pero también para contrastar la bondad de los resultados y operatividad de un código libre de manejo sencillo. Los resultados pueden consultarse en el anexo VII.
b) En una etapa posterior, en colaboración con el Grupo de Hidrogeología Subterránea del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA-

CSIC), se aborda en mayo de 2013 la construcción de un modelo de transporte de calor a escala reducida para el aprovechamientos geotérmico del agua subterránea en el entorno del Hospital Provincial de Zaragoza (anexo VII), que se realiza con objeto de verificar la velocidad de propagación de las plumas de contaminación y simular su alcance tras un periodo prolongado de explotación. Para ello se utiliza el código libre VISUALTRANSIN, que resuelve ecuación de flujo y transporte por elementos finitos, teniendo también como resultado nuevos parámetros térmicos del acuífero.

**3. Modelos globales y de escala regional**

Se simula el comportamiento térmico en diferentes sectores de la ciudad, integrando aspectos nuevos que aportan mayor complejidad al proceso. En esta etapa se han llevado a cabos dos importantes actuaciones:

a) Simulación de una interferencia térmica. Se construido con muy elevado nivel de detalle el proceso de interferencia térmica que afecta a tres aprovechamientos: Edificio Seminario, Centro Comercial Aragonia y Hospital Clínico, que se presuponía podría alcanzar con el transcurso del tiempo niveles de contaminación significativos que afectasen al rendimiento de cada uno de los sistemas geotérmicos situados aguas abajo. Se utiliza el código comercial FEFLOW en su versión FMH3 5.3, cuyo software fue adquirido para este proyecto en julio de 2011 por un importe de 7.306,00 €.

   La complejidad de elaboración del modelo ha requerido asimismo el apoyo de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid, contratada en marzo de 2012 por un importe de 17.987,80 €. Como resultado, se obtienen conclusiones interesantes acerca de la proyección de la explotación de cara al futuro, con la que orientar la gestión del aprovechamiento y el ordenamiento de las captaciones. Igualmente se observa el comportamiento del terreno con el avance del calor y comprobando la necesidad de incorporar el entorno no saturado del acuífero y el sustrato impermeable en la simulación del transporte. El capítulo 12 de esta memoria queda dedicado íntegramente a la explicación de este modelo.

b) Margen derecha del Ebro. El apoyo del Grupo de Hidrogeología Subterránea (IDAEA-CSIC) y de la Universidad de Zaragoza resulta crucial para la resolución de esta actividad. Con la información histórica existente y con la recopilada por este proyecto se hace un modelo global de funcionamiento térmico e hidráulico de la margen derecha del Ebro, en lo que podría llamarse ámbito metropolitano de Zaragoza, incorporando amplios sectores al este y oeste de la ciudad que relativizan los resultados del modelo por la falta de precisión en la condiciones de contorno. Es un modelo construido con el código libre VISUALTRANSIN, parte de un modelo anterior construido para observar la progresión de la contaminación del Hospital Provincial, pero que ahora añade un número elevado de datos de explotación y el eje del río, como elemento dinamizador del transporte de calor. Pese a todo, podría considerarse todavía como un modelo simplificado, puesto que queda patente la necesidad de incorporar datos actualizados y de contar cada vez con información más detallada y precisa con las que acotar un elevado número de incertidumbres todavía no resueltas, entre ellas el conocimiento del estado térmico y del movimiento del calor en la margen izquierda del Ebro. Los capítulos 8 y 11 abordan ampliamente aspectos técnicos y de resolución de este modelo.

Estos modelo, deja patente también que es imprescindible mejorar en el conocimiento de diversos aspectos: el medio físico del acuífero, las series de datos prolongadas de la explotación de todos los sistemas y aprovechamientos intervinientes (no sólo los de climatización), la necesidad de contar con registros de parámetros fisicoquímicos (CE, T) o de caudales y temperaturas de los cursos superficiales; pero también que el movimiento del calor es un proceso complejo, que ha ido avanzando por el acuífero durante los últimos años en cierta medida ajeno a las consecuencias de su falta de gestión, que requiere de la adopción de una serie de medidas que limiten un sobrecalentamiento que acabe afectando a todos los usos del agua subterránea.

Conocer el efecto de cualquier cambio en la explotación de los aprovechamientos, de la forma de operar con los vertidos térmicos o las posibilidades que brinda el uso conjunto de los cauces superficiales en la gestión de los vertidos térmicos abre nuevas alternativas en la gestión de las aguas subterráneas. Y son ejemplos en los que la

modelización del flujo, transporte de masa y de calor puede ayudar en la resolución de un complejo problema en el que la ciudad de Zaragoza parte con ventaja.

# 6. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL ACUÍFERO URBANO. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

## Introducción

La evaluación de los parámetros hidráulicos del acuífero se ha efectuado mediante tres métodos diferentes: reinterpretación de ensayos de bombeo preexistentes, ensayos de dilución y ensayos de inyección.

En la mayoría de los casos los datos disponibles provenían de los aforos de sondeos perforados con objeto de abastecer sistemas geotérmicos de climatización cuya finalidad era determinar el caudal óptimo de explotación, por lo que generalmente consistían en bombeos escalonados, sin interrupción entre escalones sucesivos, que carecían de interpretación destinada a determinar los parámetros hidráulicos. En pocas ocasiones el aforo ha precedido a un segundo bombeo de ensayo de larga duración a caudal constante y, en su lugar, se ha preferido alargar el último escalón hasta completar una duración preestablecida. No siempre se ha controlado la recuperación y sólo en contadas ocasiones se ha controlado un punto de observación distinto del pozo bombeado.

El acceso a los datos de los ensayos ha sido posible gracias a la Confederación Hidrográfica del Ebro que dispone de gran número de los ensayos, información que se adjunta junto a la solicitud para la tramitación administrativa de la concesión. No siempre el informe recoge la totalidad de los datos requeridos para la interpretación, por lo que en ocasiones ha habido que recurrir a los propietarios de los pozos para recabar información adicional, que generalmente han facilitado.

Los ensayos de dilución se han realizado exclusivamente en los nueve piezómetros construidos en el marco de este proyecto. Esta inusual opción ha sido necesaria como único medio de obtener información, siquiera orientativa, de los parámetros hidráulicos en esos sondeos, ya que el diámetro interior de la entubación imposibilitó la introducción de la bomba disponible para ese fin. La modalidad empleada ha sido el "marcado de la columna de agua", empleándose para ello una salmuera de NaCl convenientemente diluida, de tal modo que la conductividad eléctrica del agua del sondeo una vez efectuada la tinción no duplicase los valores previos, al fin de minimizar la aparición de flujo vertical debido al contraste de densidad, lo que podría dificultar la interpretación.

Adicionalmente, en tres de los piezómetros en los que los resultados obtenidos indicaban valores de conductividad hidráulica sensiblemente más pobres de lo esperado se realizaron ensayos de inyección con objeto de contrastar resultados. El ensayo consistió en el vertido rápido de un volumen conocido de agua para provocar un ascenso rápido del nivel piezométrico e interpretar el posterior abatimiento del nivel dinámico mediante dos metodologías diferentes: a) como si de un slug test se tratase y b) como recuperación de un bombeo escalonado negativo de duración el tiempo de la inyección.

## El acuífero aluvial urbano de Zaragoza

Las características geométricas del acuífero que subyace la ciudad de Zaragoza son conocidas gracias a la aportación de diversos estudios realizados a partir del año 1976 protagonizados por el antiguo Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Recientemente, los requerimientos de la aplicación de la Directiva Marco Europea del Agua ha propiciado la actualización de ese conocimiento (IGME, 2005), el cual ha podido ser complementado con la información recogida en el marco de este proyecto.

El acuífero aluvial se asienta en los materiales detríticos de un conjunto de terrazas fluviales ligadas a la dinámica de los ríos Ebro y Gállego y en menor medida a abanicos

aluviales relacionados con cauces de menor entidad provenientes de las altiplanicies miocenas de La Muela y La Plana de María. En conjunto se han definido hasta ocho niveles de terraza, si bien a efectos hidrogeológicos se agrupan en tres grandes grupos de terrazas (altas, medias y bajas) de las cuales las dos últimas (cinco de las ocho descritas) son las que presentan mayor relevancia hidrogeológica.

El acuífero aluvial tiene notables variaciones de espesor debido a la karstificación que se produce en el sustrato evaporítico, lo que propicia que la batimetría del contacto entre estos dos paquetes litológicos sea sumamente irregular debido a la existencia de abundantes colapsos del sustrato. Guerrero *et al*. (2004) o Pueyo *et al*. (2013) son algunos de los autores que citan la existencia de un gran surco que subyace el sector más meridional de la ciudad, con profundidades superiores a 40 metros, en tanto que el sustrato bajo el actual cauce del río Ebro yace a menos de 20 metros de profundidad, por término medio, si bien irregularidades locales de difícil predicción propician valores que van desde menos de 5 metros hasta pequeños surcos de más de 50 metros. La información recogida en el marco de este proyecto corrobora lo expuesto, acentuando si cabe la gran irregularidad de la profundidad del muro del acuífero, con variaciones de más de 20 metros en puntos que distan menos de 100 metros. De acuerdo con los datos de los sondeos disponibles, la profundidad media del muro del acuífero es de 36,7 metros, con un valor máximo de 51,9 m. El espesor saturado medio es de 14,8 metros, con valores extremos de 30,5 y 1,2 metros, coincidentes con los sectores del Hospital Clínico y el piezómetro IGME de Aragonia (Tabla 6.I).

| | Espesor saturado (m) | Profundidad muro acuífero (m) |
|---|---|---|
| Máximo | 30,5 | 51,9 |
| Mínimo | 1,2 | 13,3 |
| Media | 14,8 | 36,7 |
| Mediana | 14,0 | 35,3 |
| Desviación estándar | 6,1 | 11,0 |

Tabla 6.I. Espesores del acuífero urbano y profundidades del sustrato

## Reinterpretación de ensayos de bombeo

Las vicisitudes que concurren en la mayoría de los aforos interpretados hacen que su desarrollo difieran considerablemente de las condiciones ideales postuladas para su interpretación, por lo que buen número de ellos son inabordables con el software tradicional, el cual suele carecer de la versatilidad necesaria para adaptarse a las múltiples irregularidades de los datos manejados.

Para soslayar este escollo se ha procedido a la interpretación de los ensayos de bombeo con el programa MABE (acrónimo de Modelo Analítico de Bombeos de Ensayo) implementado en una hoja de cálculo Excel (Azcón, 2005). MABE se basa en las soluciones de Theis y Hantush y en el principio de superposición para poder contemplar ensayos de bombeo a caudal variable y la presencia de barreras hidrogeológicas. Adicionalmente, el programa cuenta con un algoritmo que permite considerar el almacenamiento en pozo si las circunstancias lo requieren. También está implementado el método de Boulton, Pricket y Walton, para acuíferos con drenaje diferido, así como el de Neuman. En esta ocasión se ha revelado especialmente útil el análisis de la recuperación para evitar los problemas de interpretación que suele plantear el desarrollo del pozo durante el bombeo y la imprecisión en el control de los caudales. A tal fin, MABE simula la recuperación con las soluciones de Theis y Hantush sobre una representación gráfica en función del tiempo adimensional: $(t_b+t_r)/t_r$, obtenido por la relación entre el tiempo transcurrido desde que se inició el bombeo $(t_b+t_r)$ y la recuperación $(t_r)$.

También se ha utilizado en todos los casos el programa PIBE 2.0. (acrónimo de Programa para la Interpretación de Bombeos de Ensayo), del Departamento del Ciclo Hídrico de la Diputación Provincial de Alicante (Padilla y Delgado, 2006), que cuenta con los métodos de Theis, Hantush, Neuman y Papadopoulos y que por su versatilidad elude en gran medida la rigidez del software tradicional que impide interpretar ensayos irregulares. En total se han reinterpretado por diversos métodos cincuenta y cinco ensayos de bombeo correspondientes a diecisiete sistemas. En todos los casos se ha comprobado la bondad de la calibración obtenida con los modelos conceptuales de

Theis, Hantush y Neuman, adoptando el valor de la solución que mejor ajuste ha obtenido.

En el anexo IV se detallan los parámetros obtenidos y los métodos utilizados. En la Tabla 6.II se sintetizan los valores adoptados para cada sondeo, así como sus coordenadas y principales características.

| Aprovechamiento Geotérmico | Toponimia Pozo | Profundidad Sondeo | Coordenadas UTM (ED50) | | | Profundidad N.P. | Rejilla | | Fm. Acuífera | | Transmisividad | Conductividad Hidráulica (m/día) | | Transmisividad Adoptada | Conductividad Adoptada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | desde | hasta | desde | hasta | | | | | |
| | | (m) | X | Y | Z | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | ($m^2$/d) | según Rejilla | Fm. acuífera | ($m^2$/d) | (m/d) |
| Centro Comercial Aragonia | **P-2** (C-2) | 50 | 674244 | 4612160 | 230 | 29,16 | 34 | 46 | 31 | 46,5 | **2.700** | 225 | 174 | **2357** | **210** |
| | **P-3** (C-3) | 44 | 674215 | 4612177 | 230 | 29,12 | 29 | 41 | 33 | 41 | **2.950** | 248 | 369 | | |
| | **P-5** (C-9) | 25 | 674163 | 4612235 | 210,13 | 9,2 | 12 | 22 | 12,5 | 21,5 | **920** | 92 | 102 | | |
| | **P-6** (I-2) | 25 | 674223 | 4612254 | 210,11 | 9,2 | 12 | 22 | 11 | 22,5 | **1.850** | 185 | 161 | | |
| | **P-7** (I-1) | 25 | 674236 | 4612224 | 210,11 | 9,3 | 12 | 22 | 9,8 | 22 | **2.050** | 205 | 168 | | |
| | Piez. A | --- | 674276 | 4612010 | 230 | 28,8 | --- | --- | --- | --- | **5.700** | --- | --- | | |
| | Piez. B | --- | 674247 | 4612101 | 230 | 28,26 | --- | --- | --- | --- | **2.550** | --- | --- | | |
| Hospital Clínico | P-1 | 50 | 674810 | 4612506 | 218,71 | 21,37 | 21 | 39,5 | 25,5 | 42 | **1550** | 85,5 | 93,9 | **1622** | **77** |
| | P-2 | 50 | 674779 | 4612529 | 218,71 | 21,20 | 25 | 40 | 25 | 40 | **1565** | 104,3 | 104,3 | | |
| | P-3 | 61 | 674745 | 4612433 | 219,84 | 22,20 | 26 | 58 | 26 | 56,5 | **2125** | 66,4 | 69,7 | | |
| | P-4 | 51 | 674793,7 | 4612441 | 220,14 | 22,75 | 21 | 42 | 22,3 | 44 | **1745** | 90,6 | 82,1 | | |
| | P-5 | 54 | 674751,1 | 4612570 | 221,43 | 25,08 | 25,5 | 39 | 25,1 | 44 | **1803** | 133,6 | 95,3 | | |
| | P-6 | 63 | 674652 | 4612523 | 221,76 | 26,75 | 28,85 | 50,85 | 26,8 | 51 | **1124** | 51,1 | 46,4 | | |
| Boblioteca Humanidades | P-1 (Vertido) | 36 | 675179 | 4612163 | 255 | 22 | 9 | 36 | 22,0 | 36 | **1050** | 75,0 | 75,00 | **1050** | **68** |
| | P-2 (Captación) | 45 | 675128 | 4612198 | 255 | 21 | 22,5 | 43,5 | 21,0 | 38 | **--** | -- | -- | | |
| Museo Pablo Serrano | P-1 (captación) | 51 | 675836 | 4613459 | 211 | 19,74 | 42 | 48 | 36 | 48 | **29** | 4,9 | 2,4 | **156** | **14,7** |
| | P-2 (captación) | 51 | 675837 | 4613459 | 211 | 16,69 | 40,5 | 46,5 | 37 | 47 | **18** | 3,1 | 1,8 | | |
| | P-3 (inyección) | 33 | 675820 | 4613407 | 211 | 20,13 | 21 | 30 | 21 | 31 | **1330** | 148 | 133 | | |
| Hospital Provincial | P-1 (captación) | 50 | 675953 | 4613499 | 207 | 16,73 | 21 | 39,5 | 18,9 | 25 | **4460** | 241 | 731 | **5229** | **370** |
| | P-2 (Vertido) | 47 | 676053 | 4613452 | 208 | 17,94 | 17,7 | 31 | 16,0 | 35 | **6050** | 463 | 355 | | |
| | P-3 | 43 | 675950 | 4613538 | 207 | 16,3 | 19,3 | 29,8 | 16,3 | 35,5 | **5300** | 505 | 276 | | |
| Hospital San Juan de Dios | P-2 (2715-4-0323) | 60 | 675974 | 4611561 | --- | 31,3 | 48 | 56 | 44 | 57 | **341** | 43 | 26 | **341** | **26** |
| | P-3 | | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | **---** | --- | --- | | |
| Centro Comercial Puerta Cinegia | P-1 | 25 | 676583 | 4613565 | 216 | 13,12 | 11 | 24 | 8 | 25 | **8033** | 738 | 676 | **9023** | **751** |
| | P-2 | 25 | 676564 | 4613598 | 216 | 12,85 | 11 | 24 | 8 | 25 | **10135** | 909 | 834 | | |
| TV Aragón | S-1 | 18,6 | 676325 | 4614575 | 190 | 6,11 | 6,11 | 12,6 | 6,11 | 12,5 | **3870** | 596 | 606 | **2622** | **291** |
| | S-2 | 20,4 | 676350 | 4614550 | 190 | 6,23 | 11,9 | 19,4 | 11,9 | 18 | **1164** | 155 | 191 | | |
| | S-3 | 20 | 676292 | 4614621 | 190 | 6,55 | 6,55 | 27 | 6,55 | 21,05 | **4000** | 196 | 276 | | |
| Edificio Betancourt | P-1 | 21 | 676101 | 4617000 | 200 | 8,15 | --- | --- | 8,15 | 21 | **195** | --- | 15 | **344** | **---** |
| | P-2 | 33 | 676102 | 4617008 | 200 | 8,2 | --- | --- | 8,2 | 33 | **607** | --- | 24 | | |
| | P-3 | 36 | 676142 | 4616969 | 200 | 8,1 | --- | --- | 8,1 | 36 | **195** | --- | 7 | | |
| | P-4 | 22 | | --- | --- | 8,13 | --- | --- | 8,13 | 22 | **607** | --- | 44 | | |
| | P-6 | 30 | | --- | --- | 8,13 | --- | --- | 8,13 | 30 | **195** | --- | 9 | | |
| | P-7 | 30 | | --- | --- | 8,2 | --- | --- | 8,2 | 30 | **607** | --- | 28 | | |
| Centro Municipal de la Música | Pozo captación | 50 | 676185 | 4614077 | --- | 9,94 | 33 | 45 | 33 | 45 | **36** | 3,0 | 3,0 | **322** | **27** |
| | Pozo Inyección | 50 | | --- | --- | 11,4 | 33 | 45 | 33 | 45 | **2878** | 240 | 240 | | |
| Hotel Alfonso | P-Inyecciόh 2715-40304 | 25,5 | 676445 | 4613678 | 219 | 7,42 | 7,5 | 25,5 | 9 | 23 | **5563** | 309 | 397 | **5413** | **429** |
| | P-Captación 2715-40320 | 27 | | | | 9,15 | 4,5 | 27 | 5,5 | 19 | **4850** | 272 | 492 | | |
| | P-Captación 2715-40303 | 27 | 676439 | 4613682 | 219 | 4,65 | 6 | 27 | 9 | 23 | **5880** | 280 | 420 | | |
| Maristas | P-2 Captación | 20 | 676951 | 4613563 | 205 | 15,53 | 15,53 | 20 | 15,53 | 20 | **1800** | 403 | 403 | **2121** | **364** |
| | P-3 Maristas | 23 | 676966 | 4613556 | 205 | 15,8 | 15,8 | 23 | 15,8 | 23 | **2500** | 347 | 347 | | |
| Holmes Place Coliseo | Pozo de Captación | 26 | 676519 | 4613368 | 270 | 13,11 | 13,11 | 26 | 13,11 | 26 | **1100** | 85 | 85 | **1100** | **85** |
| Disminuidos fiscos de Aragón | P-1 Captación | 26,5 | 676359 | 4613399 | 200 | 8,40 | 8,40 | 24 | 9 | 24 | **110** | 7,1 | 7,3 | **56** | **3,8** |
| | P-2 Vertido | 27,5 | 676374 | 4613380 | 200 | 8,30 | 8,30 | 24 | 9 | 24 | **29** | 1,8 | 1,9 | | |
| Pabellón Expo I.C. | P-1 | 18 | 674749 | 4615265 | 198 | 3,77 | 3,77 | 18 | 3,77 | 18 | **673** | 47,3 | 47,3 | **673** | **47,3** |
| Ibercaja | P-1 2715-40231 | 41,8 | 676203 | 4613006 | --- | --- | 20,5 | 32,8 | 6,5 | 32,5 | **881** | 72 | 34 | **1682** | **62** |
| | P-2 2715-40232 | 39,5 | 676213 | 4613013 | 210 | 3,13 | 20,5 | 30,6 | 2,5 | 30,5 | **2548** | 252 | 93 | | |
| | P-3 2715-40233 | 42 | 676198 | 4612999 | --- | 3,42 | 22 | 32,5 | 5,3 | 32 | **2118** | 202 | 79 | | |
| CDM Palafox | P-1 (2715-4-0166) | 33 | 675846 | 4613813 | 206 | 10,09 | 9 | 30 | 17 | 33 | **4920** | 247,1 | 307,5 | **3408** | **174** |
| | P-2 (2715-4-0165) | 30 | 675880 | 4613834 | 206 | 6,84 | 9 | 30 | 6,84 | 30 | **2360** | 112,4 | 101,9 | | |
| Edificio Paraninfo | P-1 | 50 | 675999 | 4613008 | 210,64 | 18,5 | 26 | 42 | 15,5 | 43,5 | **489** | 20,8 | 19,6 | **489** | **19,6** |

Tabla 6.II. Resultados interpretación ensayos de bombeo

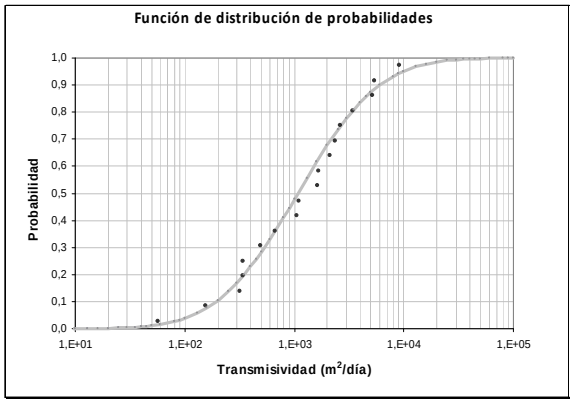
De los resultados obtenidos cabe resaltar:

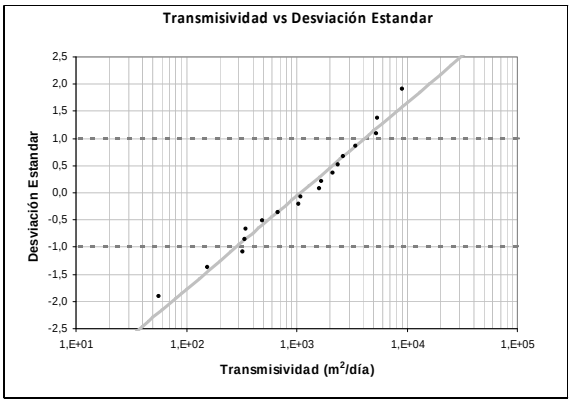
- La solución de Hantush, propia de acuíferos semiconfinados, es la que mejor se acomoda a la mayor parte de los ensayos. Esto resulta aparentemente contradictorio con el hecho que el acuífero aluvial del Ebro está conceptuado como libre, por lo que las soluciones analíticas que mejor deberían reproducir los descensos por bombeo serían la de Theis -en caso de drenaje instantáneo y descensos poco pronunciados- y las de Neuman o Boulton en caso de drenaje. La justificación de este hecho es que se está ante un funcionamiento con drenaje diferido que la mayoría de las veces está enmascarado por el carácter escalonado de los ensayos o su insuficiente duración, por lo que las curvas experimentales obtenidas sólo muestran la fase inicial de ascenso y la fase de transición, caracterizada por la estabilización de niveles. Esta fase inicial e intermedia puede ser interpretada con un coeficiente de almacenamiento inferior al real y da lugar a un gráfico descenso-tiempo muy similar a las curvas tipo de la solución de Hantush.
- La transmisividad obtenida es generalmente muy elevada, alcanzando un valor medio de 2.358 $m^2 \cdot día^{-1}$ y valor mediana de 1.178 $m^2 \cdot día^{-1}$ para el conjunto de los sondeos ensayados, y de 2.112 $m^2 \cdot día^{-1}$ y 1.079 $m^2 \cdot día^{-1}$, respectivamente, sí se sectoriza para cada agrupación de sondeos y se adopta para cada sistema de aprovechamiento un valor promedio (media geométrica) para dar igual peso a las diferentes zonas de las que se posee información. Los valores más altos se han obtenido en aprovechamientos ubicados en zonas céntricas de la ciudad, concretamente el sector que se extiende entre la Plaza de España y Hospital Provincial. Los valores más bajos aparecen dispersos, si bien su porcentaje parece más abundantes en zonas periféricas, tanto al norte como al sur de la ciudad.

  La función de distribución de probabilidad de los diferentes enclaves de los que se dispone información es de tipo logarítmico-normal (Figura 6.1). En la Figura 6.2 se visualiza lo que se ha denominado *Fondo de Transmisividad* (Krásný, 1993), entendiendo como tal el rango de valores cuya probabilidad de no ser superados se sitúa entre el 15,87% para el extremo inferior y 84,13% para el

superior, que en este caso concreto va de 283 a 4.121 $m^2 \cdot día^{-1}$. Esos porcentajes corresponden a la probabilidad de la variable normalizada (logaritmo de la transmisividad) desplazada ± una desviación estándar.

La variabilidad de la transmisividad debe considerarse como alta para un acuífero detrítico, y llama especialmente la atención las notables diferencias existentes en captaciones relativamente próximas. Cabe citar al respecto las detectadas entre captaciones que incluso pertenecen a un mismo sistema de aprovechamiento (Museo Pablo Serrano, PERI Armas o Centro Municipal de Música) o entre aprovechamientos y piezómetros de observación del entorno (Aragonia, Hospital Clínico y Seminario).




Figuras 6.1 (izda.) y 6.2 (dcha.). Representación de la Función de Distribución de Probabilidad (6.1) y Fondo Hidrogeológico de transmisividad (6.2)

- El valor del coeficiente de almacenamiento sólo se ha podido determinar en contados ensayos correspondientes a algunos de los aprovechamientos geotérmicos más complejos (Aragonia, Hospital Clínico, Hospital Provincial e Ibercaja). En general se detecta un amplio margen de variabilidad, casi siempre dentro de un rango de valores altos, tal como parece lógico en un acuífero detrítico libre (Tabla 6.III). No obstante, cabe hacer algunas puntualizaciones:
    - En determinados casos se han obtenido valores excesivamente altos, superiores a $3 \times 10^{-1}$ que no resultan aceptables por lo que no se han tomado en consideración. Todos esos valores corresponden a interpretaciones según Neuman, por lo que presumiblemente la causa del error es la escasa duración de los ensayos, que hace que no aparezca con suficiente nitidez todos los tramos que caracterizan el

drenaje diferido, induciendo al error de la calibración automática para este parámetro.

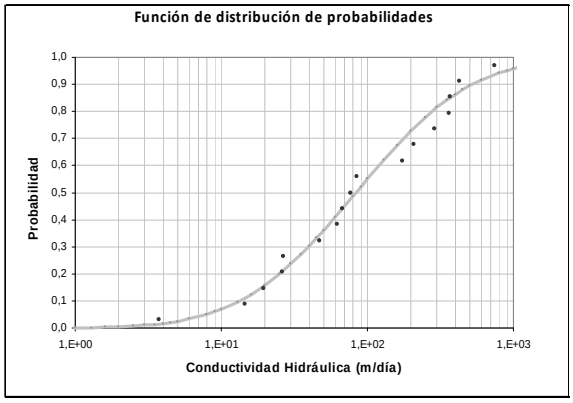
- Para un mismo ensayo se detecta diferencia de un orden de magnitud según se analicen los datos de descenso o recuperación. Igualmente se puede encontrar notables diferencias en función del piezómetro de observación.
- Como excepción puntual cabe destacar el extremadamente bajo valor ($10^{-9}$) obtenido en un piezómetro de Ibercaja. En el resto de los casos los valores del coeficiente de almacenamiento varían en el rango normal de la porosidad eficaz de estas litologías.

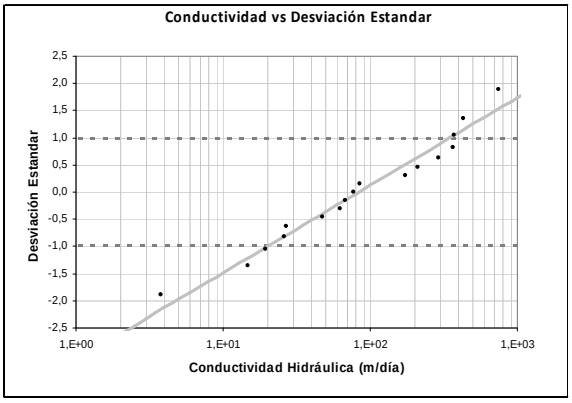
| Pozo Bombeo | Piezómetro Observación | Coeficiente de almacenamiento | |
|---|---|---|---|
| | | Bombeo | Recuperación |
| Aragonia C-2 | C-3 | 1,4E-03 | 4,2E-02 |
| | Piez. A | 1,4E-01 | 1,5E-01 |
| | Piez. B | 2,6E-01 | 3,9E-01 |
| Aragonia C-5 | I-1 | 4,7E-02 | -- |
| | I-2 | 5,7E-02 | -- |
| Aragonia I-2 | I-1 | 7,6E-02 | 2,2E-01 |
| | C-5 | 2,4E-02 | --- |
| Aragonia I-1 | I-2 | 7,7E-02 | -- |
| | C-5 | 2,2E-02 | -- |
| Hospital Clínico P-1 | P-2 | -- | 1,4E-01 |
| | P-3 | -- | 4,1E-02 |
| | P-4 | -- | 4,0E-02 |
| Hospital Clínico P-2 | P-1 | 1,5E-01 | -- |
| | P-3 | 1,8E-01 | -- |
| | P-4 | 1,0E-01 | -- |
| Hospital Provincial P-3 | Piez. Albareda | 8,3E-02 | -- |
| | Piez. H.Prov. | 4,3E-02 | -- |
| Puerta Cinegia (P-1) | P-2 | --- | 1,3E-02 |
| IberCaja P-3 | P-1 | 1,4E-02 | -- |
| | P-2 | 1,4E-02 | -- |
| IberCaja P-2 | P-1 | --- | 3,6E-08 |

Tabla 6.III. Coeficientes de almacenamiento

- Para la obtención de la conductividad hidráulica se ha considerado que el tramo productivo coincide con el espesor saturado de los tramos de arenas o gravas descritos en la columna litológica disponible, los cuales se presuponen que constituyen el acuífero.

La función de distribución de probabilidad aplicada a los valores estimados representativos de los diferentes enclaves de los que se dispone información es de tipo logarítmico-normal, con un valor medio de 178 m·día$^{-1}$ y mediana de 83 m·día$^{-1}$.




Figuras 6.3 (izda.) y 6.4 (dcha.). Representación de la Función de Distribución de Probabilidad (6.3) y Fondo hidrogeológico de la conductividad hidráulica (6.4)

El *Fondo de Conductividad Hidráulica* del acuífero varía de 20 a 348 m·día$^{-1}$ (Figura 6.4). Estos valores abarcan un rango cuya zona inferior corresponde a una mezcla de gravas y arenas y la zona superior a gravas, tal como se muestra en la Tabla 6.V, coherente con la litología descrita para la formación acuífera.

| Unconsolidated Sedimentary Rock | Hydraulic Conductivity (m/d.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Mínimun | | Maximun | |
| | Extreme | Likely | Likely | Extreme |
| Clay | 3E-07 | 3E-06 | 3E-05 | 3E-04 |
| Silt, Loess | 9E-05 | 3E-04 | 3E-02 | 2E+00 |
| Till | 9E-08 | 9E-04 | 9E-02 | 2E-01 |
| Clay soils (surface) | 3E-03 | 3E-03 | 3E-01 | 3E-01 |
| Surficial Aquifer, central Florida | 3E-03 | 3E-02 | 9,2 | 15,3 |
| Stream Terrace Deposit, Fort Worth | 3E-03 | 0,31 | 30,5 | 91,5 |
| Fine Sand | 2E-02 | 0,92 | 6,1 | 6,1 |
| Medium Sand | 0,31 | 6,1 | 21 | 61 |
| Sand and Gravel Mixes | 0,31 | 9,2 | 92 | 92 |
| Gulf Coast Aquifer Systems | 0,61 | 9,2 | 61 | 244 |
| Coarse Sand | 15 | 21 | 92 | 92 |
| Gravel | 27 | 92 | 915 | 915 |

Tabla 6.V. Valores de la conductividad hidráulica en materiales no consolidados (USGS, 2002)

Cabe observar que la variabilidad de la conductividad hidráulica es ligeramente inferior a la correspondiente a la transmisividad, pero muy superior a la del espesor saturado, por lo que la elevada heterogeneidad del acuífero es más atribuible a la complejidad litológica del medio sedimentario que a la variabilidad de sus características geométricas.

## Ensayos de dilución

El objetivo de los ensayos de dilución en pozos es obtener una medida independiente y directa de la velocidad de flujo subterráneo (velocidad de Darcy). Normalmente este parámetro es calculado a partir del gradiente y la conductividad hidráulica de la formación mediante la aplicación de la ley de Darcy; mediante los ensayos de dilución el procedimiento es el inverso, pues se obtiene una medida directa de la velocidad de flujo en el acuífero (velocidad de Darcy) y, si se dan las condiciones propicias, se puede obtener una aceptable información sobre la conductividad hidráulica del acuífero, que podrá así ser contrastada con el valor obtenido por otros medios. Por otro lado, el conocimiento de la velocidad de flujo subterráneo es un parámetro de sumo interés en los objetivos de este proyecto ya que es el principal factor que controla la propagación de una pluma térmica en el acuífero.

La manera de proceder en este ensayo consiste en la introducción de un trazador en el sondeo y controlar la disminución de su concentración en el tiempo, cuyos fundamentos se exponen en el anexo IV. La técnica empleada ha sido el "marcado de la columna de agua", una simplificación del procedimiento estándar, que compensa la incuestionable desventaja de proporcionar resultados menos rigurosos con la facilidad y economía de la realización de los ensayos. Mediante la misma se introduce a lo largo del sondeo una manguera de plástico flexible lastrado en su extremo que, una vez posicionada, es rellenada por una solución con trazador en una cuantía igual al volumen saturado del tubo para que desplace el agua del interior. A continuación se retira la manguera y el trazador queda en el interior del sondeo tiñendo la columna de agua. Acto seguido se inicia el barrido de la columna con un detector, obteniéndose así un perfil de la anomalía producida en función de la profundidad, y se repite la operación en el tiempo hasta que la anomalía producida por la tinción haya descendido significativamente diluida por el flujo del agua subterránea.

La deficiente uniformidad con la que se distribuye el trazador hace que la representación de los sucesivos perfiles obtenidos tengan una forma característica que evoluciona perceptiblemente en el tiempo, por lo que el desplazamiento de las

irregularidades de un perfil a otro permite obtener información cualitativa de la existencia de flujo vertical, así como de las zonas de entrada y salida de agua.

Se realizaron dos campañas: la primera en noviembre-diciembre de 2010 y la segunda en abril-mayo de 2012 (Tabla 6.VI). Los piezómetros ensayados han sido los de la red IGME, cuyas características se resumen en la Tabla 6.VII. En ambos casos se usó como trazador salmuera convenientemente diluida con objeto de que la conductividad resultante de la columna de agua una vez teñida se multiplique por un factor no superior a dos.

| Piezómetro | 1ª Campaña | | | | | 2ª Campaña | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tramo marcado | | Fecha | | nº | Tramo marcado | | Fecha | | nº |
| | Desde | Hasta | Inicio | Final | Perfiles | Desde | Hasta | Inicio | Final | Perfiles |
| ACTUR | -- | -- | -- | -- | -- | 6,54 | 14 | 3-5-12 9:10 | 3-5-12 13:06 | 14 |
| GEOLÓGICAS | 25,35 | 37 | 16-11-10 12:00 | 17-12-10 12:00 | 8 | 25,62 | 36 | 24-4-12 11:15 | 16-5-12 12:00 | 13 |
| TENERÍAS | 7,13 | 28 | 21-12-10 13:48 | 21-12-10 14:34 | 3 | 6,92 | 25 | 4-5-12 10:10 | 4-5-12 11:35 | 9 |
| JOSÉ SINUÉ | -- | -- | -- | -- | -- | 14,85 | 27 | 2-5-12 12:30 | 2-5-12 13:42 | 7 |
| ALBAREDA | 18,45 | 34 | 14-12-10 13:30 | 15-12-10 10:33 | 3 | 18,46 | 34 | 26-4-12 18:35 | 27-4-12 10:30 | 7 |
| HOSP. PROVINCIAL | 17,10 | 44 | 14-12-10 10:29 | 15-12-10 10:07 | 5 | 17,10 | 44 | 26-4-12 12:32 | 30-4-12 10:46 | 8 |
| ARAGONIA | 30,52 | 39 | 15-12-10 11:44 | 16-12-10 7:36 | 7 | 30,83 | 39 | 23-4-12 11:46 | 4-5-12 13:39 | 13 |
| SEMINARIO | 34,00 | 49 | 16-11-10 13:30 | 23-11-10 11:45 | 8 | 34,21 | 49 | 23-4-12 10:27 | 27-4-12 11:51 | 14 |
| ANSELMO CLAVÉ | -- | -- | -- | -- | -- | 17,95 | 47 | 24-4-12 13:17 | 27-4-12 11:05 | 10 |

Tabla 6.VI. Cronograma de los ensayos de dilución

Antes del marcado de la columna se realizó un perfil previo para obtener el perfil natural del sondeo relativo a temperatura y conductividad del agua. Inmediatamente después del marcado se realizó el primer perfil, con objeto de obtener la perturbación producida y tener indicios de cuan rápida sería la recuperación de la conductividad del agua en el sondeo, y en función de esa percepción, continuar realizando consecutivamente los perfiles restantes –caso de los sondeos muy transmisivos- o alternar la medición con la correspondiente a otros piezómetros.

| Piezómetro | | Profundidad Sondeo | Profundidad Sustrato | Longitud Filtro | Espesor Saturado |
|---|---|---|---|---|---|
| nº | Toponimia | m | m | m | m |
| 1 | ACTUR | 20,8 | 13,3 | 6,5 | 6,8 |
| 2 | GEOLÓGICAS | 38,4 | 36,7 | 11,0 | 11,2 |
| 3 | TENERÍAS | 31,2 | 23,6 | 16,1 | 16,7 |
| 4 | JOSÉ SINUÉ | 34,2 | 27,4 | 10,7 | 12,6 |
| 5 | ALBAREDA | 42,6 | 42,6 | 18,1 | 24,1 |
| 6 | HOSPITAL PROVINCIAL | 47,4 | 41,5 | 24,3 | 24,4 |
| 7 | ARAGONIA | 40,2 | 32,1 | 1,2 | 1,2 |
| 8 | SEMINARIO | 51,6 | 48,9 | 16,3 | 14,7 |
| 9 | ANSELMO CLAVÉ | 51,9 | 51,9 | 22,1 | 27,2 |

Tabla 6.VII. Características de los sondeos piezométricos IGME ensayados

Los datos e interpretación de cada uno de los ensayos se muestran en el anexo IV y se sintetiza en la tabla 6.VIII.

| | Campaña 2010 | | | | Campaña 2012 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Piezómetro** | **α** | **β** | V.Darcy (m/d) | | **α** | **β** | V.Darcy (m/d) | |
| | | | Pozo | Acuífero | | | Pozo | Acuífero |
| ACTUR | | | | | 48 | 3,09 | 3,00 | 0,970 |
| GEOLÓGICAS | 0,78 | 2,68 | 0,05 | 0,018 | 0,48 | 2,68 | 0,03 | 0,011 |
| TENERÍAS | 42,14 | 2,49 | 2,65 | 1,064 | 41,3 | 2,41 | 2,59 | 1,076 |
| JOSÉ SINUÉ | | | | | 58,9 | 2,42 | 3,70 | 1,531 |
| ALBAREDA | | | | | 126 | 2,44 | 7,90 | 3,241 |
| HOSPITAL PROVINCIAL | 17,68 | 2,48 | 1,11 | 0,448 | 12,41 | 2,48 | 0,78 | 0,315 |
| ARAGONIA | 1,97 | 2,67 | 0,12 | 0,046 | 0,63 | 2,67 | 0,04 | 0,015 |
| SEMINARIO | 0,285 | 2,69 | 0,02 | 0,007 | 0,29 | 2,69 | 0,02 | 0,007 |
| ANSELMO CLAVÉ | | | | | 1,26 | 2,67 | 0,08 | 0,030 |

Tabla 6.VIII. Velocidades estimadas de Darcy resultantes de la interpretación

Donde **α** es el coeficiente de decrecimiento exponencial de la tinción realizada y **β** factor de corrección por la distorsión de las líneas de flujo en las inmediaciones del sondeo. La velocidad de Darcy aparente en el sondeo ($v_s$) viene dada por la expresión

$$v_s = 0{,}785 \cdot \alpha \cdot \phi$$

siendo $\phi$ el diámetro del piezómetro, en tanto que la velocidad de Darcy en el acuífero ($v_{ac}$) se obtiene dividiendo la anterior por el factor **β** (anexo IV).

Los resultados obtenidos indican una velocidad de flujo en el acuífero muy variable, que en sectores del casco urbano histórico o más próximos al eje del Ebro están en el rango de 1 a 3 $m \cdot dia^{-1}$, en tanto que los piezómetros situados en la zonas de expansión de la ciudad (Aragonia, Seminario, Geológicas), la velocidad de Darcy en el acuífero es de dos órdenes de magnitud inferior.

Los valores obtenidos en las dos campañas realizadas son coherentes entre sí. En la Figura 6.5 se muestra una representación de las velocidades de flujo obtenidas en la campaña de 2010 frente a las de 2012 para los piezómetros ensayados en ambas. Los resultados dejan patente que el método permite establecer una zonación del acuífero con respecto a ese parámetro, si bien el valor obtenido en un mismo punto puede diferir de manera significativa, lo que dependiendo de la problemática que se desea abordar con ese parámetro puede resultar insuficiente. En la Figura 6.5, el alejamiento de un punto de la bisectriz del gráfico es una medida de la disparidad de valores

obtenidos en un mismo piezómetro, dispersión que puede ser debida tanto al diferente gradiente hidráulico existente en cada campaña como a errores cometidos en la ejecución de los ensayos. Entre estos cabe citar que la tinción no siempre resultó suficientemente intensa y que la frecuencia en la realización de perfiles, tendría que haber sido mayor inmediatamente después de la tinción y menor posteriormente.

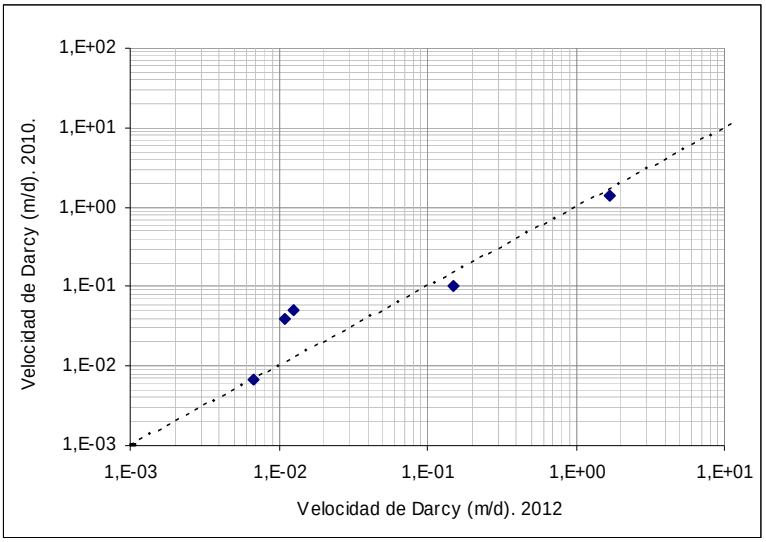



Figura 6.5. Representación de las velocidades de flujo de la campaña de 2010 frente a las de 2012

| | | Ensayo de dilución 2010 | | Ensayo de dilución 2012 | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Piezómetro** | | **V. Darcy acuífero** | **Conductividad Hidráulica** | **V. Darcy acuífero** | **Conductividad Hidráulica** |
| nº | Toponimia | m/día | m/dia | m/día | m/dia |
| 1 | ACTUR | | | 0,97 | 150 |
| 2 | GEOLÓGICAS | 0,018 | 14,1 | 0,01 | 8,79 |
| 3 | TENERÍAS | 1,06 | 184 | 1,08 | 186 |
| 4 | JOSÉ SINUÉ | | | 1,53 | 183 |
| 5 | ALBAREDA | | | 3,24 | 116 |
| 6 | HOSPITAL PROVINCIAL | 0,448 | 145 | 0,315 | 102 |
| 7 | ARAGONIA | 0,046 | 8,96 | 0,015 | 2,89 |
| 8 | SEMINARIO | 0,007 | 1,25 | 0,007 | 1,27 |
| 9 | ANSELMO CLAVÉ | | | 0,030 | 5,75 |

Tabla 6.IX. Velocidad y conductividad hidráulica obtenidas para las campañas de 2010 y 2012

La estimación de la conductividad hidráulica a partir de la velocidad de flujo requiere conocer el gradiente hidráulico, lo que supone introducir un factor de error en el cálculo ya que ese parámetro sólo se puede conocer de manera aproximada en cada sector y puede variar mucho en el espacio y en el tiempo en acuíferos en régimen

influenciado, tal como sucede en el acuífero aluvial de Zaragoza. En este caso se ha asumido que el gradiente era idéntico en ambos ensayos. Su estimación se basó en la información piezométrica disponible considerando la misma representativa de una situación estacionaria. Los resultados obtenidos se sintetizan en la siguiente Tabla 6.IX

Desde un punto de vista cualitativo de los resultados obtenidos en cada piezómetro cabe resaltar:

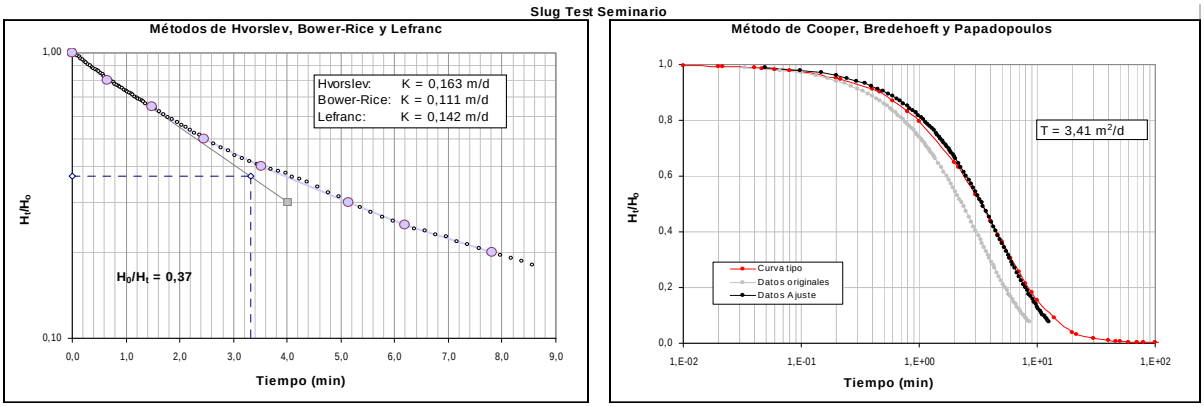
- No se detecta flujo vertical significativo, con la excepción muy tenue del piezómetro P-4 José Sinués.
- El tramo más permeable suele situarse en la mitad superior de cada sondeo con dos notables excepciones: Los piezómetros Aragonia y Geológicas, en donde el principal tramo productivo corresponden a los dos metros inferiores.
- Se ha detectado con frecuencia evoluciones anómalas de la conductividad a determinadas profundidades puestas de manifiesto por su evolución creciente en el tiempo. Esta circunstancia se produce normalmente en los metros finales del sondeo, con la excepción de los dos piezómetros antes citados: Geológicas, en los cuatro primeros metros saturados, y Aragonia en su zona central. Se considera que esta evolución no es debida a flujo vertical motivado por efectos de la diferencia de densidad, por lo que se ha interpretado que es causada por la conjunción de dos factores: baja permeabilidad del tramo en cuestión y fenómenos de difusión molecular del trazador. En los piezómetros más transmisivos -Actur, Albareda, José Sinués y Tenerías- no se detecta este fenómeno.
- Los tramos más productivos suelen representar un espesor variable entre el 40 y 70% del correspondiente a la longitud de la rejilla o del espesor saturado. Se detectan algunas incoherencias entre los resultados de los ensayos y la posición de la rejilla (Aragonia).

## Ensayos de inyección

El hecho que los valores de la conductividad hidráulica en tres de los piezómetros construidos en el marco de este proyecto (Aragonia, Seminario y Geológicas) difieran notablemente del resto de los piezómetros o de las captaciones del entorno motivó la realización de ensayos de inyección en esos puntos con objeto de obtener una estimación adicional con una metodología diferente.

Inicialmente fueron planificados como ensayos de pulso tipo slug test, pero el escaso diámetro de la entubación y problemas de verticalidad dificultaban la introducción de la barra y hacía temer que se quedara atrancada en el sondeo y lo inutilizara. Ante esa eventualidad se optó por una variante que, bajo determinadas condiciones, podría ser asimilable a un slug test; consistió en la descarga rápida de un volumen de agua (aproximadamente 90 litros) que produciría un rápido ascenso del nivel dinámico, similar al de la introducción de la barra, de manera que el posterior abatimiento de niveles podría ser interpretado por dos procedimientos diferentes: a) como slug test, por los métodos usuales de estos ensayos -Bouwer-Rice (1976), Hvorslev (1951), Lefranc (1936) y Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos (1967)- a condición que se cumpla la condición de Mace (1999) sobre la duración de la inyección que, obviamente, ya no es instantánea, y b) como la recuperación de un ensayo de bombeo (negativo) de muy corta duración. En el anexo IV se expone la metodología seguida y los datos de cada ensayo.

La Figura 6.6 muestra la interpretación del ensayo realizado en el piezómetro Seminario y la conductividad hidráulica obtenida por los métodos de Bouwer-Rice, Hvorslev y Lefranc, y la Figura 6.7 la interpretación del mismo ensayo por el método de Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos así como la transmisividad obtenida. En la primera se observa que la representación de Log ($H_t/H_0$) vs tiempo no muestra el "*double stright-line effect*", por lo que el tramo adecuada para la interpretación es el inicial. La interpretación mediante el método de Cooper requirió, dada la falta de linealidad de la curva de campo, asimilarla a la recta representativa del método anterior.




Figuras 6.6 (izda.) y 6.7 (dcha.). Piezómetro Seminario. Interpretación como slug test del ensayo de inyección

La Figura 6.8 muestra la calibración completa del ensayo anterior (inyección y recuperación) mediante su simulación con la solución de Hantush, y la Figura 6.9 la simulación de la recuperación expresada en tiempo adimensional, mucho más sensible a posibles errores de calibración.

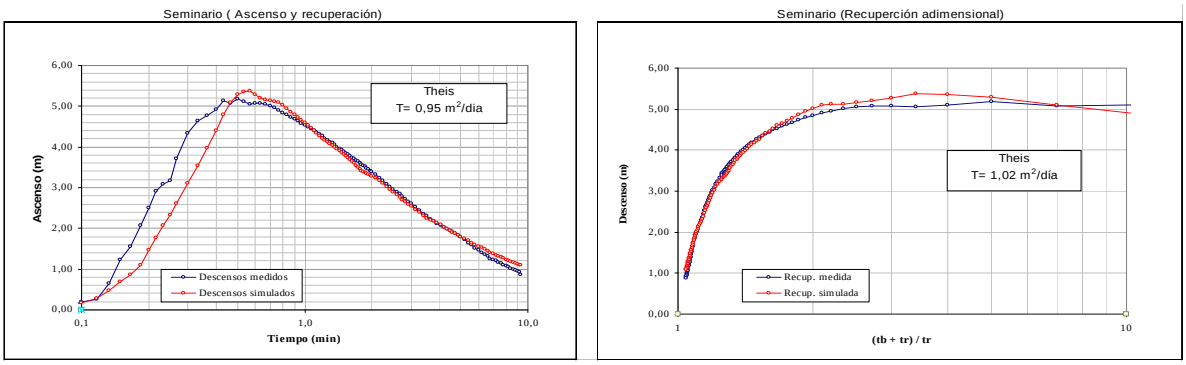



Figura 6.8 (izda.) y 6.9 (dcha.). Piezómetro Seminario. Simulación del ensayo de inyección y posterior recuperación

La conductividad media obtenida es de 0,137 m·día$^{-1}$, mientras que la transmisvidad varía según el método aplicado entre 0,95 y 3,41 m$^2$·día$^{-1}$, con un valor medio de 1,49 m$^2$·día$^{-1}$. La relación de los valores medios de los dos parámetros indica un espesor productivo próximo a 11 metros, ligeramente inferior al espesor saturado que consta en la tabla 6.7, pero que concuerda con el espesor del tramo que presenta mayor velocidad de flujo, según indica los ensayos de dilución.

Estos valores no sólo confirman las pobres características del acuífero en esta zona concreta sino que ponen de manifiesto que el bajo valor de la conductividad hidráulica obtenido mediante los ensayos de dilución (1,26 m·día$^{-1}$) puede estar sobreestimado.

Una posible causa sería la existencia de un régimen hidráulico influenciado por un pozo de vertido próximo (38 m), por lo que el gradiente hidráulico tomado en consideración para el cálculo podría estar hasta un orden de magnitud infravalorado.

Las observaciones para la interpretación como slug test del piezómetro Aragonia son similares a las del caso anterior. Respecto a la simulación del ensayo de inyección la principal diferencia ha sido el empleo de la solución de Theis. Los valores medios obtenidos han sido de 12,2 m·día$^{-1}$ para la conductividad hidráulica y 46,6 m$^2$·día$^{-1}$ para la transmisividad, con una relación entre ambos parámetros de 3,8 m, valor que casi triplica el espesor saturado de la rejilla indicado en la tabla 6.7, pero respalda las observaciones cualitativas de ambos ensayos de dilución, que sugieren la existencia de un tramo productivo de 2-3 metros de espesor al final del sondeo. Este tramo es teóricamente ciego y está enfrentado al sustrato margo-evaporítico.

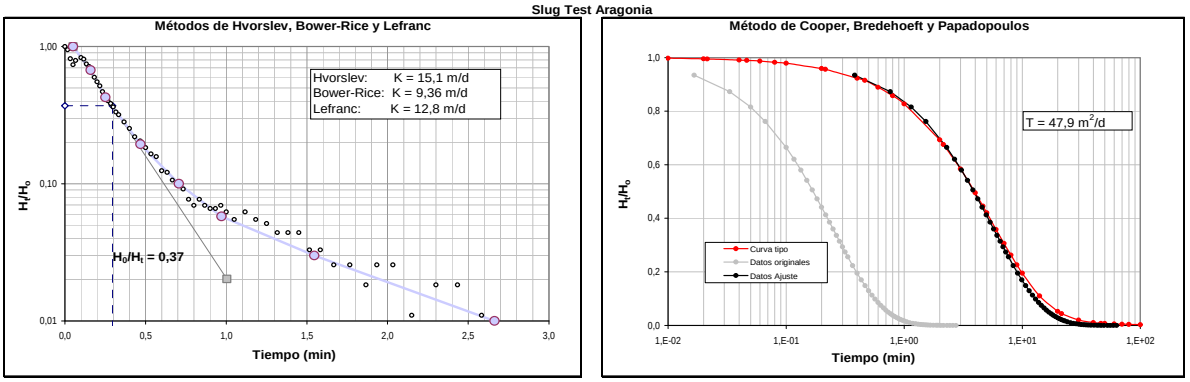



Figura 6.10 (izda.) y 6.11 (dcha.). Piezómetro Aragonia. Interpretación como slug test del ensayo de inyección

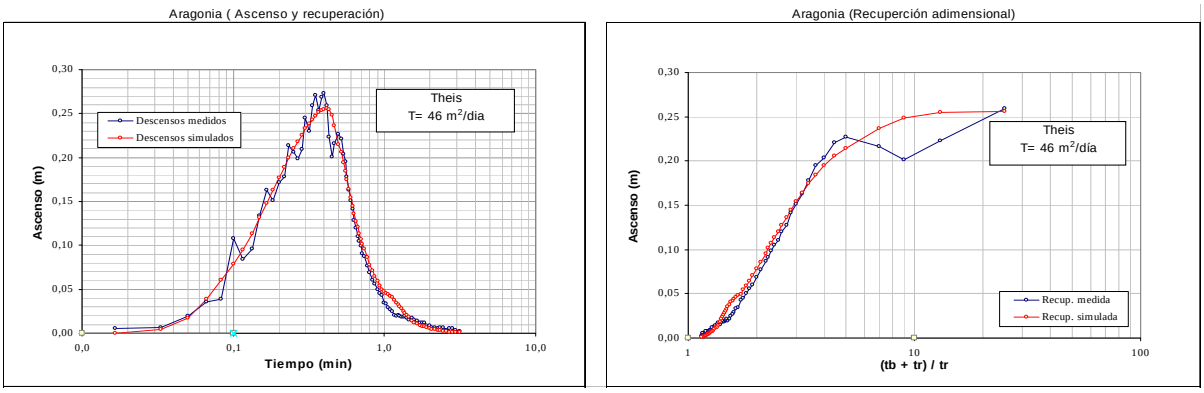


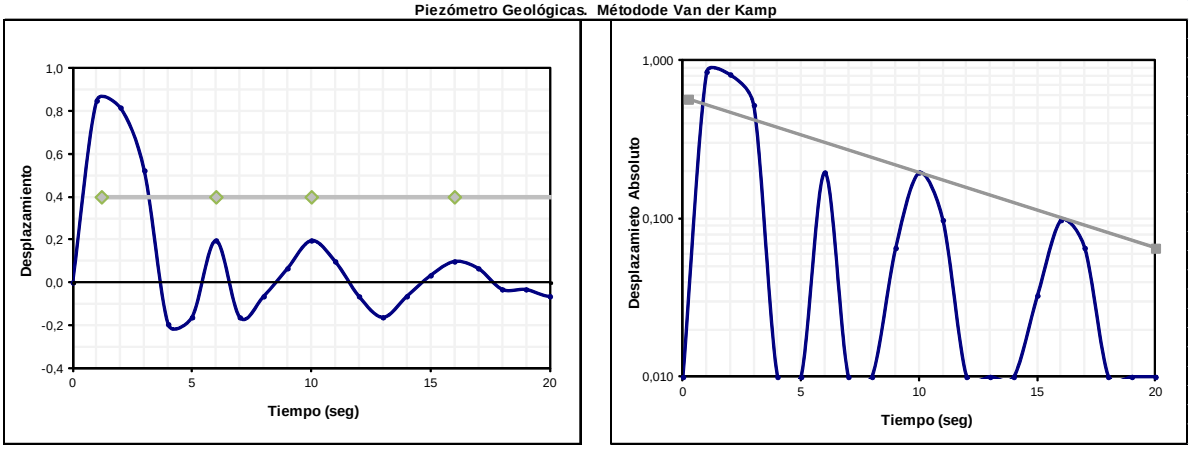

Figura 6.12 (izda.) y 6.13 (dcha.). Piezómetro Aragonia. Simulación del ensayo de inyección y posterior recuperación.

En ninguno de los dos piezómetros se supera la condición de Mace (1999), que indica que la falta de instantaneidad de la perturbación puede ser obviada siempre que su

duración *tp* no supere la obtenida por la expresión $tp < \frac{4R_A^2}{T}$, donde $R_A$ es el radio efectivo de la zona filtrante y *T* la transmisividad.

El comportamiento del piezómetro Geológicas fue completamente inesperado, ya que la respuesta a la inyección fue un movimiento oscilatorio amortiguado del nivel dinámico, conocida como respuesta "Underdamped", en contraposición a la "Overdamped", mucho más frecuente, obtenida en los dos casos anteriores. Los métodos entonces empleados ya no son aplicables a este caso y se ha recurrido al método de van der Kamp (1976), adaptando para ello el software de libre disposición del U.S. Geological Service (2002).

Las Figuras 6.14 y 6.15 muestran la respuesta del piezómetro Geológicas a la inyección realizada. La gráfica adolece de la regularidad habitual en casos de slug test convencionales, lo que debe ser atribuido a la falta de instantaneidad de la inyección, que provoca la superposición de trenes de ondas que interfieren entre sí y dificulta –aunque no impide- realizar una estimación a partir de la pendiente de la envolvente del valor absoluto del tren de ondas en representación semilogarítmica (Figura 6.14) y de la estimación aproximada del periodo medio del movimiento oscilatorio (Figura 6.15). La transmisividad obtenida es de 195 $m^2 \cdot día^{-1}$.




Figuras 6.14 (izda.) y 6.15 (dcha.). Respuesta oscilatoria del nivel dinámico en el ensayo del piezómetro Geológicas (6.14). La Figura 6.15 corresponde a la representación de la oscilación en valor absoluto

La casuística que da lugar a respuestas oscilatorias es habitual en aquellos casos en los que el principal nivel productivo es muy permeable y se sitúa a relativa profundidad bajo una lámina de agua de apreciable espesor. Esta circunstancia es la que previsiblemente se da en el piezómetro Geológicas, en donde los dos ensayos de dilución realizados muestran que el principal aporte de agua se sitúa en los últimos dos metros del sondeo.

Los resultados obtenidos para el conjunto de los ensayos de inyección efectuados se sintetizan en la tabla 6.X.

| PIEZÓMETRO | MÉTODO | CONDUCTIVIDAD (m/día) | | TRANSMISIVIDAD ($m^2$/día) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | C. medida | C.adoptada | T medida | T. Adoptada |
| Aragonia | Bouwer-Rice | 9,36 | 12,19 | - | 46,6 |
| | Hvorslev | 15,10 | | - | |
| | Lefranc | 12,82 | | - | |
| | Cooper-Bredehoeft et al. | - | | 48 | |
| | Simulación Inyección | - | | 46 | |
| | Simulación Recuperación | - | | 46 | |
| Seminario | Bouwer-Rice | 0,111 | 0,137 | - | 1,489 |
| | Hvorslev | 0,163 | | - | |
| | Lefranc | 0,142 | | - | |
| | Cooper-Bredehoeft et al. | - | | 3,41 | |
| | Simulación Inyección | - | | 0,95 | |
| | Simulación Recuperación | - | | 1,02 | |
| Geológicas | Van der Kamp | - | - | 195 | 195 |

Tabla 6.X. Resultados ensayos de inyección

## Resumen y conclusiones

De los trabajos realizados cabe resaltar:

- Los diversos ensayos realizados arrojan una transmisividad que cabe catalogar como muy alta, con un valor medio de 2.520 $m^2 \cdot día^{-1}$ y mediana de 1.079 $m^2 \cdot día^{-1}$. El Fondo de Transmisividad del acuífero abarca el rango de 283 a 4.121 $m^2 \cdot día^{-1}$.
- La conductividad hidráulica es normalmente muy alta, con un valor medio de 218 $m \cdot día^{-1}$ y mediana de 77 $m \cdot día^{-1}$. El Fondo de Conductividad Hidráulica del acuífero es de 20 a 348 $m \cdot día^{-1}$.

- Los ensayos de dilución ponen de manifiesto su interés para determinar la velocidad ambiental de flujo horizontal en el acuífero (velocidad de Darcy), pero no es un estimador adecuado de la conductividad hidráulica o transmisividad en un acuífero fuertemente influenciado, como el de Zaragoza, debido a la incertidumbre que introduce la estimación del gradiente hidráulico existente durante el ensayo. No obstante, los valores de los parámetros hidráulicos estimados por este método muestran coherencia con los obtenidos mediante ensayos hidráulicos apropiados. En la figura 6.16 se representa la transmisividad obtenida mediante ensayos de dilución frente a la disponible en puntos próximos, generalmente distantes 150 a 250 metros, salvo cuando se disponía ensayos de inyección en el propio piezómetro. Se observa que para valores que caen dentro rango del Fondo de Transmisividad del acuífero la correlación es buena y la dispersión es similar a la existente entre diferentes captaciones de un mismo sistema de aprovechamiento. La peor correlación se obtiene para los valores anormalmente bajos de los piezómetros de Aragonia y Seminario. Se ignora si la causa es atribuible a características locales del acuífero en ese enclave o a defectos constructivos.

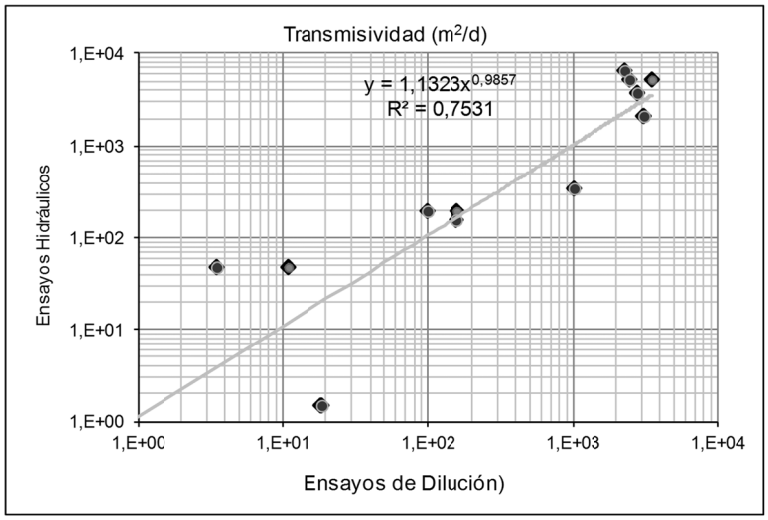



Figura 6.16. Representación de la transmisividad obtenida mediante ensayos de dilución frente a la obtenida mediante ensayos hidráulicos

- La información disponible está irregularmente distribuida, por lo que se carece de datos en zonas muy amplias del casco urbano, tal y como se observa en la Figura 6.17. Cabe citar al respecto toda la cuenca del río Huerva, así como una amplia zona céntrica situada al este de la Plaza Basilio Paraíso.

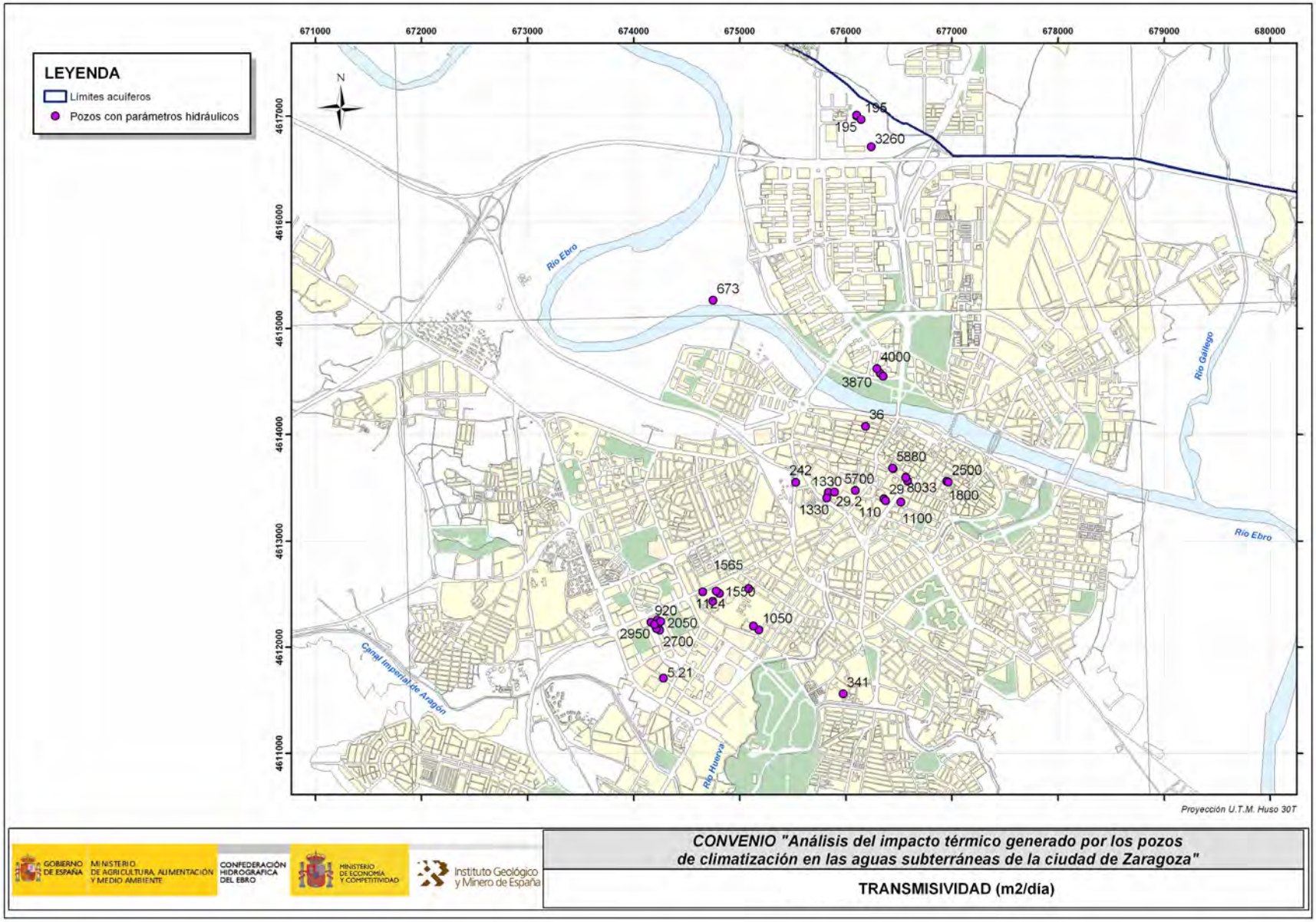



Figura 6.17. Distribución en el acuífero urbano de pozos con valores de transmisividad ($m^2 \cdot día^{-1}$) obtenidos a partir de ensayos de bombeo

# 7. CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉRMICO

## Temperatura del agua subterránea

La temperatura del agua subterránea constituye un parámetro fundamental de lectura y estudio en este proyecto. En acuíferos poco profundos y bajo gradientes geotérmicos normales la temperatura que alcanza el agua subterránea sufre pocas variaciones, alcanzando valores muy próximos a la temperatura media atmosférica de manera que el promedio anual de temperatura es 1°C o 2°C mayor que el promedio anual de temperatura del aire. En el caso de Zaragoza, con una temperatura media atmosférica de 15°C cabe esperar como normales registros de hasta 17°C.

Por otra parte, Schoeller (1962) clasifica los tipos de aguas en función de su temperatura estableciendo como termales o hipertermas aquellas cuya temperatura supera en 4°C la media anual ambiental (Tm). En términos parecidos a este concepto se refiere la legislación española quedando regulado por la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas en su Título IV (Regulación de los aprovechamientos de recursos de la sección B): son aguas termales aquellas cuya temperatura de surgencia sea superior en 4°C a la media anual del lugar donde alumbren. Lógicamente estas definiciones deben aplicarse a aguas naturales no influenciadas por contaminación térmica, pero sirven para reflexionar acerca de que las temperaturas que normalmente se registran en el centro urbano que podrían ser consideradas como un recurso energético.

### 1. Pozos y captaciones

Con anterioridad a 2009 han sido escasos los registros sistemáticos cuya finalidad fuese la caracterización térmica de las aguas subterráneas en Zaragoza. Con este

objetivo se planificó una campaña inicial de lectura de este parámetro y de la conductividad eléctrica coincidiendo con la revisión del inventario, de manera que 93 pozos y piezómetros pudieron ser controlados, 38 captaciones geotérmicas, 40 captaciones de otros usos y 15 piezómetros. No se incluyen en esta relación las lecturas obtenidas en otros 27 pozos de devolución de sistemas geotérmicos por ser puntos de distorsión térmica, pero sí se han considerado los registros térmicos de los piezómetros de la red del Ayuntamiento de Zaragoza, pues fueron obtenidos en un periodo similar (agosto 2008) para el que se presupone una variación poco significativa de temperatura respecto a 2009. Las lecturas de T se muestran en la Tabla 7.I, que comprende valores entre un mínimo de 14,9 °C y un máximo de 26,6 °C agrupados en tres categorías:

- Puntos con $T \leq Tm + 3°C$; se han identificado 40 puntos (Tabla 7.I.a) correspondiendo a aguas con registros considerados como normales en el acuífero.
- Puntos con $Tm + 3°C < T \leq Tm + 5°C$; se han identificado 34 puntos (Tabla 7.I.b) que corresponden con aguas cuya temperatura está afectada por procesos antrópicos indirectos propios de la urbanización de la ciudad. Hay 9 captaciones geotérmicas involucradas de las 4 requerirían de información adicional para descartar cualquier proceso de autointerferencia térmica en el doblete de pozos.
- Puntos con $T > Tm + 5°C$; se han identificado 19 puntos (Tabla 7.I.c) de los que 13 son captaciones geotérmicas. Corresponden en su mayor parte a pozos afectados por inyecciones térmicas de sistemas geotérmicos abiertos y por procesos de autointerferencia.

Se ha procedido a un tratamiento estadístico de los datos mediante krigeado ordinario que elimina valores extremos de la serie descartando posibles incertidumbres de la información. Con los valores distribuidos conseguidos se ha elaborado el mapa de la Figura 7.1, mapa que refleja la información inicial existente sobre el estado del acuífero. De su observación se pueden deducir la existencia de determinadas zonas con anomalías térmicas:

- Focos de calor: se identifica una moderada isla urbana de calor, con temperaturas que superan 25°C, generada por acumulación se vertidos térmicos que abarca partes importantes del centro y casco histórico de la ciudad. También se detectan plumas de contaminación al suroeste, sureste y norte de la ciudad, generadas vertidos de uno o dos aprovechamientos.
- Sumideros de calor: son zonas con anomalías térmicas frías, con valores incluso que incluso podrían estar por debajo de la temperatura media atmosférica. Se localizan: al noroeste, junto al cauce y meandro de la zona Expo; el este, junto al río Gállego; y suroeste, en áreas con menor urbanización e impermeabilización del terreno que favorecen la recarga de las precipitaciones y donde la recarga por pérdidas del Canal Imperial de Aragón o los depósitos de la planta potabilizadora de Casablanca puede ser significativa.

| APROVECHAMIENTO | REGISTRO | TIPO | X | Y | CE µS/cm | T °C | FECHA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| JARDINES ÁMBITO U-6 (AVENIDA DE RANILLAS) | 271549014 | C | 675536 | 4614903 | 1937 | 14,9 | 13/08/2009 |
| ARAGONIA | 271540386 | CG | 674163 | 4612235 | 1217 | 15,2 | 28/10/2009 |
| ARAGONIA | 271540191 | CG | 674215 | 4612177 | 1317 | 15,9 | 28/10/2009 |
| PARQUE DELICIAS (POZO ZONA 1 - ANFITEATRO) | 271540205 | C | 674070 | 4612817 | 1850 | 16,2 | 14/08/2009 |
| CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI (P-1 Ranillas) | 271480143 | CG | 675086 | 4616038 | 1688 | 16,5 | 21/10/2009 |
| PARQUE CASTILLO PALOMAR | 271540204 | C | 673866 | 4613920 | 1897 | 16,5 | 11/08/2009 |
| EDIFICIO LORENZO NORMANTE - ESCUELA EMPRESARIALES | 271480090 | CG | 676238 | 4616766 | - | 16,6 | 17/07/2009 |
| HOSPITAL PROVINCIAL | 271540306 | CG | 675952 | 4613498 | 559 | 16,6 | 19/10/2009 |
| PARQUE DEL OESTE (BARRIO OLIVER) | 271540295 | C | 672119 | 4612943 | 1734 | 16,6 | 11/08/2009 |
| PZ-22 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271480119 | P | 675785 | 4616517 | 3365 | 16,6 | 28/08/2008 |
| CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI (P-2 Saputo) | 271480133 | CG | 675194 | 4616049 | 1508 | 16,7 | 21/10/2009 |
| EDIFICIO ADA BYRON | 271480086 | CG | 675809 | 4616986 | - | 16,8 | 17/07/2009 |
| AGREDA S.A. | 271530075 | C | 671962 | 4612774 | 2445 | 16,9 | 26/08/2009 |
| PARQUE ÁREA 19, 20, Y 21 (CORBERA) | 271480129 | C | 678400 | 4616550 | 2591 | 17,1 | 14/08/2009 |
| PZ-13 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540269 | P | 675327 | 4614166 | 2862 | 17,1 | 28/08/2008 |
| PZ-27 Red Piezométrica Ayuntamiento | 281510213 | P | 679691 | 4615087 | 2301 | 17,1 | 28/08/2008 |
| CENTRO CÍVICO SAN JOSÉ | 271549036 | CG | 677248 | 4611943 | 788 | 17,4 | 16/10/2009 |
| EDITORIAL LUIS VIVES | 271540028 | C | 672191 | 4612753 | 712 | 17,4 | 29/10/2009 |
| MUSEO PABLO SERRANO (POZO-1) | 271540372 | CG | 675836 | 4613459 | 1072 | 17,4 | 07/10/2009 |
| SAICA (POZO 2) | 271480058 | C | 677610 | 4615612 | 3715 | 17,4 | 15/09/2009 |
| COMUNIDAD PROPIETARIOS AVENIDA CATALUÑA Nº 287-297 | 281459001 | C | 679390 | 4615682 | 1278 | 17,5 | 18/09/2009 |
| IBERCAJA | 271540232 | CG | 676233 | 4612930 | - | 17,5 | 22/10/2009 |
| PARQUE DE VALMASEDA | 271549018 | C | 678291 | 4614262 | 2332 | 17,5 | 13/08/2009 |
| PARQUE DEL CANÓDROMO | 271540210 | C | 677238 | 4613064 | 651 | 17,5 | 12/08/2009 |
| HOTEL ALFONSO I | 271540303 | CG | 676439 | 4613682 | 671 | 17,6 | 26/10/2009 |
| PARQUE DELICIAS (POZO ZONA 2) | 271540206 | C | 674016 | 4613042 | 2064 | 17,6 | 14/08/2009 |
| PZ-1 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271480118 | P | 675448 | 4615144 | 1933 | 17,6 | 28/08/2008 |
| RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN | 271540239 | CG | 675689 | 4612207 | 1300 | 17,6 | 28/10/2009 |
| CAF | 281450072 | C | 679361 | 4616179 | 2343 | 17,7 | 17/09/2009 |
| PZ-4 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540260 | P | 677289 | 4615120 | 4724 | 17,7 | 28/08/2008 |
| RECUBRIMIENTOS ELECTROLÍTICOS TORREMOCHA | 281450090 | C | 679066 | 4615758 | 1192 | 17,7 | 09/10/2009 |
| SAICA (POZO 5) | 271480059 | C | 677420 | 4615352 | 5360 | 17,7 | 15/09/2009 |
| SOCIEDAD DEPORTIVA ARENAS - FED. ARAGONESA FÚTBOL | 271489011 | C | 675559 | 4616740 | 643 | 17,9 | 21/09/2009 |
| T.V. ARAGÓN POZO-2 | 271540095 | CG | 676456 | 4614558 | 3242 | 17,9 | 25/09/2009 |
| BIBLIOTECA DE HUMANIDADES | 271540178 | CG | 675128 | 4612198 | - | 18,0 | 17/07/2009 |
| CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL ADOLFO MAESTRO | 271549056 | CG | 677878 | 4613324 | - | 18,0 | 23/10/2009 |
| CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL PALAFOX | 271540165 | CG | 675879 | 4613833 | 781 | 18,0 | 19/10/2009 |
| PARQUE DE LA ALJAFERÍA | 271540292 | C | 675159 | 4614203 | 1963 | 18,0 | 12/08/2009 |
| PARQUE PIRINEOS (POZO MAGNOLIA) | 271489002 | C | 676706 | 4615307 | 4182 | 18,0 | 14/08/2009 |
| PLÁSTICOS ITER | 281450060 | C | 679247 | 4615756 | 1706 | 18,0 | 18/09/2009 |

Tabla 7.I.a. Relación de puntos con temperaturas del agua subterránea entre 15 y 18 °C. CG: captación geotérmica; C: otras captaciones; P: piezómetro; CE: conductividad eléctrica µS/cm a 25°C

| APROVECHAMIENTO | REGISTRO | TIPO | X | Y | CE µS/cm | T °C | FECHA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PARQUE DE ORIENTE | 271540208 | C | 678381 | 4614034 | 2446 | 18,1 | 13/08/2009 |
| PARQUE MIRAFLORES | 271540291 | C | 676758 | 4612351 | 1645 | 18,1 | 12/08/2009 |
| SAICA (POZO 4) | 271480034 | C | 677530 | 4615550 | 4783 | 18,1 | 15/09/2009 |
| CENTRO ARAGONÉS DEL DEPORTE | 271489004 | C | 675590 | 4617053 | 3832 | 18,2 | 09/09/2009 |
| PARQUE DEPORTIVO EBRO POZO 1 | 271489007 | C | 673170 | 4615489 | 3037 | 18,2 | 09/09/2009 |
| PZ-14 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540270 | P | 676348 | 4613661 | 1540 | 18,2 | 28/08/2008 |
| PZ-18 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540274 | P | 677579 | 4612799 | 1566 | 18,3 | 28/08/2008 |
| EDIFICIO PARANINFO | 271540388 | CG | 675999 | 4613008 | - | 18,4 | 20/07/2009 |
| GASEOSAS LA PITUSA | 271549020 | C | 677749 | 4615162 | 3543 | 18,4 | 15/09/2009 |
| LAVADEROS MARTÍNEZ | 271549019 | C | 677806 | 4614855 | 2883 | 18,4 | 09/09/2009 |
| PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE | 271549052 | CG | 677753 | 4611707 | 847 | 18,4 | 23/10/2009 |
| PZ-28 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540279 | P | 675594 | 4613484 | 2412 | 18,4 | 28/08/2008 |
| PZ-8 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540264 | P | 677924 | 4613836 | 2860 | 18,4 | 28/08/2008 |
| PZ-9 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540265 | P | 678354 | 4614196 | 3040 | 18,4 | 28/08/2008 |
| AIR LIQUIDE ESPAÑA S.A. | 271489024 | C | 678209 | 4616052 | 2457 | 18,5 | 24/08/2009 |
| EDIFICIO LOS ARCOS | 271540289 | CG | 676988 | 4612610 | 1113 | 18,5 | 29/10/2009 |
| JARDINES ÁMBITO U-8, U-9, U-10 Y U-11 (MACANAZ) | 271549015 | C | 676748 | 4614314 | 844 | 18,5 | 13/08/2009 |
| PZ-20 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540276 | P | 678507 | 4613025 | 1549 | 18,5 | 28/08/2008 |
| PZ-26 Red Piezométrica Ayuntamiento | 281510212 | P | 679086 | 4612746 | 2237 | 18,5 | 28/08/2008 |
| PARQUE DE LAS GLORIETAS DE GOYA | 271540288 | C | 677612 | 4613077 | 1666 | 18,6 | 13/08/2009 |
| PZ-17 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540273 | P | 678017 | 4613343 | 2095 | 18,6 | 28/08/2008 |
| PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE | 271549053 | CG | 677919 | 4611701 | 871 | 18,7 | 23/10/2009 |
| PARQUE DEL TÍO JORGE (CALLE FERNANDO GAZULLA) | 271540281 | C | 676759 | 4614663 | 3758 | 18,9 | 13/08/2009 |
| PZ-16 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540272 | P | 677523 | 4613568 | 1622 | 18,9 | 28/08/2008 |
| T.V. ARAGÓN POZO-1 | 271540094 | CG | 676431 | 4614583 | 3116 | 19,0 | 25/09/2009 |
| HOTEL BOSTON | 271540084 | CG | 676900 | 4612796 | 1320 | 19,4 | 09/10/2009 |
| LÓPEZ BLANCO S.A. | 271540097 | C | 678026 | 4615057 | 2902 | 19,4 | 24/08/2009 |
| PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 271540383 | C | 676760 | 4615085 | 3560 | 19,4 | 13/08/2009 |
| PZ-29 Red Piezométrica Ayuntamiento | 271540280 | P | 678602 | 4613672 | 2414 | 19,4 | 28/08/2008 |
| TIPOLÍNEA | 271540030 | C | 678672 | 4614991 | 2494 | 19,4 | 17/09/2009 |
| MERCADO SAN VICENTE DE PAÚL POZO-1 | 271540370 | CG | 677060 | 4613594 | 1921 | 19,5 | 05/10/2009 |
| IBERCAJA | 271540233 | CG | 676223 | 4612922 | 844 | 19,6 | 22/10/2009 |
| COOPERATIVA DE VIVIENDAS PIRINEOS POZO-1 | 271489012 | C | 676827 | 4615276 | 4648 | 19,7 | 25/09/2009 |
| EL JUSTICIA | 271540099 | CG | 676992 | 4613747 | - | 20,0 | 05/10/2009 |

Tabla 7.I.b. Relación de puntos con temperaturas del agua subterránea entre 18 y 20 °C. CG: captación geotérmica; C: otras captaciones; P: piezómetro; CE: conductividad eléctrica µS/cm a 25°C

| APROVECHAMIENTO | REGISTRO | TIPO | X | Y | CE µS/cm | T °C | FECHA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LA CASA DEL LOCO | 271540101 | CG | 676905 | 4613700 | 1920 | 20,2 | 05/10/2009 |
| CENTRO ARAGONÉS DEL DEPORTE | 271489005 | CG | 675466 | 4617167 | 886 | 20,6 | 09/09/2009 |
| HOSPITAL CLÍNICO (POZO-5) | 271540385 | CG | 674751 | 4612569 | 870 | 20,6 | 15/10/2009 |
| PARQUE PASEO DEL AGUA (ANILLO VERDE) | 271540299 | C | 673406 | 4614648 | 2780 | 20,6 | 11/08/2009 |
| SICIONE S.A. (C. C. AUGUSTA) | 271540092 | C | 673370 | 4614235 | 7240 | 20,6 | 25/08/2009 |
| CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSIQUICOS | 271480148 | C | 677286 | 4617145 | 1608 | 20,9 | 21/10/2009 |
| CONGREGACIÓN HERMANOS MARISTAS - COLEGIO EL PILAR | 271480082 | C | 676439 | 4615362 | 5000 | 21,1 | 25/09/2009 |
| HOTEL PALAFOX | 271540223 | CG | 676190 | 4613378 | 671 | 21,9 | 26/10/2009 |
| EDIFICIO MARISTAS POZO-1 | 271540168 | CG | 676970 | 4613586 | - | 22,6 | 05/10/2009 |
| JARDINES COMPUERTAS AZUD (MARGEN DERECHA) | 271540301 | C | 678496 | 4613419 | 2114 | 22,6 | 12/08/2009 |
| JARDINES ÁMBITO U-1 Y U-3 (PUENTES 3º MILENIO Y A-2) | 271540300 | C | 673983 | 4614809 | 2067 | 23,1 | 11/08/2009 |
| UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO | 271549042 | CG | 677659 | 4612306 | - | 24,0 | 16/10/2009 |
| EDIFICIO ZEUS | 271549047 | CG | 676484 | 4613236 | 809 | 24,4 | 22/10/2009 |
| MÚTUA ACCIDENTES ZARAGOZA (POZO-2 MAZ) | 271480092 | CG | 677475 | 4617237 | 4000 | 24,4 | 21/09/2009 |
| PUERTA CINEGIA (POZO 1) | 271540215 | CG | 676577 | 4613615 | 1524 | 25,0 | 05/10/2009 |
| HOTEL GOYA | 271540224 | CG | 676418 | 4613467 | 697 | 25,6 | 26/10/2009 |
| TRANSPORTES OCHOA | 271480098 | CG | 677922 | 4616247 | - | 25,6 | 10/09/2009 |
| HOSPITAL CLÍNICO (POZO-2) | 271540227 | CG | 674778 | 4612523 | 1036 | 25,9 | 15/10/2009 |
| HOTEL PALAFOX | 271540163 | CG | 676231 | 4613321 | 669 | 26,6 | 26/10/2009 |

Tabla 7.I.a. Relación de puntos con temperaturas del agua subterránea superior a 20°C. CG: captación geotérmica; C: otras captaciones; P: piezómetro; CE: conductividad eléctrica µS/cm a 25°C

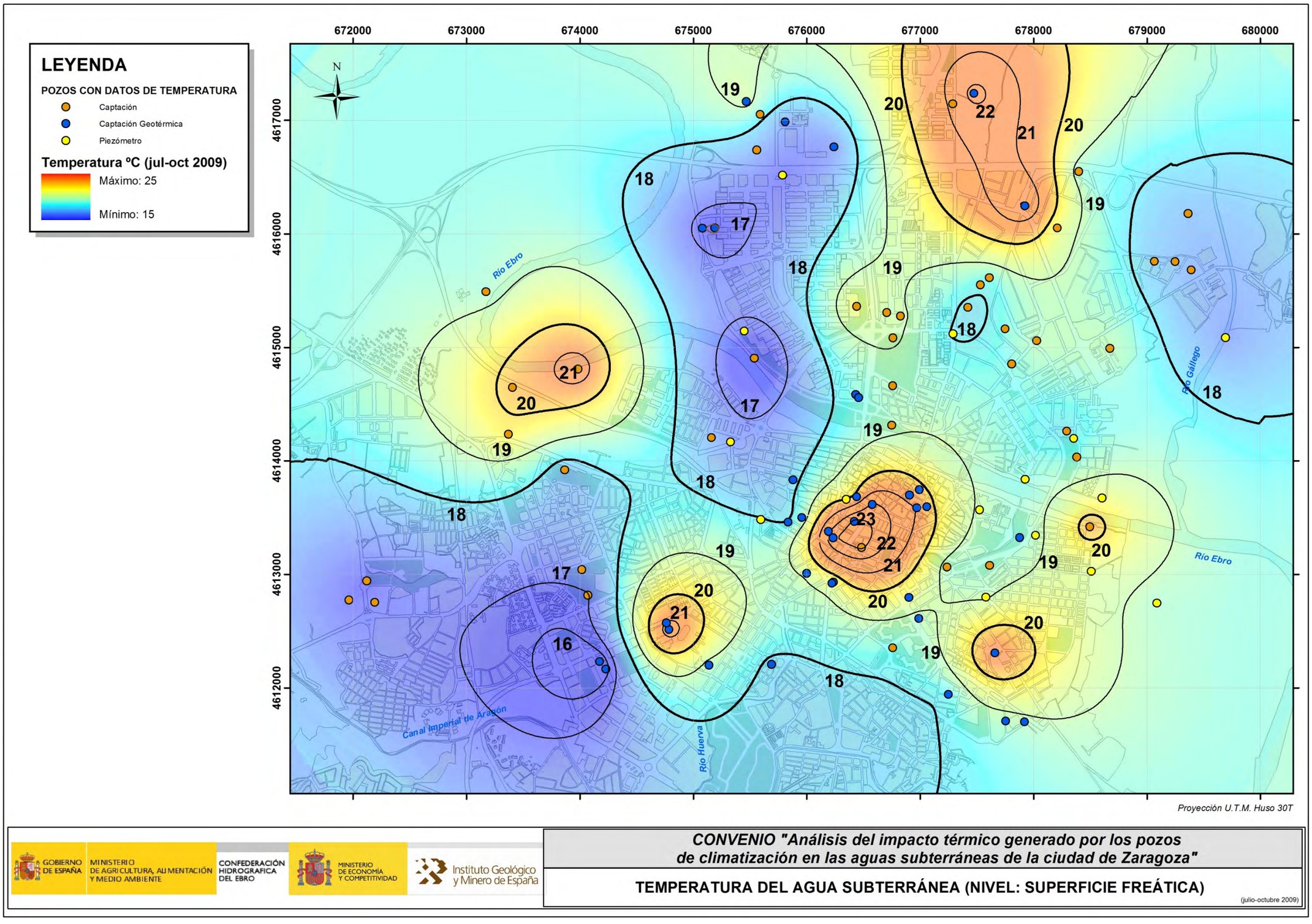



Figura 7.1. Temperatura de la superficie freática en el acuífero urbano de Zaragoza durante el periodo julio-octubre de 2009

Asimismo, en el mapa se han diferenciado con tres coloraciones dominantes los tres rangos de temperatura señalados anteriormente: en azul, áreas en estado natural sin afección, con T inferior a 18°C; turquesas y amarillos T entre 18 y 20°C; y en rojo-anaranjado áreas de mayor impacto geotérmico, con T superior a 20°C.

Se ha caracterizado la temperatura del acuífero en todo su espesor saturado mediante la ejecución de perfiles de conductividad eléctrica-temperatura en cerca de 60 pozos, habiendo conseguido perfiles de más de 20 m de longitud en 22 puntos controlados durante 6 campañas llevadas a cabo en el año 2011. La representación gráfica de esta información queda recogida en los anexos, en las fichas de la Red de Control Geotérmica, junto a otra información constructiva y litología atravesada en los pozos.

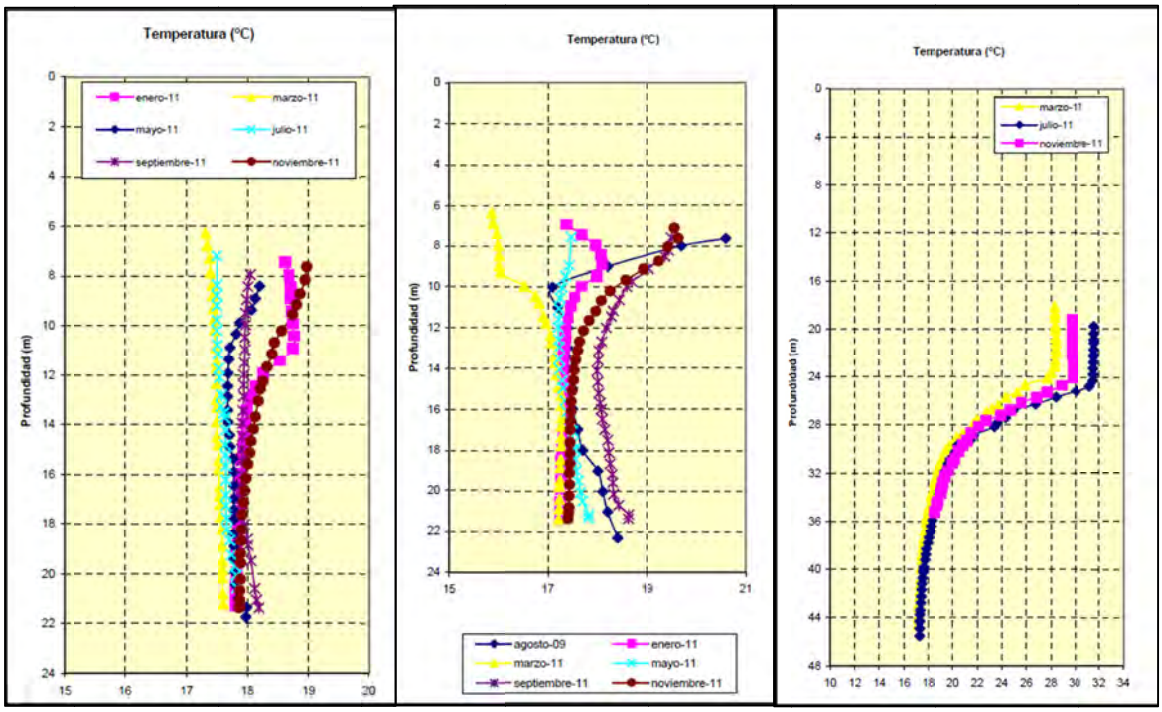



Figura 7.2. Perfiles de temperatura en los puntos de la Red de Control Geotérmica GS-47 (izquierda), GS-15 (centro) y GS-33 (derecha)

Salvo aquellos casos en que los perfiles han sido obtenidos en pozos de devolución (Figura 7.2 derecha) la temperatura del acuífero refleja valores normales, habitualmente comprendidos entre los 15 y 19°C no detectando en general anomalías en la estratificación térmica o niveles con diferente conductividad térmica que funcionen como niveles fuente o sumideros de calor (Figura 7.2 izquierda). Quizás la única anomalía detectada sea la del piezómetro P-3 Geológicas (Figura 7.3) donde se

observa un nivel a unos 37 m de profundidad con 1,5 a 1,6°C menos de temperatura que quedaría por debajo de un tramo de gravas y arenas con diferente conductividad térmica, y posiblemente hidráulica, por donde se desplazaría la pluma térmica del vertido del Hospital Clínico Universitario.

Se observa también que los pozos cuya superficie piezométrica se halla a escasos metros de profundidad reciben parte de radiación térmica del exterior manifestando en los 2-4 primeros metros saturados una oscilación estacional, con mayor o menor amplitud y retardo dependiendo de la profundidad del nivel (Figura 7.2 centro). Es habitual también que en sondeos totalmente penetrantes o en aquellos en los que el sustrato terciario no se alcanza pero está próximo la temperatura disminuya ligeramente conforme la profundidad del sondeo, por efecto de difusión térmica para alcanzar el equilibrio térmico con los niveles impermeables inferiores.

Los perfiles CE-T constituyen una valiosa información con la que se puede confirmar determinadas incertidumbres acerca de la construcción de los pozos, posicionamiento de rejillas, litología atravesada y permeabilidad de los niveles productivos como ya se ha comentado en el capítulo 5.

## 2. Piezómetros IGME

Entre julio de 2010 y febrero de 2013 se han realizado mensualmente perfiles multiparamétricos en los piezómetros de la red IGME. En cuanto a la temperatura se observa en la Figura 7.3 las amplitudes térmicas estaciones de cada uno de ellos. Cabe destacar diferentes comportamientos en función de su posición en el acuífero, su relación con el río o su proximidad a pozos de devolución de sistemas geotérmicos. Exceptuando el piezómetro P-9 Avenida de Clavé, punto representativo y característico del acuífero no afectado por ningún proceso de contaminación térmica, todos muestran una amplitud térmica en grado variable confirmando que quedan afectados, en mayor o menor medida, por procesos urbanos antrópicos de naturaleza indeterminada o por plumas de contaminación térmica de pozos de devolución de sistemas geotérmicos cercanos. En el caso del piezómetro situado más cerca del río P-2 Tenerías, la oscilación parece tener más relación con la variación estacional del río aunque afectada por un de retardo de aproximadamente 2 meses.

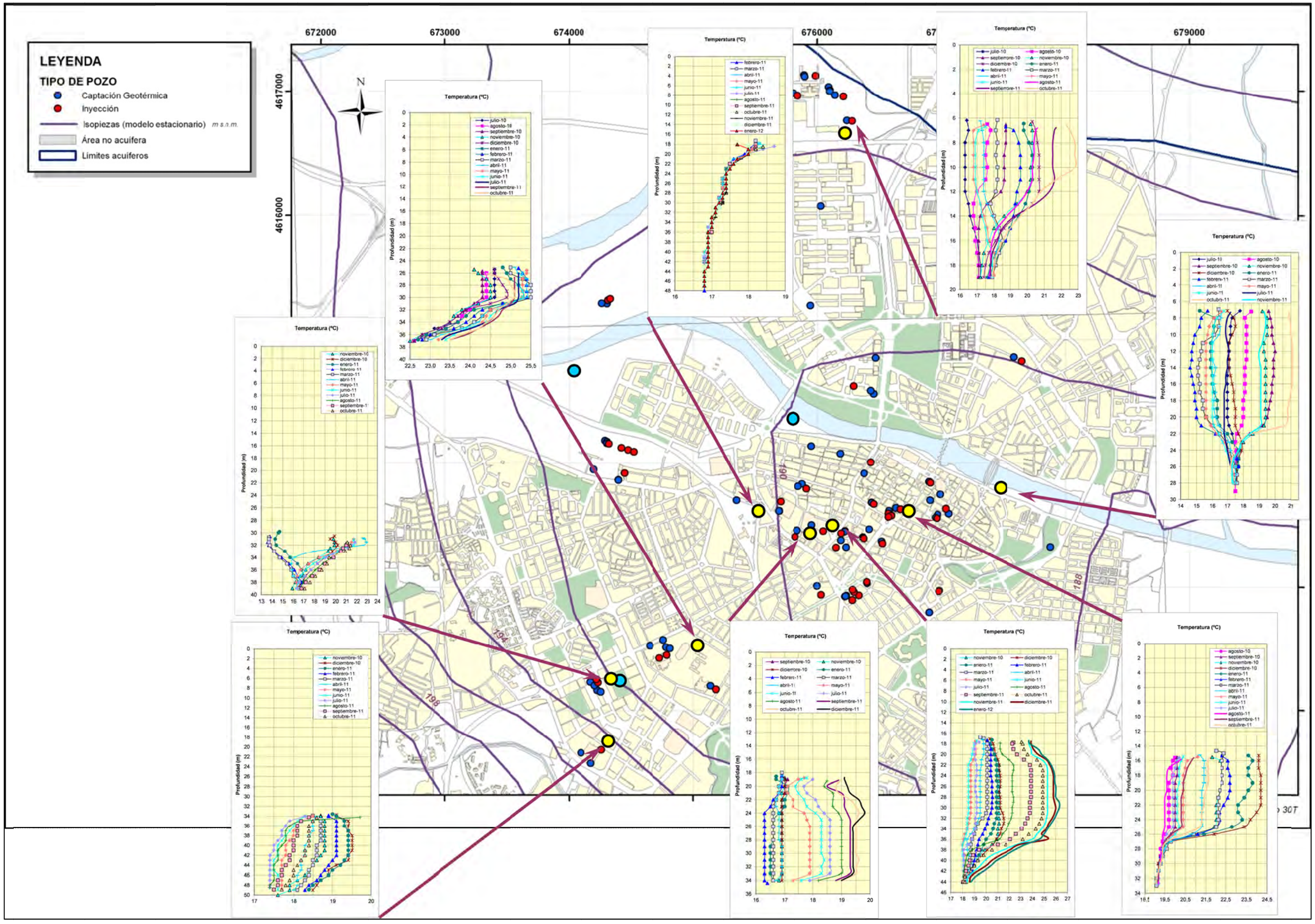



Figura 7.3. Perfiles mensuales de temperatura en los piezómetros IGME (puntos amarillos) de la Red de Control Geotérmica. Varias fechas en el periodo de julio de 2011 a enero de 2012

Es significativo el paulatino incremento de temperatura observado en el piezómetro P-6 Hospital Provincial desde que comienzo la explotación del sistema de climatización aproximadamente en junio de 2011 (Figura 7.4), cuando la temperatura del acuífero era de 18,5°C, para alcanzar máximos en diciembre de 2012 con 26,8°C. Es revelador observar también como los máximos de temperatura aparentemente experimentan un desplazamiento vertical ascendente reflejando un movimiento del calor más significativo hacia niveles superficiales y posiblemente hacia la zona no saturada del acuífero que hacia niveles profundos (Figura 7.4 derecha).

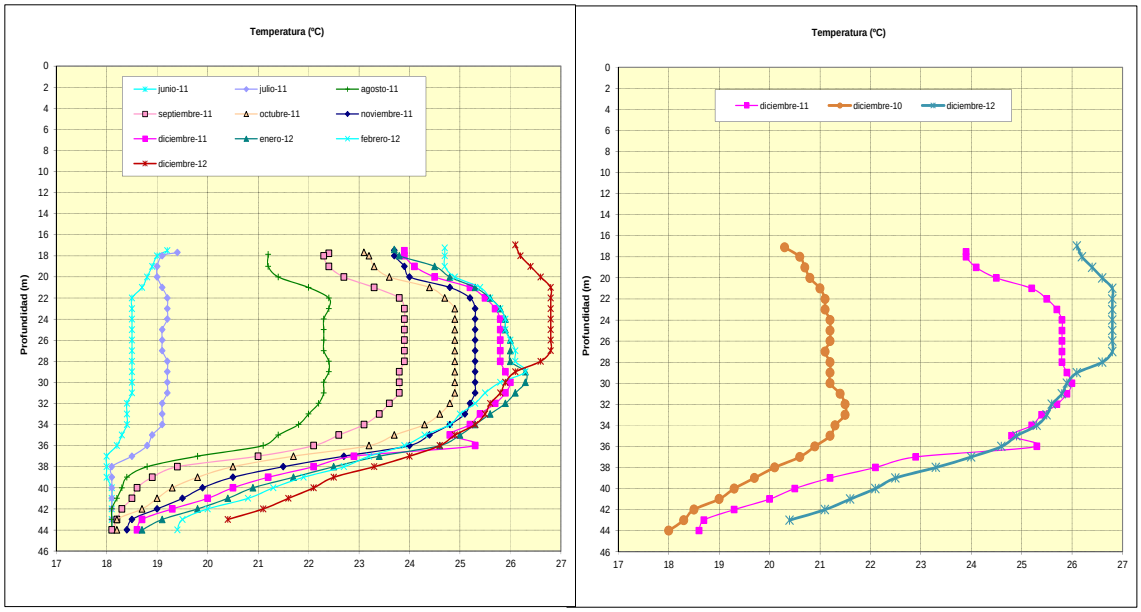



Figura 7.4. Ascensos térmicos observados en el piezómetro IGME P-6 Hospital Provincial. Izquierda evolución de la temperatura desde junio de 2011. Derecha: evolución vertical ascendente de las temperaturas entre diciembre de 2010 y diciembre de 2012

El registro en continuo mediante dispositivos tipo Diver ha permitido conocer la evolución temporal de la temperatura a una determinada profundidad en la serie de piezómetros IGME, así como en tres pozos situados en posiciones estratégicas respecto a determinados problemas que se deseaban controlar: le evolución del río y el avance térmico de la pluma del complejo Aragonia. En estos últimos puntos, diferentes problemas han acortado la duración y número de registros obtenidos. Puesto que son pozos activos sometidos a un régimen regular de bombeo para riego se detectan fuertes oscilaciones de nivel y temperatura que, como en el pozo de Jardines de Taifa Saraqusta abaten el nivel piezométrico por debajo de la profundidad del Diver.

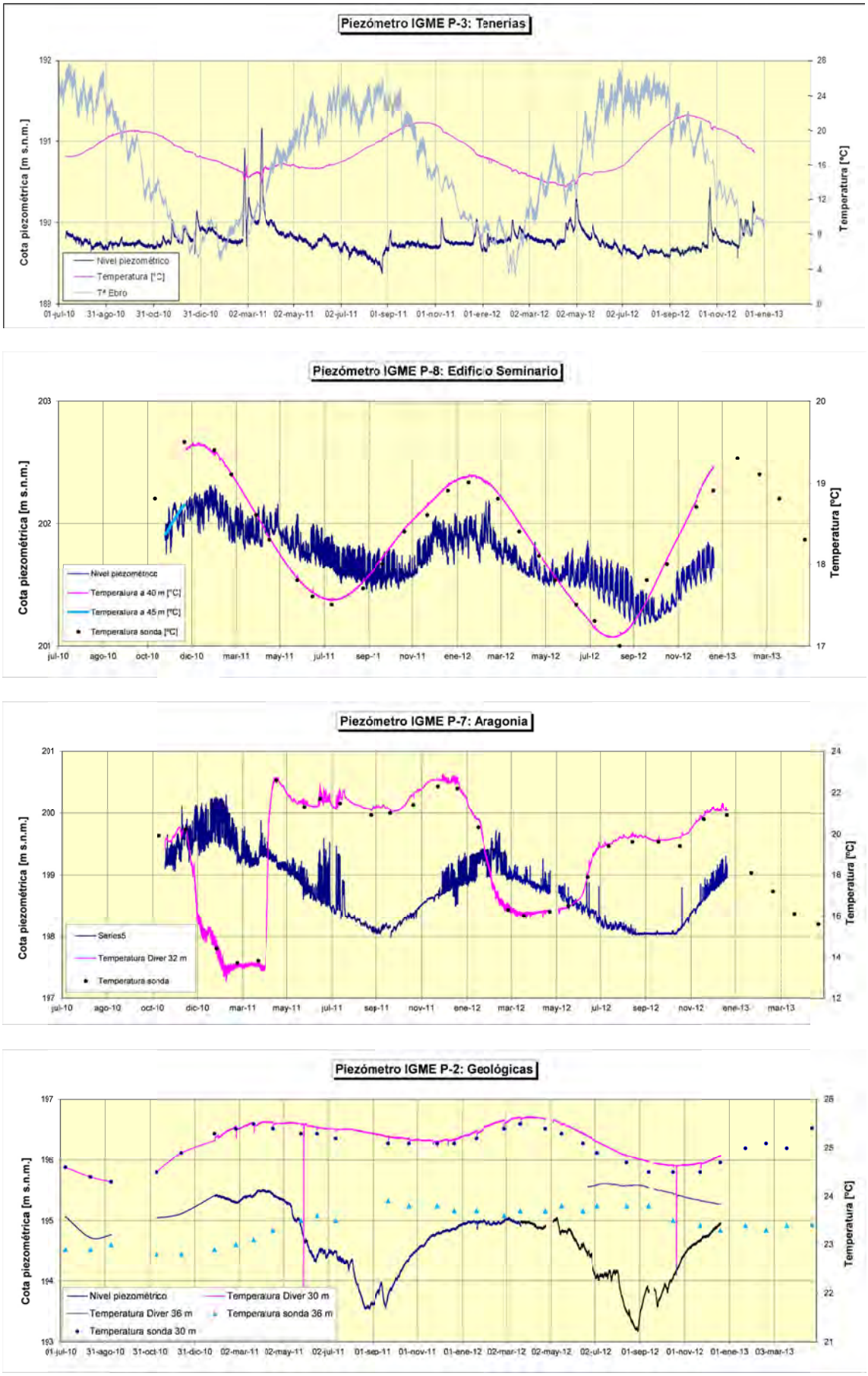



Figura 7.5. Registros en continuo de nivel y temperatura en puntos de la Red de Control Geotérmica

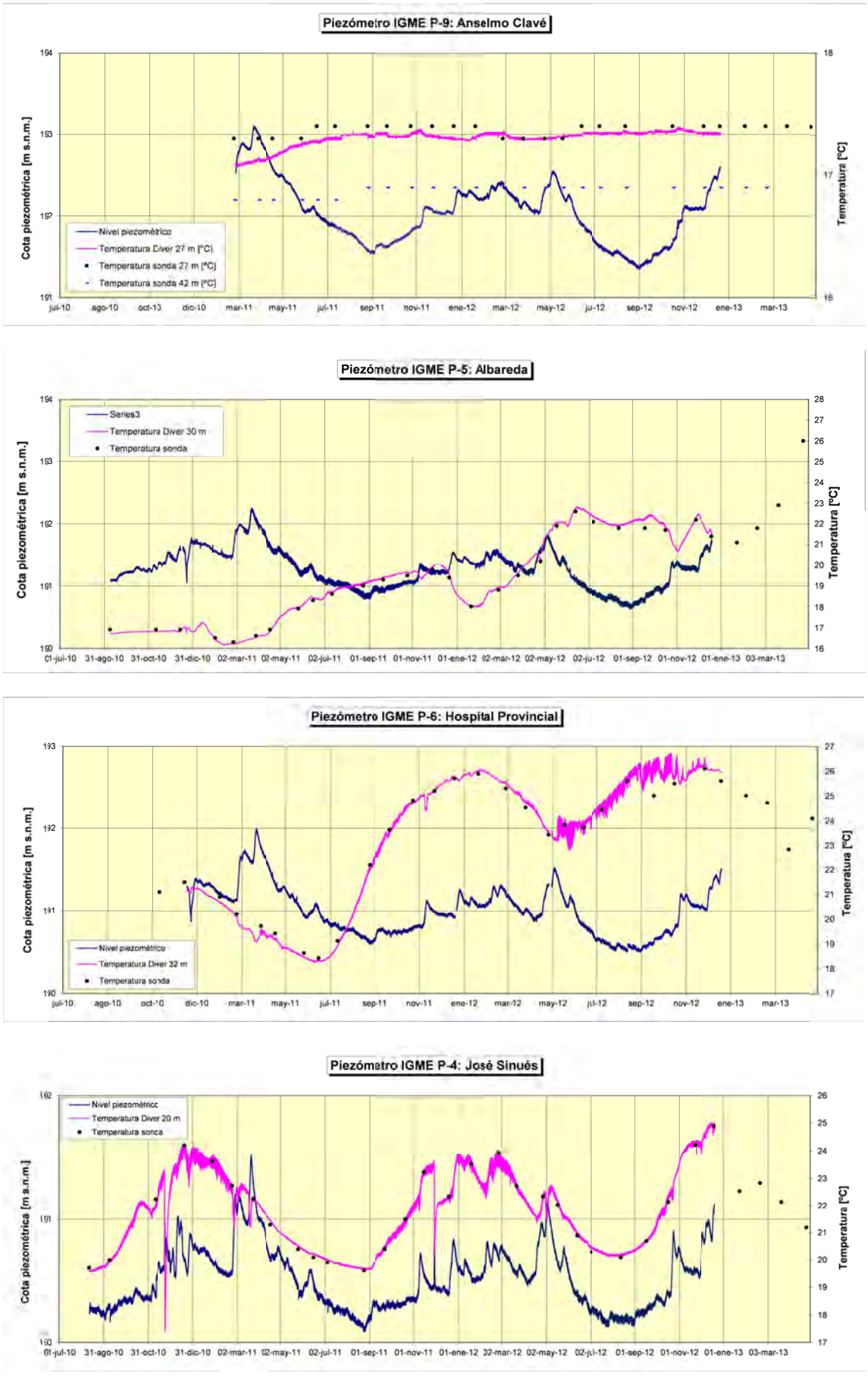



Figura 7.5. Registros en continuo de nivel y temperatura en puntos de la Red de Control Geotérmica

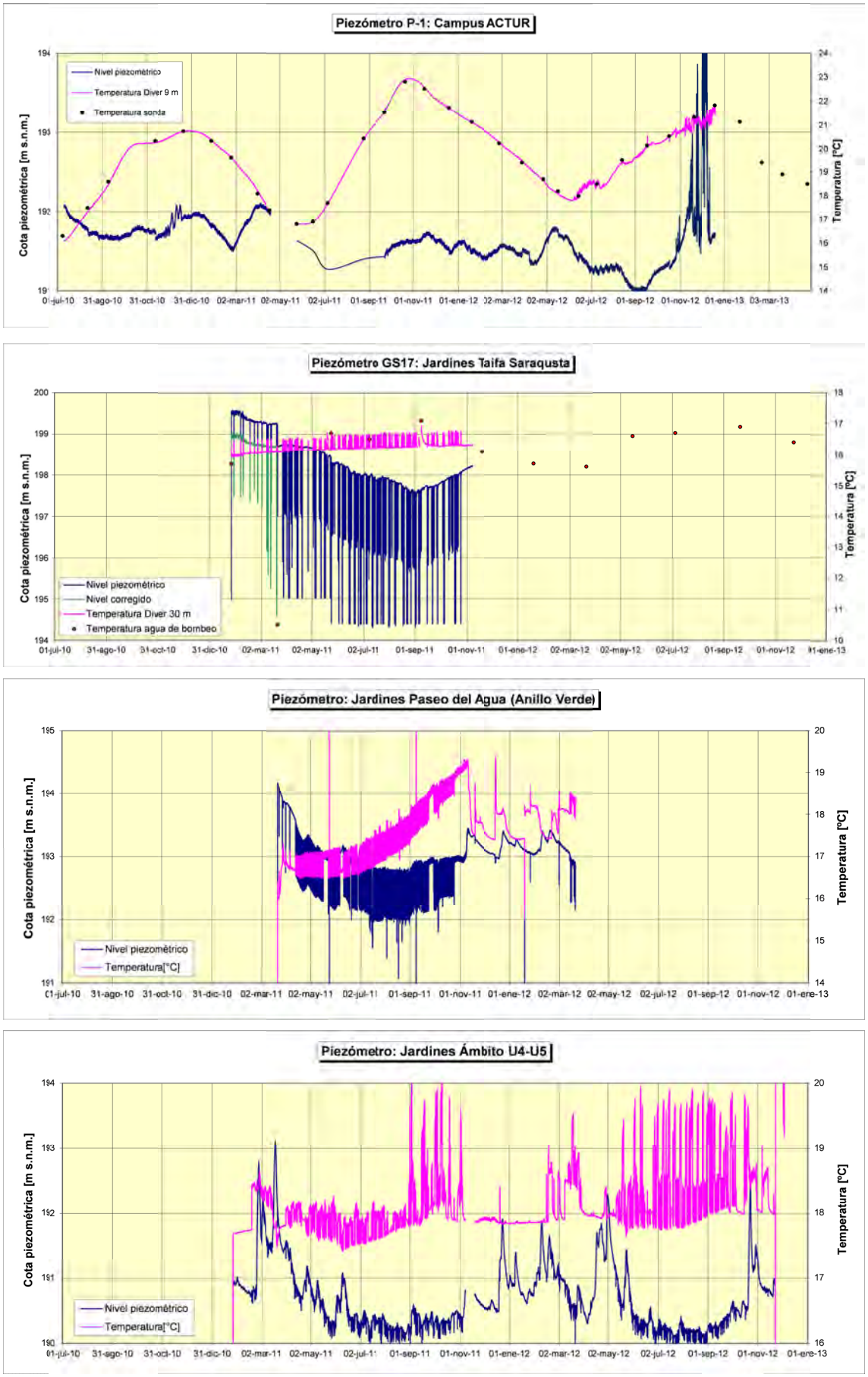



Figura 7.5. Registros en continuo de nivel y temperatura en puntos de la Red de Control Geotérmica

En los gráficos de la Figura 7.5 se muestra la evolución de los registros térmicos a determinadas profundidades en el periodo de julio de 2010 a enero de 2013, la evolución del nivel piezométrico y las lecturas directas de temperatura obtenidas con sonda multiparamétrica, corroborando una buena relación entre lecturas y registros.

Todos los piezómetros de la margen izquierda salvo Avenida de Clavé detectan oscilaciones de presión o temperatura por efecto de los bombeos de otros pozos del entorno (piezómetro de Geológicas), por vertidos o inyecciones de sistemas de climatización próximos. Igualmente se registran cambios de presión atribuidos al ascenso del nivel del río Ebro que pueden ser fácilmente correlacionables, tal y como se discutirá en el Capítulo 8: relaciones río-acuífero. El piezómetro de Actur muestra un régimen de oscilación de presión sustancialmente distinto al resto de piezómetros. Tiene además ascensos anómalos de nivel a partir de noviembre de 2012 por un mal funcionamiento del dispositivo.

En la gráfica del piezómetro P-2 Tenerías, que se sitúa junto al cauce del Ebro, se ha incluido para su comparación y estudio datos quinceminutales facilitados por la CHE de la temperatura del agua del río a su paso por la estación de aforos 909: Ebro en la Almozara. Se observa una evolución térmica del río paralela a la evolución de la temperatura atmosférica en el mismo periodo (Figura 7.6), con máximos en julio y mínimos en enero, con una amplitud térmica (diferencia entre valores máximo y mínimo) algo mayor en la temperatura atmosférica (32,6 °C) que en el Ebro (23,8°C). Comparando la evolución de temperatura del río con la registrada por el Diver en el acuífero a 20 m de profundidad se observa que aparece un significativo retardo en la oscilación térmica del agua subterránea, que alcanza su máximo en septiembre, dos meses más tarde que en el río, mientras que los valores mínimos se registran en abril, con un retardo de tres meses.

La Tabla7.II resume las principales características del registro térmico de cada uno de los piezómetros IGME, señalando la profundidad donde está colocado el sensor de nivel-temperatura, valor de los registros mínimo y máximo de toda la serie de datos, amplitud estacional y meses en los que se registran los mínimos y máximos anuales en la temperatura del agua subterránea. Se incluye información idéntica del río Ebro para

comparación y observación del retardo estacional registrado en el acuífero. De esta tabla se deduce que las temperaturas mínimas se sitúan entre 12,99 y 24,30°C; las máximas oscilan entre 17,40 y los 28,70°C registrados en el piezómetro de Albareda.

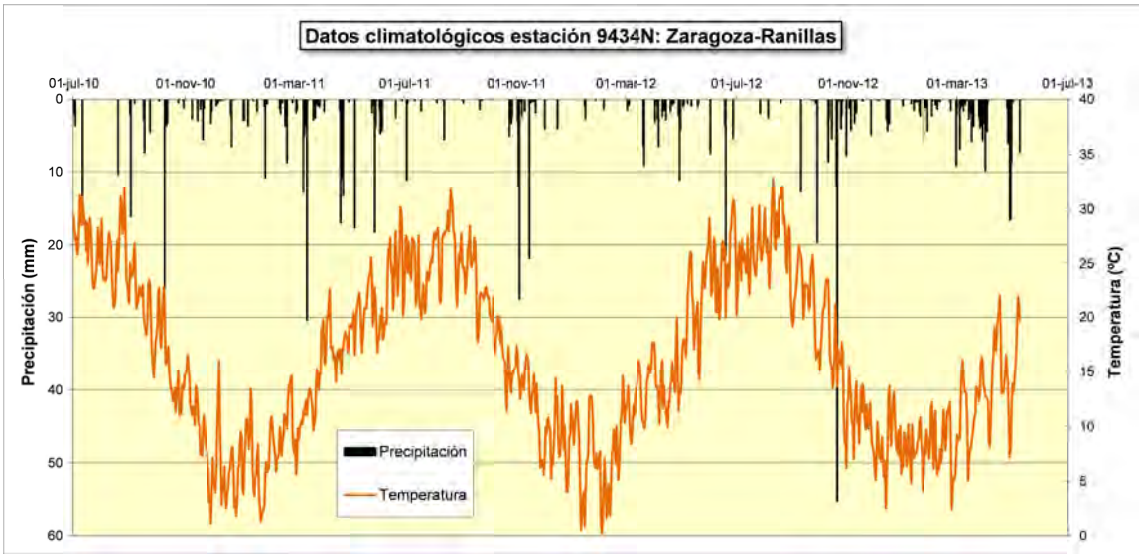



Figura 7.6. Evolución de los datos de precipitación (mm) y temperatura (°C) en la estación climatológica 9434N: Zaragoza-Ranillas durante el periodo de julio de 2010 a mayo de 2013

| Piezómetro | Prof. Sonda (m) | T mínima (ºC) | T máxima (ºC) | Amplitud térmica (ºC) | Máximo estacional | Mínimo estacional |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P-6 H. Provincial** | 32,00 | 18,40 | 26,65 | 8,25 | Enero | Junio |
| **P-8 Seminario** | 40,00 | 17,11 | 19,47 | 2,36 | Enero | Agosto |
| **P-4 José Siués** | 20,00 | 19,57 | 25,02 | 5,45 | Enero | Agosto |
| **P-3 Geológicas** | 30,00 | 24,30 | 25,64 | 1,34 | Abril | Octubre |
| **Río Ebro** | | 3,60 | 27,40 | 23,80 | Julio | Enero |
| **P-9 Avenida Clavé** | 28,00 | 17,08 | 17,40 | 0,32 | Septiembre | Febrero |
| **P-3 Geológicas** | 37,00 | 22,80 | 23,80 | 1,00 | Septiembre | Febrero |
| **P-2 Tenerías** | 20,00 | 13,58 | 21,64 | 8,06 | Septiembre | Abril |
| **P-5 Albareda** | 30,00 | 16,90 | 28,70 | 11,80 | Diciembre | Febrero |
| **P-7 Aragonia** | 32,00 | 12,99 | 23,10 | 10,11 | Diciembre | Abril |
| **P-1 Actur** | 9,00 | 16,09 | 22,93 | 6,84 | Diciembre | Mayo |

Tabla 7.II. Resumen de características térmicas de la red de piezómetros IGME

## 3. Caracterización térmica 3D

Se ha realizado un análisis geoestadístico a los datos de temperatura obtenidos en los perfiles de la Red de Control Geotérmica de la campaña de marzo de 2011. Son en total 34 perfiles con datos de temperatura cada metro de profundidad, sumando en total 515 datos térmicos, que se recogen en las fichas de los respectivos puntos de control de la red. El rango de valores es de 13,7°C a 25,5°C, con valor medio de 17,72°C. Se ha utilizado la aplicación informática S-GeMS (Stanford Geostatistical Modeling Software) código libre capaz de realizar una modelización geoestadística en

tres dimensiones (Remy *et al*., 2008; Bianchi and Zheng, 2009). Todos los algoritmos se basan en el método del krigeado, siendo el krigeado ordinario (OK) el utilizado con los datos de temperatura. Tras analizar el variograma experimental de datos, primero en el plano XY y después en el plano Z, se aplica el algoritmo con un modelo teórico de ajuste para ambos variogramas experimentales. Para el plano XY es de tipo exponencial: alcance de 2.340, la meseta es de 10 y efecto pepita de 0,01; para el plano Z es de tipo gaussiano: alcance máximo 1 $e^{+20}$, alcance mínimo de 1.000 y meseta de 5.

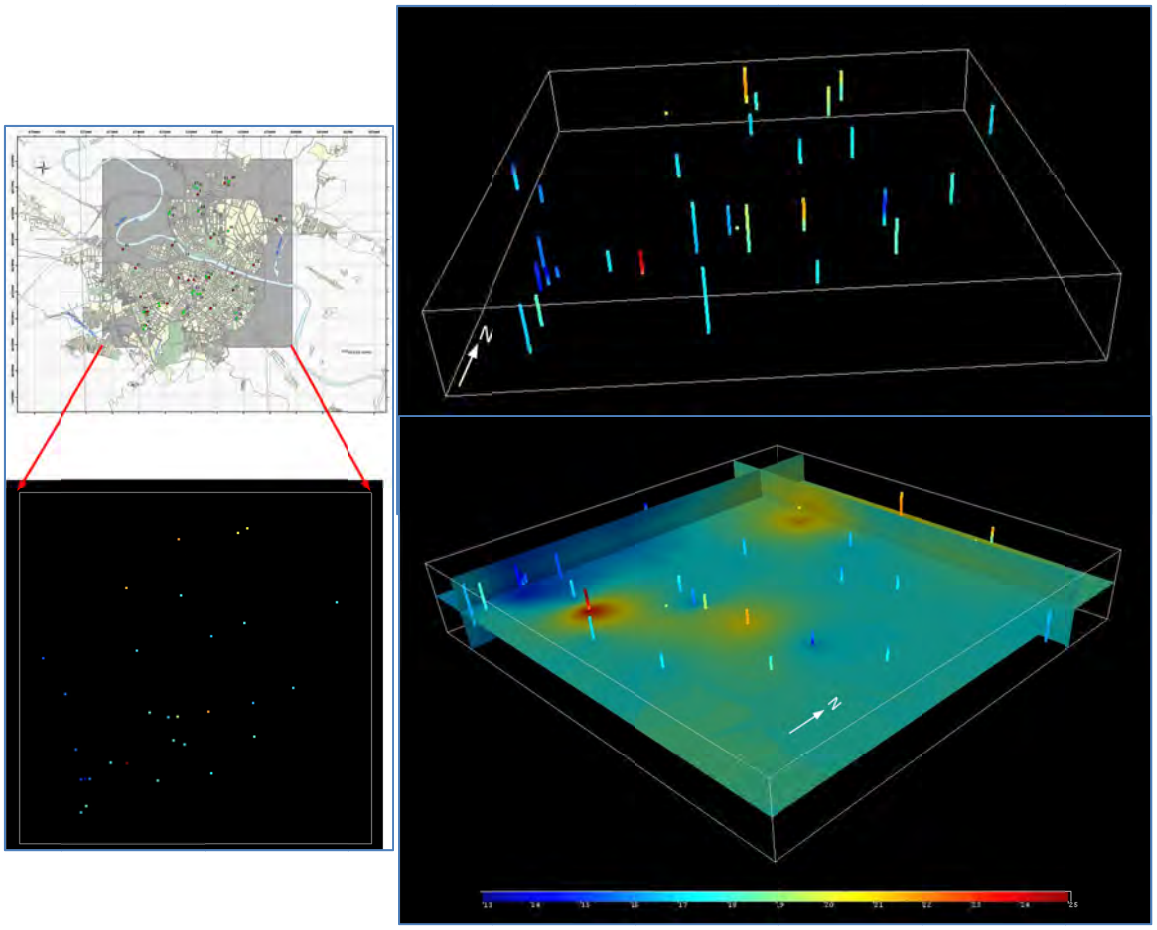


Figura 7.7. Localización de puntos de la Red de Control Geotérmica con perfiles de temperatura. Bloque tridimensional seleccionado para tratamiento geoestadístico. Campaña de marzo de 2011

El análisis permite caracterizar esta variable en todo el espesor acuífero y la progresión térmica de las islas de calor en su conjunto. En la Figura 7.7 se muestra la localización y longitud de estos perfiles. En la Figura 7.8 se muestran los resultados a profundidades crecientes de 5 m, partiendo del nivel 0, o superficie freática, hasta 15 m de espesor saturado. Profundidades mayores generan incertidumbre en la interpretación de

resultados, porque se alcanzan niveles impermeables del sustrato, desapareciendo el acuífero, y porque decrece la población de datos de temperatura.

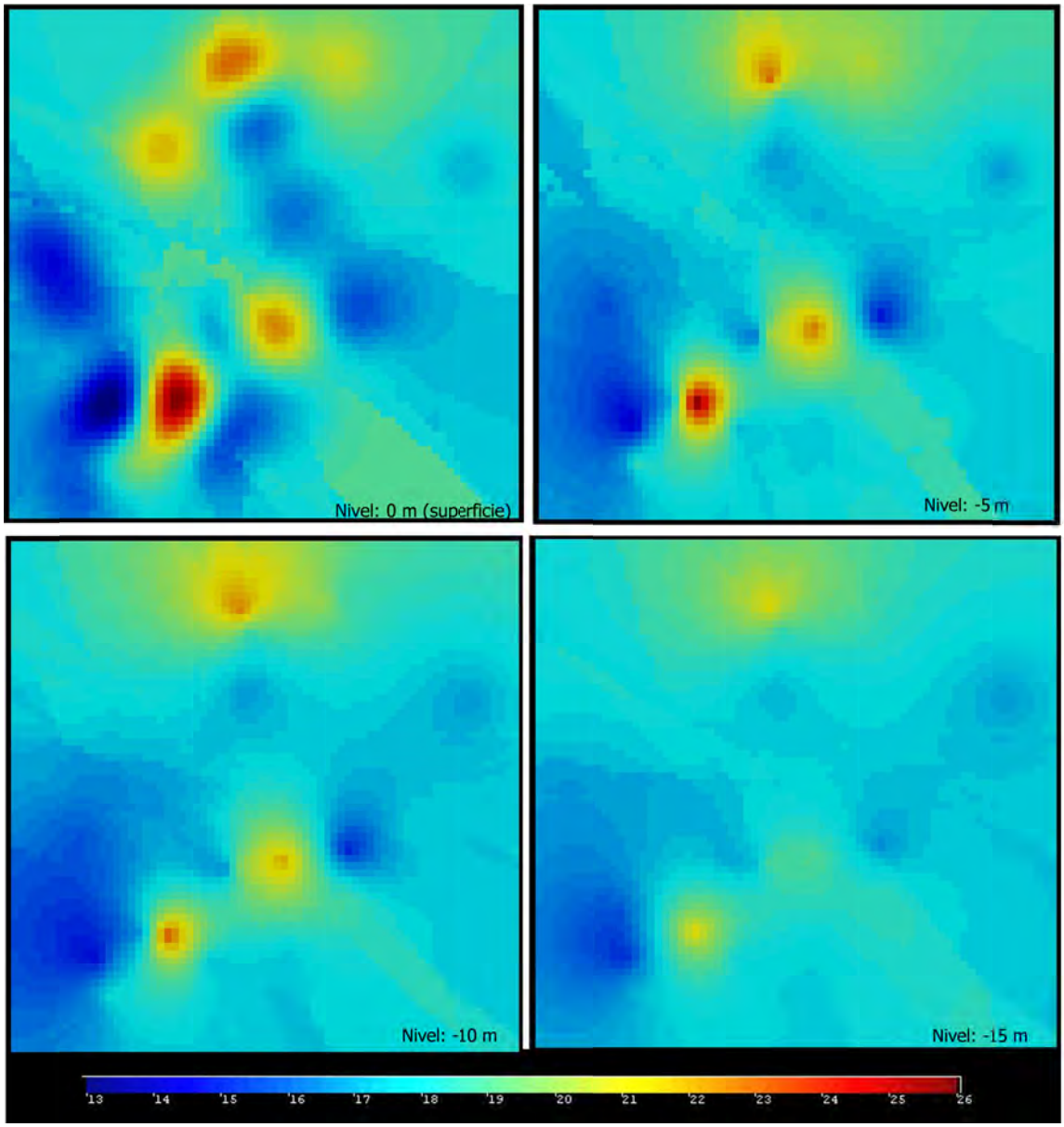



Figura 7.8. Temperatura del agua subterránea a profundidades de 0, 5, 10 y 15 m de la superficie freática. Campaña de marzo de 2011

Se observa cuatro islas de calor, dos al norte, una al suroeste y otra en el centro de la ciudad, que generan incrementos térmicos más o menos acusados entre los niveles de -5 y -15 m; el más acusado está relacionado con el piezómetros IGME P-2, en línea de flujo con el vertido del *Hospital Clínico*. En los niveles superficiales pueden aparecen otros impactos térmicos de carácter puntual. Es significativa también la localización y progresión en la vertical de los denominados focos fríos o sumideros de calor: unos

superficiales, relacionados con el río Ebro y con el flujo lateral de la margen derecha, que penetra en el área urbana por el oeste de la ciudad; y un foco puntual, posiblemente relacionado con los depósitos de la planta potabilizadora de Casablanca al suroeste de la ciudad, aguas frías que profundizan en todo el acuífero.

El resultado de ésta modelación es para un área uniforme de 6000 x 6000 x 46 m; al no considerar la heterogeneidad del sustrato y la variación de espesor del acuífero, deben tomarse las oportunas precauciones sobre la interpretación de datos térmicos en profundidad, además de considerar esta variabilidad en futuras modelizaciones.

## Impacto térmico de los sistemas geotérmicos abiertos

### 1. Análisis del riesgo de autointerferencia térmica

Cuando se genera un vertido a las aguas subterráneas procedente de un sistema abierto de climatización, un primer impacto que se puede producir es la autointerferencia o la llegada del frente de calor al pozo de captación del mismo aprovechamiento. Ello es consecuencia del movimiento del agua y del transporte del calor: el vertido se incorpora a un flujo subterráneo que es muy activo, de manera que la temperatura del agua está notablemente condicionada por su movimiento, es decir, predominan la convección (transporte de calor por el propio movimiento de agua) y la advección (convección forzada por efecto de un bombeo) sobre la difusión o conducción térmica del terreno.

El agua caliente penetra en el acuífero y comienza a fluir entre los poros de un medio saturado inicialmente con agua fría, donde se produce una progresiva absorción del calor por los granos que componen la matriz del acuífero, proceso que perdura hasta que se alcanza el equilibrio térmico. Este proceso da lugar a un retardo en la llegada del frente de calor respecto del flujo inyectado, similar al retardo observado en la llegada de un frente contaminante. Cuanto mayor sea la distancia entre los pozos de captación y de inyección (suponiendo una correcta localización de éste en la dirección del flujo subterráneo) mayor es el tiempo de respuesta (periodo de tiempo

transcurrido desde el inicio de la inyección hasta que el frente de calor alcanza el pozo de bombeo).

Teóricamente los dobletes térmicos no son sostenibles indefinidamente pero pueden alcanzar una vida útil lo suficientemente prolongada como para que el sistema sea económicamente rentable durante años si adoptan unas adecuadas estrategias de explotación, básicamente distancias relativamente suficientes y caudales relativamente pequeños.

En Banks (2008, 2009) se recoge una aproximación sencilla de la distancia (*L*) con la que llegar a evaluar el riesgo de que exista o no afección al pozo de bombeo extrayendo un caudal *Q*, bajo el supuesto ideal de que el pozo de inyección se sitúe en la trayectoria más corta de flujo aguas abajo del de captación, en un acuífero detrítico con transmisividad *T* y gradiente hidráulico *i*:

$$L > \frac{2Q}{T.\pi.i} \tag{1}$$

En el caso de que esta relación no se produzca (valores menores de *L*) el riesgo de afección es elevado, resultando eficaces entonces otros cálculos algo más complejos con los que determinar el tiempo de llegada del frente térmico ($t_{the}$), en los que se tengan en cuenta la velocidad del flujo subterráneo y consideraciones geométricas, análogas al caso anterior, de la posición de los pozos respecto a las trayectorias del flujo. Estos cálculos puede estimarse analíticamente de dos formas: a) por aplicación de la Ley de Darcy y b) por el tiempo que necesita la inyección del calor para alcanzar el pozo de captación.

Mientras que la aplicación de la Ley de Darcy podría ser suficiente para tener una primera aproximación únicamente del tiempo de llegada del frente del flujo hidráulico inyectado, la segunda opción resulta más precisa al considerar además otros factores asociados al transporte de calor y absorción del calor por la matriz del acuífero, como conductividad térmica efectiva, capacidad calorífica del agua por unidad de volumen ($S_{Vcwat}$), capacidad calorífica de la zona saturada por unidad de volumen ($S_{Vcaq}$), que generan un retardo en la llegada del calor respecto del flujo de agua.

Diversos autores calculan así el tiempo de llegada del frente térmico ($t_{the}$) en diversos supuestos:

a) Gringarten (1978); Clyde and Madabhushi (1983), en el supuesto de que el gradiente regional natural entre ambos pozos sea cero:

$$t_{\text{the}} = \pi D \frac{S_{\text{VCaq}} L^2}{3 S_{\text{VCwat}} Z Q} \tag{2}$$

siendo *D* el espesor efectivo del acuífero y *Q* el caudal bombeado.

b) Tsang *et al*. (1977); Lipmann y Tsang (1980), en el que se predice la evolución de la temperatura en el pozo de extracción ($\theta_{gout}$) para instantes *t* posteriores a la llegada del frente térmico:

$$\frac{\theta_{\text{gout}} - \theta_{\text{ginj}}}{\theta_0 - \theta_{\text{ginj}}} = 0.34 \exp\left(-0.0023 \frac{t}{t_{\text{the}}}\right) + 0.34 \exp\left(-0.109 \frac{t}{t_{\text{the}}}\right) + 1.37 \exp\left(-1.33 \frac{t}{t_{\text{the}}}\right) \tag{3}$$

siendo $\theta_{gout}$ la temperatura del agua inyectada y $\theta_0$ la temperatura ambiente del agua subterránea.

c) Clyde y Madabhushi (1983), cuando existe un gradiente hidráulico regional no existe una solución cerrada de la ecuación (2) pero en caso de que el flujo sea paralelo a la línea de unión de ambas captaciones:

$$t_{\text{the}} = \frac{S_{\text{VCaq}} \cdot L}{S_{\text{VCwat}} \cdot K \cdot i} \left[1 + \frac{4\alpha}{\sqrt{-1 - 4\alpha}} \tan^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{-1 - 4\alpha}}\right)\right] \tag{4}$$

siendo $\alpha = \dfrac{Q}{2\pi TiL}$ y *K* la conductividad hidráulica, con *i* y $\alpha$ de signo negativo.

Para poder aplicar estas técnicas analíticas se debe asumir otra serie de simplificaciones, como: existencia de un flujo homogéneo en medio poroso saturado, que cumple la Ley de Darcy; no se consideran efectos de dispersión; se alcanza un equilibrio térmico instantáneo entre el flujo subterráneo y la matriz del acuífero; no

hay pérdida de calor por conducción en la vertical hacia capas o estratos impermeables superiores o inferiores del acuífero.

Asumiendo estas premisas y suponiendo para todos los casos una configuración geométrica ideal del doblete de pozos, paralela a la dirección de flujo con pozo de inyección aguas abajo del pozo de extracción, se realiza una valoración aproximada del riesgo de afección en los propios aprovechamientos geotérmicos (ecuación 1 de Banks) y del tiempo estimado de llegada del frente térmico inyectado (ecuación 4 de Clyde-Madabhushi). Los resultados se recogen en la Tabla 7.III. Se valoran los cálculos de la ecuación (4) para supuestos de distancia mínima (*L mín.*) entre pozos de captación y vertido, pero también con máxima separación del doblete de pozos (*L máx.*) en caso de que hubiese más de un pozo de captación. Se incluye una última estimación de riesgo según la ecuación de Banks ajustando los caudales diarios a datos de explotación real (Garrido *et al*. 2012b) o, en caso de ausencia de datos, con supuestos de explotación por comparación con sistemas abiertos en funcionamiento de similares dimensiones. En estos supuestos también se aporta la distancia *L* de separación del doblete de pozos que sería aconsejable con tales caudales de extracción diaria.

Es importante asumir que existe un grado de incertidumbre en estas valoraciones, pues es posible aplicar otros valores de los parámetros hidrogeológicos pensando en un modelo de funcionamiento del acuífero en Zaragoza con ligeras variaciones sobre el normalmente aceptado hasta ahora. Además, debe tenerse en cuenta que un estudio en detalle de cada sistema geotérmico y aprovechamiento de aguas subterráneas requiere evaluar con rigor y caso por caso estos parámetros, los caudales y regímenes reales de explotación, gradientes hidráulicos locales, el número de pozos disponibles y su localización respecto a la dirección probable del flujo subterráneo. Los parámetros utilizados en estos cálculos son generalmente valores medios experimentales del acuífero aluvial del Ebro:

- $T$ = 1.950 $m^2 \cdot día^{-1}$
- $i$ = 0,007
- $K$ = 130 $m \cdot día^{-1}$

- Espesor saturado medio del acuífero $D$ = 15 m
- $S_{Vcwat}$ = 4.180 $J \cdot L^{-1} \cdot K^{-1}$
- $S_{Vcaq}$ = 2.200 $J \cdot L^{-1} \cdot K^{-1}$, valor calibrado para las terrazas aluviales del acuífero del Ebro según un modelo de transporte de calor (García-Gil *et al*., 2014)
- Distancia $L$ (m) entre los pozos de captación y los pozos de vertido
- Caudal $Q$ ($m^3 \cdot día^{-1}$) considerado como el caudal continuo de explotación, igual al caudal medio equivalente en el mes de máximo consumo. Representaría un valor máximo de caudal de explotación

Los cálculos de la Tabla 7.III son independientes del análisis cualitativo que se lleva a cabo más adelante en este capítulo y que se recoge en las fichas de aprovechamientos geotérmicos incluidas en los anexos, análisis para el que se ha tenido en cuenta la posición real de los pozos respecto a la dirección supuesta del flujo subterráneo y una estimación ponderada a partir de la temperatura de los pozos de cada aprovechamiento.

Tabla 7.III. Análisis del riesgo de autointerferencia

| | | | | | | Banks Para L mín. | | Clyde-Madabhushi (valores de L mín.) | | Banks Para L máx. | Clyde-Madabhushi (valores de L máx.) | | ESTIMACIÓN $Q_E$ | ESTIMACIÓN Banks Para L mín. | | ESTIMACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nº** | **APROVECHAMIENTO** | **Q ($m^3 \cdot día^{-1}$)** | **L mín. (m)** | **L máx. (m)** | **$R_{at}$ Riesgo de autointerferencia** | **L (m)** | **RIESGO L>L mín.** | **$t_{the}$ días** | **$t_{the}$ años** | **RIESGO L>L máx.** | **$t_{the}$ días** | **$t_{the}$ años** | **$m^3 \cdot día^{-1}$** | **L (m)** | **RIESGO L>L mín.** | **$R_{at}$ Riesgo de autointerferencia** |
| 1 | ANTIGUO EDIFICIO AZUCARERA EL RABAL | | - | - | - | - | - | | | | | | 864 | - | - | |
| 2 | ARAGONIA | 2903,04 | 37,80 | 104,00 | 1,30 | 135,4 | **AFECCIÓN** | 5,27 | 0,01 | AFECCIÓN | 92,12 | 0,25 | 2903 | 135,39 | AFECCIÓN | 1,3 |
| 3 | BIBLIOTECA DE HUMANIDADES | 343,01 | 50,68 | - | 14,78 | 16,0 | **NO** | | | | | | 28,5 | 1,33 | NO | 177,8 |
| 4 | CENTRO ARAGONÉS DEL DEPORTE | 864,00 | - | - | - | - | - | | | | | | 216 | - | - | |
| 5 | CENTRO CÍVICO DELICIAS | 1094,68 | 72,12 | 74,44 | 6,59 | 51,1 | **NO** | | | | | | 216 | 10,07 | NO | 33,4 |
| 6 | CENTRO CÍVICO SAN JOSÉ | | - | - | - | - | - | | | | | | 3,6 | - | - | |
| 7 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL ADOLFO MAESTRO | | - | - | - | - | - | | | | | | 321 | - | - | |
| 8 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL PALAFOX | 546,91 | 52,50 | 70,00 | 9,60 | 25,5 | **NO** | | | | | | 546 | 25,51 | NO | 9,6 |
| 9 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI | 2236,90 | 88,67 | 94,40 | 3,96 | 104,3 | **AFECCIÓN** | 117,15 | 0,32 | AFECCIÓN | 179,34 | 0,49 | 1200 | 55,97 | NO | 7,4 |
| 10 | CINES PALAFOX LAS SALAS | 417,31 | 8,47 | 13,50 | 2,03 | 19,5 | **AFECCIÓN** | 2,22 | 0,01 | AFECCIÓN | 8,86 | 0,02 | 417 | 19,45 | AFECCIÓN | 2,0 |
| 11 | DISMINUIDOS FÍSICOS DE ARAGÓN | 112,32 | 6,25 | - | 5,56 | 5,2 | **NO** | | | | | | 112 | 5,22 | NO | 5,6 |
| 12 | EDIFICIO ADA BYRON | 1111,10 | 38,50 | - | 3,47 | 51,8 | **AFECCIÓN** | 30,68 | 0,08 | | | | 733 | 34,19 | NO | 5,3 |
| 13 | EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS | 3002,40 | 68,70 | 118,35 | 2,29 | 140,0 | **AFECCIÓN** | 21,94 | 0,06 | AFECCIÓN | 152,27 | 0,42 | 1389 | 64,78 | NO | 4,9 |
| 14 | EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO | 2585,09 | 137,18 | 168,12 | 5,31 | 120,6 | **NO** | | | | | | 1526 | 71,17 | NO | 9,0 |
| 15 | EDIFICIO LORENZO NORMANTE - ESCUELA EMPRESARIALES | 1645,06 | 41,72 | - | 2,54 | 76,7 | **AFECCIÓN** | 16,04 | 0,04 | | | | 1042 | 48,60 | AFECCIÓN | 4,0 |
| 16 | EDIFICIO LOS ARCOS | | - | - | - | - | - | | | | | | 230 | - | - | |
| 17 | EDIFICIO MARISTAS | 1918,08 | 15,80 | 30,43 | 0,82 | 89,5 | **AFECCIÓN** | 1,26 | 0,00 | AFECCIÓN | 5,53 | 0,02 | 1391 | 64,87 | AFECCIÓN | 1,1 |
| 18 | EDIFICIO PARANINFO | 3628,80 | 78,67 | - | 2,17 | 169,2 | **AFECCIÓN** | 22,94 | 0,06 | | | | 1800 | 83,95 | AFECCIÓN | 4,4 |
| 19 | EDIFICIO PIGNATELLI | | 74,83 | 75,89 | | - | **Sin datos** | | | Sin datos | | | 1458 | 68,00 | NO | 5,1 |
| 20 | EDIFICIO ZEUS | | - | - | - | - | - | | | | | | | - | - | 0,0 |
| 21 | EL JUSTICIA | 50,11 | - | - | - | - | - | | | | | | | - | - | 0,0 |
| 22 | EL PLATA | 656,64 | 36,30 | - | 5,53 | 30,6 | **NO** | | | | | | 656 | 30,60 | NO | 5,5 |
| 23 | ESTACIÓN DELICIAS | 7197,12 | 120,80 | 248,40 | 1,68 | 335,7 | **AFECCIÓN** | 23,79 | 0,07 | AFECCIÓN | 195,59 | 0,54 | 7197 | 335,66 | AFECCIÓN | 1,7 |
| 24 | HOLMES PLACE COLISEO | 125,28 | 15,40 | - | 12,29 | 5,8 | **NO** | | | | | | 63,8 | 2,98 | NO | 24,1 |
| 25 | HOSPITAL CLÍNICO | 5231,52 | 62,94 | 157,00 | 1,20 | 244,0 | **AFECCIÓN** | 7,92 | 0,02 | AFECCIÓN | 85,68 | 0,23 | 5231 | 243,97 | AFECCIÓN | 1,2 |
| 26 | HOSPITAL PROVINCIAL | 3453,41 | 105,90 | 135,00 | 3,07 | 161,1 | **AFECCIÓN** | 60,80 | 0,17 | AFECCIÓN | 167,17 | 0,46 | 3000 | 139,92 | AFECCIÓN | 3,5 |
| 27 | HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS | 648,00 | 58,11 | 61,97 | 8,97 | 30,2 | **NO** | | | | | | 648 | 30,22 | NO | 9,0 |
| 28 | HOTEL ALFONSO I | 1522,37 | 17,70 | 20,50 | 1,16 | 71,0 | **AFECCIÓN** | 2,13 | 0,01 | AFECCIÓN | 2,99 | 0,01 | 1522 | 70,98 | AFECCIÓN | 1,2 |
| 29 | HOTEL BOSTON | 90,72 | - | - | - | - | - | | | | | | | - | - | |
| 30 | HOTEL GOYA | 144,29 | - | - | - | - | - | | | | | | | - | - | |
| 31 | HOTEL IBERUS | 4320,00 | 40,00 | 66,00 | 0,66 | 201,5 | **AFECCIÓN** | 1,73 | 0,00 | AFECCIÓN | 11,39 | 0,03 | 1375 | 64,13 | AFECCIÓN | 2,9 |
| 32 | HOTEL PALAFOX, CASINO y CINE CERVANTES | 1655,42 | 69,70 | 78,24 | 4,21 | 77,2 | **AFECCIÓN** | 130,27 | 0,36 | NO | | | 1655 | 77,19 | AFECCIÓN | 4,2 |
| 33 | IBERCAJA | 3110,40 | 60,87 | 111,48 | 1,96 | 145,1 | **AFECCIÓN** | 15,06 | 0,04 | AFECCIÓN | 98,90 | 0,27 | 2175 | 101,44 | AFECCIÓN | 2,8 |
| 34 | INSTITUTO DE I+D+i | 1937,09 | 115,00 | 123,00 | 4,42 | 90,3 | **NO** | | | | | | 1963 | 91,55 | NO | 5,9 |
| 35 | LA CASA DEL LOCO | 91,58 | - | - | - | - | - | | | | | | | - | - | |
| 36 | MERCADO CENTRAL | 406,08 | 104,21 | - | 25,66 | 18,9 | **NO** | | | | | | 406 | 18,94 | NO | 25,7 |
| 37 | MERCADO SAN VICENTE DE PAÚL | 406,08 | 43,62 | - | 10,74 | 18,9 | **NO** | | | | | | 286 | 13,34 | NO | 15,3 |
| 38 | MUSEO PABLO SERRANO | | 54,37 | 54,67 | | | **Sin datos** | | | Sin datos | | | 615 | 28,68 | NO | 8,8 |
| 39 | MÚTUA ACCIDENTES ZARAGOZA | 3300,48 | 43,02 | 57,97 | 1,30 | 153,9 | **AFECCIÓN** | 6,00 | 0,02 | AFECCIÓN | 12,19 | 0,03 | 432 | 20,15 | NO | 10,0 |
| 40 | PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE | 2764,80 | - | - | - | - | - | | | | | | 600 | - | - | |
| 41 | PUERTA CINEGIA | 4714,85 | 19,25 | 46,65 | 0,41 | 219,9 | **AFECCIÓN** | 0,70 | 0,00 | AFECCIÓN | 4,61 | 0,01 | 1512 | 70,52 | AFECCIÓN | 1,3 |
| 42 | RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN | 859,68 | 34,85 | 62,15 | 4,05 | 40,1 | **AFECCIÓN** | 51,62 | 0,14 | NO | | | 859 | 40,06 | AFECCIÓN | 4,1 |

Tabla 7.III. Análisis del riesgo de autointerferencia

| | | | | | | Banks Para L mín. | | Clyde-Madabhushi (valores de L mín.) | | Banks Para L máx. | Clyde-Madabhushi (valores de L máx.) | | ESTIMACIÓN $Q_E$ | ESTIMACIÓN Banks Para L mín. | | ESTIMACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nº** | **APROVECHAMIENTO** | **Q ($m^3 \cdot día^{-1}$)** | **L mín. (m)** | **L máx. (m)** | **$R_{at}$ Riesgo de autointerferencia** | **L (m)** | **RIESGO L>L mín.** | **$t_{the}$ días** | **$t_{the}$ años** | **RIESGO L>L máx.** | **$t_{the}$ días** | **$t_{the}$ años** | **$m^3 \cdot día^{-1}$** | **L (m)** | **RIESGO L>L mín.** | **$R_{at}$ Riesgo de autointerferencia** |
| 43 | T.V. ARAGÓN POZO-1 | 704,16 | 144,40 | 175,94 | 20,51 | 32,8 | **NO** | | | | | | 704 | 32,83 | NO | 20,5 |
| 44 | TRANSPORTES OCHOA | 1160,35 | 42,87 | - | 3,69 | 54,1 | **AFECCIÓN** | 42,27 | 0,12 | | | | 1200 | 55,97 | AFECCIÓN | 3,6 |
| 45 | UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO | 1434,24 | 32,01 | 168,97 | 2,23 | 66,9 | **AFECCIÓN** | 9,80 | 0,03 | NO | | | 1434 | 66,88 | AFECCIÓN | 2,2 |
| 46 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL | 7344,00 | 61,69 | 245,91 | 0,84 | 342,5 | **AFECCIÓN** | 5,01 | 0,01 | AFECCIÓN | 177,29 | 0,49 | 3500 | 163,24 | AFECCIÓN | 1,8 |
| 47 | ARTAL | | 15,00 | - | | | **Sin datos** | | | | | | | | | |
| 48 | PABELLÓN INICIATIVAS CIUDADANAS | 80,35 | - | - | - | - | | | | | | | | - | - | |
| 49 | PLAZA TEMÁTICA OIKOS | 1,38 | - | - | - | - | | | | | | | | - | - | |
| 50 | TEATRO FLETA | 397,44 | 30,05 | 35,87 | 7,56 | 18,5 | **NO** | | | | | | 397 | 18,54 | NO | 7,6 |
| 51 | COMPAÑÍA HIJAS DE LA CARIDAD | 13,82 | - | - | - | - | - | | | | | | | - | - | |
| 52 | CENTRO SALUD ACTUR NORTE | | 24,00 | 26,00 | | | **Sin datos** | | | Sin datos | | | 250 | 11,66 | NO | 9,6 |
| 53 | MUSEO DEL FORO ROMANO | | 13,00 | - | | | **Sin datos** | | | | | | 500 | 23,32 | AFECCIÓN | 2,6 |
| 54 | CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN DELICIAS | 6959,52 | 70,00 | 72,00 | 1,00 | 324,6 | **AFECCIÓN** | 7,06 | 0,02 | AFECCIÓN | 7,51 | 0,02 | 3500 | 163,24 | AFECCIÓN | 2,0 |
| 55 | CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN ACTUR | | | | | | **Sin datos** | | | | | | 3500 | 163,24 | AFECCIÓN | |
| 56 | CENTRO INTERPRETACIÓN Y ARTE DIGITAL | 1581,12 | 130,90 | - | 8,27 | 73,7 | **NO** | | | | | | 1581 | 73,74 | NO | 8,3 |
| 57 | CENTRO CULTURAL DE LA MUSICA | 1728,00 | 42,00 | - | 2,43 | 80,6 | **AFECCIÓN** | 14,93 | 0,04 | | | | 900 | 41,97 | NO | 4,7 |
| 58 | CAIXA FORUM | - | - | - | - | - | - | | | | | | | - | - | |
| 59 | MUSEO DEL FUEGO | | - | - | - | - | - | | | | | | | - | - | |
| 60 | CENTRO DE HISTORIAS DE ZARAGOZA | 2160,00 | 40,22 | | 1,86 | 100,7 | **AFECCIÓN** | 9,22 | 0,03 | | | | 2160 | 100,74 | AFECCIÓN | 1,9 |
| 61 | CENTRO CÍVICO RÍO EBRO. Edif. José Martí | | - | - | | - | - | | | | | | 250 | 11,66 | AFECCIÓN | |
| 62 | CENTRO DE INCUBACIÓN EMPRESARIAL | 509,76 | 52,00 | - | 10,20 | 23,8 | **NO** | | | | | | 509 | 23,74 | NO | 10,2 |
| 63 | ARTAL AUTOMOCIÓN | 1319,32 | 73,00 | - | 5,53 | 61,5 | **NO** | | | | | | 1000 | 46,64 | NO | 7,3 |
| 64 | CENTRO COMERCIAL GRANCASA | 6307,2 | 50,00 | 271,00 | 0,79 | 294,2 | **AFECCIÓN** | 3,80 | 0,01 | AFECCIÓN | 591,90 | 1,62 | 6307 | 294,15 | AFECCIÓN | 0,8 |
| 65 | PRAMES, SA | 374,97 | 38,50 | - | 10,26 | 17,5 | **NO** | | | | | | 374 | 17,44 | NO | 10,3 |

Tabla 7.III. Riesgo de afección (Banks 2008,2009); tiempo estimado de llegada del frente térmico $t_{the}$ (Clyde y Madabhushi, 1983) para separaciones mínimas y máximas de los dobletes de pozos; valor de la relación $R_{at}$ del riesgo de autointerferencia en aprovechamientos geotérmicos de Zaragoza, para caudales continuos equivalentes al de máxima explotación mensual, valores de T=1950 $m^2 \cdot día^{-1}$, K= 130 $m \cdot día^{-1}$ y gradiente hidráulico de 7 por mil. Dobletes de pozos siempre supuestamente paralelos al flujo, con pozo de inyección aguas abajo del de captación. Estimación de riesgo para caudales ajustados o supuestos a una explotación real

Con la información suministrada por la Tabla 7.III, teniendo en cuenta que en los porcentajes que se comentan más adelante no entran en consideración los pozos no evaluables, se pueden hacer las siguientes reflexiones:

- La ecuación (1) de Banks (2008, 2009) para *L* mínima permite evaluar 48 casos (sistemas que cuentan con pozos de vertido); de ellos 25 tendrían elevado riesgo de afección frente a otros 17 sistemas en los que el riesgo es inexistente o bajo. No hay datos de caudal o distancias para analizar el riesgo en otros 6 aprovechamientos. 17 sistemas no son evaluables. El siguiente cuadro resume los resultados de aplicar esta ecuación:

| RIESGO DE AFECCIÓN | Nº DE APROVECHAMIENTOS | PORCENTAJE % |
|---|---|---|
| Sin datos | **6** | **12,5** |
| AFECCIÓN | **25** | **52,1** |
| NO | **17** | **35,4** |
| No evaluables | **17** | **-** |
| **TOTAL** | **65** | **100,0** |

- Para los 48 casos evaluables, el valor promedio calculado de la distancia *L* aconsejable para Banks es de 98 m (valor de la mediana: 72 m), obteniendo que la máxima distancia *L* debería ser 342 m para *Utrillas Plaza Centro Comercial*. La distribución del número de sistemas en función de la distancia aconsejable del doblete de pozos se reparte de la siguiente manera:

    - *L* > 300 m: 3 casos: *Centro Médico y de Especialidades Delicias, Estación Delicias y Utrillas Plaza Centro Comercial*
    - 200 < *L* ≤ 300 m: 4 casos
    - 100 < *L* ≤ 200 m: 9 casos
    - 50 < *L* ≤ 100 m: 12 casos
    - *L* ≤ 50 m: 14 casos

- En los 25 casos con riesgo de afección, el tiempo calculado de respuesta del frente térmico para la separación mínima del doblete de pozos según la ecuación (4) de Clyde-Madabhushi (1983), oscila entre 1 y 130 días, con la siguiente distribución:

    - 1 < $t_{the}$ ≤ 30 días: 19 casos
    - 30 < $t_{the}$ ≤ 60 días: 3 casos

- 60 < $t_{the}$ ≤ 90 días: 1 casos
- $t_{the}$ > 90 días: 2 casos

- De los 25 casos con riesgo de afección se puede calcular el tiempo de respuesta de llegada del frente de calor para aquellos sistemas que disponen de 3 o más pozos, considerando en tal caso un doblete que permita la máxima separación entre pozo de captación y pozo de vertido. Aplicando por tanto la ecuación (4) de Clyde-Madabhushi (1983) para L máxima sólo tres sistemas mejorarían su calificación de riesgo: *Hotel Palafox, Residencia Reyes de Aragón y Utrillas Plaza-Alcampo*. Para el resto, el tiempo de respuesta se eleva a un máximo de 591 días (*Centro Comercial Grancasa*), con la siguiente distribución:

  - 1 < $t_{the}$ ≤ 30 días: 9 casos
  - 30 < $t_{the}$ ≤ 60 días: 0 casos
  - 60 < $t_{the}$ ≤ 90 días: 1 casos
  - 90 < $t_{the}$ ≤ 180 días: 6 casos
  - $t_{the}$ > 180 días: 2 casos: *Centro comercial Grancasa y Estación Delicias*.

- Se observa que el riesgo de afección es elevado en los sistemas geotérmicos de Zaragoza cuando se cumple aproximadamente la siguiente relación

$$\frac{L_{mínima}}{Q} \cdot 100 < 4 \qquad (5)$$

  ecuación definida para el presente estudio como el **Riesgo de Autointerferencia $R_{at}$**. Valores de $R_{at}$ entre 4 y 4,5 indicarían incertidumbre en la valoración del riesgo.

- La estimación de riesgo para caudales $Q_E$ ajustados o supuestos a una explotación real eleva el número de aprovechamientos sin afección al 52 % (25 casos), permaneciendo con riesgo el 48% restante (23 casos). Contabilizando el conjunto de sistemas, el valor promedio de la separación aconsejable para Banks sería de 70 m (valor de la mediana 52 m).

## 2. Otros aprovechamientos y el riesgo de impacto térmico

En las fichas de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas recogidas en los anexos se incluye el resultado de un análisis fundamentalmente cualitativo sobre el riesgo de generar un impacto térmico en los aprovechamientos para climatización. El análisis parte de tres criterios que se apoyan en la separación existente entre captaciones y pozos de devolución de diferentes aprovechamientos, el primero basado en distancias entre pozos del propio aprovechamiento y los dos restantes considerando otras captaciones del entorno. Aunque el riesgo de contaminación debe pensarse de forma inicial en términos de distancias (a menor separación aumenta el riesgo de generar un impacto en los aprovechamientos), en cada uno se hace un apunte sobre la probabilidad de que las captaciones estén sobre la misma dirección del flujo subterráneo, deducido este de un modelo matemático de flujo subterráneo (IGME, 2005; Garrido *et al*., 2006), afectando a la temperatura de la captación correspondiente, con cuatro posibles opciones a la pregunta *¿afecta la dirección del flujo subterráneo?*: si, no, probable, no se sabe. Los criterios de distancias son:

a) Distancias mínima y máxima entre cualquiera de los pozos de captación y de los pozos de vertido en el mismo aprovechamiento (conviene recordar que un aprovechamiento puede contar con varios pozos para cada fin). La separación mínima oscila entre 6 y 144 m; la máxima varía entre 13 y 271 m, con la siguiente distribución del número de aprovechamientos según distancias:

| Distancias (m) | Nº de aprovechamientos SEPARACIÓN MÍNIMA doblete de pozos | Nº de aprovechamientos SEPARACIÓN MÁXIMA doblete de pozos |
|---|---|---|
| < 10 | 2 | 0 |
| 10-20 | 6 | 8 |
| 20-50 | 16 | 13 |
| 50-100 | 16 | 13 |
| > 100 | 7 | 12 |
| Sin determinar | 18 | 29 |

b) Distancia más corta existente entre la captación y el pozo de vertido de otro aprovechamiento próximo que se localice preferentemente aguas arriba en la misma dirección del flujo subterráneo. La separación en estos casos oscila entre 70 y 1.713 m. Pozos de captación de: *El Plata, Utrillas-Plaza Centro Comercial* y *Hotel Goya* tienen, aguas arriba y a menos de 100 m, vertidos procedentes de

otros sistemas de climatización, encontrando también 20 aprovechamientos que tienen a distancias de 100-250 m pozos de vertido de otros sistemas de climatización.

c) Distancia más corta entre pozo de vertido y el pozo de captación de otro aprovechamiento próximo situado aguas abajo en la misma dirección del flujo subterráneo. Estas distancias oscilan entre 70 y 1.358 m. Los vertidos de: *Puerta Cinegia, Utrillas-Plaza Alcampo y Cines Palafox* se sitúan a menos de 100 m de otras captaciones emplazadas aguas abajo en la dirección del flujo subterráneo, encontrando que vertidos de otros 24 aprovechamientos tienen aguas abajo alguna captación de agua subterránea a distancias de 100-250 m.

El siguiente cuadro refleja el número de aprovechamientos adscritos por rangos de separación entre pozos de captación o vertido según lo referido en los apartados b y c.

| **Distancias (m)** | **Nº de aprovechamientos VERTIDO AGUAS ARRIBA de la captación** | **Nº de aprovechamientos CAPTACIONES AGUAS ABAJO del vertido** |
|---|---|---|
| < 100 | 3 | 3 |
| 100-250 | 20 | 24 |
| 250-500 | 16 | 12 |
| 500-1000 | 15 | 9 |
| > 1000 | 8 | 2 |
| Sin determinar | 3 | 15 |

Respecto a la probabilidad de que los pozos se dispongan en la dirección del flujo subterráneo (respuesta a la pregunta ¿afección del flujo?), se establece en el cuadro siguiente la distribución del número de aprovechamientos para las distintas opciones barajadas anteriormente con los criterios de distancia

| **¿Afección flujo?** | **Captación-Vertido** | **A la Captación por otro Vertido** | **Del vertido a otra Captación** |
|---|---|---|---|
| Si | 3 | 7 | 3 |
| No | 37 | 26 | 15 |
| Probable | 7 | 21 | 24 |
| No se sabe | 3 | 8 | 7 |
| Sin determinar | 15 | 3 | 16 |

De este cuadro se deduce que la dirección del flujo subterráneo afecta plenamente o con probabilidad a 10 sistemas de climatización por una incorrecta disposición del doblete de pozos, destacando: *Teatro Fleta, Hotel Palafox* y *Utrillas-Plaza Alcampo*. Existen además 28 captaciones de climatización que quedan o pueden quedar en línea de flujo con otros vertidos localizados aguas más arriba. Por último, 27 pozos de

vertido se localizan probable o muy probablemente en la misma línea de flujo en que se ubican las captaciones de otros aprovechamientos, no necesariamente de climatización. En los dos últimos casos la mayor o menor afección dependerá lógicamente de la separación que medie entre captaciones y vertidos.

### 3. Valoración de la contaminación térmica

Al objeto de realizar una valoración global del alcance de la contaminación térmica en el acuífero, se adjunta en las fichas de aprovechamientos geotérmicos con aguas subterráneas información adicional sobre aspectos relacionados con la duración de la acción presión antrópica, registros térmicos actuales y medidas de control con relevancia de cara a la gestión del agua subterránea que hayan podido adoptar los titulares de los aprovechamientos en las captaciones o en el sistema de climatización:

a) Existencia de algún tipo de control periódico sobre la temperatura del agua, tanto en pozos de captación como de vertido, que se esté realizando de forma manual por personal encargado de mantenimiento o mediante el registro automático, con sensores de temperatura dispuestos en secciones adecuadas del circuito primario de climatización. En este sentido, hasta el año 2010, únicamente 11 instalaciones visitadas mantenían algún control, pero es probable que otras instalaciones hayan ido actualizando con el tiempo algunas de estas medidas.
b) Año de comienzo de la explotación y de finalización, en su caso, para identificar la continuidad y persistencia de la presión así como para estimar el alcance de la acción contaminante, la generación de plumas o las islas de calor. Con ello se pretende valorar adecuadamente y en su conjunto el significado de la distribución actual de la temperatura del agua subterránea en la ciudad y los impactos que podrían calificarse como de origen histórico.
c) Índices de impacto. En el presente estudio se definen dos índices estandarizados es decir, que podrían aplicarse a diferentes entornos hidrogeológicos, facilitando la comparación de los impactos entre distintos aprovechamientos y en acuíferos bajo diversas condiciones climatológicas. Estos índice son:

**Magnitud de la Captación:** $Mc$ (°C) = $T_C - T_0$

donde $T_C$ es la temperatura del agua subterránea en la captación y $T_0$ es la temperatura media atmosférica del lugar.

El valor de $T_0$ en Zaragoza es de 15°C, dato que sumando 1 o 2 grados más cabría esperar que coincidiese con el de la temperatura media del agua subterránea. No obstante ya se ha comentado que los cambios en el uso del suelo, la edificación, la impermeabilización y las estructuras subterráneas pueden contribuir indirectamente al aumento de la temperatura del subsuelo y del agua subterránea, formando lo que se denomina "isla urbana de calor" (Allen y Milenic, 2002; Ferguson y Woodbury, 2004, 2007; Lee, 2006). De esta forma el valor medio de la temperatura puede experimentar un incremento de hasta 5°C, dependiendo de la dimensión de la ciudad y de la hidrodinámica del flujo subterráneo.

Dadas las características urbanas de Zaragoza (extensión media, alta densidad de urbanización e impermeabilización), del acuífero aluvial (elevada permeabilidad y transmisividad, proximidad a los cauces) y de los registros térmicos obtenidos en las campañas de campo, se determina la siguiente interpretación para valores *Mc*:

i. $Mc < 0$°C, procesos de infiltración directa, recarga o pérdida de redes de distribución que contengan aguas más frías.

ii. $0 \leq Mc < 3$°C, valores normales para las aguas subterráneas en tránsito por el acuífero urbano.

iii. $3 \leq Mc < 5$°C, valores influenciados por acciones antrópicas indeterminadas atribuibles en su conjunto a la isla urbana de calor.

iv. $Mc \geq 5$°C, valores indicativos de aguas subterráneas que comienzan a experimentar incrementos significativos de la temperatura por efecto de acciones antrópicas directas. En la mayor parte de las ocasiones serán responsables los vertidos de sistemas geotérmicos que utilizan las

aguas subterráneas, pero no se puede descartar la incidencia del almacenamiento de agua del Ebro en las riberas u otras fuentes puntuales como las fugas de las redes urbanas de saneamiento.

El siguiente cuadro refleja la distribución del índice de impacto *Mc* para los 47 aprovechamientos de Zaragoza en los que se ha obtenido información sobre la temperatura de captación (ver Tabla 4.III).

| Índice Mc | Nº Aprovechamientos |
|---|---|
| Mc < 0°C | 2 |
| 0 ≤ Mc < 3°C | 20 |
| 3 ≤ Mc < 5°C | 10 |
| Mc ≥ 5°C | 15 |

**Magnitud del Vertido** $Mv\ (°C) = T_V - (T_0 + 5°C)$

siendo $T_V$ la temperatura del agua en el vertido. Se asigna arbitrariamente 5°C como el incremento de temperatura transmitido al agua que es generado por un proceso de climatización y que es capaz de producir un impacto asumible o poco significativo para el acuífero, siendo este el incremento mayoritariamente adoptado en las normativas y códigos de buenas prácticas de los países a la vanguardia del uso de bombas de calor geotérmicas para sistemas abiertos. En el presente estudio se asume la siguiente interpretación para valores *Mv*:

i. $Mv < -5°C$, vertidos sin funcionamiento de la bomba de calor o con intercambio térmico resultado de procesos de calefacción, que inyectan agua a menor temperatura que la de captación.

ii. $-5 \leq Mv < 0$, vertidos sin funcionamiento de la bomba de calor o con intercambio térmico para refrigeración con bajo salto térmico, que no alteran las características térmicas del agua subterránea captada y no generan impactos en el acuífero.

iii. $0 \leq Mv < 5°C$, indicativo de vertidos con capacidad para generar impactos que podrían ser asumibles por el acuífero. Saltos térmicos

moderados y temperaturas de vertido moderadas. Puntualmente pueden originar afecciones moderadas de duración limitada.

iv. $5 \leq Mv < 10°C$, indicativo del funcionamiento de bombas de calor que aplican saltos térmicos altos, que generan vertidos con altas temperaturas capaces de generar impactos que podrían empezar a no ser asumibles por el acuífero.

v. $Mv \geq 10°C$ indicativo del funcionamiento de bombas de calor donde se aplican saltos térmicos muy altos y vertidos de temperatura muy elevada que son desaconsejados para la sostenibilidad del acuífero por generar contaminación térmica.

La siguiente tabla refleja la distribución del índice de impacto *Mv* para los 34 aprovechamientos de Zaragoza en los que se ha obtenido información sobre la temperatura del vertido (ver Tabla 4.III).

| Índice Mv | Nº Aprovechamientos |
|---|---|
| Mv < -5°C | 0 |
| -5 ≤ Mv < 0 | 6 |
| 0 ≤ Mv < 5°C | 8 |
| 5 ≤ Mv < 10°C | 11 |
| Mv ≥ 10°C | 9 |

Se muestra a continuación en la Tabla 7.IV la valoración de estos índices, aplicados a los datos térmicos medidos en las seis campañas de campo realizadas en los doce sistemas geotérmicos sometidos a estudio en la Red de Control Geotérmica durante los años 2011 y 2012.

Para el conjunto de los 74 controles practicados se observa que se ha llegado a verter aguas a temperaturas extremas, que bajan de 10°C, como en el *Edifico Seminario,* o superan los 36°C alcanzados en *Aragonia*, lo que de hecho supone saltos térmicos entre -7,1 y 20,3°C. Por el lado positivo merece la pena señalar que la temperatura media en las captaciones es de 18,6°C y la de vertido de 22,6°C, correspondiendo un salto térmico medio de 3,6°C. Estas temperaturas serían valoradas como propias de una captación de agua subterránea afectada por actividad antrópica genérica atribuible a la isla urbana de calor, pero con

temperatura de vertido considerada como moderada, capaz de generar impactos que podrían ser asumidos por el acuífero, aunque puntualmente podría originar impactos más severos en otras captaciones.

Para el índice *Mc* se destacan en rojo los 20 controles con valores iguales o superiores a 5, es decir aguas de captación afectadas fundamentalmente por vertidos térmicos. Destacan principalmente los aprovechamientos del *Edificio Paraninfo, Puerta Cinegia, Utrillas Plaza Centro Comercial, MAZ* y, especialmente *Edificio Agustín Betancourt*. Respecto al índice *Mv*, se ha calculado para 63 controles, obteniendo que 13 (destacados con sombreado en gris) tienen un valor entre 5 y 10, indicativo de vertidos que deberían tener un seguimiento para evitar la aparición de impactos y problemas más severos en el acuífero. Otros 9 controles (sombreados en negro) alcanzan un valor muy elevado del índice *Mc*, indicando que estos sistemas geotérmicos requieren de un seguimiento y control detallado con objeto de comprobar la persistencia temporal de una temperatura de vertido, que podría ser considerada como agresiva y desaconsejada para mantener la sostenibilidad de la explotación del acuífero. Estos últimos casos se han observado con más frecuencia e intensidad en *MAZ, Utrillas Plaza Centro Comercial, Edificio Paraninfo,* y *Aragonia*.

| RED CONTROL | APROVECHAMIENTO GEOTÉRMICO | Fecha | T Captación (°C) | T Vertido (°C) | ΔT (°C) | Mc | Mv |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GS21-GS22 | RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN | 30-mar-11 | 16,1 | | | 1,1 | |
| | | 25-nov-11 | 16,4 | 16,8 | **0,4** | 1,4 | -3,2 |
| | | 28-mar-12 | 16,4 | | | 1,4 | |
| | | 08-jul-12 | 17,1 | 22,6 | **5,5** | 2,1 | -2,6 |
| | | 23-nov-12 | 16,6 | | | 1,6 | |
| GS23-GS24 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI | 01-abr-11 | 21,6 | 19,6 | **-2,0** | 6,6 | -0,4 |
| | | 04-jul-11 | 15,4 | 32,2 | **16,8** | 0,4 | 12,2 |
| | | 14-nov-11 | 16,7 | 17,8 | **1,1** | 1,7 | -2,2 |
| | | 30-mar-12 | 16,5 | 15,8 | **-0,7** | 1,5 | -4,2 |
| | | 03-jul-12 | 16,6 | 18,8 | **2,2** | 1,6 | -1,2 |
| | | 20-nov-12 | 17,1 | 13,9 | **-3,2** | 2,1 | -6,1 |
| GS25-GS26 | EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO | 29-mar-11 | 16,8 | 14,0 | **-2,8** | 1,8 | -6,0 |
| | | 14-jul-11 | 17,2 | 22,0 | **4,8** | 2,2 | 2,0 |
| | | 21-nov-11 | 16,9 | 24,4 | **7,5** | 1,9 | 4,4 |
| | | 27-mar-12 | 16,8 | 23,7 | **6,9** | 1,8 | 3,7 |
| | | 10-jul-12 | 17,1 | 27,8 | **10,7** | 2,1 | 7,8 |
| | | 26-nov-12 | 16,9 | 9,8 | **-7,1** | 1,9 | -10,2 |
| GS27-GS28 | HOSPITAL CLÍNICO | 30-mar-11 | 16,8 | 25,6 | **8,8** | 1,8 | 5,6 |
| | | 13-jul-11 | 19,2 | 27,0 | **7,8** | 4,2 | 7,0 |
| | | 23-nov-11 | 18,6 | 24,2 | **5,6** | 3,6 | 4,2 |
| | | 19-mar-12 | 15,2 | 19,7 | **4,5** | 0,2 | -0,3 |
| | | 15-jul-12 | 20,0 | 27,3 | **7,3** | 5,0 | 7,3 |
| | | 19-nov-12 | 18,7 | 22,6 | **3,9** | 3,7 | 2,6 |
| GS29-GS30 | ARAGONIA | 23-mar-11 | 14,3 | 11,2 | **-3,1** | -0,7 | -8,8 |
| | | 13-jul-11 | 15,9 | 36,2 | **20,3** | 0,9 | 16,2 |
| | | 19-mar-12 | 14,8 | 10,5 | **-4,3** | -0,2 | -9,5 |
| | | 15-jul-12 | 18,6 | 30,7 | **12,1** | 3,6 | 10,7 |
| | | 19-nov-12 | 15,6 | 13,6 | **-2,0** | 0,6 | -6,4 |
| GS31-GS32 | EDIFICIO PARANINFO | 24-mar-11 | 19,8 | 25,0 | **5,2** | 4,8 | 5,0 |
| | | 05-jul-11 | 20,2 | 31,4 | **11,2** | 5,2 | 11,4 |
| | | 15-nov-11 | 22,0 | 31,6 | **9,6** | 7,0 | 11,6 |
| | | 22-mar-12 | 17,9 | 17,5 | **-0,4** | 2,9 | -2,5 |
| | | 12-jul-12 | 24,5 | 24,8 | **0,3** | 9,5 | 4,8 |
| | | 29-nov-12 | 19,9 | 16,4 | **-3,5** | 4,9 | -3,6 |
| GS34-GS35 | IBERCAJA | 24-mar-11 | 17,8 | 26,1 | **8,3** | 2,8 | 6,1 |
| | | 05-jul-11 | 18,0 | 28,6 | **10,6** | 3,0 | 8,6 |
| | | 15-nov-11 | 18,6 | 24,5 | **5,9** | 3,6 | 4,5 |
| | | 22-mar-12 | 17,9 | 28,9 | **11,0** | 2,9 | 8,9 |
| | | 12-jul-12 | 19,0 | 23,9 | **4,9** | 4,0 | 3,9 |
| | | 29-nov-12 | 18,7 | 17,4 | **-1,3** | 3,7 | -2,6 |
| GS36-GS37 | PUERTA CINEGIA | 28-mar-11 | 16,4 | 16,2 | **-0,2** | 1,4 | -3,8 |
| | | 11-jul-11 | 25,7 | | | 10,7 | |
| | | 25-nov-11 | 24,2 | 23,7 | **-0,5** | 9,2 | 3,7 |
| | | 27-mar-12 | 18,8 | | | 3,8 | |
| | | 09-jul-12 | 23,8 | | | 8,8 | |
| | | 27-nov-12 | 22,8 | 27,0 | **4,2** | 7,8 | 7,0 |
| GS38-GS39 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL | 29-mar-11 | 17,6 | 21,9 | **4,3** | 2,6 | 1,9 |
| | | 14-jul-11 | 18,4 | 35,4 | **17,0** | 3,4 | 15,4 |
| | | 21-nov-11 | 22,1 | 22,1 | **0,0** | 7,1 | 2,1 |
| | | 27-mar-12 | 17,9 | 20,0 | **2,1** | 2,9 | 0,0 |
| | | 10-jul-12 | 18,7 | 35,5 | **16,8** | 3,7 | 15,5 |
| | | 26-nov-12 | 17,1 | 18,1 | **1,0** | 2,1 | -1,9 |
| GS40-GS41 | MÚTUA ACCIDENTES ZARAGOZA | 31-mar-11 | 20,1 | | | 5,1 | |
| | | 06-jul-11 | 20,6 | 30,1 | **9,5** | 5,6 | 10,1 |
| | | 16-nov-11 | 15,9 | 23,5 | **7,6** | 0,9 | 3,5 |
| | | 29-mar-12 | 18,3 | 25,2 | **6,9** | 3,3 | 5,2 |
| | | 11-jul-12 | 20,6 | 26,8 | **6,2** | 5,6 | 6,8 |
| | | 28-nov-12 | 17,4 | 30,3 | **12,9** | 2,4 | 10,3 |
| GS42-GS43 | EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT ESCUELA INGENIEROS | 31-mar-11 | 21,5 | 21,5 | **0,0** | 6,5 | 1,5 |
| | | 06-jul-11 | 21,6 | 27,4 | **5,8** | 6,6 | 7,4 |
| | | 16-nov-11 | 22,6 | 22,5 | **-0,1** | 7,6 | 2,5 |
| | | 28-mar-12 | 22,5 | 22,5 | **0,0** | 7,5 | 2,5 |
| | | 11-jul-12 | 22,3 | 25,5 | **3,2** | 7,3 | 5,5 |
| | | 28-nov-12 | 20,0 | 14,3 | **-5,7** | 5,0 | -5,7 |
| GS44-GS45 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE | 01-abr-11 | 16,8 | 17,1 | **0,3** | 1,8 | -2,9 |
| | | 04-jul-11 | 19,2 | 19,9 | **0,7** | 4,2 | -0,1 |
| | | 14-nov-11 | 17,4 | 18,2 | **0,8** | 2,4 | -1,8 |
| | | 30-mar-12 | 16,4 | 17,4 | **1,0** | 1,4 | -2,6 |
| | | 03-jul-12 | 20,0 | 19,2 | **-0,8** | 5,0 | -0,8 |
| | | 20-nov-12 | 16,8 | 18,1 | **1,3** | 1,8 | -1,9 |
| **Promedio** | | | **18,6** | **22,6** | **4,1** | **3,6** | **2,6** |
| **Mediana** | | | **18,0** | **22,6** | **3,9** | **3,0** | **2,6** |

Tabla 7.IV. Relación de temperaturas (T) de Captación, Vertido, Salto térmico (ΔT), Magnitud de la captación (Mc) y Magnitud del vertido (Mv) en los aprovechamientos geotérmicos de la Red de Control Geotérmica. Periodo marzo 2011-noviembre 2012

d) Valoración cualitativa y global sobre la existencia de procesos de contaminación de procedencia externa al sistema geotérmico tratado o de contaminación por autointerferencia. Esta valoración se basa en: apreciaciones expresadas por los responsables de mantenimiento de las instalaciones de climatización, por apreciaciones directas, distancias entre captaciones, posición respecto del flujo subterráneo supuesto, régimen de explotación, medidas de conductividad eléctrica y de temperatura del agua subterránea registradas durante la campaña de campo en 120 puntos repartidos por la ciudad. Con estos registros se ha elaborado el Mapa de la temperatura del agua subterránea a nivel de la superficie freática (Figura 7.1) y el Mapa de focos potenciales de contaminación térmica (Figura 7.9). En este último se sitúan los pozos de inyección o vertido de los sistemas de climatización en el contexto de temperaturas del agua subterránea, como ayuda para la interpretación de la relación causa-efecto y visualización del alcance del impacto térmico en el acuífero urbano.

Tratada toda la información de este apartado en su conjunto, se aprecia la distribución de aprovechamientos geotérmicos del siguiente cuadro, expresada en función de la presunción de que exista contaminación en los sistemas de climatización, tanto de procedencia externa como por procesos de autointerferencia:

| Contaminación | Nº Aprovechamientos Origen externo | Nº Aprovechamientos Autointerferencia |
|---|---|---|
| Si | 2 | 9 |
| No | 33 | 14 |
| Probable | 17 | 6 |
| No se sabe | 4 | 17 |
| Sin determinar | 9 | 19 |

Hay 19 aprovechamientos que muy posiblemente tengan las aguas de captación afectada por contaminación térmica externa, de ellos *Utrillas-Plaza (Centro Comercial y Alcampo)* son dos sistemas que soportan mutua afección (uno del otro), a la vez que pueden tener problemas añadidos por autointerferencia. El resto de aprovechamientos a los que se atribuye también problemas por autointerferencia son: *Hotel Palafox, Cines Palafox, Edificio Maristas, Hospital Clínico, Mutua de Accidentes de Zaragoza, Puerta Cinegia, T.V. Aragón, Centro de Salud Actur Norte, Centro de Historias*

*de Zaragoza, Transportes Ochoa* y *Edificio Zeus* (estos dos últimos no operativos en la actualidad).

Por último hay que destacar que, este análisis no presupone que los sistemas inventariados en este estudio conserven indefinidamente el nivel de contaminación asignado en este último cuadro, en los recogidos a lo largo de este capítulo o en las fichas de los anexos. Factores tan importantes como: la propia dinámica del flujo del agua subterránea y del transporte del calor en el acuífero, la relación con las aguas superficiales, un mejor conocimiento de los parámetros que rigen el comportamiento hidrodinámico y térmico, la toma y control de parámetros con frecuencia suficiente en cada uno de los aprovechamientos existentes en la ciudad, así como la continuada observación y seguimiento de la explotación por los correspondientes responsables de las instalaciones contribuirán con toda seguridad a mejorar el conocimiento actual de cada emplazamiento y su problemática particular, facilitando la actualización permanente de esta investigación.

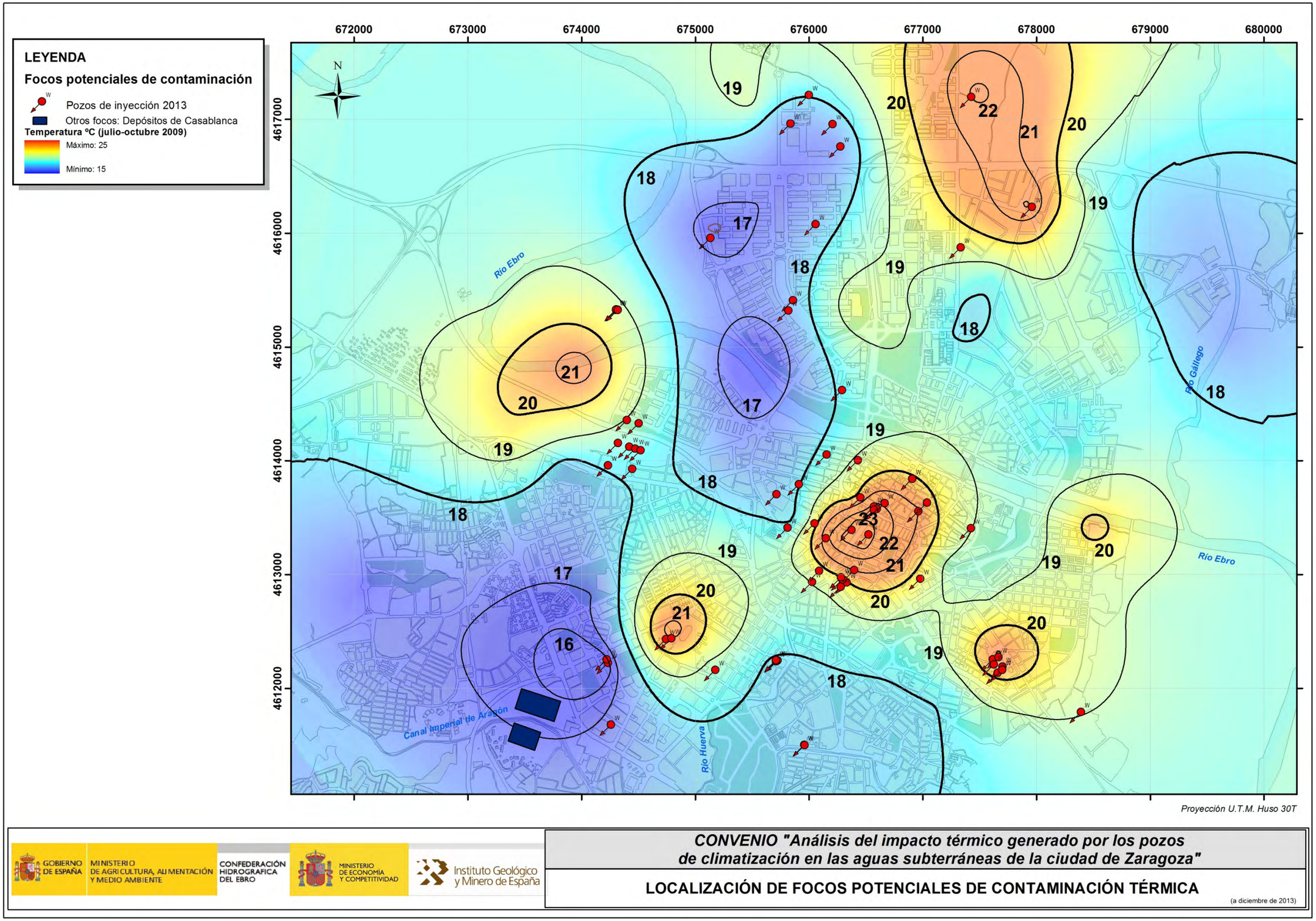



Figura 7.9. Localización de pozos de devolución de sistemas geotérmicos inventariados a diciembre de 2013 en el contexto de distribución de temperaturas del acuífero urbano (año 2009)

## Otros impactos generados por los pozos de climatización

Los pozos destinados a procesos de climatización no son ajenos a las complicaciones que comúnmente surgen en todos los pozos de captación durante la explotación de las aguas subterráneas, ni a los problemas derivados de la práctica de inyectar agua en los acuíferos a través de sondeos construidos a tal efecto, problemas que son similares a los ya conocidos en procesos de recarga artificial de acuíferos. El mayor número de problemas surge como consecuencia de un deficiente diseño constructivo de los sondeos, que instalan rejillas, filtros de arena y empaques de gravas de dimensiones inadecuadas, pero también por habilitar prácticas incompletas o insuficientes para el desarrollo de los niveles productivos y del pozo en general. Ambos ejemplos pueden inducir un régimen turbulento en el entorno de la captación, que debe ser evitado en medios detríticos poco consolidados como el del aluvial del Ebro.

Otros impactos, que pueden ser incluso importantes en determinadas circunstancias y con resultados externas bien visibles, tienen su origen en la alteración de las características fisicoquímicas del agua subterránea (Abesser, 2010; EPA, 1997) y en cambios del contenido microbiológico (Garnier, 2012), con consecuencias de cierta importancia para determinados usos del agua.

El principal efecto detectado en las captaciones de Zaragoza, y no solo en las destinadas a sistemas de climatización, consiste en el arrastre y extracción de partículas finas y arenas durante los bombeos. Estas partículas suelen originar un serio problema de abrasión general en paredes de tuberías, codos, dispositivos de medida y control, pero el problema principal es la oclusión de los pequeños conductos de los intercambiadores térmicos. Para evitar estos inconvenientes es frecuente que los sistemas de explotación dispongan de medidas preventivas, diferentes dispositivos para la eliminación de partículas, como filtros, ciclones desarenadores, separadores de lodos, etc. (Figura 7.10). Se llega a detraer por este procedimiento un significativo volumen de material detrítico del acuífero, que en determinados casos, tal y como sucede en la *Estación Delicias* (Figura 7.11), logra acumular un importante volumen, necesitando su almacenamiento en silos y evacuación periódica del emplazamiento.

Figura 7.10. Diferentes dispositivos de control y prevención. Izquierda abajo: manómetros y termómetros instalados en Mutua de Accidentes de Zaragoza; izquierda arriba y derecha: caudalímetro, separador de lodos y turbidímetro en Residencia Reyes de Aragón

Figura 7.11. Pozo de bombeo de la Estación Delicias. Al fondo se observa el depósito para acumulación del material detrítico arrastrado durante los bombeos

Figura 7.12. Pozo de inyección en Centro Comercial Utrillas-Plaza afectado por colapso y hundimiento del terreno

Figura 7.13. Pozo de inyección en el Edificio Paraninfo afectado por colapso y hundimiento del terreno

Cuando el bombeo consigue movilizar importantes volúmenes de arenas del entorno de la captación, el suelo pierde cohesión y capacidad de sustentación pudiendo ser inestable. Alcanzado este estado comienza la aparición de problemas estructurales, asentamientos de terreno, colapsos y hundimientos en su entorno. Pese a que esta potencial afección no ha sido detectada en pozos de captación sí se ha observado sin embargo en algunos pozos de inyección, como los de *Centro Comercial Utrillas-Plaza* (Figura 7.12), en el *Edificio Paraninfo* (Figura 7.13), *Edificio Agustín de Betancourt-Escuela de Ingenieros* (Figura 7.14), habiendo aparecido también recientemente indicios en el *Centro Deportivo Municipal Siglo XXI*. Generalmente, el hecho de que muchos pozos se emplazan en sótanos o sobre soleras armadas impide comprobar el inicio y desarrollo de estos posibles colapsos, lo que no es obstáculo para que efectivamente existan bajo este suelo constituyendo un elemento de riesgo estructural de las edificaciones.

El origen de estos hundimientos sugiere procesos similares a los ya mencionados, suponiendo que en estos casos influye un lavado y arrastre de materiales finos del

entorno de la captación por efecto del flujo forzado y de la inyección continua de caudales, pero no se debe descartar que en estas pozos también se puede activar otros proceso de disolución de la matriz sólida del terreno o del sustrato salino. Precisamente los ejemplos de hundimientos señalados anteriormente se están produciendo en sectores del aluvial urbano donde el sustrato terciario parece situarse a menor profundidad que en otras localizaciones y, tal y como se comentará en el capítulo 10, no se descarta que los procesos de disolución de yesos se intensifiquen en estos pozos de inyección como consecuencia del aumento de temperatura del agua.

Figura 7.14. Secuencia de imágenes del pozo de inyección del Edificio Betancourt-Escuela de Ingenieros, desde un estado inicial donde no es percibida ninguna anomalía, pasando a un episodio de colapso que obligó a su reparación y restitución al estado actual

Se han observado también episodios de desbordamiento en pozos de vertido, fundamentalmente cuando la profundidad del nivel piezométrico no es muy elevada, 2 2 a 5 m en los pozos de *Utrillas-Plaza Alcampo* o del *Hotel Palafox* (Figuras 7.15 y 7.16), pero también cuando el nivel sobrepasa los 25 m de profundidad, como en el pozo de devolución de *MAZ* (Figura 7.17) y en la *Biblioteca de Humanidades*. Estos ejemplos son indicativos de la aparición de dos problemas que son comunes en este tipo de pozos: la pérdida de permeabilidad en el entorno del pozo, por la precipitación mineral y por arrastre de partículas en suspensión en el agua que provocan la oclusión de rejillas y poros, pero también por un deficiente cálculo inicial de la capacidad de admisión del pozo, por no haber realizado adecuadamente los ensayos de bombeo que estimen la productividad del pozo. Resulta evidente entonces que es necesario actuar en estas situaciones, llevar a cabo un mantenimiento periódico de los pozos, el caudal de inyección debe ajustarse a la capacidad de admisión del pozo de vertido; también perforar nuevos pozos de inyección que asuman la demanda total de agua, si existen varias captaciones operativas simultáneamente o si se detecta que la permeabilidad del entorno es pequeña (en el *Edificio Paraninfo* fue necesario perforar un nuevo pozo de vertido ante la escasa capacidad de admisión del inicialmente previsto).

Figura 7.15. Desbordamiento de agua en cabeza del pozo de inyección de Utrillas-Plaza Alcampo

Figura 7.16. Desbordamiento de agua en cabeza del pozo de inyección del Hotel Palafox

Figura 7.17. Desbordamiento en el pozo de devolución de la Mutua de Accidentes de Zaragoza

Figura 7.18. Corrosión en equipo de bombeo (Biblioteca de Humanidades)

Figura 7.19. Corrosión electrolítica en intercambiadores del sistema de climatización del Edificio Ibercaja

En cuanto a afecciones relacionadas con la calidad química del agua es habitual que las instalaciones resulten dañadas a lo largo del tiempo bien por corrosión de materiales férricos (Figura 7.18) bien por precipitación de carbonatos en conducciones. Se puede citar no obstante un caso singular de corrosión electrolítica de rápida evolución, que afecta a los pozos de captación del *Edificio Ibercaja* y a las conducciones de acero inoxidable del circuito primario de climatización (Figura 7.19). Pueden ser varios los motivos de esta elevada agresividad del agua, resultando difícil determinar con

precisión la causa, entre las que no se descarta las relacionadas con la actividad microbiana. Concretamente de bacterias como las responsables de muchos de los procesos de corrosión frecuentes en los circuitos de cambio de calor que emplean el agua como fluido, cuya actividad se describe en el capítulo de 10.

# 8. RELACIONES RÍO-ACUÍFERO

## Introducción

El régimen de flujo de las aguas subterráneas en el acuífero aluvial del Ebro se caracteriza por la propia dinámica fluvial del río Ebro. El río Ebro, con un trazado meandriforme, presenta secciones con diferentes relaciones río-acuífero a lo largo del cauce que resultan afectadas durante los episodios de crecida. La subida del nivel del agua del río genera en el acuífero un gradiente hidráulico que induce una recarga estacional responsable del almacenamiento en riveras. Puesto que la elevación de la lámina de agua modifica o invierte el régimen del flujo subterráneo en la zona de descarga (riveras y lecho del propio cauce), parece evidente la importancia de conocer cómo se produce esa relación al objeto de valorar su importancia, la contribución en la modificación del régimen térmico en el entorno de las riveras y en la zona de influencia de las avenidas.

Dichas crecidas se producen principalmente en invierno y primavera, generando en el entorno de la ciudad y de manera aproximada, subidas del nivel en el río de hasta 2 m en crecidas ordinarias y hasta 4 m en extraordinarias. Se ha elegido como "crecida tipo" una crecida ordinaria (2.09 m) que tuvo lugar entre los meses de febrero y marzo del año 2011.

En este apartado se describen los resultados de las investigaciones realizadas en relación a la evolución de las relaciones río-acuífero mediante el estudio de la propagación de las crecidas entre los años 2004 y 2013. Todos los datos piezométricos obtenidos de la red de control diseñada en el marco del presente proyecto, junto con otros datos recopilados del inventario de puntos de agua subterránea (IPA) de la

Confederación Hidrográfica del Ebro dentro de un dominio de trabajo que se extiende más allá del casco urbano de la ciudad, ha hecho posible generar un registro continuo, tanto del nivel del río como del nivel freático, en varios piezómetros estratégicamente distribuidos en el casco urbano de Zaragoza.

## Metodología

### 1. Monitorización

Dentro del área considerada para la construcción del modelo (Figura 8.1), las bases de datos del IGME y el Inventario de Puntos Acuíferos (IPA) de la CHE incluyen cerca de 240 puntos con observaciones de nivel piezométrico (Figura 8.3). Entre estos puntos se cuenta con la información proporcionada por 7 piezómetros IGME de la red de control del presente proyecto, que tienen una frecuencia de medición mensual o superior y han servido para establecer el modelo general de flujo del agua subterránea en el acuífero aluvial del Ebro. Los piezómetros se encuentran equipados con sensores de presión (BARO-DIVER Schlumberger datalogger), con registro en continuo de alta resolución (cada 10 o 20 minutos) y precisión de 0,5 $cmH_2O$. En la Figura 8.5 se muestra la posición de 5 piezómetros utilizados para el estudio de las relaciones río-acuífero y su denominación específica dentro de este capítulo.

En la Figura 8.2 se muestra la evolución de los niveles de agua del río y los de los piezómetros considerados. En ella se observa que el nivel del río supera ampliamente los niveles de los piezómetros estudiados y como la crecida del río se traduce en un ascenso de los niveles piezométricos del acuífero, que resulta menor conforme aumenta la distancia del punto de observación al río.

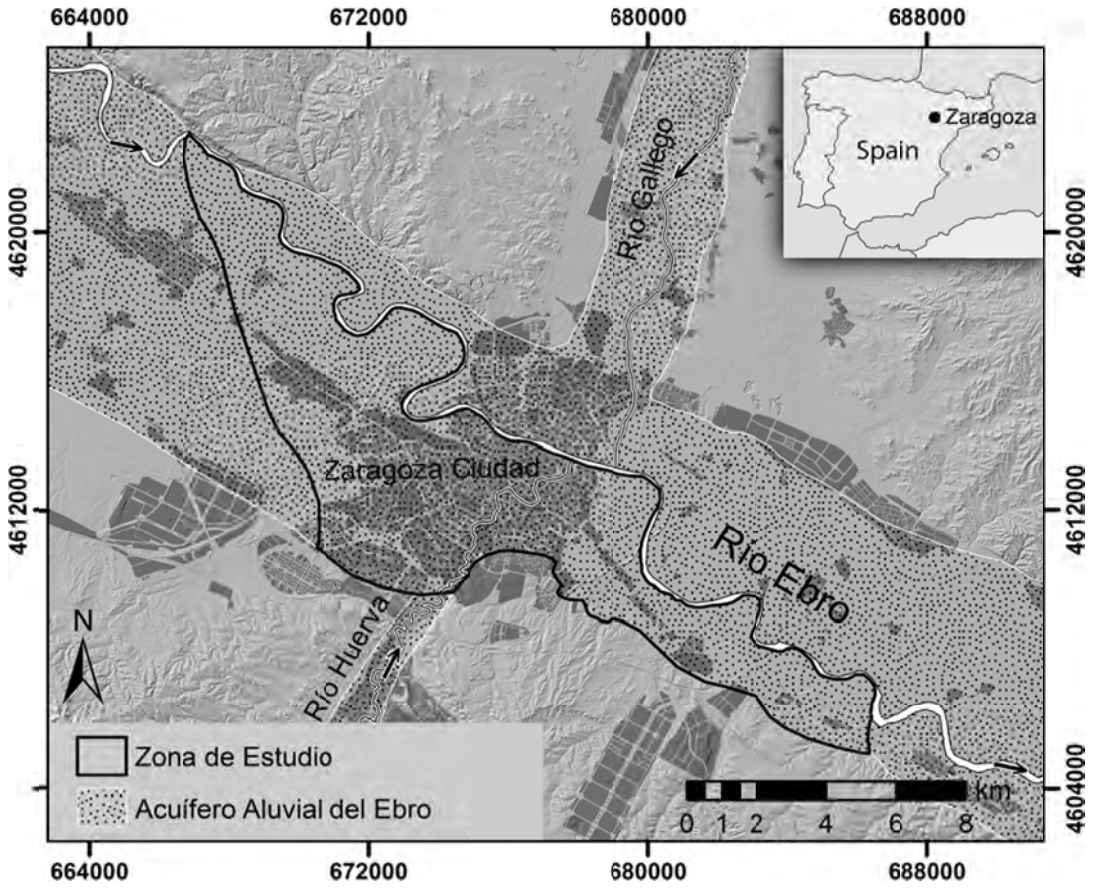



Figura 8.1. Localización y superficie considerada en el dominio del modelo. Proyección: WGS 1984 Complex UTM Zone 30N, Datum DWGS1984

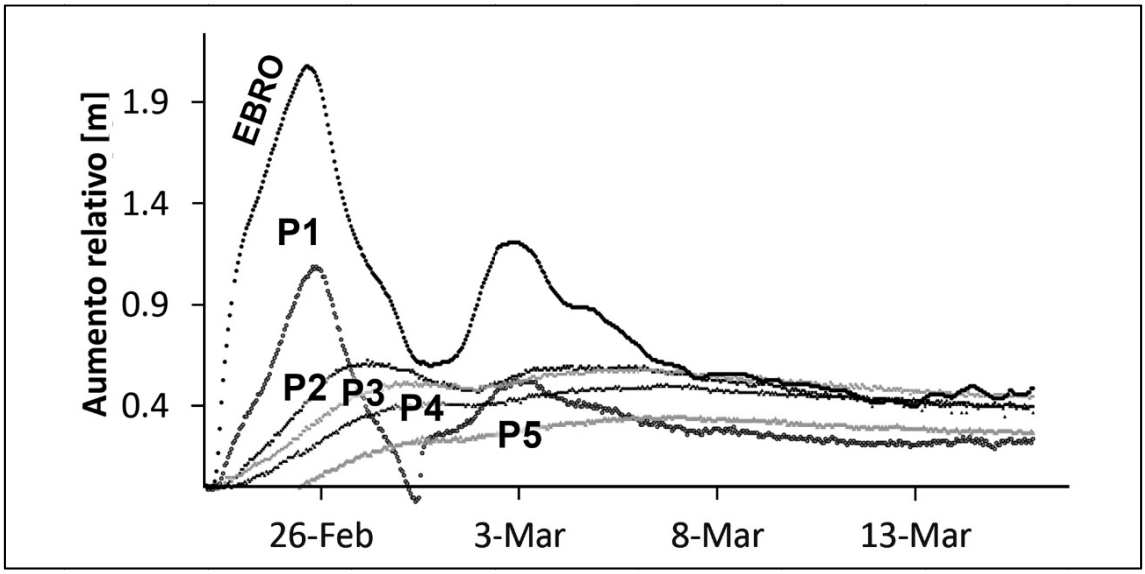



Figura 8.2. Hidrogramas del río Ebro y piezómetros con medidas de alta resolución (localización en Figura 8.5)

Los valores de ascenso máximos para los piezómetros son los siguientes:

- P1: 107 cm a 50 m de distancia del río Ebro
- P2: 98 cm a 526 m del rio
- P3: 60 cm a 758 m
- P4: 51 cm a 819 m
- P5: 33 cm a 853 m

En la misma gráfica puede observarse como la evolución del nivel en el piezómetro P1 es totalmente solidaria con el nivel del río, de manera que puede ser representativo de cómo se produce la conexión hidráulica con el acuífero a una distancia de 50 metros. Es interesante observar también como las dos ondas de crecida del río se atenúan hasta desaparecer conforme la distancia al cauce y sólo llegan a manifestarse en los piezómetros P2 y P3.

## 2. Modelo conceptual y calibración

Para entender la recarga inducida por las crecidas se ha simulado la crecida tipo seleccionada mediante un modelo matemático de flujo de agua subterránea utilizando el código TRANSIN-IV (Medina y Carrera, 1996) y su interfaz gráfica VisualTRANSIN (GHS, 2003). Se trata de un código basado en la resolución de la ecuación general de flujo utilizando elementos finitos. Dicho modelo permite elaborar una malla no estructurada flexible capaz de cubrir un dominio extenso con gran detalle en las zonas importantes.

En este caso, para reproducir el flujo del agua subterránea en el casco urbano se ha decidido extender el dominio del modelo de 6 a más de 8 km del casco urbano para evitar la constricción del modelo por las condiciones de contorno, cubriendo así la totalidad del margen derecho del Ebro (Figura 8.1). El dominio del modelo cubre 36,6 km de ribera del río Ebro, además del área comprendida entre el río y los afloramientos miocenos. Dado que únicamente existe un acuífero de una capa se ha optado por la utilización de una malla bidimensional con un total de 21.902 elementos triangulares y 11.244 nodos. La malla presenta un refinado desde zonas marginales,

con elementos triangulares de 200 m de lado, a zonas en contacto con el cauce del río, con elementos de 3 metros de lado (Figura 8.5).

El modelo realizado simula la crecida del río Ebro del 23 de febrero de 2011 hasta pasados 20 días. El incremento de tiempo utilizado para el cálculo es de 1 hora, discretización que parece adecuada para reproducir los hidrogramas, tanto del río como los observados en los piezómetros de observación durante la crecida.

En la Figura 8.3 se muestran las condiciones de contorno del modelo. En el límite Norte (RH), que representa el río Ebro, se ha impuesto una condición mixta o Cauchy transitoria con un factor de goteo constante que representa la conexión hidráulica del río y el acuífero. Dicha condición calcula el caudal de entrada-salida en el contorno en función de la conductancia del río y del gradiente hidráulico entre el nivel del agua subterránea y el nivel de referencia externo. El nivel externo de referencia corresponde con la cota del río, la cual se ha implementado en el modelo en cada nodo a lo largo del río, desde 210 m al oeste a 175 m al este.

Para simular la crecida se ha multiplicado en cada nodo la cota de referencia por un factor que varía en el tiempo según el estado de la crecida. El resultado final es la variación del nivel fijo (externo de referencia) del río según los cambios de nivel observados en la estación de aforo del río Ebro en el núcleo urbano de Zaragoza (estación n° 9011 de la CHE).

El río Huerva y el canal Imperial de Aragón han sido también modelados mediante una condición de contorno mixta tipo Cauchy estacionaria.

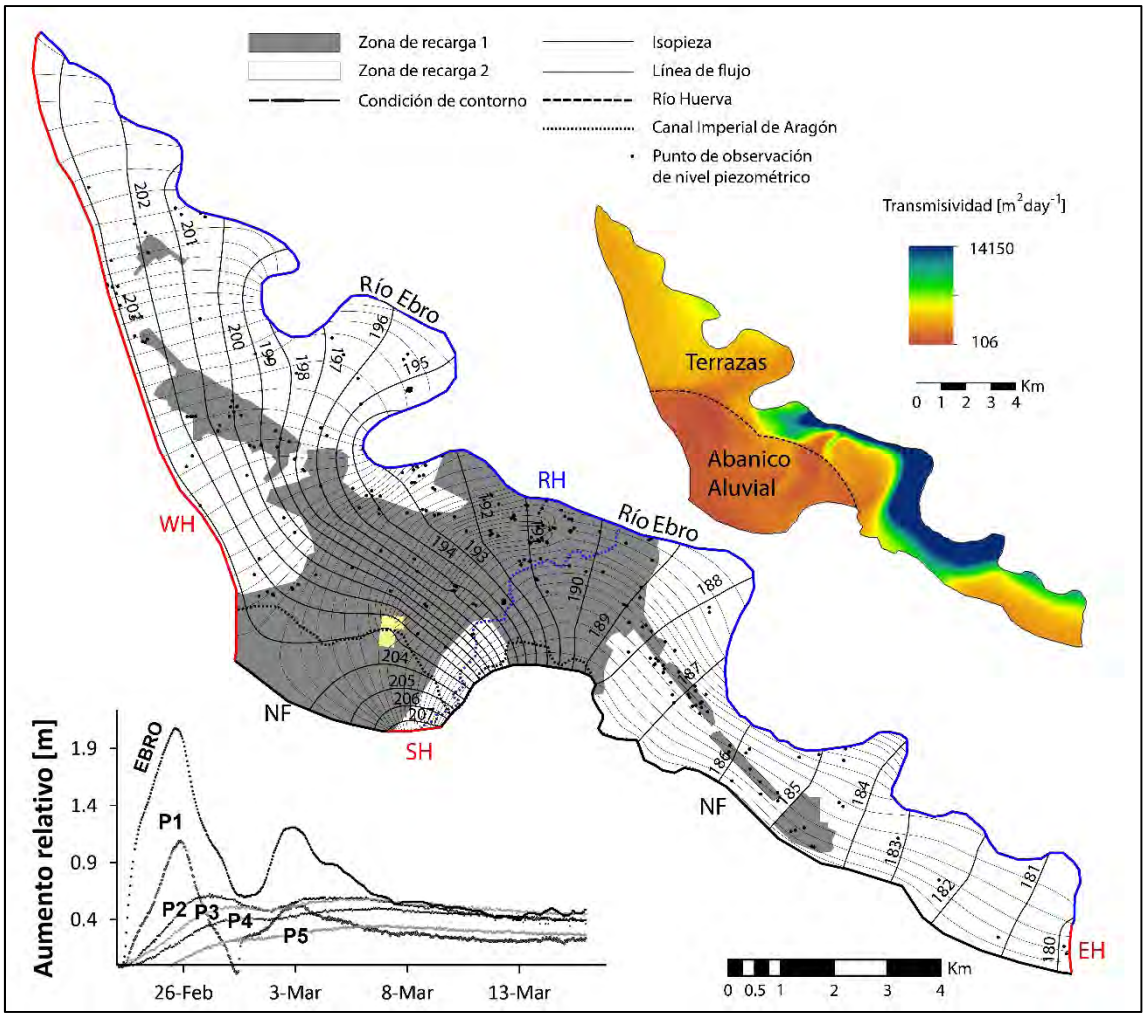



Figura 8.3. Condiciones de contorno del modelo (ver descripción en texto), campo de transmisividades y puntos de observación de nivel piezométrico utilizados en la calibración del modelo. También se presentan los hidrogramas del río Ebro y la localización de puntos de observación del nivel piezométrico

Las condiciones de contorno consideradas en los límites oeste (WH) y este (EH) del dominio modelado son de nivel fijo o Dirichlet en régimen estacionario, según un modelo previo (Garrido *et al*., 2006). Los límites laterales del acuífero con el terciario se han considerado impermeables (NF). La recarga superficial (condición Neumann) se ha considerado estacionaria considerando 2 zonas principales: una de 70 mm en zona urbana (zona de recarga 1) y otra de 76 mm en el resto del dominio (zona de recarga 2), similares a las establecidas en un modelo regional previo (Garrido *et al*., 2006).

Partiendo de una simulación en estado estacionario en enero de 2011 se han simulado los cambios de nivel del río Ebro hasta obtener las condiciones iniciales para el 23 de febrero de 2011.

Para la parametrización del modelo se han discretizado dos zonas tal y como se observa en la Figura 8.3; una para las terrazas del Ebro y otra para los abanicos aluviales. Los parámetros previos utilizados se resumen en la siguiente tabla.

| | Estimaciones previas | Parámetros calibrados | |
|---|---|---|---|
| **Parámetro** | | **Terrazas** | **Abanicos aluviales** |
| **Conductividad hidráulica [m· día $^{-1}$]** | 20-270 * | 245 | 80 |
| **Coeficiente de almacenamiento específico [m$^{-1}$]** | 5E-03-3E-02 * | 0,019 | 0,018 |
| **Factor de goteo Ebro [m$^2$· día $^{-1}$]** | - | - | 9200 |
| **Factor de goteo Huerva [m$^2$· día $^{-1}$]** | - | 0,1 | 0,1 |
| **Factor de goteo Canal Imperial de A. [m$^2$·día$^{-1}$]** | 0,001* | - | 0,0012 |

Tabla 8.I. Parámetros previos y calibrados del modelo de flujo (* Garrido *et al*., 2006)

## Propagación de la recarga a través del acuífero

En el modelo de flujo construido se han calibrado los diferentes parámetros hidráulicos de la Tabla 8.1 con 240 datos de nivel extraídos del IPA de la CHE junto con los datos obtenidos de la red de control del presente proyecto. Los resultados de la calibración, tal y como pueden observarse en la Figura 8.4, resultan satisfactorios corroborando así la utilidad del modelo elaborado.

Las mayores desviaciones se producen en el punto P1 donde el pico de la crecida observado es sobrestimado por el modelo. Esto se debe probablemente a la existencia del Azud construido sobre el río Ebro, aguas abajo del punto P1, que no se ha incluido en el modelo; por ello, el pico simulado de la crecida tendrá un valor superior al real dado que el azud tiende a laminar la avenida.

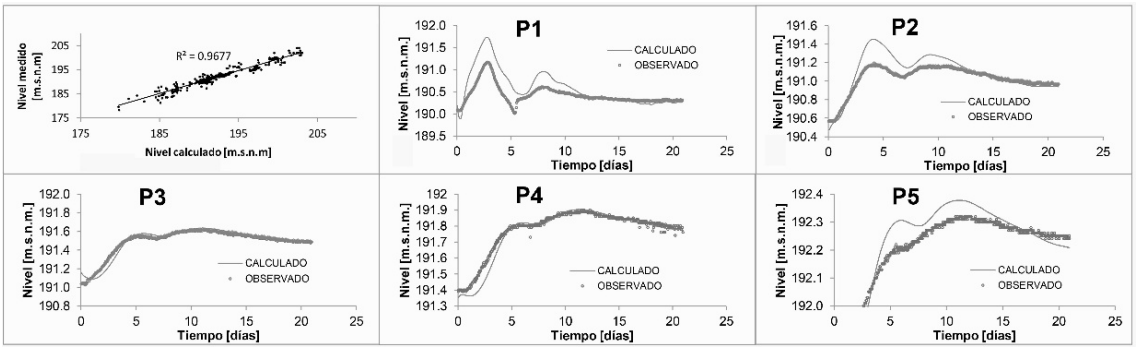



Figura 8.4. Resultados de la calibración del modelo de flujo de agua subterránea. La localización de los puntos de observación se muestra en la Figura 8.5

A partir de los resultados obtenidos por el modelo se han restado las condiciones iniciales para reproducir los incrementos relativos de nivel producidos por la crecida. Se ha estudiado la evolución de un incremento de 10 cm del nivel en el tiempo para conocer la propagación del frente de onda de nivel durante la crecida (recarga) a través del acuífero aluvial.

En la Figura 8.5 se indican las isócronas del frente de propagación para intervalos de 5 horas. En el primer intervalo el frente es razonablemente paralelo al río. En tiempos posteriores, se observa una deformación del frente que se adapta al campo de transmisividades del acuífero. Se ha estudiado también la velocidad de propagación de la recarga (suponiendo un incremento de 0,1 m en el nivel del agua) a lo largo de tres trayectorias representativas del dominio: A, B y C.

En la trayectoria "A" se observa que el frente de onda se desplaza a 45 $m \cdot h^{-1}$ en las primeras 5 horas, decelera a 25 $m \cdot h^{-1}$ a las 35 horas, y posteriormente sufre una aceleración muy importante pudiendo llegar a 49 $m \cdot h^{-1}$. Esta última aceleración podría relacionarse con una interacción del frente de onda de nivel con el almacenamiento de riveras. Observando la evolución de los niveles previos a la crecida estudiada se puede identificar que otra crecida precedente a la estudiada deja un alto relativo (almacenamiento en riveras) que presenta cierta inercia a descargase de nuevo al río. De tal forma que, cuando se produce la crecida estudiada, el frente de onda de recarga (o nivel) interacciona con la onda de descarga de la crecida anterior y se produce un ascenso de niveles añadido a los anteriores, lo que se traduce en una aceleración "virtual" del frente de onda estudiado. Además de lo expuesto hay que añadir que las zonas adyacentes a la trayectoria "A" son notablemente menos transmisivas y dificultan el flujo de agua subterránea, modificando el flujo a favor de dicha trayectoria. El frente de recarga se detiene en torno a las 60 y 65 horas del inicio de la crecida, coincidiendo con la curva de decrecida en el río. A partir de este momento el avance espacial de la recarga es prácticamente nulo habiendo alcanzado la máxima distancia del río, unos 2.500 metros.

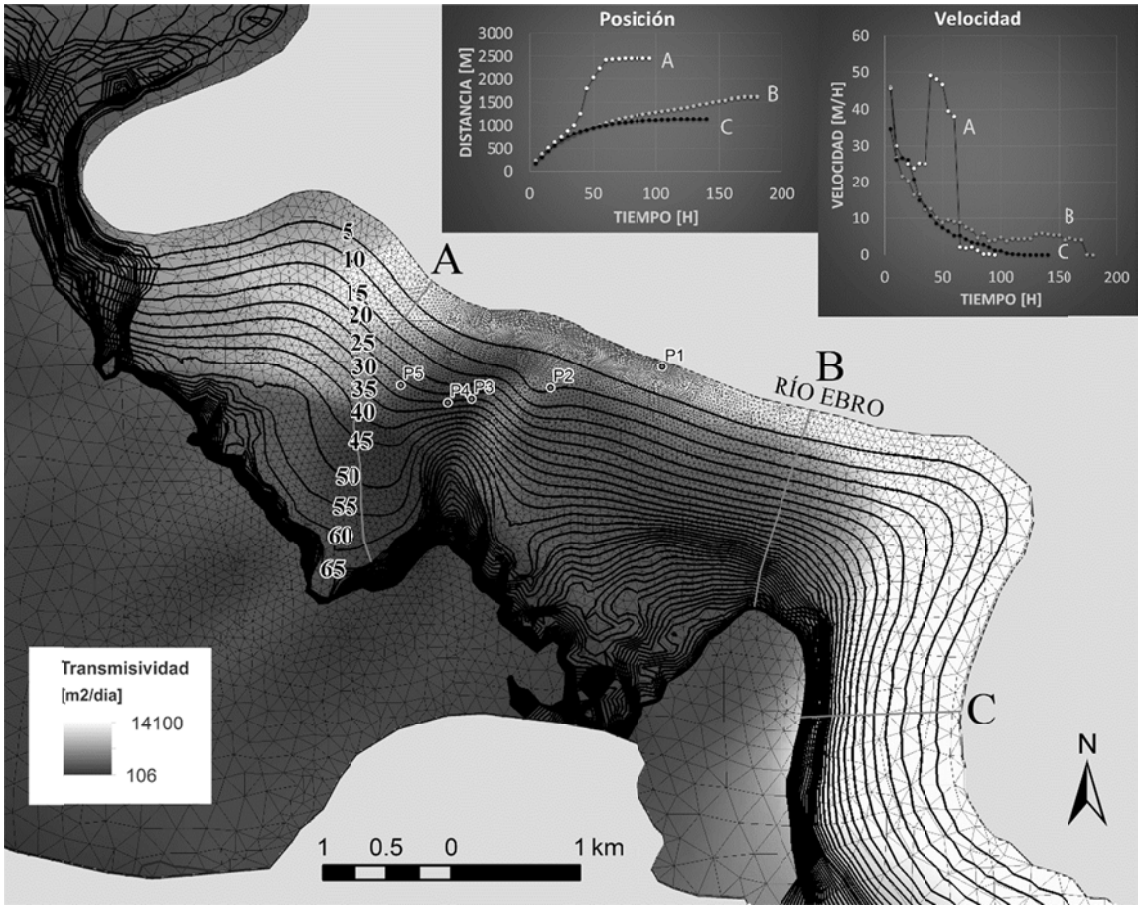



Figura 8.5. Detalle del mapa de isócronas del frente de propagación de la crecida en la zona urbana el acuífero aluvial y evolución de la velocidad de la crecida. Las líneas A, B y C indican la localización de tres trayectorias estudiadas del frente de propagación

En las trayectorias "B" y "C" el frente de recarga varía de una velocidad inicial de avance muy rápida (46 y 34 $m \cdot h^{-1}$ en "B" y "C" respectivamente) a una intensa deceleración; el avance de la recarga es prácticamente nulo a 1.000-1.500 m de distancia del río.

Hay que señalar que el diferente comportamiento de la trayectoria "B" respecto de la "A" y de la "C" se debe a la relación río-acuífero previa a la crecida: "A" y "C" corresponden a tramos que eran efluentes y "B" corresponde a un tramo que era ligeramente influente. Esto explicaría que aun cuando la transmisividad en "B" es menor, el hecho de que corresponda a un tramo previamente influente hace que la crecida avance mucho más rápido y tarde más en decelerarse. Esto resalta la

importancia de la relación río acuífero que existe en un estado previo a la crecida que se estudie en cada momento.

## Conclusiones

La disponibilidad de datos piezométricos con cadencia horaria ha permitido estudiar la respuesta del acuífero aluvial urbano de Zaragoza a una crecida del río Ebro. A partir de la evolución de niveles observados se ha verificado un modelo numérico que ha permitido la simulación de la recarga inducida por la crecida estudiada.

Se ha elaborado un mapa de isócronas del frente de avance de la recarga en el acuífero, observándose una dinámica de la crecida estrechamente ligada a la heterogeneidad de la transmisividad y las relaciones río-acuífero previas a la crecida. En cuanto a la dinámica, se observa inicialmente un rápido frente de avance de la recarga, con velocidad 35-45 $m \cdot h^{-1}$ en las primeras 20 horas; posteriormente, experimenta una rápida deceleración de manera que a partir de las 50 horas la velocidad es prácticamente nula. Este tiempo corresponde con el inicio de la curva de decrecida del río Ebro.

Para la crecida estudiada, el frente de recarga alcanza una distancia al río que oscila según la zona considerada entre 1.000 m en zonas fuertemente efluentes anteriormente a la crecida y de 2.000-2.500 m en otras zonas.

# 9. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ZARAGOZA

## Introducción. Algunas definiciones previas

Los sistemas de climatización pueden interaccionar intensamente con el medio hídrico subterráneo, tanto desde un punto de vista cualitativo, modificando la composición natural del agua, como alterando el esquema de flujo natural de la misma.

Desde la perspectiva de la composición de las aguas subterráneas el impacto de estos sistemas se debe básicamente a los siguientes procesos:

- Modificación del esquema natural de flujo: esto puede traer consigo la aparición en el sondeo de captación de aguas de composición diferente a la natural del acuífero, por ejemplo, debido a la recarga inducida desde un cuerpo de agua superficial, arrastre de aguas más profundas de diferente salinidad, conexión de acuíferos separados por un acuitardo, etc.
- Inducción de un flujo forzado de agua: de forma natural el agua subterránea se mueve a velocidades muy lentas, del orden de centímetros o decímetros/día. Los sistemas de extracción/inyección aumentan esta velocidad en varios órdenes de magnitud, por lo que el efecto sobre la cinética de disolución o alteración de los materiales que conforman el acuífero puede ser muy grande; se trata del mismo efecto que tiene la agitación sobre la disolución de una sustancia cualquiera.
- Modificación de la temperatura del agua: la temperatura determina la solubilidad de los gases y de los minerales que forman el acuífero y por tanto la cantidad máxima que el agua es capaz de disolver en situación de equilibrio;

además, la temperatura determina la solubilidad de los gases. En general la solubilidad de los gases disminuye al aumentar la temperatura mientras que la de los minerales aumenta o disminuye dependiendo del mineral en cuestión.

- Introducción de aditivos de acondicionamiento del agua: el poder agresivo o incrustante del agua no solo tiene efecto sobre el material que forma el acuífero, también sobre las conducciones y depósitos, para evitar estos efectos existe una gran cantidad de aditivos que pueden ser empleados y que modifican la calidad del agua.

Antes de proceder a describir las características físico-químicas del acuífero urbano conviene definir adecuadamente alguno de los términos que van a ser empleados con frecuencia y que pudieran dar lugar a confusión:

**Composición**. Se entiende por composición del agua la descripción cuantitativa de las especies químicas que contiene en disolución o suspensión. La composición es una descripción objetiva que no entra en su adecuación a un uso concreto.

**Calidad**. La calidad describe, de forma más o menos cuantitativa, la adecuación del agua a un uso concreto. Un agua es buena, mala, mediocre, etc. para bebida, o para riego, o cualquier otro uso que se considere.

**Contaminación**. Contaminación es cualquier forma de materia o energía extraña a la composición natural del agua. El termino contaminación hace referencia al origen del agua pero no necesariamente a su calidad, un agua puede estar contaminada pero ser adecuada para cualquier uso y viceversa, puede ser de muy mala calidad pero no estar contaminada al tener esta un origen natural.

**Afección (impacto).** Se dice que el agua está afectada cuando existe una modificación en su composición debido a los efectos de una actividad potencialmente contaminante. El impacto siempre supone modificación en la composición y por tanto contaminación, pero no necesariamente empeoramiento de la calidad.

**Riesgo**. El riesgo es una medida de la probabilidad de afección.

## Metodología. Red de Control Geotérmica

Para el estudio hidroquímico de la red de geotermia de Zaragoza se han tomado hasta noviembre de 2012 un total de 382 muestras distribuidas en 12 campañas de campo, realizadas entre los meses de enero de 2011 y noviembre de 2012. También se obtuvieron 107 registros de conductividad eléctrica y temperatura en la vertical de la columna de 21 sondeos durante los años 2009 y 2011.

En función del objeto del control, del número de puntos analizados y de los parámetros de control se han establecido dos tipos de red de control. La distribución de puntos que compone cada red queda reflejada en la Figura 9.1.

- **Red Tipo 1**. Consta de 20 puntos de control homogéneamente distribuidos por la ciudad (Tabla 9.I) con el objetivo de obtener información acerca de la composición del agua subterránea: 9 piezómetros alineados en direcciones de flujo subterráneo construidos por el IGME entre 2010 y 2011, de pequeño diámetro (150 mm), totalmente penetrantes en el acuífero; 9 pozos de explotación para riego en parques y jardines de la ciudad pertenecientes al Ayuntamiento de Zaragoza; y 2 pozos de explotación de propiedad particular.

  En esta red se procede al control hidroquímico bimensual de parámetros mayoritarios y otros “in situ”: conductividad eléctrica (CE), temperatura (T), oxígeno disuelto (OD), pH, Eh, alcalinidad y nivel piezométrico. Además, durante el año 2011 se procedió al registro vertical en continuo de CE y T y, cuatrimestralmente, coincidiendo con el muestreo de la red tipo 2, se analizaron 18 metales pesados (Al, As, Ba, B, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn). También, en los 9 piezómetros IGME de nueva construcción, se obtuvieron mensualmente con sonda multiparamétrica registros verticales en continuo de CE, T, pH, Eh y OD. Cada piezómetro está equipado con un sensor DIVER que registra en continuo la oscilación del nivel piezométrico, la temperatura y, en dos piezómetros, la CE a una determinada profundidad, generalmente la que presenta un registro térmico más elevado.

- **Red Tipo 2**. Consta de 26 puntos (Tabla 9.II) con los que se controla una docena de dobletes térmicos (pozos de captación y vertido) de aprovechamientos geotérmicos repartidos por la ciudad, cuatro situados en la margen izquierda del Ebro y 8 en su margen derecha. Un punto adicional sirve para homogeneizar la distribución espacial de esta red. Con periodicidad cuatrimestral se han realizado las determinaciones "in situ" y controlado los parámetros mayoritarios; además, cuatrimestralmente durante 2011 se analizaron 18 metales pesados. Durante el año 2011 se procedió al registro en continuo de CE y T en toda la vertical de los pozos de captación y devolución que permitían la introducción de la sonda en su interior.

Los parámetros "in situ" o de campo que se obtienen en cada campaña son: profundidad del nivel piezométrico, conductividad eléctrica (CE), temperatura (T), pH, Eh, oxígeno disuelto (OD), alcalinidad TA (neutralización de ácidos hasta pH=8,3) y TAC (neutralización de ácidos a pH=4,5 debido a carbonato, bicarbonato y otros ácidos débiles). El instrumental utilizado es el siguiente:

- Sonda multiparamétrica (nivel, T, pH, CE, OD, Eh) modelo SEBA KLL de 500 m de longitud.
- Sonda hidronivel 200 m.
- Tomamuestras tipo Bailer de 1.000 ml de capacidad, con carrete métrico acoplado.
- Botes de plástico esterilizados, de 500 ml y doble tapón para el almacenamiento de las muestras, conforme a los requerimientos del laboratorio de la CHE para muestras de elementos mayoritarios.
- Nevera isotérmica para el transporte de las muestras.
- pH-metro digital modelo CRISOM pH 25.
- Conductivímetro digital modelo CRISOM CH 35.
- Eh-metro digital modelo CRISOM pH 25.
- Oxímetro digital modelo CRISOM OXI 45.
- Equipo HACH de medición de alcalinidad de campo (titrador, solución ácido sulfúrico 0.1 M, matraz 100 ml, pipeta 100 ml, indicadores fenolftaleína y metilbromocresol)

El instrumental de medición digital es calibrado diariamente al inicio del muestreo con soluciones patrón estándar; el oxímetro, previamente a la lectura de cada una de las muestras, se calibra en una muestra saturada de humedad con agua de la propia muestra a valorar.

Una vez preparado el instrumental se procede al muestreo de los puntos seleccionados según el tipo de red correspondiente. Para cada muestra se anota la fecha, hora y nombre del punto de agua, así como otras observaciones adicionales. Después se procede a la extracción de la muestra de agua como se detalla a continuación:

1) En la red de piezómetros del IGME se realiza en primer lugar un registro vertical con la sonda multiparamétrica, obteniendo lecturas a intervalos de profundidad creciente de un metro para los parámetros: T, CE, pH, Eh y OD (en miligramos y en porcentaje de saturación del oxígeno disuelto respecto a la concentración de este parámetro existente en una atmósfera saturada con dicha agua).

   En el resto de pozos accesibles, se introduce un DIVER unido a sonda hidronivel programado para la obtención de registros de presión, CE y T a intervalos de 2 segundos. El dispositivo se introduce inicialmente en el agua y tras una espera de 15 minutos necesaria para la estabilización de los sensores se sumerge hasta el fondo del pozo con una velocidad uniforme y aproximada de 30 cm/s al objeto de evitar alteración en la estratificación de los parámetros a medir.

2) A continuación, una vez extraídas las sondas, se realiza el muestreo mediante la introducción del tomamuestras hasta una determinada profundidad, bien donde se sitúa la rejilla del pozo o a la profundidad donde están instalados los dispositivos de registro en continuo (en el caso de los piezómetros IGME); en cualquier caso, se evitan los dos metros más superficiales del agua que pudieran estar afectados por condiciones externas.

   Se obtienen tres fracciones de cada muestra: una fracción de 1L se precinta para el análisis de los elementos mayoritarios en laboratorio; otra fracción de 0,5L se acidifica con ácido nítrico hasta pH inferior a 2 unidades y se envasa

para la determinación de metales pesados; una tercera fracción se reserva para la determinación de parámetros "in situ".

3) Inmediatamente a la extracción del agua, al objeto de evitar procesos de desgasificación o alteración térmica que puedan modificar la composición y concentración de los parámetros analizados, se procede "in situ" a la lectura de los parámetros no conservativos mediante instrumental digital (pH, Eh, CE, T y OD). Estos parámetros de campo serán imprescindibles posteriormente para obtener resultados fiables en los cálculos de especiación-solubilidad del agua subterránea.

   La alcalinidad total carbonatada (TAC) se determina volumétricamente mediante un kit de alcalinidad de campo, un titrador con el que se realiza una valoración con $H_2SO_4$ 1,6 N hasta obtener un viraje del color de la muestra a la que se ha añadido unas gotas de indicador verde-rojo de metilbromocresol. Dado que todas las muestras tienen pH inferior a 8,5 unidades el contenido disuelto del ión carbonato es nulo por lo que la alcalinidad carbonatada TA es cero en todos los casos.

El procedimiento para la toma de la muestra es distinto según sean las características de la conducción, la profundidad de muestreo requerida, la accesibilidad por el interior del pozo al nivel de agua o el espacio anular existente entre pozo y tubería de impulsión.

Siempre que sea posible, la muestra se toma por el interior del pozo, obteniendo así tras el análisis datos totalmente representativos del agua presente en el acuífero (en el caso de los pozos de captación, como agua "sin alterar", y en el caso de los pozos de vertido o de inyección como agua afectada por un proceso de climatización que altera la temperatura y otros componentes). En el caso de que el pozo esté cerrado o su interior no se accesible se recoge la muestra desde una toma o grifo, bien de una conducción del sistema de refrigeración o de un aspersor de riego. Cuando se muestrea un sistema geotérmico, la muestra del pozo de captación debe tomarse en un punto lo más próximo a éste y en todo caso antes de su paso por los circuitos intercambiadores del calor del sistema de climatización. En el caso del pozo de

devolución la muestra debe tomarse también lo más próximo posible al punto de vertido y después de su paso por los circuitos intercambiadores, teniendo en cuenta que se debe integrar, en la medida posible, las diferentes conducciones de devolución del sistema de climatización provenientes de otras tantas líneas de enfriamiento, cada una con una enfriadora cuyo funcionamiento y requisito térmico es independiente del resto.

En estos casos y para evitar la toma de aguas estancadas, siempre se ponen en marcha las bombas y los equipos de impulsión al menos durante 10 minutos al objeto de provocar la renovación total del agua almacenada en las tuberías.

Por último, las muestras se trasportan en neveras portátiles hasta que son trasladadas diariamente al laboratorio de la Confederación Hidrográfica del Ebro, donde se almacenan en frío a la espera de proceder el análisis de los elementos mayoritarios ($Ca^{2+}$, $Na^{+}$, $Mg^{2+}$, $K^{+}$, $Cl^{-}$, $SO_4^{-}$, $HCO_3^{-}$, $NO_3^{-}$) según criterios y protocolos establecidos por este laboratorio de aguas.

| Codigo IGME | TOPONIMIA | Red Geotermia Tipo | Frecuencia | Nº_REGISTRO IPA | X | Y | Z | Punto toma agua | Profundidad | Nivel Piezométrico (Julio 2011) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GS-1 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 1 | Bimensual | 271480147 | 676239 | 4616710 | 198,21 | Sondeo (9 m) | 18,90 | 6,94 |
| GS-2 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 1 | Bimensual | 271540375 | 675084 | 4612552 | 220,46 | Sondeo (30 m) | 36,80 | 25,98 |
| GS-3 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 1 | Bimensual | 271540376 | 677588 | 4613734 | 196,94 | Sondeo (20 m) | 28,20 | 7,3 |
| GS-4 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 1 | Bimensual | 271540377 | 676708 | 4613569 | 205,90 | Sondeo (20 m) | 32,80 | 15,6 |
| GS-5 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 1 | Bimensual | 271540378 | 675897 | 4613461 | 210,06 | Sondeo (30 m) | 34,35 | 19,03 |
| GS-6 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 1 | Bimensual | 271540379 | 676090 | 4613476 | 208,47 | Sondeo (32 m) | 44,50 | 17,68 |
| GS-7 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 1 | Bimensual | 271540380 | 674253 | 4612241 | 229,94 | Sondeo (32 m) | 39,00 | 31,53 |
| GS-8 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 1 | Bimensual | 271540381 | 674280 | 4611708 | 235,84 | Sondeo (40 m) | 49,30 | 34,01 |
| GS-9 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 1 | Bimensual | 271540382 | 675528 | 4613554 | 210,29 | Sondeo (27 m) | 47,50 | 18,43 |
| GS-10 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 1 | Bimensual | 271540383 | 676760 | 4615085 | 193,83 | Grifo en Sondeo | 19,00 | 4,2 |
| GS-11 | PARQUE DE ORIENTE | 1 | Bimensual | 271540208 | 678381 | 4614034 | 193,78 | Aspersor riego | 22,00 | 5,35 |
| GS-12 | PARQUE MIRAFLORES | 1 | Bimensual | 271540291 | 676758 | 4612351 | 205,80 | Aspersor riego | 28,50 | 15,2 |
| GS-13 | PARQUE DE LAS GLORIETAS DE GOYA | 1 | Bimensual | 271540288 | 677612 | 4613077 | 201,02 | Aspersor riego | 30,00 | 11,65 |
| GS-15 | PARQUE PASEO DEL AGUA (ANILLO VERDE) | 1 | Bimensual | 271540299 | 673406 | 4614648 | 200,51 | Grifo en Sondeo | 21,17 | 8,3 |
| GS-16 | PARQUE CASTILLO PALOMAR | 1 | Bimensual | 271540204 | 673866 | 4613920 | 257,35 | Aspersor riego | 25,00 | 16,72 |
| GS-17 | JARDINES TAIFA SARAQUSTA | 1 | Bimensual | 271540297 | 674349 | 4612240 | 229,50 | Sondeo (2 m) o Aspersor | 35,75 | 31,66 |
| GS-18 | PLASTICOS ITER | 1 | Bimensual | 281450060 | 679247 | 4615756 | 198,44 | Conducción | 25,00 | 7,1 |
| GS-19 | PARQUE DELICIAS (POZO ZONA 1 - ANFITEATRO) | 1 | Bimensual | 271540205 | 674070 | 4612817 | 223,85 | Conducción | 43,00 | 26,73 |
| GS-20 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSIQUICOS | 1 | Bimensual | 271480148 | 677286 | 4617145 | 210,36 | Sondeo (1 m) | 38,42 | 32,6 |
| GS-47 | JARDINES ÁMBITO U-4 y U5 | 1 | Bimensual | 271540393 | 675286 | 4614800 | 198,40 | Aspersor riego | 22,20 | 7,2 |

Tabla 9.I. Red de Control Geotérmica de Tipo 1

| Codigo IGME | TOPONIMIA | Red Geotermia Tipo | Frecuencia | Nº_REGISTRO IPA | X | Y | Z | Punto toma agua | Profundidad | Nivel Piezométrico (Julio 2011) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GS-21 | RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN (CAPTACIÓN P-3) | 2 | Cuatrimensual | 271540239 | 675689 | 4612207 | 209,86 | Grifo en Sondeo | 46,61 | 15,25 |
| GS-22 | RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN (VERTIDO P-6) | 2 | Cuatrimensual | 271540244 | 675723 | 4612259 | | Conducción | 51,83 | - |
| GS-23 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI (POZO 2 SAPUTO) | 2 | Cuatrimensual | 271480133 | 675130 | 4616081 | 198,71 | Conducción | 30,00 | 7,38 |
| GS-24 | CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI (POZO VERTIDO) | 2 | Cuatrimensual | 271480144 | 675140 | 4615977 | N | Sondeo (10 m) | 29,00 | 7,4 |
| GS-25 | EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO (POZO-2 CAPTACIÓN) | 2 | Cuatrimensual | 271540235 | 674176 | 4611574 | 229,85 | Conducción | 53,20 | 27,9 |
| GS-26 | EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO (POZO-3 VERTIDO) | 2 | Cuatrimensual | 271540236 | 674260 | 4611682 | | Conducción | 65,00 | - |
| GS-27 | HOSPITAL CLÍNICO (POZO 5) | 2 | Cuatrimensual | 271540385 | 674761 | 4612572 | 221,53 | Conducción | 51,00 | 33,53 |
| GS-28 | HOSPITAL CLÍNICO (POZO 4 INYECCIÓN UNIVERSIDAD) | 2 | Cuatrimensual | 271540229 | 674789 | 4612450 | 220,14 | Sondeo (30 m) | 47,10 | 24,76 |
| GS-29 | ARAGONIA (POZO 5) (P-9 para Aragonia) | 2 | Cuatrimensual | 271540386 | 674173 | 4612231 | 211,08 | Sondeo (1 m) | 24,22 | 9,95 |
| GS-30 | ARAGONIA (POZO 6 VERTIDO) | 2 | Cuatrimensual | 271540387 | 674222 | 4612252 | 211,06 | Conducción y sondeo | 22,00 | 9,69 |
| GS-31 | EDIFICIO PARANINFO (CAPTACIÓN) | 2 | Cuatrimensual | 271540388 | 675999 | 4613008 | 210,64 | Conducción | - | 19,17 |
| GS-32 | EDIFICIO PARANINFO (VERTIDO) | 2 | Cuatrimensual | 271540389 | 676031 | 4612936 | - | Conducción | - | - |
| GS-33 | EDIFICIO PARANINFO (PLAZA PARAÍSO) | 2 | Cuatrimensual | 271540390 | 676091 | 4613032 | 210,56 | Sondeo (1 m) | 45,00 | 19,8 |
| GS-34 | IBERCAJA (POZO 3 CAPTACIÓN) | 2 | Cuatrimensual | 271540233 | 676223 | 4612922 | - | Grifo en Sondeo | 32,00 | - |
| GS-35 | IBERCAJA (POZO 4 VERTIDO) | 2 | Cuatrimensual | 271540391 | 676334 | 4612931 | - | Conducción | - | - |
| GS-36 | PUERTA CINEGIA (POZO 1 CAPTACIÓN) | 2 | Cuatrimensual | 271540215 | 676577 | 4613615 | - | Conducción | - | - |
| GS-37 | PUERTA CINEGIA (POZO 3 VERTIDO) | 2 | Cuatrimensual | 271540217 | 676598 | 4613579 | - | Grifo en Sondeo | - | - |
| GS-38 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL (POZO 9 CAPTACIÓN) | 2 | Cuatrimensual | 271540309 | 677740 | 4611989 | - | Grifo en Sondeo | - | 1,6 |
| GS-39 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL (VERTIDO ZONA 43) | 2 | Cuatrimensual | 271540392 | 677703 | 4612192 | 191,86 | Sondeo (5 m) | 28,44 | 1,58 |
| GS-40 | MÚTUA ACCIDENTES ZARAGOZA (POZO-2 CAPTACIÓN) | 2 | Cuatrimensual | 271480092 | 677475 | 4617237 | 212,04 | Sondeo (25 m) | 40,80 | 19,8 |
| GS-41 | MÚTUA ACCIDENTES ZARAGOZA (POZO-3 VERTIDO) | 2 | Cuatrimensual | 271480093 | 677430 | 4617200 | N | Conducción | 40,00 | Surgente |
| GS-42 | EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS (POZO 2) | 2 | Cuatrimensual | 271480135 | 676102 | 4617008 | 200,69 | Grifo en Sondeo | 29,80 | 9,17 |
| GS-43 | EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS (VERTIDO) | 2 | Cuatrimensual | 271480145 | 676210 | 4616960 | - | Conducción | 30,00 | - |
| GS-44 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 1 CAPTACIÓN) | 2 | Cuatrimensual | 271480151 | 676156 | 4615902 | 194,41 | Sondeo (1 m) | 16,82 | 3,85 |
| GS-45 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 3 VERTIDO) | 2 | Cuatrimensual | 271480152 | 676154 | 4615873 | | Sondeo (1 m) | - | 3,8 |
| GS-46 | SAICA (Pozo 5) | 2 | Cuatrimensual | 271480059 | 677420 | 4615352 | 198,23 | Grifo en Sondeo | 27,90 | 7,89 |

Tabla 9.II. Red de Control Geotérmica de Tipo 2

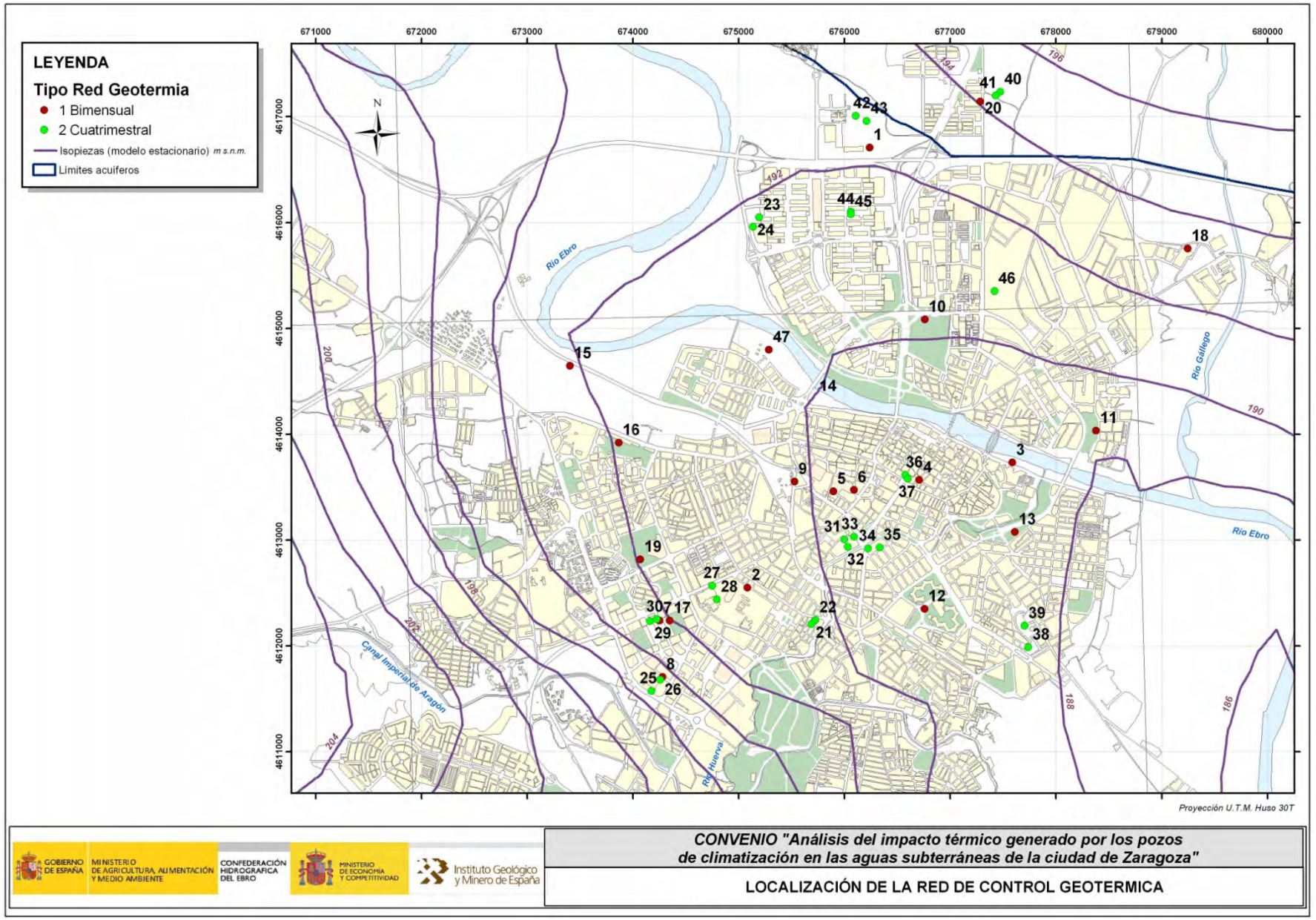



Figura 9.1. Mapa de situación de la Red de Control Geotérmica, con indicación, en color, de su frecuencia de muestreo

## Composición y características físico-químicas de las aguas

En las Tablas 9.III y 9.IV se presenta un resumen estadístico de los datos analíticos de los puntos controlados en la red de geotermia. En los anexos se recogen los resultados analíticos del laboratorio, junto con las determinaciones de campo. Además, para cada punto de la Red de Control Geotérmica se ha diseñado una ficha que recoge información básica sobre su localización, características, columna litológica, parámetros analizados, frecuencia y particularidades del muestreo; también se incluye en un diagrama de Piper las muestras analizadas, se muestran los registros verticales de CE-T, la evolución de: iones mayoritarios y minoritarios, parámetros de campo, relaciones iónicas e índices de saturación para los principales minerales que existen en el entorno. Toda esta información se utilizará para caracterizar la composición y calidad de las aguas, teniendo en cuenta como valores de referencia los establecidos en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Los puntos muestreados tienen una composición y características de parámetros fisicoquímicos que permite establecer una clara diferenciación de las aguas subterráneas del acuífero en la margen izquierda frente a las que circulan por el acuífero aluvial en la margen derecha del Ebro.

### 1. Margen izquierda

Las aguas de esta margen presentan un pH entre neutro y ligeramente ácido, con valor medio de 7,0 unidades, cifras que resultan habituales en aguas de fuerte mineralización (Moreno *et al*., 2008).

Los valores de conductividad eléctrica son elevados en general, mostrando una relación estrecha con el medio acuífero y su entorno salino, registrando valores por encima de 2.900 µS/cm, con valor medio de 2.656 µS/cm.

Respecto al Eh (parámetro muy variable e inestable) aunque se han medido valores extremos de -160 mV, las muestras representan en general un predominio de ambientes oxidantes. Los valores oscilan entre -17 mV y 110 mV, dependiendo de los

las condiciones específicas de cada pozo más que de su situación, aunque sí se aprecia un potencial redox medio del orden de 45 mV, que resulta algo más bajo que el obtenido en la margen derecha.

Las concentraciones de oxígeno disuelto en las muestra son en general altas, obteniendo valores medios de 5,9 mg/l de oxígeno y 67,4% respecto a atmósfera saturada.

El contenido en componentes mayoritarios en disolución está condicionado por la litología del entorno, con formaciones geológicas salinas y muy solubles por las que han circulado previamente las aguas antes de su infiltración, pero también por la evolución geoquímica de las aguas durante su tránsito subterráneo por el acuífero. Así pués, los cationes más abundantes son $Ca^{2+}$ y $Na^{+}$, con valores medios de 324 y 298 mg/L respectivamente. Paralelamente, se observa que entre los aniones en disolución predomina el sulfato seguido del ion cloruro, previsiblemente como consecuencia de la disolución de las facies de yesos y halitas. En esta margen los contenidos resultan más elevados que en la derecha, con concentraciones medias de 435 mg/L para $Cl^{-}$ y 754 mg/L para el ión $SO_4^{-}$.

La alcalinidad total analizada en campo oscila entre 247 y 350 mg/L, con un promedio de 305 mg/L de $HCO_3^{-}$, datos que suelen ser algo inferiores a los aportados por la analítica posterior de laboratorio: 335 mg/L de media.

### 2. Margen Derecha

Las aguas de esta margen presentan un pH entre neutro y ligeramente básico, con valor medio de 7,3 unidades.

La conductividad eléctrica de las muestras es menos elevada que en la margen izquierda, registrando valores habituales por encima de 1.100 µS/cm, con 1.478 µS/cm por término medio. Algunos puntos (GS-15 y GS-47) destacan por sus altos valores, causados presumiblemente por la penetración de los pozos en el substrato terciario salino.

Respecto al Eh, las muestras son mayoritariamente representativas de ambientes oxidantes. Los valores medios mínimos y máximos dependiendo de las condiciones específicas en las que se encuentra cada pozo oscilan entre -10 mV y 145 mV, teniendo 67 mV como valor promedio.

Los valores de oxígeno disuelto son en general elevados, con porcentajes de saturación superiores a los de la margen izquierda, registrando por término medio 7,1 mg/L de oxígeno y 79,2 % de saturación. Tanto los valores mayoritariamente positivos de Eh como de elevado contenido en OD son indicativos de aguas que circulan bajo ambientes oxidantes, que pueden haber tenido una rápida infiltración y corto recorrido subterráneo.

Los valores medios de los cationes mayoritarios se sitúan entre 181 mg/L de $Ca^{2+}$ y 148 mg/L de $Na^{+}$. Para los aniones en disolución, los contenidos son menos elevados que en las aguas de la margen izquierda, con 213 mg/L de media para $Cl^{-}$ y 356 mg/L para $SO_4^{-}$. La alcalinidad total analizada en campo tiene un valor promedio de 256 mg/L de $HCO_3^{-}$.

El contenido en componentes mayoritarios en disolución está igualmente condicionado por la litología de las formaciones geológicas que atraviesan las aguas subterráneas y por la evolución geoquímica en la dirección del flujo subterráneo; no obstante, se debe tener en cuenta también que en entornos urbanos las pérdidas y roturas de las redes de distribución y canalización de pluviales pueden alterar significativamente esta composición.

Un claro ejemplo se observa en la muestra referenciada GS-02, que tiene una composición química singular, alejada de los valores medios analizados del conjunto de puntos de la red de control. El sondeo, en los primeros 6-7 m de columna saturada de agua, suele tener valores anormalmente bajos en CE, similares a los del suministro de agua potable, pero también en sulfatos, nitratos, oxígeno disuelto y Eh, mientras que el pH y la temperatura son elevados, superando las 8 unidades y 25 grados respectivamente. Esta tónica se mantiene en todas las campañas, excepto en un periodo de 5 meses en 2011 posterior a la realización de un ensayo de dilución en el pozo, que por su desarrollo metodológico aumentó deliberadamente la salinidad del

agua. La justificación de estos valores es incierta apuntando, principalmente, a una alteración de la calidad original como consecuencia del vertido de un sistema geotérmico situado en las proximidades, aunque sin descartar la contribución de las pérdidas y fugas de agua de las redes de alcantarillado, que cargadas de materia orgánica en descomposición convierten el medio hídrico subterráneo en entorno anóxico, donde se produce la reducción de nitratos y de sulfatos hasta su práctica desaparición del agua subterránea.

La temperatura, parámetro que es fundamental en este trabajo, tiene unos valores que lógicamente varían con la proximidad del punto de medición al sistema geotérmico cercano. La temperatura en zonas no afectadas tiene un valor medio de 16,9°C, que es el valor tomando como referencia de la temperatura del acuífero. Este valor resulta lógicamente afectado por las diferentes actividades humanas y por la urbanización de la ciudad, lo que conlleva un notable crecimiento de los registros térmicos en los pozos. Puntualmente se han registrado aumentos hasta de casi 20°C respecto a la T media del acuífero cuando se han obtenido muestras del interior de los propios pozos de devolución.

| Código red | Nº de muestras | pH | | | | | Temperatura del agua (ºC) | | | | | Potencial redox ( mV) | | | | | Conductividad a 20 ºC ( µS/cm) | | | | | Oxígeno disuelto ( mg/L O2) | | | | | Oxígeno disuelto ( % sat_) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. |
| **GS-02** | **12** | 7,4 | 7,8 | 7,5 | 7,5 | 0,1 | 23,1 | 25,7 | 23,9 | 23,6 | 0,8 | -202 | 31 | -130 | -154 | 66 | 307 | 1.357 | 797 | 839 | 412 | 2,1 | 4,7 | 3,2 | 3,2 | 0,9 | 24,0 | 54,0 | 37,2 | 36,0 | 10,0 |
| **GS-03** | **12** | 7,1 | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 0,1 | 14,0 | 22,4 | 17,2 | 16,7 | 2,5 | -148 | 202 | 66 | 58 | 92 | 1.169 | 1.903 | 1.451 | 1.394 | 237 | 2,2 | 6,3 | 4,5 | 4,4 | 1,3 | 28,0 | 70,0 | 49,7 | 49,8 | 13,0 |
| **GS-04** | **12** | 7,1 | 7,5 | 7,4 | 7,4 | 0,1 | 19,9 | 22,1 | 21,2 | 21,4 | 0,7 | 33 | 134 | 87 | 91 | 28 | 1.208 | 1.364 | 1.293 | 1.288 | 48 | 5,1 | 8,4 | 7,4 | 7,8 | 1,0 | 66,0 | 94,0 | 85,6 | 87,3 | 8,1 |
| **GS-05** | **12** | 7,1 | 7,5 | 7,3 | 7,3 | 0,1 | 15,9 | 22,4 | 19,0 | 19,1 | 2,1 | 62 | 184 | 116 | 116 | 40 | 1.208 | 1.326 | 1.249 | 1.246 | 35 | 4,4 | 9,4 | 7,5 | 7,4 | 1,4 | 59,0 | 108,6 | 84,2 | 87,5 | 12,8 |
| **GS-06** | **12** | 7,1 | 7,5 | 7,3 | 7,3 | 0,1 | 18,0 | 25,0 | 21,9 | 22,6 | 2,5 | 67 | 186 | 118 | 109 | 42 | 1.205 | 1.385 | 1.254 | 1.237 | 54 | 3,2 | 8,4 | 7,2 | 7,8 | 1,5 | 60,0 | 97,1 | 85,4 | 86,8 | 11,1 |
| **GS-07** | **12** | 7,1 | 7,6 | 7,4 | 7,4 | 0,1 | 13,1 | 20,9 | 18,1 | 19,2 | 2,7 | 20 | 145 | 85 | 76 | 43 | 1.272 | 1.777 | 1.444 | 1.415 | 127 | 5,0 | 10,7 | 7,8 | 7,5 | 1,6 | 61,0 | 111,5 | 86,4 | 83,7 | 13,8 |
| **GS-08** | **12** | 6,9 | 7,3 | 7,1 | 7,1 | 0,1 | 16,8 | 18,4 | 17,7 | 17,9 | 0,6 | 46 | 166 | 102 | 101 | 35 | 1.269 | 1.600 | 1.367 | 1.347 | 85 | 4,4 | 9,9 | 7,7 | 7,9 | 1,3 | 59,0 | 99,2 | 84,9 | 86,5 | 10,3 |
| **GS-09** | **12** | 6,9 | 8,2 | 7,3 | 7,3 | 0,5 | 15,2 | 18,4 | 16,9 | 16,9 | 0,8 | 22 | 200 | 102 | 94 | 59 | 1.131 | 1.409 | 1.318 | 1.324 | 82 | 3,1 | 8,2 | 5,1 | 5,1 | 1,4 | 38,0 | 81,0 | 56,1 | 55,3 | 12,1 |
| **GS-12** | **12** | 7,0 | 7,8 | 7,5 | 7,5 | 0,2 | 16,0 | 18,5 | 17,4 | 17,6 | 1,0 | -50 | 151 | 38 | 38 | 55 | 1.043 | 1.441 | 1.348 | 1.372 | 107 | 5,3 | 10,1 | 8,3 | 8,9 | 1,4 | 66,0 | 101,0 | 90,0 | 94,8 | 11,9 |
| **GS-13** | **12** | 7,0 | 7,7 | 7,4 | 7,5 | 0,5 | 16,1 | 20,1 | 18,0 | 18,1 | 1,1 | -70 | 110 | 19 | 21 | 52 | 1.334 | 1.458 | 1.387 | 1.377 | 39 | 5,6 | 9,4 | 7,5 | 7,6 | 1,3 | 59,0 | 97,0 | 81,2 | 88,0 | 13,5 |
| **GS-15** | **12** | 7,0 | 7,6 | 7,2 | 7,1 | 0,2 | 16,0 | 19,6 | 17,8 | 17,9 | 1,1 | -135 | 127 | 23 | 47 | 94 | 1.754 | 6.720 | 3.757 | 3.310 | 1.475 | 4,1 | 8,6 | 6,5 | 6,4 | 1,3 | 43,0 | 92,0 | 70,8 | 75,0 | 14,6 |
| **GS-16** | **12** | 7,1 | 7,6 | 7,3 | 7,2 | 0,5 | 13,6 | 18,8 | 15,8 | 15,6 | 1,6 | -6 | 173 | 85 | 98 | 60 | 1.755 | 1.940 | 1.846 | 1.852 | 63 | 6,2 | 8,6 | 7,9 | 8,3 | 0,9 | 65,0 | 95,8 | 81,9 | 83,9 | 9,1 |
| **GS-17** | **12** | 7,0 | 7,6 | 7,2 | 7,2 | 0,2 | 10,5 | 17,1 | 15,9 | 16,5 | 1,8 | 30 | 149 | 85 | 82 | 41 | 1.399 | 1.636 | 1.521 | 1.516 | 61 | 5,2 | 8,8 | 7,3 | 7,5 | 1,0 | 60,0 | 104,0 | 77,9 | 77,0 | 11,3 |
| **GS-19** | **12** | 7,0 | 7,6 | 7,4 | 7,4 | 0,2 | 14,6 | 17,8 | 16,4 | 16,4 | 0,9 | 22 | 145 | 61 | 60 | 33 | 971 | 1.495 | 1.218 | 1.240 | 155 | 5,3 | 10,2 | 8,3 | 8,5 | 1,4 | 66,0 | 104,0 | 89,6 | 90,0 | 10,7 |
| **GS-21** | **4** | 6,9 | 7,1 | 6,9 | 6,9 | 0,1 | 16,1 | 17,1 | 16,5 | 16,4 | 0,4 | -19 | 119 | 42 | 4 | 69 | 1.326 | 1.477 | 1.393 | 1.383 | 60 | 5,5 | 7,1 | 6,2 | 6,1 | 0,7 | 55,3 | 79,0 | 67,1 | 63,6 | 9,6 |
| **GS-25** | **5** | 6,9 | 7,3 | 7,1 | 7,0 | 0,2 | 16,8 | 17,2 | 17,0 | 16,9 | 0,2 | -30 | 201 | 55 | 40 | 77 | 1.267 | 1.327 | 1.291 | 1.287 | 22 | 4,4 | 8,1 | 6,8 | 7,1 | 1,4 | 52,0 | 83,0 | 73,5 | 78,0 | 12,4 |
| **GS-26** | **5** | 7,0 | 7,3 | 7,1 | 7,0 | 0,2 | 9,8 | 27,8 | 20,3 | 22,9 | 6,9 | -30 | 114 | 57 | 68 | 52 | 1.267 | 1.351 | 1.307 | 1.304 | 32 | 4,4 | 8,3 | 6,9 | 7,2 | 1,5 | 55,0 | 86,4 | 76,9 | 82,9 | 12,7 |
| **GS-27** | **5** | 6,9 | 7,3 | 7,2 | 7,2 | 0,2 | 15,2 | 20,0 | 18,1 | 18,7 | 1,8 | -98 | 148 | 17 | 20 | 85 | 1.238 | 1.454 | 1.338 | 1.322 | 89 | 4,5 | 9,2 | 7,6 | 8,2 | 1,8 | 60,0 | 106,9 | 84,9 | 88,0 | 18,2 |
| **GS-28** | **5** | 7,1 | 7,5 | 7,3 | 7,3 | 0,1 | 19,7 | 27,3 | 24,4 | 24,9 | 2,9 | -6 | 172 | 96 | 113 | 65 | 1.221 | 1.515 | 1.368 | 1.396 | 104 | 4,3 | 8,7 | 7,5 | 8,3 | 1,8 | 60,0 | 100,0 | 87,5 | 92,0 | 15,8 |
| **GS-29** | **4** | 7,3 | 7,6 | 7,4 | 7,3 | 0,1 | 14,3 | 18,6 | 15,8 | 15,6 | 1,7 | 56 | 133 | 97 | 110 | 38 | 1.161 | 1.387 | 1.279 | 1.300 | 98 | 4,8 | 8,8 | 7,8 | 8,5 | 1,7 | 56,0 | 94,4 | 83,9 | 89,0 | 16,0 |
| **GS-30** | **4** | 7,4 | 7,6 | 7,5 | 7,4 | 0,1 | 10,5 | 36,2 | 20,4 | 13,6 | 12,1 | 54 | 132 | 97 | 106 | 38 | 1.286 | 1.597 | 1.440 | 1.467 | 135 | 4,7 | 10,6 | 8,5 | 9,8 | 2,4 | 67,0 | 102,0 | 93,4 | 98,6 | 14,9 |
| **GS-31** | **5** | 7,3 | 7,5 | 7,4 | 7,4 | 0,1 | 17,9 | 24,5 | 20,7 | 20,1 | 2,3 | -148 | 65 | -30 | -24 | 75 | 1.280 | 1.321 | 1.299 | 1.298 | 17 | 5,3 | 8,9 | 7,0 | 7,2 | 3,2 | 64,0 | 95,1 | 78,3 | 76,6 | 34,2 |
| **GS-32** | **5** | 7,1 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 2,9 | 16,4 | 31,6 | 24,5 | 24,9 | 6,5 | -54 | 51 | 8 | 10 | 39 | 1.293 | 1.372 | 1.329 | 1.327 | 37 | 4,6 | 8,4 | 6,5 | 6,6 | 1,7 | 48,8 | 95,1 | 75,6 | 81,0 | 17,4 |
| **GS-33** | **5** | 7,2 | 7,7 | 7,4 | 7,5 | 0,2 | 17,5 | 30,5 | 23,8 | 23,9 | 5,0 | 46 | 152 | 87 | 71 | 46 | 1.323 | 2.870 | 1.645 | 1.399 | 606 | 5,1 | 9,1 | 7,4 | 8,0 | 1,6 | 71,0 | 95,9 | 84,7 | 88,9 | 10,1 |
| **GS-34** | **5** | 7,1 | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 0,1 | 17,8 | 19,0 | 18,3 | 18,3 | 0,5 | 48 | 211 | 137 | 147 | 58 | 1.295 | 1.441 | 1.351 | 1.325 | 61 | 4,6 | 8,8 | 7,6 | 8,6 | 1,8 | 55,0 | 93,6 | 83,6 | 91,5 | 16,3 |
| **GS-35** | **5** | 7,2 | 7,9 | 7,4 | 7,3 | 0,3 | 23,9 | 28,9 | 26,4 | 26,1 | 11,0 | 53 | 168 | 121 | 135 | 43 | 1.298 | 1.479 | 1.360 | 1.347 | 64 | 5,1 | 9,0 | 7,3 | 7,7 | 1,5 | 67,8 | 94,0 | 86,2 | 89,8 | 10,5 |
| **GS-36** | **5** | 7,2 | 7,4 | 7,3 | 7,2 | 0,1 | 16,4 | 25,7 | 22,0 | 23,3 | 3,6 | 50 | 190 | 125 | 128 | 53 | 1.173 | 1.246 | 1.223 | 1.229 | 26 | 7,1 | 8,9 | 8,2 | 8,2 | 0,7 | 89,4 | 96,2 | 93,2 | 95,0 | 3,2 |
| **GS-37** | **2** | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 0,0 | 16,2 | 27,0 | 22,3 | 23,7 | 5,5 | 58 | 157 | 100 | 84 | 51 | 1.174 | 1.230 | 1.209 | 1.222 | 30 | 7,2 | 7,8 | 7,5 | 7,6 | 0,3 | 79,0 | 98,8 | 86,6 | 82,0 | 10,7 |
| **GS-38** | **5** | 7,0 | 7,3 | 7,2 | 7,2 | 0,1 | 17,1 | 22,1 | 18,6 | 18,2 | 1,8 | -7 | 109 | 65 | 77 | 41 | 1.330 | 1.429 | 1.370 | 1.364 | 39 | 4,5 | 8,5 | 7,1 | 7,8 | 1,6 | 54,0 | 95,3 | 79,2 | 81,0 | 15,8 |
| **GS-39** | **5** | 7,0 | 7,7 | 7,3 | 7,3 | 0,3 | 18,1 | 35,5 | 25,5 | 22,0 | 7,8 | 39 | 175 | 71 | 52 | 52 | 1.227 | 1.429 | 1.329 | 1.312 | 84 | 4,4 | 9,1 | 7,0 | 7,2 | 1,7 | 65,0 | 96,5 | 84,4 | 89,0 | 12,8 |
| **GS-47** | **8** | 6,6 | 7,5 | 7,1 | 7,2 | 0,3 | 16,1 | 19,1 | 17,8 | 17,9 | 0,9 | -13 | 111 | 75 | 83 | 40 | 2.850 | 3.580 | 3.041 | 2.995 | 226 | 5,1 | 8,5 | 6,7 | 6,6 | 1,7 | 52,0 | 98,0 | 75,7 | 74,0 | 18,9 |
| **MEDIA TOTAL** | | **7,1** | **7,5** | **7,3** | **7,3** | **0,3** | **16,2** | **23,1** | **19,7** | **19,6** | **2,9** | **-10,0** | **145,5** | **67,0** | **66,3** | **53,7** | **1.291** | **1.752** | **1.478** | **1.452** | **151,9** | **4,7** | **8,7** | **7,1** | **7,4** | **1,4** | **58,2** | **94,2** | **79,2** | **81,4** | **13,3** |

Tabla 9.III (I). Estadística de los datos analíticos de los puntos de la Red de Control Geotérmica de la margen derecha (campañas de enero de 2011 a noviembre de 2012)

| *Código red* | *Calcio ( mg/L $Ca^{2+}$ )* | | | | | *Magnesio ( mg/L $Mg^{2+}$ )* | | | | | *Sodio ( mg/L $Na^{+}$ )* | | | | | *Potasio ( mg/L $K^{+}$ )* | | | | | *Cloruros ( mg/L $Cl^{-}$ )* | | | | | *Sulfatos ( mg/L $SO4^{2-}$ )* | | | | | *Nitratos ( mg/L $NO3^{-}$ )* | | | | | *Alcalinidad de campo (mg/l $HCO3^{-}$ )* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. |
| **GS-02** | 36 | 106 | 51 | 43,7 | 20,2 | 4,5 | 29,3 | 13,7 | 10,3 | 9,6 | 21 | 215 | 105 | 106,2 | 77,9 | 4,5 | 7,6 | 6,6 | 7,0 | 1,0 | 24 | 325 | 150 | 155,5 | 119,2 | 2 | 317 | 71 | 6,6 | 115,1 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,0 | | | | | |
| **GS-03** | 140 | 185 | 162 | 166,0 | 16,0 | 22,3 | 35,8 | 25,9 | 25,1 | 3,8 | 113 | 248 | 148 | 127,5 | 44,9 | 8,2 | 17,2 | 12,6 | 12,4 | 3,0 | 162 | 360 | 215 | 179,0 | 68,7 | 253 | 400 | 307 | 296,5 | 38,4 | 1,0 | 36,2 | 17,2 | 16,6 | 12,3 | 217 | 323 | 268 | 269,0 | 30,9 |
| **GS-04** | 137 | 166 | 151 | 150,0 | 8,3 | 21,8 | 25,4 | 23,1 | 23,1 | 1,1 | 119 | 130 | 124 | 123,5 | 3,4 | 7,8 | 9,9 | 9,1 | 9,3 | 0,6 | 173 | 190 | 181 | 181,0 | 4,5 | 250 | 338 | 283 | 278,5 | 24,6 | 29,5 | 37,8 | 33,9 | 33,5 | 2,4 | 179 | 234 | 214 | 219,0 | 16,0 |
| **GS-05** | 137 | 167 | 147 | 145,5 | 8,9 | 21,8 | 24,7 | 23,4 | 23,7 | 0,8 | 108 | 132 | 123 | 122,5 | 7,0 | 4,9 | 6,8 | 5,8 | 5,7 | 0,7 | 151 | 200 | 179 | 179,5 | 12,7 | 238 | 301 | 265 | 261,0 | 16,1 | 28,4 | 42,8 | 34,0 | 32,8 | 5,0 | 200 | 248 | 227 | 226,3 | 14,4 |
| **GS-06** | 131 | 166 | 145 | 143,0 | 8,7 | 21,2 | 23,6 | 22,7 | 22,8 | 0,7 | 119 | 129 | 123 | 121,5 | 3,4 | 5,5 | 8,8 | 6,6 | 6,4 | 0,9 | 170 | 195 | 178 | 177,5 | 6,8 | 233 | 298 | 261 | 256,5 | 17,3 | 27,3 | 37,7 | 31,2 | 30,7 | 2,7 | 203 | 300 | 238 | 236,1 | 27,5 |
| **GS-07** | 156 | 200 | 173 | 169,5 | 12,2 | 33,8 | 41,5 | 36,7 | 36,6 | 2,4 | 125 | 180 | 141 | 135,5 | 16,5 | 3,2 | 4,9 | 3,9 | 3,9 | 0,4 | 190 | 266 | 202 | 196,0 | 20,7 | 353 | 416 | 375 | 370,5 | 19,7 | 24,7 | 35,0 | 30,4 | 30,4 | 2,9 | 199 | 283 | 238 | 234,9 | 27,9 |
| **GS-08** | 178 | 192 | 186 | 186,0 | 4,7 | 32,8 | 35,9 | 34,9 | 35,3 | 1,0 | 99 | 106 | 102 | 102,0 | 2,0 | 2,5 | 2,9 | 2,7 | 2,7 | 0,1 | 122 | 134 | 129 | 129,0 | 3,9 | 350 | 385 | 367 | 369,0 | 8,9 | 64,8 | 83,6 | 74,4 | 74,7 | 6,1 | 250 | 317 | 268 | 264,1 | 17,5 |
| **GS-09** | 58 | 188 | 156 | 166,0 | 32,9 | 18,9 | 27,3 | 25,2 | 25,6 | 2,2 | 127 | 159 | 135 | 133,5 | 8,2 | 4,5 | 6,4 | 4,9 | 4,8 | 0,5 | 156 | 179 | 169 | 170,5 | 6,5 | 270 | 387 | 309 | 310,0 | 32,4 | 1,0 | 54,5 | 32,7 | 29,0 | 14,8 | 148 | 438 | 301 | 309,9 | 81,8 |
| **GS-12** | 134 | 187 | 179 | 183,5 | 14,4 | 20,7 | 27,9 | 26,5 | 27,2 | 2,0 | 99 | 126 | 118 | 120,5 | 6,9 | 5,5 | 6,3 | 6,0 | 6,0 | 1,7 | 139 | 185 | 175 | 176,5 | 11,8 | 271 | 312 | 298 | 298,0 | 10,1 | 35,3 | 50,3 | 46,3 | 46,9 | 3,7 | 156 | 284 | 261 | 274,5 | 35,5 |
| **GS-13** | 162 | 187 | 170 | 169,0 | 6,1 | 24,6 | 29,2 | 26,3 | 26,2 | 1,1 | 120 | 136 | 128 | 127,0 | 4,2 | 4,9 | 7,5 | 7,0 | 7,2 | 0,6 | 174 | 202 | 189 | 189,0 | 5,9 | 292 | 323 | 305 | 301,0 | 12,7 | 14,2 | 29,4 | 27,0 | 28,4 | 4,0 | 215 | 300 | 251 | 250,1 | 21,4 |
| **GS-15** | 198 | 554 | 422 | 434,0 | 91,8 | 26,2 | 71,6 | 48,9 | 43,2 | 13,0 | 177 | 1.420 | 506 | 377,0 | 369,3 | 4,7 | 6,3 | 5,4 | 5,4 | 0,4 | 235 | 1.820 | 670 | 493,0 | 475,2 | 562 | 1.750 | 1.160 | 1.120,0 | 298,7 | 1,0 | 52,3 | 36,2 | 46,0 | 18,2 | 107 | 288 | 253 | 278,2 | 54,6 |
| **GS-16** | 203 | 226 | 214 | 213,5 | 6,8 | 34,0 | 39,8 | 37,2 | 37,7 | 1,6 | 174 | 194 | 182 | 181,0 | 6,4 | 4,0 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | 0,3 | 275 | 302 | 287 | 287,0 | 8,2 | 340 | 368 | 355 | 355,5 | 8,1 | 46,8 | 72,7 | 56,2 | 53,0 | 8,9 | 262 | 342 | 313 | 319,0 | 25,4 |
| **GS-17** | 188 | 205 | 197 | 196,5 | 5,7 | 35,9 | 41,2 | 39,4 | 39,4 | 1,6 | 121 | 137 | 129 | 129,0 | 4,7 | 3,1 | 4,9 | 3,4 | 3,3 | 0,5 | 176 | 192 | 184 | 184,5 | 5,8 | 378 | 412 | 394 | 391,5 | 11,6 | 32,6 | 37,2 | 35,7 | 35,8 | 1,4 | 243 | 290 | 275 | 277,6 | 15,3 |
| **GS-19** | 115 | 177 | 146 | 149,5 | 20,4 | 20,4 | 32,0 | 26,0 | 26,7 | 3,8 | 93 | 137 | 117 | 120,0 | 15,7 | 3,0 | 3,7 | 3,4 | 3,4 | 0,3 | 116 | 185 | 156 | 160,5 | 23,8 | 218 | 386 | 302 | 314,5 | 59,3 | 16,2 | 24,6 | 21,1 | 21,1 | 2,6 | 179 | 249 | 219 | 221,4 | 19,3 |
| **GS-21** | 177 | 188 | 184 | 185,0 | 4,2 | 26,7 | 29,6 | 28,5 | 29,1 | 1,3 | 112 | 131 | 123 | 125,0 | 7,6 | 4,7 | 5,1 | 4,9 | 4,9 | 0,1 | 159 | 194 | 181 | 190,0 | 15,0 | 298 | 329 | 320 | 323,0 | 12,6 | 13,8 | 19,0 | 16,2 | 15,1 | 2,3 | 256 | 320 | 300 | 309,9 | 26,0 |
| **GS-25** | 173 | 184 | 176 | 174,0 | 4,3 | 25,4 | 28,8 | 27,2 | 27,2 | 1,1 | 107 | 115 | 110 | 109,5 | 2,8 | 4,7 | 5,0 | 4,8 | 4,8 | 0,1 | 150 | 172 | 158 | 157,0 | 7,7 | 295 | 323 | 304 | 302,0 | 10,5 | 22,5 | 24,3 | 23,3 | 23,2 | 0,7 | 242 | 289 | 277 | 284,9 | 18,1 |
| **GS-26** | 174 | 183 | 177 | 175,0 | 3,6 | 25,4 | 28,7 | 27,1 | 27,1 | 1,1 | 104 | 116 | 109 | 107,5 | 4,3 | 4,7 | 5,5 | 4,9 | 4,8 | 0,3 | 151 | 172 | 158 | 156,5 | 7,7 | 298 | 321 | 305 | 303,0 | 8,7 | 22,3 | 24,6 | 23,6 | 23,5 | 0,8 | 244 | 294 | 279 | 283,0 | 18,5 |
| **GS-27** | 150 | 178 | 167 | 169,5 | 10,1 | 26,1 | 33,5 | 31,0 | 32,1 | 2,7 | 128 | 138 | 134 | 134,5 | 4,0 | 3,7 | 4,0 | 3,8 | 3,7 | 0,1 | 181 | 207 | 194 | 194,0 | 8,7 | 299 | 364 | 332 | 333,5 | 22,3 | 24,4 | 30,4 | 28,0 | 27,8 | 2,2 | 203 | 272 | 240 | 240,3 | 23,9 |
| **GS-28** | 163 | 180 | 171 | 168,5 | 6,3 | 30,2 | 34,0 | 32,1 | 32,2 | 1,5 | 128 | 168 | 142 | 138,0 | 13,9 | 3,7 | 4,0 | 3,9 | 3,9 | 0,1 | 188 | 202 | 195 | 196,5 | 5,5 | 325 | 356 | 338 | 334,5 | 11,9 | 27,7 | 31,3 | 29,1 | 28,6 | 1,6 | 206 | 278 | 251 | 255,6 | 25,7 |
| **GS-29** | 156 | 162 | 159 | 159,0 | 2,5 | 28,5 | 31,9 | 30,4 | 30,6 | 1,2 | 115 | 137 | 129 | 131,0 | 8,6 | 3,6 | 4,0 | 3,8 | 3,8 | 0,2 | 171 | 197 | 186 | 187,0 | 9,5 | 288 | 335 | 312 | 308,0 | 17,4 | 24,4 | 28,0 | 25,9 | 25,7 | 1,4 | 203 | 267 | 244 | 245,2 | 25,3 |
| **GS-30** | 169 | 194 | 179 | 179,0 | 10,2 | 32,2 | 39,2 | 35,8 | 35,7 | 2,8 | 132 | 137 | 135 | 136,0 | 2,4 | 3,4 | 3,9 | 3,7 | 3,8 | 0,2 | 191 | 199 | 195 | 195,0 | 3,2 | 352 | 396 | 371 | 364,0 | 18,4 | 28,6 | 34,1 | 31,0 | 30,2 | 2,3 | 240 | 275 | 254 | 248,9 | 15,0 |
| **GS-31** | 142 | 167 | 160 | 162,0 | 9,0 | 25,3 | 27,4 | 26,7 | 26,9 | 0,7 | 123 | 130 | 127 | 127,0 | 2,8 | 4,9 | 5,4 | 5,2 | 5,3 | 0,2 | 174 | 190 | 184 | 184,5 | 5,9 | 287 | 310 | 297 | 296,5 | 8,1 | 1,0 | 32,3 | 25,1 | 29,3 | 11,9 | 183 | 261 | 241 | 249,5 | 28,9 |
| **GS-32** | 155 | 166 | 162 | 162,0 | 4,1 | 25,2 | 27,2 | 26,5 | 26,8 | 0,7 | 123 | 129 | 126 | 126,0 | 2,4 | 4,8 | 5,4 | 5,2 | 5,2 | 0,2 | 173 | 186 | 183 | 183,5 | 4,8 | 289 | 306 | 296 | 295,0 | 7,2 | 9,6 | 33,0 | 27,4 | 30,1 | 8,8 | 189 | 256 | 242 | 251,3 | 26,1 |
| **GS-33** | 161 | 378 | 210 | 166,0 | 86,1 | 26,2 | 56,1 | 33,9 | 27,8 | 11,8 | 123 | 611 | 233 | 136,0 | 193,3 | 4,9 | 5,7 | 5,3 | 5,3 | 0,3 | 172 | 1.060 | 376 | 198,5 | 350,9 | 290 | 882 | 428 | 309,0 | 234,4 | 21,9 | 32,2 | 28,5 | 29,7 | 3,6 | 189 | 253 | 238 | 248,9 | 24,4 |
| **GS-34** | 165 | 171 | 168 | 167,5 | 2,3 | 25,2 | 28,2 | 27,2 | 27,6 | 1,0 | 121 | 129 | 125 | 124,5 | 3,2 | 5,4 | 5,8 | 5,6 | 5,7 | 0,2 | 168 | 186 | 178 | 178,5 | 5,9 | 308 | 315 | 312 | 312,5 | 2,5 | 24,9 | 28,4 | 26,8 | 27,0 | 1,2 | 214 | 264 | 247 | 250,7 | 18,3 |
| **GS-35** | 166 | 172 | 169 | 169,0 | 2,3 | 25,4 | 28,2 | 27,3 | 27,5 | 1,0 | 122 | 133 | 126 | 125,0 | 4,0 | 5,5 | 6,0 | 5,8 | 5,8 | 0,2 | 171 | 191 | 180 | 179,5 | 6,4 | 310 | 322 | 315 | 313,5 | 4,3 | 26,0 | 28,6 | 27,4 | 27,8 | 1,0 | 214 | 261 | 248 | 254,4 | 17,7 |
| **GS-36** | 136 | 148 | 140 | 139,5 | 4,1 | 21,7 | 24,5 | 23,0 | 22,9 | 1,0 | 118 | 129 | 123 | 123,0 | 3,5 | 5,9 | 7,0 | 6,6 | 6,6 | 0,4 | 173 | 193 | 181 | 179,5 | 7,0 | 236 | 270 | 253 | 252,5 | 13,2 | 28,1 | 32,1 | 30,3 | 30,4 | 1,6 | 174 | 244 | 217 | 220,8 | 23,0 |
| **GS-37** | 135 | 139 | 137 | 137,0 | 2,0 | 22,5 | 23,3 | 22,8 | 22,6 | 0,4 | 118 | 122 | 120 | 121,0 | 2,1 | 6,0 | 6,9 | 6,5 | 6,5 | 0,5 | 175 | 178 | 176 | 176,0 | 1,5 | 235 | 263 | 247 | 242,0 | 14,6 | 27,9 | 31,3 | 29,4 | 28,9 | 1,7 | 173 | 226 | 201 | 205,0 | 26,4 |
| **GS-38** | 175 | 184 | 181 | 182,0 | 4,0 | 26,3 | 29,2 | 28,3 | 28,7 | 1,1 | 114 | 123 | 118 | 118,0 | 3,2 | 5,4 | 5,9 | 5,7 | 5,8 | 0,2 | 170 | 181 | 175 | 174,0 | 4,6 | 284 | 300 | 289 | 288,0 | 5,8 | 56,9 | 61,4 | 59,0 | 58,9 | 1,9 | 242 | 303 | 276 | 283,7 | 26,1 |
| **GS-39** | 161 | 182 | 169 | 166,0 | 8,1 | 25,6 | 29,0 | 26,7 | 26,3 | 1,2 | 109 | 119 | 115 | 115,5 | 3,8 | 5,6 | 7,0 | 6,3 | 6,3 | 0,5 | 162 | 178 | 170 | 169,5 | 6,2 | 283 | 299 | 289 | 289,0 | 5,8 | 49,8 | 59,7 | 54,4 | 53,8 | 4,3 | 198 | 293 | 257 | 264,7 | 38,0 |
| **GS-47** | 368 | 527 | 402 | 385,5 | 51,2 | 41,9 | 58,4 | 49,1 | 49,3 | 5,7 | 311 | 350 | 330 | 330,5 | 13,8 | 7,0 | 22,1 | 9,2 | 7,3 | 5,2 | 450 | 528 | 471 | 465,0 | 24,8 | 901 | 1.270 | 972 | 926,5 | 122,4 | 26,4 | 50,7 | 44,5 | 47,4 | 7,7 | 288 | 625 | 357 | 319,6 | 110,1 |
| **MEDIA TOTAL** | **158,0** | **206,7** | **180,9** | **179,4** | **15,2** | **25,8** | **33,6** | **29,5** | **29,1** | **2,6** | **123,3** | **205,4** | **148,4** | **140,5** | **27,3** | **4,8** | **6,7** | **5,6** | **5,5** | **0,6** | **175,5** | **295,1** | **213,0** | **200,7** | **40,3** | **309,3** | **430,8** | **355,9** | **345,9** | **38,5** | **24,5** | **38,0** | **32,5** | **32,8** | **4,5** | **207,2** | **295,9** | **256,5** | **259,9** | **29,3** |

Tabla 9.III (II). Estadística de los datos analíticos de los puntos de la Red de Control Geotérmica de la margen derecha (campañas de enero de 2011 a noviembre de 2012)

| Código red | Nº de muestras | pH | | | | | Temperatura del agua (ºC) | | | | | Potencial redox ( mV) | | | | | Conductividad a 20 ºC ( µS/cm) | | | | | Oxígeno disuelto ( mg/L O2) | | | | | Oxígeno disuelto ( % sat_) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mín | Max | Media | Mediana | Desv. est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. |
| GS-01 | 12 | 6,7 | 7,0 | 6,8 | 6,8 | 0,1 | 17,2 | 21,4 | 19,2 | 18,8 | 1,4 | 55 | 192 | 110 | 92 | 55 | 2.210 | 3.290 | 2.869 | 3.070 | 438 | 3,0 | 8,5 | 5,7 | 5,4 | 2,1 | 38,0 | 83,5 | 66,1 | 67,0 | 18,0 |
| GS-10 | 12 | 6,6 | 7,0 | 6,8 | 6,8 | 0,1 | 15,7 | 19,2 | 17,5 | 17,9 | 1,3 | -1 | 127 | 53 | 45 | 48 | 3.080 | 3.450 | 3.238 | 3.255 | 113 | 2,9 | 8,3 | 5,2 | 5,2 | 1,5 | 36,0 | 81,1 | 56,3 | 57,0 | 12,1 |
| GS-11 | 12 | 5,8 | 7,3 | 6,9 | 7,0 | 0,4 | 13,5 | 19,0 | 17,2 | 17,5 | 1,4 | -15 | 146 | 60 | 68 | 51 | 2.250 | 2.500 | 2.383 | 2.390 | 66 | 4,6 | 7,9 | 6,0 | 5,8 | 1,2 | 49,0 | 94,0 | 64,4 | 63,5 | 13,1 |
| GS-18 | 12 | 7,0 | 7,7 | 7,2 | 7,2 | 0,2 | 16,1 | 16,8 | 16,5 | 16,7 | 0,2 | -160 | 33 | -73 | -85 | 52 | 1.549 | 2.120 | 1.708 | 1.611 | 193 | 2,4 | 7,8 | 3,9 | 3,8 | 1,6 | 29,0 | 83,2 | 42,8 | 40,7 | 16,0 |
| GS-20 | 12 | 6,7 | 7,1 | 6,9 | 6,9 | 0,1 | 18,3 | 19,6 | 19,0 | 19,1 | 0,5 | -101 | 61 | -38 | -53 | 47 | 1.800 | 2.670 | 2.303 | 2.345 | 240 | 3,0 | 7,8 | 5,4 | 5,1 | 1,7 | 31,0 | 86,0 | 61,3 | 59,5 | 18,2 |
| GS-23 | 6 | 6,9 | 7,3 | 7,1 | 7,1 | 0,2 | 15,4 | 21,6 | 17,3 | 16,7 | 2,2 | -5 | 117 | 75 | 84 | 42 | 2.120 | 3.040 | 2.562 | 2.540 | 333 | 4,6 | 8,1 | 5,9 | 5,5 | 1,3 | 51,0 | 86,0 | 66,4 | 63,3 | 12,3 |
| GS-24 | 6 | 6,9 | 7,3 | 7,1 | 7,2 | 0,1 | 13,9 | 32,2 | 19,7 | 18,3 | 6,5 | 24 | 112 | 81 | 86 | 32 | 1.966 | 3.140 | 2.347 | 2.220 | 446 | 3,7 | 9,5 | 6,7 | 7,1 | 2,3 | 51,0 | 97,0 | 75,0 | 80,5 | 19,3 |
| GS-40 | 6 | 6,7 | 7,2 | 6,9 | 6,8 | 0,2 | 15,9 | 20,6 | 18,8 | 19,2 | 1,9 | -27 | 83 | 40 | 39 | 41 | 2.450 | 2.570 | 2.532 | 2.545 | 46 | 4,4 | 8,9 | 7,0 | 8,1 | 2,2 | 56,0 | 93,1 | 78,2 | 85,0 | 16,4 |
| GS-41 | 5 | 6,8 | 7,6 | 7,3 | 7,4 | 0,3 | 23,5 | 30,3 | 27,2 | 26,8 | 3,0 | 38 | 117 | 75 | 86 | 36 | 2.440 | 2.560 | 2.522 | 2.550 | 50 | 4,5 | 8,6 | 7,2 | 8,0 | | 60,0 | 95,9 | 83,6 | 89,3 | |
| GS-42 | 6 | 6,7 | 6,9 | 6,8 | 6,8 | 0,1 | 20,0 | 22,6 | 21,8 | 22,0 | 1,0 | 34 | 125 | 86 | 90 | 30 | 3.200 | 3.370 | 3.268 | 3.260 | 60 | 3,6 | 7,9 | 6,1 | 6,3 | 1,6 | 48,0 | 90,9 | 71,9 | 75,0 | 15,6 |
| GS-43 | 6 | 6,8 | 7,1 | 6,9 | 6,9 | 0,1 | 14,3 | 27,4 | 22,3 | 22,5 | 4,5 | -10 | 83 | 56 | 77 | 38 | 3.230 | 3.380 | 3.282 | 3.270 | 54 | 4,4 | 8,3 | 6,5 | 6,3 | 1,4 | 61,0 | 84,1 | 75,8 | 81,0 | 9,5 |
| GS-44 | 6 | 7,0 | 8,0 | 7,3 | 7,1 | 0,4 | 16,4 | 20,0 | 17,8 | 17,1 | 1,5 | -141 | 105 | -38 | -62 | 91 | 363 | 2.910 | 2.223 | 2.815 | 1.053 | 2,2 | 8,8 | 5,5 | 4,7 | 2,5 | 31,0 | 92,5 | 64,6 | 62,5 | 24,2 |
| GS-45 | 6 | 5,9 | 7,2 | 6,9 | 7,1 | 0,5 | 17,1 | 19,9 | 18,3 | 18,2 | 1,1 | 20 | 75 | 47 | 45 | 24 | 2.790 | 3.310 | 2.982 | 2.930 | 182 | 3,9 | 9,6 | 7,1 | 7,3 | 1,9 | 50,0 | 109,4 | 80,6 | 83,5 | 19,9 |
| GS-46 | 6 | 6,8 | 7,0 | 6,9 | 6,9 | 0,1 | 17,3 | 26,1 | 19,0 | 17,7 | 3,5 | 51 | 160 | 94 | 83 | 53 | 2.750 | 3.110 | 2.970 | 3.000 | 129 | 2,9 | 7,8 | 5,0 | 4,9 | 2,1 | 37,6 | 84,0 | 56,5 | 55,0 | 19,5 |
| MEDIA TOTAL | | 6,7 | 7,3 | 7,0 | 7,0 | 0,2 | 16,8 | 22,6 | 19,4 | 19,2 | 2,1 | -17,0 | 109,7 | 44,8 | 42,4 | 45,7 | 2.300 | 2.959 | 2.656 | 2.700 | 243,1 | 3,6 | 8,4 | 5,9 | 6,0 | 1,8 | 44,9 | 90,1 | 67,4 | 68,8 | 16,5 |

| Código red | Calcio ( mg/L $Ca^{2+}$ ) | | | | | Magnesio ( mg/L $Mg^{2+}$ ) | | | | | Sodio ( mg/L $Na^{+}$ ) | | | | | Potasio ( mg/L $K^{+}$ ) | | | | | Cloruros ( mg/L $Cl^{-}$ ) | | | | | Sulfatos ( mg/L $SO4^{2-}$ ) | | | | | Nitratos ( mg/L $NO3^{-}$ ) | | | | | Alcalinidad de campo (mg/l $HCO3^{-}$ ) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. | Mín | Max | Media | Mediana | Desv.est. |
| GS-01 | 311 | 506 | 427 | 451 | 75,3 | 36,1 | 51,9 | 45,5 | 47,0 | 5,4 | 181 | 307 | 254 | 271 | 48,6 | 8,5 | 12,3 | 10,8 | 11,4 | 1,6 | 246 | 432 | 372 | 411,0 | 76,6 | 709 | 1.310 | 1.032 | 1.090 | 217,1 | 17,2 | 35,2 | 26,4 | 23,9 | 6,4 | | | | | |
| GS-10 | 358 | 384 | 370 | 371 | 7,8 | 40,1 | 51,8 | 45,2 | 44,0 | 4,2 | 365 | 470 | 399 | 399 | 29,7 | 4,0 | 5,0 | 4,3 | 4,2 | 0,3 | 502 | 631 | 559 | 560,5 | 30,5 | 868 | 996 | 905 | 899 | 35,5 | 20,1 | 25,0 | 22,2 | 22,1 | 1,6 | 287,9 | 427,0 | 346,3 | 346,5 | 35,0 |
| GS-11 | 224 | 301 | 278 | 282 | 20,3 | 41,9 | 47,0 | 45,1 | 45,0 | 1,5 | 175 | 278 | 247 | 250 | 27,1 | 3,9 | 4,7 | 4,2 | 4,1 | 0,2 | 277 | 411 | 379 | 386,0 | 35,2 | 412 | 668 | 571 | 576 | 66,5 | 31,7 | 43,9 | 38,4 | 38,0 | 3,6 | 273,3 | 363,6 | 316,4 | 313,5 | 21,6 |
| GS-18 | 128 | 170 | 143 | 140 | 12,3 | 23,6 | 32,4 | 26,7 | 25,7 | 2,8 | 192 | 267 | 219 | 207 | 24,2 | 5,6 | 6,5 | 6,0 | 5,8 | 0,3 | 269 | 438 | 338 | 315,5 | 54,8 | 278 | 368 | 306 | 295 | 28,5 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,0 | 175,7 | 240,3 | 209,1 | 214,7 | 18,9 |
| GS-20 | 188 | 361 | 250 | 254 | 44,5 | 32,7 | 47,5 | 42,2 | 43,5 | 4,8 | 222 | 357 | 277 | 284 | 37,5 | 2,4 | 5,2 | 3,0 | 2,7 | 0,8 | 316 | 519 | 424 | 435,5 | 58,9 | 232 | 825 | 406 | 387 | 167,5 | 0,9 | 25,1 | 10,5 | 9,6 | 9,6 | 239,1 | 518,5 | 434,7 | 432,5 | 78,3 |
| GS-23 | 233 | 315 | 274 | 270 | 29,4 | 28,5 | 34,6 | 31,4 | 30,8 | 2,2 | 255 | 423 | 330 | 320 | 58,8 | 3,6 | 4,4 | 3,9 | 3,9 | 0,3 | 358 | 571 | 447 | 435,5 | 87,3 | 552 | 725 | 668 | 690 | 65,9 | 10,9 | 15,9 | 13,9 | 13,9 | 1,9 | 236,7 | 395,3 | 297,5 | 280,0 | 59,3 |
| GS-24 | 216 | 323 | 264 | 255 | 42,6 | 26,7 | 35,9 | 31,4 | 31,6 | 3,6 | 212 | 423 | 288 | 273 | 75,8 | 3,6 | 6,4 | 4,3 | 4,0 | 1,0 | 310 | 571 | 394 | 362,5 | 100,3 | 496 | 761 | 613 | 599 | 101,2 | 11,3 | 20,9 | 15,0 | 14,4 | 3,4 | 244,0 | 331,8 | 280,8 | 276,3 | 31,8 |
| GS-40 | 273 | 305 | 293 | 294 | 11,6 | 45,1 | 50,3 | 48,9 | 49,8 | 2,0 | 264 | 291 | 277 | 277 | 9,5 | 2,4 | 2,9 | 2,6 | 2,6 | 0,2 | 433 | 473 | 455 | 459,0 | 16,6 | 558 | 624 | 584 | 577 | 24,0 | 29,7 | 34,5 | 31,9 | 32,4 | 1,9 | 292,8 | 358,7 | 323,3 | 322,1 | 25,1 |
| GS-41 | 274 | 297 | 284 | 287 | 9,7 | 44,0 | 50,0 | 48,0 | 49,5 | 2,6 | 268 | 291 | 277 | 273 | 9,1 | 2,5 | 2,8 | 2,6 | 2,6 | 0,1 | 440 | 479 | 459 | 464,0 | 14,9 | 544 | 604 | 572 | 580 | 26,5 | 28,9 | 35,1 | 31,8 | 32,2 | 2,4 | 309,9 | 341,6 | 330,4 | 334,3 | 12,3 |
| GS-42 | 480 | 523 | 505 | 504 | 15,3 | 50,2 | 66,4 | 57,0 | 55,9 | 7,0 | 274 | 317 | 296 | 297 | 13,7 | 13,4 | 16,3 | 15,1 | 15,2 | 0,9 | 438 | 504 | 467 | 462,5 | 26,3 | 1.140 | 1.300 | 1.238 | 1.245 | 58,2 | 28,9 | 37,7 | 35,1 | 36,1 | 3,2 | 266,0 | 329,4 | 307,2 | 312,9 | 21,6 |
| GS-43 | 492 | 524 | 510 | 512 | 12,8 | 49,3 | 66,0 | 56,4 | 55,2 | 7,1 | 274 | 314 | 294 | 293 | 12,7 | 13,1 | 16,3 | 15,0 | 15,1 | 1,1 | 446 | 501 | 467 | 461,5 | 20,7 | 1.170 | 1.290 | 1.246 | 1.250 | 42,8 | 29,6 | 37,9 | 35,2 | 36,1 | 2,9 | 278,2 | 319,6 | 306,4 | 311,1 | 14,6 |
| GS-44 | 36 | 331 | 230 | 280 | 115,9 | 2,5 | 30,5 | 22,1 | 27,9 | 11,2 | 27 | 416 | 291 | 363 | 150,3 | 3,8 | 19,5 | 10,4 | 8,1 | 7,6 | 33 | 522 | 361 | 454,5 | 190,0 | 62 | 905 | 629 | 792 | 333,4 | 0,9 | 4,2 | 1,8 | 1,1 | 1,4 | 97,6 | 292,8 | 229,0 | 248,9 | 74,5 |
| GS-45 | 310 | 347 | 330 | 329 | 14,2 | 28,9 | 34,8 | 30,6 | 29,6 | 2,3 | 354 | 464 | 403 | 397 | 43,9 | 3,6 | 3,8 | 3,7 | 3,6 | 0,1 | 439 | 570 | 501 | 495,5 | 45,4 | 802 | 945 | 881 | 876 | 51,5 | 10,4 | 11,2 | 10,9 | 11,1 | 0,4 | 244,0 | 297,7 | 274,5 | 279,4 | 21,4 |
| GS-46 | 344 | 396 | 373 | 379 | 18,0 | 42,9 | 51,0 | 46,8 | 46,1 | 3,6 | 299 | 367 | 330 | 322 | 29,2 | 4,4 | 4,6 | 4,5 | 4,4 | 0,1 | 417 | 518 | 475 | 480,0 | 38,3 | 809 | 984 | 913 | 916 | 58,2 | 0,9 | 26,7 | 20,9 | 24,5 | 9,8 | 268,4 | 344,0 | 307,8 | 303,8 | 25,9 |
| MEDIA TOTAL | 276,2 | 363,1 | 323,6 | 329,0 | 30,7 | 35,2 | 46,4 | 41,2 | 41,5 | 4,3 | 240,2 | 356,1 | 298,6 | 301,7 | 40,7 | 5,3 | 7,9 | 6,5 | 6,3 | 1,0 | 351,7 | 510,0 | 435,6 | 441,7 | 56,8 | 616,6 | 878,9 | 754,7 | 769,3 | 91,2 | 15,9 | 25,3 | 21,1 | 21,2 | 3,5 | 247,2 | 350,8 | 304,9 | 305,8 | 33,9 |

Tabla 9.IV. Estadística de los datos analíticos de los puntos de la Red de Control Geotérmico de la margen izquierda (campañas de enero de 2011 a noviembre de 2012)

## Facies hidroquímicas

Para describir las facies hidroquímicas existentes y observar gráficamente cuál puede ser su variabilidad temporal se procede a representar los datos mediante diagramas de Piper para diferentes campañas de muestreo. En la Figura 9.2 se representa el diagrama de Piper para la totalidad de puntos de la campaña de campo de noviembre de 2011 (Figura 9.2a) y noviembre 2012 (Figura 9.2b) para la red de control tipo 2. Este diagrama permite identificar y clasificar las muestras según su afinidad o facies química, observando un agrupamiento en torno a una facies mayoritaria de tipo mixto: sulfato-clorurado y bicarbonatada / cálcico-sódica y magnésica, con contenidos entre 30 y 50% para sulfatos, del 20 al 40% para cloruros, del 40 al 50% para calcio y del 30 al 50% en sodio. Un pequeño porcentaje de muestras tiene como facies dominante únicamente la sulfatada cálcica.

En este contexto de facies se observaría un agrupamiento de las muestras en función de la margen del río a la que pertenece cada punto de muestreo. Se constata que las muestras correspondientes a puntos situados sobre la margen izquierda poseen porcentajes ligeramente superiores a los de la margen contraria para los aniones sulfato o cloruro; de hecho la facies sulfatada cálcica solo se ha detectado en este lado del río, al norte de la ciudad.

Una representación que permite caracterizar no solo el tipo de facies hidroquímica existente en las aguas subterráneas si no también su distribución espacial en la ciudad es mediante los denominados diagramas de Stiff. En la Figura 9.3 se representan los diagramas de los puntos de la red de control tipo 2 muestreados en la campaña de marzo de 2012. Analizando esta figura, se deduce igualmente la diferenciación de facies existente entre ambas márgenes, así como el mayor contenido salino de los puntos analizados y de las aguas situadas al norte de Zaragoza, como ya ha sido señalado en la descripción de los diagramas de Piper.

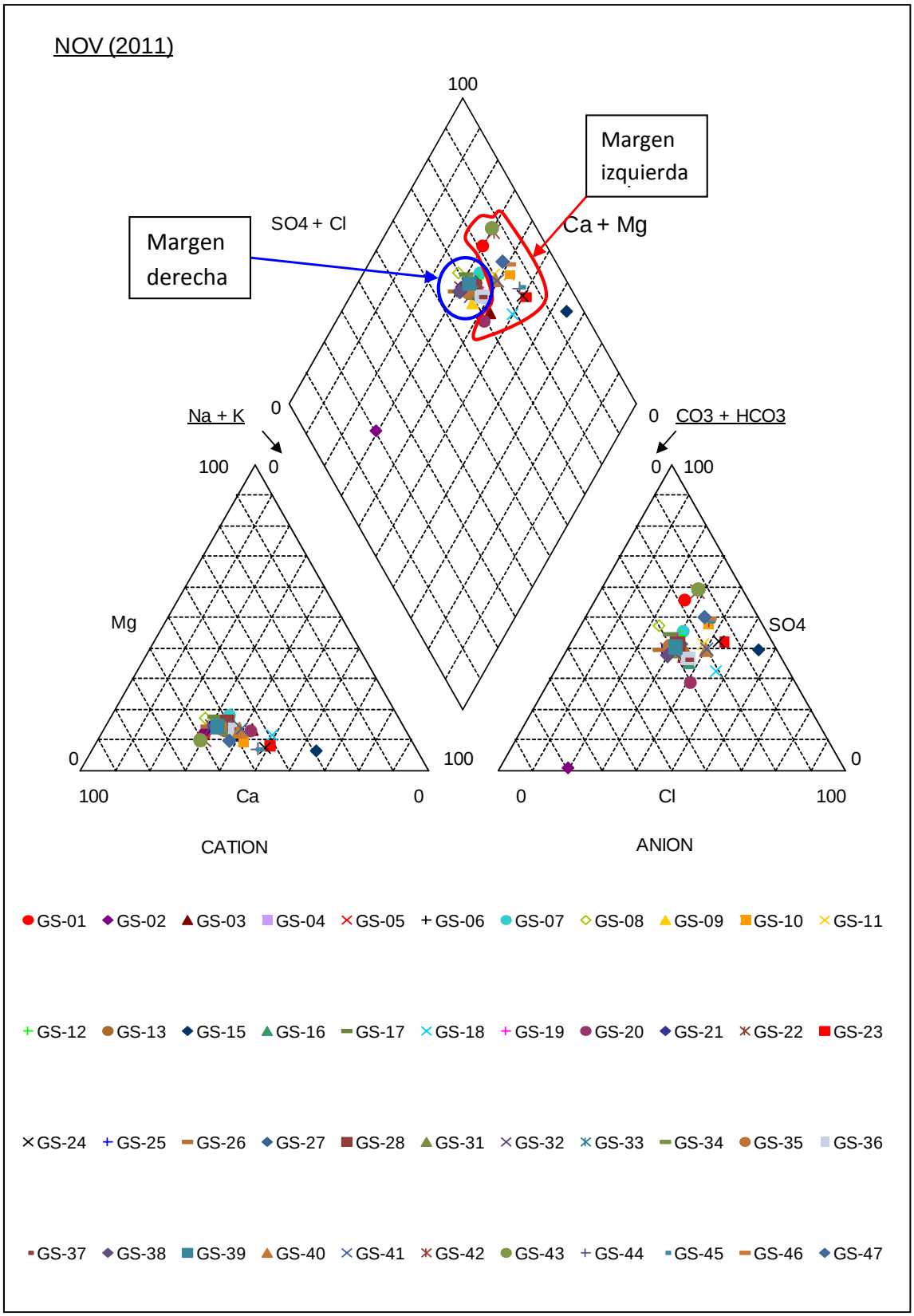



Figura 9.2a. Diagrama de Piper. Campaña de noviembre de 2011 para la red de control tipo 2

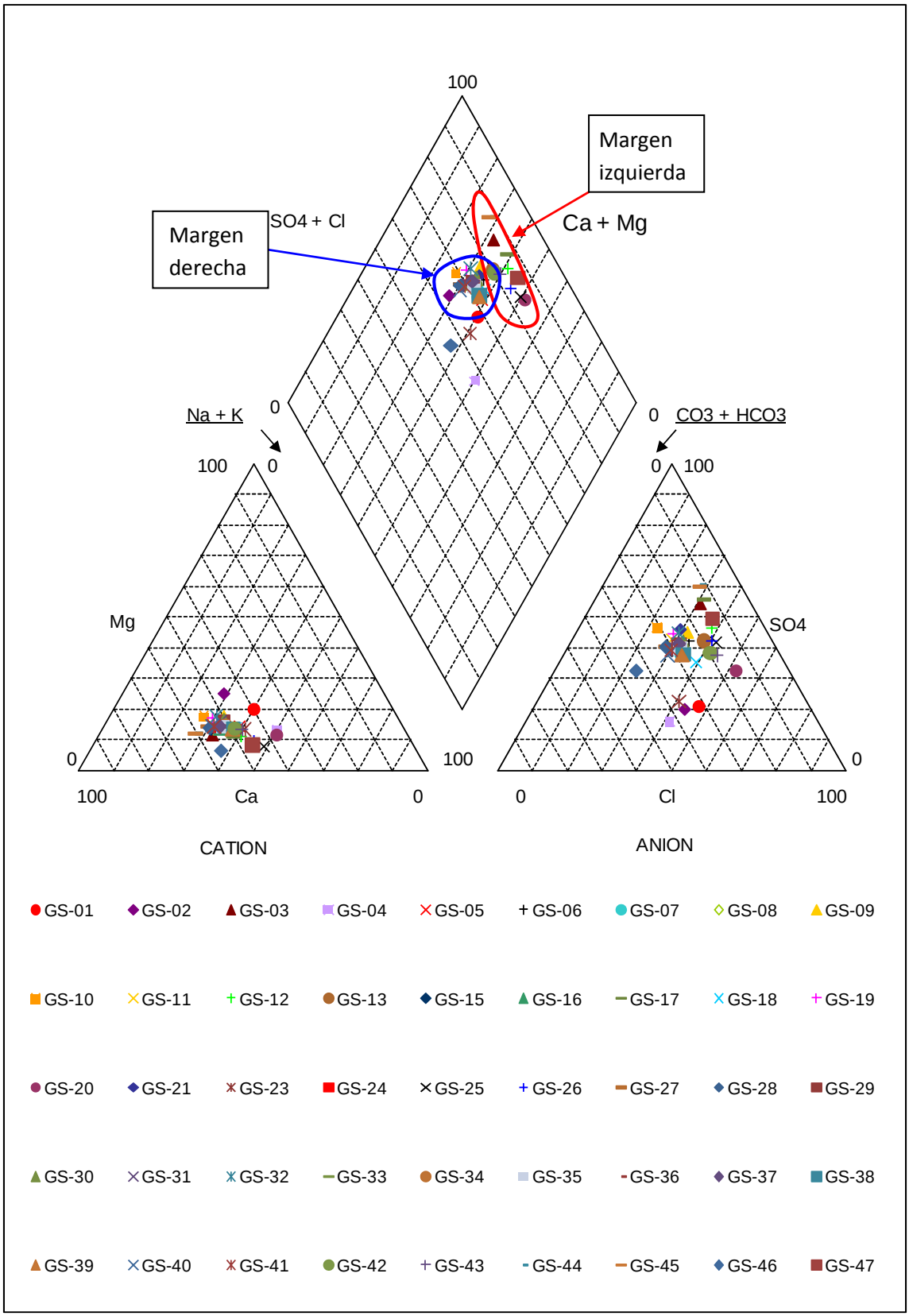



Figura 9.2b. Diagrama de Piper. Campaña de noviembre de 2012 para la red de control tipo 2

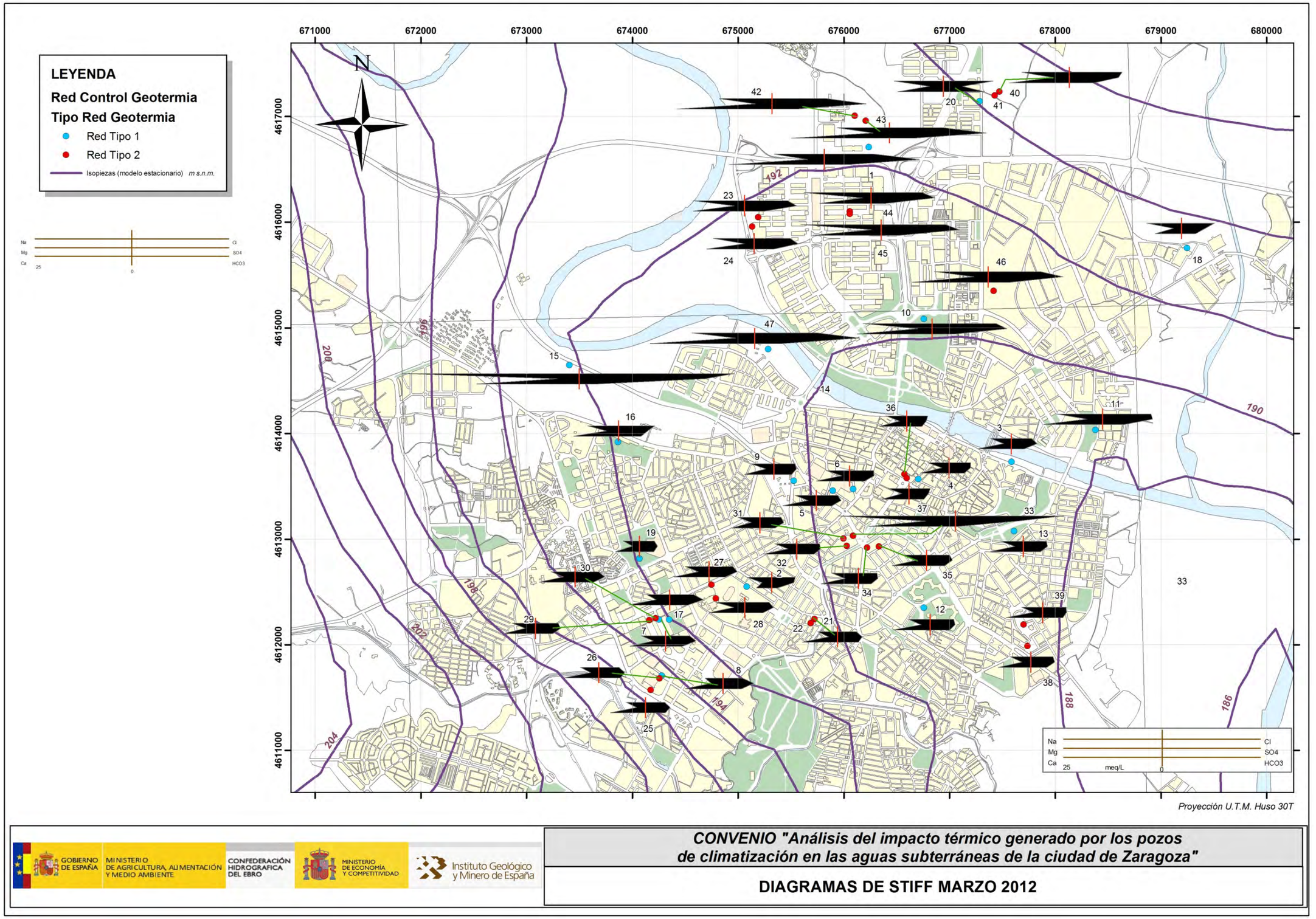



Figura 9.3. Mapa de diagramas de Stiff modificados para la Red de Control Geotérmica tipo 2. Campaña de marzo de 2012

Las aguas de la margen derecha presentan una menor salinidad y un carácter sulfatado cálcico-sódico. Con los diagramas de Stiff se puede observar también una pequeña diferenciación de muestras tomadas en puntos localizados en las terrazas altas del Ebro (p.ej. muestras GS-29 y GS-30), donde se advierte una facies sulfatado cálcico-sódica, y las muestras tomadas en puntos situados sobre terrazas bajas cercanas al río (p.ej. muestras GS-4 y GS-37), que incluyen además una composición mixta de aguas sulfato cloruradas. Esto puede deberse a que en esta zona, los pozos son más penetrantes en el acuífero, llegando a tocar, e incluso a traspasar, al sustrato terciario salino. Un caso extremo resulta claramente visible en los pozos GS-15 y GS-33, donde los diagramas de Stiff de la Figura 9.3 muestran una facies muy salina del tipo clorurado-sódico.

En cambio, las aguas de la margen izquierda, muestran unas facies similares pero notablemente más salinas. Esto podría justificarse por lo ya comentado anteriormente acerca del contexto geológico y de proximidad del sustrato terciario. Además puede influir el lavado superficial de las sales y escorrentía proveniente del escarpe salino aflorante y de las aguas con mayor contenido en sales que aporta e infiltra el cercano río Gállego, los pozos GS-11 y GS-18 podrían ser representativos de este último proceso.

## Evolución temporal de la composición

Comparando los dos diagramas de Piper de las Figuras 9.2a y 9.2b, que representan el estado de los puntos de red en el mes de noviembre pero de distintos años, no se observa evolución o diferencias significativas respecto a las facies hidroquímicas descritas inicialmente. Igual conclusión puede obtenerse cuando se comparan facies de diferentes campañas obtenidas en un mismo año hidrológico.

En cuanto a la evolución temporal a largo plazo, se dispone para su comparación de analíticas en una red urbana establecida por el IGME en trabajos previos de caracterización del aluvial del Ebro en Zaragoza (Garrido *et al*., 2003; Garrido *et al*., 2008). Concretamente, los datos de la campaña de octubre de 2000 recogidos en la

Figura 9.4, que ya incluye algunos puntos de la actual Red de Control Geotérmica, reflejan una salinidad, tipología de facies hidroquímicas y distribución espacial similares a las obtenidas en los muestreos más recientes de este trabajo.

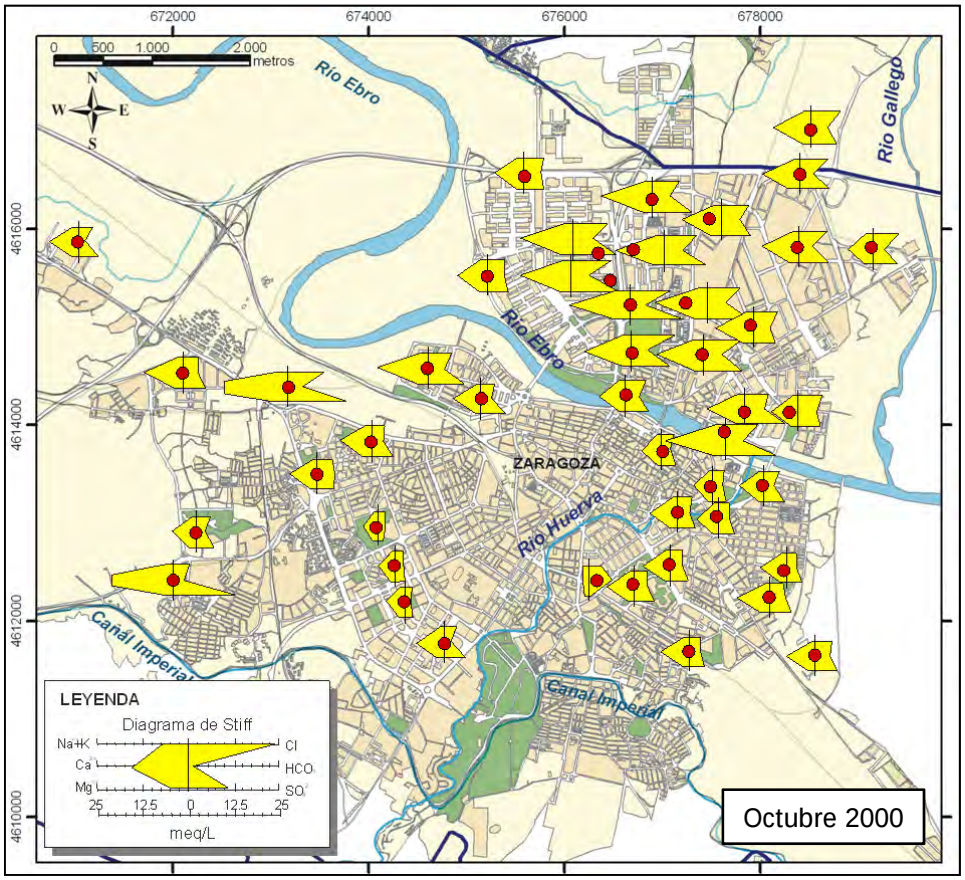



Figura 9.4. Diagramas de Stiff modificado para una red urbana de control de calidad del agua subterránea. Campaña de octubre de 2000. Fuente: IMGE (2008)

En las Figuras 9.5 y 9.6 se muestra también la evolución de los elementos mayoritarios para el periodo de control, entre enero de 2011 y noviembre de 2012. Se selecciona para tal fin y para cada margen del río, un punto tipo de la red de geotermia, es decir, aquel punto de la red en el que el valor medio de cada uno de los parámetros analizados más se aproxima al valor medio de toda la población de datos. Con ello se pretende detectar un cambio estacional o una tendencia en la composición química del agua al comparar los diferentes análisis.

El punto de la red que mejor cumple estas condiciones en la margen derecha es el piezómetro GS-9 (Avenida de Clavé). Si se observa la evolución temporal de los iones mayoritarios en este punto, exceptuando el primer muestreo de la serie obtenido durante la perforación del mismo, se puede deducir una tendencia creciente para el

contenido de sulfatos y de calcio durante el periodo considerado, sin que ello suponga el cambio significativo de su facies hidroquímica. El resto de iones permanece estacionario, o ligeramente decreciente si se observa la evolución de la alcalinidad.

El punto tipo de la red que cumple estas mismas condiciones en la margen izquierda del Ebro es el GS-10 (Parque del Tío Jorge). En él se observa una tendencia cuasi-estacionaria de la evolución de los iones o ligeramente creciente en el caso de cloruros, sulfatos y sodio.

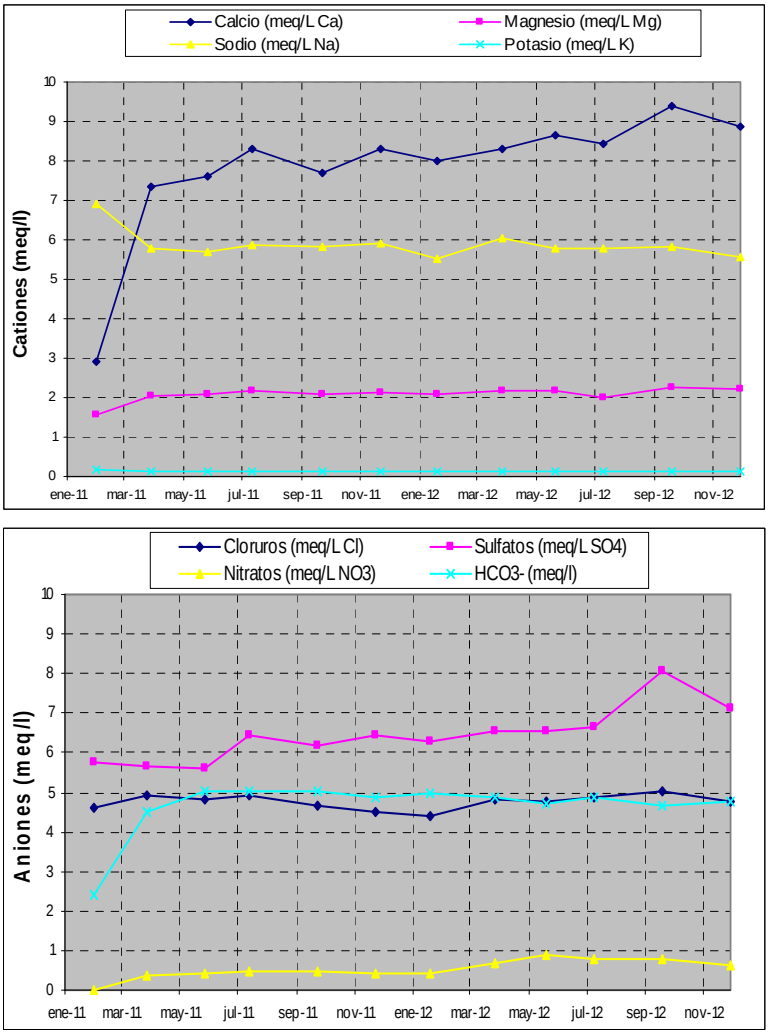



Figura 9.5. Variación temporal de los elementos mayoritarios durante el periodo de enero 2011 a noviembre 2012 para el punto tipo de la margen derecha (GS-9).

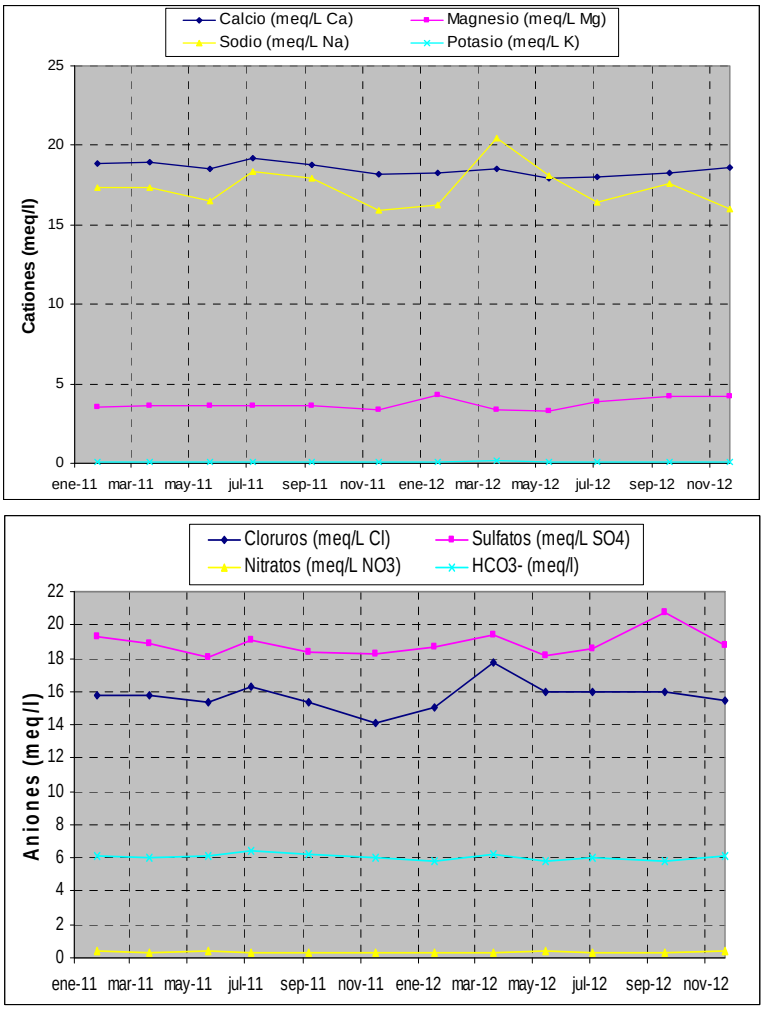



Figura 9.6. Variación temporal de los elementos mayoritarios durante el periodo de enero 2011 a noviembre 2012 para el punto tipo de la margen izquierda (GS-10).

# 10. IMPACTO DE LOS SITEMAS GEOTÉRMICOS EN LA GEOQUÍMICA Y COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ZARAGOZA

## 10.1 Aspectos generales sobre la interacción de los sistemas de climatización con el medio subterráneo

En general y a nivel europeo, los sistemas geotérmicos abiertos suelen tener una implantación más limitada que los sistemas geotérmicos cerrados. Son sistemas pensados fundamentalmente para grandes instalaciones que requieren de grandes caudales de agua por lo que no pueden localizarse en cualquier parte del territorio. En este sentido, las experiencias en España son poco numerosas (a excepción de Zaragoza), mientras que en otros países de Europa o Estados Unidos donde su implantación es mayor, se utilizan fundamentalmente para la generación de calor, con la consecuente inyección de aguas más frías al acuífero para las que se presupone una despreciable afección sobre la calidad del agua subterránea. A esta minimización en la consideración de potenciales impactos negativos contribuyen también dos suposiciones: a) el pensar que la calidad del agua captada es la misma que la inyectada puesto que proceden del mismo acuífero, y b) que el contexto geológico y litológico de las formaciones que limitan los acuífero no implica disolución mineral, de manera que se tiende a considerar su impacto sobre el medio como poco significativo o inexistente. Estas observaciones, quizás aplicables a la mayoría de sistemas en funcionamiento de otros países pueden no obstante ser sustancialmente diferentes para el acuífero de Zaragoza tal y como se justifica en los siguientes apartados.

La EPA (1999), de los EEUU, el Servicio Geológico Británico (Abesser, 2010) o el BRGM (Jaudin, 1988) entre otros, ya previenen de potenciales impactos derivados de la inyección en sistemas geotérmicos abiertos, citando diferentes casos y escenarios concretos en las que los se pueden apreciar efectos adversos de tipo térmico, de cantidad y en la calidad del agua, destacando: aquellos en los que la variación de niveles piezométricos y de oxígeno disuelto pueden alterar el equilibrio de los constituyentes disueltos generando precipitados de metales, óxidos de hierro, calcio; crecimientos de bacterias dependientes del oxígeno en las proximidades del pozo, que suelen ser tratados en operaciones de mantenimiento o para evitar el desarrollo bacteriano con aditivos y sustancias específicas capaces de contaminar el agua subterránea. Por el contrario, la EPA no contempla cambios en las condiciones del pH-Eh en las aguas de inyección siempre y cuando se esté utilizando el mismo acuífero.

Consideración aparte debería hacerse en el caso de que los pozos de los sistemas atraviesen acuíferos de diferente calidad. En estos casos el riesgo de conexión entre diferentes acuíferos es alto y aumenta la probabilidad de afección al medio si no se toman las medidas preventivas y de aislamiento adecuadas que eviten filtraciones, drenajes y vertidos accidentales.

## Parámetros sensibles: temperatura, oxígeno disuelto y dióxido de carbono

Teniendo como referente la afección a la composición del agua subterránea, el proceso de climatización geotérmica en circuito abierto interacciona con el medio según se presenta en la Figura 10.1.

Los sistemas abiertos producen en primer lugar un cambio en la temperatura del agua y de forma inmediata una modificación del equilibrio de los gases en disolución. Los más relevantes son el $O_2$ y $CO_2$ pues de ellos depende la agresividad del agua así como la capacidad de incrustación. A estas variables les hemos llamado “parámetros sensibles” pues son las primeras en verse afectadas y la causa de toda una cadena de

procesos subsecuentes. La temperatura de la solución determina no solo la solubilidad de los gases, si no también la de los sólidos.

En el caso de los gases, la solubilidad disminuye con el aumento de la temperatura, debido a la mayor tendencia que tiene el gas a expandirse. Según enuncia la ley de Henry, a temperatura constante, la cantidad de gas disuelta en un líquido determinado es directamente proporcional a la presión parcial del gas en equilibrio con el líquido. Lo que expresado en notación matemática queda como:

$$p = k_H \cdot c$$

donde *p* es la presión parcial del gas sobre la solución, *c* es la concentración del gas en la solución y $k_H$ es la constante de Henry, una constante de proporcionalidad con unidades de presión/concentración. La solubilidad de un gas en un líquido puede expresarse mediante la constante de Henry cuyo valor es dependiente de la temperatura, generalmente aumenta según aumenta la temperatura y como consecuencia la solubilidad de los gases desciende.

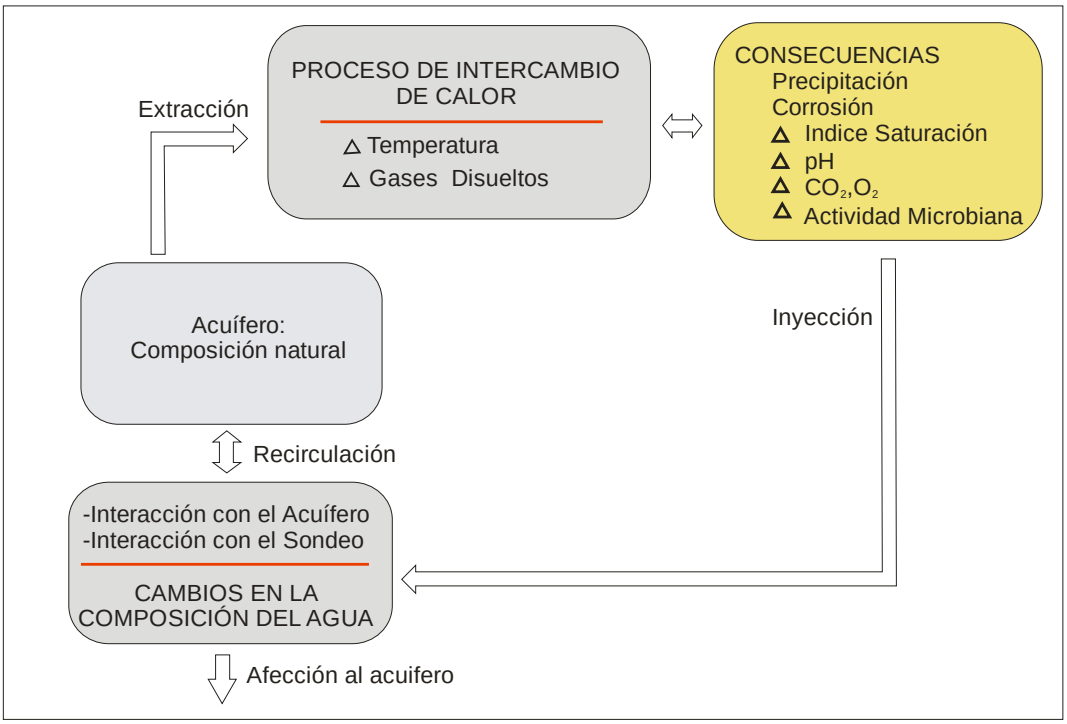



Figura 10.1. Representación esquemática de la interacción entre un sistema de climatización abierto y el medio subterráneo

Por su parte, de forma general, el aumento de la temperatura provoca un aumento de la solubilidad de los sólidos en líquidos, aunque existen casos donde la solubilidad sufre una pequeña variación e incluso casos donde al aumentar la temperatura la solubilidad disminuye. Como ejemplo, la Figura 10.2 muestra la variación en función de la temperatura del contenido en calcio, azufre y carbono inorgánico disuelto en un agua subterránea tipo de Zaragoza manteniendo un equilibrio con yeso, calcita y presión parcial de CO2 de $10^{-3,5}$ atmósferas. El carácter polar o apolar de la sustancia influye mucho, ya que, debido a estos la sustancia será más o menos soluble.

Además, la cinética de las reacciones que se producen en el seno de una disolución, depende de la temperatura. La constante de velocidad y por tanto la velocidad de una reacción, aumenta si aumenta la temperatura, porque la fracción de moléculas que sobrepasan la energía de activación es mayor. A mayor temperatura hay un mayor porcentaje de moléculas con energía suficiente para producir la reacción, puesto que las reacciones químicas se producen por los choques eficaces entre las moléculas de reactivo, tanto en la dirección adecuada, como con una energía mínima requerida.

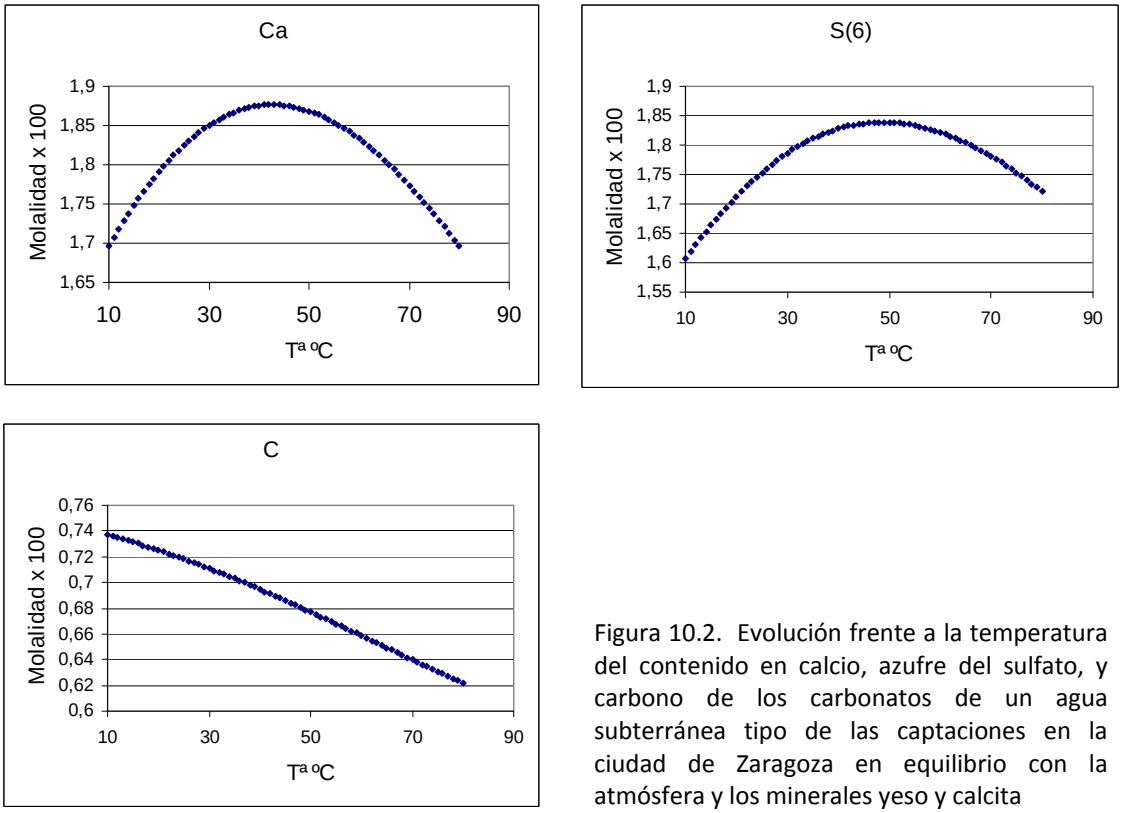



Figura 10.2. Evolución frente a la temperatura del contenido en calcio, azufre del sulfato, y carbono de los carbonatos de un agua subterránea tipo de las captaciones en la ciudad de Zaragoza en equilibrio con la atmósfera y los minerales yeso y calcita

La variación de la constante de velocidad con la temperatura viene recogida en la ecuación de Arrhenius:

$$K = A \cdot e^{-E_a / RT}$$

donde: *A* es el Factor Preexponencial o Factor de frecuencia, que depende de la geometría de la molécula, $E_a$ es la Energía de Activación, *R* la Constante Universal de los Gases y *T* la temperatura en grados Kelvin

A modo de ejemplo se presentan las reacciones de especiación del sistema carbonatado y las de disolución de calcita y yeso:

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow 2H^+ + CO_3^{2-}$$

$$Ca + 2HCO_3^- \leftrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \leftrightarrow Ca^{2+} + SO_4^{2-} + 2H_2O$$

$$K_{PS} = \left[Ca^{2+}\right] \cdot \left[SO_4^{2-}\right] \cdot \left[H_2O\right]^2 = 10^{-4.5}$$

$$K_{PS} = \left[Ca^{2+}\right] \cdot \left[CO_3^{2-}\right] = 10^{-8.4}$$

Los precipitados de calcita, que son los de mayor consideración, se pueden prever de otra forma con el índice de saturación de Langelier, según el cual el calcio precipita en forma de carbonato cuando alcanza su límite de saturación en presencia de bicarbonato. Todas las aguas con valores positivos requieren medidas preventivas. El índice de saturación de Langelier indica el valor que debe tener el pH del agua para que dicho índice sea cero. El carbonato cálcico es muy soluble en medio ácido, hay que controlar por tanto el pH del agua, ya que la forma de la especie carbonatada depende en gran medida de este valor.

El yeso es ligeramente soluble en el agua: $13{,}7 \cdot 10^{-3}$ mol/L a 25°C y presión de una atmósfera. Su solubilidad muestra una dependencia positiva con la temperatura en aguas frías, llegando a un máximo alrededor de los 58°C y después decrece. La solubilidad del yeso también tiene una variación positiva con la salinidad, pero la temperatura de máxima solubilidad, cerca de 58°C, no cambia significativamente. A presión atmosférica, la anhidrita es la fase termodinámicamente estable a temperaturas superiores a 56-58°C, pero por debajo de esta temperatura la anhidrita se vuelve inestable respecto al yeso. La disolución de la anhidrita por debajo de los

58°C aporta ion calcio e ion sulfato, dejando el agua ligeramente sobresaturada en yeso y provocando su cristalización.

De todo lo anteriormente expuesto se deduce que, desde la perspectiva de los parámetros analizados, para proteger la calidad del agua subterránea es necesario:

- Evitar la aireación del agua. La aireación aumenta el contenido en oxígeno disuelto y con ello la agresividad del agua.
- Evitar la desgasificación que puede ser causa de pérdida de $CO_2$ disuelto y con ello de formación de precipitados de carbonatos insolubles.
- Reducir el salto térmico de forma que el índice de saturación de las especies disueltas no varíe y se produzcan fenómenos de disolución/precipitación no deseados.

## Afección a la matriz sólida. Impacto sobre las características hidráulicas del acuífero

El agua subterránea una vez ha cumplido su función en el sistema de intercambio de calor es reintroducida en el acuífero, entonces atraviesa el material poroso interaccionando con este de muy diferentes maneras:

a) Disolviendo los materiales solubles en función de su coeficiente de solubilidad, hasta alcanzar un equilibrio entre las fases sólidas y en solución. Entre los materiales abundantes en la zona de estudio pueden citarse rocas solubles como la caliza ($CaCO_3$), la dolomía o caliza dolomítica ($(Ca,Mg)CO_3$), minerales como el yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), la halita (NaCl), la silvina (KCl), carnalita ($KMgCl_3 \cdot 6H_2O$) y otras sales menos solubles como la anhidrita ($CaSO_4$), etc. La disolución de este tipo de materiales, muy abundantes en el entorno geológico de Zaragoza, da lugar a aguas de elevada mineralización, que suelen generar problemas de calidad para la mayor parte de usos.
b) Hidrolizando los materiales susceptibles de ello. La hidrólisis, literalmente rotura por el agua, es un proceso de descomposición de algunos minerales

constituyentes de las rocas por acción de las moléculas de agua. La hidrólisis causa la solubilidad de minerales que de otra forma quedarían siempre en la estructura de las rocas. Es el principal proceso de alteración de los silicatos, que son las estructuras minerales más abundantes en la naturaleza. La hidrólisis de silicatos da lugar a la formación de arcilla e iones en solución. La hidrólisis es un proceso muy lento, pues el agua es un mal donador de $H^+$, pero que se ve acelerada a pH ácidos.

c) La hidratación. Con frecuencia la hidratación es el primer paso en el proceso de ataque a un mineral, se trata de un proceso químico en el que una sal más o menos higroscópica absorbe agua, por ejemplo, de la atmósfera que la rodea, incorporándola a su estructura. Las propiedades físico-químicas de las sales hidratadas son diferentes a las de las sales anhidras de las que proceden.

d) Especies químicas tan importantes en la composición de las aguas subterráneas como $Fe^{2+}$, $SO_4^{2-}$, $H_2S$, $CH_4$, procesos como la transformación del nitrato o de los vertidos de contaminantes orgánicos o de metales pesados e, incluso, los ciclos de los principales elementos necesarios para la vida (carbono, azufre, nitrógeno) están regidos por procesos de óxido-reducción. La óxido-reducción es un conjunto de reacciones químicas en las que se produce un transporte de electrones de una especia a otra, variando de esta manera su estado de oxidación.

e) Ataque biológico. La actividad biológica, y en especial la descomposición de la materia orgánica, genera dióxido de carbono y ácidos orgánicos con gran capacidad de ataque a diversos minerales, sobre todo los constituyentes de rocas carbonáticas y como se ha visto en el apartado b) los ácidos aceleran notablemente los procesos de hidrólisis.

f) Precipitando aquellas especies sólidas que se encuentran por encima del coeficiente de solubilidad.

Los procesos anteriormente descritos pueden a su vez modificar las características hidráulicas del acuífero a través de dos mecanismos:

1) Los procesos de disolución e hidrólisis, aumentan la permeabilidad debido al incremento de la porosidad secundaria. Un caso extremo es el desarrollo de karst en sales muy solubles como los carbonatos o los yesos.
2) La precipitación y el desarrollo bacteriano de especies que generan geles orgánicos, taponan los poros de la matriz del terreno o de los filtros de los sondeos.

La cinética y equilibrio de las reacciones entre la matriz sólida del terreno y el agua que la atraviesa son dependientes de la temperatura, de forma general a mayor temperatura más rápidas son las reacciones y en la mayor parte de los ocasiones más se desplazará el equilibrio hacia las fases sólidas disueltas. El comportamiento de los gases es diferente, el incremento de la temperatura disminuye su solubilidad y esto puede ser especialmente relevante en el desarrollo de procesos de incrustación.

Por tanto, desde la perspectiva de la alteración de las propiedades hidráulicas del acuífero es importante que el sistema geotérmico abierto:

- No favorezca el desarrollo bacteriano, lo que es equivalente a que no introduzca nutrientes en el sistema y que la elevación de temperatura se restrinja al mínimo posible.
- No induzca la precipitación de sales disueltas.
- No favorezca la disolución de la matriz sólida del terreno.

Este último punto es especialmente relevante en el caso de la ciudad de Zaragoza y, en general, de las captaciones situadas sobre materiales muy solubles, como carbonatos o yesos. Lo ideal sería encontrar una solución de compromiso entre los beneficios de aumentar la porosidad secundaria, lo cual puede favorecer los caudales de extracción e inyección de los sondeos del sistema geotérmico abierto, y la aparición, o aceleración de procesos de carstificación, que puedan tener consecuencias no deseadas sobre la estabilidad de edificaciones y otras obras civiles. Así pues, como regla general y desde un punto de vista de seguridad en el sistema, se debe optar por evitar el aumento de los procesos de disolución.

## Afección a la actividad microbiana

Uno de los principales problemas que puede desarrollarse a consecuencia de la inyección de agua caliente en los acuíferos es la modificación de las tasas de crecimiento bacteriano y la colmatación de los sondeos de inyección debido a la acumulación de geles de origen biológico. En este sentido, Garnier (2012) realiza algunos experimentos en los que se demuestra el grado de afección al crecimiento bacteriano inducido por implantación de sistemas geotérmicos abiertos en la ciudad de Lyon (Francia).

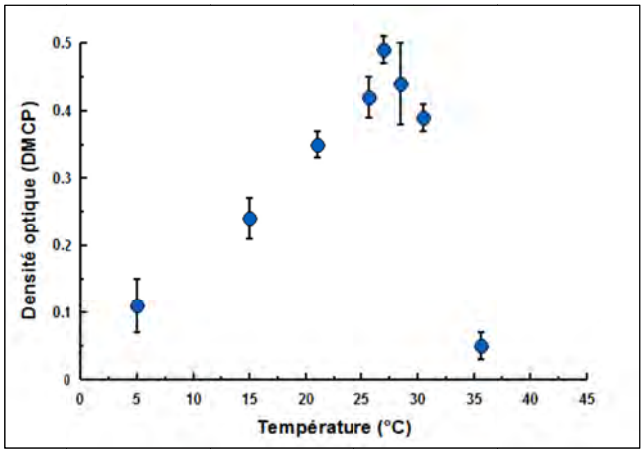



Figura 10.3. Actividad metabólica del agua en función de la temperatura medida en un emplazamiento experimental. DMCP: desarrollo medio de la coloración; indicador de actividad metabólica. Fuente: Garnier (2012)

En la dinámica de estos procesos, el crecimiento incontrolado de microorganismos causado por el vertido térmico de los aprovechamientos geotérmicos abiertos puede tener consecuencias negativas, tanto sobre el rendimiento del sistema (disminución de la permeabilidad de los sondeos de extracción e inyección, corrosión de las conducciones) como sobre el propio acuífero, al inducir reacciones de interacción entre el agua y la matriz diferentes a las esperables en condiciones normales (Belzegues *et al*., 2013). Además es sabido que las bacterias son responsables de muchos de los procesos de corrosión frecuentes en los circuitos de cambio de calor que emplean el agua como fluido. En este apartado se prestará atención únicamente a los efectos sobre la calidad del agua y el acuífero.

En los circuitos de refrigeración (Aznar, 1997) pueden encontrarse fundamentalmente dos grandes grupos bacterianos desde el punto de vista de su interacción con el sistema:

a) Las bacterias que al formar una cápsula gelatinosa causan problemas de colmatación de los filtros. Además estas cápsulas son capaces de retener partículas muy finas aislándolas del medio. Entre otros géneros podemos encontrar *Flavobacterium, Proteus, Pseudomonas, Serratia* o *alcalígenes*.

b) Bacterias causantes de la corrosión. En este grupo se engloban:

   a. Las bacterias productoras de ácidos, del género *Thiobacillus* que obtienen energía oxidando el sulfuro ($S^{2-}$) a azufre elemental ($S^0$) y este oxidándolo hasta producir ácido sulfúrico:

$$2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O$$
$$2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$$

   b. Las bacterias del hierro (ferrobacterias). Son bacterias que necesitan la presencia de oxígeno para desarrollarse, son capaces de obtener energía oxidando el hierro ferroso (II) en férrico (III) a través de reacciones como por ejemplo:

$$2Fe(CO_3) + \tfrac{1}{2}O_2 + 3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 2CO_2$$

   El consumo de oxígeno da lugar a condiciones reductoras que favorecen la proliferación de bacterias sulfato-reductoras.

   c. Bacterias sulfato-reductoras. Son organismos anaerobios que emplean el sulfato como aceptor electrónico produciendo como desecho metabólico ácido sulfúrico. Se han descrito 18 géneros bacterianos con esta capacidad (*Campylobacter, Desulfuromonas, Desulfovibrio, Desulfobacterium*, etc.). Su distribución es muy amplia. Encuentran su pH óptimo entre 5,5 y 9,5 unidades; además, el rango de temperatura óptimo, muy dependiente de la especie concreta, es muy amplio, entre 10 y 60°C. Son además muy adaptables a la variación de las condiciones ambientales. A continuación se transcriben algunas de las reacciones que permiten comprender el metabolismo de estas bacterias y sus consecuencias:

$$SO_4^{2-} + 5H_2 \rightarrow H_2S + 4H_2O$$
$$SO_4^{2-} + 2CH_2O \rightarrow H_2S + 2HCO_3$$
$$H_2S + M^{2+} \rightarrow MS + 2H^+$$
$$FeS_2 + \tfrac{15}{4}O_2 + \tfrac{7}{2}H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 2SO_4^{2-} + 4H^+$$

Hay que considerar pues que el desarrollo bacteriano está ligado a la temperatura del medio en que viven dichos microorganismos. La influencia de la temperatura sobre la velocidad de desarrollo bacteriano es complejo; por un lado cada reacción química individual, de todas las que conforman el metabolismo, es afectada por la temperatura, por lo que un incremento de ésta resulta en una mayor velocidad de reacción. Esto se traduce en un aumento de la tasa de crecimiento bacteriano con la temperatura. Por otra parte, aumentos de temperatura por encima de un determinado límite inactivan las enzimas que catalizan las reacciones, con lo que la velocidad de crecimiento (µm) decrece rápidamente. La temperatura óptima resulta de la interacción de estos dos efectos. En la Figura 10.4 se presenta un ejemplo del aspecto que tienen las curvas µm/T (variación de la velocidad de crecimiento con la temperatura) para un organismo mesófilo típico.

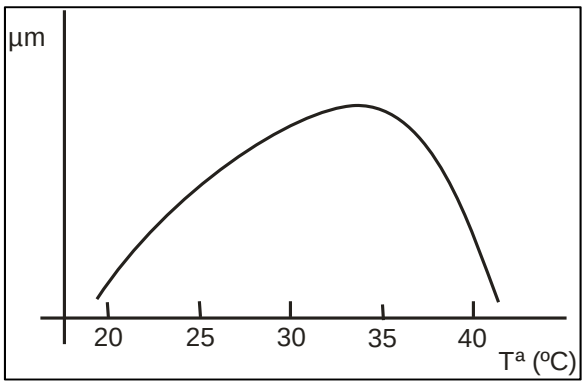



Figura 10.4. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de crecimiento para organismos mesófilos. Fuente: http://www.biologia.edu.ar

Como regla general, se ha observado que los microorganismos psicrófilos poseen una temperatura óptima de crecimiento entre 10 y 20°C, los mesófilos entre 30 y 40°C y, finalmente, los termófilos entre 50 y 60°C.

Por otro lado, el medio subterráneo es un medio oligotrófico, siendo el fósforo y la materia orgánica los principales factores limitantes en cualquier tipo de agua. Por tanto, al ser las bacterias organismos heterótrofos normalmente no se encuentran poblaciones muy desarrolladas en este medio. Pero en esquemas de circulación

forzada se produce una renovación continua del agua y un aporte continuo de nutrientes lo que trae consigo un crecimiento de la masa bacteriana mucho mayor que en condiciones típicas de circulación muy lenta del agua subterránea. Si en este esquema de funcionamiento se añade una fuente de carbono, como puede ser la contaminación por aguas residuales o de infiltración rápida desde el suelo, las tasas de crecimiento se pueden disparar varios órdenes de magnitud.

Un problema añadido es que el metabolismo bacteriano da lugar a la producción de $CO_2$, ácidos orgánicos débiles (acético, láctico, etc.) sustancias todas ellas que confieren acidez al agua y por tanto son responsables de un aumento de la capacidad de corrosión de la misma.

## 10.2 Identificación de impactos en la composición de las aguas subterráneas

Como se irá comprobando, el aprovechamiento geotérmico a través de sistemas abiertos produce pequeñas modificaciones en los parámetros físico-químicos y en la geoquímica del agua subterránea de la ciudad. Los cambios en todo caso son detectados principalmente en las cercanías de los pozos de vertido, resultando amortiguados conforme nos alejamos de los focos de calor. Se ha abordado un estudio sistemático que abarca la afección a la composición de las aguas, la identificación de procesos de disolución-precipitación mineral y la evaluación del cambio geoquímico en tres escalas diferentes de trabajo:

- A escala de dobletes de pozos, confrontando los valores analizados de las aguas de los pozos de vertido frente a los de las aguas de captación de las diferentes campañas de muestreo de los años 2011 y 2012 para una docena de sistemas geotérmicos que se controlan en la Red de control Geotérmica tipo 2.
- A escala global, al identificar procesos y evoluciones temporales entre puntos de la Red de Control Geotérmica afectados y presumiblemente no afectados.
- A lo largo de una línea de flujo, observando las modificaciones geoquímicas y la evolución temporal de los parámetros analizados en diversos piezómetros

IGME cercanos entre sí, alineados con una línea de corriente de flujo subterráneo, bien identificada y caracterizada, que atraviesa diferentes aprovechamientos geotérmicos en funcionamiento. Los piezómetros que cumplen esta condición son los señalados en la Figura 10.5, que se posicionan sobre un segmento de 570 m de longitud de una línea de flujo de que comienza con un piezómetro "A" no afectado térmicamente (IGME GS-9, Avenida Clavé), atraviesa el vertido térmico del Museo Pablo Serrano, controlado por el piezómetro "B" (IGME GS-5, Albareda) y finaliza con el piezómetro "C" (IGME GS-6, Hospital Provincial), que controla el vertido térmico de este último sistema geotérmico.

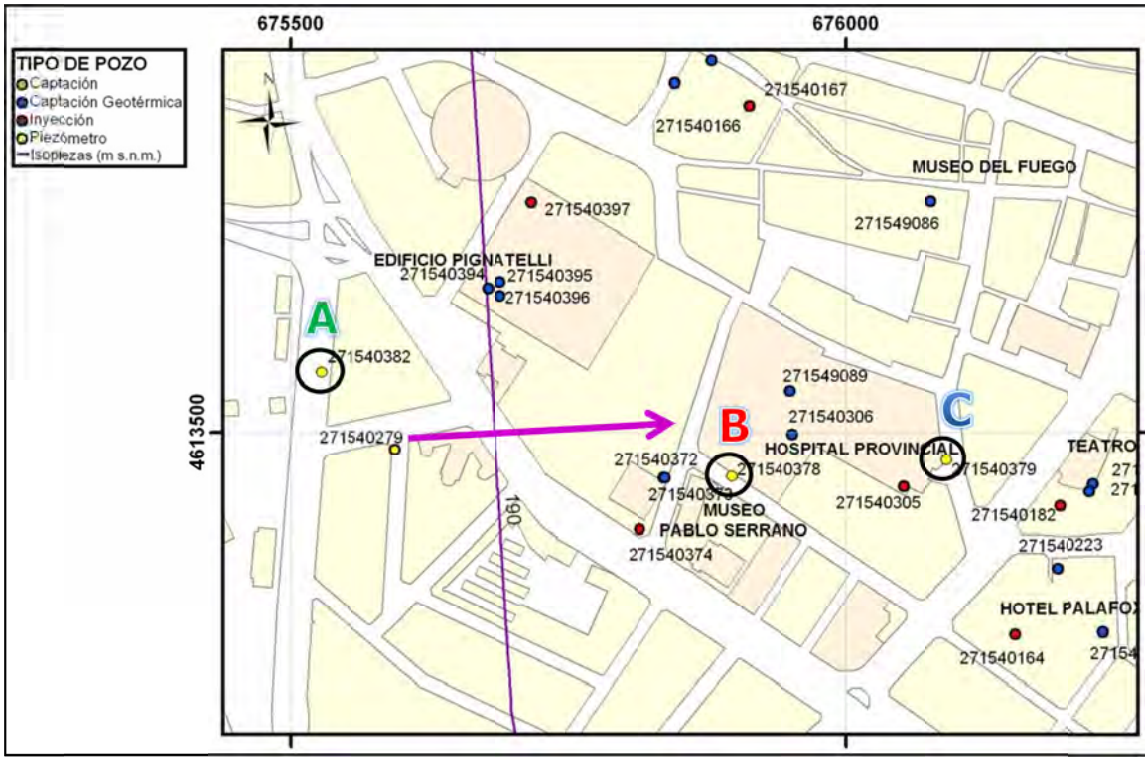



Figura 10.5. Distribución de piezómetros a lo largo de una línea de flujo subterráneo para identificación de impactos geoquímicos y de composición de las aguas

La identificación de impactos en la composición del agua subterránea se realiza sobre los parámetros determinados "in situ" (CE, OD, pH, Eh y alcalinidad), por ser parámetros que controlan la físico-química del resto de componentes del agua subterránea, resultando además ser un conjunto de determinaciones de fácil y rápida medición con instrumental de campo.

## Identificación de impactos en dobletes de pozos

En este apartado se estudian las alteraciones de la composición en las aguas subterráneas del entorno inmediato de los pozos de vertido como consecuencia de su interacción con aguas de devolución, las cuales han experimentado un salto térmico tras su paso por los circuitos de refrigeración.

Dependiendo de las características de la instalación se tienen diferentes escenarios de muestreo y control que de no ser tenidos en cuenta pueden condicionar la correcta interpretación de los resultados. Por ello debe sistematizarse el muestreo. Así, la toma de muestra de la captación se realiza bien a través del anular del pozo de captación o en un punto de acceso de la conducción (grifo), por lo que no cabe esperar modificaciones significativas, pero el muestreo del vertido plantea varias opciones:

- En la propia conducción de vertido (grifo) antes de mezcla con el agua del acuífero. Este caso se tiene en 4 sistemas de la margen derecha del Ebro y en 2 de la margen izquierda.
- A través del anular del pozo de vertido, produciéndose mezcla con el agua subterránea. Este caso se tiene también en 4 sistemas de la margen derecha del Ebro y en 2 de la margen izquierda.

En ambas situaciones se ha de considerar también si los aprovechamientos se encontraban o no en funcionamiento (bombeo de pozos) durante la campaña de muestreo. En caso de parada se procede a la puesta en marcha del equipo a fin de circular las aguas y obtener muestras representativas del acuífero. En caso de funcionamiento previo de los sistemas, se procede primero al muestreo de la captación y se solicita posteriormente la parada del equipo, siempre y cuando sea posible, para obtener una muestra representativa de la mezcla con el agua del acuífero a través del interior del pozo de devolución.

### 1. Conductividad eléctrica

En la Figura 10.6 se confrontan las determinaciones de campo de la conductividad eléctrica (µS/cm a 20°C) en los dobletes de pozos, diferenciando las distintas campañas

de muestreo. Se observa por lo general un pequeño aumento de la conductividad en las aguas de vertido de aproximadamente un 5% del valor medio de las aguas de captación.

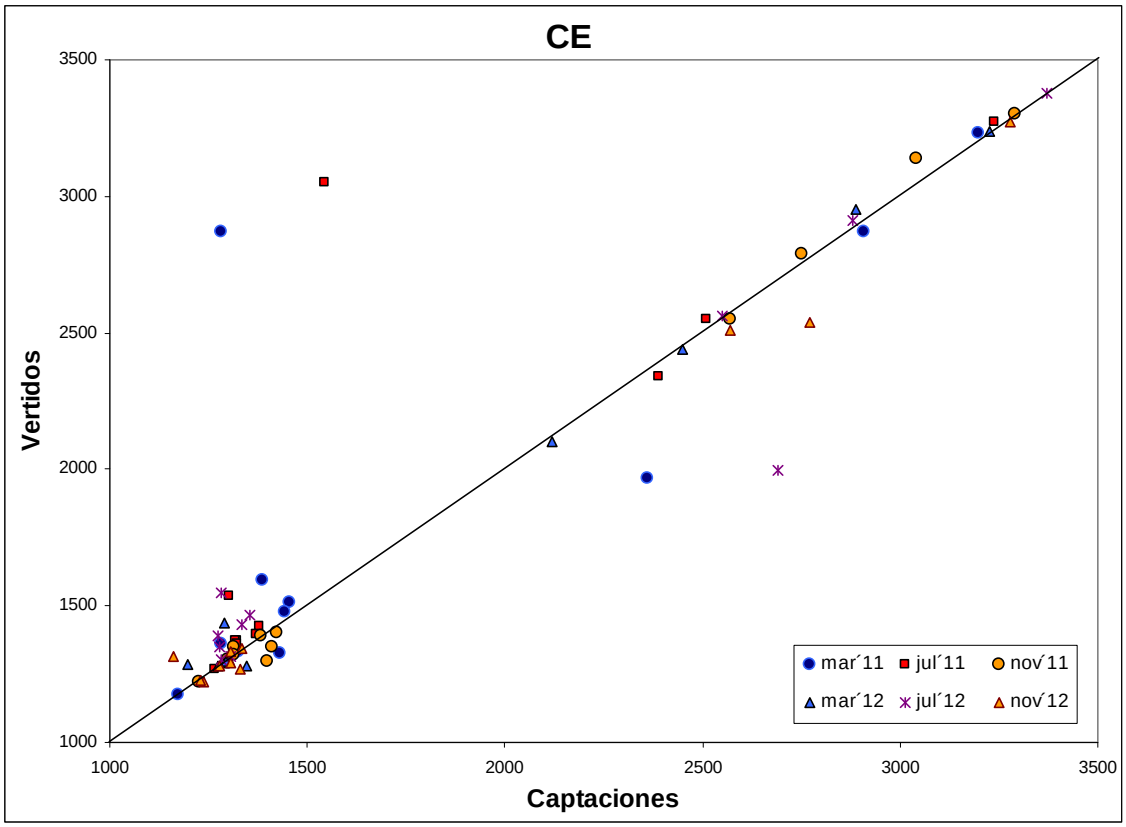



Figura 10.6. Valores confrontados de conductividad eléctrica (µS/cm a 20°C) para dobletes de pozos de sistemas geotérmicos (aguas de captación frente al agua de vertido)

Teniendo en cuenta que, la conductividad eléctrica varía aproximadamente un 2%/°C con la temperatura (Custodio y Llamas, 1983), que los aparatos de medida compensan la desviación por temperatura proporcionando lecturas estandarizadas a 20°C, y que en los circuitos de las instalaciones de los sistemas geotérmicos no hay ninguna mezcla con otros tipos de agua, cabe esperar que las desviaciones significativas de conductividad eléctrica registradas entre pares de pozos correspondan únicamente a aquellos sistemas geotérmicos cuyas aguas de devolución se han muestreado desde el interior del pozo de vertido, cuyas características pueden diferir del pozo de captación. Vertidos de tal naturaleza se realizan en los siguientes aprovechamientos geotérmicos y puntos de la red de control: MAZ (GS-40/GS41), Edificio Paraninfo con vertido en Plaza Paraíso (GS-31/GS-33), Centro Deportivo Municipal S. XXI (GS-23/GS-24),

Aragonia (GS-29/GS-30), Hospital Clínico (GS-27/GS-28) y Centro Comercial Utrillas Plaza (GS-38/GS-39). En los restantes sistemas, el agua de vertido se obtiene tras su paso por los circuitos de intercambio de calor, en alguna toma de agua antes de su devolución al acuífero. La Figura 10.7 muestra la evolución comparada de la CE en el doblete de pozos de dos aprovechamientos con estas características diferentes en cuanto al punto de toma del vertido.

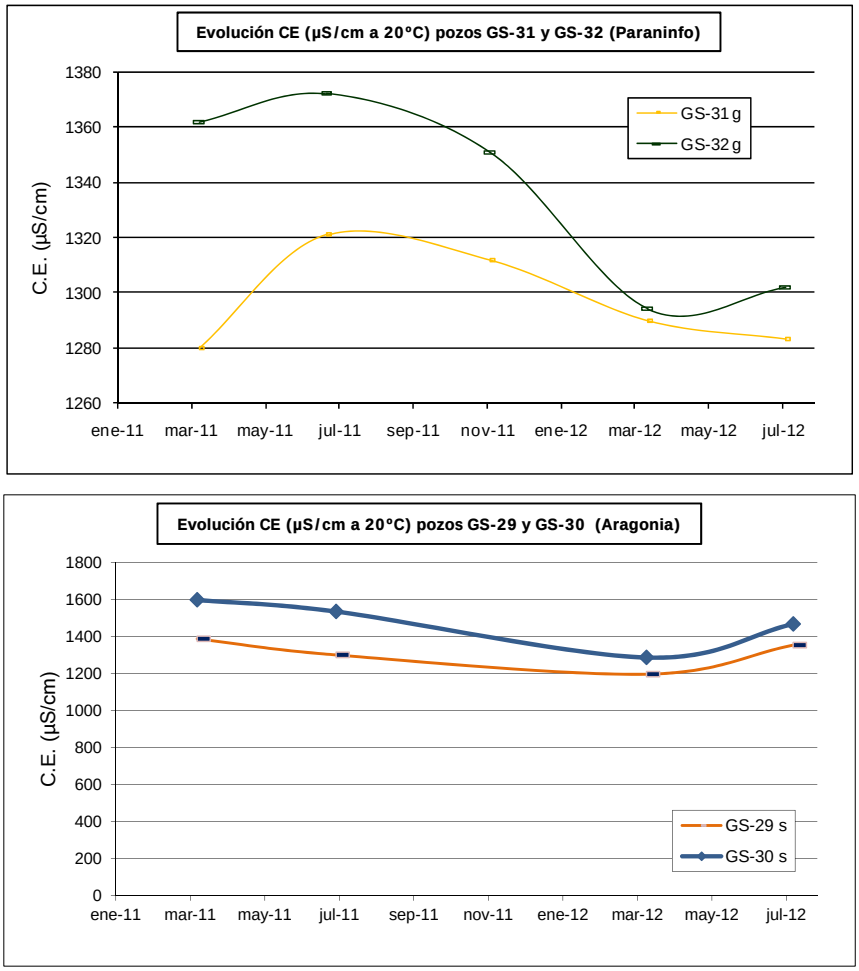



Figura 10.7. Evolución comparada de la CE en dobletes de pozos (captación/vertido) para los aprovechamientos de Aragonia (GS-29/GS-30) y Edificio Paraninfo (GS-31/ GS-32)

Para explicar este incremento de salinidad se plantean dos hipótesis: una constructiva, en pozos que han atravesado las facies solubles del substrato terciario que aportan salinidad natural al agua; otra por impacto térmico, al producirse una disolución forzada en el entorno de los pozos como consecuencia del aumento de temperatura del agua subterránea.

En cuanto a una posible variación de la CE asociada a la evolución de otros parámetros, parece existir una relación directa ligada en mayor medida a la oscilación del nivel piezométrico que a la evolución de la temperatura del agua subterránea, tal y como se observa en los registros de los piezómetros IGME de la red de control. Respecto a la evolución temporal de la CE, a lo largo del periodo de evaluación de este estudio, no se determina una tendencia significativa de la conductividad.

Atendiendo a la calidad del agua subterránea en función de los valores de CE y del funcionamiento de los sistemas geotérmicos, se puede afirmar que las pequeñas variaciones que se observan en ningún caso hacen que un agua, que de partida es de buena calidad, supere el criterio de potabilidad (2.500 µS/cm, según el Real Decreto R.D. 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano) como consecuencia de la afección de los sistemas de climatización. Muestras de agua con valores de CE superiores a este límite se obtienen debido a la propia salinidad natural de las aguas subterráneas.

### 2. Oxígeno disuelto

Las aguas de devolución de sistemas geotérmicos, pese a tener generalmente una temperatura superior, son las que tienen un porcentaje de oxígeno disuelto más alto. Esta oxigenación del agua se produce fundamentalmente como consecuencia del método de devolución aplicado consistente, en la mayoría de las ocasiones, en una caída libre desde la superficie que genera una intensa aireación. Sólo algunos sistemas mantienen presurizada la instalación o conducen el vertido por debajo del nivel freático, procedimientos que minimizan la desgasificación o disolución de gases en el agua.

Así, los valores medios de OD medios pasan de los 6,5 mg/L en el agua de las captaciones a 6,8 mg/L en el agua de vertido, lo que implica un incremento medio de 5% en la concentración (o del 7% si está referido en porcentaje respecto a atmósfera saturada). Para la margen izquierda, el incremente medio en el porcentaje de oxígeno disuelto supone un 10,94%, frente a un 4,62% en los dobletes controlados de la margen derecha. Estos incrementos se producen de forma más aparente en las

campañas de marzo de 2011 y 2012, tal y como se observa en los valores confrontados de dobletes de pozos de la Figura 10.8.

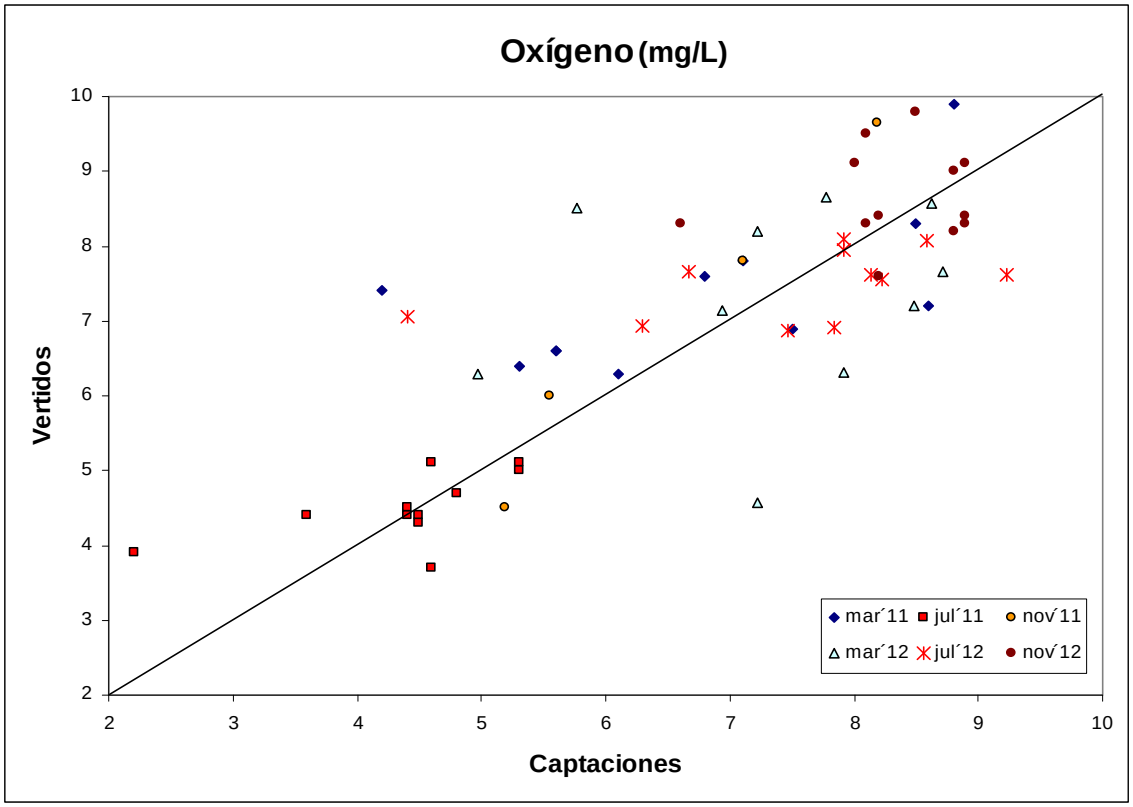



Figura 10.8. Valores confrontados de oxígeno disuelto (mg/L) para dobletes de pozos de sistemas geotérmicos (aguas de captación frente al agua de vertido)

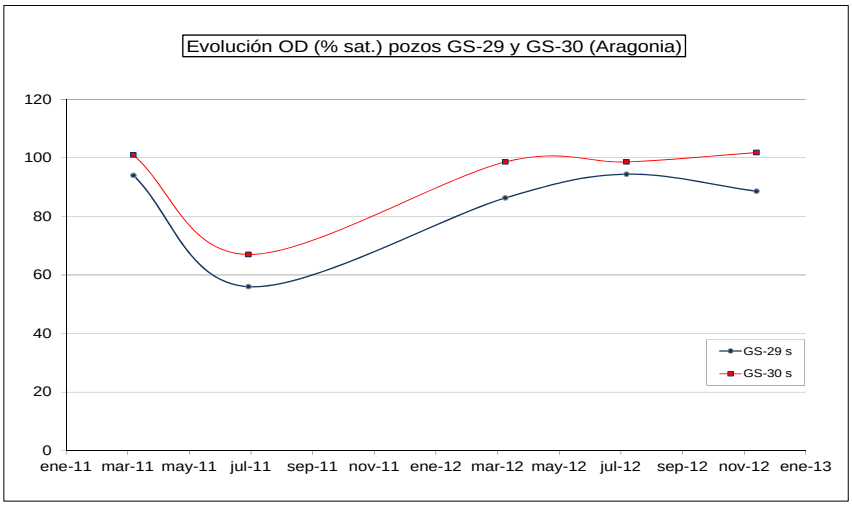



Figura 10.9. Evolución comparada del contenido de oxígeno disuelto (% saturación) en el doblete de pozos (captación en azul/vertido en rojo) del aprovechamiento de Aragonia

La Figura 10.9 muestra la evolución comparada del contenido en oxígeno disuelto del agua de captación y del agua de vertido en el doblete de pozos del aprovechamiento

de Aragonia, donde se observa que la mayor oxigenación del agua en el vertido se mantiene a lo largo del todo el periodo de control.

En condiciones no afectadas por actividades antrópicas, cabe esperar que la concentración de oxígeno disuelto en el agua tenga una respuesta inversa respecto a la evolución de la temperatura, es decir, a mayor temperatura, la concentración disminuiría, en consonancia con la aplicación de la Ley de Henry para la disolución de gases en el agua. En este sentido, un comportamiento teórico se traduce en que durante los periodos de mayor temperatura del acuífero la concentración del oxígeno disuelto en el agua descendería respecto a la concentración medible en los periodos de menor temperatura. No obstante, se debe tener en cuenta que: la oscilación de temperatura del acuífero no tiene un comportamiento homogéneo en toda su extensión, tal y como se observa en la red de piezómetros de geotermia del IGME y que existe un impacto térmico que distorsiona el comportamiento natural. Por ello hay que considerar que existe un retardo de la oscilación térmica anual respecto a la onda atmosférica. Así, los máximos de T en el acuífero se extienden, dependiendo de su localización en Zaragoza, desde aproximadamente septiembre-octubre hasta marzo y las mínimas temperaturas desde abril hasta septiembre.

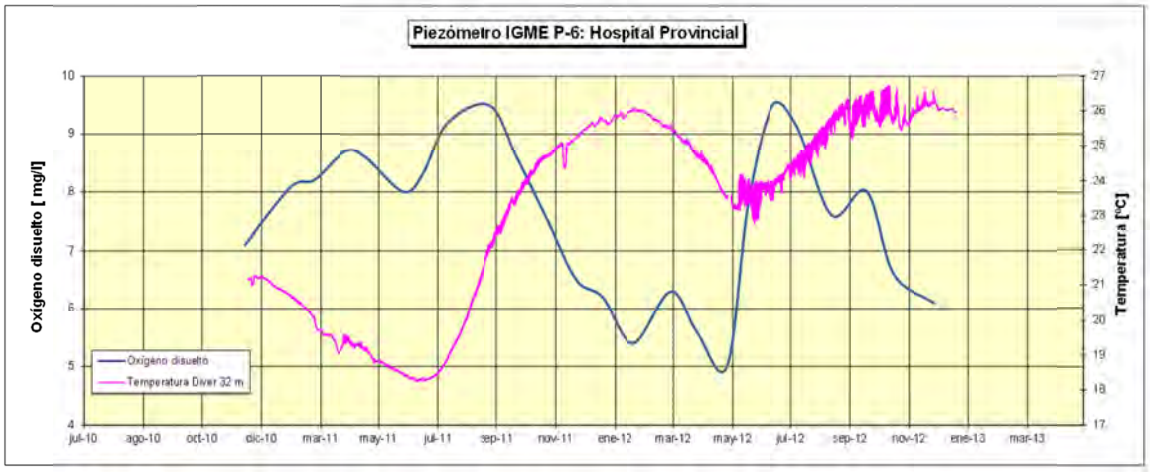



Figura 10.10. Evolución comparada de la oscilación estacional a 32 m de profundidad de la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L) del agua subterránea en el piezómetro IGME GS-6 Hospital Provincial

En la Figura 10.10 se observa un ejemplo de esta evolución, a 32 m de profundidad, y cómo la concentración de oxígeno en el agua subterránea reproduce el modelo

teórico, con un comportamiento inverso a la evolución descrita anteriormente para la temperatura.

### 3. Potencial de hidrogeniones (pH)

En la Figura 10.11 se confronta el valor de pH medido en los dobletes de pozos (pozo de captación/pozo de vertido) de una docena de sistemas de climatización que han sido monitorizados a lo largo de las seis campañas de muestreo de la red de control tipo 2. El área del gráfico se divide en 6 campos, que representan diferentes dominios de la relación del pH según determine un aumento, disminución o cambio de la acidez y basicidad; se resalta también sombreada en amarillo la zona correspondiente a situaciones en las que el pH de vertido supera siempre al pH de captación.

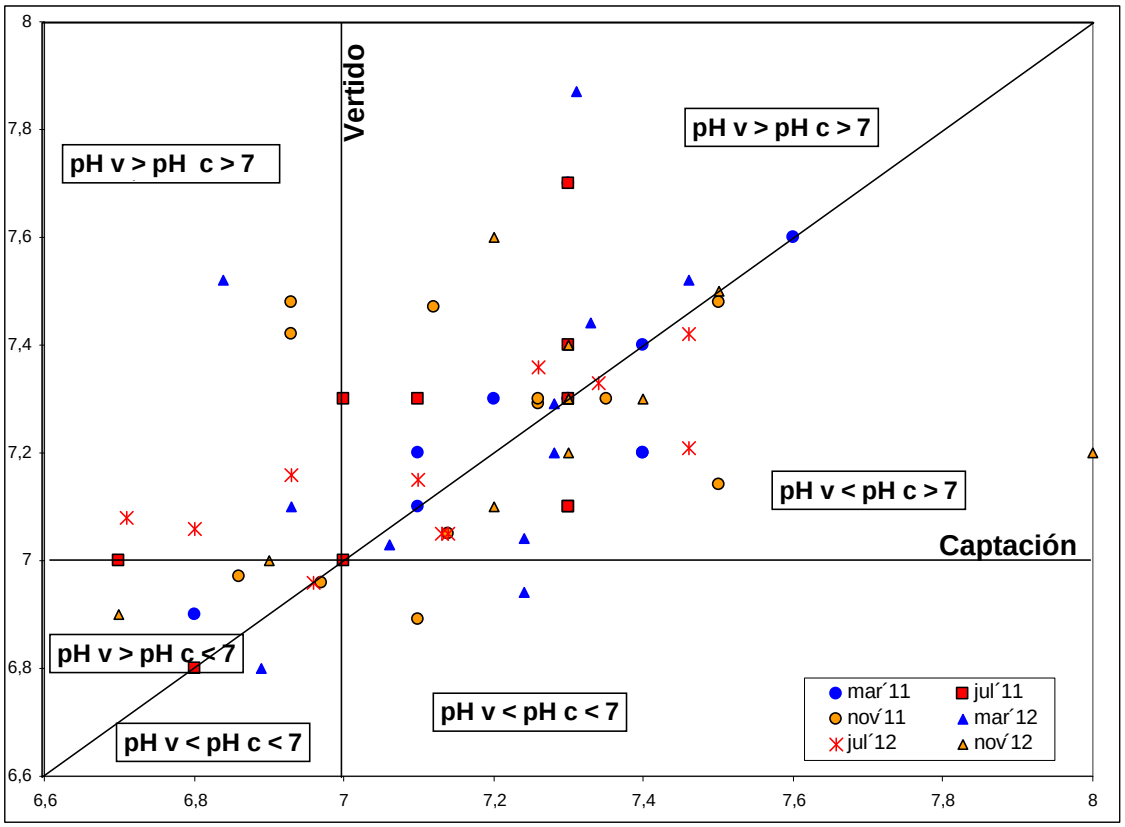



Figura 10.11. Valores confrontados de pH del agua en pozos de captación (c) frente al agua de vertido (v) en doce dobletes de pozos. Campañas de enero de 2011 a noviembre de 2012

En su conjunto, para el periodo considerado, se observa un ligero aumento del pH para el 41% de las aguas de vertido, con un incremento hasta de 0,68 unidades (0,26 unidades de media). En sentido opuesto un descenso del pH se detecta para el 28% de las aguas de vertido, en las que bien disminuye la basicidad o bien se incrementa su

acidez hasta en 1,1 unidades. Un 30% de las aguas no tiene variación significativa de pH, considerando como tal una variación inferior a 0,1 unidades, como cabe esperar de sistemas geotérmicos que no se hallaban funcionando coincidiendo con las campañas de control hidroquímico.

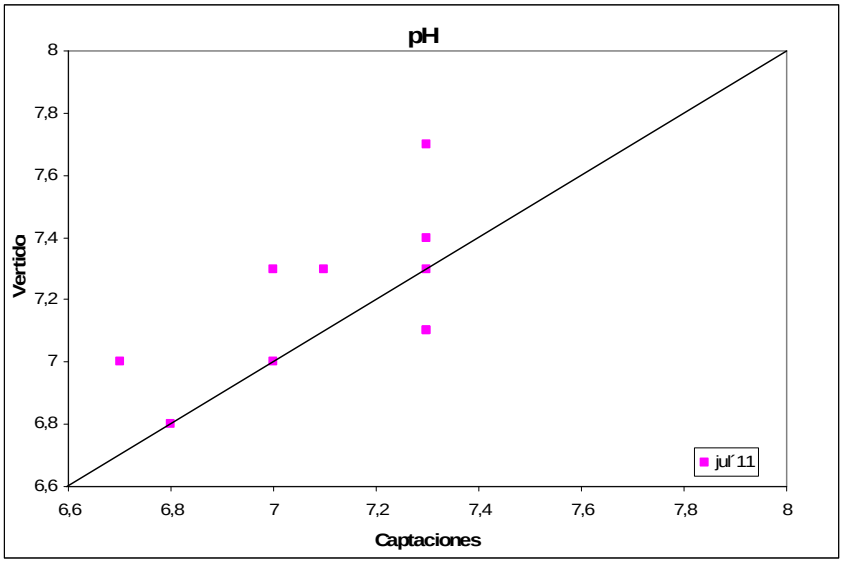



Figura 10.12. Valores confrontados de pH en dobletes de pozos. Campaña de julio de 2011

Respecto a la apreciación de posibles variaciones de carácter estacional se observa que este comportamiento se reproduce más o menos en cada una de las diferentes campañas de muestreo. El aumento de pH en los vertidos puede ser más notorio durante las campañas de verano, como la de julio de 2011 (Figura 10.12), cuando los sistemas devuelven agua al acuífero a un temperatura muy superior a la de captación.

La Figura 10.13 refleja la evolución comparada durante los dos años de muestreo del pH del agua en los dobletes de pozos del aprovechamiento de Aragonia (GS-29/GS-30) y del Edificio Paraninfo (GS-31/GS-32). La figura pone de manifiesto, por un lado, la estabilidad o mínima afección en los valores de vertido respecto a los de captación, hayan tenido incremento o descenso del valor y, por otro lado, el mantenimiento de la tendencia a lo largo del periodo de control.

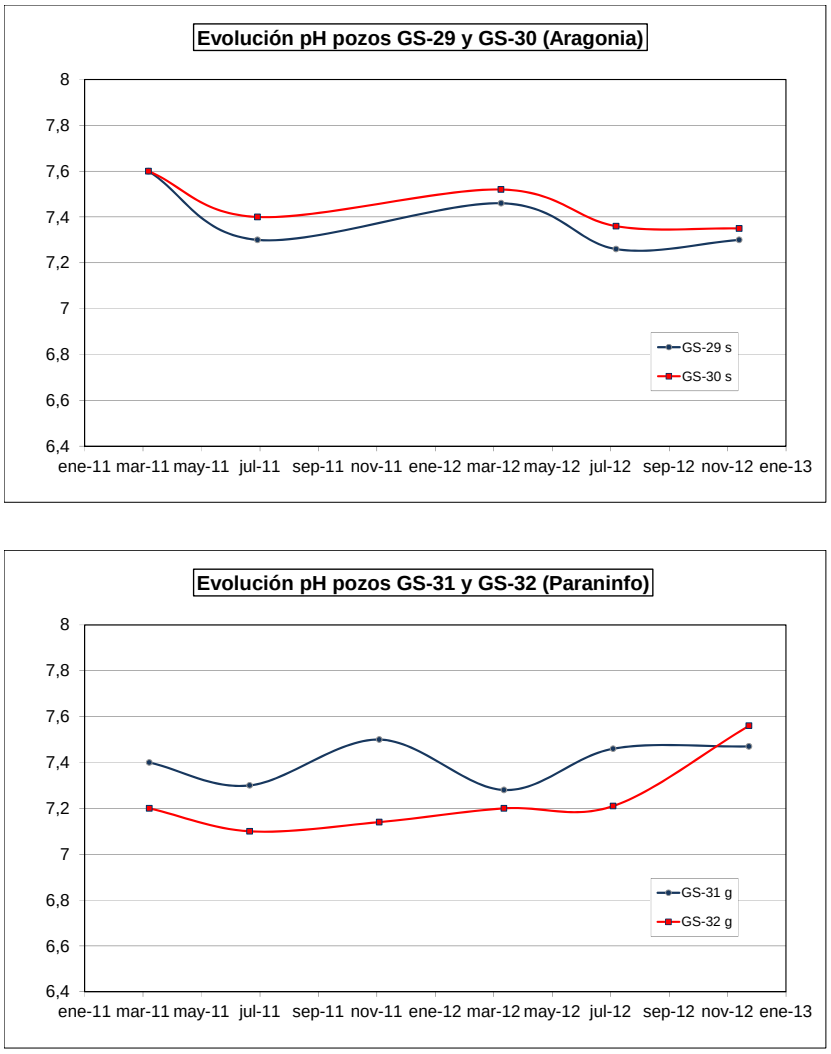



Figura 10.13. Evolución comparada del pH en dobletes de pozos (captación en azul/vertido en rojo) para los aprovechamientos de Aragonia (GS-29/GS-30) y Edificio Paraninfo (GS-31/ GS-32)

## 4. Potencial redox (Eh)

El potencial de óxido-reducción está regido por las condiciones de oxigenación, pH, temperatura y actividades metabólicas microbianas. Las reacciones de oxidación y reducción regulan el comportamiento de muchos compuestos químicos presentes en cuerpos de agua naturales. La reactividad, solubilidad y movilidad cíclica de elementos esenciales para los sistemas biológicos (p.ej. Fe, S, N, C, P y varios elementos metálicos) suelen quedar afectados por cambios en el potencial redox. Al mismo tiempo, la distribución y actividad metabólica de microorganismos que pueden

desarrollarse en el entorno de las captaciones de agua subterránea de sistemas geotérmicos inciden sobre el potencial redox.

El Eh es un parámetro muy inestable del que se obtienen lecturas muy variables dependiendo de las condiciones del muestreo. Presenta mayor fiabilidad y representa mejor las condiciones del acuífero cuando las lecturas son hechas "in situ", como es el caso de las que han efectuado con sonda multiparamétrica en los piezómetros IGME de la red de control. Por lo general la transmisividad de este acuífero es muy alta, por lo que cabe suponer que en el corto tiempo de residencia del agua, al menos en la margen derecha del Ebro, el flujo permanezca mayoritariamente en un ambiente oxidante en ausencia de cantidades importantes de materia orgánica y de metabolismos anaerobios.

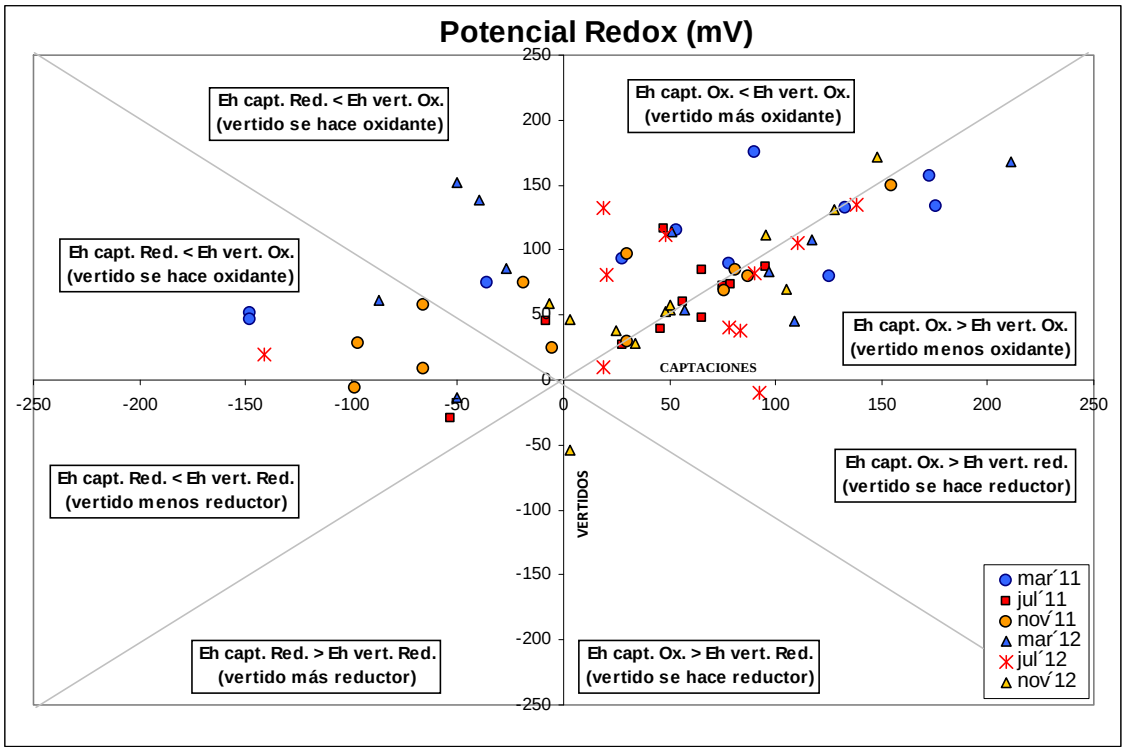



Figura 10.14. Valores confrontados del potencial de óxido reducción Eh del agua (mV) en pozos de captación (capt.) frente al agua de vertido (vert.) en doce dobletes de pozos. Campañas de enero de 2011 a noviembre de 2012

En la Figura 10.14 se confrontan los valores de Eh (mV) medidos en los dobletes de sistemas geotérmicos, reflejando la variabilidad observada para el Eh en las aguas de devolución de los sistemas respecto al Eh medido en la captación. En este sentido se pueden discretizar 8 campos dependiendo de si el valor de Eh crece, decrece, cambia

de oxidante a reductor o se ve afectado de forma contraria. También se resalta en color el dominio de la figura en el que los valores de Eh en el agua de vertido son siempre superiores a los de la captación.

El conjunto de muestras presenta un predominio de ambientes oxidantes. En 14 ocasiones las captaciones han manifestado un potencial reductor y sólo en 3 sistemas geotérmicos el potencial es negativo, tanto en las aguas captadas como en las de devolución. Como regla general el valor de Eh de la margen izquierda suelen ser inferior al de la margen derecha, incluso es negativo, tomando como valor medio los 45 mV frente a los 67 mV.

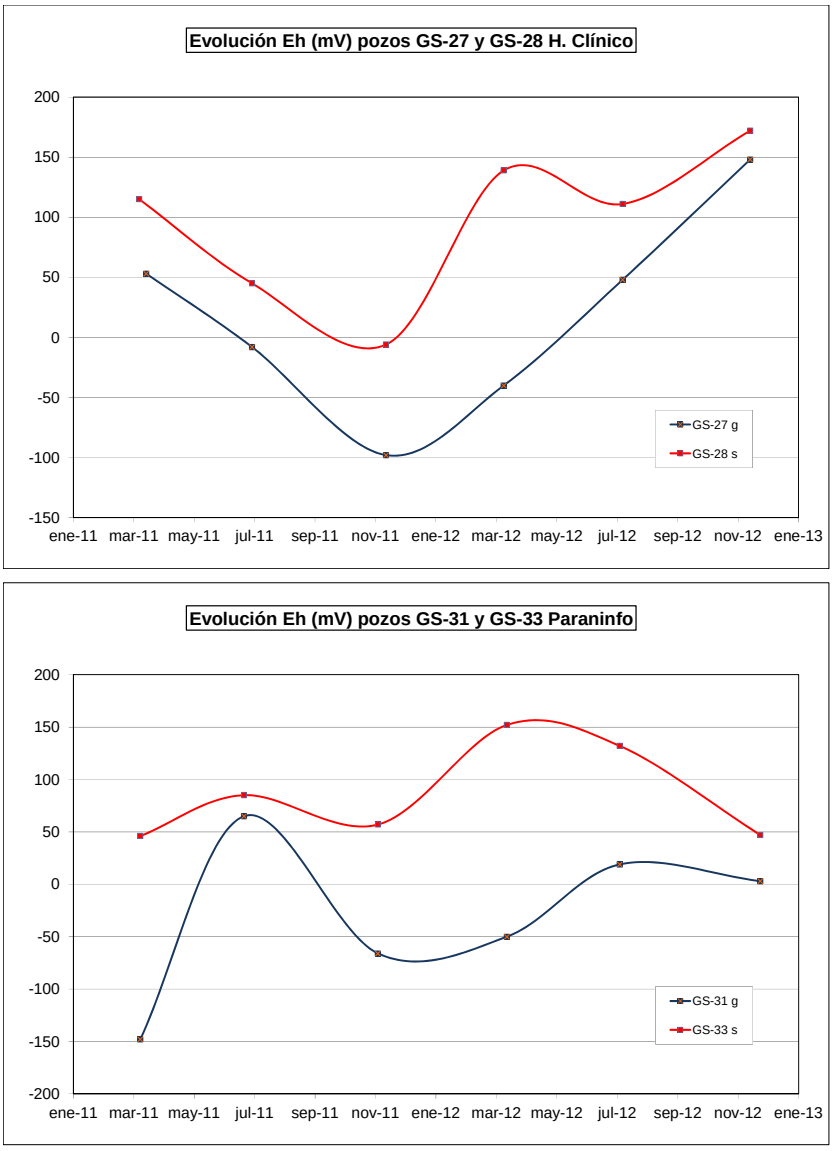



Figura 10.15. Evolución comparada del potencial de óxido-reducción Eh (mV) en dobletes de pozos (captación en azul/vertido en rojo) para los aprovechamientos del Hospital Clínico (GS-27/GS-28) y Edificio Paraninfo (GS-31/ GS-33)

El funcionamiento de los sistemas geotérmicos conlleva un incremento apreciable del Eh en las aguas de devolución, tal y como se observa en la Figura 10.14, incluso aunque el agua de captación muestra un Eh reductor, como en ocasiones sucede en los muestreos de los dobletes de pozos recogidos en la Figura 10.15: Edificio Paraninfo y Hospital Clínico. Este incremento de Eh se extiende en mayor o menor medida a todas las campañas de control, si bien el aumento es menor en las campañas realizadas en los meses de julio -apenas un 10% de incremento- y es superior en las de marzo, con un 100% de incremento (pasando de 45-55 mV a 90-104 mV de Eh medio). En la campaña de noviembre de 2011 este aumento es muy elevado debido a que existen diversas captaciones que parten de un potencial negativo.

Las series temporales registradas en los piezómetros de la red de geotermia, como de la representada en la Figura 10.16 para el GS-5 Albareda, reproducen una evolución paralela entre el contenido en oxígeno disuelto y el potencial redox, acorde a lo esperable del comportamiento teórico entre ambos parámetros.

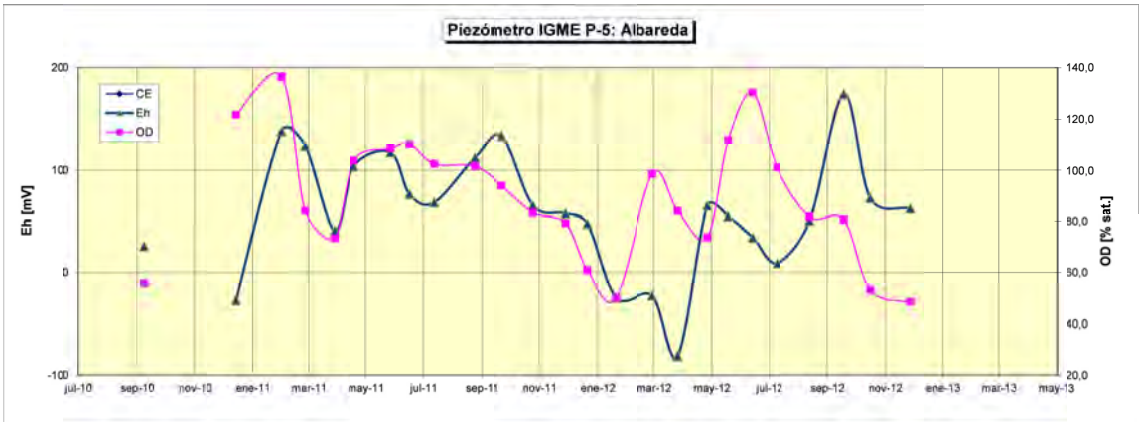



Figura 10.16. Evolución comparada de la oscilación estacional a 32 m de profundidad del Eh (mV) y oxígeno disuelto (%/sat) del agua subterránea en el piezómetro IGME GS-5 Albareda

## Identificación de impactos a lo largo de una línea de flujo

Se analiza a continuación de manera conjunta la evolución de los parámetros: pH, Eh, T y alcalinidad, que se observa a lo largo de una línea de flujo que atraviesa los piezómetros “A” (GS-9 Avenida de Clavé), “B” (GS-5 Albareda) y “C” (GS-6 Hospital Provincial).

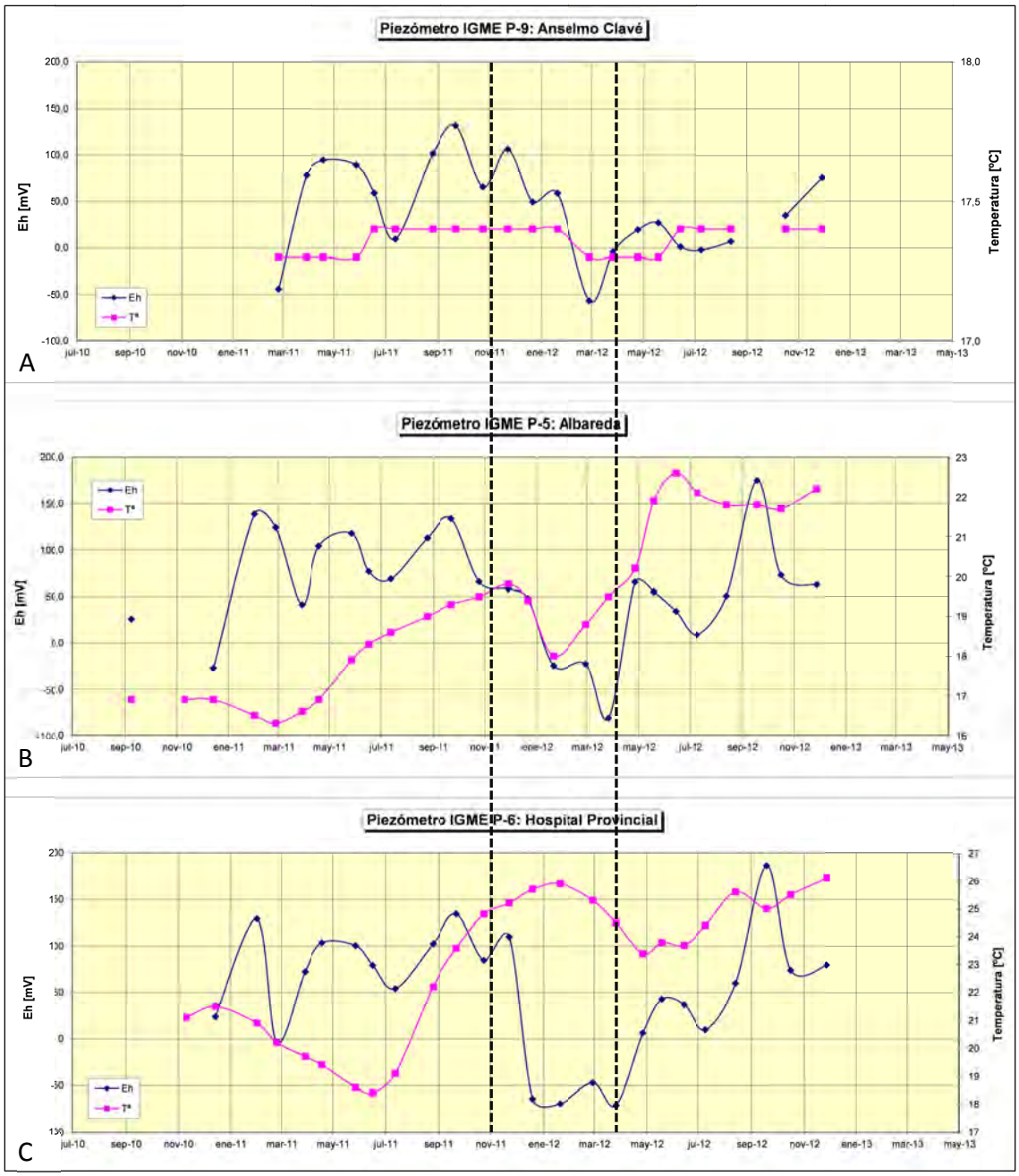



Figura 10.17. Evolución comparada de la oscilación estacional de T (°C) y Eh (mV) entre 27 y 32 m de profundidad a lo largo de la línea de flujo dispuesta entre los piezómetros GS-9 Avenida Clavé y GS-6 Hospital Provincial. Las líneas discontinuas marcan el periodo de descenso acusado de Eh coincidiendo con un importante incremento de temperatura del agua

Este último piezómetro pretende controlar las alteraciones en el acuífero como consecuencia del vertido procedente del sistema de climatización con bomba de calor instalado en el Hospital Provincial. La distancia que le separa del punto de vertido es de 49 m. En verano de 2011 se puso en funcionamiento por primera vez el sistema de climatización, momento desde el que comienza a registrarse un incremento de la

temperatura del acuífero, que se hace especialmente marcado desde la puesta en marcha de un segundo pozo de captación y línea de refrigeración en mayo de 2012.

En cuanto a la relación del potencial Eh con la T del agua subterránea, resulta en apariencia estable a lo largo de la línea de flujo, sin seguir una pauta clara de evolución temporal. Pero es a partir de septiembre de 2011, coincidiendo con la afección de los vertidos térmicos y el incremento de temperatura del acuífero, cuando se registra un descenso del potencial (área entre líneas discontinuas). Este comportamiento se observa bien entre 27 y 32 m de profundidad en los registros de los tres piezómetros representados en la Figura 10. 17. En el piezómetro "A" no afectado por sistemas geotérmicos, el valor de Eh en ese periodo desciende paulatinamente desde 132 mV a -56 mV, posiblemente debido a una evolución natural en el acuífero; en los siguientes piezómetros el descenso es mucho más acusado bajando hasta -81 mV, pero que resulta particularmente prolongado en el tiempo en el último punto de control "C", cuando la temperatura del agua subterránea experimenta un notable calentamiento por los vertidos de los dos sistemas geotérmicos intermedios.

El funcionamiento de los dobletes de pozos parece que también conlleva un incremento del oxígeno disuelto a lo largo de una línea de flujo, tal y como se desprende de la evolución comparada en los tres piezómetros mostrada en la Figura 10.18 para la concentración de este parámetro.

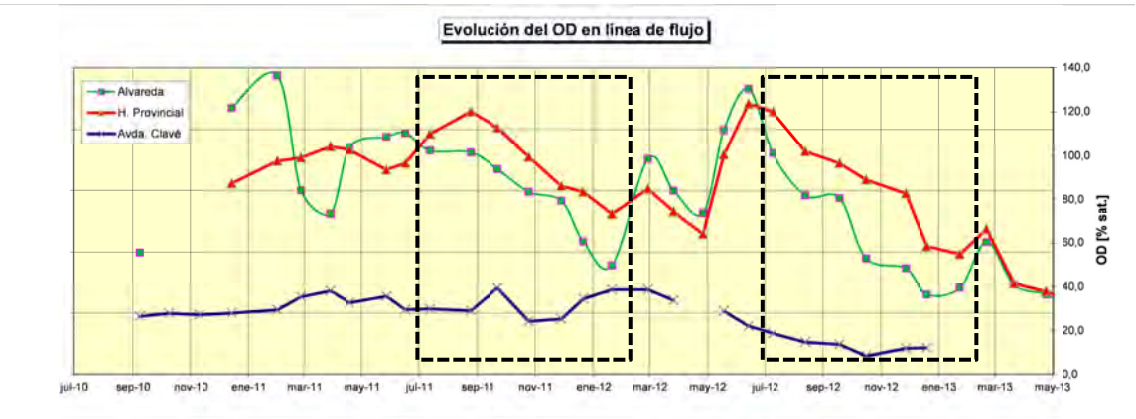



Figura 10.18. Evolución comparada del porcentaje de saturación en oxígeno disuelto (%) entre 27 y 32 m de profundidad a lo largo de la línea de flujo dispuesta entre los piezómetros GS-9 Avenida Clavé y GS-6 Hospital Provincial. Las líneas discontinuas señalan los intervalos de incremento de OD como consecuencia directa del vertido térmico del hospital Provincial

Se observa que la concentración de oxígeno ha aumentado progresivamente tras el paso del flujo subterráneo por los aprovechamientos geotérmicos. Destaca el incremento de la oxigenación tras el paso por el último doblete de pozos, que funciona aproximadamente de abril a noviembre, únicamente en modo refrigeración. La baja velocidad del flujo subterráneo contribuye a que la afección en el acuífero quede diferida en el tiempo hasta finales del mes de febrero, mucho más allá del periodo de funcionamiento habitual de las bombas de calor en verano. Es también un efecto que también parece repetirse en años sucesivos, tal y como remarca la evolución dentro de los recuadros punteados en negro de la figura.

Para discernir los cambios motivados por causas no antrópicas de aquellos que pudieran estar provocados por los sistemas de refrigeración, se procede asimismo a comparar en la Figura 10.19 la evolución del pH del piezómetro GS-6 con la evolución que experimenta el piezómetro de referencia GS-9 Avenida de Clavé, no afectado térmicamente y situado aguas arriba en la línea de flujo. Un primer análisis muestra una evolución paralela de pH en ambos piezómetros, si bien el pH del piezómetro GS-6 situado aguas abajo del flujo subterráneo registra normalmente valores similares o algo superiores, del orden de 0,1 a 0,2 unidades.

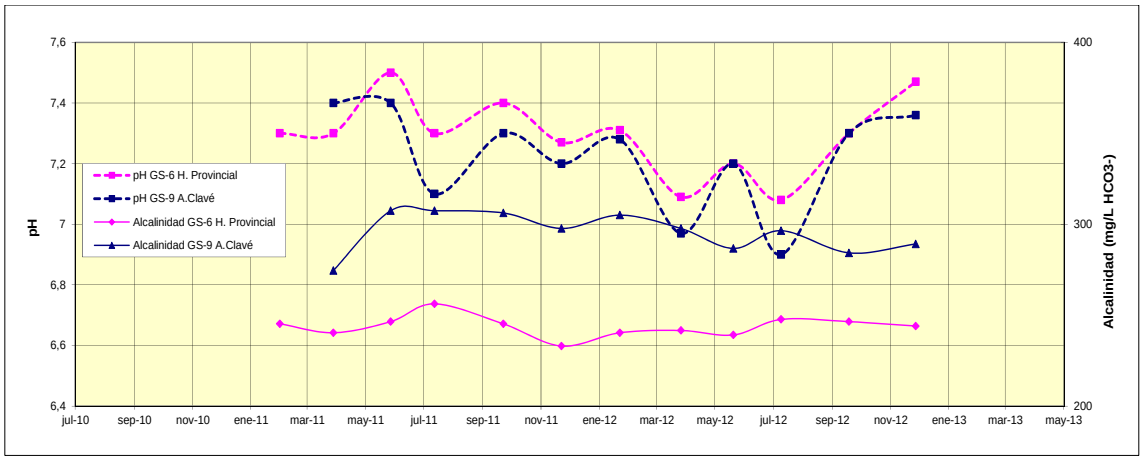



Figura 10.19. Evolución comparada de pH y alcalinidad del agua subterránea (mg/L $HCO_3^-$) entre los piezómetros IGME GS-9 Avenida de Clavé y GS-6 Hospital Provincial)

Uno de los efectos directos de la modificación del pH es su contribución al cambio de alcalinidad del agua subterránea. En este sentido, se observa en la figura que los valores más altos de alcalinidad se obtienen al inicio de la línea de flujo (piezómetro

GS-9) frente a los conseguidos en posiciones finales de esta trayectoria (GS-6), donde la concentración de bicarbonatos es menor. Respecto a la evolución temporal, la alcalinidad muestra una tendencia suavemente decreciente, aunque se acorta la diferencia de valores entre ambas alcalinidades, pasando de 50-60 mg/L de diferencia al comienzo de la serie a 40-50 mg/L de diferencia al final del periodo. Todo ello resulta coherente con el modelo de comportamiento teórico de la relación entre alcalinidad y pH.

## 10.3 Identificación de procesos de precipitación-solubilidad mineral

La puesta en funcionamiento de los aprovechamientos geotérmicos en la ciudad de Zaragoza conlleva asociados diferentes riesgos desde el punto de vista geoquímico que deben evaluarse. Por un lado, existe un riesgo al aumento de la porosidad o del volumen de huecos, que se produce por una solubilidad creciente de los minerales salinos del sustrato terciario o de las que componen la esqueleto granular del acuífero, como consecuencia de flujo forzado y del aumento de la temperatura de las aguas de devolución. Por otro lado existe también el riesgo contrario, de oclusión de espacios y pérdida de porosidad (intergranular y de rejillas en entubación de pozos) por precipitación mineral. En ambos casos resulta de particular interés conocer cuál es el estado de saturación de las aguas respecto a los minerales más influyentes en el entorno de Zaragoza mediante el cálculo de los índices de saturación mineral.

El cálculo de los índices de saturación (IS) proporciona información sobre la posibilidad de que un mineral determinado pueda precipitar o disolverse en el agua que se evalúa. Ello depende entre otros factores de la concentración en el agua de los iones que componen dicha especie mineral y de la temperatura de la solución. Viene definido por la ecuación IS=log PAI/K(T) es decir, la relación existente entre el producto de las actividades en solución de los iones que forman un determinado mineral (PAI) y la constante de equilibro de la reacción de disolución de ese mineral (K), determinados ambos a la misma temperatura, que debe ser la del agua objeto de estudio.

Valores de IS mayores de cero para un mineral determinado indican sobresaturación en el medio y posibilidad de producirse en condiciones adecuadas su precipitación; valores menores que cero indican subsaturación de la especie mineral por lo que el agua mantendrá una tendencia a seguir disolviendo tal especie en dicha solución; finalmente, valores de IS iguales o próximos a cero indican que dichos minerales están en equilibrio en la solución. Existen valores umbrales o rangos de incertidumbre en torno a cero dentro de los cuales se admite que existe una situación indistinguible del equilibrio. En el caso de la calcita se han considerado valores de ±0,3 unidades y en el yeso de ±0,25 unidades, similares a los normalmente admitidos (Nordstrom y Ball, 1989).

De todas las especies minerales presentes en el entorno geológico del acuífero se han escogido aquellas que se consideran más relevantes, por su mayor presencia en la litología del entorno del acuífero y mayor grado de implicación en los posibles impactos que generen los sistemas geotérmicos en funcionamiento. Estas especies son: yeso, calcita, halita; también se analiza la presión parcial de dióxido de carbono ($pCO_2$) por su estrecha relación con la calcita. Los índices de saturación se han obtenido utilizando el código de especiación geoquímica PHREEQC (Parkhurst y Appelo, 1999) y la base de datos termodinámicos WATEQ4F distribuida con dicho código. Todos los valores de IS quedan recogidos en el Anexo VI junto con los datos analíticos de los puntos de la red de control, mostrando también valores de IS para otras especies minerales menos abundantes (anhidrita, dolomita y aragonito) y para la $pO_2$; también el Anexo de Fichas de puntos de la Red de Control Geotérmica muestra un gráfico con la evolución temporal de los principales índices de saturación mineral.

La utilización de estos índices conjuntamente con las concentraciones iónicas permite elaborar diferentes gráficos y diagramas ion-ion (expresados en todos los casos como miliequivalentes por litro) e IS-ion (en miligramos por litro) que resultan de gran utilidad a la hora de identificar los impactos en la geoquímica y en el equilibrio de las especies minerales. No obstante, antes de identificar estos impactos, es necesario conocer cuáles son los procesos de disolución-precipitación mineral que actualmente se producen de forma natural en el acuífero.

## Procesos naturales de precipitación–solubilidad mineral

Se identifican en primer lugar los procesos que suceden de forma natural en el acuífero. Para ello se utilizan los resultados de especiación-solubilidad de aquellos puntos de la red de control que no están influenciados térmicamente por vertidos de sistemas abiertos. En todos los casos se diferencian los análisis entre márgenes del río.

### 1. Yeso

El par iónico de esta especie mineral está formado por $SO_4^{2-}$ y $Ca^{2+}$ y se representa mediante los diagramas de la Figura 10.20.

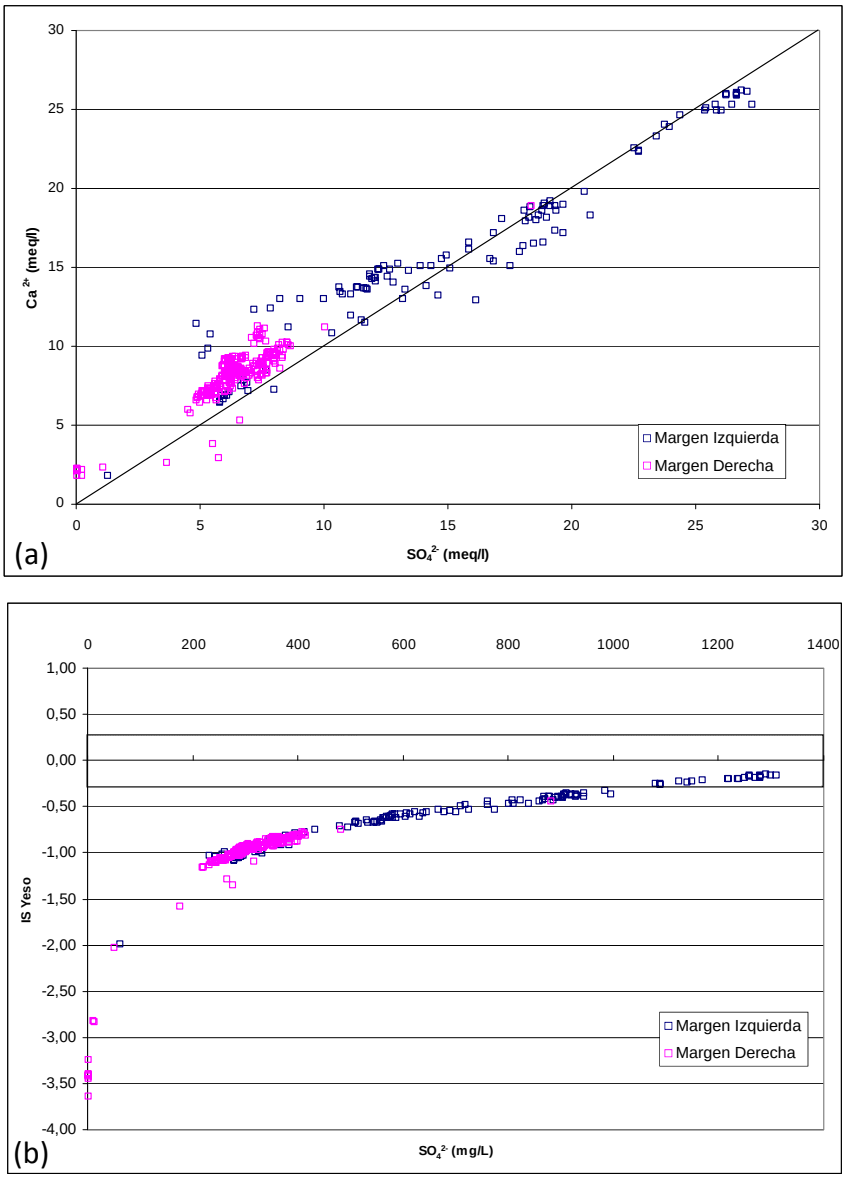



Figura 10.20. Diagramas ion-ion (a) e IS-ion (b) para el yeso. Rango de incertidumbre del índice de saturación IS del yeso: +/- 0,25

El gráfico superior pone de manifiesto la existencia de correlaciones positivas entre estos componentes, con relaciones de equivalentes muy próximas a 1:1, destacando la baja concentración de las muestras de la margen derecha. Esta relación estaría indicando la existencia efectiva de un proceso de disolución de yeso, que en gran medida controla el contenido de $SO_4^{2-}$ y $Ca^{2+}$ en la solución acuosa. Pequeñas desviaciones de esta relación 1:1 estarían indicando un aporte adicional de $Ca^{2+}$ procedente de pequeñas disoluciones de carbonatos en la margen derecha, o pérdida de $Ca^{2+}$ por precipitación de calcita en la margen izquierda.

Las relaciones del índice de saturación frente a la concentración del ion sulfato recogidas en el gráfico inferior denotan que la mayoría de las aguas se encuentran subsaturadas en yeso siendo la margen izquierda la de mayor saturación en este mineral. Un reducido grupo parece alcanzar no obstante situaciones de equilibrio de este mineral (especialmente en las aguas con mayores contenidos de sulfato disuelto en la margen izquierda). Este resultado sería consistente con la existencia de un proceso generalizado de disolución de mineral de yeso como uno de los más activos de este acuífero, más intenso en la margen izquierda.

**2. Calcita**

Todas las aguas subterráneas de la ciudad se encuentran mayoritariamente en equilibrio o ligeramente sobresaturadas respecto a calcita (Figura 10.21b); además tienen valores de la presión parcial de $CO_2$ (log $pCO_2$) mayores que los correspondientes a la atmósfera (log $pCO_2$ = -3,5), lo que favorece la precipitación de calcita por desgasificación de $CO_2$ cuando las aguas son bombeadas (Figura 10.21c).

En la generalizada situación de equilibrio respecto a la calcita han podido participar procesos de disolución de este mineral durante la recarga al acuífero por las precipitaciones. Pero, asimismo, se encuentra también determinada por la disolución de yeso y la contribución del ion común, que fija altas concentraciones de $Ca^{2+}$ que se alejan de la relación 1:1 en el gráfico ion-ion de la Figura 10.21a, especialmente en la margen izquierda, donde el proceso de disolución de yeso es mayor. De hecho, la disolución de las fases sulfatadas e incremento de la concentración de $Ca^{2+}$ desencadenaría la generación de procesos de precipitación de calcita.

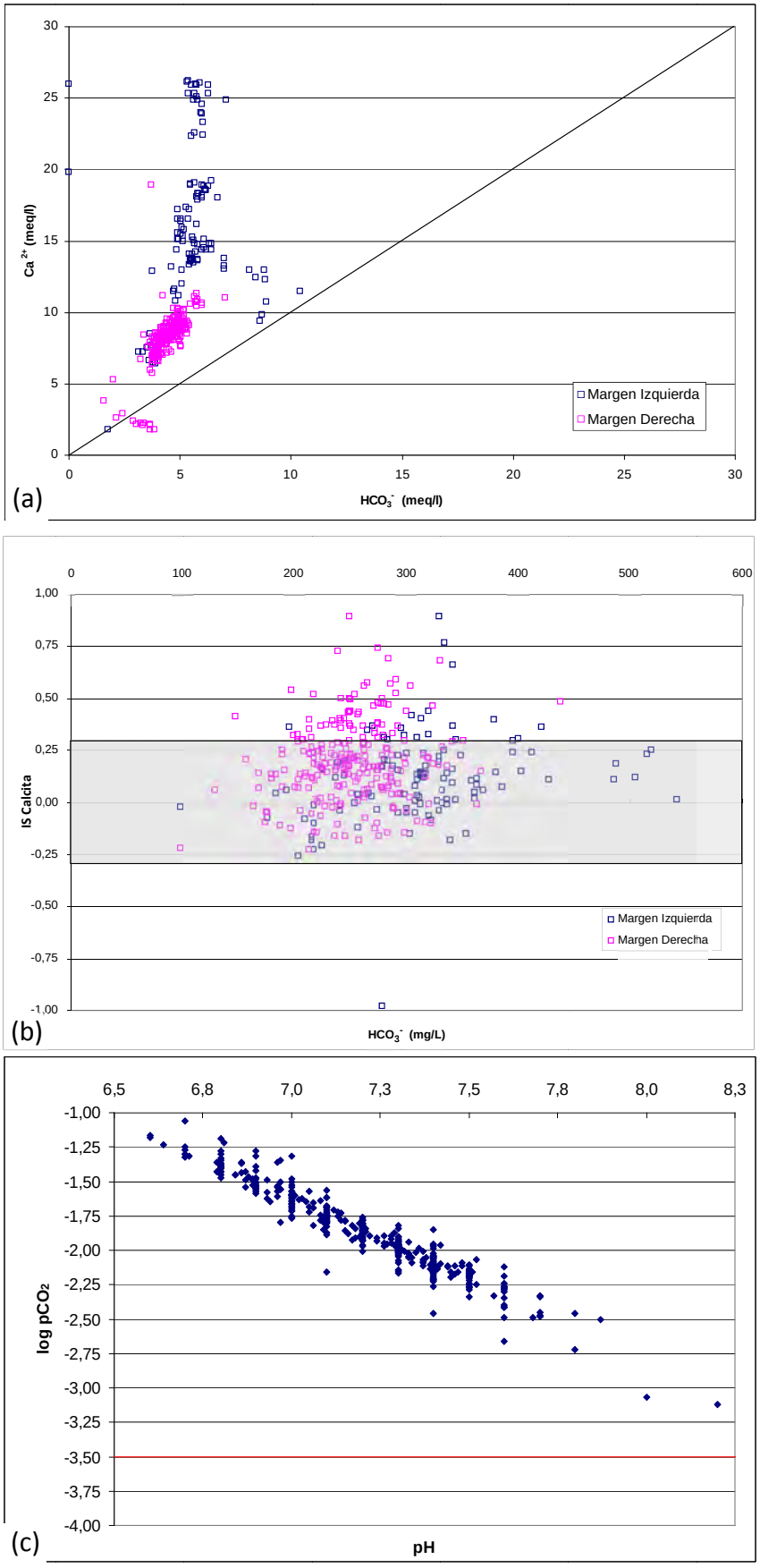



Figura 10.21. Diagramas ion-ion (a), IS-ion (b) y $pCO_2$-pH (c) para la calcita. Rango de incertidumbre del índice de saturación IS de la calcita: +/- 0,30. Presión parcial del CO2 atmosférico log$pCO_2$= -3,5

### 3. Halita

Los gráficos ion-ion de $Cl^-$ vs. $Na^+$ (Figura 10.22) reflejan la existencia de una relación 1:1 entre ambos componentes y distinta concentración dependiendo de la margen del Ebro considerada. Los índices de saturación calculados son muy bajos, característicos de una solución muy subsaturada que no ha alcanzado el equilibrio con este mineral, lo que conduce a que el único proceso geoquímico presente consista en la disolución mineral.

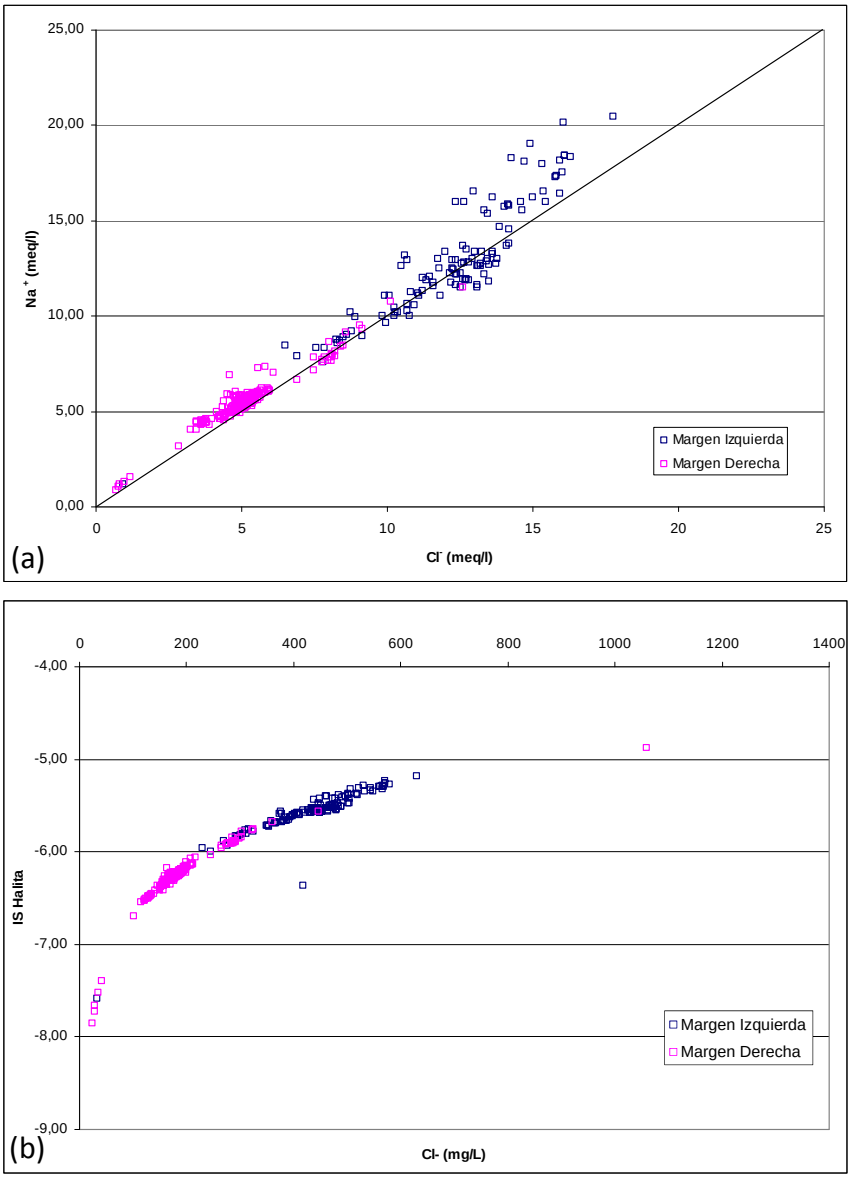



Figura 10.22. Diagramas ion-ion (a) e IS-ion (b) para la halita

## Identificación de procesos geoquímicos entre puntos de la red de control afectados térmicamente y puntos no afectados

En este apartado se identifican los procesos de disolución-precipitación mineral que de forma conjunta afectan a todo el acuífero urbano de Zaragoza y que puedan estar produciéndose de manera generalizada como consecuencia del vertido de aguas con elevada temperatura procedente de sistemas geotérmicos abiertos. Para ello se analiza los gráficos ion-ion de las tres especies minerales representativas del acuífero, diferenciando en cada caso aquellos puntos que producen vertidos de elevada temperatura, los pozos que por tener una temperatura del agua subterránea elevada se entiende que están afectados por plumas térmicas y aquellos puntos de la Red de Control Geotérmica que se tiene certeza o que aparentemente quedan fuera del área de influencia de vertidos de sistemas abiertos.

### 1. Yeso

En el sistema yeso de la Figura 10.23 se observa que las analíticas de los puntos no afectados térmicamente se agrupan bajo relaciones de concentración no paralelas a la relación 1:1, con contenido muy superior del ion calcio respecto del ion sulfato, mientras que los puntos de vertido y los afectados térmicamente abarcan una nube que se prolonga paralela a la relación 1:1 de calcio frente a sulfato.

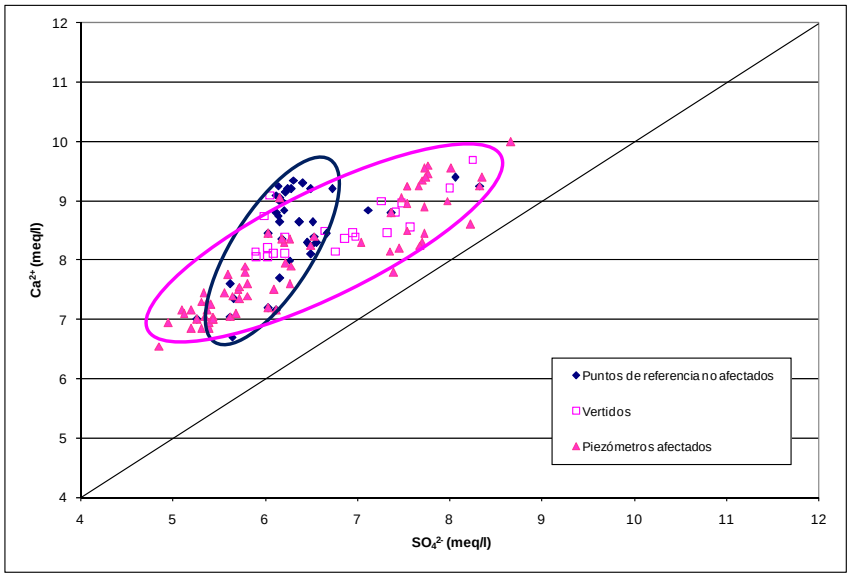



Figura 10.23. Diagrama ion-ion del yeso para puntos de vertido incluidos en la Red de Control Geotérmica, piezómetros afectados térmicamente y puntos de red sin afección

Todo ello parece indicar que, mientras que en los puntos no afectados los procesos conciernen fundamentalmente a la precipitación-disolución de calcio en relación con otra especie mineral (calcita), el funcionamiento de los sistemas geotérmicos activaría el proceso de disolución de yeso.

### 2. Calcita

Para la calcita, se aprecia en la Figura 10.24 que un conjunto apreciable de muestras de puntos de vertido y puntos afectados térmicamente tiene menor concentración de iones Ca y $HCO_3$ que la que se asocia a puntos no afectados térmicamente. Esta menor concentración se produce manteniendo no obstante un paralelismo con la relación iónica 1:1 circunstancia que, junto a la evolución descrita del calcio en el sistema yeso, apoya la hipótesis de la existencia de procesos de precipitación de calcita como un efecto a considerar producto del funcionamiento de los aprovechamientos geotérmicos.

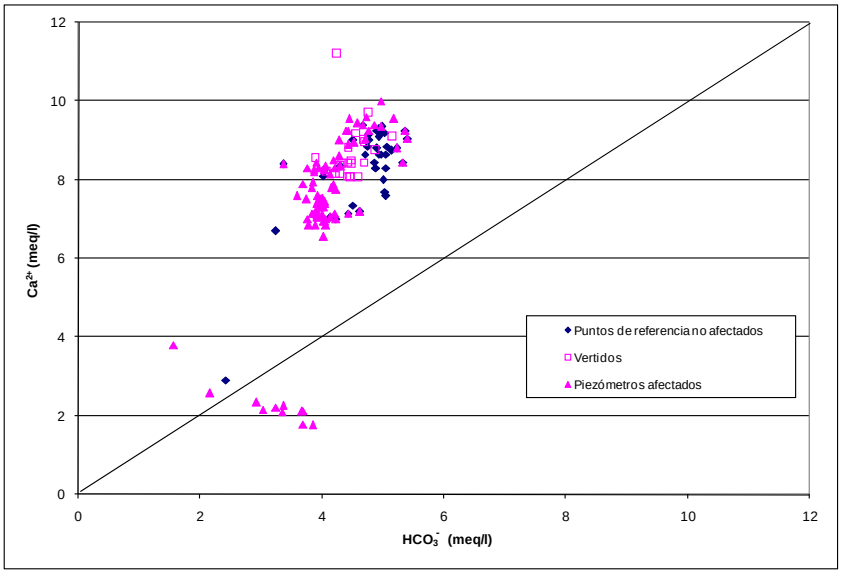



Figura 10.24. Diagrama ion-ion de la calcita para puntos de vertido incluidos en la Red de Control Geotérmica, piezómetros afectados térmicamente y puntos de red sin afección

### 3. Halita

Los contenidos de $Cl^-$ y $Na^+$ muestran una distribución alineada y muy próxima a la relación de concentración 1:1 tal y como se observa en la Figura 10.25. No se aprecian diferencias significativas entre muestras afectadas y no afectadas por vertidos térmicos, lo que permite suponer que el proceso de disolución de halita se pueden

seguir produciendo de manera independiente al funcionamiento de los sistemas abiertos, pero condicionado en todo caso a la disponibilidad de sal en el sustrato terciario y en la estructura granular del acuífero.

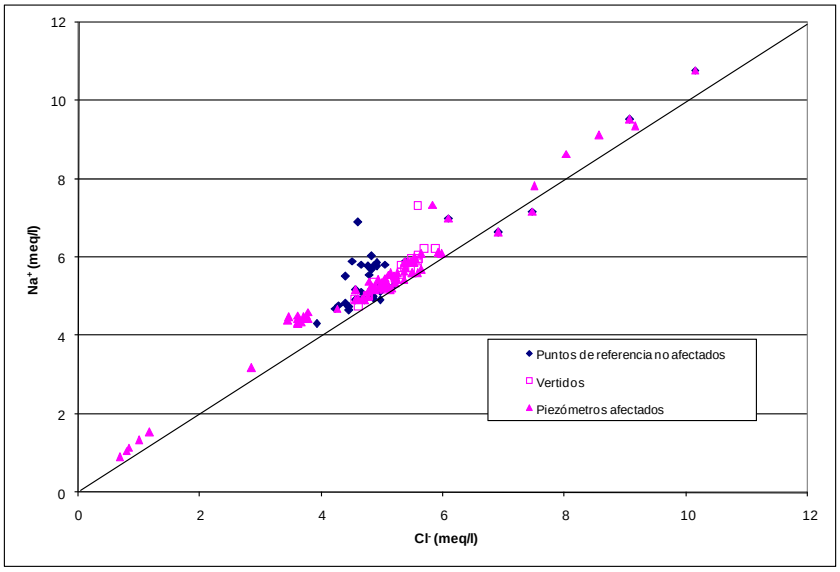



Figura 10.25. Diagrama ion-ion de la halita para puntos de vertido incluidos en la Red de Control Geotérmica, piezómetros afectados térmicamente y puntos de red sin afección

## Evolución de procesos geoquímicos en dobletes de pozos de sistemas abiertos

Ya se ha comentado la importancia que adquiere la metodología en la recogida de muestras, que debe realizarse con criterios que permitan una correcta identificación de los puntos de toma de agua y un agrupamiento con características uniformes que posibiliten la correcta identificación de los procesos de disolución-precipitación mineral que se estén produciendo en cada momento.

Los siguientes gráficos muestran la influencia de las características de la instalación en la correcta interpretación de los procesos geoquímicos. La Figura 10.26 refleja que apenas existe una modificación de las características del agua cuando las muestras han sido recogidas en una conducción de vertido en vez de en el propio pozo. Pero también resulta de interés si las muestras se representan en su conjunto o se agrupan en diferentes clases, como por ejemplo campañas de muestreo (Figura 10.27), modo

de representación con el que se puede obtener una información de mayor detalle acerca del comportamiento temporal de la explotación geotérmica.

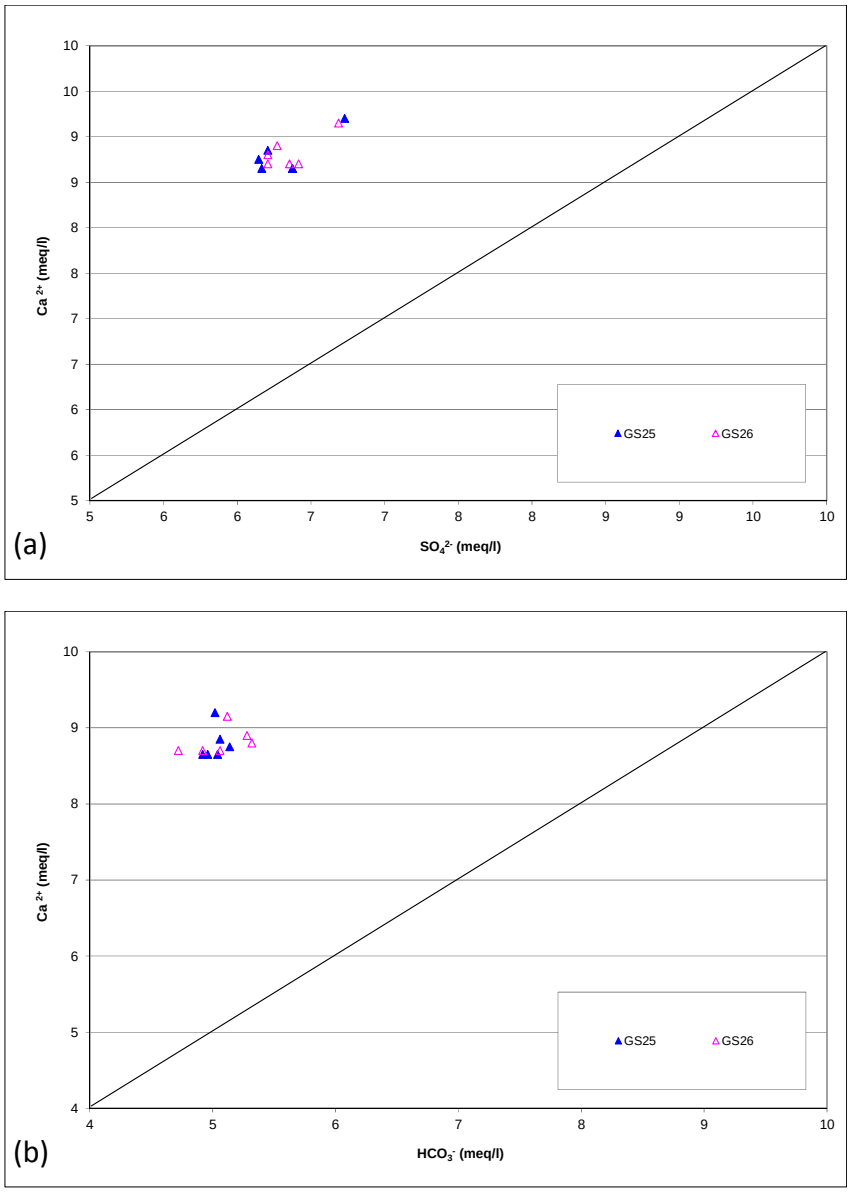



Figura 10.26. Diagramas ion-ion del yeso (a) y de la calcita (b) para el doblete de pozos del aprovechamiento del Edificio Seminario: pozo de captación GS-25, pozo de vertido GS-26. Muestras tomadas en conducción de captación y conducción de vertido del sistema de climatización

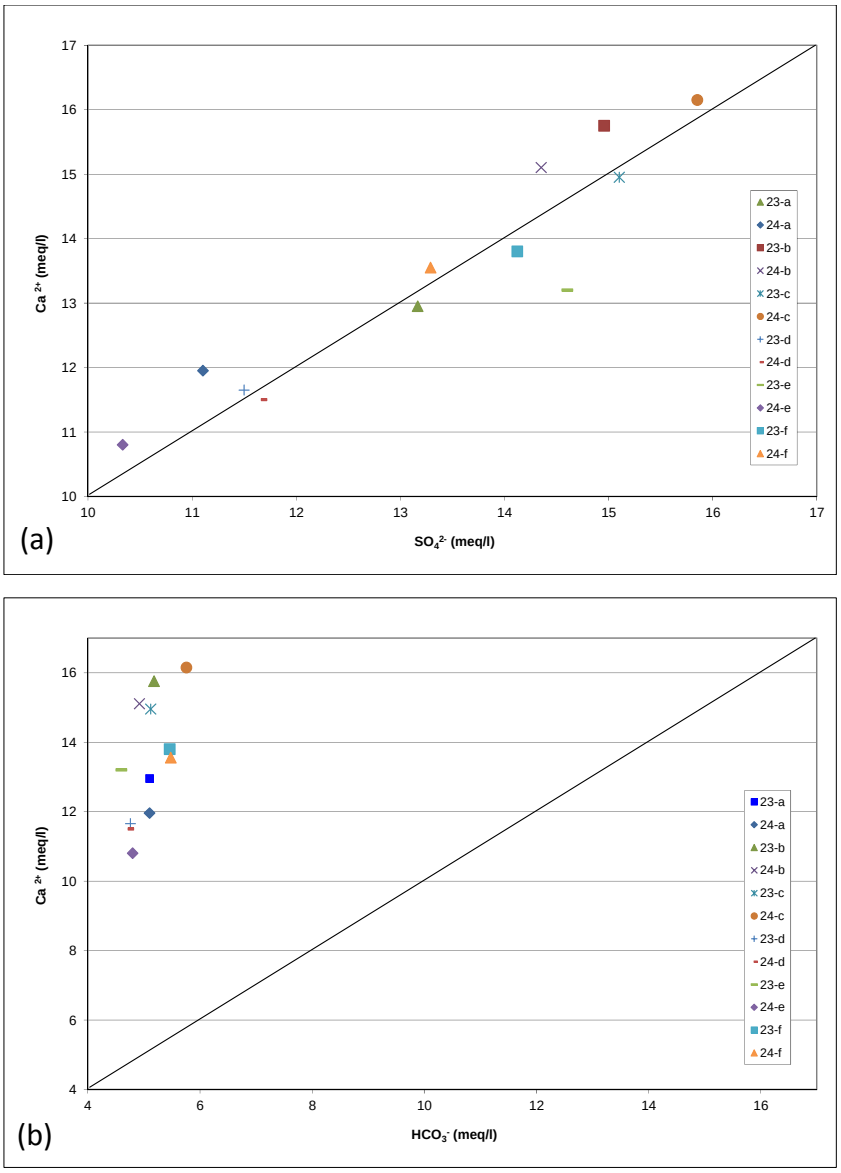



Figura 10.27. Diagramas ion-ion del yeso (a) y de la calcita (b) para el doblete de pozos del aprovechamiento del CDM S. XXI: pozo de captación GS-23, pozo de vertido GS-24. Campañas de muestreo de abril, julio y noviembre de 2011 (a, b, c) y 2012 (d, e, f)

## 1. Doblete de pozos Aragonia (GS-29/GS-30)

La evolución que se observa en este doblete de pozos concreto (Figura 10.28) muestra fundamentalmente la existencia de un proceso de disolución de yeso, puesto que hay un progreso del contenido de iones sulfato y calcio paralelo a la relación 1:1 en el sistema yeso frente a un aumento mayoritario del catión común calcio en el sistema calcita. No obstante, no se descarta que en determinados periodos de la explotación concurra cierta disolución de calcita.

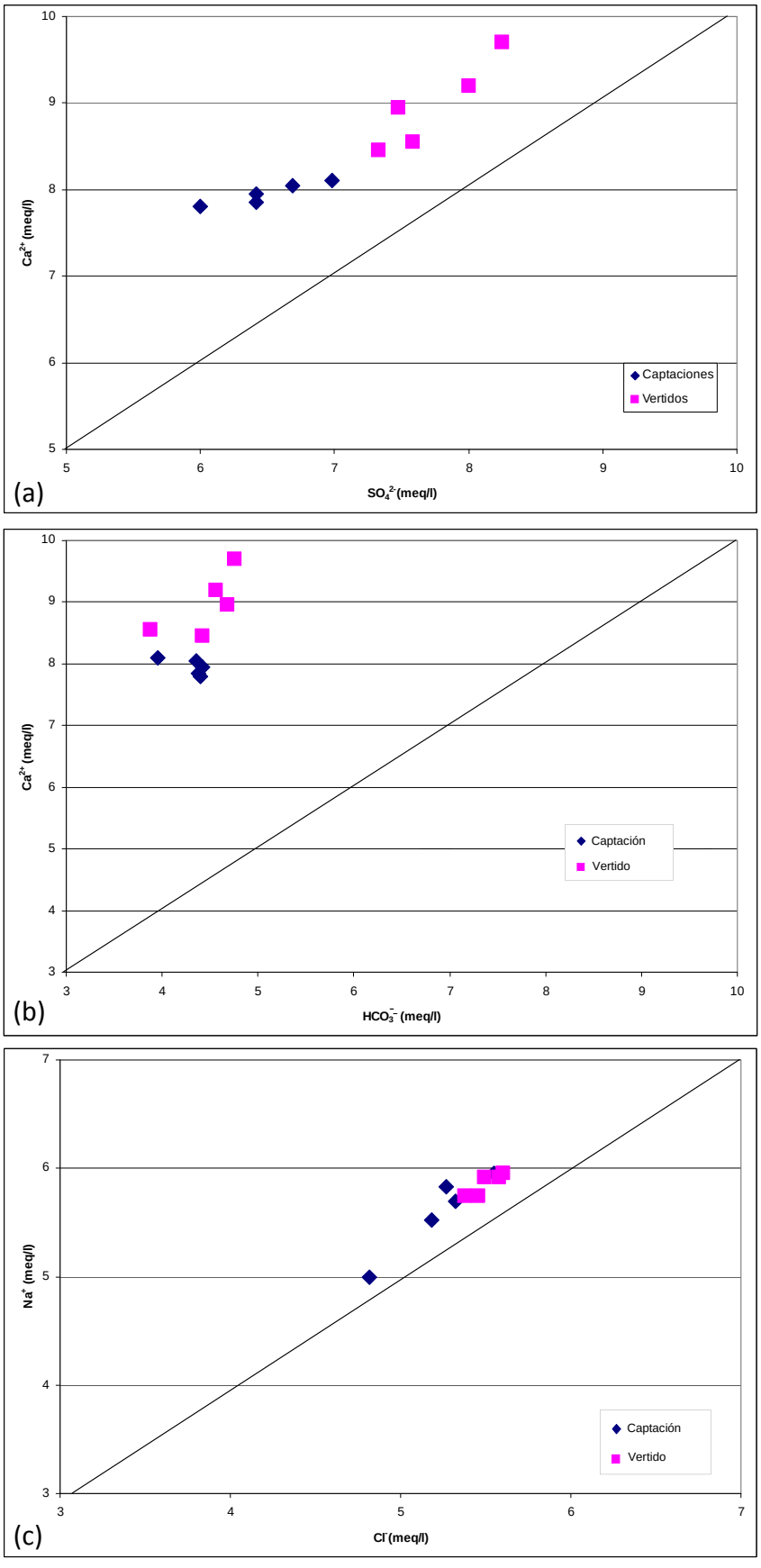



Figura 10.28. Diagramas ion-ion del yeso (a), calcita (b) y halita (c) para el doblete de pozos del aprovechamiento Aragonia: pozo de captación GS-29, pozo de vertido GS-30

La evolución de halita permite suponer también que se pueden estar produciendo paralelamente pequeños aportes de cloro y sodio procedentes de la disolución de esta última especie mineral.

Algunas evidencias de que estos procesos efectivamente son activos en determinados pozos de devolución de Zaragoza se exhiben en las fotografías de la Figura 10.29. En la figura de la izquierda se muestra una instantánea de un vídeo de auscultación realizado en el pozo de devolución GS-30 del complejo Aragonia; se observa cómo a 18 metros de profundidad la absoluta ausencia de precipitados facilita que las ranuras de los tramos enrejillados de la entubación del pozo permanezcan limpias, abiertas y perfectamente operativas para la circulación de agua. La foto de la derecha responde a un colapso observado en un pozo de devolución de la margen izquierda (271480175). La proximidad del sustrato yesífero en este sector posiblemente contribuya a que los procesos de disolución en el entorno de estos pozos sean más intensos, aumentando la inestabilidad de la estructura del acuífero.

Figura 10.29. Izquierda: rejilla de admisión de agua a 18 m de profundidad en el interior del pozo de devolución 271540386 (GS-30) de Aragonia. Derecha: colapso en el pozo de devolución 271480175 del aprovechamiento del Edificio Bethancourt

### 2. Doblete de pozos Utrillas Plaza-Centro Comercial (GS-38/GS-39)

Con la evolución observada en este doblete de pozos (Figura 10.30) se representa una situación diametralmente opuesta a la del doblete de pozos de Aragonia. En este caso, la concentración del ion calcio en las aguas de devolución disminuye de forma notable tal y como se refleja en los gráficos de relaciones iónicas de los sistemas calcita y yeso.

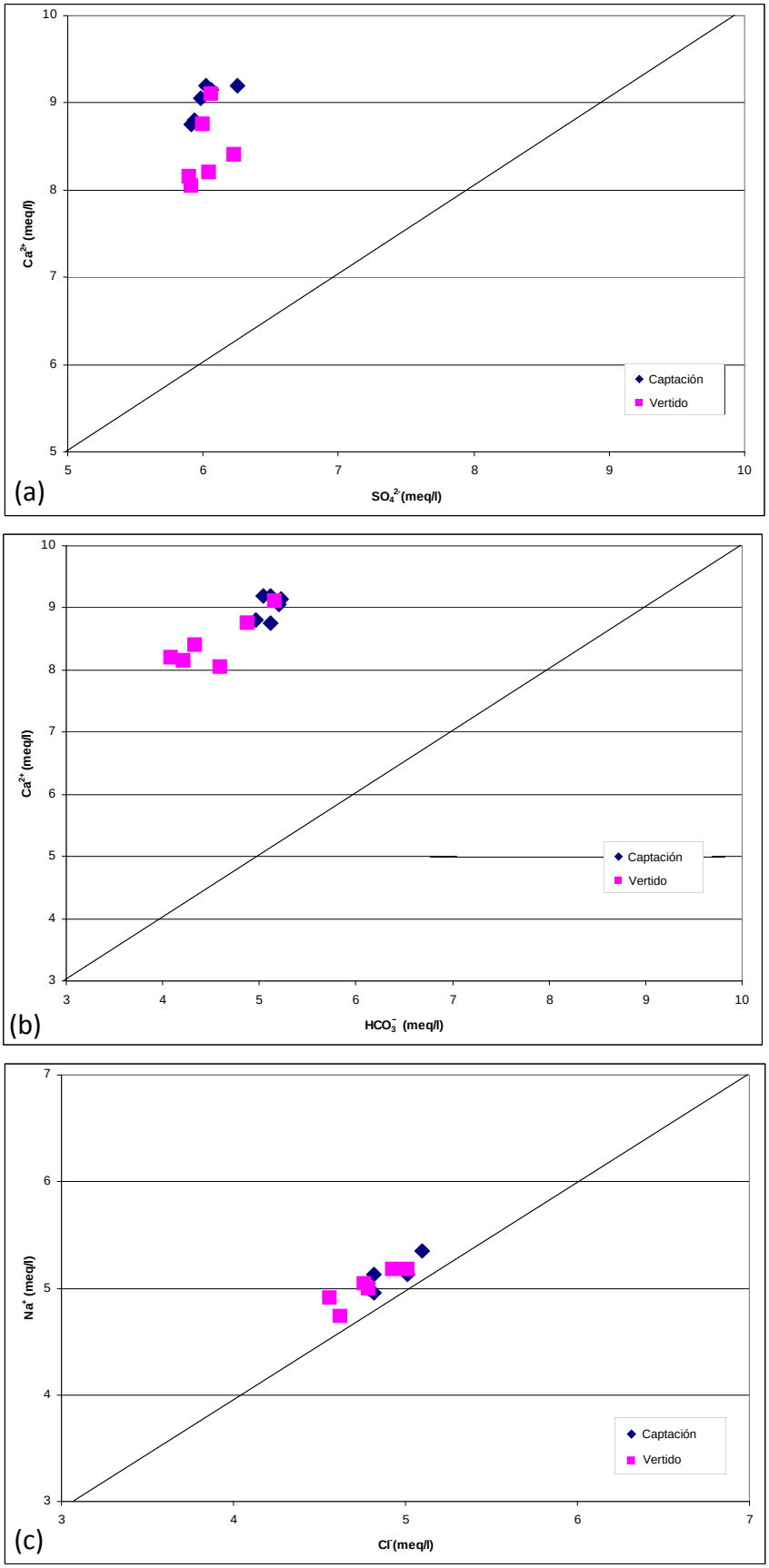



Figura 10.30. Diagramas ion-ion del yeso (a), calcita (b) y halita (c) para el doblete de pozos del aprovechamiento Utrillas Plaza Centro Comercial: pozo de captación GS-38, pozo de vertido GS-39

Así, mientras que el descenso es paralelo a la relación 1:1 en el sistema calcita, en el sistema yeso no se observa contracción en el contenido de ion sulfato por lo que el proceso dominante resulta ser la precipitación mineral de calcita.

Hay constancia, por el personal de mantenimiento de las instalaciones del complejo Utrillas-Centro Comercial, de que existe obturación y calcificación de conducciones que vendrían a confirmar la actividad de estos procesos. Esto es sin embargo un hecho frecuente, que se repite en numerosos pozos de explotación de Zaragoza y no solo en aquellos con fines exclusivamente geotérmicos. No obstante, uno de los ejemplos con evidencias más destacadas y sorprendentes se produce en el segundo pozo de devolución del complejo Aragonia (Figura 10.31), un proceso totalmente opuesto al que se da en el primer pozo de devolución situado a escasos metros de distancia y que ya ha sido citado en el apartado anterior.

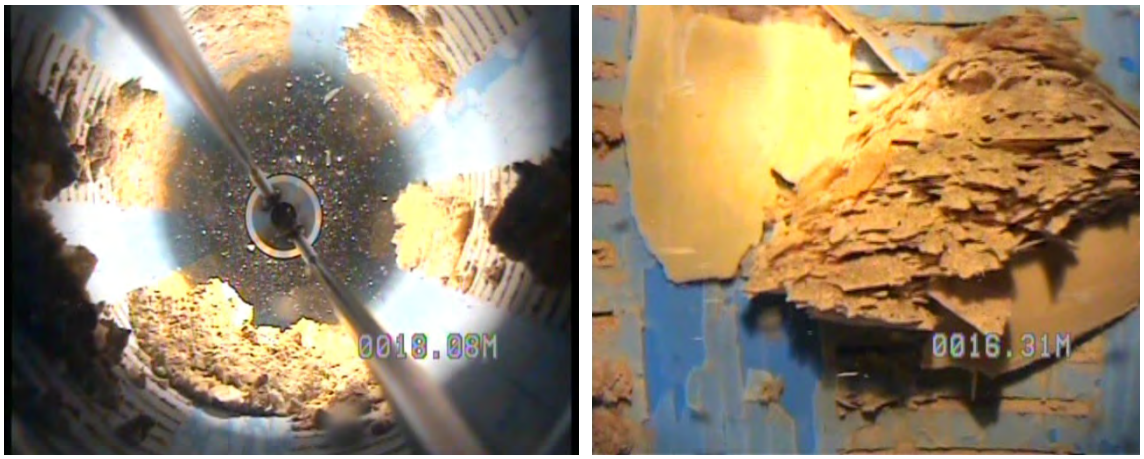



Figura 10.31. Izquierda: rejilla de admisión de agua a 18 m de profundidad en el interior del segundo pozo de devolución de Aragonia (271549067). Derecha: detalle de concreciones y crecimiento de precipitados en rejillas

## Evolución de procesos geoquímicos a lo largo de una línea de flujo subterráneo

Para analizar los cambios geoquímicos producidos a corta-media distancia se estudia la evolución a lo largo la línea de flujo subterráneo controlada por los piezómetros A-B-C de la Figura 10.5 (GS-9, GS-5 y GS-6 respectivamente).

Los procesos dominantes entre puntos se observan bien de manera individual y para cada campaña de muestreo (Figura 10.32). En su conjunto se deduce que, con respecto al sistema yeso, la evolución dominante en el paso A-B, y en menor medida del paso B-C, es la disminución del contenido en iones sulfato y calcio disuelto en las aguas subterráneas de forma paralela a la relación 1:1. Puesto que en todos los casos las aguas continúan siendo subsaturadas en yeso (Figura 10.32b) la explicación más favorable parece ser cierto grado de dilución con aguas de menor mineralización (pérdida de redes de distribución) de manera que las aguas B y C verían incrementada su potencial capacidad para disolver este mineral al adquirir progresivamente un mayor grado de subsaturación.

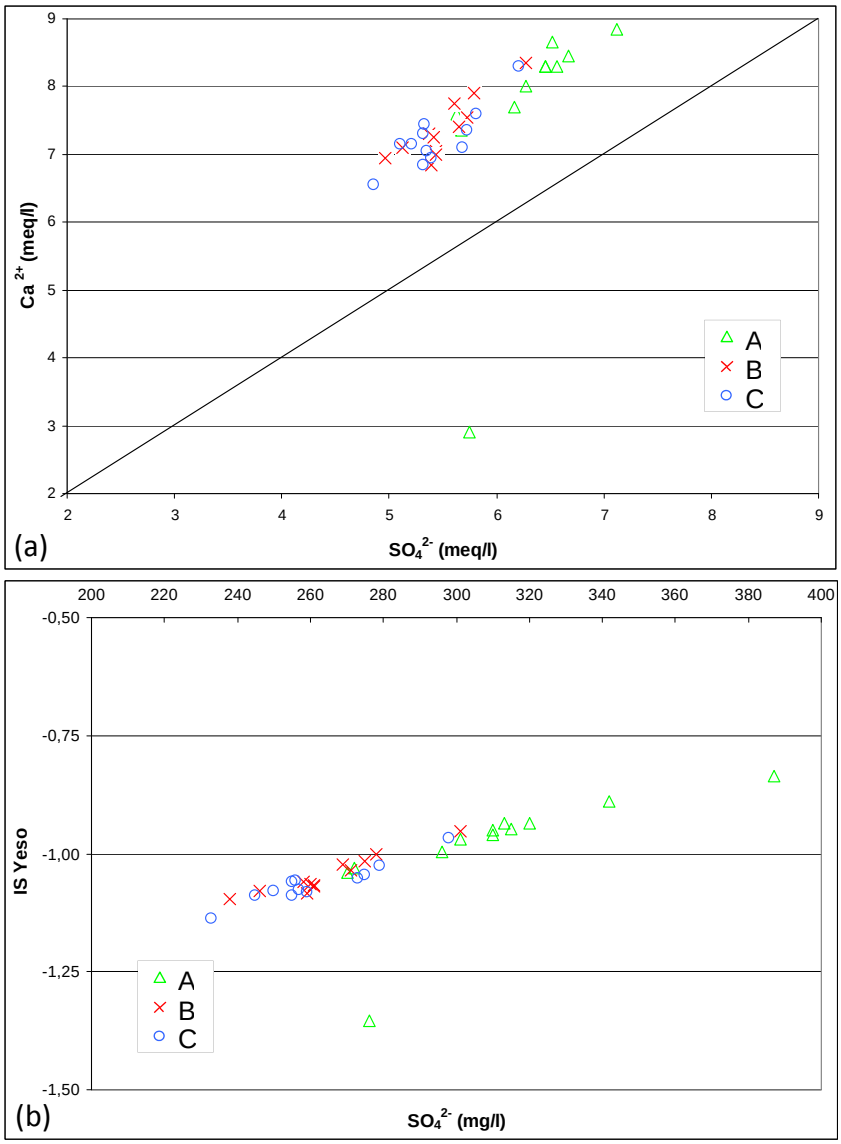



Figura 10.32. Diagramas ion-ion (a) e IS-ion (b) para el yeso en tres puntos alineados con el flujo subterráneo. A: Avenida Clavé GS-9; B: Albareda GS-5; C: Hospital Provincial GS-6

En el sistema calcita (Figura 10.33), la interpretación que se deduce de la evolución de las aguas en los tres piezómetros señalados es que, al igual que se ha visto con el yeso, puede existir cierto grado de dilución entre A y B, pero que no se puede descartar la precipitación mineral de calcita afectando también en mayor grado al paso de las aguas entre los piezómetros A-B, que se amortigua durante el recorrido de B a C; de hecho, el piezómetro B es uno de los pocos piezómetros donde queda constancia de la aparición de precipitados de calcita en partes de su equipamiento instrumental.

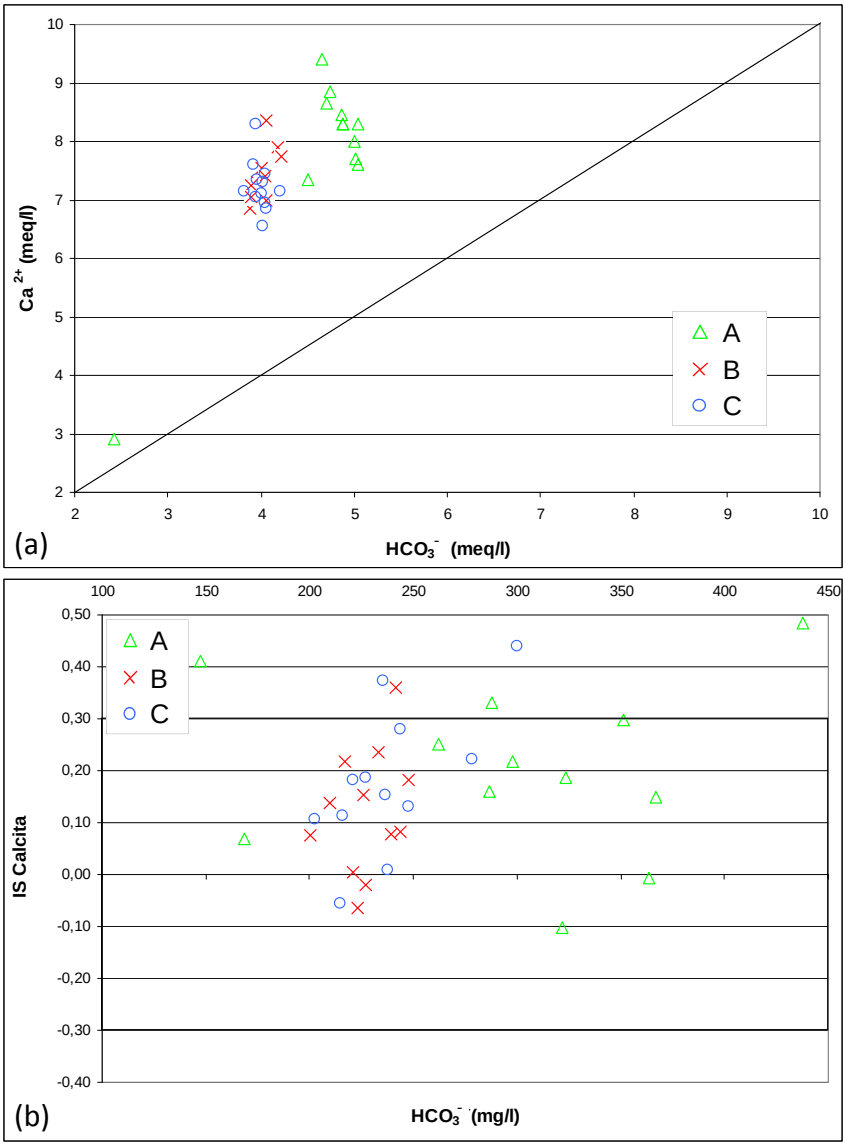



Figura 10.33. Diagramas ion-ion (a) e IS-ion (b) para la calcita en tres puntos alineados con el flujo subterráneo. A: Avenida Clavé GS-9; B: Albareda GS-5; C: Hospital Provincial GS-6

En cuanto a la halita, el proceso más importante lógicamente está relacionado con la disolución de esta especie mineral, pero de forma más destacada en el recorrido A-B,

tal y como se desprende de la Figura 10.34, ya que los índices de saturación aumentan pero quedan lejos de alcanzar estados de equilibrio. La evolución de las aguas en el paso de piezómetros A-B experimenta un aumento de iones cloro y descenso de iones sodio; en este caso es probable que se estén produciendo simultáneamente procesos de intercambio catiónico, de iones calcio por iones sodio.

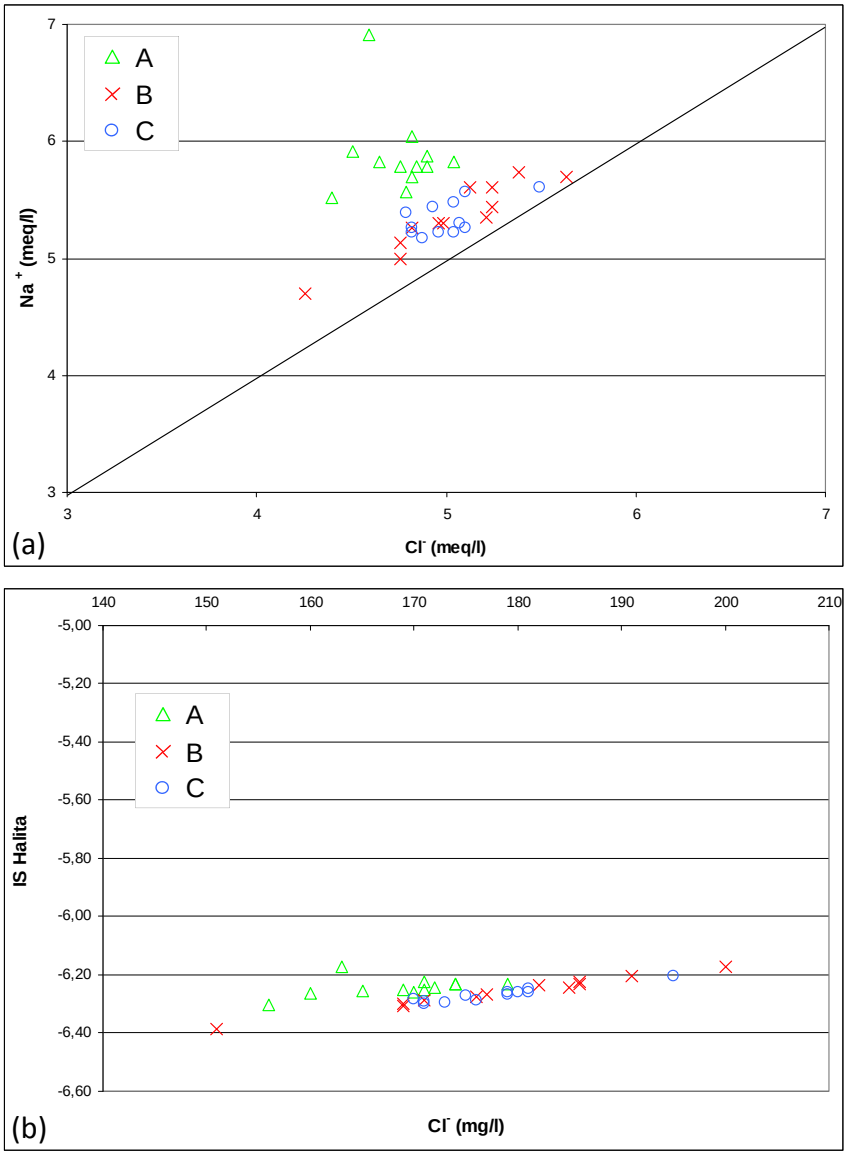



Figura 10.34. Diagramas ion-ion (a) e IS-ion (b) para la halita en tres puntos alineados con el flujo subterráneo. A: Avenida Clavé GS-9; B: Albareda GS-5; C: Hospital Provincial GS-6

## 10.4 Estimación del riesgo de los sistemas abiertos para la geoquímica de las aguas subterráneas

A continuación se muestran los resultados una serie de simulaciones y cálculos geoestadísticos que se han llevado a cabo al objeto de conseguir una herramienta semicualitativa con la que valorar de forma rápida el alcance que la elevación de la temperatura del agua subterránea puede tener sobre el comportamiento geoquímico de las especies minerales disueltas.

### Simulación de la evolución de la saturación mineral según la temperatura

Utilizando el código PHREEQC con la base de datos termodinámicos WATEQ4F se realizan cálculos de cómo variarían los índices de saturación en función del incremento térmico del agua supuestamente producido por el funcionamiento y vertido de aguas de alta temperatura procedente de procesos de climatización con bombas de calor. Para ello se simula la evolución geoquímica de un punto que inicialmente no está afectado térmicamente y que es representativo de las condiciones iniciales de calidad y composición del agua subterránea del acuífero. El punto que cumple estos requisitos es el piezómetro de la red de control: GS-9 Avenida Clavé.

La simulación se ha llevado a cabo realizando sucesivos cálculos de especiación-solubilidad a diferentes temperaturas, partiendo de un estado inicial de 15°C y aplicando un aumento de la temperatura en distintos pasos, inicialmente con incrementos de 0,5°C hasta los 20°C, para acabar con incrementos de 10°C en el rango teórico de 30 a 50°C de temperatura final de las aguas subterráneas.

En La figura 10.35 se representa gráficamente la evolución del índice de saturación (IS) de las dos especies minerales más sensibles dependientes del entorno litológico del acuífero urbano: calcita y yeso. La evolución del IS de yeso apenas queda afectada por el incremento de la temperatura o adquiere grados ligeramente más bajos de subsaturación; es decir, el rango en que se mueve este parámetro en los procesos de

geotermia somera no modifica sustancialmente las condiciones iniciales del sistema, que se concretan en la disolución del sulfato cálcico. Por el contrario, la evolución del IS de calcita en estados iniciales de baja temperatura, generalmente por debajo de 20°C, está próxima o ligeramente por encima del rango de incertidumbre del equilibrio mineral que se ha adoptado en este estudio. Tal estado puede hacer que aguas del acuífero que presenten un IS en el límite del equilibrio disolución-precipitación, al incrementar la temperatura sobrepasen dicho límite, alcanzando con cierta rapidez el campo de sobresaturación y dando lugar fácilmente a la aparición de precipitados minerales de calcita.

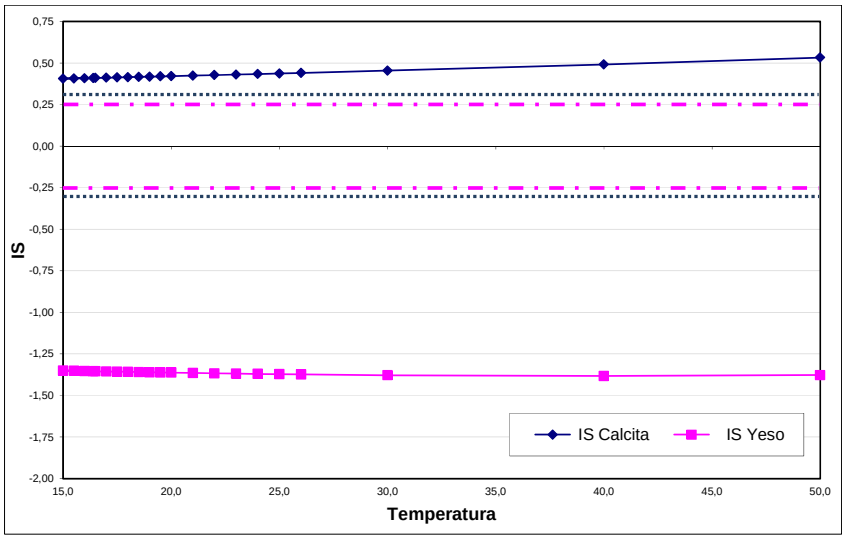



Figura 10.35. Simulación de la evolución del índice de saturación de calcita y yeso en función de la temperatura para las aguas subterráneas del piezómetro Avenida Clavé GS-9. Rangos de incertidumbre de calcita: ±0,30; yeso: ±0,25

En resumen, la devolución de aguas de procesos de climatización genera es sus estados iniciales un progresivo aumento térmico que modifica el IS de calcita hacia estados cada vez mayores de saturación mineral, generando la aparición de precipitados, más probables cuanto mayor sea el salto térmico aplicado con las bombas de calor. En cuanto al yeso, la evolución térmica no modificaría sustancialmente el grado de saturación mineral de esta especie por lo que se mantiene elevada la probabilidad de que se produzca una disolución mineral.

## Estimación de áreas geoquímicamente desfavorables

Se realiza un tratamiento geoestadístico con los cálculos de especiación-solubilidad de la campaña de marzo de 2011. La finalidad consiste en obtener valores distribuidos del acuífero para los índices de saturación de las principales especies minerales que se identifican en el entorno geológico del aluvial en Zaragoza. Una vez calculados los valores distribuidos se pueden crear mapas de isovalores, cuya interpretación contribuye a la establecer con precisión la caracterización geoquímica del acuífero y a la identificación de áreas donde predominan determinados procesos de precipitación-disolución mineral. Pero es quizás esta geoestadística interpretada de manera conjunta con los impactos geoquímicos, que se han identificado a lo largo del capítulo 10.3, lo que puede aportar un valor añadido a la estimación de áreas consideradas desfavorables desde el punto de vista del comportamiento geoquímico para la instalación de aprovechamientos geotérmicos mediante sistemas abiertos con bombas de calor.

Se ha utilizado la aplicación informática S-GeMS (Stanford Geostatistical Modeling Software) código libre capaz de realizar una modelización geoestadística en tres dimensiones (Remy *et al*., 2008; Bianchi and Zheng, 2009). Dispone de un conjunto de herramientas para estimar una variable espacialmente distribuida a partir de un número limitado de datos. Todos los algoritmos se basan en el método del krigeado, siendo el krigeado ordinario (OK) el utilizado con los datos de los índices de saturación de los análisis llevados a cabo de la campaña de marzo de 2011.

La Figura 10.36 muestra los 33 puntos de control tenidos en cuenta en el análisis geoestadístico y su distribución en la malla considerada para la obtención de los valores distribuidos de las Figuras 10.37 y 10.38. Los cálculos se realizan para un mallado en el plano XY con 60 celdas por lado (3600 celdas), de 100 x 100 m de lado.

Los modelos de continuidad espacial utilizados para las cuatro especies minerales seleccionadas corresponden con los siguientes variogramas:

$$\text{Yeso: } \gamma_k(h) = 0{,}009 + 0{,}075\ \text{Sph}_{ax=ay=1860,\alpha=0}(h)$$

$$\text{Calcita: } \gamma_k(h) = 0{,}005 + 0{,}036\ \text{Gaus}_{ax=ay=1960,\alpha=0}(h)$$

$$\text{Halita: } \gamma_k(h) = 0{,}001 + 0{,}3\ \text{Gaus}_{ax=ay=3800,\alpha=0}(h)$$

$$CO_2\text{: } \gamma_k(h) = 0{,}02 + 0{,}13\ \text{Gaus}_{ax=ay=1650,\alpha=0}(h)$$

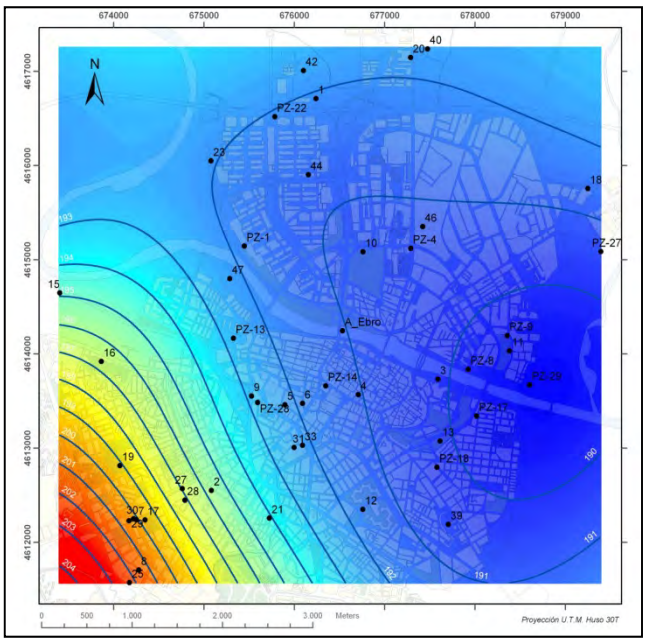



Figura 10.36. Malla utilizada para el análisis geoestadístico. Posición de los puntos de control, indicando el número de la Red de Control de Geotermia. Líneas isopiezas (m s.n.m.) para marzo de 2011 obtenidas por krigeado ordinario

Una primera aproximación permite observar en todos los mapas una distribución de los valores de IS que reproduce, con mayor o menor fidelidad, las diferentes características geoquímicas entre ambas márgenes del Ebro. Además refleja zonas o "islas" dentro de la ciudad que concentran mayor número de sistemas geotérmicos de otras zonas donde la afección térmicamente es menor o inexistente.

En el mapa de la calcita (Figura 10.37), la margen izquierda muestra condiciones de subsaturación o equilibrio mineral y es en la margen derecha donde aparecen las principales "islas" (colores cálidos) o áreas vulnerables a la generación de precipitados, donde es elevada la probabilidad de que se estén produciendo actualmente procesos de precipitación de forma natural o por influencia de vertidos procedentes de sistemas de climatización. No obstante las áreas que tienen una presión parcial de $CO_2$ disuelto muy superior al valor atmosférico (áreas en colores cálidos) son las que, en caso de que se bombease el agua del acuífero, tendrían mayor capacidad para desprender cantidades más importantes de $CO_2$ disuelto, por lo que cambiarían rápidamente las condiciones de equilibrio de la calcita. Rápidamente provocarían la sobresaturación en

calcita y la precipitación de esta fase tanto en el acuífero cómo en los conductos del circuito primario de los sistemas de climatización

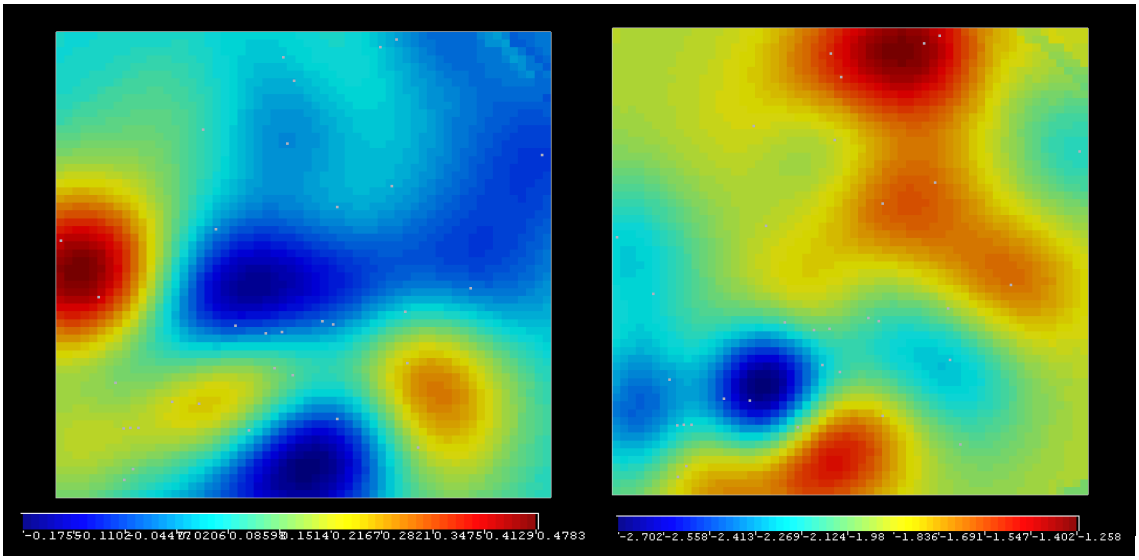



Figura 10.37. Izquierda: mapa de índice de saturación de calcita (rango de valores de IS entre -0,17 y +0,47). Derecha: mapa de presión parcial de $CO_2$ (rango de valores de log $pCO_2$ entre -2,70 y -1,26)

En la Figura 10.38 se puede observar los diferentes grados de subsaturación para los minerales de halita y yeso, cuya presencia resulta no obstante más elevada en la margen izquierda. En este caso la presencia de un sustrato salino a escasos metros de profundidad y el que las aguas subterráneas de este lado del río procedan de flujos de mayor recorrido y tiempo de residencia en el acuífero parece contribuir a la diferenciación geoquímica de las áreas.

La solubilidad del yeso es mucho menos sensible a las variaciones de temperatura. Mientras que en los propios pozos de devolución predominarían los procesos de disolución, los efectos que los sistemas geotérmicos provocan a media distancia pueden variar y disminuir la solubilidad de esta especie mineral. Sin embargo, en aguas como las del acuífero de Zaragoza, mayoritariamente subsaturadas respecto al yeso, cualquier modificación antrópica del sistema (alteración local de las líneas de flujo, dilución por aportes de otras aguas más subsaturadas, etc.) puede incrementar la intensidad de los procesos de disolución.

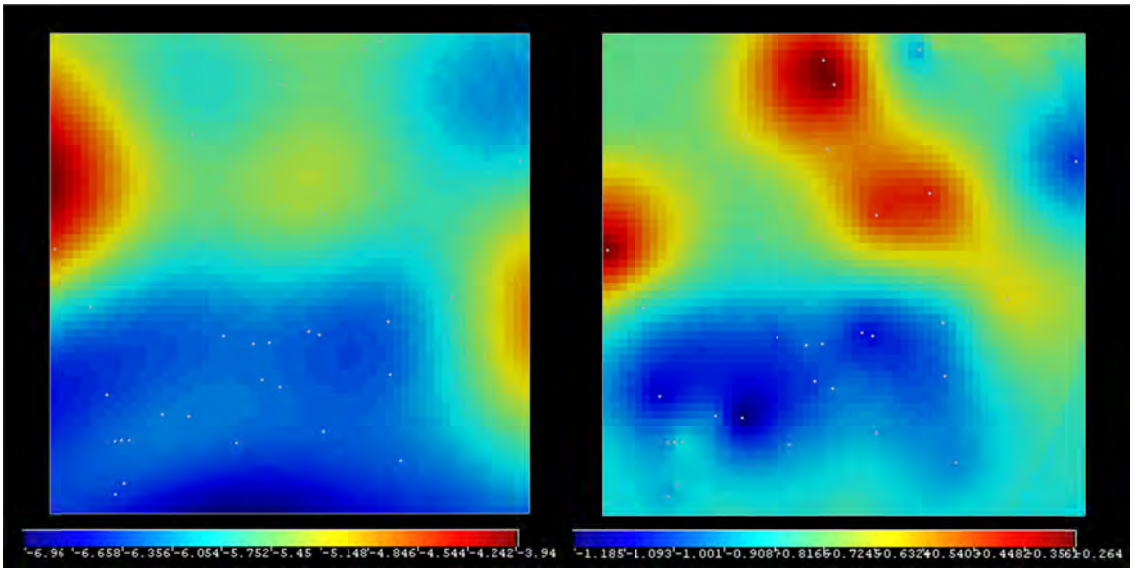



Figura 10.38. Izquierda: mapa de índice de saturación de halita (rango de valores de IS entre -6,96 y -3,94). Derecha: mapa de índice de saturación de yeso (rango de valores de IS entre -1,18 y -0,26)

# 11. MODELIZACIÓN MATEMÁTICA DEL FLUJO SUBTERRÁNEO Y DEL TRANSPORTE DE CALOR

## Introducción

La implantación de forma extensiva de bombas de calor geotérmicas en acuíferos urbanos es un tema importante relacionado con la calidad de las aguas subterráneas y de viabilidad económica de instalaciones geotérmicas existentes. Aunque muchas ciudades se encuentran en las inmediaciones de grandes ríos, se sabe poco acerca de la interacción río-acuífero desde un punto de vista térmico a una escala kilométrica (García-Gil *et al*., 2014).

Enlazando con el capítulo 8, aquí se evaluará el impacto tanto hidráulico como térmico de las explotaciones geotérmicas existentes en el acuífero aluvial urbano de Zaragoza y se reconstruirá el régimen térmico del acuífero teniendo en cuenta las crecidas del río Ebro. Para ello se ha utilizado la modelación matemática de flujo subterráneo y de transporte de calor en el margen derecho siguiendo los criterios hidráulicos del capítulo 8. De tal forma que se ha conservado el dominio y se han incluido 27 instalaciones subterráneas provistas con bombas de calor en sistema abierto. En la Figura 11.1 y la Tabla 11.I se presenta la localización y características de las instalaciones geotérmicas de baja entalpía incluidas en el modelo, información procedente de capítulos anteriores.

Mediante la modelación de flujo y transporte se pretende conocer la evolución espacial y temporal de los impactos térmicos generados en el acuífero para el diseño de estrategias, para la mejora y remediación de la explotación energética del acuífero aluvial urbano de Zaragoza.

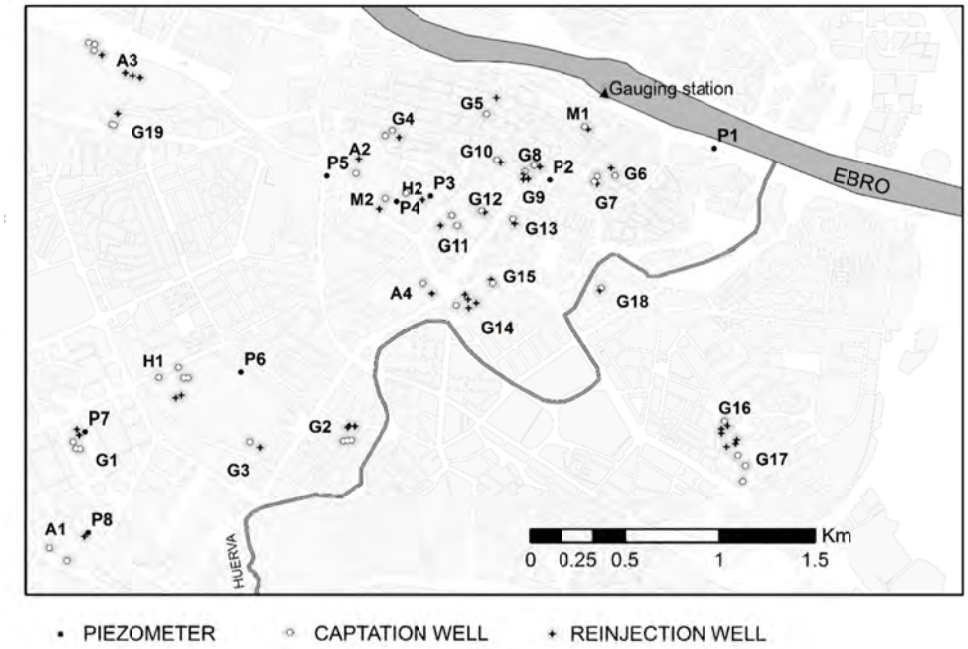



Figura 11.1. Localización de las instalaciones geotérmicas de baja entalpía en la margen derecha y los pozos de captación-inyección correspondicentes. Las instalaciones se diferencian en usuarios enerales (G), Museos (M), edificios de la Administración (A) y Hospitales (H). Se presenta los piezómetros (P) con medidas de alta resolución dentro del dominio seleccionado y la estación de aforo del río Ebro (Gauging station)

| Usuario | Etiqueta | Año inicio | Captación | | | Inyección | | Salto Térmico [$^0$C] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N° Pozos | Captación [$m^3 \cdot año^{-1}$] | Temperatura Media [$^0$C] | N° Pozos | Temperatura Media [$^0$C] | |
| Centro comercial | G1 | 2009 | 4 | 943.020 | 17,2 | 2 | 22,1 | 4,9 |
| Residencia de estudiantes | G2 | 2008 | 3 | 100.665 | 16,9 | 3 | 23,2 | 6,3 |
| Biblioteca | G3 | 2003 | 1 | 81.406 | 18,0 | 1 | 23,2 | 5,2 |
| Centro deportivo | G4 | 2002 | 2 | 115.566 | 16,9 | 1 | 28,1 | 11,2 |
| Mercado | G5 | 2007 | 1 | 96.000 | 17,5 | 1 | 26,3 | 8,8 |
| Mercado | G6 | 2010 | 1 | 96.000 | 22,2 | 1 | 28,0 | 5,8 |
| Convento | G7 | 2013 | 2 | 5.124 | 21,1 | 1 | 27,1 | 6 |
| Sala de espectáculos | G8 | 2008 | 1 | 1.290.004 | 20,6 | 1 | 28,4 | 7,8 |
| Centro comercial | G9 | 2004 | 1 | 1.752.000 | 25,1 | 1 | 35,1 | 7,2 |
| Hotel | G10 | 2010 | 2 | 208.625 | 19,1 | 1 | 26,3 | 13,6 |
| Complejo hotelero | G11 | 1999 | 2 | 184.437 | 20,4 | 1 | 34,0 | 13,6 |
| Salas de cine | G12 | 2004 | 2 | 133.521 | 21,2 | 1 | 27,9 | 6,7 |
| Centro de salud | G13 | 2007 | 1 | 23.000 | 20,1 | 1 | 27,1 | 7 |
| Edificio de oficinas | G14 | 2004 | 1 | 7.000 | 19,2 | 1 | 27,0 | 7,8 |
| Banco | G15 | 2006 | 3 | 614.429 | 18,1 | 4 | 25,1 | 7 |
| Centro comercial | G16 | 2000 | 1 | 525.600 | 24,1 | 3 | 30,4 | 6,3 |
| Centro comercial | G17 | 2000 | 3 | 1.285.200 | 23,7 | 3 | 34,6 | 10,9 |
| Residencia | G18 | 1998 | 1 | 24.354 | 17,1 | 1 | 25,9 | 8,8 |
| Sala de espectáculos | G19 | 2010 | 2 | 1.170.351 | 17,3 | 1 | 24,8 | 7,5 |
| Administración | A1 | 2009 | 2 | 549.423 | 16,9 | 1 | 29,3 | 12,4 |
| Administración regional | A2 | 1987 | 2 | 511.000 | 18,4 | 1 | 27,1 | 8,7 |
| Estación de tren | A3 | 2003 | 3 | 1.186.500 | 18,5 | 4 | 22,4 | 3,9 |
| Rectorado | A4 | 2008 | 2 | 145.000 | 18,4 | 1 | 32,1 | 13,7 |
| Hospital | H1 | 2005 | 4 | 941.856 | 21,3 | 2 | 28,5 | 7,2 |
| Hospital | H2 | 2009 | 2 | 189.533 | 16,6 | 1 | 24,1 | 7,5 |
| Museo | M1 | 2010 | 1 | 319.010 | 22,1 | 1 | 35,0 | 12,9 |
| Museo | M2 | 2010 | 1 | 112.453 | 17,2 | 1 | 23,2 | 6 |

Tabla 11.I. Características principales de las instalaciones geotérmicas incluidas en el modelo. La posición de cada instalación en función de su etiqueta se muestra en la Figura 11.1. La tabla incluye el año en el que la instalación entró en funcionamiento, el número total de pozos de captación-inyección, los volúmenes anuales de agua subterránea captados-inyectados y los saltos térmicos medios provocados en el acuífero

## Datos de entrada. Monitorización

Como se ha indicado en el capítulo 8, las bases de datos consultadas (IGME, CHE, Ayuntamiento de Zaragoza) proporcionan 240 puntos de observación con información en el área a modelar (CHE, 2010). No obstante estos puntos de observación carecen de un muestreo adecuado para estudiar la respuesta térmica del acuífero a los sistemas geotérmicos.

Por ello, en el desarrollo del presente proyecto se construyó en la margen derecha del Ebro una red piezométrica compuesta por ocho nuevos piezómetros (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8, ver Figura. 11.1) con el objetivo de controlar el nivel del agua subterránea y la evolución de la temperatura. En los respectivos piezómetros se incorporó un dispositivo con sendos sensores de presión y temperatura de alta resolución (Baro-Diver Schlumberger datalogger). Dichos sensores presentan una precisión de 0,5 cm de $H_2O$ y 0,01 °C respectivamente. Los piezómetros P2, P3, P4, P6, P7 y P8 se situaron aguas abajo de instalaciones geotérmicas, P5 fue construido en una zona no afectada térmicamente, y P1 se colocó a 20 m de la orilla del río Ebro. En ellos se han realizado de forma manual y con frecuencia mensual perfiles de temperatura a lo largo de la zona ranurada utilizando una sonda multiparamétrica (modelo SEBA KLL - Q). La Figura 11.2 muestra los cambios de temperatura con la profundidad y el tiempo de los ocho piezómetros construidos.

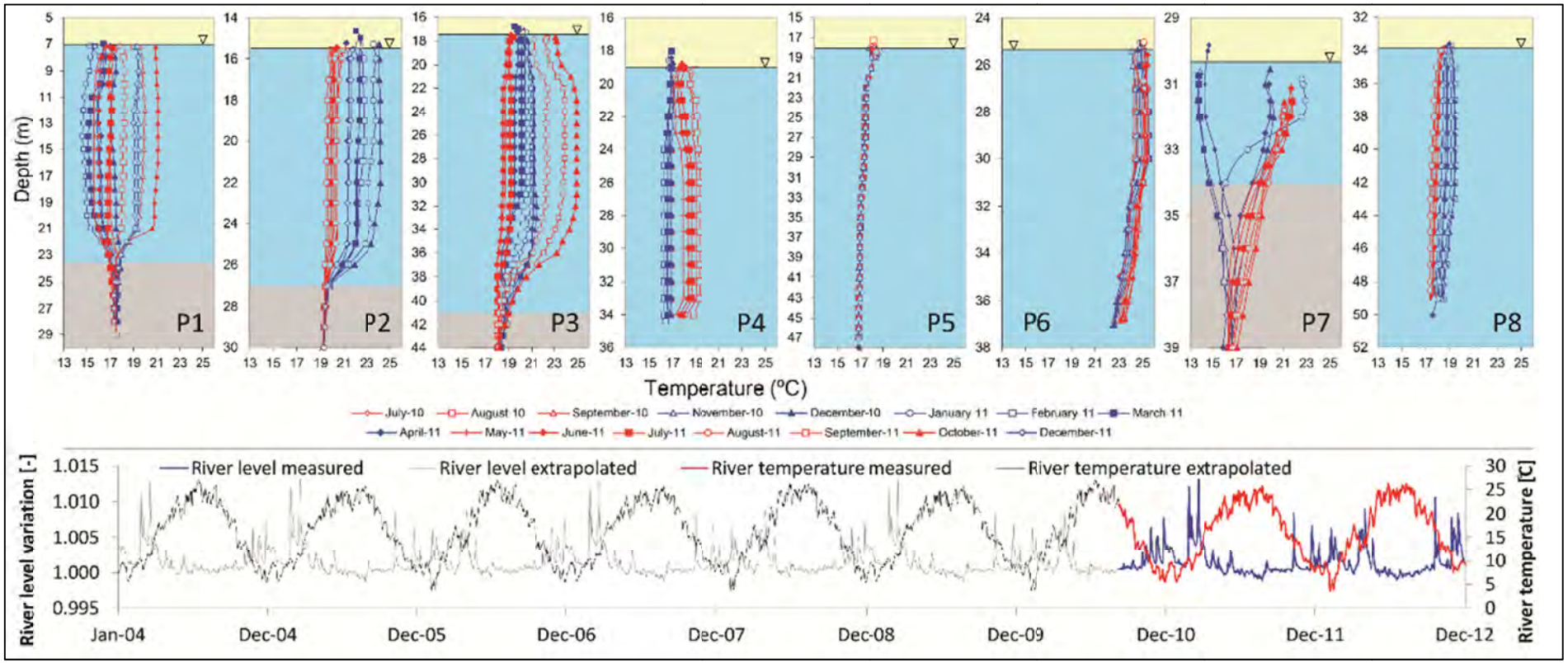



Figura 11.2. Representación de los perfiles verticales de temperatura en los 8 piezómetros estudiados. El basamento se muestra de color gris, el espesor saturado en azul y la zona no saturada en amarillo. En la parte de abajo se muestra la función de nivel y temperatura utilizados para las condiciones de contorno del río Ebro

## Modelo numérico

### 1. Fundamentos del modelo

La modelización matemática del régimen hidráulico y térmico del acuífero estudiado se han realizado utilizando el código TRANSIN IV (Medina y Carrera, 1996) mediante la interfaz VisualTRANSIN (GHS, 2003). Se trata de un código de elementos finitos que, entre otras funciones, resuelve de forma acoplada las ecuaciones el flujo de agua subterránea y de transporte de calor.

Con el mismo dominio que el presentado en el capítulo 8 y teniendo en cuenta que sólo hay una capa del acuífero y que el cambio de temperatura con la profundidad es mínimo (tal y como se observa en la Figura. 11.2), se ha desarrollado una malla triangular bidimensional con 7.529 nodos y 14.761 elementos. Se trata de una malla de elementos finitos no estructurada refinada a partir de elementos triangulares de 200 metros de lado en el límite lateral marginal, donde no se requiere gran precisión, a elementos de 3 m de lado en el límite del río Ebro. El modelo realiza simulaciones de nueve años, con discretización temporal diaria, a partir de 2004 y terminando en 2013. Los primeros cinco años se han simulado para obtener las condiciones iniciales necesarias para modelar el período de datos monitorizados (periodo instrumental).

### 2. Condiciones de contorno de flujo

En la Figura 11.3, se ilustran las condiciones de contorno adoptadas en el modelo hidrogeológico. Se ha optado por una condición de contorno mixta tipo Cauchy transitoria para reproducir la conexión hidráulica entre el Ebro y el acuífero aluvial (**RH**). El coeficiente de goteo (conductancia del río) se calibró con las medidas de nivel registradas en el piezómetro P1 junto al río Ebro. El nivel de referencia para esta condición de contorno se implementa mediante una función espacial que atribuye a cada nodo del río su cota respectiva obtenida a partir de la cota topográfica del río, la cual disminuye de 210 a 175 metros a lo largo de la trayectoria del río abarcada por el dominio. Además, se ha asignado una función de tiempo a la condición de contorno de nivel prescrito del Ebro. Esta función hace que la condición de contorno sea transitoria,

ya que asigna a cada nodo del límite de contorno el nivel del río correspondiente a cada paso de tiempo. Con esto se consigue implementar las crecidas en el modelo.

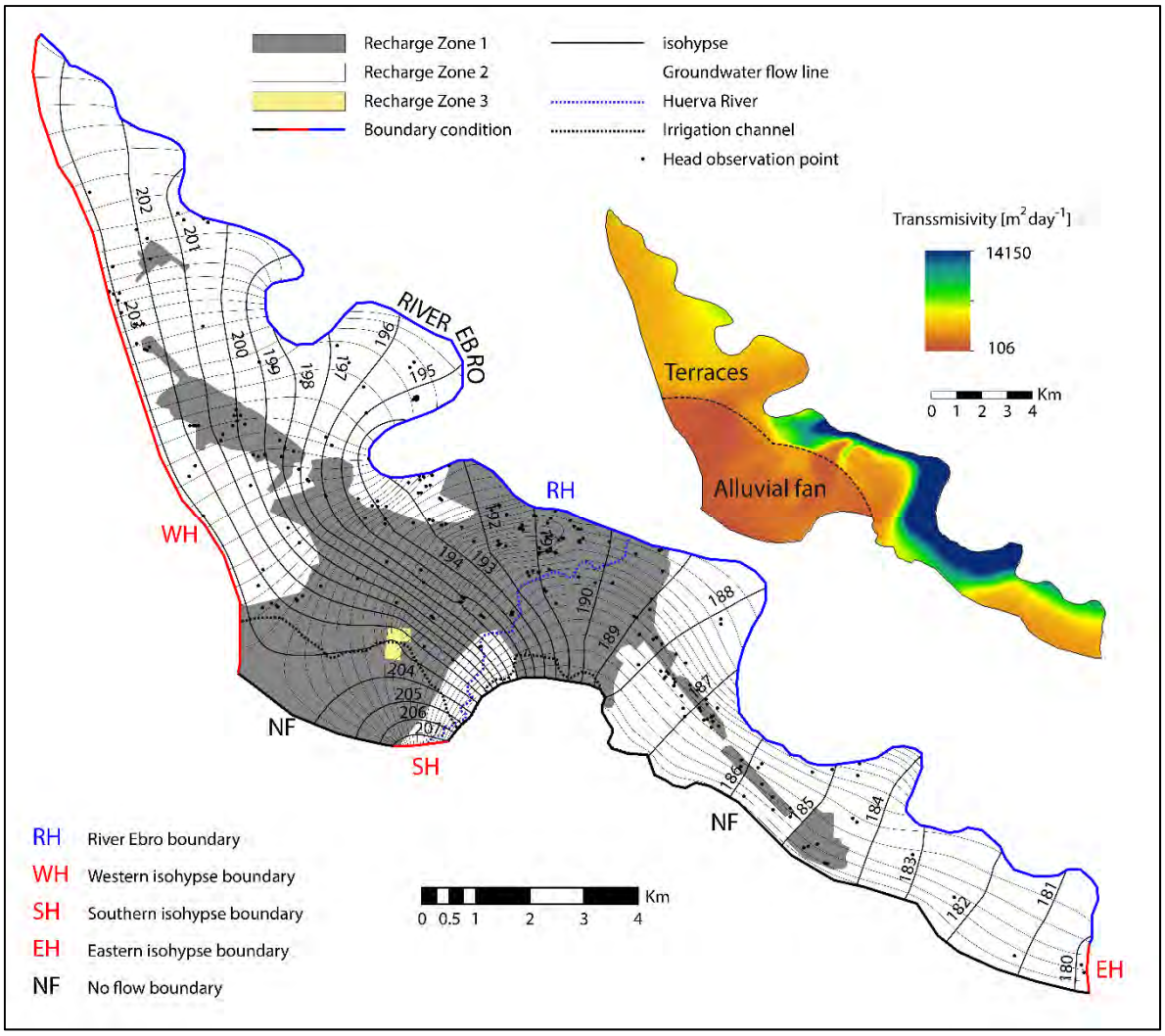



Figura 11.3. Dominio del modelo de flujo y transporte de calor, y condiciones de contorno incluyendo las zonas de recarga superficial utilizadas. También se muestra la red de flujo para enero de 2013, los puntos de observación y campo de transmisividades utilizado

Tanto las funciones del nivel del río así como de temperatura aplicadas en el modelo se obtuvieron a partir de la información proporcionada por la estación de aforo A011: Río Ebro en la ciudad de Zaragoza perteneciente a la CHE (Figura 11.1).

Desde septiembre de 2009 hasta 2012, el nivel de base del río Ebro oscila con una amplitud de 0,165 m a lo largo del año, pero las crecidas del río hacen aumentar la altura del agua en el río hasta 2,1 m por encima del nivel de base. Durante las crecidas los niveles pueden permanecer 0,5 m por encima del nivel de base de hasta un mes después del pico, lo que hace posible la recarga del acuífero. Al mismo tiempo, la

temperatura del río Ebro cambia de forma cíclica durante el año de 4-10°C en invierno, a 22-27°C en verano. Las funciones de tiempo para simular las variaciones de nivel y de temperatura usadas para esta condición de contorno se muestran en la Figura 11.2.

Aforos diferenciales del río Huerva en la ciudad de Zaragoza junto con lecturas de niveles en pozos y mapas piezométricos de trabajos anteriores (Garrido *et al*., 2006) demuestran la ausencia de una conexión hidráulica en el río Huerva con el acuífero aluvial urbano. En todo caso, el río Huerva se ha incluido en el modelo con una condición de contorno tipo Cauchy constante para llevar a cabo un análisis de sensibilidad e identificar posibles goteos. Se ha seguido el mismo criterio en relación con el Canal Imperial de Aragón, que atraviesa la parte sur del área investigada.

Los límites occidental (WH) y oriental (EH) del dominio se han implementado en el modelo con condiciones de contorno de nivel prescrito o Dirichlet, correspondiente a isopiezas calculadas en un modelo regional de flujo anterior (Garrido *et al*., 2006). Para reproducir adecuadamente los flujos de intercambio río-acuífero en la zona urbana, los límites oeste y este se han alejado varios kilómetros de la zona de interés. En la parte sur del sector central del dominio se ha impuesto una condición de contorno de nivel prescrito tipo Dirichlet (SH). Este límite sur se ha establecido de acuerdo con datos de nivel piezométrico presentes en el IPA (CHE, 2010), donde se ha establecido una conexión hidráulica lateral entre los acuíferos aluviales del Huerva y del Ebro. El resto de los límites asignados del modelo se definen como condición de contorno de flujo prescrito o condición Neumann con flujo cero, que representan el contacto lateral entre el acuífero y el sustrato del Mioceno (NF).

Se ha examinado la variación en los resultados del modelo al variar el valor de la recarga. Para este análisis de sensibilidad, se consideraron cinco casos: caudal constante equivalente al 25 % de la cantidad total de precipitación en un año, una recarga transitoria con resolución diaria coincidente con el 25% de la correspondiente precipitación diaria, recarga transitoria diaria coincidente con el 50% de la correspondiente precipitación diaria, recarga transitoria diaria coincidente con el 100% de la correspondiente precipitación diaria y por último recarga transitoria diaria con el 200% de la respectiva precipitación diaria en la recarga superficial.

Este análisis de sensibilidad mostró que el error cuadrático medio en los niveles calculados varía con la recarga linealmente ($R^2$=0,97) hasta 6 cm al incrementar un 10% del volumen de recarga (Figura 11.4). Por lo tanto podemos confirmar, como ya se había indicado en el capítulo 8, una sensibilidad baja del modelo a la recarga y por lo tanto calcularla con gran precisión apenas mejora los resultados obtenidos por el modelo.

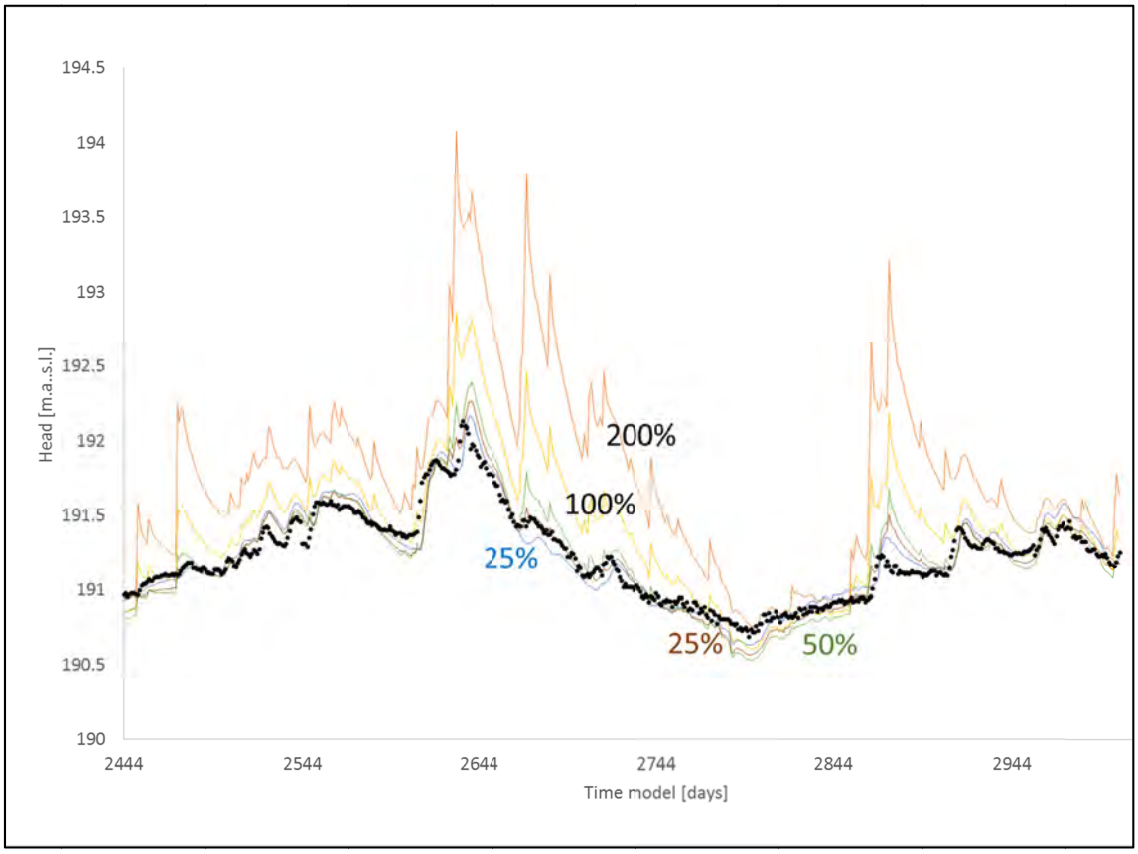



Figura 11.4. Respuesta del piezómetro P4 al análisis de sensibilidad a la recarga realizado

Por otra parte, las diferencias entre la recarga constante y la recarga transitoria producen un cambio medio de 0,03 m en los niveles. Por lo tanto, la recarga por infiltración superficial (condición de contorno tipo Neumann) ha sido considerada estacionaria con tres zonas diferenciadas.

- Una zona de 70 mm (caudal constante equivalente al 25 % de la cantidad total de precipitación en un año) en las áreas urbanas (zona 1 de recarga).

- La segunda zona es de 76 mm para las zonas agrícolas (zona 2 de recarga). Este caso y el anterior son consistentes con modelos regionales anteriores (Garrido *et al*., 2006).
- La planta potabilizadora de agua en el sector central del modelo presenta un goteo significativo en el acuífero, pero en la actualidad dicha fuga no se ha cuantificado. Por esta razón, una tercera zona de recarga (zona 3 de recarga) ha sido calibrada con datos de nivel de piezómetros circundantes.

Un total de 27 sistemas GWHP se han incorporado en el modelo, como se muestra en la Figura 11.1. Cada sistema tiene su propio caudal de extracción-inyección y distribución de la temperatura de inyección (Tabla 11.I). En cuatro de ellos (H1, H2, A1 y G1) se dispone de los datos de producción y estos fueron implementados en el modelo mediante funciones de tiempo. Para el resto de sistemas, sólo se dispone de caudales medios anuales de extracción-inyección. Se ha observado que los cuatro ciclos de bombeo medidos tienen una distribución de bombeo muy similar durante todo el año, a pesar de que son diferentes en magnitud. Los sistemas de geotérmicos sin datos detallados han sido extrapolados con el patrón observado en instalaciones con datos de tal forma que los balances de volumen de agua y energía coincidan con las lecturas anuales.

### 3. Condiciones de contorno de transporte de calor

Para el modelo a escala regional desarrollado se despreció el intercambio térmico a través de los límites superior e inferior del acuífero aluvial. Un espesor medio de 15 m en la zona no saturada garantiza, en este caso, que la temperatura se mantenga constante durante todo el año en torno a 17°C (temperatura de fondo del acuífero, ver Figura 11.2 piezómetro P5), independiente de la temperatura del aire en superficie y eventos de recarga.

Esta hipótesis es coherente con las observaciones de Pouloupatis *et al*. (2011) y los cálculos realizados por Epting *et al*. (2013) para los acuíferos de alta transmisividad, donde las fluctuaciones estacionales de la temperatura del aire se amortiguan rápidamente antes de llegar al nivel freático. Además, esta propiedad de temperatura

constante durante todo el año en sí misma fundamenta la idea en la que se basa el aprovechamiento geotérmico de baja entalpía.

En el límite inferior, el flujo de calor a través del basamento está limitado por conducción en la matriz sólida. El registro de temperaturas en P1, P2 y P3 de la Figura 11.2 se puede observar que el cambio de temperatura inducido por las explotaciones geotérmicas en el sustrato es inferior a 0,5 grados durante todo el año. No obstante existen excepciones, en el piezómetro P7 se observa un cambio de temperatura mayor de 4°C en el basamento lo que podría indicar la necesidad de considerar éste límite en estudios locales. Por lo tanto se puede afirmar que existe intercambio de calor con el lecho de roca pero este intercambio es despreciable a escala regional. Aun así, es necesario señalar que las medidas fueron tomadas en pozos donde el espacio anular está totalmente conectado, por lo que se esperan fenómenos de convección libre dentro del propio anular. Esto significa que las mediciones de temperatura tomadas en los pozos están ligeramente sobrestimadas en las partes no ranuradas.

El intercambio de calor con los límites superior e inferior se observa invertido durante la estación invernal; este efecto puede ser asumido como un retardo de los procesos de transporte de calor (de Marsily, 1986). Debido a que los parámetros de transporte se calibran utilizando el método inverso, el factor de retardo obtenido de este modo es eficaz para reproducir el régimen térmico del acuífero a escala regional, pero no para la obtención de propiedades térmicas precisas del terreno. Por lo tanto, este modelo no puede explicar los cambios de temperatura locales en la dirección vertical, pero es capaz de reproducir el régimen térmico regional, que es el objetivo del modelo.

Una condición de contorno de Dirichlet transitoria con temperatura prescrita se utiliza para la condición de contorno del Ebro, límite (**HR**), siguiendo la función de temperaturas diarias implementadas a partir de las mediciones de temperatura de la estación de aforo del río Ebro citada. Se ha considerado el mismo tipo de condición de contorno con una temperatura prescrita de 17°C constante para los límites oriental y occidental (**EH** y **WH**), las zonas de recarga y la conexión del sur con el acuífero aluvial Huerva (**SH**).

Aunque existen piezómetros que demuestran una temperatura constante de 17°C, indicando que el agua de recarga superficial en el momento de la propia recarga se encuentra en equilibrio con la temperatura de la zona no saturada y el acuífero, se introdujo una función de la temperatura media mensual de superficie a la recarga para estudiar el efecto en los resultados del modelo. Este análisis de sensibilidad mostró que, aunque el agua de recarga llega el acuífero se mantiene la temperatura de la superficie, genera un bajo impacto en la temperatura del acuífero, que oscila ± 0,2°C con respecto a la temperatura de fondo (Figura 11.5) con una recarga diaria de 25% de la respectiva precipitación diaria. Esta oscilación es de dos órdenes de magnitud menor que los impactos geotérmicos. Por lo tanto, a partir de estos datos del análisis de sensibilidad del modelo se ha adoptado una condición de contorno Dirichlet constante de 17°C, de acuerdo con las observaciones registradas en la red de control piezométrica.

Para los sistemas geotérmicos se ha impuesto una condición de contorno tipo Neumann transitoria con flujo de calor prescrita. Se dispone con detalle los regímenes de inyección de temperatura en 4 instalaciones, para los otros, sólo se dispone de la temperatura media de inyección. Por lo tanto, las tendencias cíclicas observadas en las instalaciones disponibles se extrapolan a los otros sistemas, teniendo en cuenta sus respectivos balances energéticos.

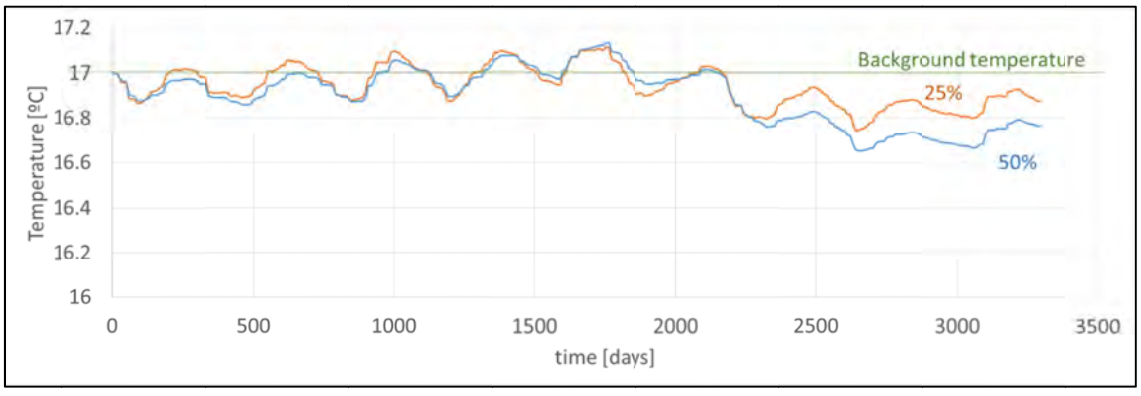



Figura 11.5. Análisis de sensibilidad a la recarga sin alcanzar el equilibrio térmico en el tiempo de tránsito por la zona no saturada. Impacto térmico de la recarga superficial en el acuífero suponiendo un 25 y 50% de la precipitación media anual

## 4. Condiciones iniciales

Medidas de nivel y temperatura de alta resolución están disponibles únicamente entre 2009 y 2013. La mayoría de las instalaciones geotérmicas entraron en funcionamiento a partir de 2004. Gracias al régimen cíclico de los patrones de producción es posible extrapolarlos hacia atrás para conseguir las condiciones iniciales de la etapa instrumental. El modelo parte de una superficie piezométrica previamente modelada del año 2004 (Garrido *et al*., 2006) y una distribución homogénea de la temperatura inicial de 17°C (temperatura de fondo del acuífero) para obtener las condiciones iniciales apropiadas en 2009.

## 5. Parametrización

En la discretización espacial del dominio, dos zonas principales han sido diferenciadas: una para las terrazas aluviales y una segunda para los abanicos aluviales en la parte sur (Figura 11.3).

Las dos zonas de conductividad hidráulica se han combinado con el mapa de distribución del espesor saturado para obtener el campo transmisividades utilizado en el modelo, como se muestra en la Figura 11.3. La conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento de las dos zonas diferenciadas, junto con el factor de goteo del río, han sido calibrados basándose en los datos previos (CHE, 2010; Garrido *et al*., 2006), restringido su valor al rango de los datos disponibles.

Hay una falta de conocimiento con respecto a los parámetros de transporte de calor en el área de estudio, lo que obligó a calibrar la dispersividad longitudinal y transversal, la capacidad calorífica volumétrica, la conductividad térmica y porosidad eficaz. La Tabla 11.II muestra los valores previos y posteriores a la calibración del modelo, tanto para los parámetros de flujo como los de transporte de calor, teniendo en cuenta la litología del acuífero y su rango de variación (Chiasson et al., 2000; Gelhar et al., 1992; Schön, 2011). La estrategia de calibración utilizada se basa en el problema inverso el cual se plantea en el marco de la teoría de máxima probabilidad (Carrera y Neuman, 1986).

| Parámetro | Estimación previa | Calibrado | |
|---|---|---|---|
| | | Terrazas | Abanico aluvial |
| **Conductividad hidráulica [m·day$^{-1}$]** | 20-270 [a] | 245 | 80 |
| **Coeficiente de almacenamiento específico [m$^{-1}$]** | 5E-03 - 3E-02 [a] | 0,019 | 0,018 |
| **Factor de goteo del río Ebro [m$^2$·day$^{-1}$]** | - | - | 9.200 |
| **Factor de goteo del río Huerva [m$^2$·day$^{-1}$]** | - | 0,1 | 0,1 |
| **Factor de goteo del Canal I. de A. [m$^2$·day$^{-1}$]** | 0,001[a] | - | 0,0012 |
| **Dispersividad longitudinal [m]** | 7-200 [d] | 14,99 | 12 |
| **Dispersividad trasversal [m]** | 1-100 [d] | 8,83 | 2,5 |
| **Capacidad volumétrica intrínseca [J/m$^{-3}$K$^{-1}$]** | 0,90E+06 - 3,3E+06 [b,c] | 2.20E+06 | 1,80E+06 |
| **Conductividad térmica [Wm$^{-1}$K$^{-1}$]** | 0,7 – 3,7 [b,c] | 2,5 | 2,8 |
| **Porosidad eficaz [-]** | 0,05 – 0,61 [b] | 0,23 | 0,05 |

Tabla 11.II. Parámetros previos y calibrados: a Garrido *et al*., 2006; b Chiasson *et al*., 2000; c Schön, 2011; d Gelhar *et al*., 1992

## Evaluación de la influencia térmica de las variaciones de nivel de río

Comparando los resultados obtenidos a partir del modelo de transporte de calor calibrado con un nuevo escenario en el que el río tiene una condición de contorno tipo Cauchy constante se puede elaborar un mapa de temperatura diferencial. Este mapa puede ser interpretado como un mapa de impacto térmico de las variaciones de nivel de río. Por esta razón, el impacto térmico se define como la diferencia de temperatura entre los dos escenarios. En cada nodo del modelo, el impacto térmico se evalúa en cada paso de tiempo de la siguiente manera:

$$IMPACTO\ TÉRMICO(x,y,t) = T(x,y,t)_{CON\ VARIACIÓN\ DE\ NIVEL} - T(x,y,t)_{SIN\ VARIACIÓN\ DE\ NIVEL}$$

Debido a que las crecidas se producen en invierno o primavera, cuando la temperatura del río es más baja, la recarga inducida produce un descenso generalizado de la temperatura de las aguas subterráneas en las partes del acuífero próximas al río. En un escenario sin variaciones de nivel de río $T(x,y,t)_{SIN\ VARIACIÓN\ DE\ NIVEL}$, estas recargas frías no tienen lugar y por lo tanto las temperaturas de las aguas subterráneas son relativamente más altas que las temperaturas asociadas con el escenario en donde sí se contemplan variaciones de nivel del río, $T(x,y,t)_{CON\ VARIACIÓN\ DE\ NIVEL}$. Por esta razón, el impacto térmico es, por definición y en general, negativo.

## Resultados

### 1. Análisis de los datos de los perfiles de temperatura y de la monitorización

Los perfiles de temperatura (Fig. 11.2) ponen en evidencia diferentes situaciones del acuífero:

a) La temperatura de fondo, temperatura del agua subterránea sobre la cual oscilan las temperaturas al producirse la explotación geotérmica del acuífero. Este comportamiento se puede corroborar observando cómo los perfiles verticales tienden aproximadamente a 17°C especialmente en la base del acuífero en los puntos de observación P1, P3, P4, P5, P7 y P8. Por otra parte, esta temperatura de fondo parece aumentar desde los márgenes de la ciudad (17°C en P1, P5 y P7) hacia el centro de la ciudad (18-19°C en P2 y P3), efecto conocido como isla térmica en grandes núcleos de población.
b) Se identifican zonas con impactos térmicos severos, donde el régimen térmico del agua inyectada aumenta la temperatura de las aguas subterráneas hasta 25°C en el punto de observación, lo que representa un salto térmico de 8°C (P3).
c) Además, las isosuperficies de temperatura de la pluma de calor son razonablemente verticales lo que demuestra mezcla efectiva (alta advección y dispersión) en el acuífero. Esto se explica también por una isotropía razonable en los parámetros hidráulicos y de transporte, que hacen que la temperatura sea constante con la profundidad a lo largo de la mayoría del espesor del acuífero durante un período determinado.

El análisis de los datos de la monitorización de temperatura (Figura 11.6) revela un impacto térmico severo generalizado en el acuífero urbano. Sin embargo, los datos del punto de observación P5 se acercan a la temperatura de fondo del acuífero, confirmando así las observaciones de varios niveles en ese punto (Figura 11.2).

El impacto térmico cambia con el tiempo con una periodicidad estacional. Aunque hay un desfase entre las series de datos, los sistemas geotérmicos producen un salto térmico en el agua subterránea durante el verano de 3 a 10 °C (P2, P3, P4, P7 y P8). La

recuperación de la temperatura de fondo del acuífero se produce en invierno y en la primavera cuando los sistemas geotérmicos no están trabajando (P2, P3 y P8) o están actuando como disipadores de calor. Algunas instalaciones producen una disminución en la temperatura de las aguas subterráneas a 13°C (P4 y P7). El piezómetro P6 registró una temperatura de las aguas subterráneas relativamente constante de 26°C con una oscilación estacional de menos de 0,5°C. Estos resultados están muy probablemente relacionados con las bombas de calor del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa debido a la necesidad de enfriar quirófanos durante todo el año (H1 en Figura 11.1). Además, en el piezómetro P1 se ha identificado una oscilación de temperatura que se debe a la infiltración de agua del río Ebro durante las crecidas. Las medidas de temperatura en los puntos de observación P2, P3 y P4 demuestran una clara tendencia de calentamiento continuo del acuífero de 1,4, 4,2 y 2,2°C por año respectivamente. El aumento de las temperaturas en el acuífero provoca una disminución en las diferencias entre la temperatura de las aguas subterráneas y la temperatura del aire de verano, lo cual puede llegar a comprometer el potencial geotérmico de refrigeración a medio-largo plazo.

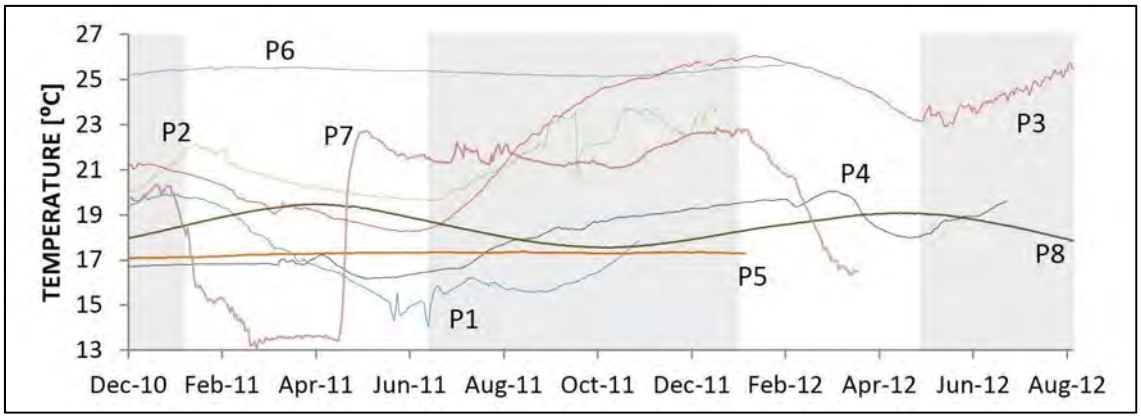



Figura 11.6. Temperaturas registradas en el periodo de monitorización en los 8 piezómetros considerados

## 2. Resultados del modelo de transporte de calor

El modelo de flujo y transporte de calor ha sido calibrado con medidas de nivel y de temperatura para el período de observación 2009-2013 (ver video en anexo VII o en la dirección web: http://www.unizar.es/hidrologia/GARC_A-GIL_ET_AL_2014_.avi ). Por

lo tanto, antes de ese período en ausencia de mediciones de alta resolución, el modelo reproduce el flujo y régimen térmico del acuífero de manera cualitativa. A partir de 2009, el modelo adquiere una capacidad cuantitativa, ya que se encuentra dentro del periodo instrumental, para lo cual se ha logrado un ajuste robusto entre los datos calculados y observados, tanto para los datos hidráulicos como para los térmicos (Figuras 11.7a y 11.7b).

El proceso de calibración ha obtenido los parámetros que contribuyen al mejor ajuste posible entre los resultados del modelo y las observaciones. Esta estimación de parámetros se realiza de tal forma que los parámetros y balances de masa-energía sean coherentes con los rangos de variación en los datos experimentales y la literatura existente. Las estadísticas de incertidumbre durante el proceso de calibración muestran regresiones lineales (R2) de 0,97 y 0,92 para los valores calculados versus observados de niveles y temperatura respectivamente. En total, 80 % del error cuadrático medio (RMSE) cometido en los valores de niveles calculados son igual o menos de 0,53 m, y 70% del RMSE para valores de temperatura son iguales a o menos de 0,56°C.

El modelo numérico obtenido explica la evolución de la temperatura de las aguas subterráneas en los últimos nueve años, revelando el impacto asociado a la congestión de los sistemas geotérmicos de baja entalpía en la zona urbana de Zaragoza. La Figura 11.8 muestra la zona afectada por las plumas de calor en cuatro situaciones comparables: agosto de 2011, enero de 2012, agosto de 2012 y enero de 2013. Durante los últimos dos años, el 26 % de la superficie del acuífero en zona urbana permanecía por encima de 18°C, 9,6 % estaba por encima de 20°C y el 2,2 % estaba por encima de 25°C.

El área abarcada por la isoterma de 18°C se mantiene relativamente constante en el mismo periodo de intercambio de calor de diferentes años (Figura 11.9), lo que indica que el régimen térmico se encuentra cerca de un estado estacionario. No obstante, la monitorización de los datos de temperatura en conjunto con las simulaciones muestra una tendencia al sobrecalentamiento del agua subterránea creciente en el tiempo en el casco histórico de la ciudad de Zaragoza (Figura 11.8).

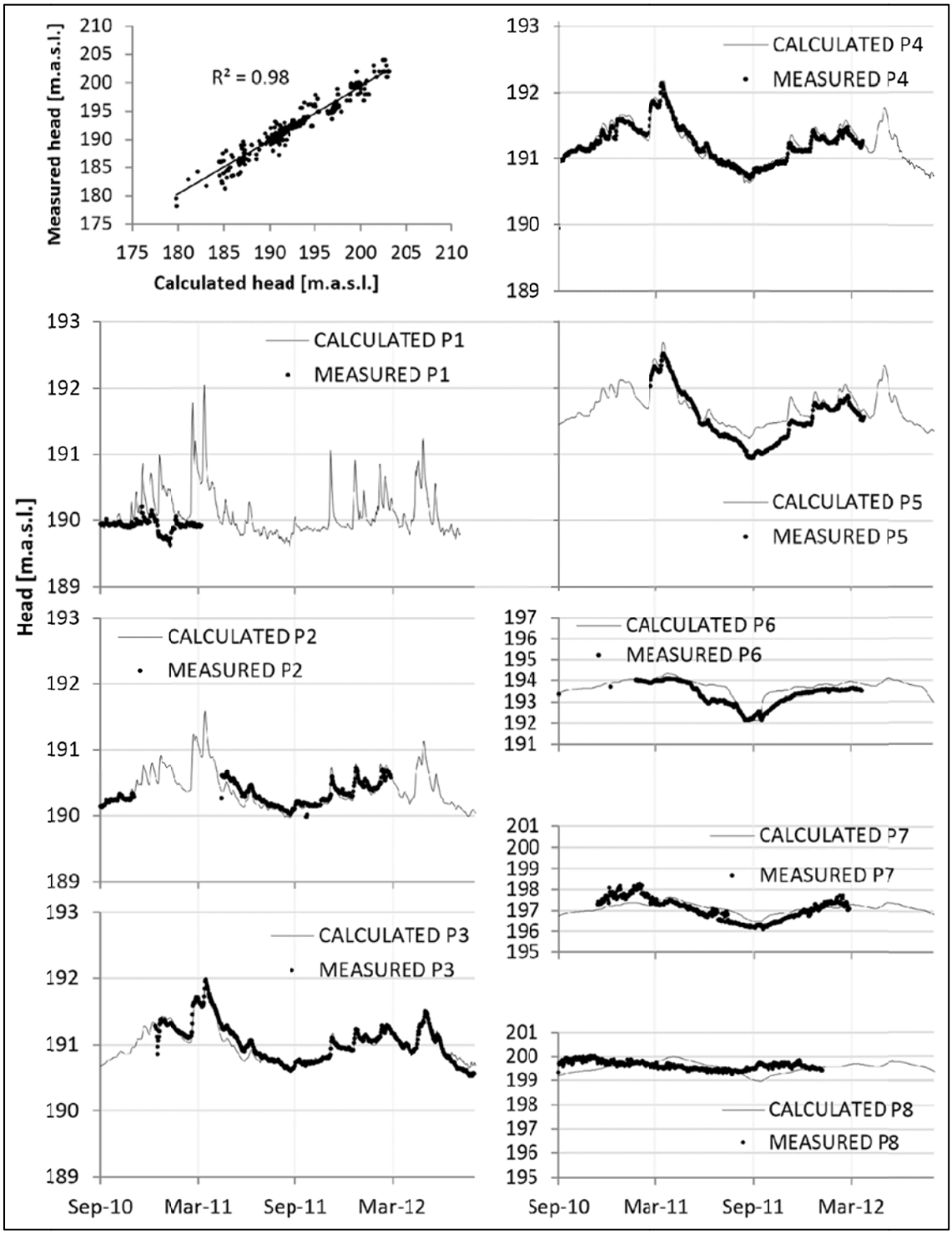



Figura 11.7a. Niveles calculados versus medidos para 240 puntos de observación del IPA (CHE) y resultados de la calibración para los 8 piezómetros IGME con medidas de alta resolución. Las divisiones horizontales son de un metro para niveles

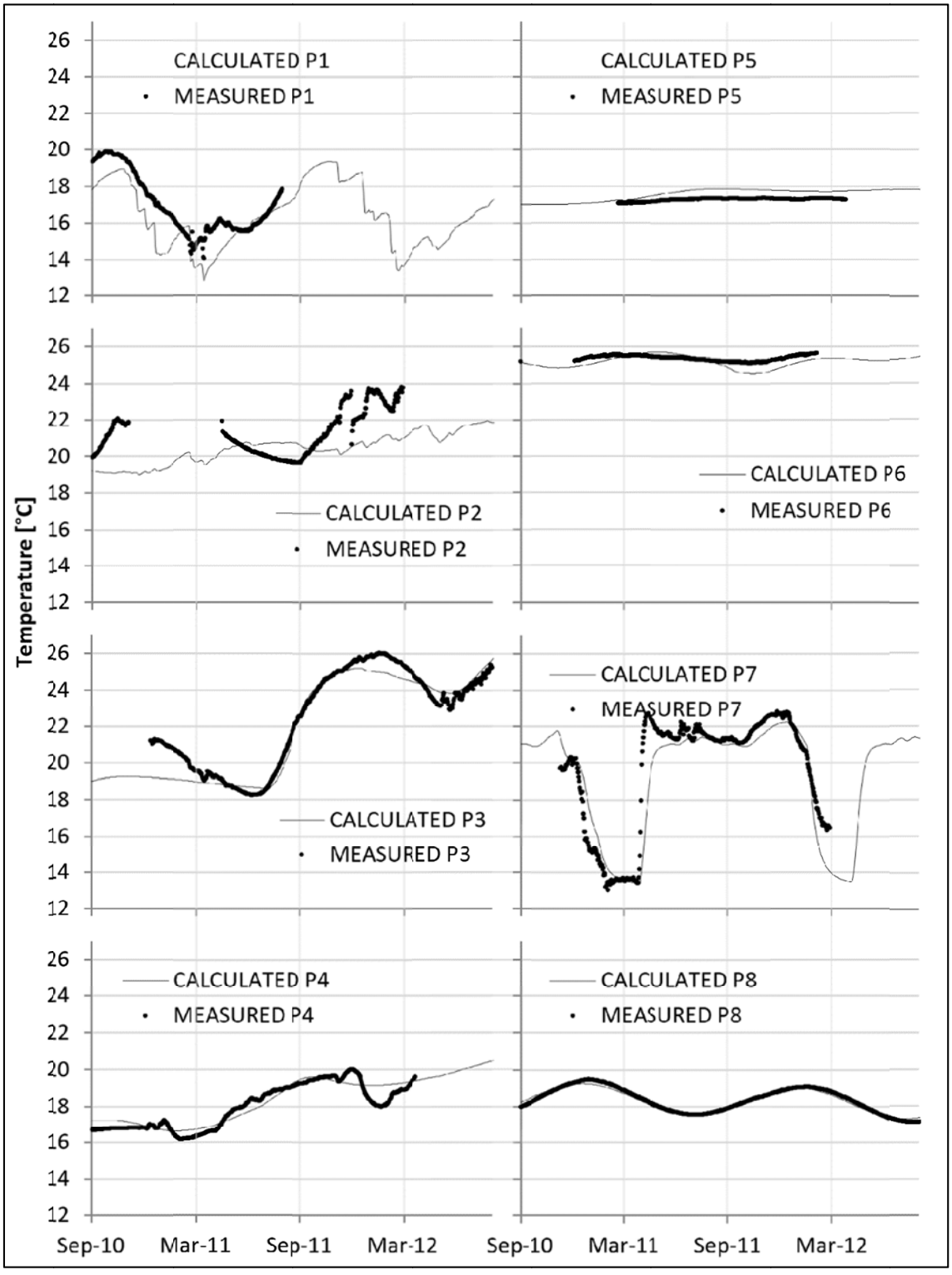



Figura 11.7b. Resultados de la calibración de la temperatura para los 8 piezómetros IGME con medidas de alta resolución. Las divisiones horizontales son de 2°C para las temperaturas

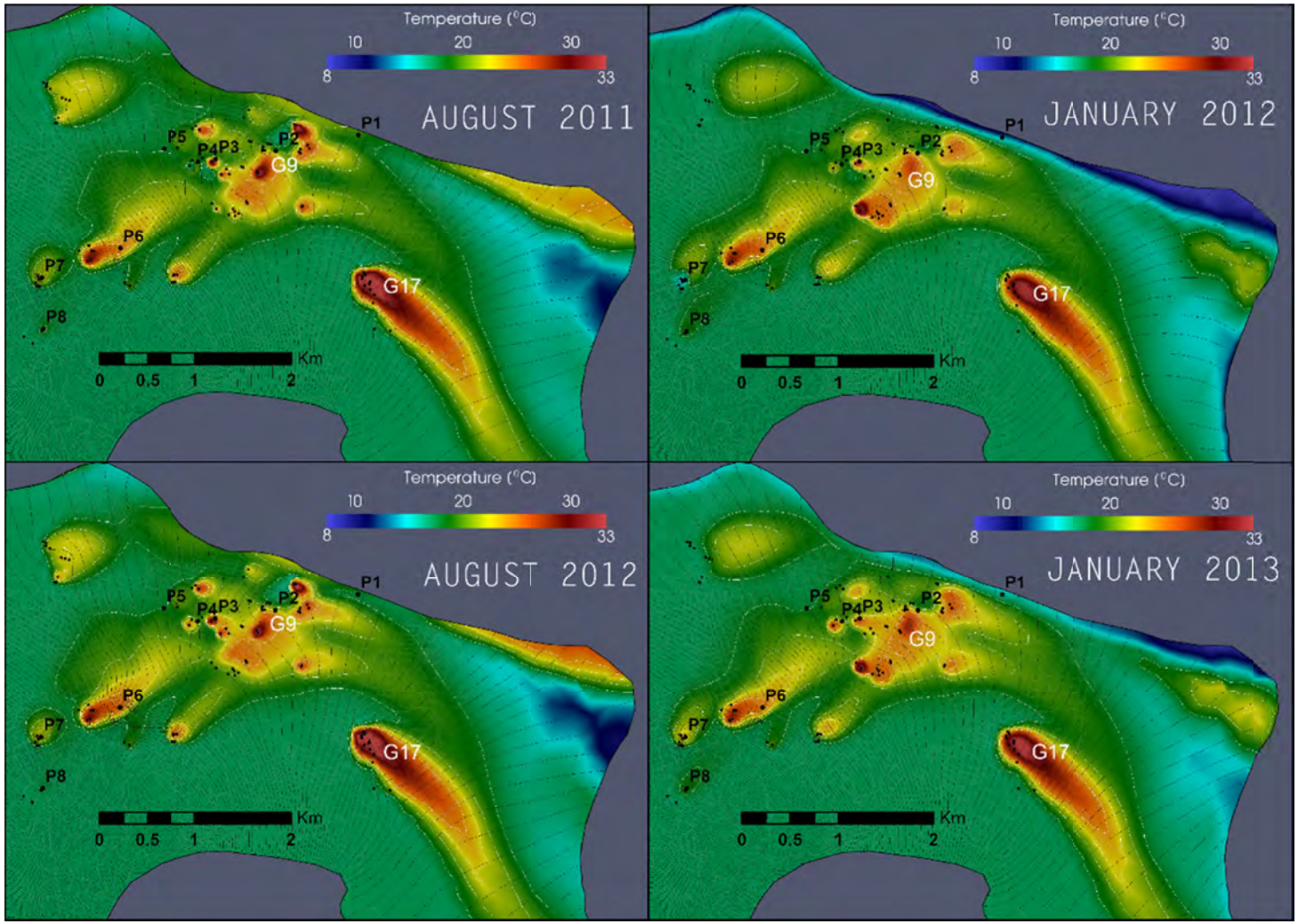



Figura 11.8. Mapa de distribución de temperaturas del agua subterránea calculadas desde agosto de 2011 a enero de 2013.
Ver video en anexo VII o en http://www.unizar.es/hidrologia/GARC_A-GIL_ET_AL_2014_.avi

Figura 11.9. Isotermas de 18°C superpuestas en agosto de 2011 a enero de 2013

La Figura 11.8 también muestra claras interferencias tanto entre los dobletes de pozos de la misma instalación como entre pozos de distintas instalaciones en el casco histórico. En la parte sur de la ciudad las tres instalaciones geotérmicas principales han desarrollado sus propias plumas de calor, sin embargo, en el casco histórico de la ciudad (zona con la mayor densidad de los sistemas geotérmicos) las plumas han coalescido en un entorno cada vez más complejo generando una isla de calor. Además, en esta parte del acuífero, las temperaturas han aumentado, y algunos sistemas se ven obligados a inyectar agua al acuífero a elevadas temperaturas de hasta 35°C para seguir siendo rentables y energéticamente eficientes (G9 y G17).

Dos kilómetros gradiente abajo de la zona de congestión hay un gran centro comercial (G17) que recibe una cantidad de calor constante desde el casco histórico de la ciudad, lo que reduce su ratio de energía útil para el consumo de electricidad, es decir, su coeficiente de rendimiento o COP (Sanner *et al*., 2003) para procesos de refrigeración. Este tipo de situaciones son claros ejemplos que ponen en evidencia la importancia de la gestión energética del acuífero para proteger los COP de las instalaciones existentes tanto de las propias explotaciones como de otras instalaciones circundantes, y así evitar temperaturas de reinyección inadmisibles que alteran el medio y su carácter renovable.

### 3. Influencia térmica de las variaciones de nivel de río

Un promedio de $3{,}58 \cdot 10^6$ $m^3 \cdot año^{-1}$ de las aguas subterráneas de la zona de estudio se descarga en el río Ebro. En cambio, una recarga media de $1{,}02 \cdot 10^6$ $m^3 \cdot año^{-1}$ de agua de río se recarga en el acuífero aluvial durante las crecidas, esto supone la liberación de 753,1 MW de calor por metro río por inundación, de los cuales 3.614 GW por inundación corresponde a zonas urbanas del acuífero de Zaragoza. Esta es una cantidad significativa de energía en comparación con la entrada acumulada de 10,4 MW procedente de los sistemas geotérmicos de la margen derecha del río Ebro.

En la figura 11.10 se representa el mapa de impacto térmico del río Ebro de la zona investigada para enero de 2013. Teniendo en cuenta el balance de agua para cada nodo de la condición de contorno del río Ebro, se pueden distinguir diferentes sectores según si el río es fuertemente influente (azul), si la relación río-acuífero es casi nula (negro) o si el río es efluente (rojo) durante el año.

Cuando se producen crecidas un promedio de $0{,}23 \cdot 10^6$ $m^3 \cdot día^{-1}$ de agua de río se infiltra en el acuífero a través de toda la condición de contorno del río Ebro. Cuando disminuye el nivel del río después del pico de una crecida, la parte del acuífero relativamente enfriado o calentado por la entrada de agua se "lava" por el agua subterránea que fluye hacia la zona de descarga (rojo). En zonas con pequeños caudales de intercambio río-acuífero (negro) las entradas de agua durante la inundación alteran la temperatura del acuífero y después del evento las aguas subterráneas transportan la anomalía térmica residual a lo largo de las líneas de flujo bajo el régimen de flujo general del acuífero, que en estos sectores son prácticamente paralelas al río. Mediante este proceso se explica la tendencia cíclica observada en la evolución de temperatura registrada en el piezómetro P1. En las zonas donde el río es influente (azul) hay una entrada continua de agua y energía en el acuífero variable a lo largo del año. Esta entrada produce un enfriamiento relativo del acuífero en el invierno y el calentamiento relativo en verano, de acuerdo a las fluctuaciones de la temperatura del agua del río. En la Figura 11.8 se puede identificar en el meandro oriental como se propagan hacia el sur a través del acuífero tales fluctuaciones a una velocidad de 1,5 km por año. Cuando se produce una crecida, una entrada adicional de

energía provoca un cambio débil en el mapa de impactos térmicos del acuífero, el cual es por lo general menos de un grado.

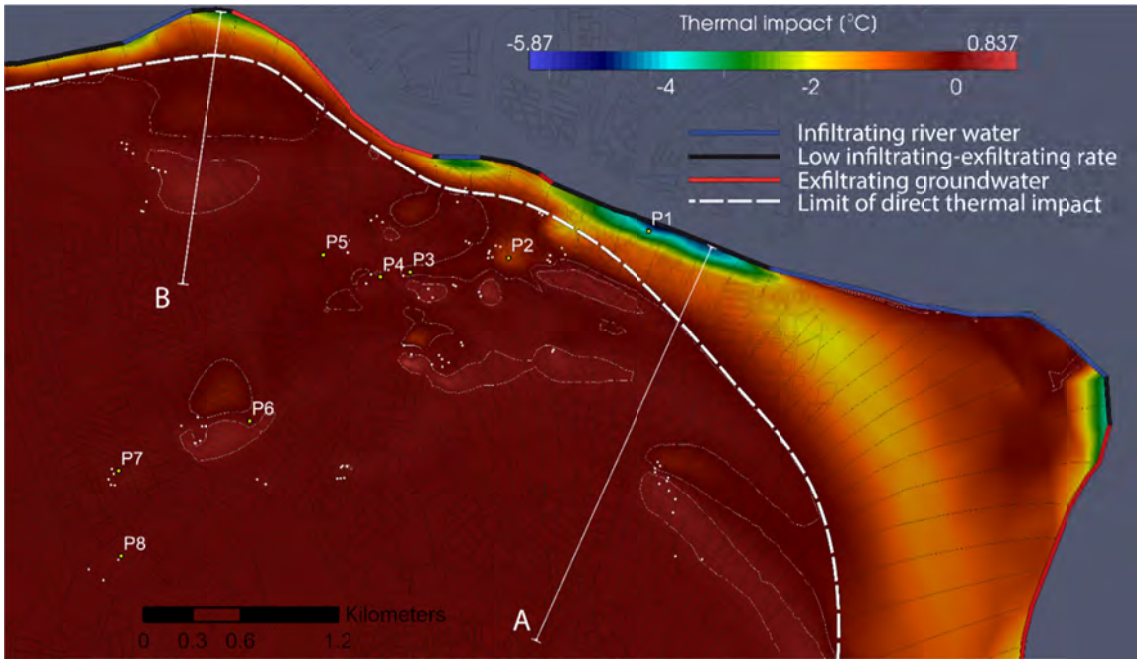



Figura 11.10. Mapa de impactos térmicos del río Ebro en el acuífero aluvial para enero del 2013

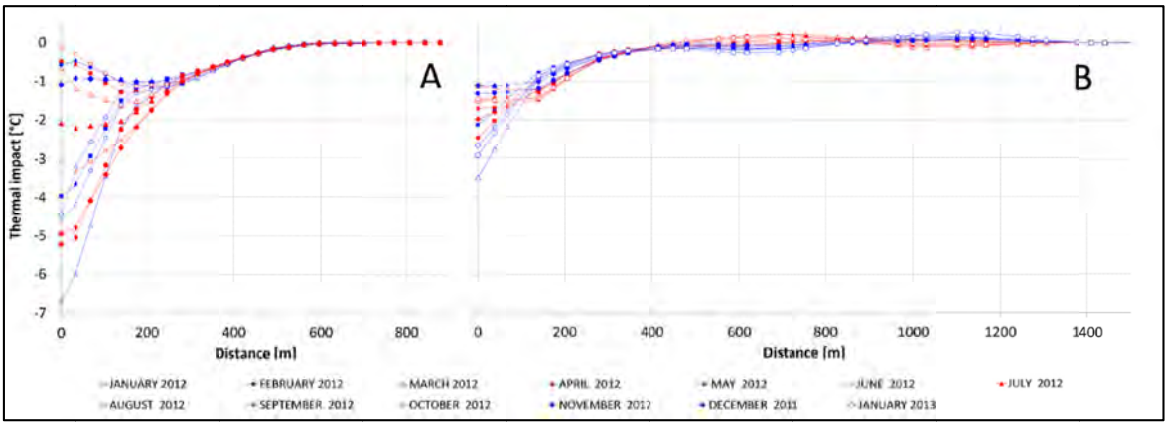



Figura 11.11. Evolución del impacto térmico del río Ebro sobre el acuífero aluvial durante un año a lo largo de 2 secciones trasversales al río Ebro cuya localización se muestra en la Figura 11.10

De la Figura 11.10 se desprende la importancia de las relaciones río-acuífero en el impacto térmico de las crecidas en el acuífero en los primeros 200 m al río. Esta distancia varía a lo largo de la trayectoria río según los tramos identificados con diferente relación rio-acuífero. Los valores negativos indican que el acuífero ha sufrido

un "efecto de lavado" a causa de las crecidas del río con agua fría, preferentemente durante el invierno, que reducen la temperatura de las aguas subterráneas. Sin embargo, las diferencias positivas se relacionan con penachos de calor geotérmicos y el cambio en el gradiente hidráulico producido por las variaciones de nivel de río Ebro.

La magnitud de los impactos térmicos en el tiempo en función de la distancia al río se muestra en la Figura 11.11. Esta figura muestra dos secciones transversales en las proximidades del río, una no influenciada por los sistemas geotérmicos y la otra sí.

La sección “A” de la Figura 11.11 representa una parte del acuífero cerca del cauce del río sin influencia de explotaciones geotérmicas. Se puede observar que las variaciones de nivel de río tienen un impacto relevante en las temperaturas de las aguas subterráneas en los primeros 200-300 m. El impacto térmico máximo es de 6°C en invierno cuando se producen las crecidas y la temperatura del agua que se infiltra es muy diferente de la temperatura de fondo del acuífero. La diferencia mínima se produce cuando no se producen crecidas o la temperatura del río que es recargada en el acuífero está cerca de la temperatura de fondo. Esto ocurre comúnmente en el final del verano (agosto y septiembre), a pesar de que el agua del río es de 25°C no se dan crecidas, y en otoño, cuando el río pasa a ser influente con la subida del nivel del río la temperatura es muy similar a la temperatura del fondo del acuífero y el impacto es mínimo.

La sección “B” (Figura 11.11) representa el impacto térmico de las variaciones de nivel de río en una parte del acuífero perpendicular al río y cerca de una instalación geotérmica (en este caso la instalación A3). Cerca del río, el impacto térmico representado en la sección “B” es similar al de la sección “A”, pero a 600 m y 1.100 m del río se producen impactos térmicos de diferente magnitud y origen. Estos impactos lejos del río no están directamente relacionados con la entrada de agua fría o caliente desde el río sino más bien al cambio en la magnitud y dirección de los gradientes hidráulicos conforme el nivel del río varía. Las crecidas se producen de noviembre a marzo y el flujo de agua subterránea adquiere una componente en la dirección opuesta con respecto al río. Este movimiento desplaza la pluma de calor aguas arriba, lo que se traduce en el relativo enfriamiento de las aguas subterráneas a 600 m del

cauce del río y el calentamiento de las aguas subterráneas a 1.100 m del río. Al contrario, a partir de abril a octubre la falta de inundaciones invierte el proceso. En la zona de aguas arriba el agua subterránea fluye hacia el penacho de calor (y también hacia el río) bajo un mayor gradiente haciendo que estas áreas experimentan un enfriamiento relativo. El agua subterránea que conforma la pluma fluye relativamente hacia la parte de aguas abajo de la pluma produciendo un calentamiento relativo a 600 m del río. La magnitud de este fenómeno es de aproximadamente 1°C en todas las plumas estudiadas, lo que representa del 1 al 7 % del impacto térmico generado por instalaciones geotérmicas. Es de resaltar que el impacto térmico en el eje de simetría de las plumas es cero.

Por lo tanto, se pueden distinguir tres tipos principales de impactos térmicos relacionados con las crecidas:

1) Un impacto térmico directo debido a la entrada intrínseca de energía contenida en el agua de recarga directa del río.
2) Un impacto térmico indirecto causado por el cambio de gradiente hidráulico durante las crecidas.
3) Un lugar no afectado con impacto térmico cero.

El área afectada por impacto térmico directo se muestra en la Figura 11.10 entre el río y la línea discontinua blanca.

## Implicaciones de la simulación de trasporte de calor

Es esencial para la gestión geotérmica de baja entalpía poder reproducir y entender el régimen térmico de los acuíferos. En este capítulo, dicho régimen térmico ha sido descrito y cuantificado abriendo nuevas posibilidades para identificar las áreas con características hidrogeológicas y térmicas específicas que son susceptibles de sufrir importantes impactos térmicos. Además, se ha logrado cuantificar la magnitud de la interacción río-acuífero desde un punto de vista energético. Esta aproximación pone en evidencia un "efecto de enfriamiento" del río durante las crecidas de invierno-

primavera que depende de (1) las crecidas, incluyendo el nivel alcanzado, la duración y la temporada de ocurrencia (temperatura del agua); (2) las propiedades hidrogeológicas del acuífero, incluyendo la geometría, parámetros de flujo, las distribuciones de nivel y las modificaciones antropogénicas (bombeos, las estructuras del subsuelo, etc.); (3) el río, incluyendo la geometría de la trayectoria del río, zonas de infiltración-exfiltración, la conductancia del río, y (4) el régimen térmico del acuífero, incluyendo la distribución de la temperatura en el acuífero durante la entrada del agua del río, los parámetros térmicos y modificaciones antropogénicas (geotérmicas, estructuras del subsuelo, etc.).

En un clima cálido como el de Zaragoza, la demanda de refrigeración para la climatización y la refrigeración es mayor que la demanda para calefacción de sistemas. Esto hace que sea difícil alcanzar el equilibrio térmico anual del acuífero y, por lo tanto, las temperaturas aumentan aproximadamente de 1 a 4°C·año$^{-1}$ en el barrio histórico de la ciudad debido a la explotación geotérmica del acuífero. El aumento de las temperaturas de las aguas subterráneas es de particular interés en relación con el "efecto de enfriamiento" descrito, ya que el impacto térmico del río en la temporada de calor del mes de julio y agosto es de 1 y 2°C respectivamente (Fig. 11.11). Otra estrategia para reducir la tendencia térmica en el agua subterránea es promover la calefacción con sistemas geotérmicos, es decir, la configuración de calefacción y refrigeración combinado en las explotaciones para alcanzar el equilibrio térmico (Epting y Huggenberger, 2013).

Aunque el modelo de flujo y transporte de calor se ha calibrado con datos de nivel y temperatura de alta resolución, futuras investigaciones deberían involucrar una red de piezómetros más densa siguiendo los planes de monitorización seguidos hasta la fecha. Esto aumentará la precisión de las predicciones del modelo además de verificar el modelo conceptual desarrollado.

Por otro lado, si bien el potencial geotérmico de las crecidas se limita a los primeros 100 a 200 metros del río, hay muchos edificios en la ciudad de Zaragoza con las demandas de refrigeración dentro de ese entorno. En consecuencia, el proceso de planificación urbana podría aprovecharse de las posibles ventajas económicas y

medioambientales del río para la eficiencia energética. En este sentido, la aportación de mapas con zonas de impacto térmico específicos como el portado puede ser relevante para el diseño de explotación de este potencial.

El modelo hidrogeológico numérico ha servido para reproducir el régimen térmico en el acuífero aluvial urbano de Zaragoza para los años 2011 y 2012. Sin embargo, se necesitan más datos para explicar la temperatura de las aguas subterráneas en el casco histórico de la ciudad (por ejemplo, el punto de observación P2 en la zona congestionada). Esto es debido a que la incertidumbre es alta, no hay información disponible sobre evolución de los caudales de bombeo ni las temperaturas de inyección. Esto podría ser superado manteniendo los esfuerzos para mejorar la red piezométrica, registrando los caudales de bombeo y temperaturas de capitación-inyección con cadencia diaria de los sistemas geotérmicos de baja entalpía en la zona congestionada y la realización de nuevas investigaciones relacionadas con la pérdida de calor de las estructuras del subsuelo o cualquier otro proceso térmico.

## Posibles medias de remediación y prevención

Mediante la elaboración del modelo numérico desarrollado se ha adquirido cierta capacidad de predicción que posibilita generar escenarios específicos de gestión energética del acuífero. Teniendo en cuenta que la principal demanda de los usuarios está destinada a la refrigeración es de esperar, como se ha demostrado anteriormente, una tendencia del acuífero a sobrecalentarse. Este sesgo del consumo energético provoca en la actualidad un desajuste en un balance energético del acuífero. Por ello, se presentan a continuación las primeras propuestas de remediación incluyendo el incentivo del uso del potencial geotérmico actual para calefacción de sistemas y la adopción de medidas de acción directa como el diseño de estrategias para la recarga artificial del acuífero. Así como medidas para prevenir y solucionar futuros conflictos en la explotación del acuífero.

### 1. Incentivar el uso del potencial geotérmico actual para calefacción

El desequilibrio en el balance energético es claro y para promover un balance sostenible para las propias explotaciones es recomendable adoptar medidas destinadas a potenciar el uso de ciclo combinado de las bombas de calor así como nuevas explotaciones que hagan uso del calor acumulado.

En un clima cálido como es el de Zaragoza la demanda de refrigeración es en término neto mayor a la de calefacción de sistemas. Inicialmente, la temperatura de fondo de 17°C del acuífero no confirió al agua subterránea un gran potencial para la absorción de calor, lo que ha producido una escasa inversión por parte de los usuarios en bombas de calor para dicho uso. No obstante, el creciente número de explotaciones destinadas a disipar calor en el acuífero durante estaciones cálidas, e incluso de carácter permanente durante todo el año en hospitales y cámaras de refrigeración, ha provocado el aumento de la temperatura del agua subterránea generando en la actualidad un escenario con especial potencial geotérmico para calentamiento de sistemas en general (la calefacción como caso específico en climatización).

Con el objetivo doble de aprovechamiento de ese potencial de valor económico indudable y al mismo tiempo, como esfuerzo del administrador para la remediación de las afecciones térmicas existentes sería recomendable incentivar el uso de bombas de calor en sistemas abiertos para la absorción de calor.

Una posible medida a adoptar en este sentido se trata de la elaboración de una cartografía de potencial geotérmico para el calentamiento de sistemas donde se cuantifica dicho potencial mediante la utilización de los datos obtenidos del modelo hidrogeológico generado. Con este tipo de actuación indirecta se contribuirá a que los recursos pasen a ser renovables realmente y se asegure la calidad del agua subterránea para el uso energético viable. Dado que el potencial geotérmico depende de las temperaturas del agua subterránea los mapas de potencial geotérmico adquieren una dimensión temporal.

Acoplar los modelos numéricos a este tipo de cartografías a su vez podrían aprovecharse de forma conjunta para estudios de viabilidad de instalaciones geotérmicas destinadas a calefacción-refrigeración de sistemas.

## 2. Diseño de estrategias para la recarga artificial del acuífero

Como posible medida de remediación de los impactos térmicos generados por los sistemas geotérmicos de aplicación directa sobre el acuífero se han realizado algunas pruebas tentativas como ejemplo para posibles estrategias de remediación futuras.

Se propone la recarga artificial, bien por pozos de inyección como balsas de recarga de 60 $L \cdot s^{-1}$. Utilizando el agua del Canal Imperial con oscilaciones térmicas similares a las del río Ebro se propone la inyección de agua cuando la temperatura del agua sea menor de la temperatura de fondo del acuífero (<17°C), esto es principalmente entre finales de otoño y principios de primavera cuando la demanda de agua en el Canal Imperial es baja.

Así se han realizado nuevas simulaciones incluyendo dos supuestos: Inyección de agua "fría" en 3 y 4 pozos aguas arriba de las principales instalaciones geotérmicas de la ciudad, pensando en que las trayectorias de flujo de agua subterránea divergentes de estos pozos tengan la mayor cobertura sobre la ciudad. Los resultados muestran que habría pasado en el acuífero aluvial si se hubiesen tomado medidas correctoras desde el 2004, situación imposible de verificar pero que sirven de ilustración y dan una idea de las posibilidades del modelo hidrogeológico elaborado. Los resultados tras 9 años de recarga artificial con 3 y 4 pozos se muestran en las Figuras 11.12 y 11.13 respectivamente.

En estas simulaciones se puede observar como la inyección estacional de agua fría se desplaza por todo el núcleo urbano reduciendo la presión energética a la que se ve sometida el acuífero.

Figura 11.12. Resultados para la prueba de remediación de los impactos térmicos generados por los sistemas geotérmicos mediante el uso de 3 pozos de inyección

Figura 11.13. Resultados para la prueba de remediación de los impactos térmicos generados por los sistemas geotérmicos mediante el uso de 4 pozos de inyección

Para ver mejor que diferencias suponen estas actuaciones se presenta la Figura 11.14. Los resultados muestran conceptos muy interesantes desde un punto de vista hidrogeológico y de cara a la gestión energética del acuífero. En los puntos P8 (Edificio Seminario) y P6 (Facultad Geológicas) la mejora es notable debido a que están cerca de

los puntos de inyección. Por otro lado los puntos P4 (calle Albareda), P5 (Avenida Anselmo Clavé) y P7 (C.C. Aragonia) el cambio es mínimo, esto se debe a que estos puntos se encuentran muy afectados por otras explotaciones geotérmicas cercanas y no dependen del agua que les llega sino de la que inyectan dichas explotaciones. Esto se debe a que no se han reconfigurado las funciones de inyección para cada una de las instalaciones, según las necesidades energéticas de cada una han sido alcanzadas, y no es necesario inyectar a temperaturas tan elevadas.

Lo realmente notorio es como en algunas zonas el efecto de la remediación es incluso perjudicial, en el punto P1 (Tenerías) se produce un empeoramiento de la situación previa la plausible remediación, ya que empeora 0,3 °C y 0,6 °C con 3 y cuatro pozos respectivamente. Aquí juega un papel importante el impacto hidráulico de la remediación, ya que al aumentar el gradiente hacia el río con la recarga artificial las plumas de las explotaciones G6 y G7, que antes descargaban oblicuamente al río, ahora lo hacen casi directamente hacia el río produciendo un sobrecalentamiento en la zona del río donde se encuentra P1.

Esta situación junto con la zona de la plaza José Sinués (P2), donde con 3 pozos mejora la situación enormemente pero que con cuatro incluso empeora, son unos ejemplos de los que aprender lo importante que es, no solo la inyección de agua “fría”, sino también la localización de los puntos y estrategias de la recarga artificial inducida desde un punto de vista hidráulico. Estos efectos ponen en evidencia que el diseño de las medidas correctoras (recarga de agua fría) requiere un estudio de eficiencia cuidadosamente elaborado.

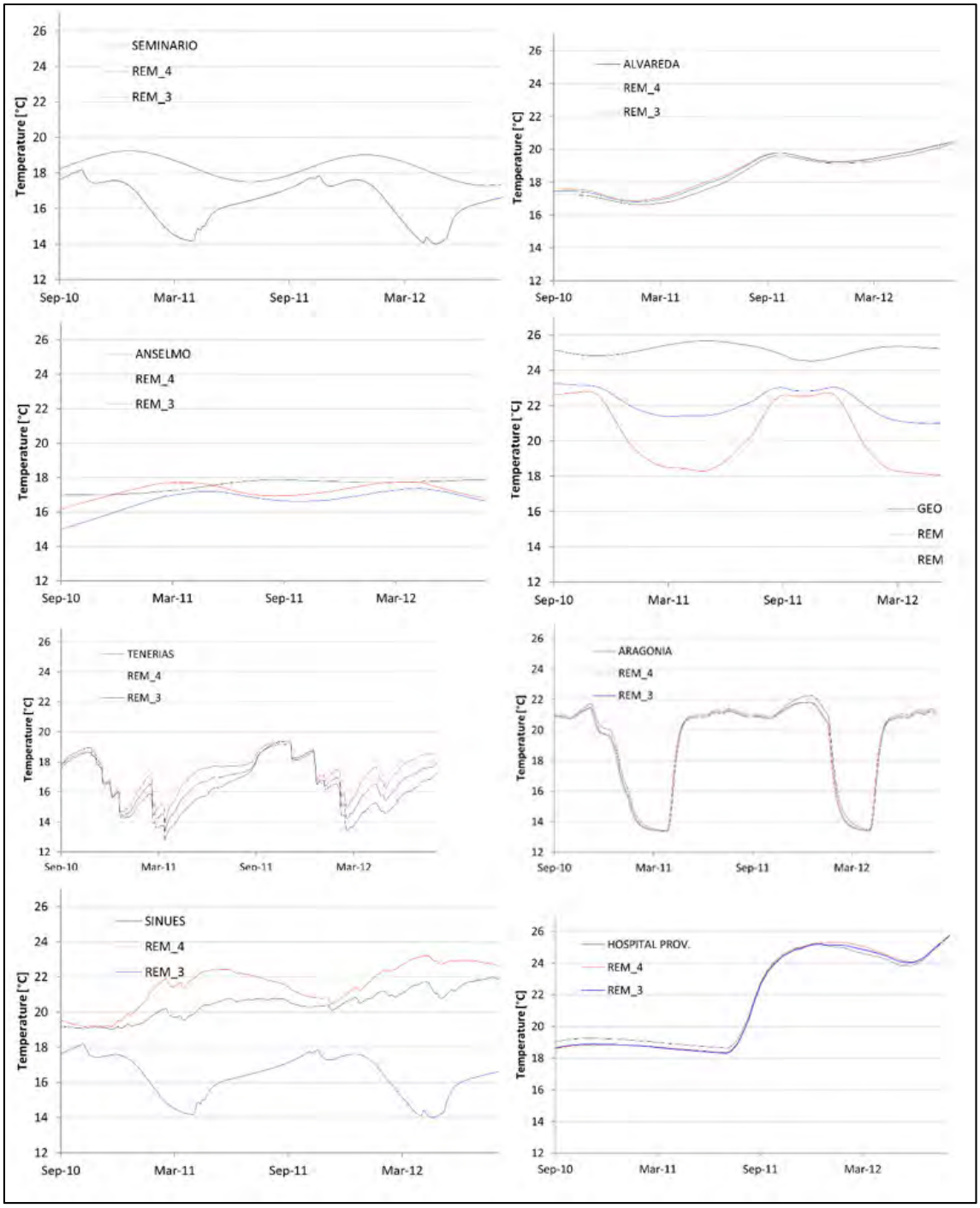



Figura 11.14. Termogramas en los 8 piezómetros según los dos escenarios de remediación propuestos; en rojo con cuatro zonas de recarga y en azul con tres. En negro termogramas sin medidas de remediación

## 3. Importancia de la gestión energética del acuífero

El uso integrado de la red de control piezométrica construida en conjunto con la modelación matemática como estrategia de gestión y prevención de afecciones del acuífero puede garantizar la mejora en la calidad energética del acuífero. Dado la alta variabilidad de fenómenos físicos que intervienen en el régimen térmico del acuífero es totalmente imposible establecer unas normas generales para un problema considerablemente complejo; desde regímenes de explotación muy diferentes en función de las necesidades de cada usuario (tanto en magnitud como su evolución en el tiempo) hasta complicadas relaciones río-acuífero que modifican la piezometría del acuífero afectando de esta forma a la evolución de las plumas y condicionando interferencias entre explotaciones.

La complejidad del sistema (gran cantidad de variables) y su no linealidad (interacción entre variables) hace necesario gestionar el acuífero desde un marco o dominio hidráulico uniforme, como puede ser la porción de acuífero correspondiente a un margen del río o toda la masa de agua en su conjunto. Si el flujo no se reproduce adecuadamente cualquier simulación de transporte de calor es incorrecta. Por todo ello, y añadiendo afecciones tanto hidráulicas como térmicas entre instalaciones hace necesario la gestión energética del acuífero desde un punto de vista integrado. Esta gestión integrada red piezométrica-modelación numérica defiende los intereses de los usuarios actuales ya que es posible hacer simulaciones con el objetivo de cuantificar el impacto térmico de nuevas explotaciones sobre las existentes en función del régimen de explotación que demanden. A demás el tipo de gestión propuesto puede identificar usos fraudulentos de las explotaciones y predecir la magnitud de este uso inadecuado y su procedencia.

Otra de las ventajas derivadas es el conocimiento del estado energético del acuífero en todo momento, lo que permite a posibles usuarios conocer el potencial geotérmico de su zona de interés, ya sea porque se encuentra sin explotar o por el contrario disuadirlo con las explotaciones preexistentes. Incluso como se ha comentado como medida de remediación, se resalta el potencial geotérmico para la calefacción de las zonas donde las plumas han coalescido.

Como aliciente es de resaltar la importancia de la reproducción de las relaciones rio-acuífero mediante modelos numéricos, especialmente para entender y cuantificar los riesgos de inundación subterránea durante crecidas importantes. Este tema se está estudiando en la actualidad con nuevas simulaciones teniendo en cuenta nuevas series temporales más amplias incluyendo grandes crecidas y daños por inundación de garajes y bajos de edificios por infiltración de agua subterránea.

## Conclusiones

La combinación de control de alta resolución y modelado numérico de flujo de agua subterránea y el transporte de calor junto con el desarrollo de escenarios se ha utilizado como una herramienta útil para la evaluación de la interacción río-acuífero y las posibilidades de remediación. De las simulaciones realizadas, se sugieren las siguientes conclusiones:

- La modelización del transporte de calor de las aguas subterráneas destinadas a la gestión de acuíferos de alta transmisividad, como es el caso en Zaragoza, tiene que tener carácter regional capaz de integrar gran cantidad de información intrínseca de las explotaciones geotérmicas y capaz de tener en cuenta las variaciones de nivel de río para reproducir el régimen térmico del acuífero, especialmente cuando el dominio a modelar es cerca del propio cauce del río.
- El modelo permite explicar y determinar los impactos térmicos y afecciones entre explotaciones.
- Del conocimiento del régimen térmico adquirido en este proyecto del acuífero aluvial urbano de Zaragoza se destaca la necesidad de una planificación de la gestión térmica de los acuíferos de tal forma que se garantice una explotación equilibrada sin daños ambientales y/o económicos. Se puede deducir a partir de este trabajo que la ausencia de una gestión térmica puede conducir al aumento de las temperaturas de las aguas subterráneas que socavan la viabilidad de las instalaciones geotérmicas de baja entalpía existentes.

# 12. SIMULACIÓN DE LA INTERFERENCIA TÉRMICA ENTRE APROVECHAMIENTOS

## Introducción

Los sistemas geotérmicos de la ciudad de Zaragoza dependen de la estabilidad de la temperatura en el subsuelo. El incremento de temperatura que se viene detectando en los últimos años repercute en las bombas de calor de los aprovechamientos geotérmicos produciéndose un descenso en su rendimiento, e incluso de continuar aumentado la temperatura podría producirse el cierre de la instalación. Por este motivo se pone de manifiesto la necesidad de realizar un estudio en detalle de la distribución espacial de la temperatura y su evolución temporal.

La existencia de numerosos aprovechamientos geotérmicos y el desconocimiento tanto de la distribución espacial, como de la magnitud de las plumas térmicas generadas, justifican la necesidad de desarrollar una simulación tanto del flujo de agua subterránea como del transporte de calor. La simulación permite además de estudiar y evaluar el aumento de temperatura del acuífero y la autointerferencia térmica entre pozos del mismo aprovechamiento, conocer si se produce interferencia térmica entre distintos aprovechamientos geotérmicos. Y de producirse, estimar su magnitud e intentar predecir su evolución.

El transporte de calor en el subsuelo se produce mediante conducción, en la matriz del suelo y el agua, y convección en el agua subterránea. Se pretende realizar una modelización en tres dimensiones, de esta forma se puede simular también cómo se produce el transporte de calor en la componente vertical del subsuelo. Para llevarla a

cabo se utilizará el código Feflow®, programa comercial que resuelve las ecuaciones matemáticas por el método de elementos finitos, contando con la ventaja de que puede simular directamente procesos de transporte de calor.

El programa informático Feflow® es actualmente uno de los códigos de cálculo más completos, probados y fiables que existe en el mercado para la simulación de flujo y transporte de solutos o energía en aguas subterráneas en medio poroso, tanto en condiciones saturadas como no saturadas. La versión del código que se ha empleado en este proyecto es la 6.0. Feflow® es capaz de realizar la discretización espacial, tanto en una dimensión, como en dos y tres dimensiones. Para este trabajo se realizó una discretización espacial en 3D de una zona del acuífero aluvial urbano de Zaragoza. A partir de dicha discretización espacial se desarrolló un modelo de flujo y de transporte de calor en medio heterogéneo. En la parte correspondiente al flujo el programa emplea la ecuación de Richards, ecuación que combina la ecuación de Darcy y la ecuación de conservación de masas, y donde la densidad del fluido está acoplada con el transporte de solutos. Asimismo en el código Feflow® se acoplan completamente el transporte de flujo y de calor.

## Objetivos y alcance

El modelo descrito y analizado en este capítulo amplía el área de modelización, mejora las simulaciones y resultados de un modelo previo construido a menor detalle para la investigación del comportamiento y evolución de las plumas térmicas de tres aprovechamientos geotérmicos que son de gran importancia en la ciudad de Zaragoza (Rivas *et al.*, 2013), bien por su dimensión individual, por la de su conjunto, por el volumen de explotación, posibilidad de generar interferencias térmicas o por el potencial impacto térmico que pueden generar las inyecciones de calor en el acuífero.

La explotación geotérmica del centro comercial Aragonia fue estudiada en este proyecto mediante la elaboración de un premodelo, de esta simulación inicial se concluyó que se produce además del incremento de temperatura esperado la autointerferencia térmica, es decir, las inyecciones afectan a las propias captaciones.

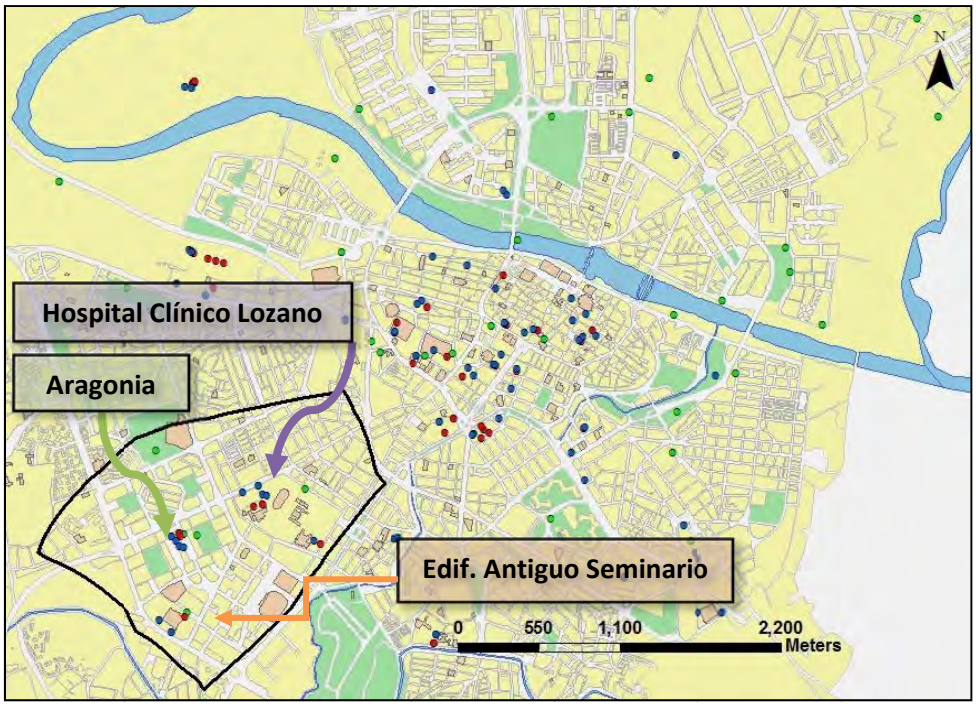



Figura 12.1. Localización de los aprovechamientos geotérmicos estudiados en la ciudad de Zaragoza

La simulación que ahora se expone incluye en el mismo modelo, además de la explotación geotérmica del centro comercial Aragonia, las dos explotaciones más cercanas a ésta: el sistema geotérmico del Edificio del Antiguo Seminario, actualmente una de las sedes del Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza; y el aprovechamiento geotérmico del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa (Figura 12.1). Para simplificar, de aquí en adelante, se emplearán los siguientes términos: Aragonia, Seminario y Clínico, respectivamente.

## Desarrollo del proyecto

En este apartado se describe la metodología empleada en el desarrollo de la simulación, el análisis de los resultados obtenidos y su discusión.

Se realizó la simulación de las tres explotaciones desde el inicio de la primera en julio de 2007 (Clínico), hasta febrero de 2013, abarcando 5 años y medio de funcionamiento de los que se dispone de datos medidos en las explotaciones. Además introduciendo

en el programa los datos de referencia de la red de piezómetros de control del IGME se comprueba la calidad de la simulación, para su posterior extrapolación a 25 años.

La explotación geotérmica del Hospital Clínico Lozano Blesa consta de 6 pozos, de los cuales 4 son de captación (en la Figura 12.2, azul) y 2 de inyección (en la Figura 12.2, en rojo). Es el único aprovechamiento de los tres estudiados que no funciona de modo reversible es decir, que únicamente es utilizado en modo refrigeración por lo que las temperaturas de inyección son siempre superiores a las de captación. No obstante, las características del edificio y la naturaleza de la demanda de refrigeración requieren un funcionamiento permanente de la bomba de calor en cualquier época del año, incluso en invierno. Para comprobar el correcto resultado de la simulación se dispone de un piezómetro de referencia en la simulación (en verde en la Figura 12.2), que corresponde con el piezómetro Geológicas de la red de control que el IGME mantiene en la ciudad de Zaragoza (Red IGME impacto térmico P-2 Geológicas).

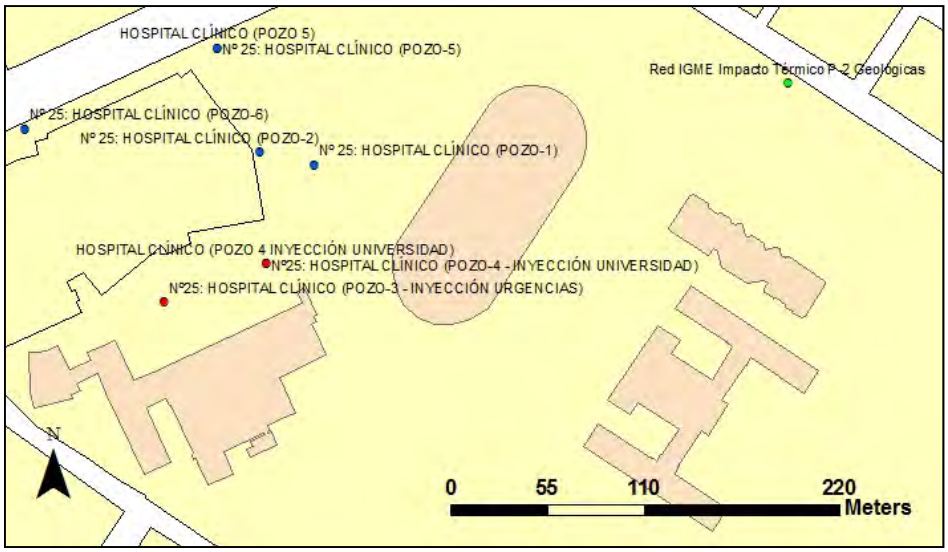



Figura 12.2. Localización de los pozos en el aprovechamiento geotérmico del Hospital Clínico

El aprovechamiento Geotérmico del centro comercial Aragonia (Figura 12.3) consta de cuatro pozos de captación (en azul), de los cuales dos no se emplean, y dos pozos de inyección (en rojo). De la red de control del IGME se ha utilizado el piezómetro Red IGME impacto térmico P-7: Aragonia como piezómetro de referencia en el modelo.

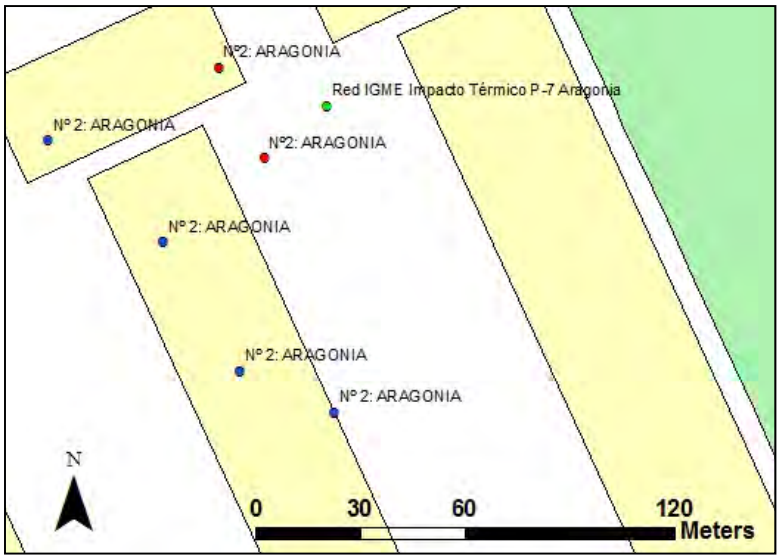



Figura 12.3. Localización de los pozos de la explotación geotérmica del Complejo Aragonia

Por último, el sistema del aprovechamiento geotérmico del Edificio del Antiguo Seminario (Figura 12.4), actualmente una de las sedes del Excel. Ayuntamiento de Zaragoza, está constituido por tres pozos, dos de ellos de captación (en azul) y uno de inyección (rojo). De la red de control del IGME se ha empleado el piezómetro Red IGME impacto térmico P-8 Seminario como piezómetro de referencia en la simulación.

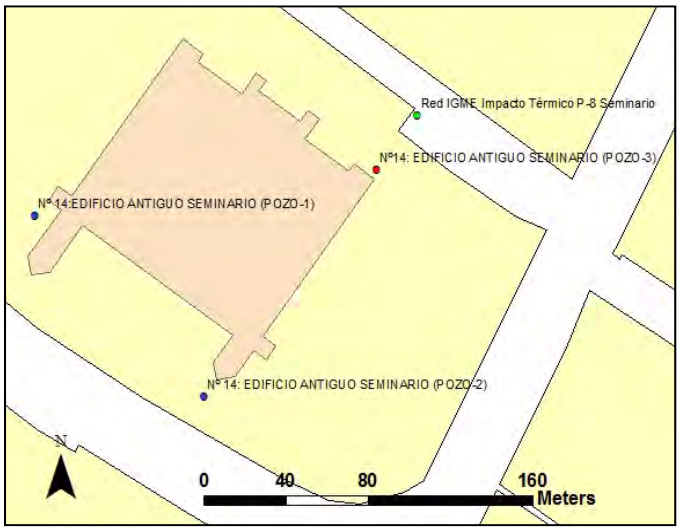



Figura 12.4. Localización de los pozos del aprovechamiento geotérmico del Edificio Seminario

La simulación se llevó a cabo en dos fases. Primero se realiza un modelo estacionario, para conseguir una situación de equilibro hidráulico y térmico. La segunda etapa consiste en un modelo cuasi estacionario de flujo y transitorio de transporte de calor.

## 1. Modelo Conceptual

La geometría del modelo se representa mediante un bloque tridimensional que reproduce la zona de estudio (Figuras 12.5 y 12.6). Tiene una extensión aproximada de 2 x 1,5 km. El polígono definido en planta se selecciona de manera que consigue obtener la máxima adaptación posible a las condiciones de contorno del problema hidrogeológico local, que más adelante se detallan.

Figura 12.5. Geometría en planta del área a modelizar

En cuanto a la componente vertical del modelo, para definir la superficie topográfica de la zona de estudio se utiliza el modelo digital de elevaciones MDT 25 del Servicio Geográfico. A partir de éste, con las columnas estratigráficas descritas, tanto para los pozos de las explotaciones geotérmicas como de los tres piezómetros del IGME que se hallan en la zona de estudio (ver anexos I y III), se definió un bloque tridimensional de 81 m de profundidad, 16 m más que la máxima profundidad que alcanzan los pozos de los aprovechamientos geotérmicos, incluyendo así los primeros metros de los materiales terciarios. Para obtener una mejor aproximación del transporte de calor a lo largo de la vertical, se establecen capas de un metro de espesor en la zona correspondiente a las rejillas de los pozos; y 3 m de espesor por capa tanto en la zona no saturada del terreno como en la inferior a las rejillas. Se mejora así la resolución de

la solución del modelo en la componente vertical, necesaria en toda simulación de transporte de calor.

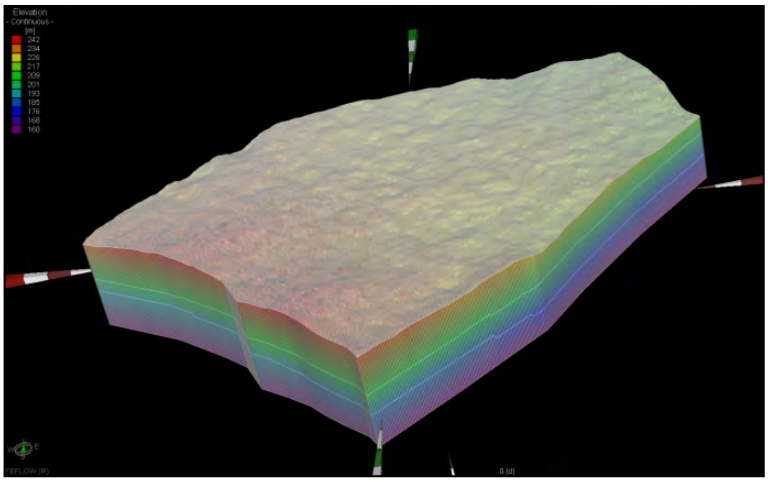



Figura 12.6. Vista en 3D del modelo conceptual

La geología del ámbito del modelo comprende sedimentos cuaternarios de tipo aluvial. Por ello, desde un punto de vista estratigráfico, diferenciar con exactitud estratos y niveles de distinta litología resulta complejo, ya que exigiría una descripción muy detallada, a veces con capas de potencia muy reducida, además de que la información litológica de las perforaciones que se acompaña con la solicitud de aprovechamiento de aguas subterráneas no suele tener en la mayoría de las ocasiones el nivel de detalle necesario para llevar a cabo esta diferenciación. Por este motivo se adoptó una descripción esquemática basada en el comportamiento hidrogeológico por agrupación de capas y niveles con litología similar, utilizada con buenos resultados en los modelos previos, de la que resultan tres unidades (Tabla 12.I).

| UNIDAD | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| **Primera unidad hidro-estratigráfica** | Gravas limo-arcillosas. Zona vadosa |
| **Segunda unidad hidro-estratigráfica** | Gravas y arenas |
| **Tercera unidad hidro-estratigráfica** | Margas con yeso. Zócalo terciario |

Tabla 12.I. Unidades hidro-estratigráficas consideradas

## 2. Datos de la simulación

Las características principales del mallado de elementos finitos (Figura 12.7) utilizado en el desarrollo del modelo son las siguientes:

a) Dimensiones del dominio de simulación: 2.041 m x 1.565 m.

b) Mallador utilizado: Gridbuilder, desarrollado por RobMacLauren en la Universidad de Waterloo, Canadá. Es un algoritmo flexible para crear mallados triangulares, que considera polígonos, líneas y puntos, pudiéndose generar un refinamiento mayor alrededor de dichas entidades geométricas.

c) Refinamiento en los pozos y en el borde del polígono hasta 0,2 m.

d) Número de nodos: 5.646.204. Número de elementos triangulares: 11.003.844.

e) El espesor total del bloque resultante es de 81 m. El espesor de cada capa horizontal en la zona de las rejillas de las explotaciones geotérmicas es 1 m. Espesor de cada capa horizontal en el resto del bloque: 3 m. El número resultante de capas es de 46 en todo el dominio, aunque el espesor de cada capa dependerá de la longitud de rejilla existente y del ajuste a la topografía del terreno.

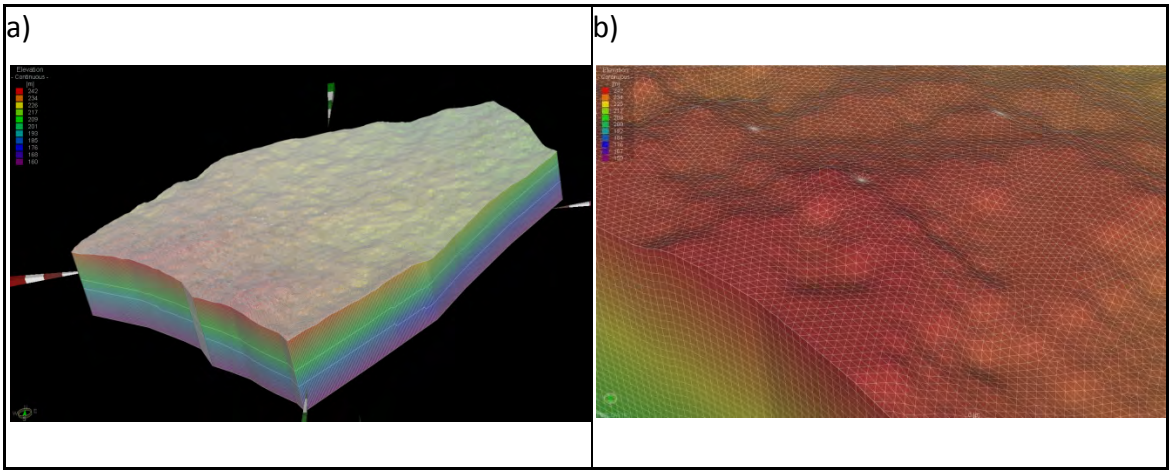



Figura 12.7. a) Mallado tridimensional del modelo. b) Detalle del mallado alrededor de los pozos de captación y de inyección del aprovechamiento del Edificio del Antiguo Seminario

### 3. Condiciones iniciales

Las condiciones iniciales de flujo permiten asignar la superficie piezométrica de las aguas subterráneas al inicio de la simulación. Se parte de un archivo con datos de piezometría correspondiente a marzo 2011, con los distintos piezómetros de la Red de Control Geotérmica del IGME y lecturas de piezómetros del ayuntamiento de Zaragoza.

Para el trasporte de calor se consideró una temperatura media inicial para todo el acuífero de 17°C, similar a la registrada en pozos aguas arriba de la zona de estudio en el año 2011.

### 4. Condiciones de contorno

Los datos de piezometría de marzo de 2011 fueron interpolados estadísticamente mediante un kriging ordinario y posteriormente representados mediante isopiezas, (Figura 12.8 izda., en fucsia). Como se claramente se observa esta configuración no es suficiente para cubrir toda la zona de estudio, siendo necesario recurrir a la configuración de isopiezas utilizada en las etapas previas procedentes de trabajos anteriores de Garrido *et al.*, (2006) y Moreno *et al*., (2008) (Figura 12.8 dcha., en azul).

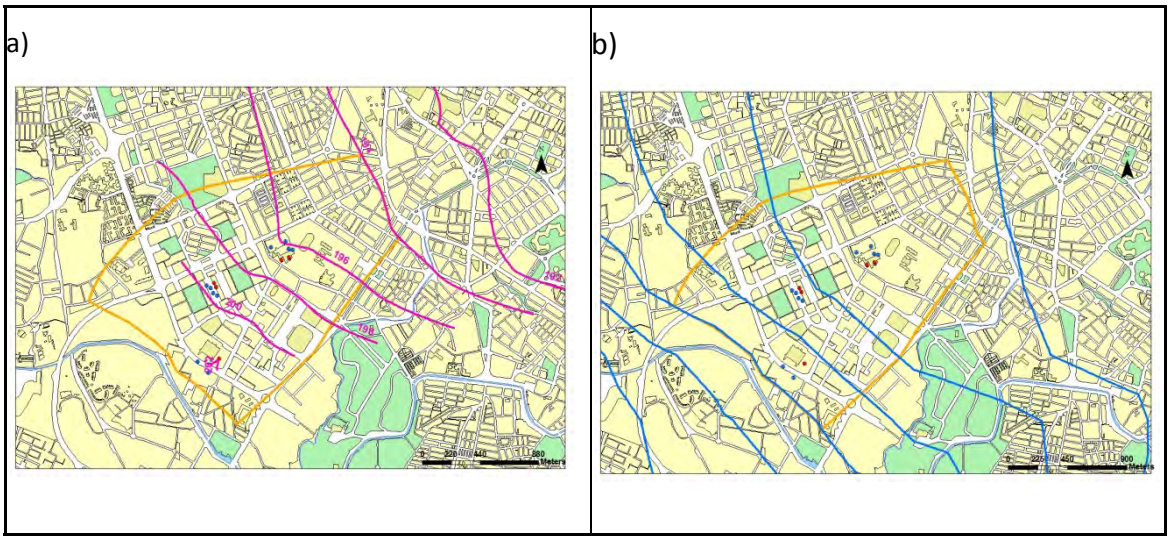



Figura 12.8. a) Isopiezas interpoladas con datos de marzo de 2011. b) Isopiezas según trabajos previos de Garrido *et al*., (2006) y Moreno *et al*., (2008)

Así, las condiciones de contorno se definen de modo que se obliga a que dos de sus lados sean coincidentes a isopiezas de nivel fijo (condición tipo Dirichlet), asignando a los restantes lados condiciones de flujo nulo (tipo Neumann), como se muestra en la Figura 12.9. Las cotas piezométricas consideradas están entre 194 m s.n.m. al noreste, para la isopieza de aguas abajo y 203,5 m s.n.m. al suroeste, para la isopieza situada aguas arriba.

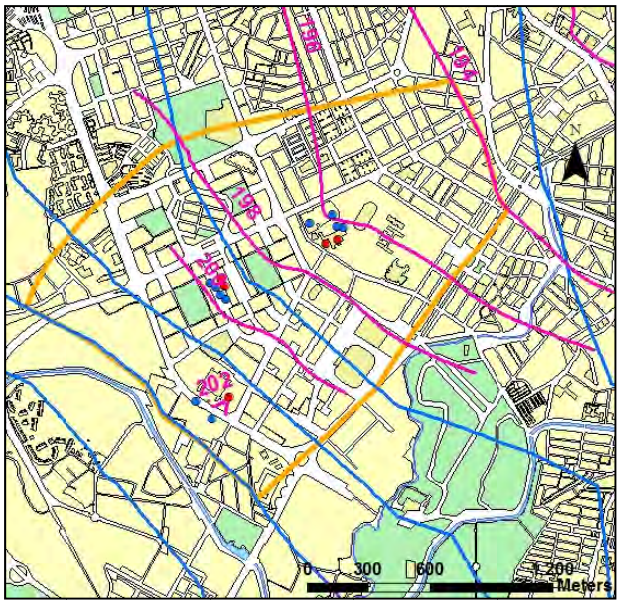



Figura 12.9. Esquema fronteras de flujo de la región de estudio

Se realizó una primera simulación de 5 años y el ajuste de las temperaturas medidas en el piezómetro IGME P-2 Geológicas frente a las temperaturas simuladas indican un desfase entre ambos datos de 4 meses tal y como se observa en la (Figura 12.10). Se analizó en la vista en planta las temperaturas y la ubicación del piezómetro Geológicas llegando a la conclusión de una falta de definición en las condiciones de contorno aguas abajo, por lo que tras varias tentativas de calibración se obtuvieron nuevas condiciones de contorno más coherentes con los registros del piezómetro Geológicas.

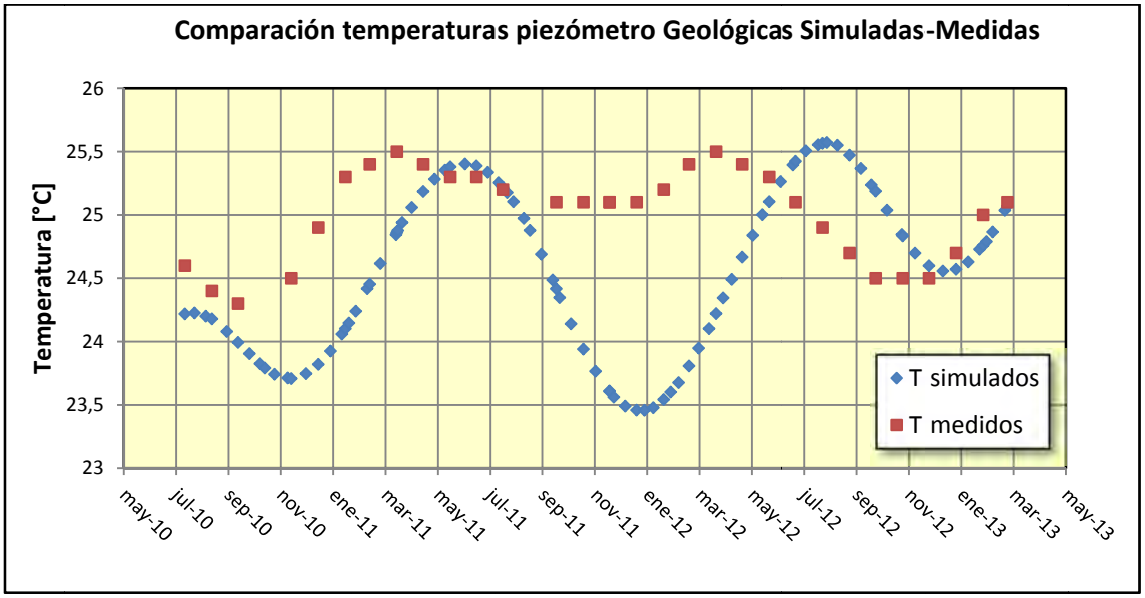



Figura 12.10. Comparación inicial temperaturas medidas y simuladas para el piezómetro P-2 Geológicas

Con los ajustes de la calibración se consigue un giro hacia el este de la pluma térmica procedente del Hospital Clínico (Figura 12.11b) de forma que se produce un mejor ajuste entre las temperaturas medidas y simuladas en el piezómetro de Geológicas.

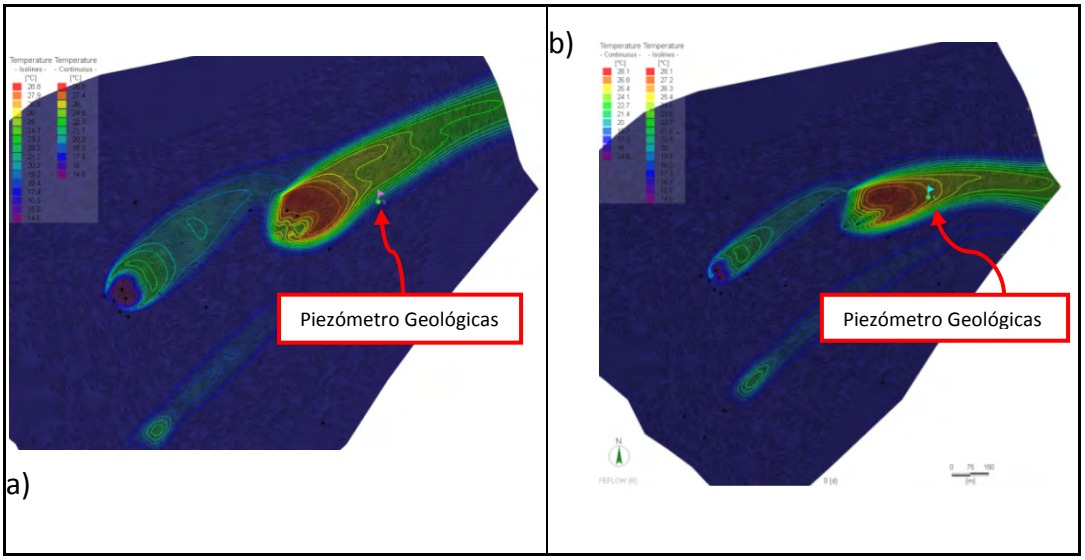



Figura 12.11. Vista en planta de las temperaturas tras 5 años simulados: a) antes de la mejora de las condiciones de contorno, y b) con las nuevas condiciones de contorno

Las nuevas cotas piezométricas impuestas están entre 202,5 m s.n.m. aguas arriba y 190.5-189 m s.n.m. aguas abajo, con la distribución mostrada en la Figura 12.12.

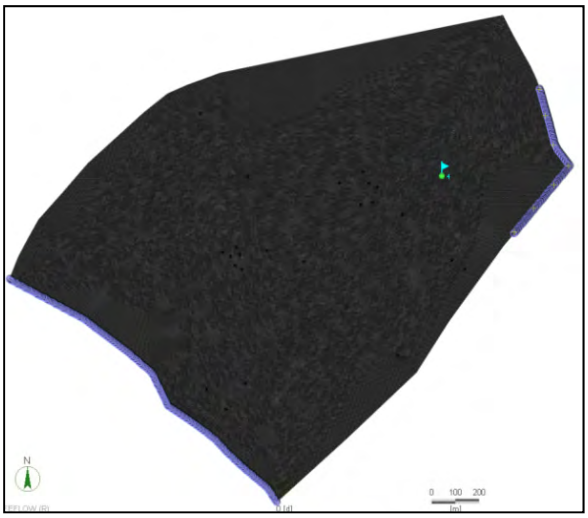


Figura 12.12. Nuevas condiciones de contorno de nivel fijo (en color)

## 5. Explotación. Caudales y temperaturas

Los aprovechamientos estudiados consisten en sistemas geotérmicos abiertos donde no se produce un consume neto de agua subterránea, esto quiere decir que el mismo caudal bombeado es devuelto e inyectado nuevamente en el mismo acuífero. Pero en

función de la época del año y de las necesidades de climatización del edificio el caudal de explotación puede variar, incluso diferir temporalmente entre los diferentes pozos del mismo aprovechamiento. Por ello, la introducción de datos de explotación (bombeos e inyecciones) en el modelo se llevó a cabo mediante series temporales. Se han obtenido datos reales de frecuencia diaria para la explotación de los aprovechamientos del Edificio Seminario (desde enero de 2011) y del Hospital Clínico (desde julio de 2007). No se dispone de datos de explotación del Centro Comercial Aragonia por inexistencia de control y registro, por lo que se procede con datos estimados que ya han sido aplicados y contrastados en fases previas de la modelización (Rivas *et al.*, 2013b). Para todos los pozos, los volúmenes de agua bombeada e inyectada se distribuyen homogéneamente y en su totalidad por la zona de rejilla situada debajo del nivel piezométrico.

Para el transporte de calor se impuso únicamente una condición de temperatura fija de 17°C en el límite aguas arriba del dominio.

La variación de la temperatura del agua en los pozos de inyección se debe introducir mediante una serie temporal. Al igual que en el caso del caudal, las series de temperatura del Edificio Seminario y del Hospital Clínico son datos reales de frecuencia diaria tomados en las propios pozos de captación y en las conducciones de devolución. En Aragonia, de igual forma que con los datos de caudal, al no disponer de series originales de temperaturas se simuló una serie variando la temperatura del agua de inyección entre los meses de verano (mayor temperatura) y de invierno (menor temperatura). Comparando los datos de temperaturas del piezómetro P-7 del IGME con los resultados de la simulación se llegó a que el enfriamiento del acuífero se produce fundamentalmente de enero a marzo, y el calentamiento de abril a diciembre, alcanzando temperaturas de 14,6°C y 22,8°C respectivamente durante el periodo de estudio (Rivas *et al.*, 2013).

Tanto para las series temporales de caudal como de temperatura, se procedió a completar los datos inexistentes en la serie original con valores medios de registros reales obtenidos en fechas similares de otros años o bien de días previos o anteriores.

Las series temporales se desarrollaron para cada nodo de la malla en la vertical correspondiente a la rejilla de cada uno de los pozos, ya sea de captación o de inyección A cada nodo se le asigna una serie temporal definida a partir del caudal instantáneo total del pozo distribuyéndolo en función de la longitud de su rejilla. La Figura 12.13 es una serie real de caudales diarios de captación ($m^3 \cdot día^{-1}$) en el Hospital Clínico. En total se desarrollaron 43 series temporales, 39 de caudal y 4 de temperatura. Las series temporales iniciales se simplificaron para hacer disminuir el tiempo de cálculo del procesador. Finalmente se emplearon series mensuales en periodos de cinco años y de 25 años. En la Figura 12.14 se puede observar una serie temporal, simplificada para valores mensuales de caudal de captación ($m^3 \cdot día^{-1}$) y simulada hasta 25 años, correspondiente a la captación 5 del Hospital Clínico.

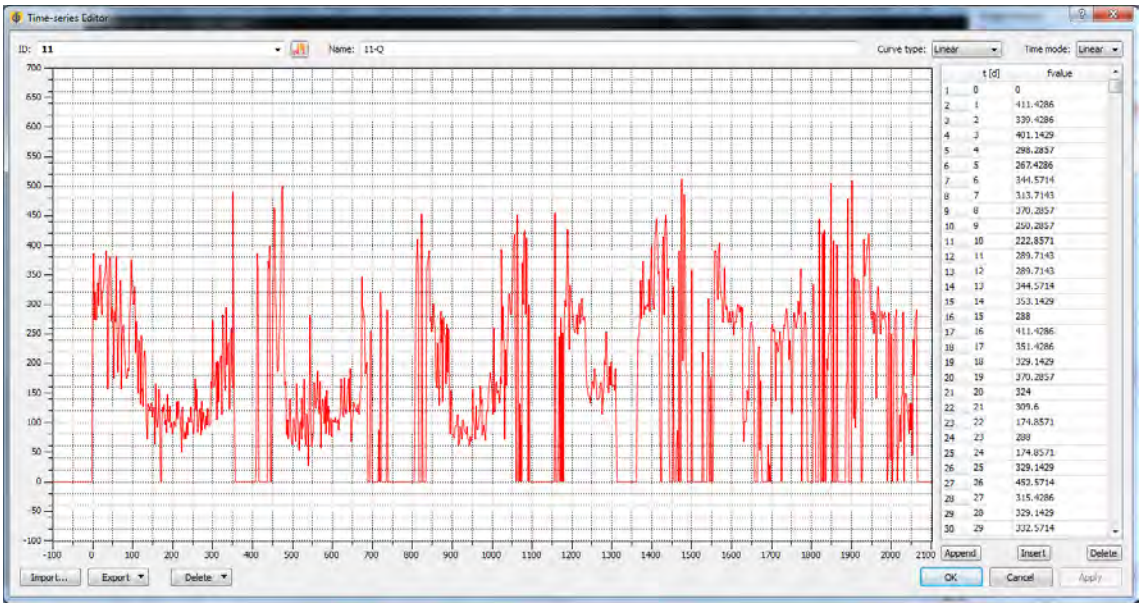



Figura 12.13. Serie real de caudales diarios de captación ($m^3 \cdot día^{-1}$) en el Hospital Clínico

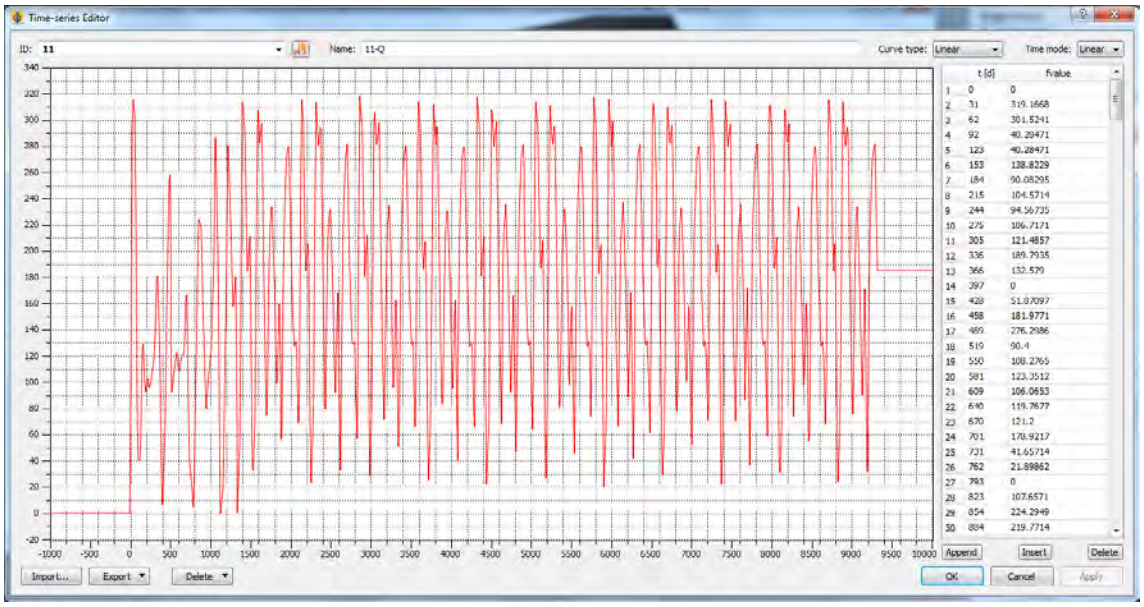



Figura 12.14. Serie temporal mensual de caudales de captación en uno de los nodos del Hospital Clínico. Valores en $m^3 \cdot día^{-1}$ y mes

A continuación y a modo de ejemplo, la Figura 12.15 muestra una de las series mensuales de temperatura a 25 años en una de las inyecciones del Hospital Clínico.

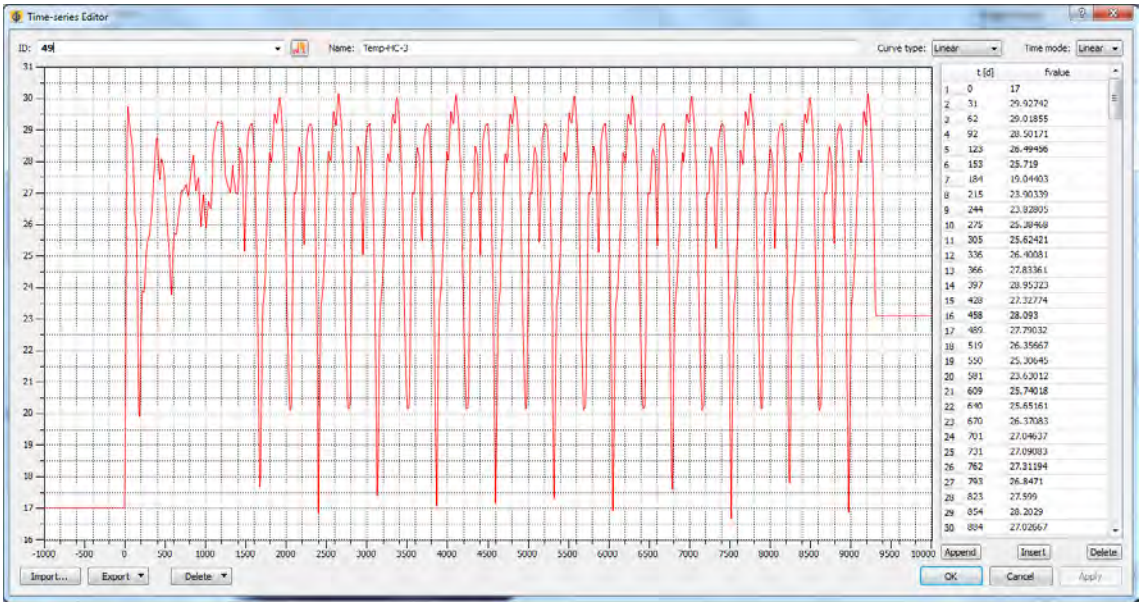



Figura 12.15. Ejemplo de serie temporal mensual de temperatura de inyección en el H. Clínico a 25 años

## 6. Parámetros de la simulación

Los parámetros hidrogeológicos de los materiales que forman las distintas unidades hidro-estratigráficas consideradas se muestran en las Tablas 12.II y III.

| | Profundidad (m) | Descripción | Conductividad Hidráulica ($m \cdot s^{-1}$) | Porosidad Eficaz (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Zona no saturada** | Zona no saturada | Gravas limo arcillosas | $1{,}54 \cdot 10^{-4}$ | 0,08 |
| **Zona saturada** | Zona de rejilla | Gravas y arenas | $15{,}4 \cdot 10^{-4}$ | 0,17 |
| | Terciario | Margas con yesos | $0{,}154 \cdot 10^{-4}$ | 0,05 |

Tabla 12.II. Propiedades hidrogeológicas de los materiales de las tres unidades hidro-estratigráficas

| | Porosidad (%) | Dispersividad Longitudinal (m) | Dispersividad Transversal (m) | Capacidad Calorífica ($J \cdot m^{-3} K^{-1}$) | Conductividad Térmica ($J/m \cdot s^{-1} \cdot K^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Terreno** | 0,08 | 5 | 0,5 | $2{,}52 \cdot 10^{6}$ | 3 |
| **Agua** | 0.17 | 5 | 0,5 | $4{,}2 \cdot 10^{6}$ | 0,65 |
| | 0.05 | 5 | 0.5 | $4{,}2 \cdot 10^{6}$ | 0,65 |

Tabla 12.III. Propiedades térmicas de los materiales de las tres unidades hidro-estratigráficas

Los datos de permeabilidad se han deducido de los ensayos de dilución e inyección realizados en este proyecto, en los piezómetros IGME: P-2 Geológicas, P-7 Aragonia y P-8 Seminario, y por reinterpretación de datos de ensayos de bombeo existentes en las captaciones de estos aprovechamientos. Los valores asignados a la capa denominada como terciario es una solución de compromiso, derivada de la gran incertidumbre existente sobre la topografía del techo de esa capa en la zona de estudio del modelo 3D que se ha desarrollado. Se debe entender que se utiliza ese valor para representar un material intermedio que puede ser arenas o margas dependiendo de la zona del modelo que se considere. El resto de los parámetros proceden de datos documentales (DHI-WASY, 2010) y son similares a los adoptados para estos materiales en el premodelo de transporte de calor (Rivas *et al*., 2013; 2013b).

## 7. Recarga

La recarga no se consideró en este trabajo, por la complejidad y gran incertidumbre existente para su cálculo en sistemas urbanos de una escala tan reducida como la que aquí se trata. No obstante cabe pensar que la elevada impermeabilización causada por la urbanización de la ciudad limita y hace prácticamente despreciable la recarga procedente de las precipitaciones.

### 8. Fundamentos de cálculo

La simulación se realiza en régimen transitorio tanto para el flujo como para el transporte de calor. El control del paso de tiempo es automático. El esquema de integración temporal, de tipopredictor-corrector, empleado ha sido el Euler progresivo/regresivo con un paso inicial de tiempo de 0,001 días, y un tiempo final de 2.070 días para los cinco primeros años y 9.316 días para las simulaciones a veinticinco años. El criterio para la convergencia y el estimador de error adoptados son: criterio de convergencia: 1e-3m, definido mediante una integral euclídea de 2º orden (RMS), con un número máximo de iteraciones de 12. Se ha empleado el método **Shock capturing** para la opción Upwinding y **Masa consistente** para el cálculo de las matrices de masa. El tipo de resolvedor algebraico aplicado depende si el sistema de ecuaciones es simétrico (problema de flujo) o no-simétrico (transporte de calor). Para sistemas simétricos se empleó gradiente conjugado precondicionado (PCG). Y para no simétricos método estabilizado de gradiente bi-conjugado postcondicionado (Lanczosprecondicionado(BiCGSTABP)).

Se ha obligado al programa a guardar los datos mensualmente en la simulación de los cinco primeros años y cada tres meses en la simulación a 25 años. La reducción en los datos de salida a 25 años se debe a que la salida ocupa mucho espacio y da problemas para tratarla posteriormente. Aún con todo, el tiempo de cálculo de una sola simulación hasta alcanzar la convergencia es de aproximadamente 1 semana en un procesador Intel$^{(R)}$ Core$^{(TM)}$ i7 y 2,67 GHz de velocidad.

## Resultados de la calibración

Durante este proceso se hace un análisis de los resultados obtenidos en los cinco primeros años de simulación, periodo del que se disponen datos y mediciones reales. Estos registros se pueden comparar con los resultados del modelo, para comprobar el ajuste de la simulación a la situación real del acuífero en cada momento de lectura de niveles piezométricos y temperaturas, deducir la fiabilidad de los resultados y entender el comportamiento del acuífero. Más adelante se expondrán los resultados

de una simulación a 25 años. Se procede a continuación con la interpretación para tres salidas o soluciones distintas requeridas al modelo: 1) cortes transversales en cada uno de los aprovechamientos, 2) vistas en planta de todo el modelo, y 3) representaciones gráficas comparando, tanto la piezometría como la temperatura, entre las series simuladas en los puntos de referencia y los datos reales medidos en esos mismos piezómetros de control.

**1. Estudio en los puntos de referencia**

Los puntos de referencia empleados son los piezómetros IGME de la Red de Control Geotérmica:

a) Piezómetro P-2 Geológicas: situado aproximadamente 300 m aguas abajo en la dirección del flujo subterráneo del aprovechamiento geotérmico del Hospital Clínico.

b) Piezómetro P-7 Aragonia: localizado unos 25 m aguas abajo de la explotación geotérmica del Centro Comercial Aragonia.

c) Piezómetro P-8 Seminario: ubicado 30 m aguas abajo del aprovechamiento geotérmico del Edificio Seminario.

Se examinan a continuación las comparaciones entre las series reales medidas en los piezómetros y las series obtenidas en esos mismos puntos con la simulación, tanto de piezometría como de temperatura.

**a) Piezómetro P-2: Geológicas**

En la Figura 12.16 se muestran las series resultantes para las temperaturas. No se observa el desfase de la simulación anterior, pero existe una diferencia significativa en la amplitud térmica y se dan máximos y mínimos relativos más altos en las temperaturas simuladas que en las medidas. Esta diferencia de amplitud térmica entre las temperaturas medidas y las simuladas puede deberse a que en este modelo se consideró que el flujo sólo sigue la dirección aguas abajo, pero al tratarse de un acuífero aluvial puede tener una relativa importancia la influencia de las avenidas del

río en la dirección del flujo tal y como se ha comentado en el capítulo 8. Asimismo podría explicarse también debido a la gran variabilidad litológica, acuñamientos y paleocanales que modifican la velocidad del flujo y el comportamiento del transporte de calor por sus diferentes propiedades hidráulicas y térmicas. Esto deja patente la necesidad de conocer mejor la geología a escala local.

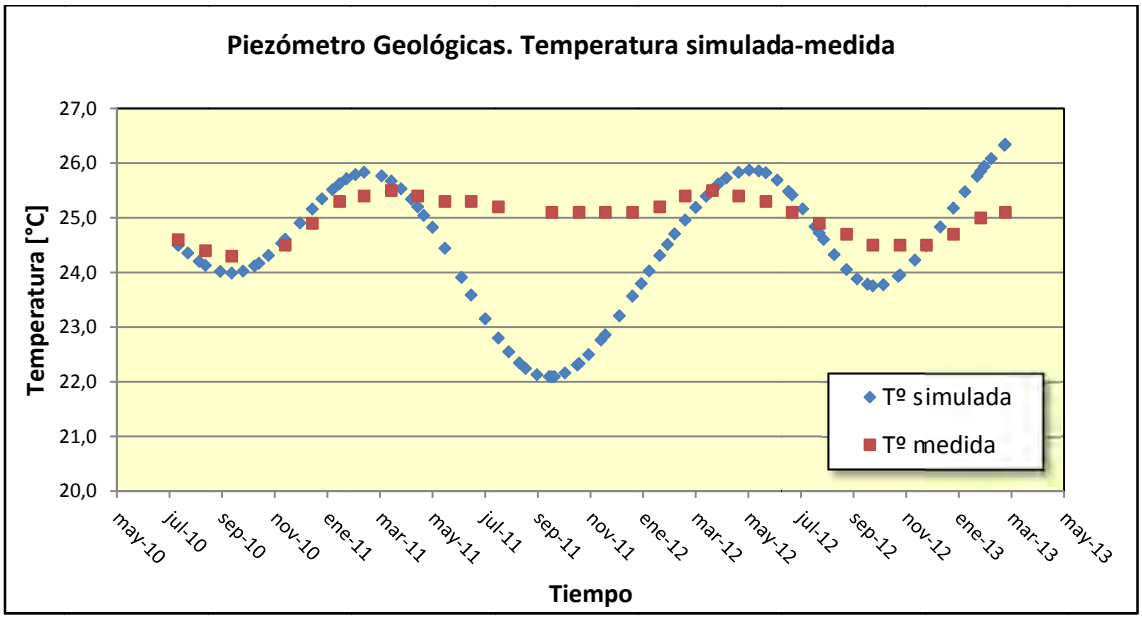



Figura 12.16. Comparación temperatura simulada-medida en el piezómetro P-2 Geológicas

En la Figura 12.17 se muestran las series medidas y simuladas para la oscilación piezométrica. Se observa un importante descenso de niveles con máximos al finalizar agosto, que pueden atribuirse a la influencia de los bombeos para el riego de jardines que se realizan en un pozo próximo de la Universidad. Por otro lado no cabe descartar que la permeabilidad en este sector de la ciudad sea sustancialmente menor por lo que previsiblemente aumentaría el radio de influencia del pozo de riego.

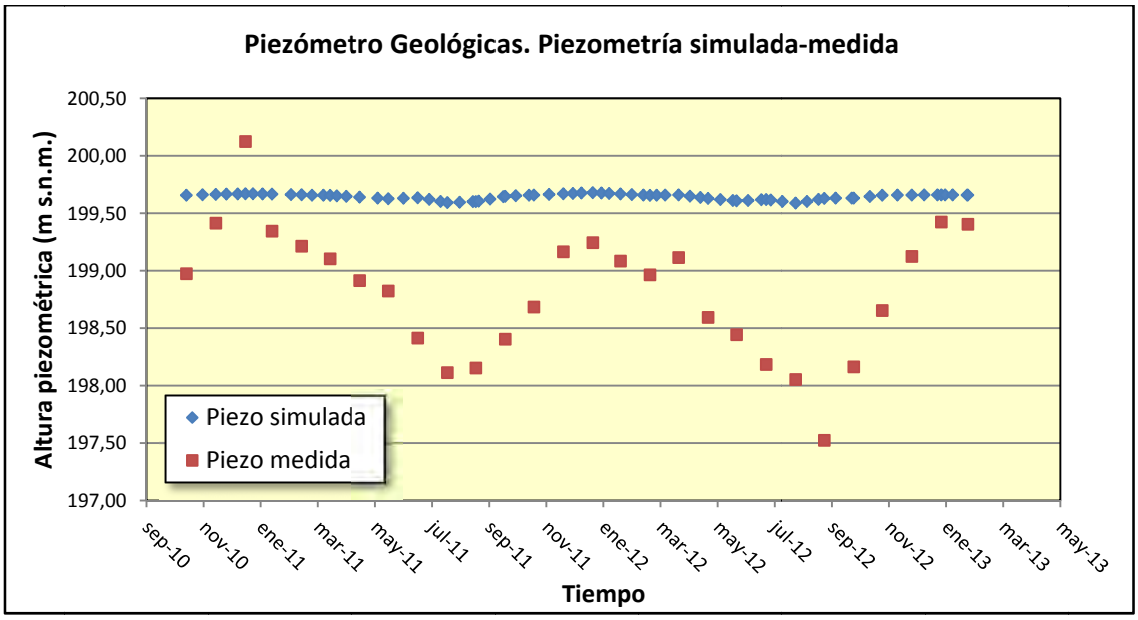



Figura 12.17. Comparación piezometría simulada-medida en el piezómetro P-2 Geológicas

### a) Piezómetro P-7: Aragonia

El aprovechamiento Aragonia ya ha sido objeto de estudio anterior lo que ha facilitado que en este caso se consiga un buen ajuste entre las temperaturas medidas y simulada, como se muestra en la Figura 12.18.

Al igual que sucede en el piezómetro de Geológicas, la piezometría medida muestra oscilaciones superiores a las simuladas (Figura 12.19). Una posible explicación para este caso puede ser por la mayor diferencia que las inicialmente supuesta en el término de recarga (hay grandes zonas ajardinadas en el entorno), pero también por el reducido espesor saturado del acuífero en este piezómetro, que resulta muy afectado por los bombeos de un pozo próximo utilizado para riego de jardines donde se comprueba que la extracción provoca fuertes descensos del nivel de agua.

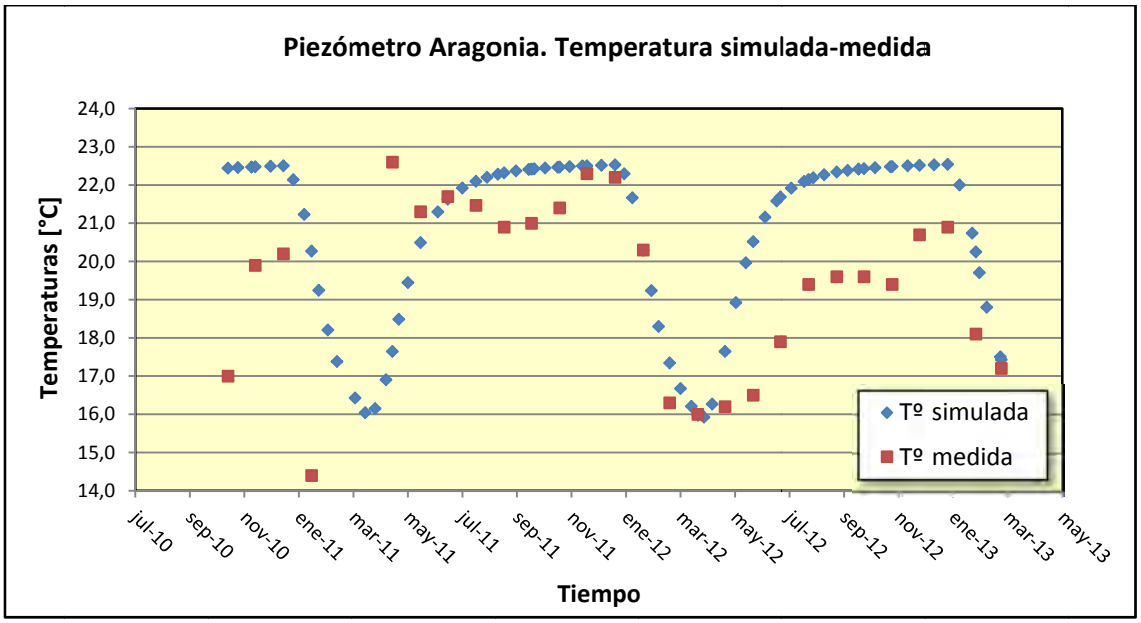



Figura 12.18. Comparación temperatura simulada-medida en el piezómetro P-7 Aragonia

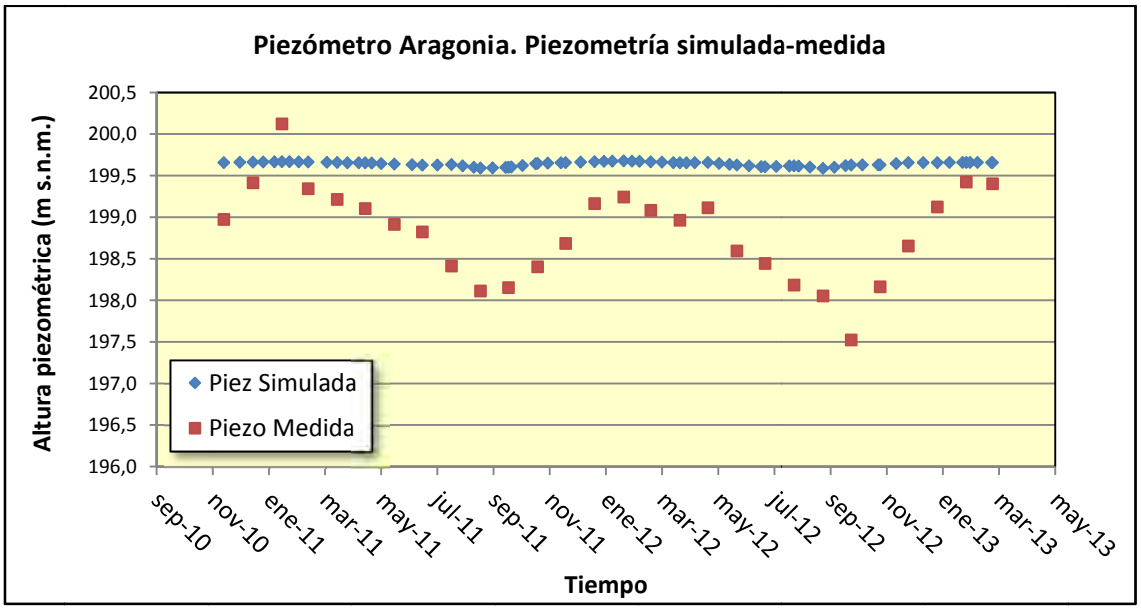



Figura 12.191. Comparación nivel piezométrico simulado-medido en el piezómetro P-7 Aragonia

### a) Piezómetro P-8: Seminario

En la Figura 12.20 se observa una discrepancia importante entre los valores medidos y simulados de temperatura. Teniendo en cuenta que la distancia entre el piezómetro y la inyección es de 30 m y suponiendo que la dirección del flujo subterráneo coincide con la expresada en las condiciones iniciales del modelo, no se encuentra explicación

para el desfase de seis meses observado en los máximos y mínimos de la temperatura medida.

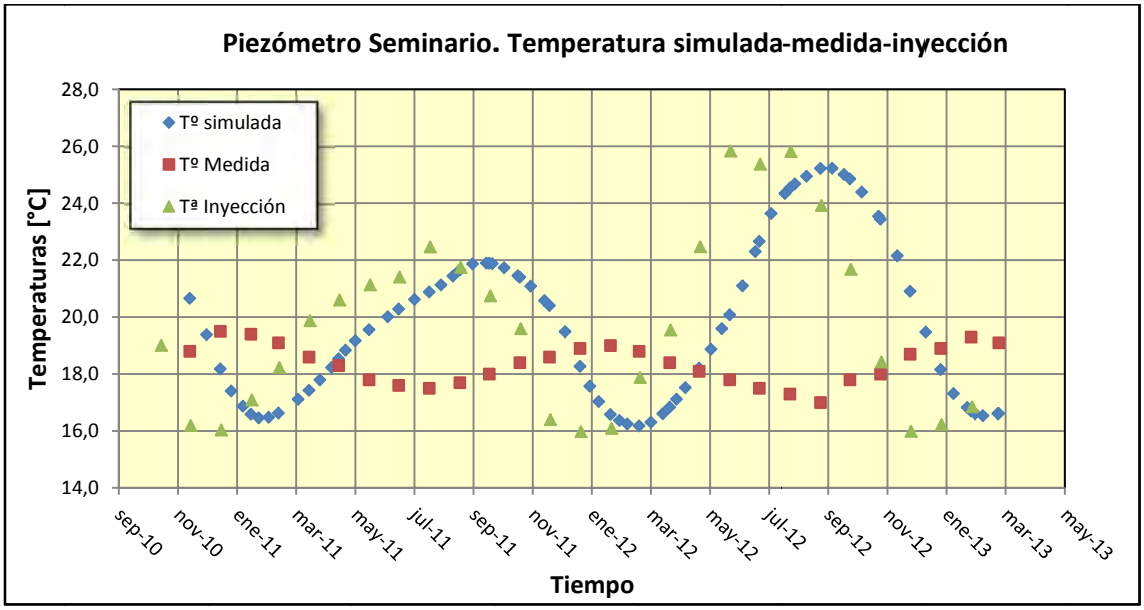



Figura 12.20. Comparación de temperatura simulada-medida en el piezómetro P-8 Seminario y temperatura de inyección del aprovechamiento del Edificio Seminario

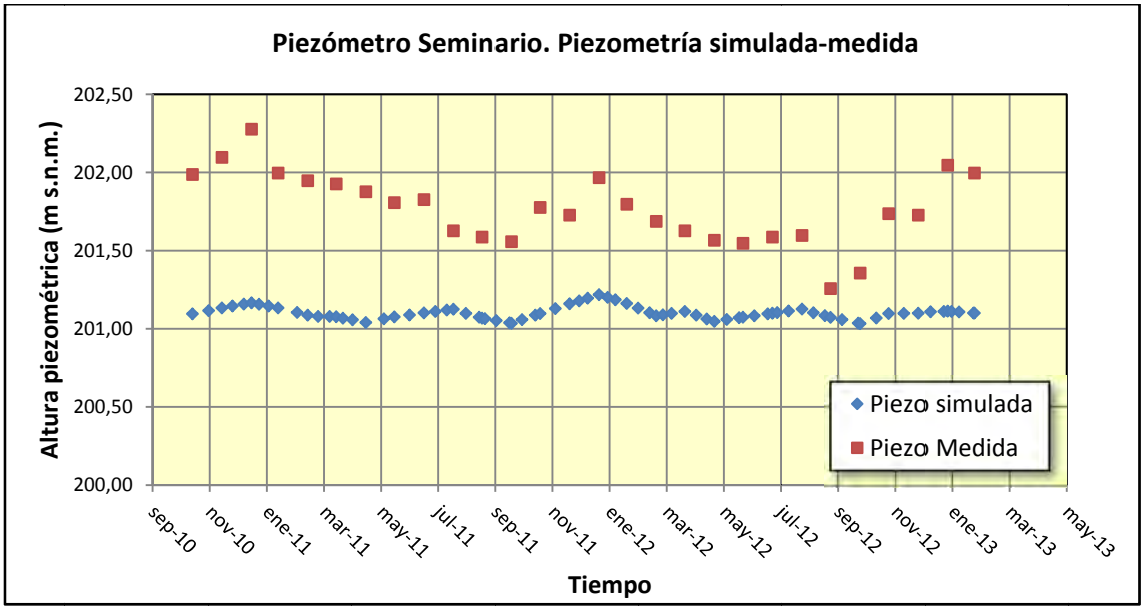



Figura 12.21. Comparación de la piezometría simulada-medida en el piezómetro P-8 Seminario

La altura piezométrica simulada en este piezómetro está muy influenciada por la proximidad del límite suroeste del modelo y las condiciones de contorno en él definidas. Al comparar la serie obtenida en la simulación con la serie medida se concluye que con el escenario de medio homogéneo que se ha adoptado, podría ser

conveniente subir las condiciones de nivel fijo impuestas a este contorno aguas arriba en aproximadamente un metro.

### 2. Cortes transversales

Los cortes transversales estudiados son representativos en cada aprovechamiento geotérmico y se han llevado a cabo con el propósito de comprender la pauta de comportamiento del acuífero y de la zona no saturada, y también para observar la distribución, comportamiento y evolución de las plumas térmicas debidas a la inyección de calor o frío en las explotaciones geotérmicas. Todos los perfiles muestran pozos de inyección en la parte izquierda de las imágenes, y en todas ellas la dirección del flujo es de izquierda a derecha.

Con el propósito de sintetizar el análisis se han estimado los siguientes factores:

- La longitud máxima alcanzada por la isoterma de 17,7°C, que define el límite de las plumas térmicas estudiadas.
- El máximo incremento de temperaturas alcanzado dentro de la pluma térmica.
- El comportamiento del proceso de transporte de calor según las distintas unidades hidro-estratigráficas impuestas.
- La distancia máxima recorrida por el frente térmico que se produce en la dirección aguas arriba del pozo de inyección.

#### a) Hospital Clínico Lozano Blesa

Para este aprovechamiento se han realizado dos cortes transversales. El primero de ellos se realizó en dirección del flujo (Perfil I, Figura 12.22) y muestra los dos pozos de inyección de este aprovechamiento. El segundo muestra el pozo con mayor caudal de captación y uno de los pozos de inyección y es transversal al flujo (Perfil II, Figura 12.22). La Figura 12.22 muestra la posición de los perfiles que se analizaron.

La escala gráfica de temperaturas de todas las imágenes con cortes transversales que se muestran a continuación e la de la Figura 12.23.

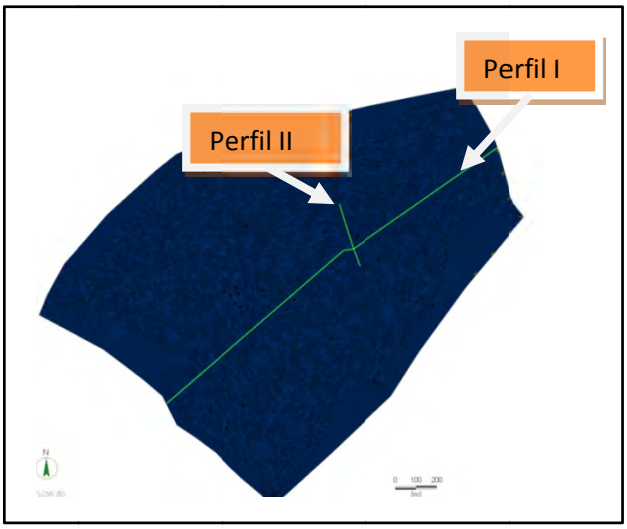



Figura 12.22. Vista en planta del modelo con la ubicación de los dos perfiles que atraviesan el Hospital Clínico Lozano Blesa

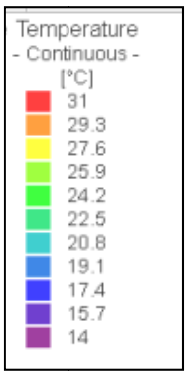



Figura 12.23. Escala gráfica de temperaturas para los cortes transversales.

En la Figura 12.24 se observan en diferentes perfiles la evolución de las plumas al finalizar el invierno (marzo) y tras el periodo de máxima temperatura de inyección en verano (septiembre), al cabo de 1, 3 y 5 años de simulación. En la Tabla 12.IV se resumen los datos de la pluma térmica de 17,7°C mientras que en la Tabla 12.V se describe el avance de la misma isoterma en las unidades hidro-estratigráficas de zona no saturada y terciario, así como aguas arriba del flujo subterráneo.

Durante los cinco primeros años de explotación la temperatura se incrementa en el acuífero, como era previsible, aproximadamente 1°C cada dos años, pero llama la atención que la isoterma de 17,7°C crece unos 100 m entre el primer y tercero año, y 15 m o nada entre el tercero y el quinto. Esto puede deberse a que a partir del tercer año tanto el terciario como la unidad hidro-estratigráfica de la zona no saturada comienzan están afectados por la isoterma de 17,7°C, habiendo transferencia de calor hacia estas unidades que ralentiza el desplazamiento del calor en la dirección del flujo.

| | **Longitud máxima (m) de la pluma térmica isoterma 17,7°C** | | **Rango de T máxima y mínima de la pluma (°C)** | | **Amplitud térmica de la pluma (°C)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Marzo | Septiembre | Marzo | Septiembre | Marzo | Septiembre |
| **1º año** | 412 | 445 | (25,5-17,9) | (28.3-17.9) | 7,6 | 10,4 |
| **3º año** | 555 | 580 | (27,4-17,9) | (29.3-17.9) | 9,5 | 11,4 |
| **5º año** | 570 | 580 | (27,4-16,9) | (30.2-17.7) | 10,5 | 12,5 |

Tabla 12.IV. Resumen de las características de la pluma térmica encerrada por la isoterma 17,7°C.

| | **Máx. longitud frente aguas arriba isoterma 17,7°C (m)** | | **Isoterma de 17,7°C afecta a la superficie** | | **Isoterma de 17,7°C afecta al terciario** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Marzo | Septiembre | Marzo | Septiembre | Marzo | Septiembre |
| **1º año** | 25 | 30 | no | no | no | no |
| **3º año** | 45 | 50 | si | si | si | si |
| **5º año** | 40 | 50 | Si | si | si | si |

Tabla 12.V. Resumen de las características de la isoterma de 17**,**7°C

En cuanto al comportamiento de las tres unidades hidro-estratigráficas impuestas se observa lo siguiente:

- La mayor amplitud térmica se produce en la segunda unidad hidro-estratigráfica, puesto que es dónde se produce la inyección.
- La isoterma de 17,7°C alcanza la superficie del terreno y el terciario en septiembre y marzo del tercer año. Durante los 5 años simulados se van incrementado las temperaturas, tanto en la zona vadosa como en el terciario, pero con un comportamiento diferente, el incremento de temperaturas es mayor en el terciario que hacia la superficie del terreno. Además se observan pulsos térmicos en las plumas que se deben al cambio estacional de temperaturas que se produce en la inyección.

A continuación, en la Figura 12.25, se muestran los resultados obtenidos en el segundo corte transversal (Perfil II; Figura 12.22) en el que la dirección del flujo es perpendicular y de sentido entrante en las imágenes. Se observa el pozo de captación (pozo nº 5) a la izquierda de las imágenes y el pozo de inyección (inyección 3) en el centro de las imágenes.

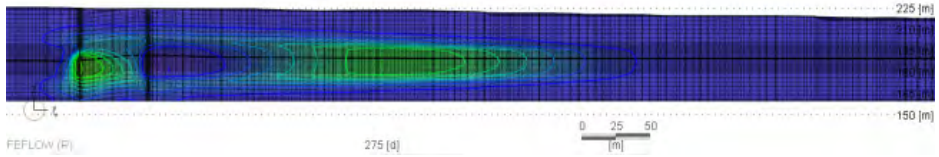
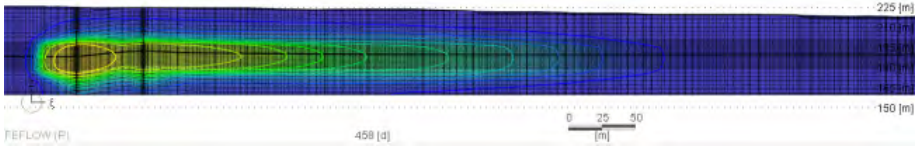
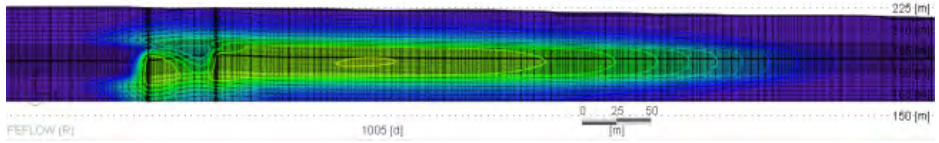
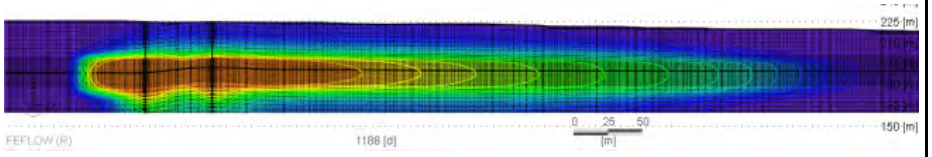
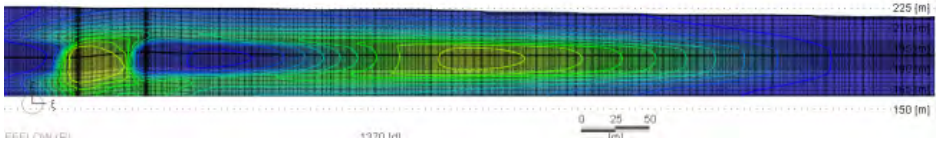
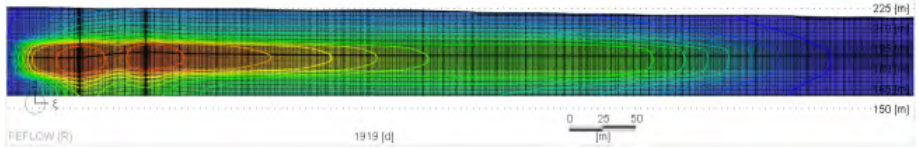
| Hospital Clínico. Perfil I (inyección) | |
|---|---|
| **Marzo** | **Septiembre** |
| 1º año | 1º año |
|  |  |
| 3º año | 3º año |
|  |  |
| 5º año | 5º año |
|  |  |

Figura 12.24. Imágenes del corte transversal del Perfil I de la Figura 12.22 a diferentes tiempos de simulación. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.23

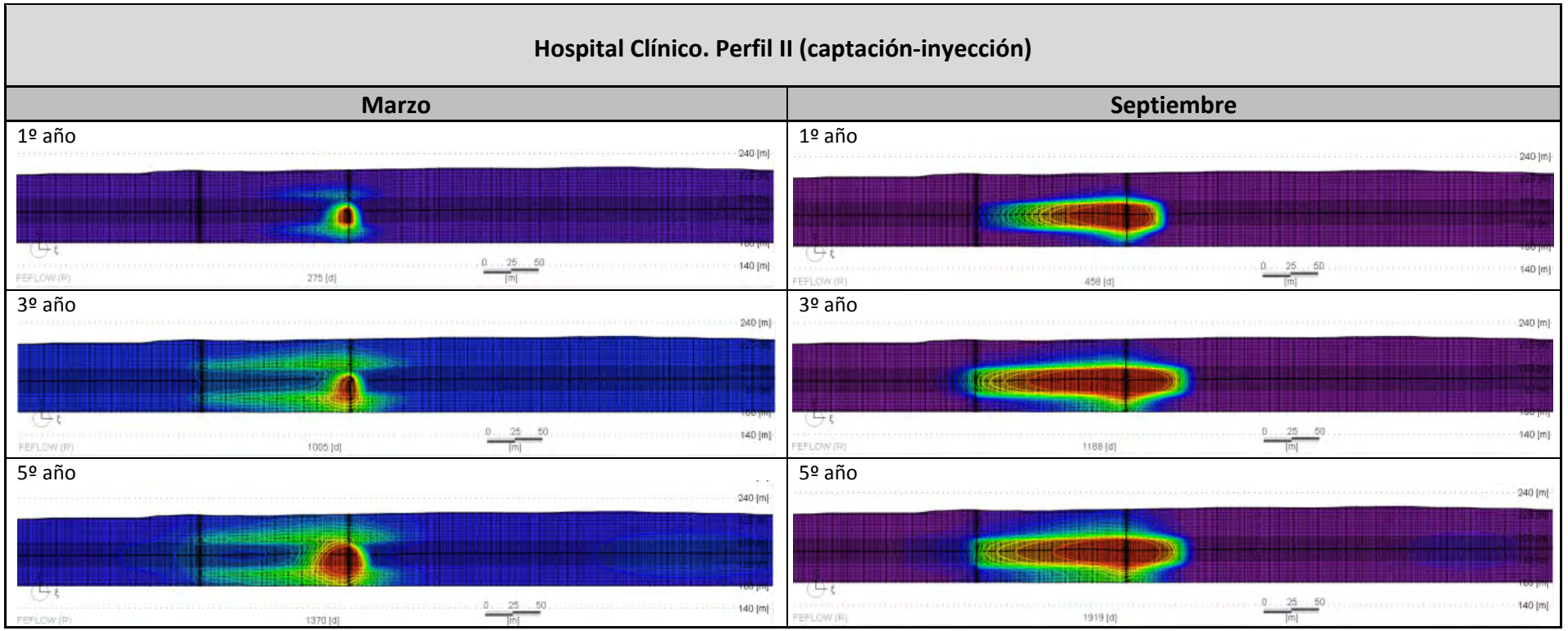



Figura 12.25. Imágenes del corte transversal del Perfil II de la Figura 12.22 a diferentes tiempos de simulación. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.23

En la figura se observa claramente cómo cambia el comportamiento de la temperatura según la época del año, y el uso que se haga de la explotación geotérmica.

En marzo, cuando se hace un menor uso de las bombas de calor del aprovechamiento geotérmico, se puede observar la influencia de las unidades hidro-estratigráficas y cómo la pluma térmica es más estrecha en la segunda unidad como consecuencia de manifestar una mayor dispersión.

En septiembre se hace un uso más intenso de la explotación geotérmica. Como consecuencia se combinan: a) el incremento del caudal de extracción y volumen de bombeo en la captación, que hace un efecto llamada del flujo, de manera que orienta la pluma térmica hacia el pozo de captación; b) las altas temperaturas de inyección, que hacen que el acuífero no sea capaz disiparlas. Esta combinación genera no sólo una pluma térmica de amplitudes altas, como se observaba en los cortes anteriores, sino también de gran extensión, y además, y lo más importante, autointerferencia térmica dentro de la propia explotación geotérmica.

**b) Aragonia**

Los cortes transversales mostrados para el aprovechamiento geotérmico Aragonia (Figura 12.27) constan de un pozo de captación situado a la izquierda de la imagen y un pozo de inyección a la derecha de éste. La posición del perfil se muestra en la Figura 12.26.

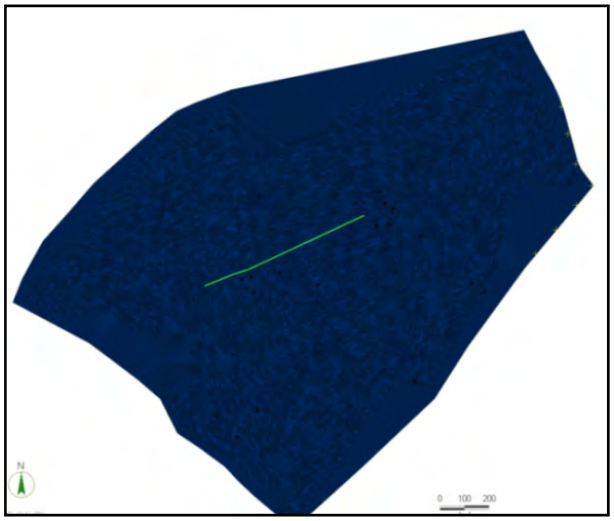


Figura 12.26. Vista en planta del modelo con la ubicación del perfil que atraviesa el aprovechamiento de Aragonia

**Perfiles de captación-inyección del Edificio Aragonia**

| Marzo | Septiembre |
|---|---|
| 1º año | 1º año |
| 3º año | 3º año |
| 5º año | 5º año |

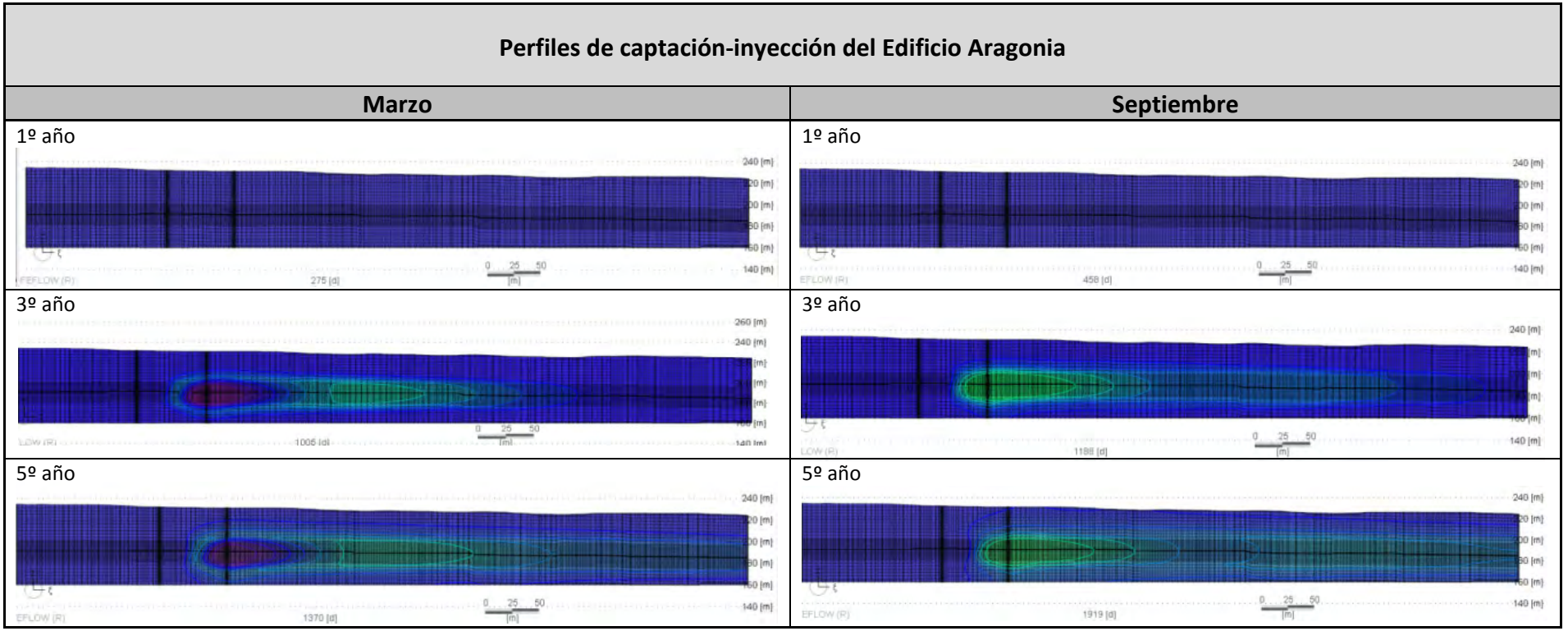


Figura 12.27. Imágenes del perfil transversal realizado al aprovechamiento de Aragonia (Figura 12.26) a diferentes tiempos de simulación. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.23

Tras analizar las imágenes se tienen los siguientes resultados que se resumen en las Tablas 12.VI y 12.VII.

| | **Longitud máxima (m) de la pluma térmica isoterma 17,7°C** | | **Rango de T máxima y mínima de la pluma (°C)** | | **Amplitud térmica de la pluma (°C)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Marzo** | **Septiembre** | **Marzo** | **Septiembre** | **Marzo** | **Septiembre** |
| **1º año** | No funciona | No funciona | - | - | - | - |
| **3º año** | 330 | 475 | (21,9-14,6) | (21,9-17,7) | 7,3 | 4,2 |
| **5º año** | >475 | >475 | (21,9-14,6) | (26,0-17,7) | 7,3 | 8,3 |

Tabla 12.VI. Resumen de las características de la pluma térmica encerrada por la isoterma 17,7°C.

| | **Máx. longitud (m) frente aguas arriba isoterma 17,7°C** | | **Isoterma de 17,7°C afecta a la superficie** | | **Isoterma de 17,7°C afecta al terciario** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Marzo** | **Septiembre** | **Marzo** | **Septiembre** | **Marzo** | **Septiembre** |
| **1º año** | No funciona | No funciona | - | - | - | - |
| **3º año** | 30 | 30 | no | no | no | no |
| **5º año** | 45 | 40 | no | si | si | si |

Tabla 12.VII. Resumen de las características de la isoterma de 17,7°C

En este caso, la longitud de la pluma aumenta con el tiempo tanto después del verano como después del invierno, sin embargo el gradiente térmico tras el verano se mantiene. A partir del quinto año, en septiembre se ven afectadas la zona vadosa y el terciario, mientras que en marzo sólo queda afectado el terciario por la envolvente de la isoterma de 17,7°C.

En cuanto al comportamiento de las tres unidades hidro-estratigráficas impuestas se observa que el mayor gradiente de temperaturas se produce en la segunda unidad hidro-estratigráfica, que es dónde se produce la inyección. Durante los 5 años simulados, la isoterma de 17,7°C llega a la superficie del terreno en septiembre pero no alcanza dicha superficie en marzo. Los pulsos térmicos de la superficie y de la zona vadosa son por tanto una respuesta térmica al régimen de temperaturas que se produce en la inyección.

### c) Edificio Antiguo Seminario

Al igual que sucede con el aprovechamiento de Aragonia, el sistema geotérmico se utiliza no sólo para climatización en verano, sino también para la calefacción en invierno, para  por lo que se inyecta agua con temperaturas muy bajas en invierno y

más elevadas en verano. Por ello en marzo las plumas observadas son plumas térmicas de baja temperatura, mientras que en septiembre son plumas térmicas de temperaturas más elevadas.

Los cortes transversales mostrados para el aprovechamiento geotérmico del Seminario (Figura 12.29) constan de un pozo de captación situado a la izquierda de la imagen y un pozo de inyección a la derecha de éste. La posición del perfil se indica en la Figura 12.28 y un resumen de resultados en las Tablas 12.VIII y 12.IX.

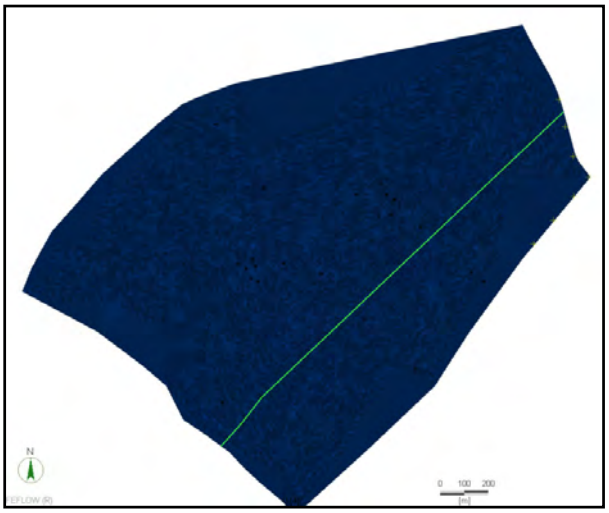


Figura 12.28. Vista en planta del modelo con la ubicación del perfil realizado al aprovechamiento del Edificio Seminario

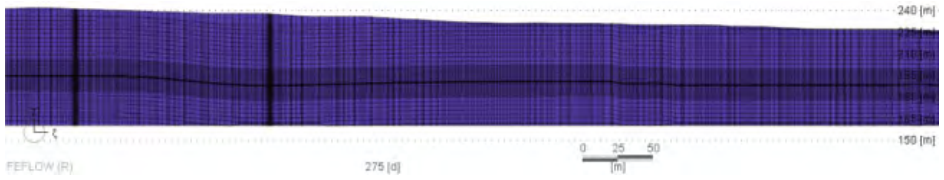
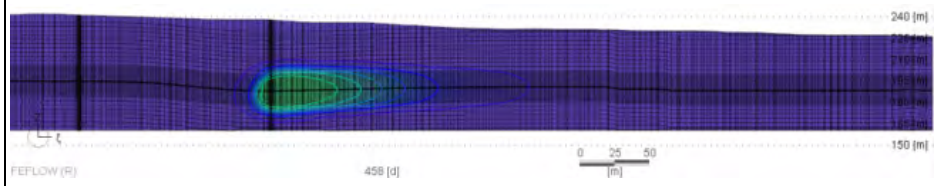
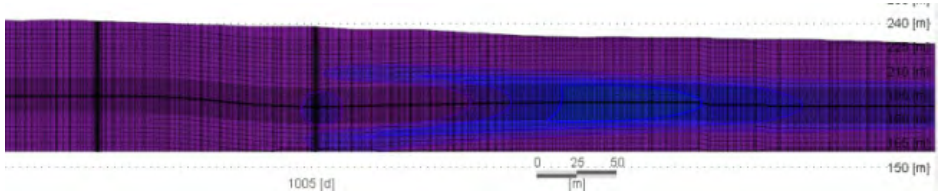
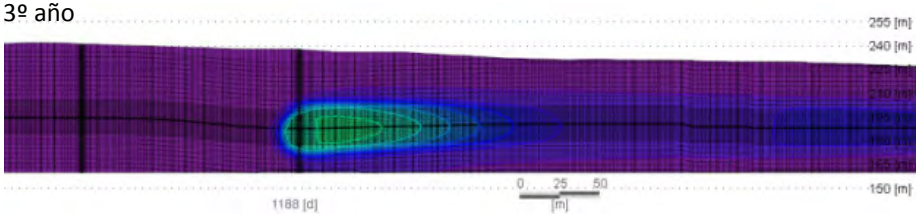
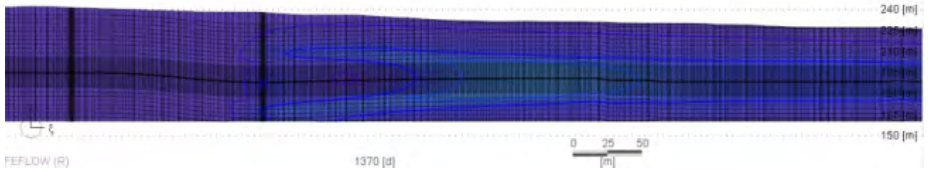
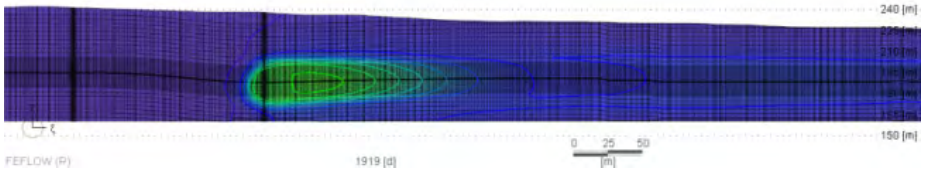
| **Perfiles de captación-inyección del Edif. Antiguo Seminario** | |
|---|---|
| **Marzo** | **Septiembre** |
| 1º año | 1º año |
|  |  |
| 3º año | 3º año |
|  |  |
| 5º año | 5º año |
|  |  |

Figura 12.29. Imágenes del perfil transversal realizado al aprovechamiento del Edificio Seminario (Figura 12.38) a diferentes tiempos de simulación. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.23

| | Longitud máxima (m) de la pluma térmica isoterma 17,7°C | | Rango de T máxima y mínima de la pluma (°C) | | Amplitud térmica de la pluma (°C) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Marzo** | **Septiembre** | **Marzo** | **Septiembre** | **Marzo** | **Septiembre** |
| **1º año** | | 165 | (-) | (23,1-17,7) | - | 5,4 |
| **3º año** | >425 | >425 | (19,5-17.7) | (24-17,7) | 1,8 | 6,3 |
| **5º año** | >425 | >425 | (20,4-17.7) | (25,7-17,7) | 2,7 | 8 |

Tabla 12.VIII. Resumen de las características de la pluma térmica encerrada por la isoterma 17,7°C

| | Máx. longitud (m) frente aguas arriba isoterma 17,7°C | | Isoterma de 17,7°C afecta a la superficie | | Isoterma de 17,7°C afecta al terciario | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Marzo** | **Septiembre** | **Marzo** | **Septiembre** | **Marzo** | **Septiembre** |
| **1º año** | - | 25 | - | no | - | no |
| **3º año** | 7 | 25 | no | no | si | si |
| **5º año** | 25 | 30 | no | si | si | si |

Tabla 12.IX. Resumen de las características de la isoterma de 17,7°C

Durante los cinco primeros años de explotación, la temperatura se incrementa en el acuífero aproximadamente 1°C cada dos años, pero la amplitud térmica es inferior en marzo puesto que se inyectan temperaturas menos elevadas debido al uso del sistema para la calefacción, por ese mismo motivo se observan pulsos térmicos debidos a los cambios estacionales de la temperatura de inyección. La longitud alcanzada por la isoterma de 17,7°C se discutirá con la vista en planta, pues no se puede observar dónde finaliza la isoterma en el perfil.

En cuanto al comportamiento de las tres unidades hidro-estratigráficas impuestas se observa, como cabe esperar, que la mayor oscilación de temperaturas se produce en la segunda unidad, donde se produce la inyección.

### 3. Vista en planta

Seguidamente se muestran las vistas en planta de la temperatura tras la simulación de los cinco primeros años de explotación geotérmica (Figura 12.30), complementado el análisis de los cortes transversales vistos previamente.

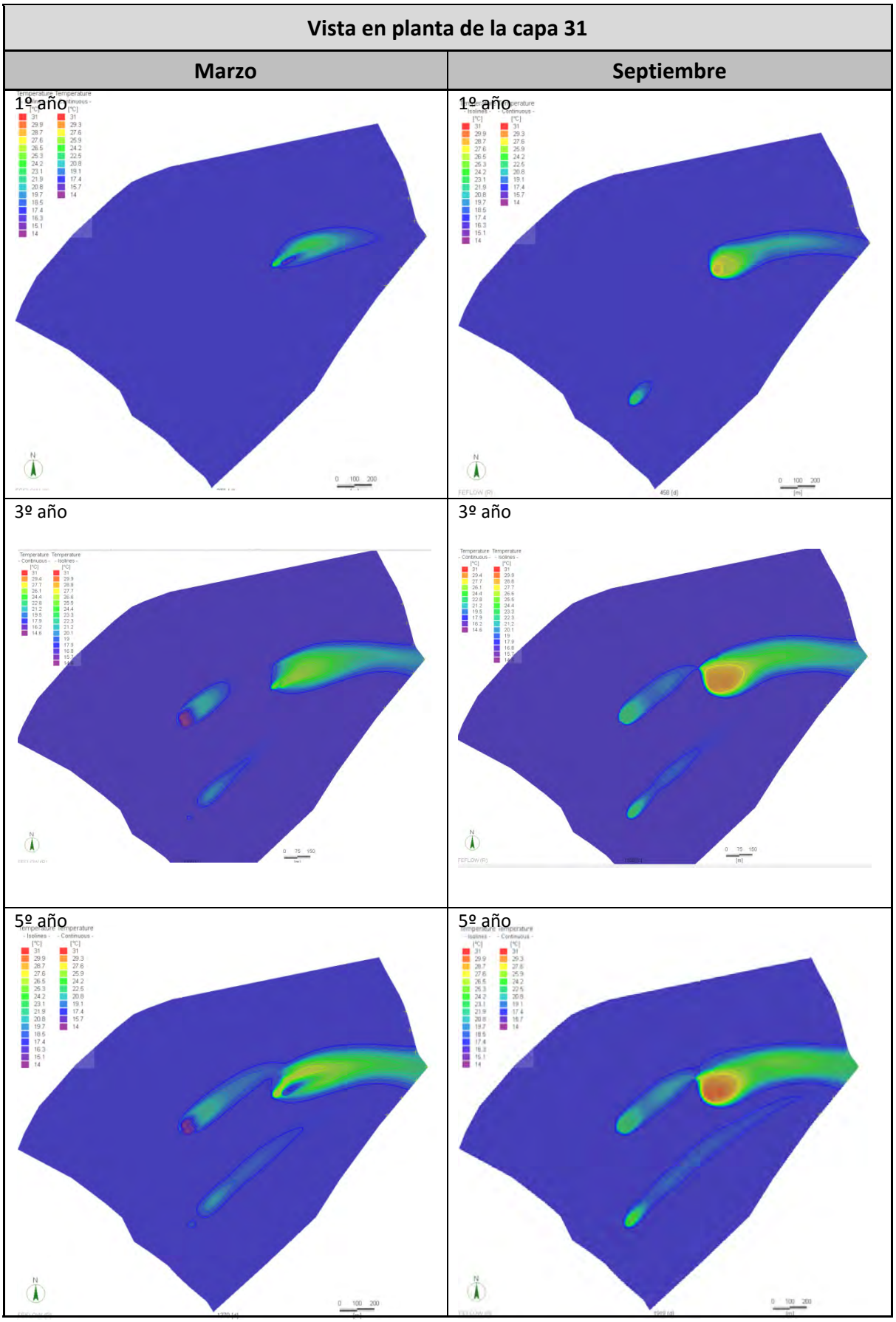



Figura 12.30. Vista en planta. Evolución de la temperatura a diferentes tiempos de simulación

### a) Hospital Clínico

El aprovechamiento del Hospital Clínico es el que inicia la explotación geotérmica. Durante el primer año es su pluma térmica la única que se observa. Ya en septiembre del primer año se produce autointerferencia térmica en su doblete de pozos. Esta autointerferencia térmica continúa a lo largo de los siguientes 4 años simulados. Inicialmente, en septiembre del primer año, la isoterma de 17,7°C tiene un alcance total de unos 600 m, y en marzo supera los 900 m, no se puede cuantificar la longitud total de la isoterma puesto que continúa aguas abajo fuera del dominio. En los años consecutivos vuelve a suceder lo mismo, por lo que no se puede cuantificar la longitud total de la pluma térmica tras cinco años simulados. Trasversalmente se puede observar cómo la pluma va aumentando paulatinamente hasta llegar a una anchura de aproximadamente 200 m tras cinco años de simulación de la explotación.

### b) Aragonia

De los tres aprovechamientos estudiados, el de Aragonia es el que comienza más tarde (enero de 2009). Se observa la pluma térmica que se genera en el tercer año, alcanzando la isoterma de 17,7°C una longitud de 375 m en el mes de marzo. Posteriormente la pluma desemboca en los pozos del aprovechamiento del Clínico, por lo tanto se produce interferencia térmica entre la explotación geotérmica de Aragonia y del Clínico. Como se puede observar se producen pulsos térmicos derivados de la variación estacional de temperaturas.

### c) Edificio Seminario

En el modelo elaborado, la explotación geotérmica del Edificio Seminario comienza un año más tarde que la del Hospital Clínico, por ello empieza a observarse su pluma en marzo del primer año. La longitud de la isoterma de 17,7°C va aumentando hasta llegar a los 1200m en septiembre del quinto año. En la pluma se ven los pulsos térmicos derivados de la inyección intermitente de frío y calor, puesto que se emplea para climatización y calefacción. Las temperaturas, conforme se produce un alejamiento del foco de inyección, se amortiguan. En comparación con los otros

aprovechamientos la pluma presenta menores temperaturas y por lo tanto también su "amortiguación".

## Resultados de la simulación de la explotación a 25 años

La segunda etapa de resultados examinados se corresponde con el estudio de los 25 años simulados y se realizó con objetivo de predecir el comportamiento y la evolución futura del acuífero tras 25 años de explotación continuada en condiciones similares a las actuales, así como la posible interferencia de las plumas de contaminación con los aprovechamientos geotérmicos estudiados. Para ello, asumiendo como aceptable el ajuste inicial del modelo en cuanto al comportamiento de las presiones, se prolongaron las series de caudal y temperatura para simular el flujo y el transporte de calor hasta 25 años tras el comienzo de la explotación. Las series de explotación de 25 años se realizaron prolongando por repetición sucesiva la serie de los dos últimos años de datos reales disponibles, tal y como se muestra a modo de ejemplo en la figura 12.31 para la temperatura en uno de los pozos de inyección del Clínico.

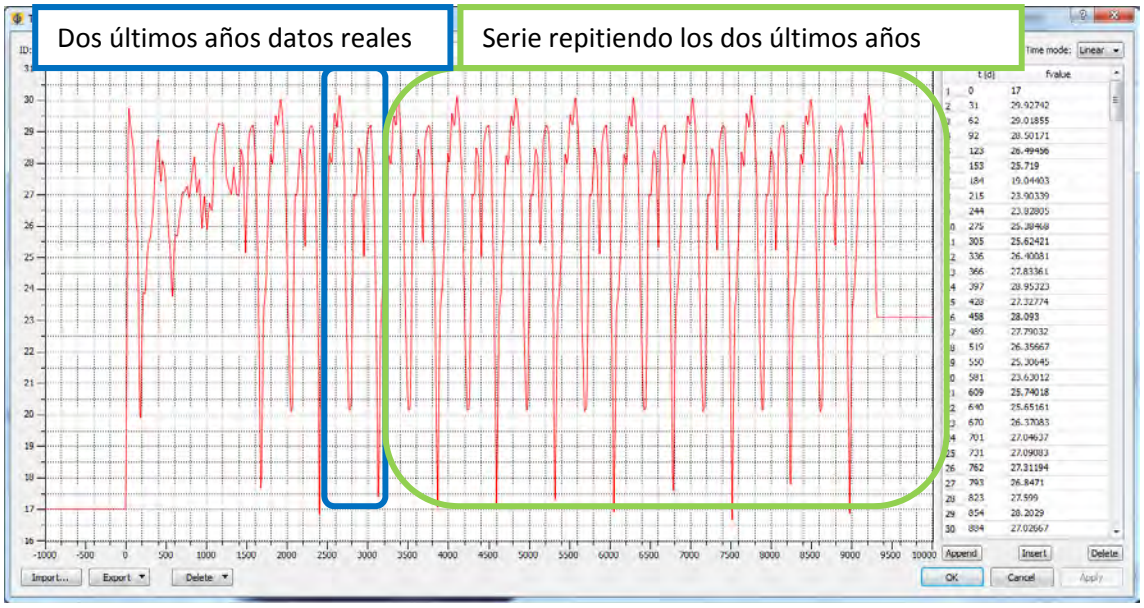



Figura 12.31. Ejemplo de serie temporal simulada de temperatura para 25 años

En el estudio de esta simulación se describen y analizan tres tipos de salidas requeridas al modelo: 1) representaciones gráficas de la evolución de la temperatura a lo largo de

los 25 años simulados en los diferentes puntos de referencia, 2) cortes transversales cuya traza coincide con cada uno de los aprovechamientos, y 3) vistas en planta de todo el modelo a diferentes pasos de tiempo.

### 1. Evolución de la temperatura en los puntos de referencia

Se muestra a continuación la evolución de la temperatura en los piezómetros P-2 Geológicas (Figura 12.32), P-7 Aragonia (Figura 12.33) y P-8 Seminario (Figura 12.34). Se observa que en el piezómetro de Geológicas (P-2) entre los años 5 y 25 de la simulación se produciría un incremento de temperatura de tan apenas 0,5°C con respecto a la máxima temperatura alcanzada en el transcurso de 0 a 5 años de explotación. En iguales condiciones, el piezómetro de Aragonia (P-7) debería registrar un incremento de 0,1°C después de 25. En el piezómetro Seminario (P-8) no se produce apenas incremento alguno de temperatura, quizás debido a la proximidad del límite del modelo (300 m) y a la influencia de las condiciones de contorno impuestas.

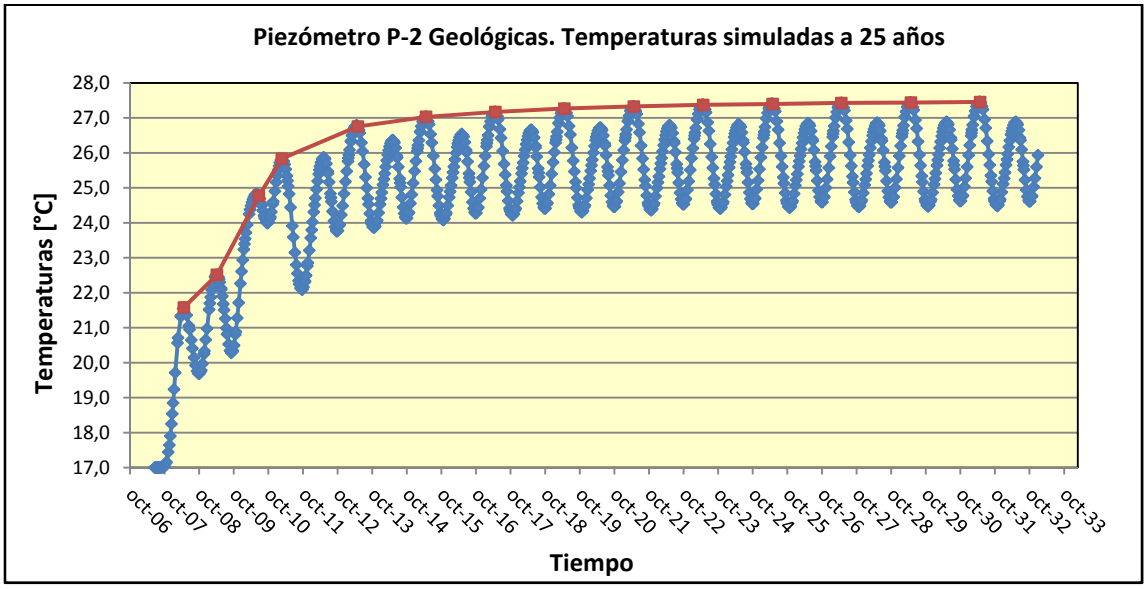



Figura 12.32. Predicción de temperaturas en el piezómetro de Geológicas durante 25 años. En rojo se han resaltados los máximos relativos de la serie

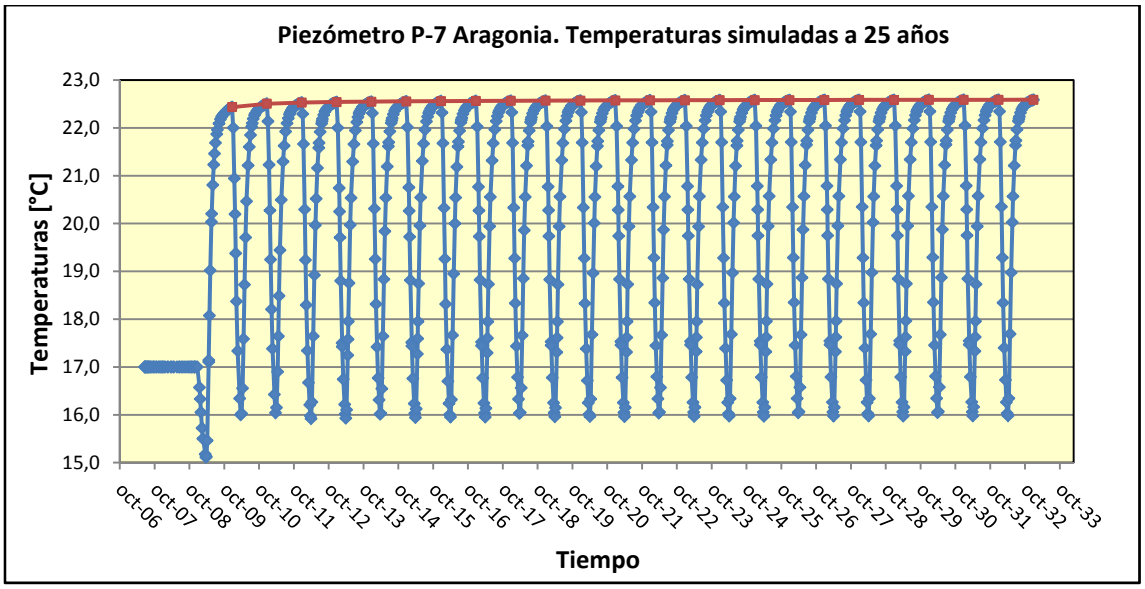



Figura 12.33. Predicción de temperaturas en el piezómetro Aragonia durante 25 años. En rojo se han resaltados los máximos relativos anuales de la serie

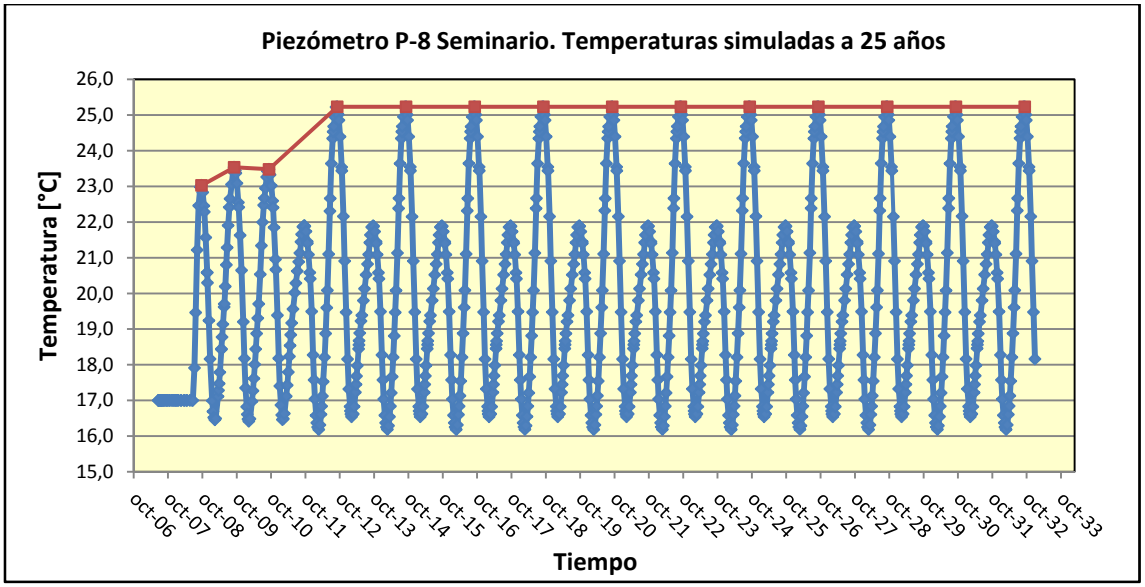



Figura 12.34. Predicción de temperaturas en el piezómetro Seminario durante 25 años. En rojo se han resaltados los máximos relativos de la serie.

## 2. Cortes transversales

Los cortes transversales que se muestran a continuación tienen la misma localización que los que se mostraban en la primera etapa de calibración (Figuras 12.22, 12.26 y 12.28), pero mostrando ahora su evolución a los, 10, 15, 20 y 25 años. De igual manera se muestran los resultados de la simulación para marzo y septiembre de cada periodo.

### a) Hospital Clínico

Se han realizado igualmente dos perfiles transversales. El primero de ellos (Perfil I, Figura 12.22) se realizó en dirección del flujo y muestra los dos pozos de inyección de este aprovechamiento. El segundo (Perfil II, Figura 12.22) muestra el pozo con mayor caudal de captación y uno de los pozos de inyección siendo transversal al flujo.

Para el Perfil I se observa en la Figura 12.35 que, en el 10º año de simulación y en adelante, las plumas térmicas generadas ya afectan a la superficie del terreno como al terciario. En las imágenes del 5º y de 10º año si se presta atención a la forma de la pluma térmica, se observa que es más afilada en el extremo aguas abajo que en los años consecutivos. Esto se debe a la relación convección-conducción, junto con el efecto de la dispersión y al aumento de temperatura en la inyección en la segunda unidad hidro-estratigráfica. Al continuar la temperatura en la inyección durante largos periodos de tiempo, debido al efecto de conducción, se llega un punto donde el calor acumulado en la matriz del suelo eleva más la temperatura en las proximidades de la inyección. Por este motivo las plumas pasan de una forma donde predominan la convección y la dispersión, como la que se observa tras cinco años de simulación, a una forma más "redondeada" como se observa tras 25 años simulados.

Longitudinalmente la pluma térmica no crece al mismo ritmo que durante los 5 primeros años, también debido a la "amortiguación" del calor en el terreno por la conducción. En esta situación la temperatura junto al pozo de inyección crece, llegando a calentar el terreno y por tanto también a aumentar la temperatura en la captación, produciéndose autointerferencia térmica, como se puede observar en las diferentes imágenes del Perfil II (Figura 12.36). En este perfil la dirección del flujo es perpendicular y de sentido entrante en las imágenes. Se observa el pozo de captación (pozo nº 5) a la izquierda en las imágenes y el pozo de inyección (inyección 3) en el centro de las imágenes. En las imágenes correspondientes a septiembre se advierte cómo la autointerferencia térmica que se observaba en la primera etapa crece, aumentando cada vez más las temperaturas que llegan al pozo de captación. En principio al captar a una mayor temperatura, si se desea mantener el rendimiento de la bomba de calor se debe mantener el mismo salto térmico, lo que conlleva

incrementar las temperaturas de devolución. Si esto persiste, la temperatura de captación volverá a aumentar, retroalimentándose el proceso nuevamente.

En las imágenes correspondientes a marzo se puede observar cómo al disminuir la temperatura de la inyección la pluma térmica en la segunda unidad hidro-estratigráfica es rápidamente arrastrada por el flujo, pero sin embargo en la primera y tercera unidad hidro-estratigráficas se retiene el calor inyectado en los periodos de verano por efecto de la conducción a través de la matriz del suelo.

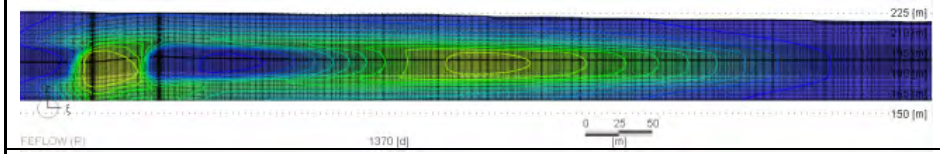
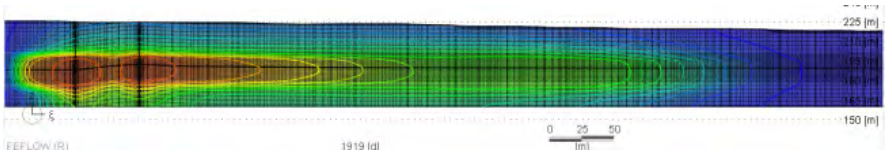
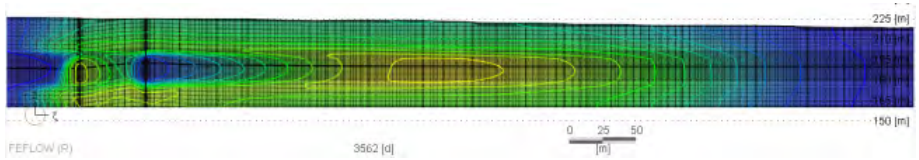
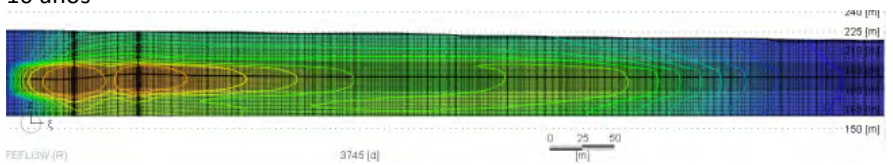
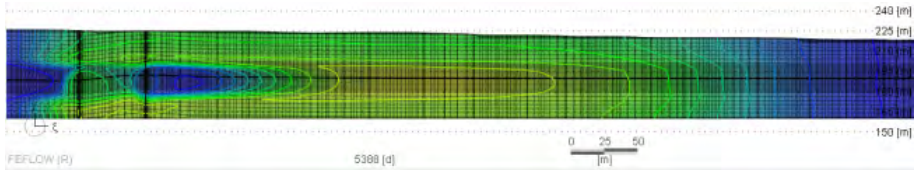
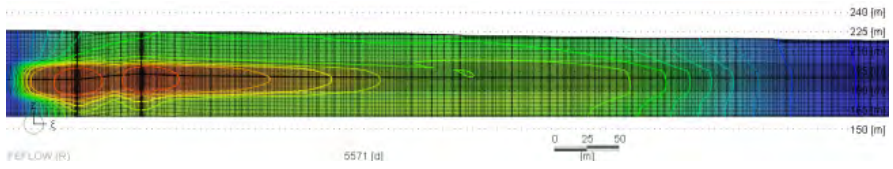
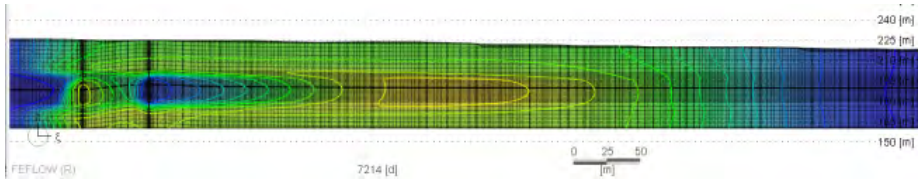
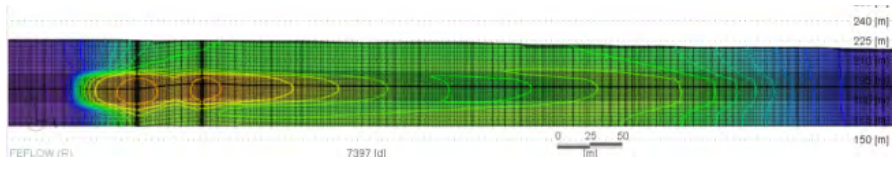
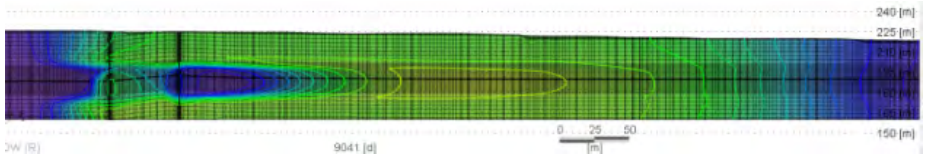
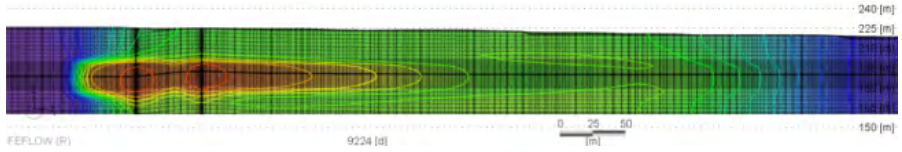
| Hospital Clínico. Perfil I (inyección) | |
|---|---|
| **Marzo** | **Septiembre** |
| 5 años | 5 años |
|  |  |
| 10 años | 10 años |
|  |  |
| 15 años | 15 años |
|  |  |
| 20 años | 20 años |
|  |  |
| 25 años | 25 años |
|  |  |

Figura 12.35. Imágenes del corte transversal del Perfil I de la Figura 12.22 a diferentes tiempos de simulación. Escala de temperaturas en Figura 12.23

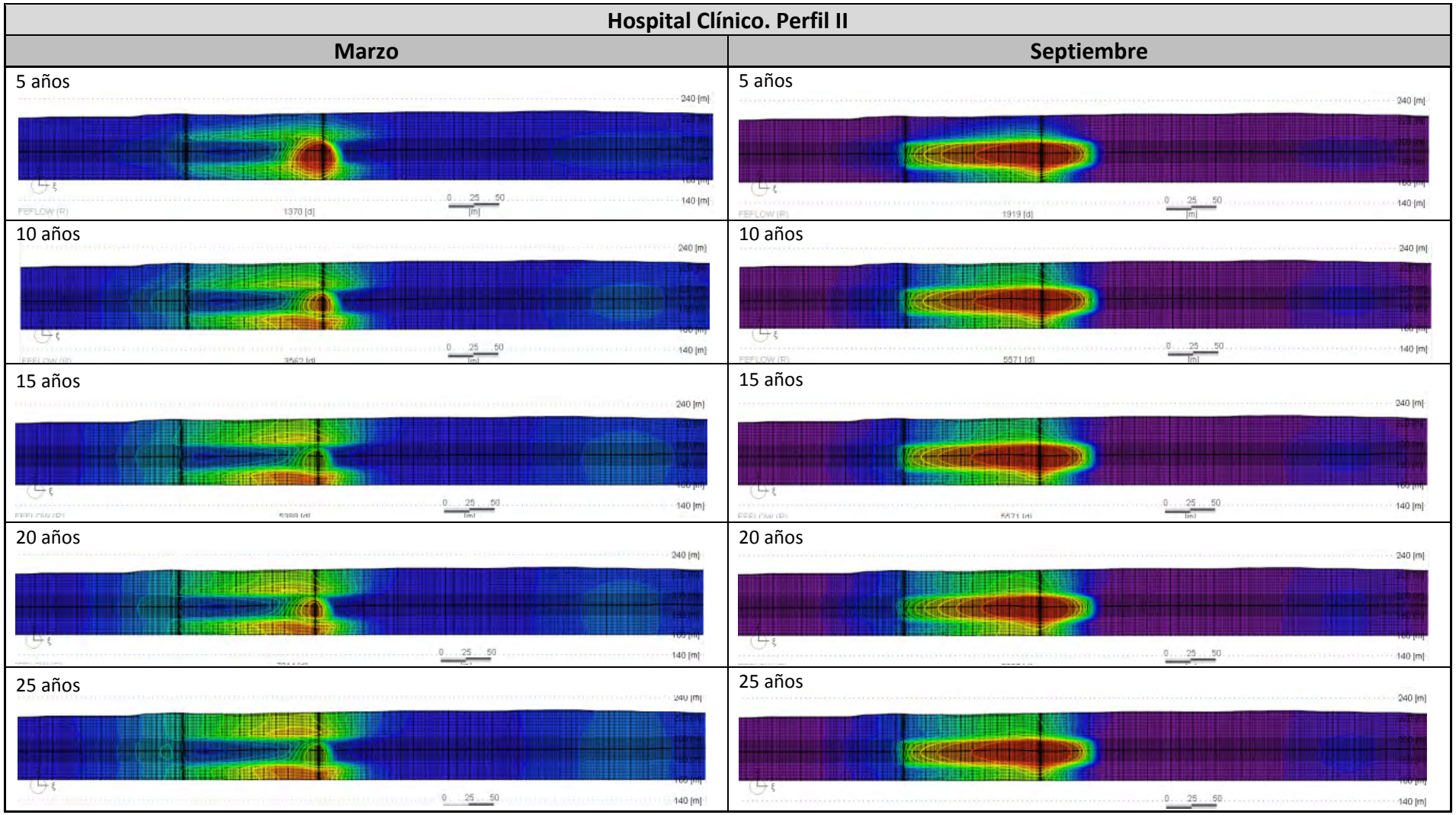



Figura 12.36. Imágenes del corte transversal del Perfil II de la Figura 12.22 a diferentes tiempos de simulación. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.23

### b) Aragonia

Los cortes transversales mostrados para el aprovechamiento geotérmico Aragonia constan de un pozo de captación situado a la izquierda de la imagen y un pozo de inyección a la derecha de éste siguiendo la traza del perfil señalado en la Figura 12.26.

En las imágenes de la Figura 12.37 correspondientes al mes de septiembre se observa cómo se intercalan los pulsos térmicos de mayor temperatura generados durante las inyecciones de la climatización de verano con los pulsos de temperatura inferior generados durante por la inyección de agua fría de procesos de calefacción en invierno. El frente aguas arriba incrementa ligeramente la temperatura en el mes de marzo a lo largo de los 25 años. Aguas abajo la extensión de la pluma en el mes de marzo apenas crece transcurridos 25 años de simulación.

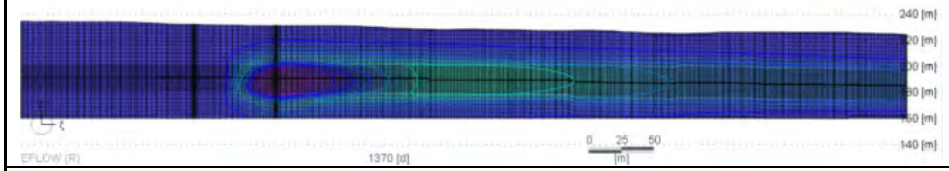
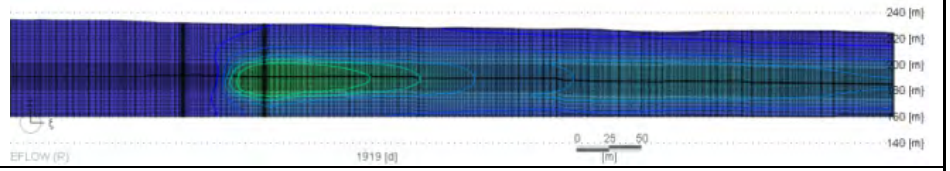
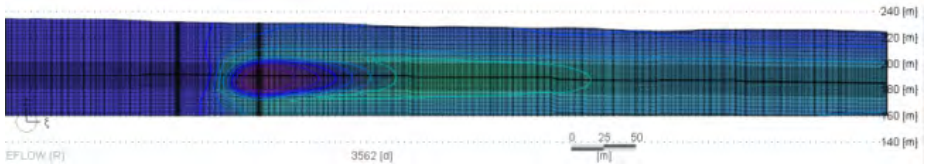
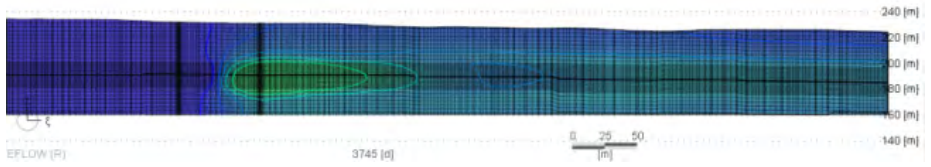
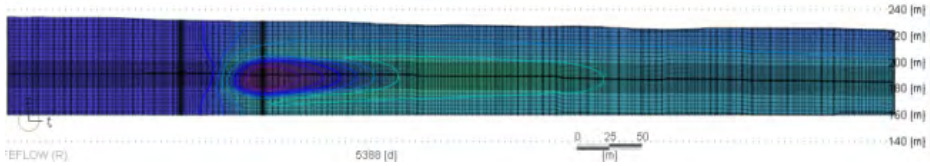
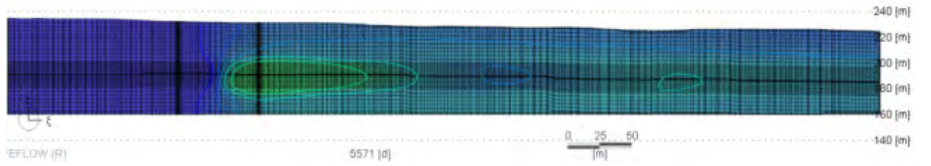
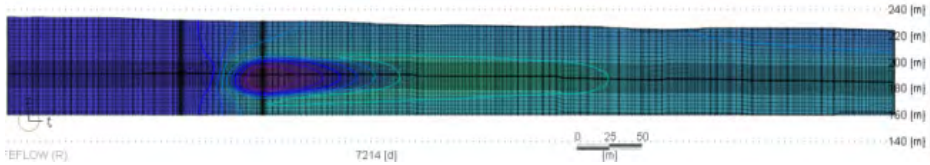
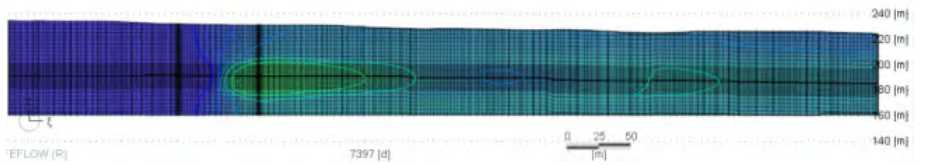
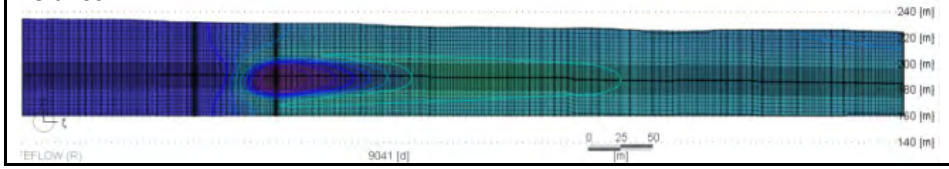
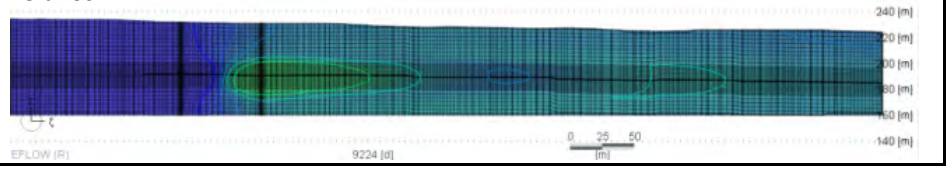
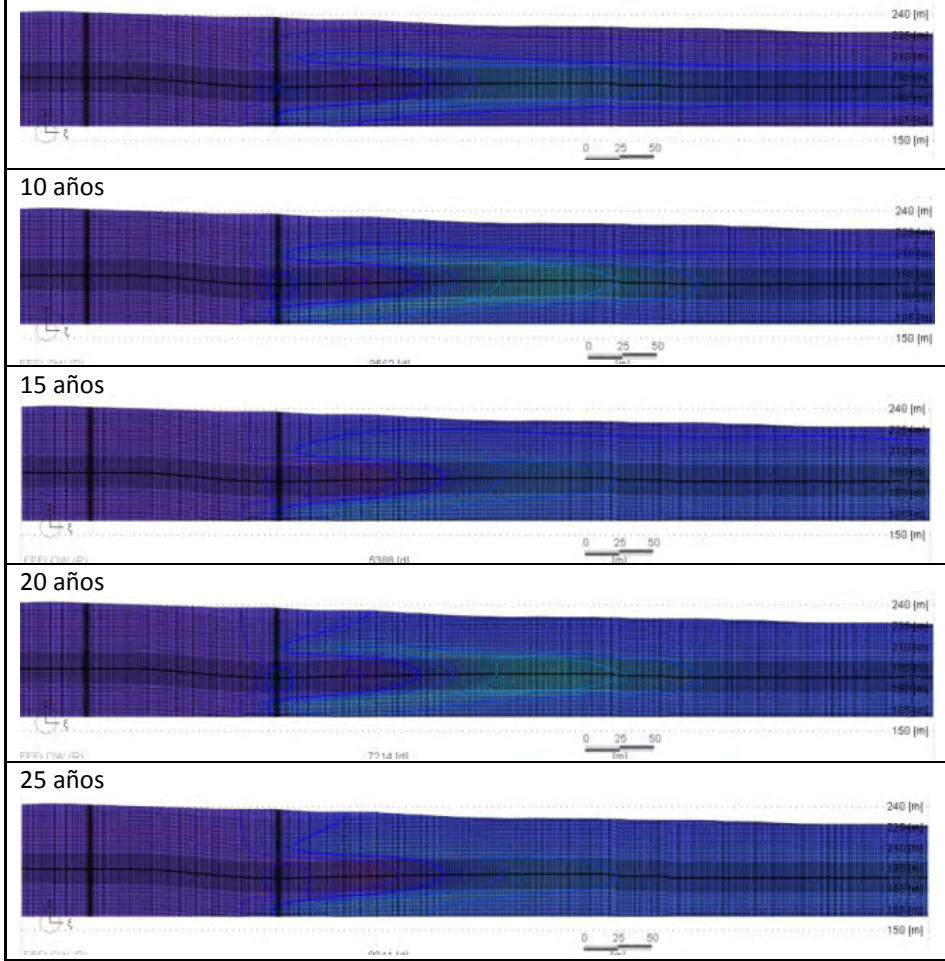
| Perfiles de captación-inyección del Edif. Aragonia | |
|---|---|
| **Marzo** | **Septiembre** |
| 5 años | 5 años |
|  |  |
| 10 años | 10 años |
|  |  |
| 15 años | 15 años |
|  |  |
| 20 años | 20 años |
|  |  |
| 25 años | 25 años |
|  |  |

Figura 12.37. Imágenes del perfil transversal de Aragonia (Figura 12.26) a diferentes tiempos de simulación. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.23

### c) Edificio Antiguo Seminario

La explotación geotérmica del aprovechamiento del Edificio Seminario es la que mejor comportamiento presenta a largo plazo, según se concluye de la simulación a 25 años (Figura 12.38). Puede deducirse por los pulsos térmicos que se observan en las imágenes, que el uso calefacción-climatización hace que se generen plumas térmicas de bajas y altas temperaturas según la estación del año. Al ser un proceso geotérmico reversible, la matriz del suelo no parece tan afectada por el calentamiento, ya que las altas temperaturas inyectadas durante del verano se ven contrarrestadas durante el invierno y viceversa. Esto explica por qué la isoterma de 17,7°C define una pluma térmica que ocupa toda la vertical del acuífero continuando aguas abajo, toda vez que la isoterma de 20,8°C permanece en el interior de la segunda unidad hidro-estratigráfica durante los 25 años simulados, sin llegar a acceder a las unidades adyacentes. No obstante, se produce un calentamiento del acuífero, pero de muy inferior magnitud que el observado en los otros dos aprovechamientos estudiados.

| Perfiles de captación-inyección del Edif. Antiguo Seminario | |
|---|---|
| **Marzo** | **Septiembre** |
| 5 años | 5 años |
| 10 años | 10 años |
| 15 años | 15 años |
| 20 años | 20 años |
| 25 años | 25 años |



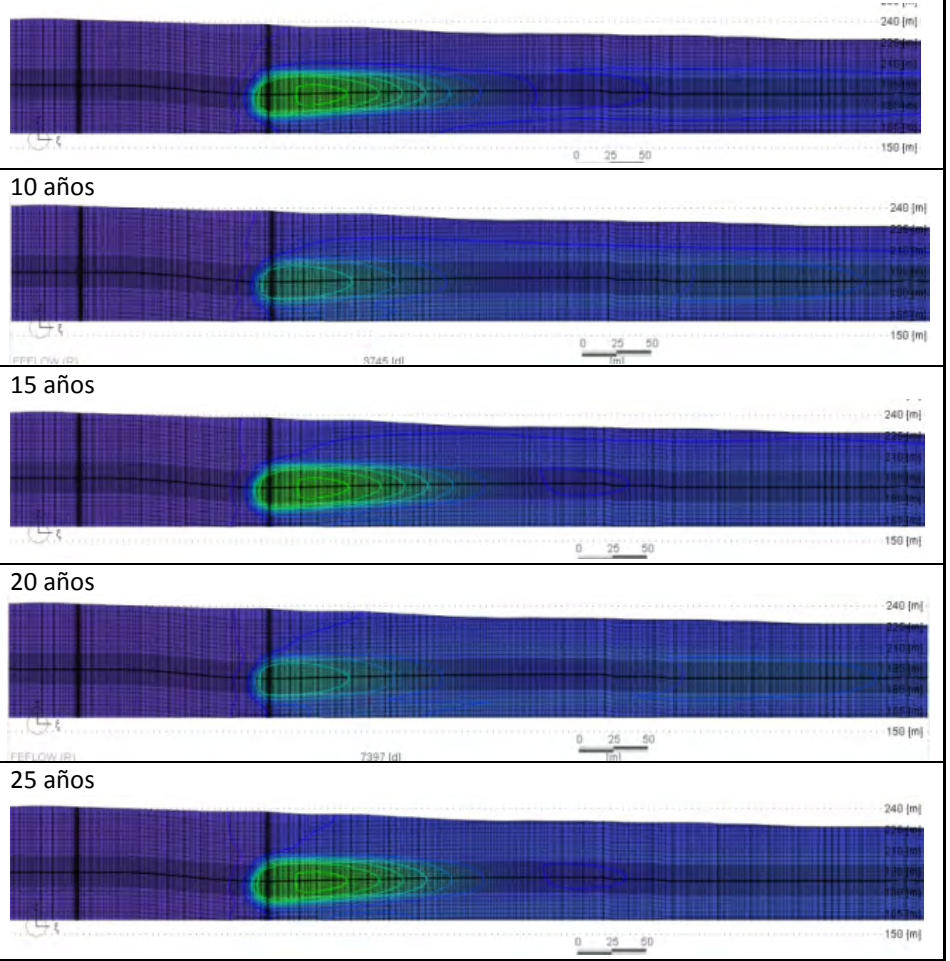
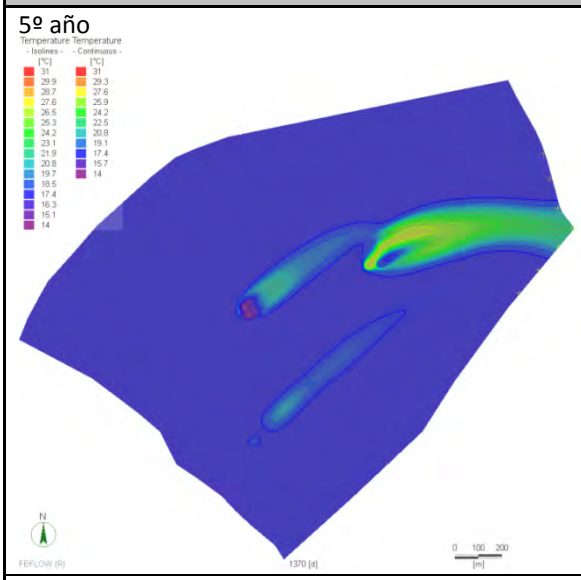
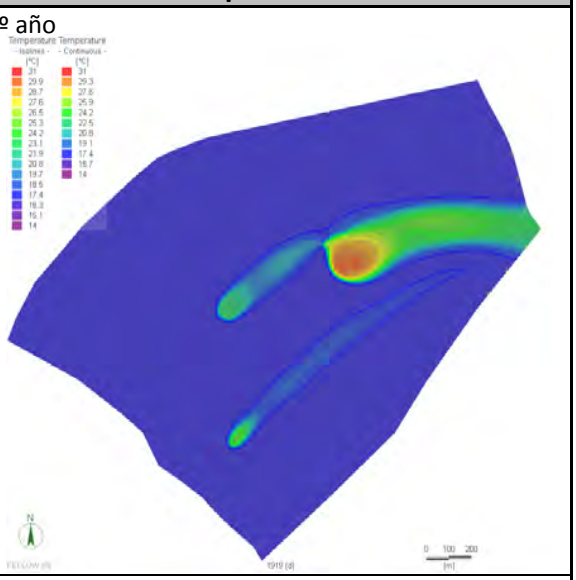
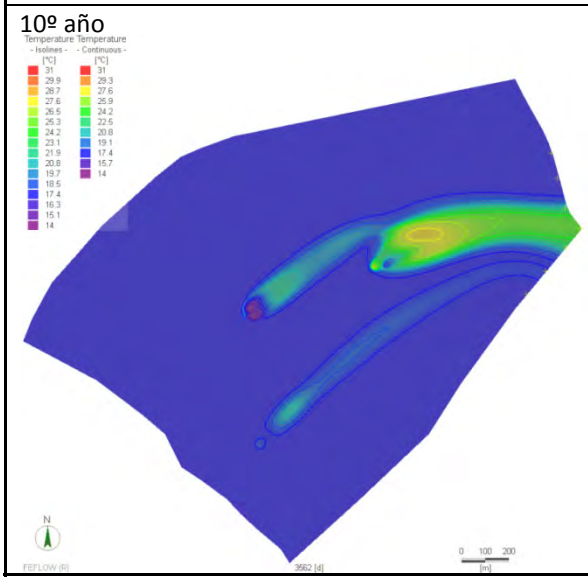
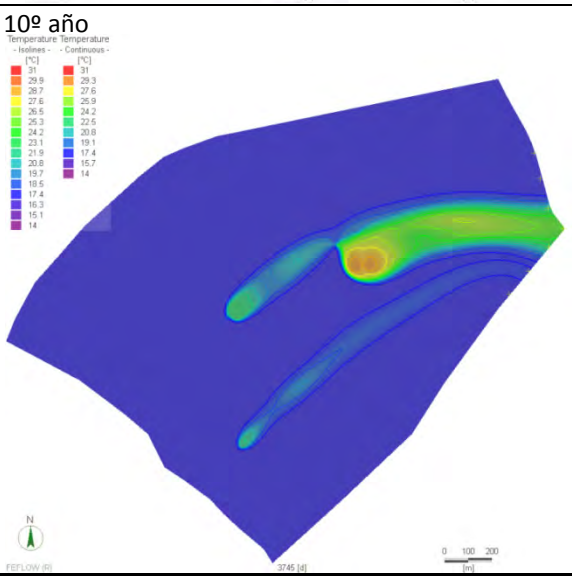




Figura 12.38. Imágenes del corte transversal del Edificio Seminario (Figura 12.28) a diferentes tiempos de simulación. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.23

### 3. Vistas en planta

De las diferentes imágenes generadas en la simulación a 25 años de la vista en planta del dominio del modelo (Figura 12.39) se concluye que las temperaturas en el interior de la pluma crecen y, por lo tanto, los pulsos derivados de estás también. Inicialmente, en sentido longitudinal, conforme se produce un alejamiento del foco térmico la temperatura se va amortiguando, pero debido a los periodos con inyección de alta temperatura en el foco, los pulsos derivados presentan una temperatura más alta, afectando a una parte del dominio de cada vez mayor longitud.

| **Vista en planta de la capa 31** | |
|---|---|
| **Marzo** | **Septiembre** |
| 5º año  | 5º año  |
| 10º año  | 10º año  |

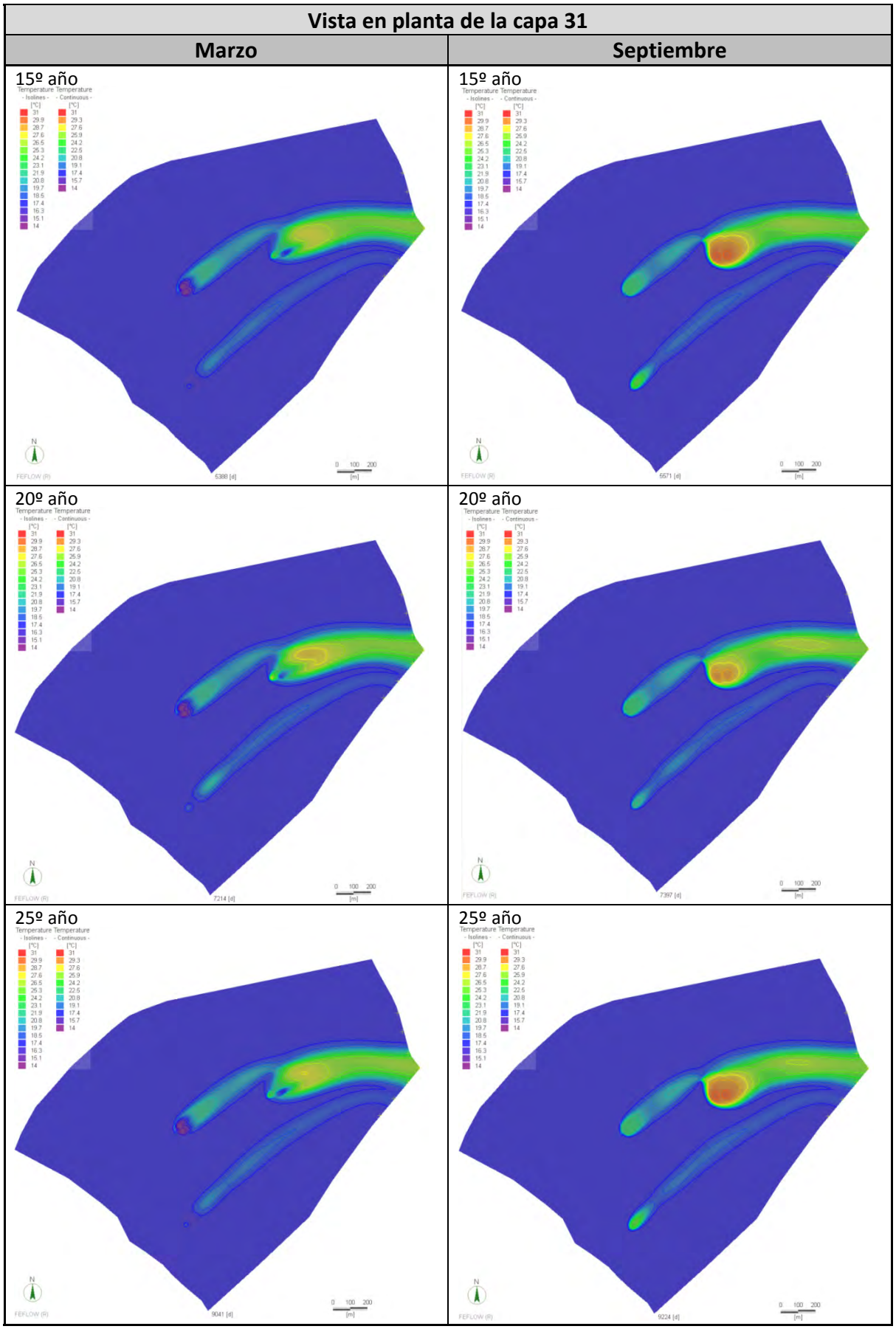



Figura 12.39. Vista en planta. Simulación de la temperatura a diferentes periodos de tiempo

Otra de las conclusiones que puede observarse es la coalescencia de la pluma generada por Aragonia con la del Hospital Clínico y la contaminación del pozo de captación de este último por alcance de la pluma térmica del primero. No obstante parece ser que el efecto de autointerferencia del doblete de pozos del Hospital contribuye decisivamente en la elevación térmica de la captación, superando a la temperatura que llega de la pluma de Aragonia.

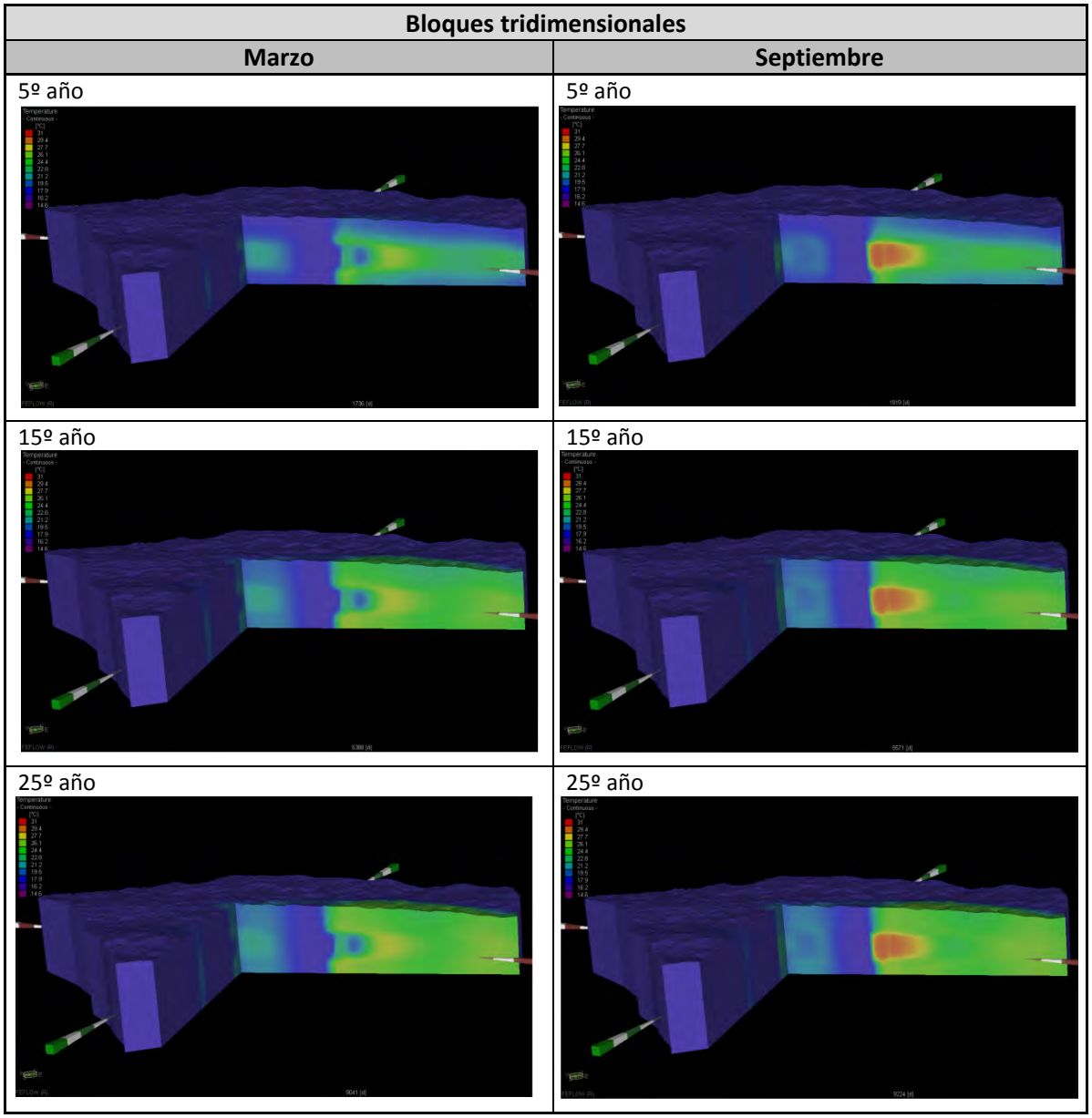



Figura 12.40. Imágenes 3D con cortes perpendiculares donde se observan las temperaturas del modelo en dos cortes perpendiculares que atraviesan los tres aprovechamientos geotérmicos estudiados

Aunando los resultados de los cortes transversales con las vistas en planta, se entiende que uno de los resultados más controvertidos es conocer el grado de afección y la

evolución de la temperatura en la zona vadosa y en el terciario. Por ello se extraen del modelo unas imágenes en 3 dimensiones con 2 cortes perpendiculares (Figura 12.40), que facilitan la comprensión del proceso y la observación de la evolución del transporte de calor en el acuífero. Resulta concluyente por tanto que existe una transferencia de calor hacia estas unidades, con un incremento térmico al final del periodo de simulación que puede ser importante, que incluso alcanza la superficie del terreno tal y como se observa en las imágenes extraídas del modelo transcurridos 25 años de simulación (Figura 12.41).

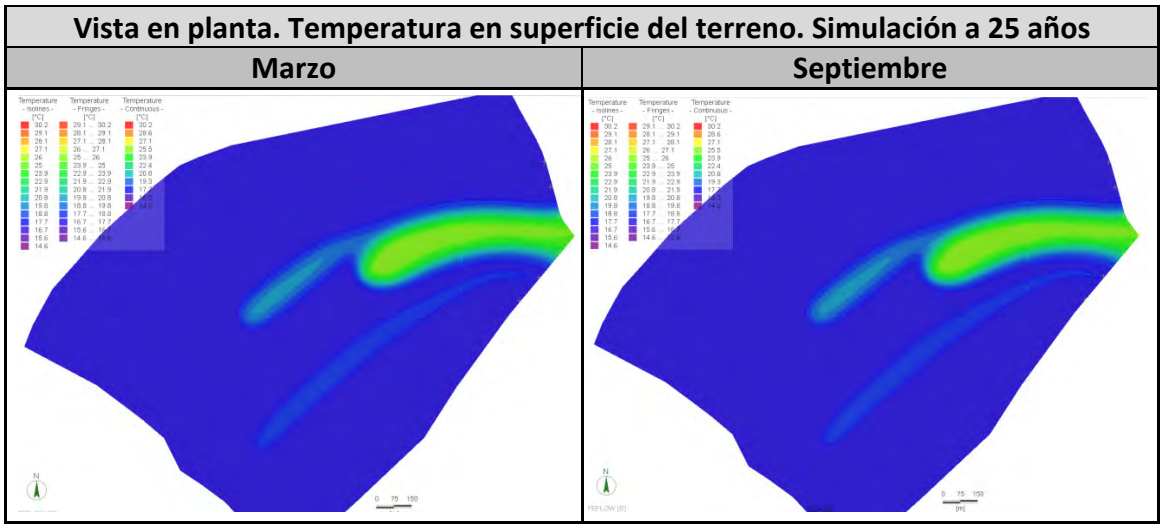



Figura 12.41. Vista en planta. Simulación de temperatura en superficie del terreno transcurridos 25 años

Hay que tener en cuenta que esta simulación no está exenta de una alta dosis de incertidumbre, principalmente porque en el modelo no se han tenido en cuenta múltiples variables que pueden afectar el resultado final, tales como:

- El valor de la recarga superficial de las precipitaciones, retorno de riegos y pérdidas de las redes de distribución fundamentalmente.
- La temperatura del suelo y de la zona no saturada del acuífero de la que no se dispone de ningún tipo de información en este ejemplo.
- La influencia que las avenidas del río Ebro pueden ejercer tanto en la modificación del flujo, cambio en las presiones como en el régimen térmico del acuífero.

Considerando como mínimo estas variables, muy posiblemente las temperaturas en superficie deberían ser notablemente inferiores a las mostradas por el modelo, aunque

para confirmar este extremo se deberían realizar nuevas simulaciones con nueva información adquirida en el entorno del área modelizada.

## Análisis de sensibilidad

Una vez finalizada la simulación del modelo con datos reales y bajo las condiciones y parámetros que mejor ajustan a la realidad observada, se procede a un análisis de sensibilidad del modelo estudiando individualmente los efectos que se generan en la simulación como resultado de la modificación de variables del sistema y condiciones de contorno:

1) Incremento de 5°C en las temperaturas máximas de reinyección.
2) Disminución del gradiente hidráulico en aproximadamente un 50%.
3) Incremento diez veces el valor de la dispersividad longitudinal y transversal del transporte de calor.

Los resultados mejoran el conocimiento obtenido acerca de la posible influencia de cada aspecto en las conclusiones finales del modelo numérico desarrollado.

### 1. Incremento de las temperaturas máximas de inyección

Este estudio se realizó con objetivo de analizar el comportamiento del sistema en el supuesto de que se aumentasen las temperaturas máximas de inyección, para dar respuesta a una demanda más exigente de climatización. Para ello se incrementan en 5°C los valores reales de las temperaturas de inyección que están por encima de 20°C.

Análogamente a cómo se han mostrado los resultados en el apartado anterior se procede en dos etapas. La primera corresponde a la de calibración del modelo, comparando los datos medidos en los piezómetros con los datos de la simulación, y la segunda etapa es una extrapolación de la simulación a 25 años.

#### a) Calibración de la simulación

En esta primera etapa, se analizan inicialmente tres salidas requeridas al modelo: cortes transversales en cada uno de los aprovechamientos, vistas en planta de todo el

modelo y representaciones gráficas de evolución, tanto de piezometría como de temperatura, comparando las series simuladas en los puntos de referencia y los datos reales medidos en esos mismos puntos de referencia. No obstante, como resumen de resultados, se exponen solamente la evolución del piezómetro Aragonia y los cortes transversales del Hospital Clínico.

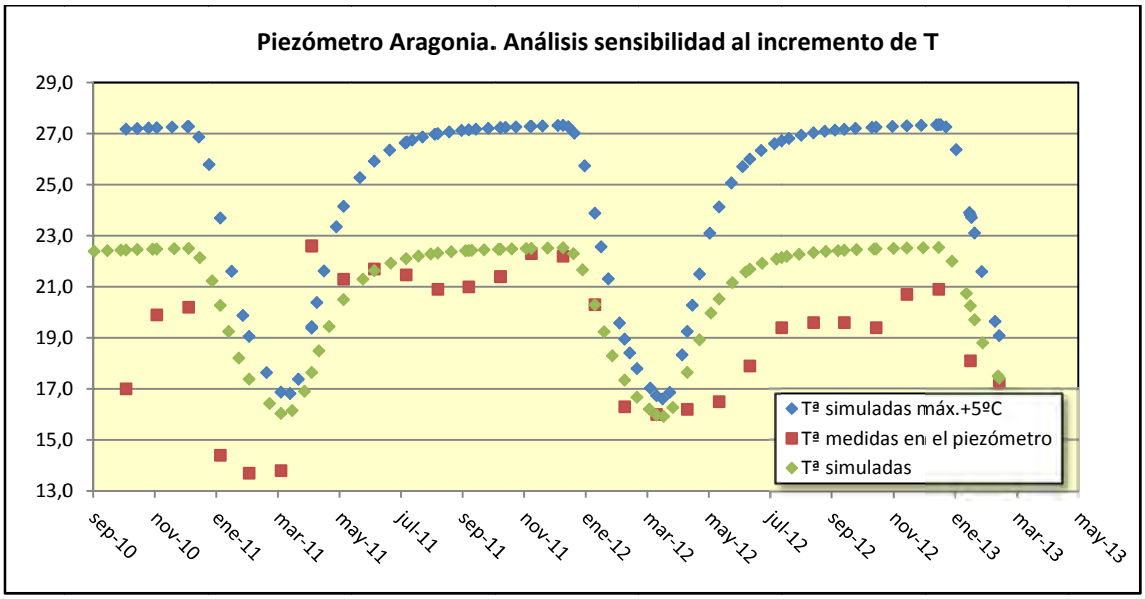



Figura 12.42. Comparación entre temperaturas (°C) medidas, de resultado de simulación y de simulación con incremento de 5°C en el piezómetro P-7: Aragonia

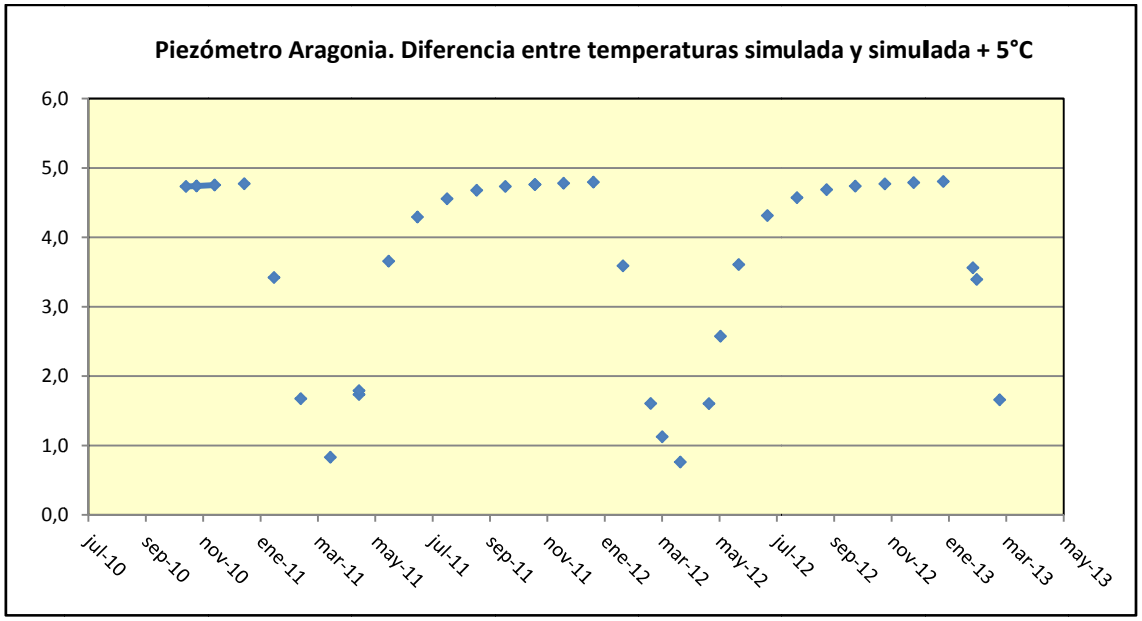



Figura 12.43. Diferencia entre temperaturas simulada y simulada incrementando los máximos de temperatura 5°C en el piezómetro P-7: Aragonia

En el piezómetro Aragonia se verifica un buen ajuste entre las temperaturas medidas y simuladas, tal y como se deduce de la Figura 12.42. Observando, las temperaturas simuladas con el incremento de temperatura de 5°C, y la amplitud térmica o diferencia entre las dos temperaturas simuladas (Figura 12.43), se concluye que:

- En los máximos relativos se produce el incremento impuesto de 5°C.
- Aunque en los mínimos de temperaturas simuladas no se impuso un incremento de temperatura éste se produce debido a la influencia que la inyección tiene sobre la captación, y ésta sobre la reinyección de nuevo.
- La diferencia de temperaturas presenta una amplitud térmica resultante de entre 0,7°C y 5°C.

En cuanto a los perfiles transversales que atraviesan los pozos del Hospital Clínico, en la Figura 12.45 se muestran resultados de la simulación previa (nominal) y la realizada en este análisis de sensibilidad incrementando la temperatura en los pozos de inyección en 5 grados. La comparación que puede hacerse en los dos aprovechamientos restantes incluidos en el modelo ofrece resultados similares a los aquí mostrados. El comportamiento térmico en los pozos de inyección en el caso de la simulación incrementando las temperaturas máximas es análogo al de la simulación nominal o previa, pero con temperaturas más elevadas como resultado de la nueva imposición térmica.

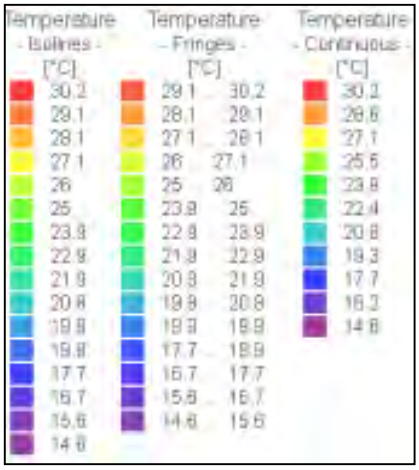



Figura 12.44. Escala gráfica de temperaturas para los cortes transversales del análisis de sensibilidad.

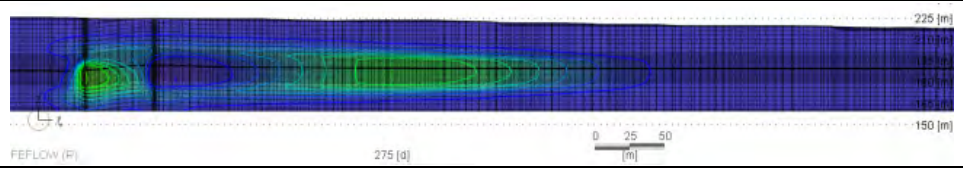
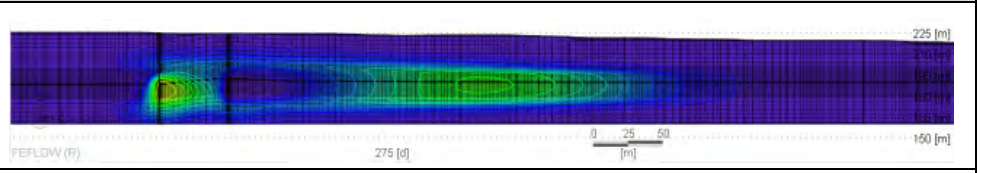
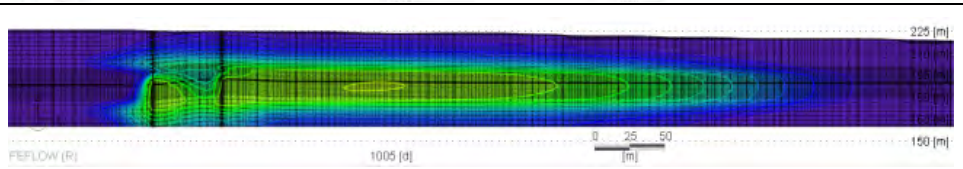
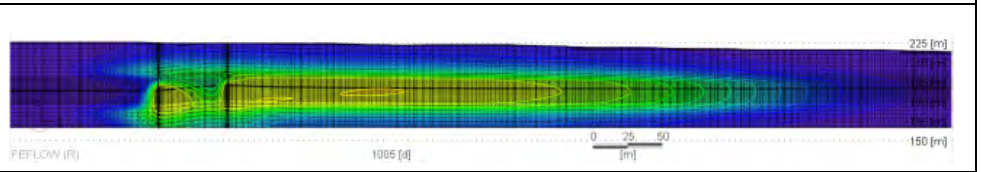
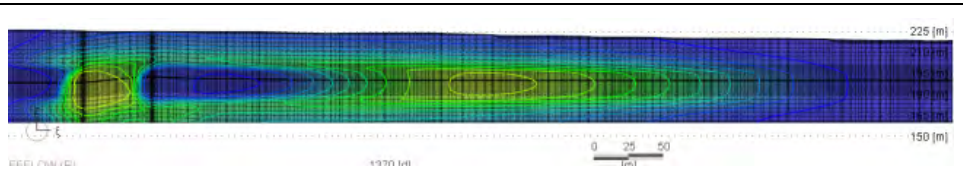
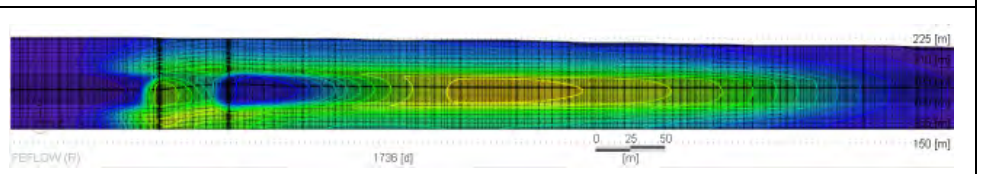
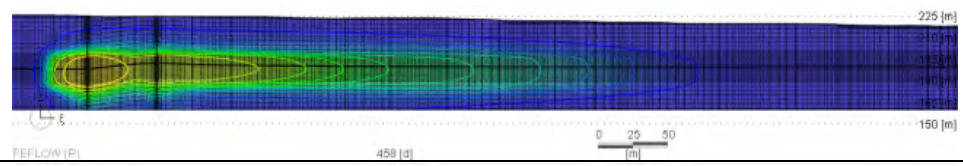
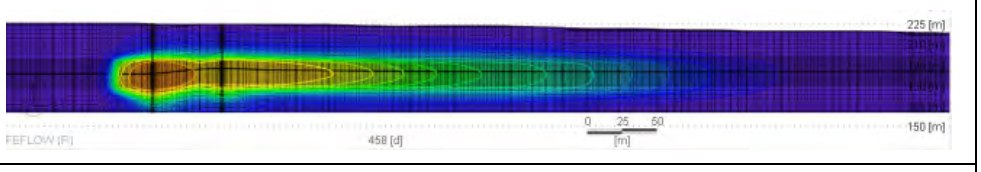
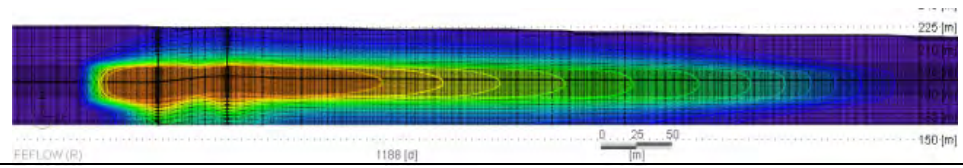
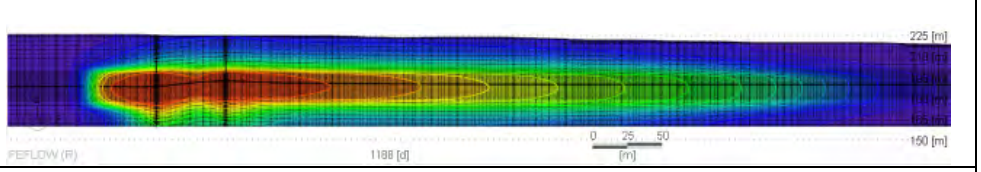
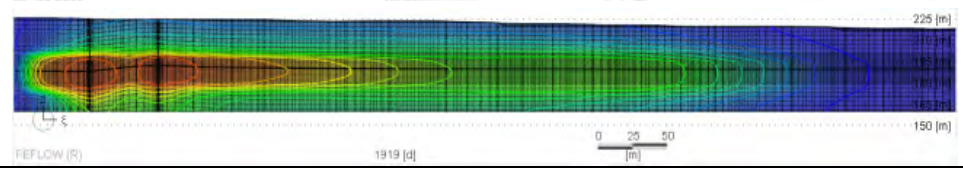
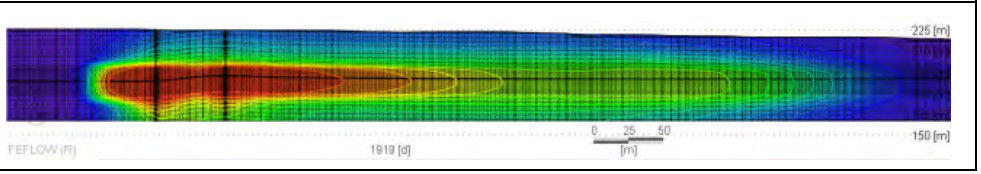
| | **Marzo. Simulación nominal** | **Marzo. Simulación con incremento T máximas en 5°C** |
|---|---|---|
| 1º año |  |  |
| 3º año |  |  |
| 5º año |  |  |
| | **Septiembre. Simulación nominal** | **Septiembre. Simulación con incremento T máximas en 5°C** |
| 1º año |  |  |
| 3º año |  |  |
| 5º año |  |  |

Figura 12.45. Imágenes del corte transversal del Perfil II de la Figura 12.22 a diferentes tiempos de simulación, comparando la temperatura de calibración del modelo con la simulada incrementando en 5°C las temperaturas máximas de inyección. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.44

### b) Simulación de la explotación a 25 años

Por ser la profundidad en la que coinciden la mayoría de las captaciones e inyecciones de los tres sistemas, se analiza la vista en planta de la distribución térmica en la capa 31 transcurridos 25 años de simulación, tanto en marzo como en septiembre. Asimismo se exponen las imágenes en planta de la evolución de la temperatura en la superficie del terreno para el mes de septiembre.

Como se puede observar en la Figura 12.46, la distribución térmica entre las dos simulaciones es similar, si bien las temperaturas alcanzadas en la simulación incrementando las temperaturas 5°C son lógicamente superiores, tanto en marzo como en septiembre.

La distribución de temperaturas en la superficie del terreno (capa 0) muestran cómo se podrían llegar a alcanzar 35°C en la superficie del terreno encima de los pozos de inyección del Clínico; si bien se ha de tener en cuenta que en esta simulación numérica no se han considerado varios factores que intervienen en la disipación térmica de la temperatura de la superficie del terreno, como por ejemplo:

- La situación climática de la zona: temperatura de la atmosfera, radiación solar, magnitud y dirección del viento, precipitaciones.
- La recarga de las precipitaciones.
- La influencia de las avenidas del río en la temperatura del agua subterránea.

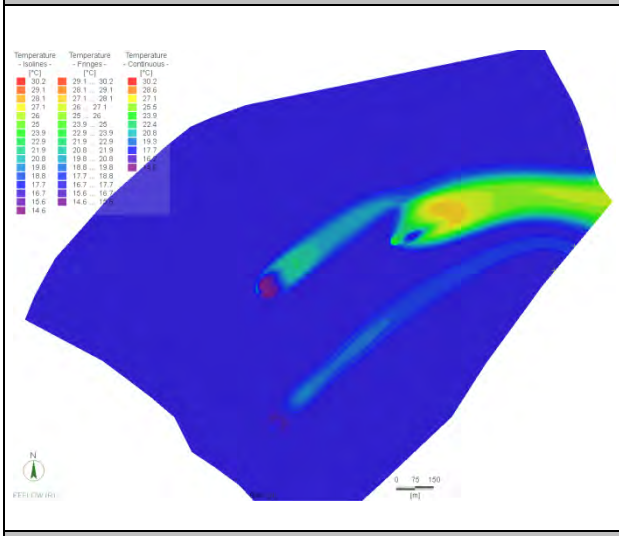
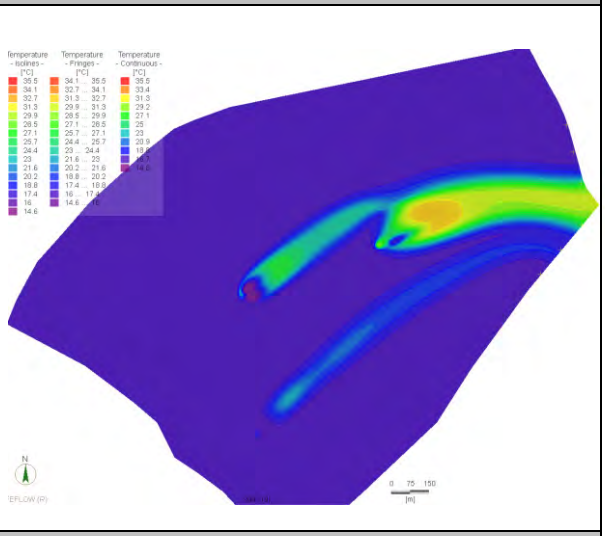
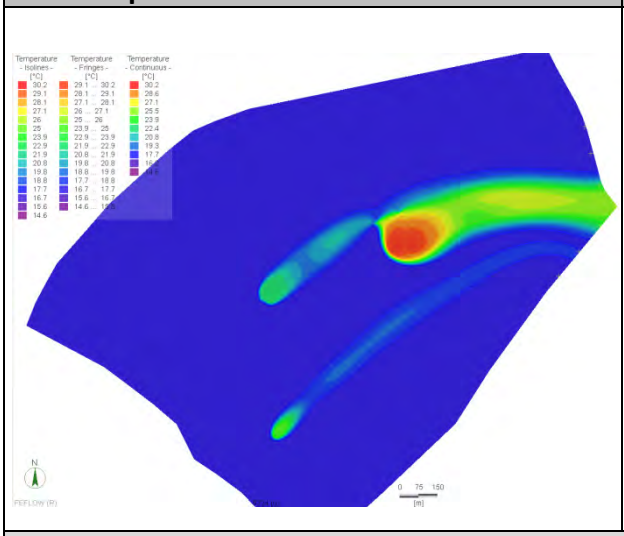
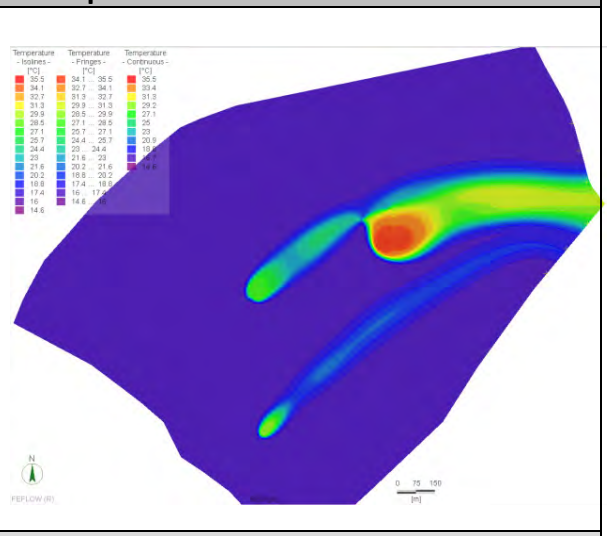
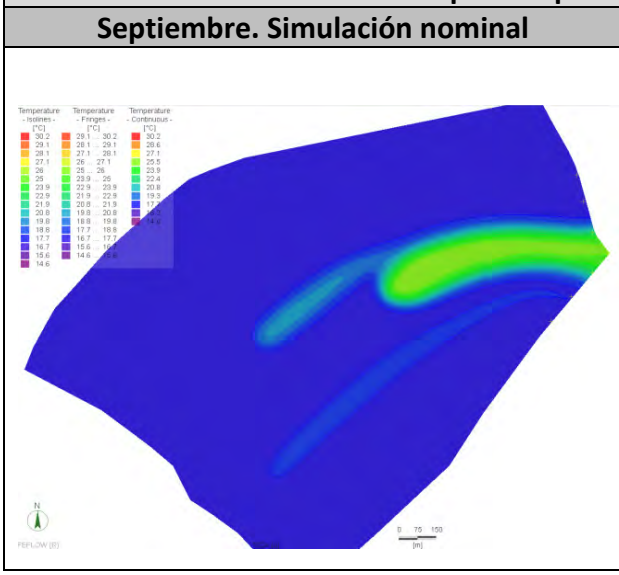
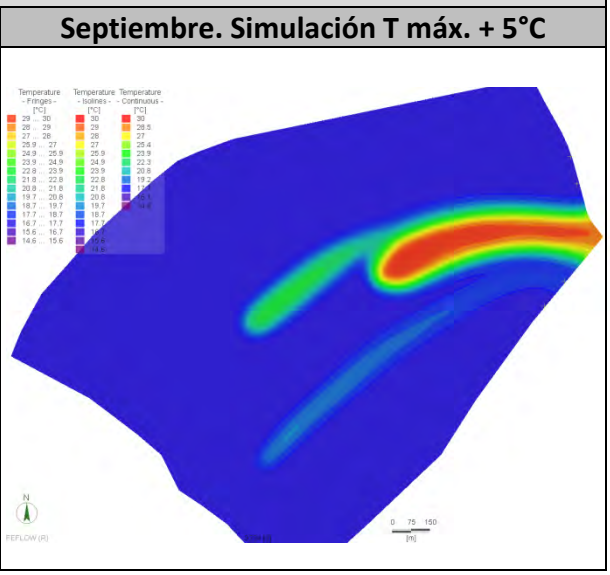
| Vista en planta capa 31. Simulación a 25 años | |
|---|---|
| **Marzo. Simulación nominal** | **Marzo. Simulación T máx. + 5°C** |
|  |  |
| **Septiembre. Simulación nominal** | **Septiembre. Simulación T máx. + 5°C** |
|  |  |
| **Capa 0. Superficie del Terreno** | |
| **Septiembre. Simulación nominal** | **Septiembre. Simulación T máx. + 5°C** |
|  |  |

Figura 12.46. Análisis de sensibilidad para variación de temperatura al cabo de 25 años. Capa 31 y capa 0

### 2. Disminución de la altura piezométrica

Este análisis de sensibilidad se realiza con el objetivo de estudiar el comportamiento del sistema en el supuesto de que el gradiente hidráulico existente en el área del modelo fuese inferior al considerado inicialmente, que viene motivado por la incertidumbre existente en las condiciones de contorno impuestas. Para ello se perturbaron las condiciones de altura piezométrica impuestas al modelo, de manera que en la condición de contorno aguas arriba se modifica desde 202 m a 200 m s.n.m., y en la condición de contorno aguas abajo se impone 194 m s.n.m. en lugar de los 189 m iniciales. Así, de una diferencia de presiones inicial de 13 m, se impone una nueva diferencia en la altura piezométrica de 6 m, pasando por tanto de un gradiente hidráulico del 6,6‰ al 3,0‰. Con esta modificación se pretende llegar a estimar los posibles efectos sobre la distribución de las temperaturas del agua subterránea en el área del modelo, que tengan su origen en los alteraciones e inversiones del flujo subterráneo producidos durante los episodios de avenida del río Ebro.

Se llevó a cabo para ello una nueva simulación de los cinco primeros años de las explotaciones geotérmicas con las nuevas condiciones de contorno antes descritas. Nuevamente se analiza las iguales salidas que en otras simulaciones requeridas al modelo: cortes transversales en cada uno de los aprovechamientos, vistas en planta de todo el modelo, y representaciones gráficas de evolución, tanto de piezometría, como de temperatura, comparando las series simuladas en los puntos de referencia y los datos reales medidos en esos mismos puntos de referencia. Se muestra a continuación los resultados más significativos de este análisis.

#### a) Estudio en los puntos de referencia

Se comparan en la Figura 12.47 las series de temperaturas y presiones medidas en los piezómetros con las correspondientes series obtenidas por simulación: la simulación previa y la simulación con gradiente hidráulico impuesto de menor desnivel.

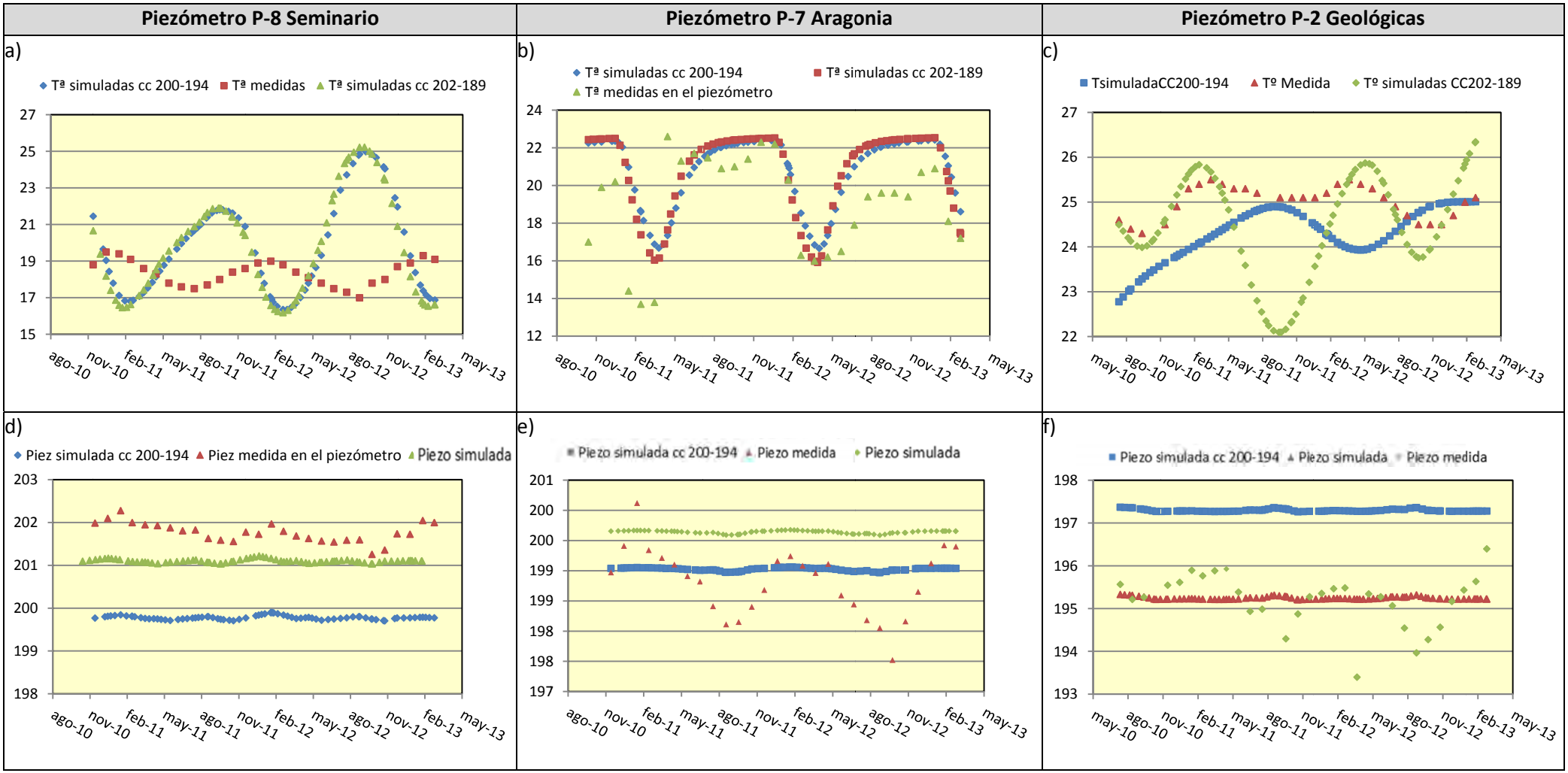



Figura 12.47. Comparación de series reales de temperatura (arriba, en °C) y presión (abajo, en m s.n.m.) con series resultantes de la simulación inicial y series de la simulación para gradiente modificado en nuevas condiciones de contorno (cc) con menor desnivel

- Piezómetro P-2 Geológicas

Se observa un importante retraso y desfase de temperatura con las nuevas condiciones impuestas a la simulación. Sin embargo, las amplitudes térmicas se acortan y se aproximan a las obtenidas en la simulación nominal. Esto deja claro que la importancia de conocer en profundidad todos los aspectos relacionados con el flujo en el entorno de los aprovechamientos geotérmicos, tales como: la recarga superficial o la influencia de las avenidas del río. En cuanto a las variaciones de presión se observa que la altura piezométrica con el nuevo gradiente impuesto a la simulación aumenta aproximadamente 2 m.

- Piezómetro P-7 Aragonia

Las series de temperatura obtenidas en las dos simulaciones son muy similares; no obstante, se observa un cierto desfase entre las temperaturas resultantes de la simulación incrementando el gradiente hidráulico y las lecturas reales en el piezómetro. En cuanto a las presiones, se obtiene una mejor aproximación a las cotas de nivel registradas en el piezómetro de referencia, aunque lejos de reflejar la amplitud de la oscilación, posiblemente por no considerar suficientemente las heterogeneidades del sustrato y la influencia de bombeos para riego que se llevan a cabo en los jardines del entorno.

- Piezómetro P-8 Seminario

En este punto se continúa observando una discrepancia importante en la amplitud térmica de los valores medidos y simulados, además del retraso entre valores máximos o mínimo. En cuanto a la piezometría, los valores de la nueva simulación se alejan de los correspondientes valores reales registrados en el piezómetro. Teniendo en cuenta que la distancia que media entre el piezómetro y el pozo de inyección es de unos 30 m, no se halla una explicación al retraso de seis meses observado en los máximos y mínimos de la temperatura medida. Cabe la posibilidad de que localmente exista una heterogeneidad de las características hidrogeológicas muy superior a las inicialmente supuestas que implique un cambio notable en las condiciones de contorno y en la dirección resultante del flujo subterráneo.

**b) Cortes transversales**

Se han estudiado los perfiles correspondientes a cada uno de los aprovechamientos, pero se exponen solo los resultados alrededor de los pozos de inyección del Clínico, al estar éstos más próximos a la condición de contorno de aguas abajo y ser esta zona la que más variación ha sufrido en cuanto al flujo en la simulación con nuevas condiciones impuestas. En la Figura 12.48 se muestran los cortes transversales a los pozos de inyección del Clínico y en dirección al flujo subterráneo, según el perfil II de la Figura 12.22, comparando la simulación previa (nominal) y la simulación con nuevas condiciones impuestas disminuyendo el gradiente hidráulico.

Se observa cómo en esta nueva simulación con menor gradiente hidráulico se mantiene la amplitud térmica en marzo, debido al cambio estacional en las temperaturas de inyección. En comparación con la simulación nominal, en esta nueva simulación las temperaturas en las zonas próximas a la inyección resultan más altas, pues al disminuir la velocidad del agua subterránea se produce una menor evacuación de calor.

En cuanto al comportamiento de las tres unidades hidro-estratigráficas consideradas en las simulaciones, se observa que:

- La mayor amplitud térmica se produce, como era de esperar, en la segunda unidad hidro-estratigráfica, al igual que sucede en la simulación nominal, pues es donde se produce la inyección.

- La isoterma de 17,7°C alcanzaría la superficie del terreno en marzo del tercer año. Y la unidad del Terciario en septiembre del primer año. Durante los 5 años simulados se incrementarían sucesivamente las temperaturas, tanto en la zona vadosa como en el Terciario, aunque esta última unidad es la que experimentaría mayor ascenso térmico. Además, en marzo se observarían pulsos térmicos en las plumas en respuesta a los cambios estacionales de las temperaturas de la inyección, similar a lo que ya se ha venido observando durante la simulación nominal.

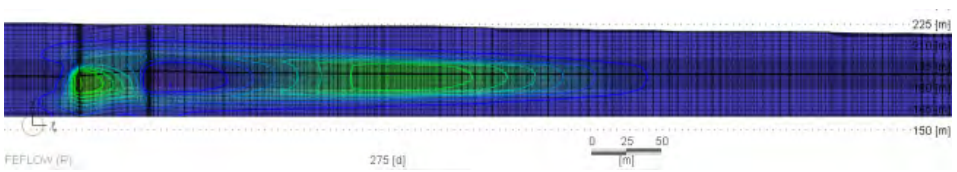
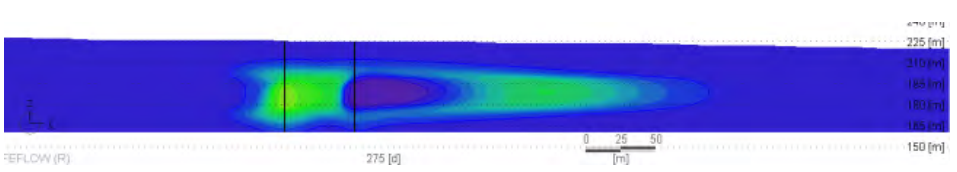
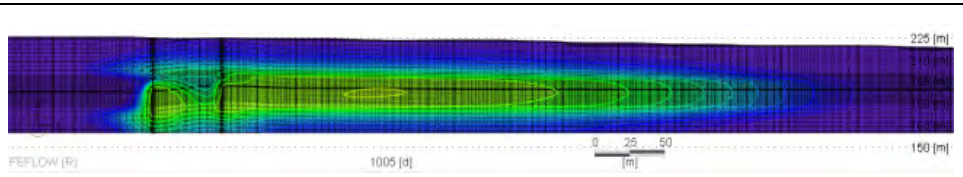
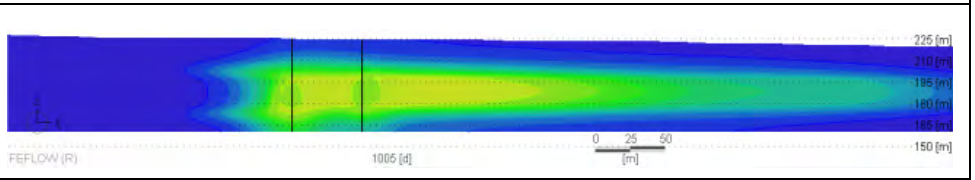
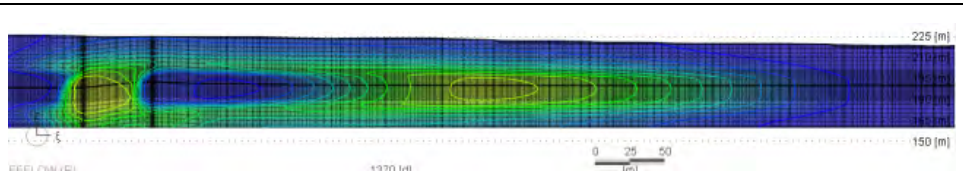
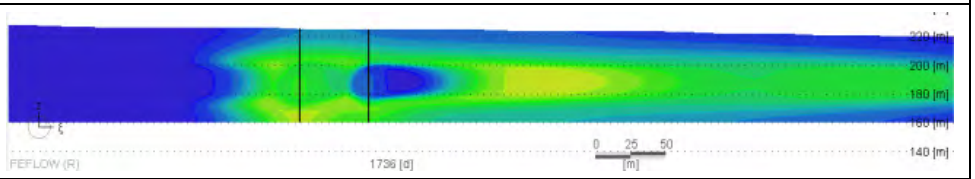
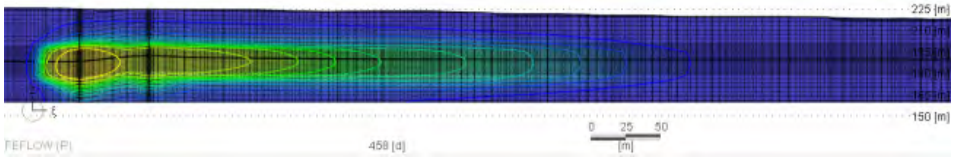
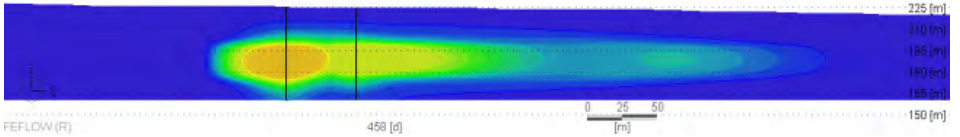
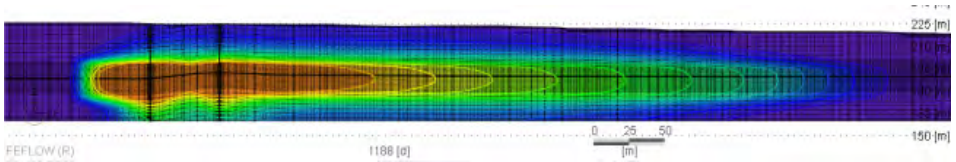
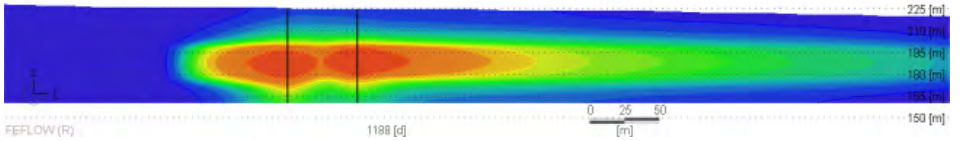
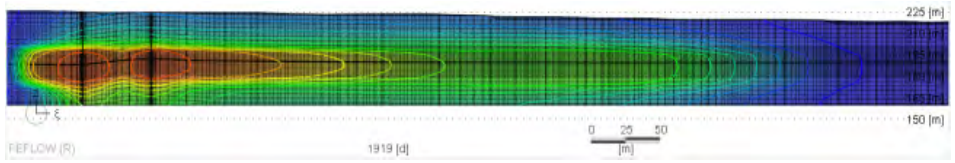
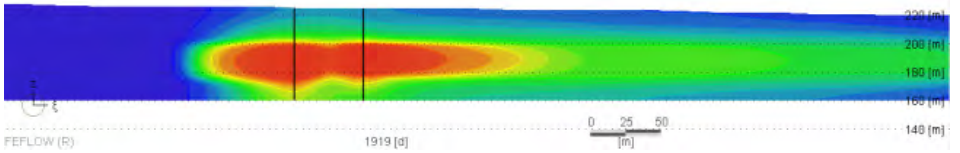
| | Marzo. Simulación nominal | Marzo. Simulación con menor gradiente piezométrico |
|---|---|---|
| 1º año |  |  |
| 3º año |  |  |
| 5º año |  |  |
| | **Septiembre. Simulación nominal** | **Septiembre. Simulación con menor gradiente piezométrico** |
| 1º año |  |  |
| 3º año |  |  |
| 5º año |  |  |

Figura 12.48. Imágenes del corte transversal del Perfil II de la Figura 12.22 a diferentes tiempos de simulación, comparando la temperatura del modelo con la simulada en nuevas condiciones de contorno con menor gradiente de presiones. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.44

### c) Vista en planta

Las imágenes de las Figuras 12.49 y 12.50 muestran, para marzo y septiembre respectivamente, la vista en planta de la capa 31 del modelo (donde se producen la mayoría de las inyecciones) de la evolución de la temperatura a lo largo de los cinco años simulados. Se puede observar que en la simulación con menor gradiente de presiones, tanto en marzo como en septiembre, los extremos de las plumas térmicas aguas abajo son más estrechos y alcanzan distancias sensiblemente más cortas. Sin embargo tanto las temperaturas como la anchura de las plumas térmicas en las zonas próximas a la inyección son mayores que en la simulación nominal.

## 3. Incremento de la dispersividad longitudinal y transversal

Este análisis de sensibilidad se realiza con el objetivo de estudiar el comportamiento del acuífero en el supuesto de considerar valores mayores para la dispersividad longitudinal y transversal. Para ello se incrementaron de 5 a 50 m y de 0,5 a 5 m los valores de la dispersividad longitudinal y transversal del transporte de calor, respectivamente.

Se ejecuta por tanto una nueva simulación a cinco años donde analizado tres salidas requeridas al modelo: cortes transversales en cada uno de los aprovechamientos, vistas en planta de todo el modelo, y representaciones gráficas, comparando en cada caso tanto la piezometría como la temperatura entre las series simuladas en los puntos de referencia y los datos reales medidos en esos puntos de referencia.

### a) Estudio en los puntos de referencia

A continuación se comparan las series medidas de temperatura y las series obtenidas en los piezómetros, tanto las de la simulación anterior (nominal) como las nuevas generadas incrementando la dispersividad longitudinal y transversal. Aunque se han estudiado los tres aprovechamientos por separado, se presentan solamente los resultados del piezómetro P-2 Geológicas puesto estar más alejado del punto de inyección y por lo tanto ser el más representativo de los efectos la dispersividad.

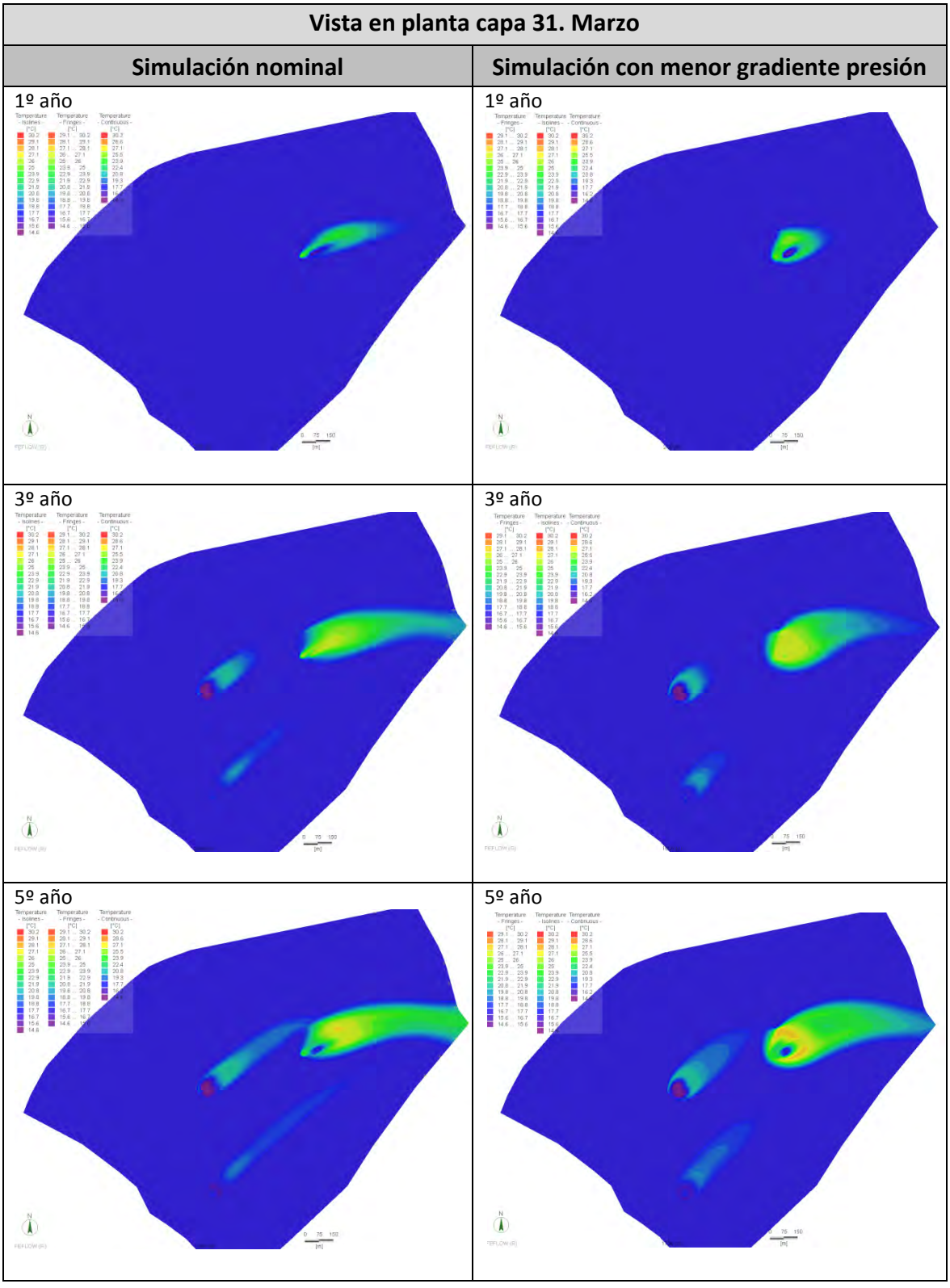



Figura 10.49. Vista en planta, capa 31, mes de marzo. Análisis de sensibilidad a la disminución del gradiente hidráulico en diferentes tiempos para simulación

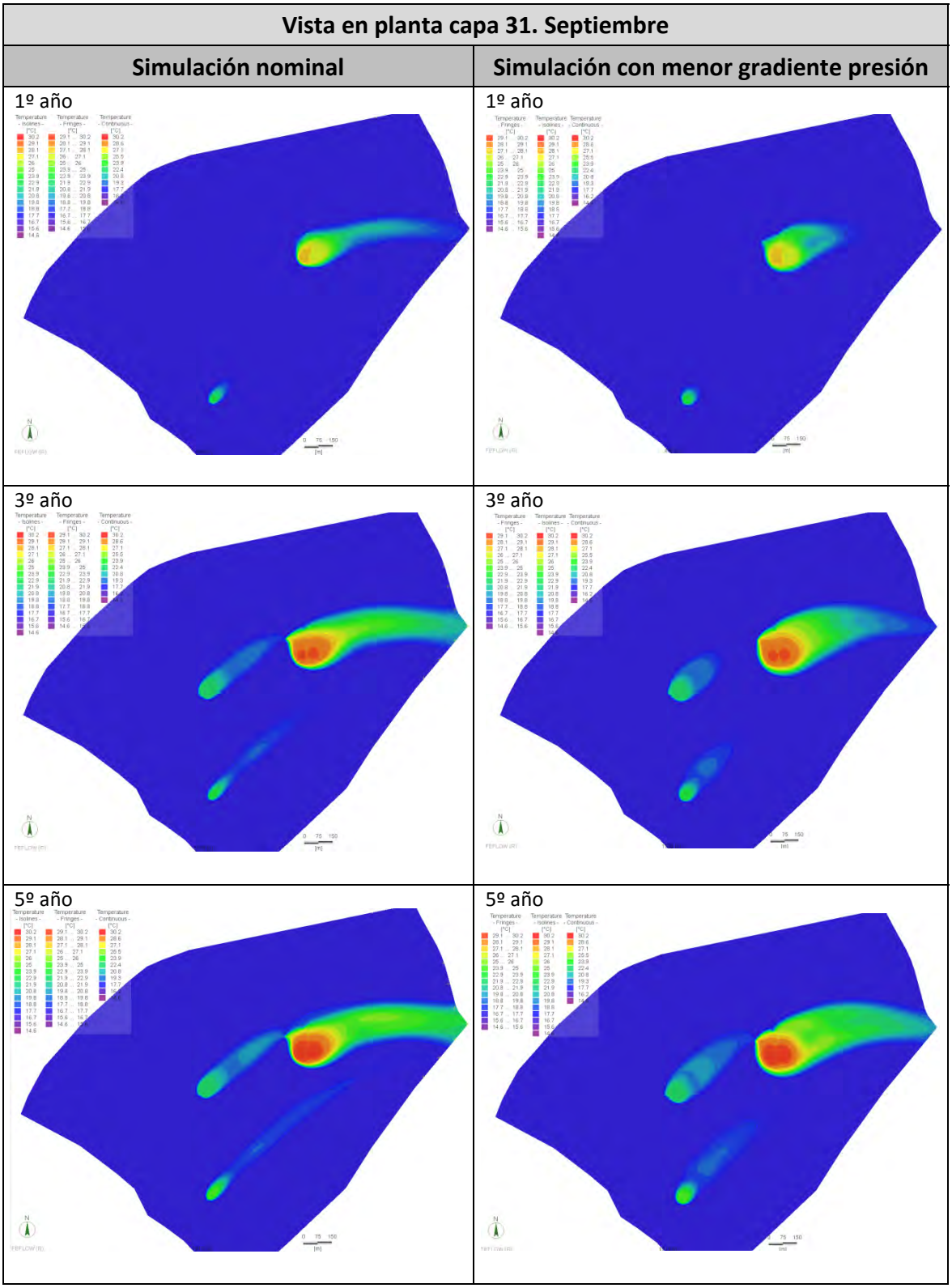



Figura 10.50. Vista en planta, capa 31, mes de septiembre. Análisis de sensibilidad a la disminución del gradiente hidráulico en diferentes tiempos para simulación

En la Figura 12.51, se muestra el ajuste obtenido. Entre la temperatura resultante de la simulación nominal y la simulación aumentando la dispersividad se observa un desfase (un adelanto de los valores máximos) de entre uno y dos meses y una amplitud térmica que se reduce entre 2 y 2,5 grados aproximadamente. Además, se dan máximos y mínimos relativos de valores más bajos. Esta diferencia de amplitud térmica entre las temperaturas medidas y las simuladas se deben a que el incremento de la dispersividad genera plumas más anchas de modo que, a iguales tiempos, los frentes térmicos alcanzan menor temperatura en esta nueva simulación.

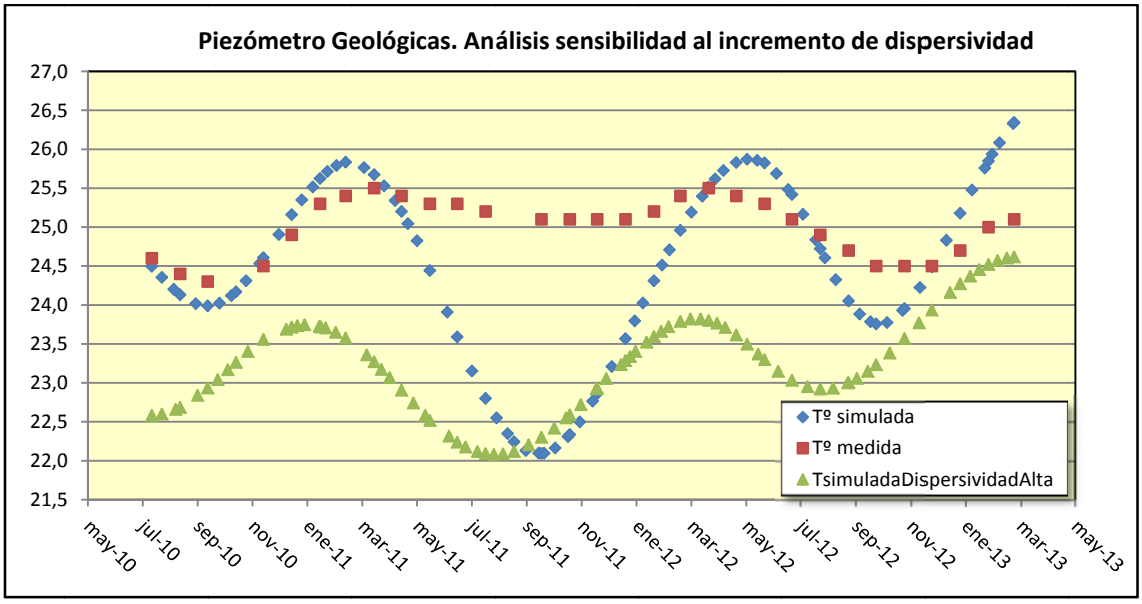



Figura 12.51. Comparación entre temperaturas (°C) medidas, de simulación nominal y de simulación con incremento de dispersividad longitudinal y transversal en el piezómetro P-2: Geológicas

### b) Cortes transversales

Se han estudiado los mismos perfiles que en la simulación previa (nominal). Con el objetivo de resumir los resultados se muestran los cortes transversales del Hospital Clínico, donde se inyectan las temperaturas más elevadas, considerando que son los más representativos para este análisis de sensibilidad al cambio de la dispersividad.

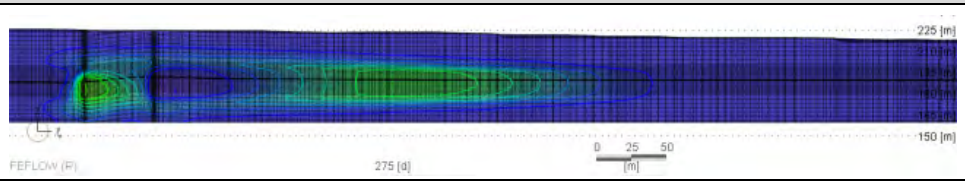
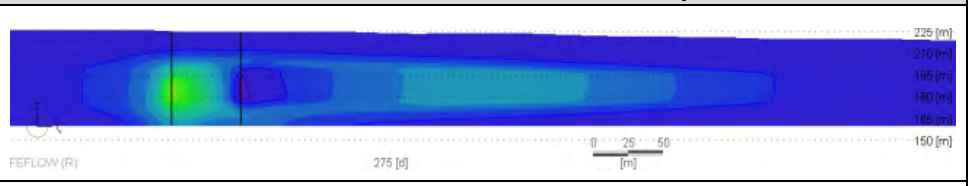
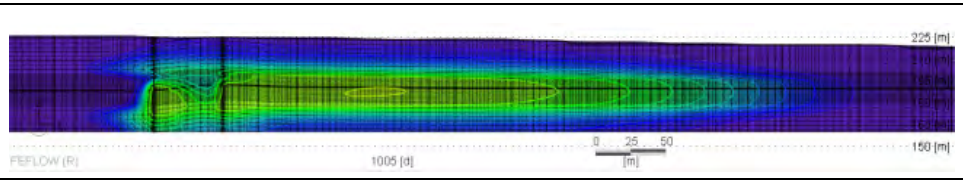
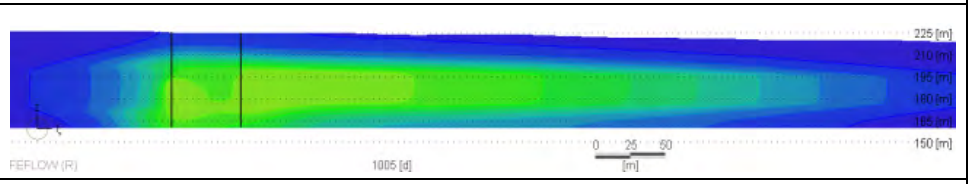
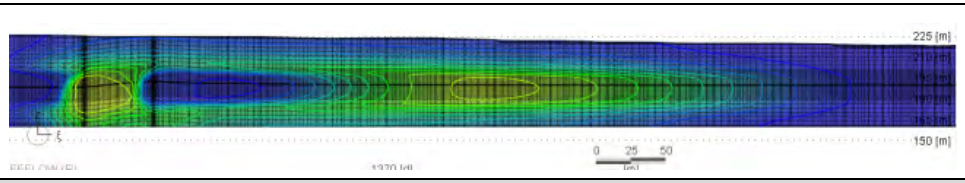
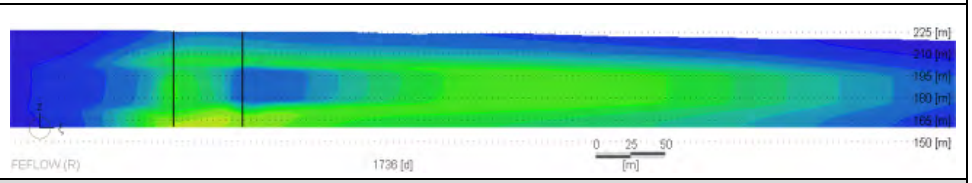
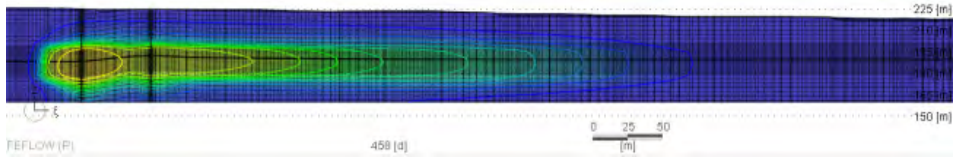
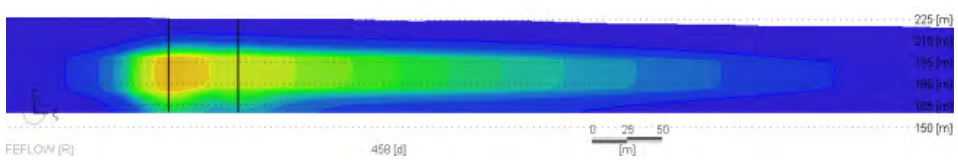
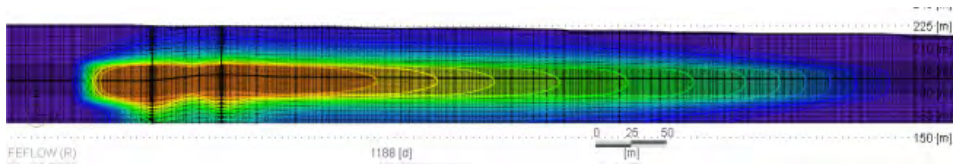
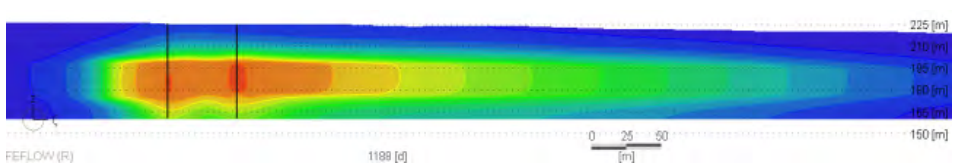
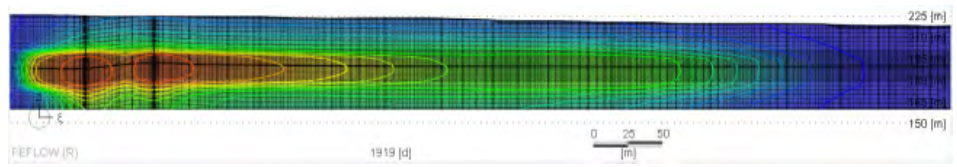
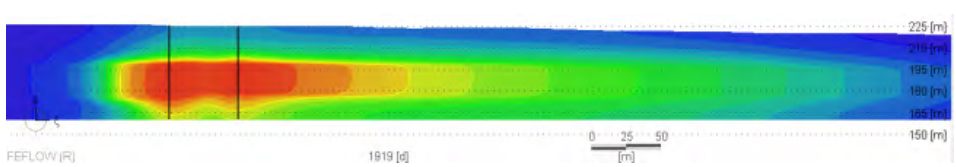
| | Marzo. Simulación nominal | Marzo. Simulación con incremento de dispersividad |
|---|---|---|
| 1º año |  |  |
| 3º año |  |  |
| 5º año |  |  |
| | **Septiembre. Simulación nominal** | **Septiembre. Simulación con incremento de dispersividad** |
| 1º año |  |  |
| 3º año |  |  |
| 5º año |  |  |

Figura 12.52. Imágenes del corte transversal del Perfil II de la Figura 12.22 a diferentes tiempos de simulación, comparando la temperatura del modelo con la simulada en nuevas condiciones de contorno con incremento de la dispersividad longitudinal y transversal. Escala gráfica de temperaturas en Figura 12.44

Durante los cinco años simulados considerando una dispersividad mayor, la temperatura se incrementa en el acuífero. Aunque la temperatura máxima alcanzada se mantiene en septiembre del tercer y quinto año, la pluma térmica de temperaturas resulta mayor en el quinto año, a diferencia de la simulación nominal donde la amplitud térmica se incrementaba del orden de 1°C cada dos años, tal y como se deduce del conjunto de datos resumidos de la Tabla 12.X.

En cuanto al comportamiento de las tres unidades hidro-estratigráficas consideradas frente al incremento de la dispersividad, se observa que la mayor amplitud térmica se produce en la segunda unidad hidro-estratigráfica, al igual que en casos anteriores pues es donde se produce la inyección, pero también se deduce que la afección se traslada con mayor intensidad a las otras dos unidades hidro-estratigráficas, a diferencia de la simulación nominal donde el efecto térmico se desarrollaba principalmente en la segunda unidad hidro-estratigráfica.

| | **Rango de T (°C) máxima y mínima de la pluma. Simulación nominal** | | **Rango de T (°C) máxima y mínima de la pluma. Incremento de la dispersividad** | |
|---|---|---|---|---|
| | **Marzo** | **Septiembre** | **Marzo** | **Septiembre** |
| **1º año** | 25,5-17,9 | 28,3-17,9 | 26-14,6 | 28,1-17,7 |
| **3º año** | 27,4-17,9 | 29,3-17,9 | 26-17,7 | 30,2-17,7 |
| **5º año** | 27,4-16,9 | 30,2-17,7 | 27,1-17,7 | 30,2-17,7 |

Tabla 12.X. Valores de temperaturas máxima y mínima de la pluma de contaminación térmica del Hospital Clínico a diferentes tiempos de simulación, para la simulación inicial y para un análisis de sensibilidad con incremento de los valores de dispersividad longitudinal y transversal

### c) Vista en planta

Las imágenes de las Figuras 12.53 y 12.54 muestran, para marzo y septiembre respectivamente, la vista en planta de la capa 31 del modelo (donde se producen la mayoría de las inyecciones) de la evolución de la temperatura a lo largo de los cinco años simulados. Se puede observar cómo con la simulación con incremento de la dispersividad se producen plumas térmicas de menor alcance y temperatura máximas algo inferiores, pero con extremos más anchos aguas abajo. Además, en las imágenes correspondientes a septiembre se observa claramente cómo la isoterma de 17,7°C generada por el aprovechamiento del Edificio Seminario alcanza una menor longitud pero con una mayor anchura.

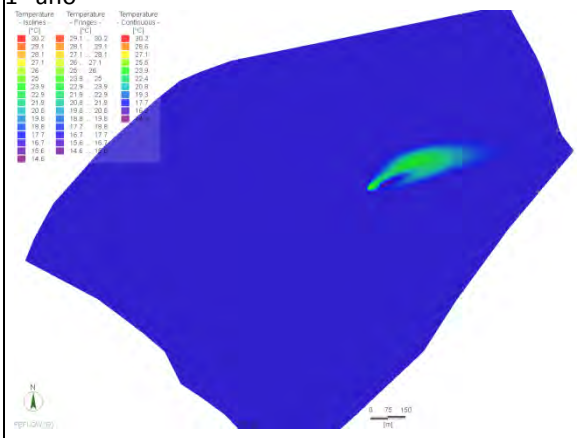
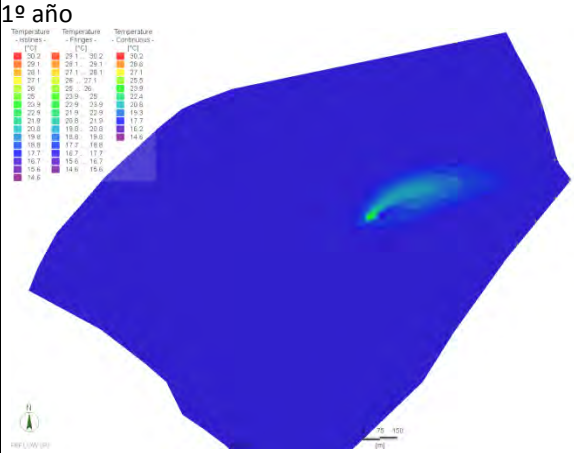
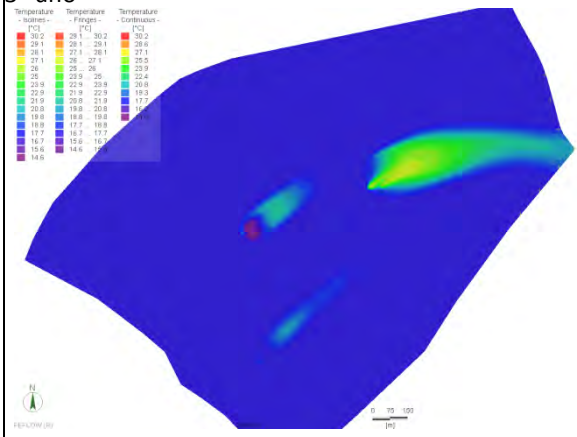
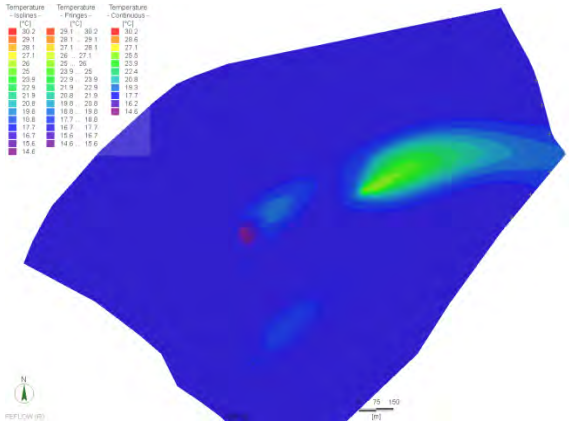
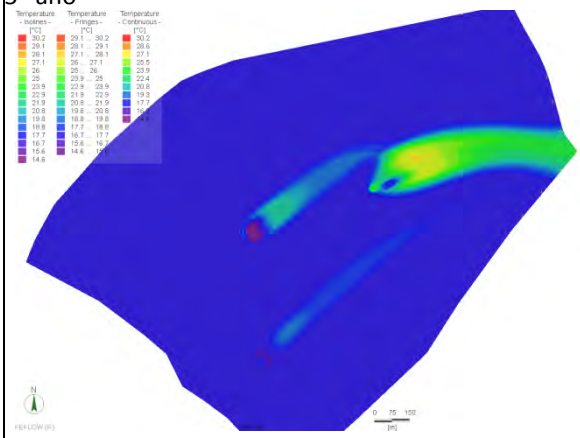
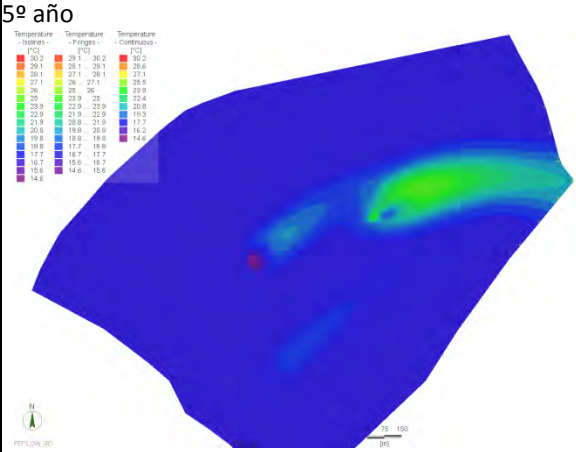
| Vista en planta capa 31. Marzo | |
|---|---|
| **Simulación nominal** | **Simulación con incremento de la dispersividad** |
| 1º año | 1º año |
|  |  |
| 3º año | 3º año |
|  |  |
| 5º año | 5º año |
|  |  |

Figura 10.53. Vista en planta, capa 31, mes de marzo. Análisis de sensibilidad al incremento de la dispersividad longitudinal y transversal

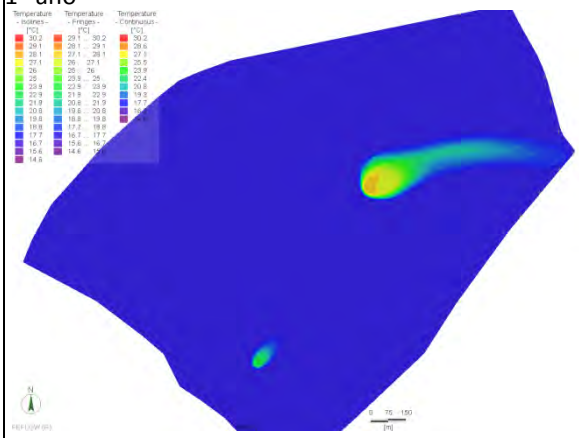
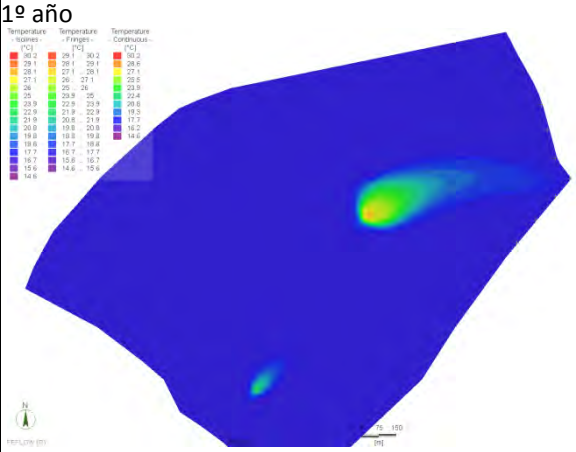
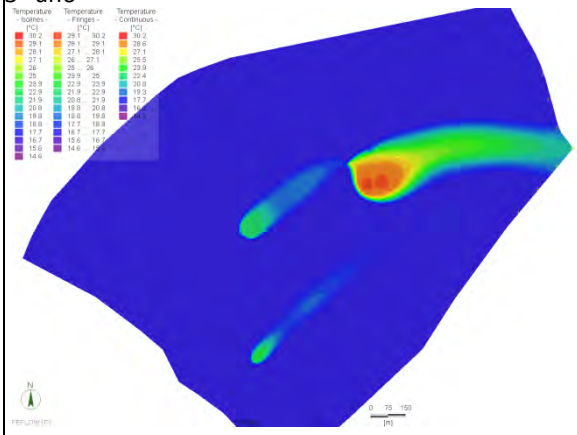
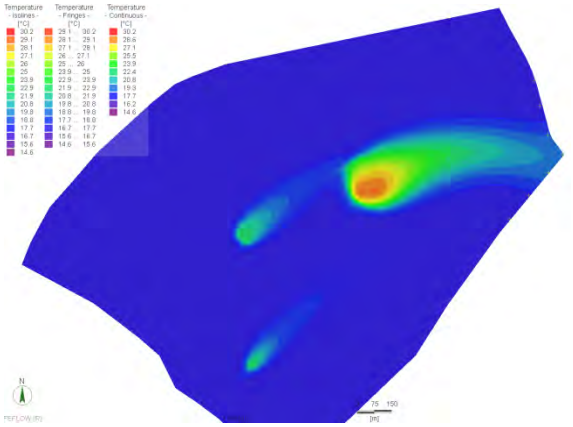
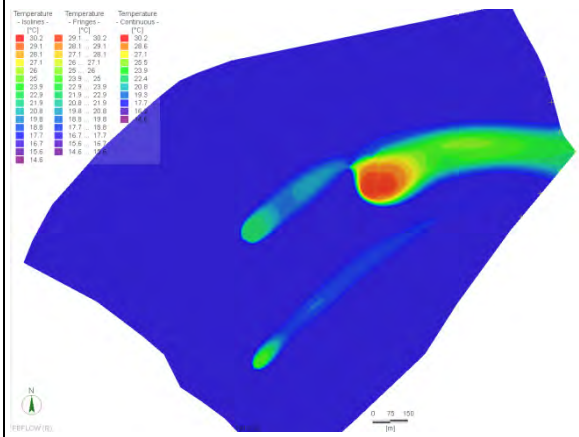
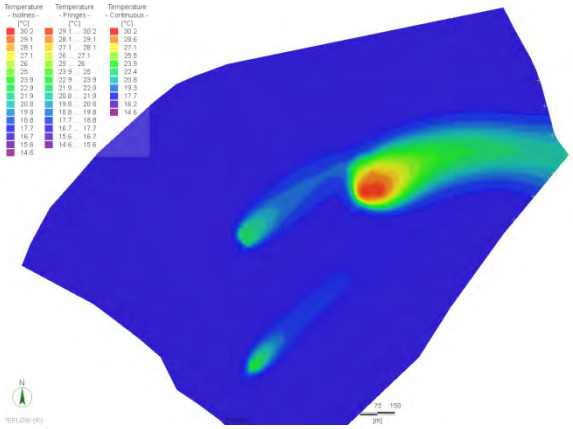
| Vista en planta capa 31. Septiembre | |
|---|---|
| **Simulación nominal** | **Simulación con incremento de la dispersividad** |
| 1º año  | 1º año  |
| 3º año  | 3º año  |
| 5º año  | 5º año  |

Figura 10.54. Vista en planta, capa 31, mes de septiembre. Análisis de sensibilidad al incremento de la dispersividad longitudinal y transversal

## Conclusiones

El análisis de las simulaciones realizadas pone de manifiesto diversas conclusiones que se han agrupado en tres partes.

La primera parte corresponde a las conclusiones del modelo construido, los objetivos que se han cubierto, los resultados para cada uno de los aprovechamientos estudiados y la interacción entre ellos.

Los criterios para una explotación sostenible en el área modelizada, recomendaciones, líneas futuras e incertidumbres son el objetivo del segundo bloque de las conclusiones.

La tercera parte es la relativa a las cuestiones a tener en cuenta para mejorar los resultados en futuras actuaciones de modelización, nuevas líneas de trabajo y aspectos que quedan pendientes de resolución.

### 1. Conclusiones de la simulación

La simulación desarrollada en las condiciones nominales resulta ser un proceso complejo y laborioso, que puede estar en continua transformación para mejorar los resultados actuales. Se es consciente de que la calibración no llega al grado de aceptación que sería deseable, pero es no obstante la mejor alcanzada con la información geológica e hidrogeológica disponible, con la que el modelo mejor trabaja y proporciona resultados coherentes con el modelo conceptual que se tiene de este sector del acuífero aluvial del Ebro. Se podría haber forzado a mejores calibraciones individualmente en los puntos de referencia, pero entonces no se hubiera alcanzado el objetivo último del modelo, que es comprender que ocurre para poder tener una herramienta que permita evaluar y predecir los problemas derivados de la explotación térmica del acuífero.

A continuación se realiza un resumen de las conclusiones para cada uno de los aprovechamientos, además de las relativas a las interacciones entre las tres explotaciones, tanto de la simulación nominal como de las simulaciones realizadas durante el análisis de sensibilidad.

Los valores medidos y simulados en la explotación geotérmica del Edificio Seminario son muy dispares, posiblemente por la cercanía y la influencia de las condiciones de contorno impuestas. Otra posible explicación es que los valores de dispersividad sean muy bajos, de manera que la inyección generaría plumas térmicas estrechas que el piezómetro situado aguas abajo no es capaz de detectar durante el periodo de control llevado a cabo. De cualquier forma, los resultados de la simulación para el régimen de explotación actual, empleándose para calefacción y climatización, implican la generación de plumas térmicas estrechas y elongadas, donde las temperaturas más altas se alcanzan en la segunda unidad hidro-estratigráfica, la más permeable y donde se producen la captación e inyección de caudales. El grado de incertidumbre alcanzado sugiere mejorar la simulación actual con un nuevo estudio de detalle para este aprovechamiento.

Al igual que el aprovechamiento geotérmico del Edificio Seminario, el Complejo Aragonia tiene también un uso reversible de la bomba de calor, pero por el contrario, en este último predomina el proceso de refrigeración frente al de calefacción, lo que genera un desequilibrio en el balance térmico del acuífero con incremento de la temperatura a medio plazo. A partir del tercer año simulado el frente de la pluma térmica alcanza al Hospital Clínico dando comienzo a un proceso de interferencia térmica. Se han obtenido los mejores ajustes entre los resultados de las simulaciones y los datos medidos en el piezómetro de observación, probablemente por dos razones: 1) esta explotación fue objeto de una modelización previa a escala local, en la cual se ajustaron individualmente los parámetros; y 2) está situada en una zona intermedia, resultando menos influenciada por las condiciones de contorno del modelo.

El aprovechamiento geotérmico del Hospital Clínico se utiliza exclusivamente para refrigeración durante todo el año, pese a lo cual manifiesta también un comportamiento estacional. Las temperaturas en la zona de inyección se incrementan 1°C de media cada dos años. Este incremento se justifica por la autointerferencia que se produce en este aprovechamiento, los pozos de inyección afectan a los de captación desde casi el inicio del funcionamiento de la explotación geotérmica. No obstante, en la simulación de la explotación a 25 años el incremento total de temperatura resultó ser menor del esperado, debido a que se retiene el calor en la vertical del suelo,

incrementando la temperatura del sustrato terciario y de la zona no saturada. Los resultados de la modelización llevada a cabo sugieren también que existe una interferencia térmica en los pozos de captación del Hospital Clínico producida por las inyecciones del aprovechamiento del Complejo Aragonia. Sin embargo, la elevada incertidumbre que se tiene acerca del modelo geológico conceptual del entorno de los pozos de Aragonia sugiere que una posible interferencia térmica estaría condicionada por la variabilidad litológica del acuífero y la irregularidad de la morfología del sustrato en ese mismo entorno, que inciden en todo caso en el comportamiento hidrogeológico y en los resultados globales de la modelización.

De los parámetros estudiados durante el análisis de sensibilidad, el incremento de la temperatura de inyección no afecta al comportamiento del acuífero más allá del lógico aumento de los valores térmicos de las plumas de contaminación. Los que más inciden en el comportamiento del modelo son, en primer lugar la altura piezométrica impuesta en las condiciones de contorno y, en menor medida, la dispersividad. Precisamente a lo largo del estudio se ha observado que no se logra el ajuste de la piezometría debido a las grandes incertidumbres: de la variabilidad geológica, del efecto de las avenidas del río en la inversión del flujo y en la temperatura del agua subterránea, pero también de la posible recarga superficial, puesto que aunque la región es una zona urbana con bajo índice de infiltración, existen varias zonas ajardinadas en el entorno que pueden tener efectos significativos a la escala de trabajo del modelo realizado.

En cuanto a los datos que resultan imprescindibles para llevar a cabo una mejor simulación del flujo y transporte de calor serían:

- Correcta georreferenciación de los pozos de la explotación geotérmica, incluyendo cotas altimétricas que faciliten la identificación de niveles productivos y de inyección de los pozos.
- Datos constructivos detallados de las instalaciones geotérmicas: cotas topográficas de los pozos, de los niveles de rejillas, tipos de rejilla, características del engravillado, diámetros de perforación y entubación.
- Datos litológicos detallados de la zona, considerando adecuadamente la heterogeneidad del medio. Lo ideal sería contar con una batería de sondeos de

la zona de trabajo o de información del subsuelo obtenida por técnicas geofísicas, para poder integrar los datos en un modelo geológico tridimensional donde observar cambios litológicos y de facies.

- Datos reales de parámetros hidráulicos y térmicos del terreno de la zona saturada y no saturada. La conductividad hidráulica, la transmisividad, la porosidad y la recarga son los parámetros necesarios para modelizar el flujo de aguas subterráneas. Y los correspondientes en cuanto al transporte de calor: la dispersividad longitudinal y transversal, la capacidad calorífica y la conductividad térmica.
- Series prolongadas de niveles piezométricos y de temperatura, tanto de la zona saturada como de la no saturada, ampliando el área de trabajo para evitar efectos de las condiciones de contorno lo que obliga a conocer mejor la piezometría local y en puntos situados aguas arriba y aguas debajo de los límites del modelo. Series de temperatura en la zona vadosa.
- Series temporales precisas de los regímenes de explotación: caudal y temperatura, tanto de las captaciones como de las inyecciones del aprovechamiento geotérmico. Asimismo sería excelente contar con medidas semestrales de estío y de invierno para el control de la calidad del agua subterránea.
- Datos para la calibración: series temporales de nivel piezométrico y temperatura en varios puntos de observación dentro de la zona de trabajo, especialmente aguas abajo de los aprovechamientos geotérmicos.
- Mejorar la resolución en la discretización espacial, tratamiento específico para la simulación de los procesos en los pozos de inyección.
- Desarrollo de un tratamiento numérico específico para la simulación de la inyección en los pozos.

## 2. Criterios para una explotación sostenible

- Resultaría muy práctica la exigencia de estimar el balance térmico antes de la concesión, como ya se realiza en algunos países europeos, y de este modo ya

desde el inicio se podrían buscar soluciones al impacto térmico. Inicialmente incrementaría el coste del proyecto pero se aseguraría una mayor vida útil del sistema. Para ello es importante considerar, y más en Zaragoza donde hay muchas explotaciones geotérmicas, los aprovechamientos próximos susceptibles de afectar al aprovechamiento estudiado. De los tres aprovechamientos estudiados el que tiene un mejor comportamiento es el aprovechamiento del Seminario el cual se emplea para calefacción e climatización.

- Para conseguir el equilibrio del balance térmico se debería exigir también en la medida de lo posible el empleo en modo reversible de las bombas de calor y del doblete de pozos, de forma que el pozo que inyecta calor en verano pase a ser el pozo de bombeo en invierno, aprovechando así las altas temperaturas obtenidas en verano, y viceversa, como ya se realiza en otros países europeos.
- Sería conveniente exigir la modelización previa a la concesión de la explotación geotérmica, no sólo para disponer de una idea de la afección que se pueda generar, sino también para el beneficio del propio usuario, para prevenir de procesos de autointerferencia térmica del doblete de pozos. Y a partir de ahí, estudiar la interferencia térmica que podría producir la explotación geotérmica en otros aprovechamientos próximos. El modelo permite igualmente el estudio de otras recomendaciones hechas sobre el uso de la bomba de calor y de los pozos.
- Se recomienda tener especial cuidado con las temperaturas máximas, puesto que el incremento de temperaturas máximas afecta no sólo a las plumas térmicas aguas abajo, sino que afecta a toda la vertical del subsuelo, pudiendo llegar a afectar a la superficie del terreno y por lo tanto a las cimentaciones de los edificios y estructuras urbanas.
- Integrar el comportamiento hidroquímico del acuífero con la evolución temporal de niveles y temperatura: modelización acoplada del flujo, transporte y el calor.

# 13. CRITERIOS TÉCNICOS E HIDROGEOLÓGICOS PARA LA EXPLOTACIÓN SOSTENIBLE DE LOS APROVECHAMIENTOS

El enorme potencial que se vislumbra para el desarrollo de los sistemas geotérmicos abiertos, no solo en el entorno de aluvial del Ebro en Zaragoza si no en cualquier otro acuífero de similares características, sugiere que se estime toda una serie de factores, criterios, recomendaciones o normas de explotación pensados para buscar un consenso entre la continuidad de la explotación geotérmica, el funcionamiento eficaz de las bombas de calor y la mínima afección medioambiental al medio subterráneo, que permitan la pervivencia de todo el sistema a largo plazo.

El conocimiento y experiencia adquirida de los más de 60 aprovechamientos en funcionamiento en la ciudad, de las características constructivas de los pozos, funcionamiento de las instalaciones, régimen de explotación e impactos observados en el acuífero ha sido fundamental para llegar a establecer los criterios y recomendaciones que más adelante se citan.

Indudablemente no es una relación exhaustiva, pero sí resultan una síntesis de criterios básicos, un plan de mínimas actuaciones que ayuden a comprender la problemática y siente las bases de una primera intervención que permitan abordar los problemas existentes desde un punto de vista nuevo, implicando a los técnicos responsables de la gestión en la adopción de nuevos criterios, si así fuese necesario, surgidos desde su propia experiencia.

Un catálogo extenso y detallado de criterios o una propuesta de normativa específica para sistemas abiertos requeriría primero un consenso entre diferentes agentes y

organismos implicados en la investigación, gestión y control de esto tipo de recursos y, en segundo lugar, un esfuerzo que sobrepasa ampliamente los objetivos de esta etapa del proyecto.

En cierta medida algunos criterios ya se han ido perfilando a lo largo del Capítulo 7 de este trabajo, durante la diagnosis del impacto térmico al acuífero. En este sentido, se han definido la Magnitud de la captación y la Magnitud del vertido, dos índices que evalúan el estado de la afección térmica y el impacto al acuífero en pozos de captación y devolución respectivamente, en términos que resultan comparables entre distintos aprovechamientos geotérmicos.

Se ha evaluado también, bajo determinados supuestos y condiciones ideales del acuífero, cuál sería la separación adecuada entre los pozos para evitar procesos de autointerferencia térmica del doblete de pozos; en la misma línea se ha establecido el tiempo de llegada del frente térmico de aquellos dobletes que no guardarían bajo esos mismos supuestos la separación suficiente para evitar este proceso de contaminación.

Paralelamente, la implicación de los sistemas abiertos en posibles variaciones de la composición química de las aguas subterráneas sugiere la adopción de medidas que tiendan a minimizar cualquier cambio significativo de la calidad del agua que afecte a la actividad microbiana, la precipitación o la disolución mineral, fundamentalmente como consecuencia de los cambios de temperatura, cambios que en todo caso repercuten en la producción y vida útil de los pozos.

Otras consideraciones de índole administrativa ya se aplican con buen criterio, como es la conveniencia de inyectar el agua en el mismo acuífero, para lo cual la autoridad competente exige tramitar, al igual que otros vertidos al dominio público hidráulico, una solicitud para autorización de vertido directo a las aguas subterráneas procedente de esta actividad. La autorización solo podrá otorgarse si un estudio hidrogeológico previo demuestra la inocuidad del vertido para las aguas subterráneas.

La ausencia de una normativa específica en España que regule el aprovechamiento energético del agua subterránea, previniendo de la generación de afecciones como las señaladas a lo largo de este estudio, de impactos no asumibles hacia otras captaciones

o al acuífero, plantea dificultades para la planificación y gestión de las instalaciones que implican tanto a la autoridad hidráulica como a otros Organismos competentes. Se han materializado algunas iniciativas que pretender suplir esta carencia por parte de la Agència Catalana de l'Aigua de la Generalitat de Catalunya (ACA, 2008) y, especialmente, por la Comunidad de Madrid (Ruiz *et al.*, 2010), que ha elaborado una completa "Guía Técnica de Sistemas Geotérmicos Abiertos" de lectura muy recomendable. Este documento expone de forma clara y precisa un amplio grupo de conceptos energéticos, tecnológicos y definiciones relacionadas con la geotermia e hidrogeología que ayudarán al lector a solventar muchas dudas surgidas en el momento de implantar un sistema geotérmico basado en el aprovechamiento de las aguas subterráneas, pero también al planificador y gestor involucrado con estos sistemas, pues podrá adquirir una visión crítica que le será de gran ayuda en su labor administrativa.

Este capítulo pretende suplir determinadas carencias al respecto con una serie de criterios técnicos e hidrogeológicos básicos relativos a pozos destinados al aprovechamiento energético como recurso geotérmico somero, orientados a la ordenación sostenible de las captaciones y de los recursos que se explotan.

Las recomendaciones van dirigidas inicialmente a los sistemas geotérmicos que se hallan en la ciudad de Zaragoza pero no pretenden ser ajenas a la realidad de otras localidades y de otros acuíferos. Se agrupan bajo cinco epígrafes que tratan aspectos clave en los sistemas abiertos:

1) La ayuda al proceso de gestión y planificación administrativa.

2) La construcción de pozos.

3) La explotación sostenible de los aprovechamientos.

4) La calidad.

5) El control de sistemas geotérmicos abiertos.

## Planteamiento inicial

Como paso previo a la elaboración y presentación de los criterios resulta necesario hacer una serie de reflexiones que ayuden a la comprensión sobre el alcance de las propuestas, bajo qué premisas y en qué condiciones deben ser puestas en práctica.

### 1. Aplicabilidad

A la hora de plantear una serie de directrices de tipo técnico debe tenerse en cuenta si se formulan para ser aplicadas de manera individual y por separado a los sistemas abiertos, los sistemas cerrados, otros focos de calor o fuentes de energía, o bien deben ser destinadas a todos los sistemas en su conjunto.

Los sistemas geotérmicos inventariados en el presente proyecto son exclusivamente de tipo abierto, en los que se aprovecha el calor transportado por el agua subterránea en dobletes de pozos de captación-devolución, lo que no excluye que en otras partes de la ciudad pueda haber instalaciones de tipo cerrado capaces de generar impactos sobre las aguas subterráneas de otra índole y magnitud. Asimismo debe considerarse que dentro de los sistemas abiertos puede haber diferentes configuraciones y que no en todas las ocasiones el agua subterránea o el acuífero es el medio receptor de la devolución de agua.

Ya se ha comentado que algunos aprovechamientos utilizan las redes de saneamiento, alcantarillado o conducción directa al Ebro para la devolución del agua, por lo que conviene tener presente estos aspectos cuando se pongan en práctica los criterios. Incluso cuando el elemento que transporta la energía que se aprovecha en estos sistemas no son las aguas superficiales. Técnicamente es posible utilizar agua proveniente de cauces superficiales, incluso agua potable de la red de distribución municipal merced a depósitos intermedios de almacenamiento y disipación de calor; también, mediante tecnologías innovadoras, se emplea la energía de las aguas residuales que es captada gracias a conducciones instaladas sobre canalizaciones con doble fondo.

Igualmente, se debería llegar a un acuerdo sobre la conveniencia o no de implicar a los sistemas cerrados bajo la cobertura de estas recomendaciones, al menos aquellos que por el tipo de instalación de los geocaptadores (sondeos verticales o inclinados, estructuras termoactivas, etc.) puedan atravesar horizontes acuíferos y afectar a la temperatura de las aguas subterráneas.

Puesto que bajo la ciudad se extiende un amplio y productivo acuífero no son estos sistemas los utilizados; no obstante allí donde el acceso a las aguas subterráneas queda limitado (por inexistencia de materiales acuíferos o por elevada profundidad del agua) han surgido algunas iniciativas para la construcción de dispositivos cerrados. Ello debería servir de punto de reflexión sobre el interés de restringir la instalación de sistemas cerrados en zonas que podrían calificarse como sensibles por alguna circunstancia a la vez que potenciar su uso en otros casos, por ejemplo para instalaciones con pequeña demanda energética.

La consideración sobre la acción de otros focos de calor es un hecho que tampoco debe pasar por alto. En este sentido debe reflexionarse sobre la afección y posible impacto térmico de determinados vertidos autorizados a las aguas subterráneas procedentes, por ejemplo, de aguas residuales o procesos de refrigeración industrial.

Puesto que los sistemas mayoritariamente instalados en Zaragoza son de tipo abierto, las propuestas aquí presentadas van inicialmente enfocadas hacia este grupo.

**2. Extensión superficial**

Los argumentos que se citan son resultado en gran medida de la experiencia conseguida en Zaragoza a través del presente proyecto, aunque en otros casos proceden de la aplicación de técnicas comúnmente utilizadas en otros países del entorno para la determinación de impactos de sistemas geotérmicos de muy baja entalpía.

Por otro lado, la problemática que suscita la posición de la ciudad en un entorno salino y con un sustrato soluble incide en que determinadas recomendaciones tengan un enfoque específico sobre la calidad, la geoquímica y el comportamiento del terreno.

Bajo tales escenarios se justificaría la conveniencia de adoptar normas y criterios concretos exclusivamente en:

- Zonas específicas del acuífero aluvial del Ebro, donde son activos los procesos de disolución del sustrato salino con aparición de colapsos en superficie.
- Únicamente al entorno urbano de Zaragoza.
- En toda la masa de agua subterránea del Aluvial del Ebro.
- Masas de agua subterránea anexas y otras con problemáticas similares a la del aluvial del Ebro en Zaragoza.
- Núcleos urbanos de determinadas características y elevada población.
- Núcleos urbanos de cualquier tipo, con independencia de su tamaño y ubicación en la cuenca.
- Elevar la norma a otras masas de agua subterránea, de cualquier litología, donde haya instalados sistemas geotérmicos abiertos o cerrados.
- Aplicar el conjunto de recomendaciones a toda la Demarcación del Ebro sin distinción de características del sistema geotérmico instalado.

### 3. Estado concesional y temporalidad

Se ha comprobado que algunos sistemas geotérmicos se instalaron en la ciudad hace más de 25 años y que aproximadamente el 50% de los aprovechamientos existentes hoy en día llevan en funcionamiento unos diez años.

Por otro lado, no todos los sistemas geotérmicos han iniciado los trámites administrativos correspondientes ante el Organismo de cuenca para autorización, concesión de aprovechamiento de aguas subterráneas y autorización de vertido al dominio público hidráulico. Otros aprovechamientos cuentan con una única solicitud que afecta a un determinado número de pozos, que difiere del número total de perforaciones que suma finalmente el aprovechamiento, debido a variaciones en la ejecución del proyecto o por posteriores ampliaciones del sistema que se han ido realizando ajenas al control administrativo.

Es por ello que se presentan diferentes escenarios para aplicación de criterios según el estado administrativo en que se encuentre el aprovechamiento, aunque se debe partir de la premisa de que es necesario que todos los sistemas geotérmicos abiertos cuenten con la correspondiente concesión de aprovechamiento y autorización de vertido para la totalidad de los pozos. Estos escenarios son:

- Criterios aplicables a todos los sistemas instalados o en funcionamiento a partir de una determinada fecha.
- Criterios aplicables con efectos retroactivos, con o sin aplicación de normas transitorias que faciliten una adaptación a los nuevos requerimientos.
- Criterios aplicables en adelante, únicamente para un periodo determinado, con posibilidad de prórroga, tras revisión de la concesión y autorización de vertido.

Salvo excepciones, debe evitarse que las nuevas solicitudes para aprovechamiento de aguas subterráneas o de autorizaciones de vertido lleguen al Organismo de cuenca con posterioridad a que las obras hayan dado comienzo o a que los sistemas estén en funcionamiento. En cualquier caso debe informarse de las características físico-químicas y las condiciones iniciales del acuífero, antes de la explotación geotérmica.

**4. Especificidad**

Dentro de los sistemas abiertos, dependiendo de las características de la instalación, de la necesidad de climatización en los edificios o del uso del frío (climatización, refrigeración industrial, etc.), pueden contemplarse diversas tipologías de instalación que afectan fundamentalmente al circuito primario y a la forma en que se produce la devolución del agua: pozo de devolución, aljibe o depósito regulador, red de saneamiento, canalización directa a cauce del Ebro. Dependiendo por tanto de estas tipologías cabría razonar si la aplicación de criterios debe hacerse para:

- Todas las instalaciones sin distinción.
- Instalaciones de un determinado uso.
- Instalaciones con una determinada tecnología, tipología de sistema geotérmico o de unas determinadas características de funcionamiento.

## 5. Aspectos a considerar

La solución de un sistema geotérmico abierto no siempre es la más adecuada o la que resuelve de forma más eficiente la necesidad de climatización. Pueden contemplarse sistemas cerrados, sistemas abiertos con diferentes alternativas de gestión de la explotación y del vertido, sistemas abiertos con vertido a red de saneamiento, sistemas mixtos, con cobertura parcial de las demandas que pueden ser suplidas con otras fuentes de energía o, incluso, rechazar el uso de la geotermia en circunstancias determinadas.

Tanto los sistemas cerrados como abiertos tienen impacto térmico y otros posibles impactos derivados de éste, sobre la calidad o en el acuífero, que deben ser tenidos en cuenta y analizados de forma individual.

Se debería revisar si alguna zona sensible admitiría que el vertido no se realizase. En este sentido puede ser recomendable la elaboración de diferentes cartografías de apoyo y orientación a la instalación de sistemas geotérmicos en el acuífero.

No se puede aislar el impacto sobre el acuífero del resto del proyecto térmico. Es una práctica común que se haga un diseño del sistema y se redacte un proyecto de climatización sin tener en cuenta las consecuencias sobre el acuífero o el estudio de alternativas que reduzcan el impacto y permitan una explotación en términos de sostenibilidad. Se debería contar con el apoyo de un grupo técnico de consulta, que asesore a la CHE de forma ágil en la valoración de los proyectos y sus posibles alternativas.

Cada proyecto o instalación requiere una valoración específica, teniendo en cuenta que su impacto es proporcional a su dimensión y que los efectos de proyectos próximos son acumulativos.

En cuanto a los aspectos a considerar, el conjunto de criterios deben centrarse en diferentes etapas del proyecto y características de la instalación, abordando aspectos clave de los mismos, así como otras particularidades que afectan a la calidad de las aguas subterráneas y la sostenibilidad del acuífero, entre ellos:

- Sistema de captación geotérmica
- Aspectos constructivos de los pozos
- Condiciones de explotación del sistema geotérmico abierto y de los pozos
- Condiciones de vertido
- Distancias entre pozos y aprovechamientos de aguas subterráneas
- Protección de la calidad del agua subterránea
- Monitorización del acuífero
- Recomendaciones administrativas

## Criterios técnicos e hidrogeológicos para la explotación sostenible de sistemas geotérmicos abiertos

Las dificultades que normalmente se pretenden resolver con un documento de estas características son muy variadas, pero hay tres elementos fundamentales que afectan a la operatividad del sistema y hacia los que están enfocados todos los criterios que más adelante se mencionan: las distancias entre sondeos (tanto de extracción e inyección como entre sondeos de terceros para usos iguales o diferentes), el caudal de extracción-inyección y el salto térmico del agua inyectada. De acuerdo con la situación actual de los aprovechamientos en el entorno de Zaragoza cabe considerar una serie de criterios técnicos básicos, que deben ser tenidos en cuenta como mínimo y como punto de partida para una adecuada implantación de sistemas geotérmicos abiertos con aguas subterráneas en la ciudad:

### 1. Criterios generales para la gestión y administración

Cuando se tramiten nuevos proyectos debería contemplarse:

1.1. Petición previa de instalación geotérmica ante el departamento competente del gobierno autónomo, que incluya elementos básicos del proyecto y quede sujeto a su aceptación, denegación o aceptación condicionada a modificaciones del proyecto.

1.2. **Exigir el uso reversible de la bomba de calor**, refrigeración en verano y calefacción en invierno, para equilibrar en lo posible el balance energético del acuífero con las diferentes temperaturas de vertido.

1.3. Tramitación previa a cualquier obra y ante el Organismo de cuenca de la solicitud de nuevo aprovechamiento de aguas subterráneas o del cambio de uso del existente aportando, además de la documentación ordinaria que actualmente acompaña a la solicitud, los elementos básicos del proyecto de instalación geotérmica. Tras su deliberación en plazo acordado, la solicitud debería ser estimada, denegada o aceptada con modificaciones que deben ser comunicadas a la parte solicitante.

1.4. **Clasificación de las instalaciones de aprovechamiento geotérmico**. Uno de los factores que podrían cuantificar el riesgo de una instalación es su capacidad para generar impactos. Puesto que los impactos son proporcionales al tamaño de la instalación y de ésta depende en gran parte la demanda energética, se postula esta última como una variable relevante a la hora de clasificar los aprovechamientos en función de su potencial capacidad de generar impactos en el acuífero. Puesto que la rentabilidad de los sistemas abiertos parece situarse en instalaciones superiores a 100 kW, un propuesta podría establecer tres grupos dependiendo de su tamaño, como por ejemplo la siguiente:

- Pequeñas instalaciones: <100 kW
- Instalaciones de tamaño medio: 100 a 500 kW
- Grandes instalaciones: >500 kW.

1.5. Para **instalaciones de menos de 50 kW se podría recomendar preferentemente la construcción de sistemas cerrados**, simplificando en tal caso el trámite administrativo ante el Organismo de cuenca (no requiere de concesión de agua ni autorización de vertido). Se limitaría la autorización a un informe hidrogeológico que justificase de que la instalación no afecta a las características fisicoquímicas del agua subterránea ni a terceros aprovechamientos de aguas subterráneas.

1.6. **Proyecto detallado de instalación, incluyendo datos energéticos**. Los proyectos deberían estar diferenciados por tamaños de la instalación (<100

kW, 100 a 500 kW y >500 kW) contando cada uno con exigencias específicas. Exceptuando aquellos proyectos de pequeño tamaño se debería aportar un estudio con soluciones justificadas de diferentes alternativas de gestión del sistema geotérmico que demostrase que la alternativa seleccionada es la más favorable desde el punto de vista medioambiental y la que menor impacto térmico genera. Al igual que con las concesiones de agua, el proyecto debería tener entrada en el Organismo de cuenca antes del comienzo de su construcción para que la instalación pudiera ser estudiada por el grupo técnico de consulta y, oída su propuesta, el proyecto fuese igualmente aceptado, denegado o aceptado con modificaciones.

1.7. **Control en la ejecución de las obras**, especialmente en lo que afecta al acuífero y a las aguas subterráneas, debiendo levantarse actas de verificación y la redacción de un documento que recogiese toda la información relevante del control.

1.8. **Control de pruebas a realizar y ensayos previos de puesta en marcha de la instalación**, debiendo levantarse actas de verificación y la redacción de un documento que recogiese toda la información relevante del control.

1.9. **Concesión de licencia, seguimiento de la explotación e inspección** al cabo de periodos a convenir, debiendo levantarse actas de verificación tras cada inspección y la redacción de un documento que recogiese toda la información relevante del control.

1.10. En caso de abandono y clausura del aprovechamiento debe aportarse informe técnico detallando las actuaciones a realizar para el cierre o sellado de los pozos y seguimiento de la calidad del acuífero si así se estima necesario. El informe puede ser objeto de estimación, denegación o aceptación con modificaciones.

Cuando se trata de <u>instalaciones preexistentes</u> debe tenerse en cuenta también de manera específica los siguientes criterios:

1.11. **Establecer periodos transitorios de adaptación** diferenciados por tamaños del aprovechamiento energético: <100 kW, 100 a 500 kW, >500 kW.

1.12. En ciertas instalaciones que sólo usan la geotermia para refrigeración se debería estudiar la conveniencia de **exigir el uso en calefacción** para limitar el impacto térmico sobre el acuífero.

1.13. **Revisión del proyecto**. Informe del funcionamiento de la instalación y de los efectos observados.

1.14. **Establecer una monitorización adecuada** de la explotación: caudales, temperaturas, niveles acuíferos…

1.15. Las grandes instalaciones, superiores a 500 kW, deberán realizar un **modelo de flujo y transporte de calor calibrado**, en lo posible, con datos de la explotación de los últimos 5 años de funcionamiento al objeto de determinar el grado de afección al acuífero. Simulación de la pluma de contaminación térmica hasta un horizonte de 15 años.

1.16. P**roposición de medidas correctoras** para disminuir el impacto sobre el acuífero.

1.17. **Adecuación de la instalación** en un tiempo razonable en función de nuevos requisitos que le fuesen exigibles.

## 2. Criterios para la construcción de pozos

2.1 Es necesaria la aportación de **estudios hidrogeológicos y geotérmicos** en los que se especifiquen: objetivos, medios y técnicas a emplear para la ejecución de las obras previstas, indicación de los aspectos ambientales que pueden ser afectados por los trabajos, inventario detallado de pozos y aprovechamientos geotérmicos en el entorno de 1 km.

2.2 Se deben aportar **informes sobre parámetros hidrogeológicos del acuífero** obtenidos de ensayos de bombeo de las captaciones del emplazamiento.

2.3 **Emplazar los sondeos de extracción e inyección** de agua conforme a **criterios hidrogeológicos** en función del flujo de agua subterránea en el entorno.

2.4 **Especificar y justificar las características técnicas de las obras**: profundidad, diámetros, entubaciones, cementaciones, rejillas y filtros, engravillados, etc. Es importante definir la profundidad de los pozos de reinyección y si deben

ser menos penetrantes para evitar la disolución en el contacto con los yesos en la base del acuífero.

2.5 Como norma, **la captación y la inyección deben alcanzar al mismo acuífero**, para evitar modificaciones en la calidad del agua que agravarían los procesos de precipitación-solubilidad mineral. Se han observado niveles arcillosos que confinan al acuífero urbano en determinados sectores sin que ello suponga cambio en las características fisicoquímicas del agua subterránea. En estos emplazamientos u otros de similares condiciones hidrogeológicas, se sugiere respetar una norma en la que la captación de aguas se realice en niveles profundos y la inyección en niveles superficiales.

2.6 Las **distancias** a que deben situarse los pozos **respecto a los de otras instalaciones** debe ser considerada en función del entorno hidrogeológico, pero nunca debería ser inferior a **100 m**.

2.7 Elevar a **250 m** la **distancia mínima aconsejable entre sondeos** de inyección de un sistema y sondeos de captación de otro aprovechamiento **cuando ambos se sitúen sobre una misma línea del flujo subterráneo**, sin perjuicio de que para evitar completamente el alcance de la pluma térmica sean necesarias distancias superiores a la indicada.

2.8 **La distancia mínima aconsejable (L) en metros que debe existir entre los pozos de extracción-inyección** dentro de un misma instalación para evitar procesos de autointerferencia debe cumplir como mínimo la relación $\frac{L_{mínima}}{Q} \cdot 100 < 4$ siendo Q el caudal expresado en $m^3 \cdot día^{-1}$.

2.9 Fijar los **caudales de inyección máximos** aconsejados por sondeo en torno a **50 $m^3 \cdot h^{-1}$**.

2.10 Ubicación de sondeos a distancias mínimas de 10 m del límite de la propiedad.

## 3. Criterios para la explotación sostenible de los aprovechamientos

3.1 Se debería exigir un **uso reversible de la energía geotérmica**, que minimice los efectos térmicos en el subsuelo y contribuya al balance energético del acuífero. En caso contrario tendría que justificarse en la solicitud.

3.2 En determinadas **zonas sensibles** podría **autorizarse únicamente el uso para calefacción**, que permitiría rebajar la temperatura de inyección incluso por debajo de la temperatura de referencia del acuífero.

3.3 Diseñar el sistema (COP o rendimiento de las bombas de calor) de forma que se limite al máximo la tasa de recirculación de agua, lo que reduciría el impacto sobre la calidad del agua.

3.4 En general, los **saltos térmicos máximos** que se pueden permitir pueden ser establecidos próximos a los criterios que Francia estableció con 11°C, en la Ley de Aguas de 1992, o los 6°C implantados por Alemania (Ruiz *et al*., 2010), que han resultado adecuados en ambos casos. Sin embargo, las experiencias se basan en acuíferos sin la problemática que presenta el aluvial del Ebro, con una presencia salina en su base. Por ello se debe limitar en cualquier situación el salto térmico de las instalaciones preexistentes a un valor máximo de **10°C**. En aquellas instalaciones que tengan actualmente saltos térmicos inferiores así como las nuevas que se proyecten en el futuro, el sato térmico se debe reducir a un máximo de **8°C** de forma que las temperaturas de vertido estén de acuerdo con el valor del índice Mv < 5 (Capítulo 7).

3.5 Las **temperaturas de inyección** deben ser estudiadas caso por caso, en función de la posición del sistema abierto en la ciudad, rendimiento esperable de la bomba de calor, de la relación con otros aprovechamientos y con la temperatura de las aguas subterráneas. No obstante, la temperatura de devolución **no debe ser superior a 30°C** bajo ningún concepto, que debería ser minorada en función de la profundidad del sustrato acuífero y de la calidad del agua subterránea en cada punto.

3.6 **Limitar la implantación de nuevos sistemas abiertos** en las áreas urbanas que tengan una temperatura media del agua subterránea superior a **22°C**.

3.7 **Prohibir nuevos sistemas abiertos o limitar los existentes** cuando se hallen sobre plumas o islas urbanas de calor con temperatura superior a **25 °C**. En caso de nuevos sistemas en funcionamiento, los saltos térmicos aplicados deberán ser más restrictivos a los propuestos en los puntos anteriores. De manera excepcional podrán instalarse sistemas abiertos exclusivamente para calefacción y por tiempo limitado hasta la recuperación o reversibilidad de la situación térmica del acuífero.

3.8 **Evitar la colmatación del pozo por gases**, es decir, la generación de burbujas de aire en la inyección, que al quedar atrapadas en los poros del acuífero ocasionan la pérdida de permeabilidad del acuífero y disminución del rendimiento de los pozos de vertido.

3.9 **Repartir el caudal de extracción de cada pozo** en al menos el doble de pozos de devolución, convenientemente distanciados, a fin de prolongar la vida útil de los puntos de vertido.

3.10 **Para las instalaciones grandes**, de más de 500 kW, se debería exigir antes de la concesión de la licencia definitiva, la **realización de un modelo de flujo y transporte de calor del acuífero** en un entorno adecuado del aprovechamiento que tenga en cuenta las posibles afecciones a terceros, con simulación del comportamiento de la explotación en un **horizonte mínimo de 20 años**, incluyendo para ello el diseño energético de la instalación con cargas térmicas reales y alimentado con parámetros hidráulicos y térmicos experimentales de los pozos del mismo aprovechamientos.

3.11 Para **instalaciones de tamaño medio**, entre 100 y 500 kW, se debería exigir antes de la concesión de la licencia definitiva, **un modelo de flujo y transporte de calor** alimentado con datos de parámetros hidráulicos y térmicos no necesariamente experimentales, que delimitase el alcance de la pluma térmica del vertido en un **horizonte mínimo de 10 años.**

3.12 Se debe **estudiar cualquier alternativa de vertido** aportando una opción razonada del método elegido. Las alternativas deben considerar: más pozos de vertido, reparto proporcional de vertido entre diferentes alternativas (vertido en zanjas, red de saneamiento, inyección en zona no saturada del

acuífero, depósitos para disipación de calor, conducción directa al río Ebro, etc.).

## 4. Criterios para la protección de la calidad

4.1 **Mantener circuitos presurizados**, que eviten por un lado la aireación del agua, pues aumenta la disolución del $O_2$ y la agresividad del agua, y por otro la desgasificación, que puede ser causa de pérdida de $CO_2$ disuelto y con ello de formación de precipitados de carbonatos y otras sales, fundamentalmente en las rejillas de las tuberías de los pozos, pero también en la matriz del acuífero, que provoca el cierre de poros, pérdida de permeabilidad y de eficiencia de las captaciones.

4.2 **Controlar el salto térmico dentro de los límites fijados**, para evitar cambios importantes en el producto de solubilidad de yeso y de calcita en el agua subterránea de los pozos de inyección, que conduzcan a procesos de precipitación-disolución de estos minerales.

4.3 **No favorecer la disolución de la matriz sólida del terreno** de los pozos situados sobre materiales muy solubles, como yesos y sales, que puede acelerar los procesos de karstificación, con consecuencias sobre la estabilidad del terreno y de las estructuras edificadas.

4.4 En el doblete de pozos se debe **evitar mezclar aguas** de salinidades sustancialmente diferentes o de facies hidroquímicas distintas.

4.5 **No favorecer el desarrollo bacteriano**, evitando temperaturas excesivas de vertido y la introducción en las aguas subterráneas de nutrientes a través de mecanismos diversos como: fugas de redes de saneamiento o alcantarillado, entrada de agua de niveles acuíferos contaminados, infiltración rápida de escorrentías, fertilizantes agrícolas, aditivos orgánicos o fosfatos en los lodos de perforación de sondeos.

4.6 **Evitar** procesos de devolución que supongan un **cambio** significativo de las **condiciones redox** en las aguas subterráneas, especialmente el paso de aguas oxidantes a reductoras y viceversa.

4.7 **Impedir la introducción de partículas en suspensión** y el arrastre de materiales de mayor tamaño en los sondeos de inyección. En gran parte esto se consigue manteniendo el sondeo cerrado para su presurización.

4.8 La norma genérica debería **prohibir el uso de aditivos químicos** en aguas de devolución y pozos de inyección, en el caso de aceptar el empleo de aditivos, se recomienda utilizar únicamente aquellos estrictamente necesarios y en las cantidades mínimas para cumplir con su función. Además: no deben ser tóxicos, ni formar compuestos tóxicos en su degradación ni reaccionar con otras especies químicas; han de ser biodegradables y se deben evitar sustancias que puedan favorecer el crecimiento bacteriano; tener presente que pese al empleo de dosis muy bajas, la masa total de aditivo vertida al medio puede ser grande.

4.9 **Restringir o prohibir la instalación de sistemas abiertos** en zonas acuíferas con aguas contaminadas, en las proximidades de fosas sépticas, vertidos directos al agua subterránea, estaciones depuradoras o suelos contaminados.

4.10 **Limitar el uso de estos sistemas** en las zonas de protección máxima y moderada de captaciones de aguas subterráneas para abastecimiento urbano.

## 5. Criterios para el control de los sistemas geotérmicos abiertos

Básicamente es necesario hacer frente y detectar de manera anticipada cualquier circunstancia que repercuta en el normal funcionamiento del sistema, reduzca los riesgos y minimice cualquier tipo de impacto que pueda generarse como consecuencia de: gestión inadecuada del sistema, fallos estructurales precursores de colapsos, contaminaciones accidentales en pozos con aporte de nutrientes, aditivos no autorizados, ascenso de niveles piezométricos por colmatación de rejillas o reducción de porosidad, saltos térmicos excesivos, etc. Para ello debe diseñarse un protocolo de control y vigilancia, estableciendo puntos de control, metodología, parámetros de muestreo, frecuencias y establecer un panel de indicadores físico-químicos de control. Todos los datos hidrogeológicos recopilados

más otros relativos a demandas y suministros energéticos deberían ser trasladados periódicamente al Organismo de cuenca para el control y verificación por el grupo técnico asesor. En este sentido, algunos criterios básicos son:

5.1 Garantizar por regla general la calidad del agua.

5.2 Los aprovechamientos geotérmicos deben contar con **instrumentos y dispositivos** adecuados para el **control y lectura en continuo de los parámetros requeridos**, que como mínimo deben poder caracterizar al agua subterránea de cada pozo de captación y al agua de devolución en cada pozo de vertido. Estos dispositivos son:

- Grifos o puntos de acceso para tomas y muestreos de agua.
- Caudalímetros, para medición del caudal que individualmente circula por cada pozo (captación y de devolución).
- Acondicionamiento de conductos o instalación de tubería piezométrica para el control de niveles de agua subterránea y temperaturas en el interior de pozos.

5.3 Para el **control de sistemas abiertos de gran tamaño** (> 500 kW), es aconsejable perforar o acondicionar un **piezómetro en la dirección del flujo subterráneo** y en todo el espesor saturado del acuífero, especialmente en las mismas profundidades donde se produce la inyección del agua de devolución. La localización de este punto no debería sobrepasar los 100 m siendo aconsejable una distancia en torno a 50 m.

5.4 **Inspección visual periódica de las captaciones y de su entorno**, que permita detectar anticipadamente y hacer frente a fallos en la estructura de los pozos, tanto el de extracción como el de inyección. Casos típicos pueden ser las variaciones anómalas de caudal y de nivel piezométrico para unas mismas condiciones de extracción-inyección debido a la colmatación de la matriz, del empaque de gravas o filtros de tuberías; grietas, deformaciones y fisuras en el entorno de las captaciones, como elementos precursores de potenciales colapsos.

5.5 Las instalaciones deben tener capacidad para realizar un **seguimiento hidráulico y térmico en continuo**, exigiendo la entrega periódica de los

estadillos que recojan con frecuencia diaria lectura de temperaturas, caudales y niveles en cada uno de los pozos.

5.6 **Establecer un protocolo de vigilancia hidroquímica** para el correcto funcionamiento del sistema geotérmico basado en las siguientes acciones:

- Definición de los puntos de control. Al menos se analizarán semestralmente los sondeos de extracción e inyección en una toma diseñada específicamente para la toma de muestras situada lo más próxima posible al cabezal de los pozos.
- Establecimiento de un panel de indicadores fisicoquímicos de control.
    - Parámetros fisicoquímicos: T, pH, conductividad eléctrica, alcalinidad y oxígeno disuelto.
    - Parámetros químicos. Elementos mayoritarios: Ca, Mg, Na, K, Cl, $SO_4$, $HCO_3$; y metales: Fe, Mn.
    - Otras determinaciones susceptibles de ser analizadas en el caso de que se estime necesaria su determinación, por ejemplo: análisis bacteriológico, materia orgánica, potencial de óxido-reducción.

## Propuestas de futuro

La llamada de atención hacia los posibles impactos y algunas experiencias negativas en la implantación de los sistemas geotérmicos no debería llevarnos a sobrevalorar el riesgo, hacernos caer en el alarmismo y renunciar al desarrollo de esta prometedora tecnología, sino que debería sentar las bases para que su crecimiento se realice en términos de prevención, protección, sostenibilidad y adecuada gestión.

Por este motivo y por el alto potencial existente para la proliferación de aprovechamientos en entornos urbanos como el de Zaragoza, resulta necesaria la adopción de medidas y criterios técnicos con fundamentos hidrogeológicos que estén bajo el soporte legal de una normativa específica aplicable al conjunto de

aprovechamientos geotérmicos. Solo de esta manera se podrán prevenir de forma eficaz la aparición de efectos no deseados en los sistemas geotérmicos y en el acuífero.

En consonancia, los aprovechamientos geotérmicos requieren previamente a su legalización de estudios hidrogeológicos específicos, con dimensionamiento de distancias, saltos térmicos, caudales, características de los pozos, vertidos, etc. Pero también se ha demostrado que una adecuada gestión del acuífero necesita conocer sus variaciones geológicas y litológicas, establecer una monitorización de sus características fisicoquímicas y tener el apoyo de herramientas eficaces, de tipo técnico como lo modelos matemáticos de flujo y transporte de calor, o de tipo legal con normativas que contribuyan al ordenamiento sostenible de todos los aprovechamientos de aguas subterráneas en la ciudad.

Asimismo resultaría necesario un sistema de tramitación que permitiese una mayor interacción y agilidad entre la administración y el proponente del proyecto o de la instalación. El diseño del informe tipo para evaluación del impacto del aprovechamiento de aguas subterráneas con fines geotérmicos puede ser una herramienta administrativa eficaz, que se debería exigir con cada nueva solicitud que se formulase ante las autoridades competentes antes de la concesión o licencia definitiva de funcionamiento de la instalación.

Se debe estar igualmente a la altura de otros países con más tradición en el uso de la energía geotérmica y estar capacitado para proponer otras soluciones singulares a la hora de autorizar nuevas instalaciones o modificar las concesiones de los que actualmente sufren o producen los impactos. Soluciones donde tienen cabida la gestión conjunta de las aguas subterráneas y superficiales o la ordenación del acuífero, destinando espacios centralizados exclusivos para captación (district heating o district cooling) separados de otros que concentren las inyecciones.

En la misma línea puede citarse el establecimiento de perímetros de afección térmica, similares a los perímetros de protección de captaciones de agua para abastecimiento urbano, con delimitación de zonas con diferentes restricciones para nuevos aprovechamientos de aguas subterráneas según sus usos. También, la elaboración de cartografías temáticas de apoyo a la ordenación de captaciones y aprovechamientos

geotérmicos, con distinción de áreas favorables, desfavorables y condicionadas para la explotación de recursos geotérmicos, de capacidad para el vertido térmico, establecer catálogos de actividades con implantación restringida en superficie, estudiar la posibilidad que brindan las relaciones río-acuífero, así como el almacenamiento en el terreno y gestión del calor residual en los sistemas geotérmicos abiertos, conocido por las siglas ATES (Aquifer Thermal Energy Storage).

# 14. CONCLUSIONES

A lo largo de los diferentes capítulos que componen esta memoria se ha ido recalcando la singularidad e importancia que representa Zaragoza para el conjunto del panorama nacional relativo a la explotación de recursos geotérmicos de muy baja entalpía. La presencia de un extenso y productivo acuífero aluvial bajo la ciudad, regado por las aguas de los ríos Ebro y Gállego, ha favorecido la implantación de un buen número de sistemas geotérmicos abiertos. Éstos utilizan el calor de las aguas subterráneas en procesos de climatización mediante la bomba de calor, como procedimiento eficaz, entre otros, para combatir el desarrollo de la temida bacteria *Legionella*. Algunos llevan ya 25 años en funcionamiento.

En definitiva, con este proyecto se ha desarrollado toda una metodología de trabajo con la que se han obtenido datos e información de diferentes aspectos hidrogeológicos del acuífero, de la explotación, de parámetros hidráulicos, procesos que intervienen en la evolución térmica del acuífero, aspectos químicos, procesos geoquímicos y se ha modelizado matemáticamente el flujo y el transporte del calor a diferentes escalas. De todos ellos se extraen diferentes conclusiones, que han resultado de gran utilidad para establecer una serie de criterios técnicos e hidrogeológicos relativos a:

- la construcción de pozos destinados al aprovechamiento energético como recurso geotérmico somero
- la protección de la calidad de las aguas subterráneas
- el control de los sistemas geotérmicos abiertos
- la ordenación sostenible de las captaciones y de los recursos
- en definitiva conseguir una gestión eficaz de todos los aprovechamientos de aguas subterráneas de Zaragoza.

## Aprovechamientos geotérmicos en Zaragoza

La revisión inicial de cerca de 500 referencias a distintos puntos de agua en la ciudad ha sacado a la luz datos que por sí mismos hablan de la magnitud de este fenómeno: cerca de 270 pozos activos en la ciudad de los que **176** corresponden a **pozos** utilizados en procesos de refrigeración y climatización de grandes edificios, de ellos 105 corresponden a captaciones y 71 a pozos donde se vierten aguas, generalmente con temperatura elevada, capaces de generar impactos sobre el acuífero que se identifican y valoran en el presente trabajo.

Estos pozos de climatización se agrupan en **65 aprovechamientos geotérmicos**, que demandan anualmente y en su conjunto en torno a **16,6 hm$^3$**, es decir más del 67% de toda la demanda de agua subterránea de Zaragoza; sin embargo, su consumo neto es muy reducido, inferior a 1 hm$^3$, precisamente por la metodología del sistema geotérmico, que conlleva la devolución del agua al propio acuífero.

En términos energéticos, las bombas de calor instaladas suministran una potencia calorífica que se sitúa por encima de los 34 MWt, 67 MWt si es para suministro de frío, mientras que la **potencia total instalada** en todos los aprovechamientos podría ser muy superior, incluso alcanzaría los **110-120 MWt** en generación de frío si se llegaran a contabilizaran todos los sistemas de los que apenas se tiene información.

## Impactos en el acuífero

Pero son precisamente la agrupación desordenada de pozos, algunos aspectos metodológicos relacionados con la devolución del agua al propio acuífero y las altas temperaturas de inyección el origen de la mayor parte de los impactos que estos sistemas generan al acuífero. Existen no obstante ciertos **factores de riesgo**, ligados a las características de la hidrogeología del acuífero, la naturaleza salina del sustrato impermeable y a la composición química de las aguas subterráneas que hacen que en determinados casos los impactos generados sean moderados o notables.

Los **impactos** generalmente dejan constancia por la contaminación térmica, con altas temperaturas en el doblete de pozos del propio aprovechamiento o de los pozos de su entorno, también en las denominadas plumas de contaminación térmica e islas de calor (áreas afectadas por coalescencia de varios vertidos térmicos), que elevan la temperatura de la masa de agua subterránea en áreas más o menos extensas, condicionando cualquier uso posterior de los recursos hídricos y energéticos del acuífero.

Otros impactos se detectan por extraños ascensos o descensos de los niveles piezométricos, caudales anómalos de extracción e inyección en los pozos, menor capacidad filtrante y pérdida de productividad en los pozos de devolución que en situaciones extremas provoca incluso el desbordamiento, por el colapso y hundimiento del entorno de las captaciones, la aparición de precipitados gelatinosos de microorganismos, costras de precipitados de carbonato, corrosión en las conducciones, etc.

## Monitorización

Para valorar adecuadamente todos estos impactos se ha definido en el proyecto una **Red de Control Geotérmica**, compuesta por **46 puntos de observación** repartidos por la ciudad. Nueve puntos son piezómetros construido ex profeso, totalmente penetrantes en el acuífero, que junto con el resto de puntos de la red se han sido sometidos a diferentes controles térmicos, hidroquímicos, ensayos de inyección y de dilución para la obtención de parámetros que definan las características hidrogeológicas del aluvial.

La red consta de dos grupos de pozos en función de su doble finalidad: por un lado, controlar la calidad general del acuífero con 20 puntos y, por otro, observar a través del control de 26 puntos cuál es la evolución temporal de la afección al acuífero como consecuencia del funcionamiento de una docena de aprovechamientos geotérmicos.

## Parámetros hidráulicos del acuífero

Los ensayos en los piezómetros y la reinterpretación de los datos preexistentes de pruebas de bombeo en distintos pozos resultan fundamentales para determinar los parámetros hidrogeológicos que rigen el comportamiento del acuífero, datos que serán útiles para la identificación de impactos y durante etapas posteriores del proyecto, para la modelización del flujo y del transporte del calor.

La información disponible está muy irregularmente distribuida por lo que sabiendo la incertidumbre que existe sobre la posición del lecho y sobre la variabilidad del espesor saturado del acuífero cabe comprender la importancia que adquiere actualmente el poder mejorar el conocimiento que se tiene acerca de estos parámetros. Todo ello sugiere la realización de ensayos de bombeo de larga duración, bajo estricto y adecuado control hidrogeológico, que deberían ser exigibles en caso de autorizar nuevas concesiones o aprovechamientos de aguas subterráneas. Pese a todo ello, se asume que la **transmisividad** del acuífero es muy alta, con un valor medio de **2.520 $m^2 \cdot día^{-1}$** y valor de la mediana de 1.079 $m^2 \cdot día^{-1}$. El Fondo de Transmisividad del acuífero abarca el rango de 283 a 4.121 $m^2 \cdot día^{-1}$. La **conductividad hidráulica** es igualmente elevada, con un valor medio de **218 $m \cdot día^{-1}$** y mediana de 77 $m \cdot día^{-1}$. El Fondo de Conductividad Hidráulica del acuífero es de 20 a 348 $m \cdot día^{-1}$.

## Situación del acuífero en relación con la temperatura

En el aspecto térmico, el control de la red ha permitido observar que la temperatura de las aguas subterráneas en la ciudad sufre una variación oscilatoria de mayor o menor amplitud, desde 0,3°C en áreas no afectadas hasta casi 12°C en puntos cercanos a vertidos térmicos, pero en todo caso es muy inferior a la amplitud térmica del agua del río Ebro. Dicha oscilación es también estacional y está sujeta a un retardo de entre 1 y 5 meses según el punto considerado, como consecuencia de: la profundidad del punto de medición en el sondeo, presencia o ausencia de flujo subterráneo, la afección de vertidos térmicos de sistemas geotérmicos, acción de avenidas e inundaciones del

Ebro, proximidad del punto de control respecto al cauce del río u otras fuentes y sumideros de calor.

Con datos tomados durante el año 2009 en más de 90 captaciones y piezómetros se concluyó que la **temperatura del acuífero** se hallaba entre valores de **14,9 y 26,6°C** y que las temperaturas normales en **áreas no afectadas** por actividades antrópicas llegan hasta los **17-18°C**; pero se observaron también islas de calor en el centro urbano de Zaragoza y plumas térmicas al suroeste, sureste y norte de la ciudad.

Durante una primera observación se constató que los sistemas geotérmicos aplicaban saltos medios de temperatura de 8,1°C, que en situaciones extremas superaron los 25°C, lo que de facto supone encontrar vertidos con hasta 43,3°C. Tomando como referencia la docena de sistemas abiertos controlados posteriormente en la Red de Geotermia, el salto térmico promedio ha sido de 4,1°C, alcanzando máximos de 20,3°C, lo que implica tener vertidos con temperaturas de hasta 36,2°C.

## Valoración de la interferencia térmica

Para valorar el grado de contaminación térmica que afecta a las captaciones y la capacidad de los vertidos para generar impactos se han definido los **índices** de Magnitud de la Captación y Magnitud del Vertido. Según estos índices, aproximadamente un tercio de los aprovechamientos geotérmicos evaluados captarían aguas afectadas por vertidos térmicos y otros tantos sistemas generan vertidos que son desaconsejados para la sostenibilidad térmica del acuífero llegando en ciertos casos incluso a ser calificados como agresivos.

Se analiza a su vez el riesgo de autointerferencia y el tiempo de llegada del frente térmico en los dobletes de pozos de captación y vertido de sistemas geotérmicos, bajo unos supuestos ideales desde el punto de vista conceptual del funcionamiento del acuífero. Con estas premisas, algo más del 50% de los dobletes quedarían afectados por la **autointerferencia térmica** y sufrirían los efectos de la contaminación térmica de su propio vertido en un tiempo inferior a 90 días.

Resulta por tanto aconsejable que los pozos de un mismo aprovechamiento mantengan una separación suficiente que garantice la sostenibilidad de las temperaturas a largo plazo del propio sistema abierto. Una rápida aproximación acerca de cuál sería la **distancia mínima** en cada caso particular puede obtenerse de la relación existente entre el caudal de explotación, la transmisividad y el gradiente hidráulico, con la que se estima que el valor promedio de la separación sería de **70 m**.

## Hidrogeoquímica del acuífero

Cerca de **380 análisis químicos** realizados entre los años 2011 y 2012 permiten una prefecta caracterización de la calidad de las aguas subterráneas de la ciudad, de la especiación mineral y de la dinámica de los procesos de precipitación-disolución que intervienen en las aguas, que podrían resultar modificados por la acción directa de los vertidos térmicos de los sistemas abiertos.

La composición química difiere notablemente de una margen a otra del Ebro como consecuencia de la distinta procedencia de las aguas que alimentan al acuífero, bien de la cuenca del Gállego o del Ebro; pero también por la infiltración de aguas de escorrentía que han circulado por los materiales salinos terciarios que afloran en el límite septentrional y por el lavado forzado de un sustrato de igual naturaleza salina que se halla a escasos metros de profundidad en la margen izquierda. Así, esta margen es la que tiene una salinidad notablemente más elevada, con facies hidroquímicas del tipo mixto en las que abundan los iones sulfato y calcio, valores más bajos de pH, de Eh y de la concentración de oxígeno disuelto que los observados para la margen derecha.

Algunos puntos detectan una evolución creciente en el contenido de iones calcio y sulfato durante el periodo de control establecido, pero la tónica generalizada ha sido la de estabilidad en el contenido iónico. Otros parámetros fisicoquímicos sí muestran tendencias de distinto signo cuya causa resulta incierta a nivel genérico en el acuífero, pero que en determinadas situaciones analizadas pueden corresponder con la acción derivada de la explotación e inyección de aguas subterráneas por pozos de climatización.

Los sistemas geotérmicos abiertos afectan de muy diferente manera a los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea. Teóricamente el **aumento de temperatura** incrementa la cinética o velocidad de las reacciones, desplaza los equilibrios de las reacciones de hidrólisis o disolución de sólidos hacia fases disueltas, disminuye la solubilidad de los gases como el dióxido de carbono y el oxígeno y mejora la actividad metabólica de los microorganismos que interviene en las reacciones de óxido-reducción. Como resultado se alteran las propiedades hidráulicas del acuífero, generalmente por la oclusión de poros, rejillas y, en definitiva, por la **pérdida de permeabilidad**.

Se ha controlado la evolución de parámetros fisicoquímicos, pero también la especiación mineral, la disolución o la precipitación de yeso, calcita y halita como minerales característicos de las formaciones geológicas del entorno próximo del acuífero. Tal estudio se lleva a cabo en tres escalas diferentes de trabajo: en dobletes de pozos de captación-vertido, pozos afectados térmicamente frente a pozos no afectados y también a lo largo de una línea de flujo perfectamente caracterizada.

Observando el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos en **dobletes de pozos** se concluye que el funcionamiento de estos apenas modifica el pH del agua de vertido, permanece estable o se incrementan muy ligeramente los valores de conductividad eléctrica, crece la concentración de oxígeno disuelto, fundamentalmente por la aireación producida por borboteo durante la devolución del agua en caída libre por conductos no presurizados, y suben significativamente los valores del potencial de óxido reducción.

A lo largo de una **línea de flujo** lo que se observa es un progresivo incremento en la oxigenación del agua subterránea tras el paso por diferentes aprovechamientos geotérmicos, proceso que se repite en sucesivos años coincidiendo con los periodos de puesta en funcionamiento. Parecido comportamiento en la línea de flujo se deduce para **pH** y alcalinidad, mientras que el primero permanece estable o sube ligeramente la alcalinidad desciende conforme progresa el flujo, poniendo en evidencia un descenso de la concentración de iones bicarbonato disueltos en el agua subterránea.

Mediante el estudio de la especiación geoquímica se llega a describir cuáles son los **procesos de disolución-precipitación mineral** que actualmente se producen de forma natural en el acuífero, observando: **1)** gran subsaturación de las aguas subterráneas en halita, **2)** un proceso generalizado de disolución de mineral de yeso como uno de los más activos del acuífero, que resulta más intenso en la margen izquierda del Ebro, y **3)** la existencia de aguas en equilibrio o ligeramente saturadas en calcita, circunstancia que favorecería la rápida precipitación de este mineral por desgasificación de $CO_2$ cuando las aguas son bombeadas. Resulta determinante conocer las características litológicas y constructivas de los pozos, la sistemática y procedimiento tanto del vertido como de la toma de muestras de agua a la hora de interpretar adecuadamente los resultados de la investigación acerca de la evolución de la especiación mineral en los dobletes de pozos.

Dependiendo del doblete estudiado se han obtenido resultados igual de concluyentes pero diametralmente opuestos. Así, mientras que los procesos dominantes en un doblete de pozos son la estabilidad de la calcita, la disolución de yeso y de halita, en otro doblete diferente los procesos observados son totalmente opuestos comprobando y constatando como único la precipitación de calcita.

En cuanto a la **evolución a lo largo de una línea de flujo** que atraviesa diferentes vertidos de sistemas geotérmicos abiertos parece observarse la precipitación de calcita, la disolución de halita y el aumento de la subsaturación en yeso, procesos que en todo caso no son ajenos a la incertidumbre siempre presente acerca de qué otros factores externos, como mezclas de aguas por avenidas del río, pérdidas en redes de distribución, etc., intervienen alterando la composición del agua y por tanto el resultado de la especiación mineral.

Se ha simulado la evolución de la saturación de calcita y yeso frente al **incremento de temperatura** del agua como consecuencia de un hipotético vertido térmico, corroborando los efectos ya descritos, en el sentido de estados crecientes de saturación de calcita que podrían generar precipitados, más probables cuanto mayor sea el salto térmico aplicado con las bombas de calor. En cuanto al yeso se mantiene el alto grado de subsaturación y por tanto la capacidad de disolución mineral.

## Modelización numérica del acuífero

La complejidad geológica, de los procesos y factores que intervienen en la dinámica del flujo subterráneo, pero especialmente en la transferencia de calor, sugiere que la modelización matemática no solo es una herramienta útil, con capacidad para integrar gran cantidad de información del acuífero y de las captaciones de agua, sino necesaria y de obligada ejecución para sistemas con grandes bombas de calor a la hora de dictaminar sobre determinados aspectos de la afección de los vertidos térmicos a las aguas subterráneas y a otros aprovechamientos del acuífero.

Pero las posibilidades de los modelos van más allá, brindando la oportunidad de estudiar toda una serie de alternativas a la gestión de los vertidos térmicos y a la gestión del calor almacenado en el subsuelo, donde también tiene cabida la incorporación de las aguas superficiales en lo que se podría denominar como alternativas emergentes para la gestión de vertidos.

Gracias a estas herramientas se ha podido dar una explicación a la evolución de la temperatura de las aguas subterráneas en los últimos años, revelando el impacto asociado a la congestión de los sistemas geotérmicos de baja entalpía en la zona urbana de Zaragoza, donde se observa que el 26% de la superficie del acuífero urbano permanece por encima de 18°C.

Se ha determinado a su vez la importancia que las avenidas del río Ebro y la capacidad de almacenamiento en las riberas tienen en la correcta interpretación de las variaciones de temperatura registradas en los piezómetros de control. Se ha comprobado que las inversiones del gradiente son responsables de que el impacto térmico tenga diferente alcance y magnitud en distintas secciones perpendiculares al río. Se ha deducido también que esta dinámica de riberas es capaz de movilizar una cantidad muy significativa de energía, de varios órdenes de magnitud superior a la procedente de los sistemas geotérmicos, brindando nuevas posibilidades a la gestión de los recursos geotérmicos.

Otras cuestiones importantes que resuelve la modelización acoplada del flujo y del transporte de calor son:

- la simulación de la autointerferencia y de la interferencia térmica entre distintas explotaciones geotérmicas
- poder observar la evolución y dimensiones de las plumas de contaminación térmica que quedan delimitadas por isotermas de un valor concreto
- la evolución a largo plazo de las temperaturas del acuífero, del sustrato impermeable y de la zona no saturada.

A modo de ejemplo y a tal efecto, se ha modelizado con sumo detalle la posición de la isoterma de 17,7°C en diferentes intervalos de tiempo y la posible interferencia térmica entre tres importantes aprovechamientos situados al suroeste de la Zaragoza. En este proceso resulta concluyente la importancia de contar con información detallada acerca de la explotación real que se hace en cada pozo de captación y de vertido, de las temperaturas de captación, de inyección y de los niveles piezométricos en diferentes partes del acuífero, datos necesarios en todo caso para un buen ajuste y calibración del modelo.

De la modelización se extraen diferentes **conclusiones** entre las que cabe destacar:

**1**) La conveniencia de que los sistemas abiertos funcionen en modo reversible para optimizar el balance energético del acuífero y disminuir la afección térmica.

**2)** Valorar adecuadamente el efecto que supone variar los valores de dispersividad longitudinal y transversal, factores de los que dependen el alcance de las plumas y la afección a terceros aprovechamientos situados aguas abajo.

**3)** Se produce un calentamiento progresivo de la zona no saturada que alcanza la superficie del terreno por lo que es necesario integrar datos térmicos de estas zonas en la calibración de futuros modelos.

**4)** Los pozos del Hospital Clínico están afectados por autointerferencia térmica desde casi el inicio de la explotación, proceso al que hay que sumar el comienzo de una interferencia térmica al tercer año de explotación procedente de los vertidos del Complejo Aragonia, difícil de valorar puesto que existe todavía una elevada incertidumbre del modelo geológico conceptual de este sector del acuífero urbano de Zaragoza.

# REFERENCIAS


Abesser C (2010) *Open–loop ground source heat pumps and the groundwater systems: A literature review of current applications, regulations and problems*. British Geological Survey Open Report, OR/10/045, 31 pp

Agència Catalana de l'Aigua (2008) *Guía CLIMACA Climatització d'edificis a partir de l'energia del subsòl*. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya, 125 pp.

Allen A, Milenic D (2002) Low-enthalpy geothermal energy resources from groundwater in fluvioglacial gravels of buried valleys. *Applied Energy* 74: 9-13

Appelo CAJ, Postma D (2005) *Geochemistry, Groundwater and Pollution.* Second edition A.A. Balkema, Rotterdam, 536 pp

Azcón A (2005) *Programa MABE* (Modelo Analítico de Bombeos de Ensayo) para PC. Freeware

Banks D (2008) *An introduction to thermogeology: Ground Source Heating and Cooling*. Blackwell Publishing, Oxford, 339 pp

Banks D (2009) Thermogeological assessment of open-loop well-doublet schemes: a review and synthesis of analytical approaches. *Hydrogeological Journal* 17: 1149-1155

Bezelgues-Courtade S, Durst P, Garnier F, Ignatiadis I (2013) ImPAC Lyon: evaluer l'impact environnemental et thermique de l'exploitation des aquifers superficiels pour la climatisation. *Aspectos Tecnológicos e Hidrogeológicos de la Geotermia* 51-58. AIH-GE, Barcelona

Bianchi M, Zheng CH (2009) SGeMS: A Free and versatile tool for three-Dimensional Geostatistical Applications. *Ground Water* 47 (1): 8-12

Bouwer H, Rice RC (1976) A Slug Test for Determining hydraulic Conductivity of Unconfined Aquifers With Completely or Partially Penetrating Wells. *Water Resources Research* 12: 423–428

Carrera J, Neuman SP (1986) Estimation of aquifer parameters under transient and steady state conditions: 1. maximum likelihood method incorporating prior information. *Water Resources Research* 22: 199-210

Chapuis RP (1989) Shape factors for permeability tests in boreholes and piezometers. *Ground Water* 27(5): 647–654

Chiasson AC, Rees SJ, Spitler JD (2000) A preliminary assessment of the effects of ground-water flow on closed-loop ground-source heat pump systems. *ASHRAE Transactions* 2000; 106: 14

Cooper HH Jr, Bredehoeft JD, Papadopulos IS (1967) Response of a finite-diameter well to an instantaneous charge of water. *Water Resources Research* 3: 263–269

Clyde CG, Madabhushi GV (1983) Spacing of wells for heat pumps. *J. Water Resour*. Plan Manage 109(3): 203-212

Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) (2010) *Base de datos SITEbro*. http://iber.chebro.es/sitebro/sitebro.aspx

Custodio E, Llamas MR (1983) *Hidrología Subterránea*, 2 Tomos. Ed. Omega. Barcelona

DHI-WASY (2010) Feflow® 6 Finite Element Subsurface Flow & Transport Simulation System. User Manual. Berlin, 107 pp

de Marsily G (1986) *Quantitative hydrogeology: groundwater hydrology for engineers*. Academic Press, 464 pp

Environmental Protection Agency (EPA) (1999) *The Class V Underground Injection Control Study.* Volume 19 Heat Pump and Air Conditionning Return Flow Wells. USA, 60 pp

EPA (1997) *Manual on Environmental Issues Related to Geothermal Heat Pump Systems*. EEUU, 98 pp

Epting J, Händel F, Huggenberger P (2013) Thermal management of an unconsolidated shallow urban groundwater body. *Hydrol. Earth Syst. Sci*. 17: 1851-1869

Epting J, Huggenberger P (2013) Unraveling the heat island effect observed in urban groundwater bodies. Definition of a potential natural state. *Journal of Hydrology* 501: 193-204

EurObser'ER (2013) *Heat Pumps Barometer*. October 2013

Ferguson G, Woodbury A (2004) Subsurface heat flow in an urban environment. *Journal of Geophysical Research* 109: B02402

Ferguson G.; Woodbury A (2007) Urban heat island in the subsurface. *Geophysical Research Letters* 34: L23713

Fitts CR (2013) *Ground Water Science: 12 Subsurface Heat Flow and Geothermal Energy*. Elsevier 2nd edition, 587-620

García-Gil A, Vázquez-Suñé E, Garrido E, Sánchez-Navarro, JA, Mateo-Lázaro J, (2014) The thermal consequences of river-level variations in an urban groundwater body highly affected by groundwater heat pumps. *Science of the Total Environment* 485-486: 575-587

Garnier F (2012) *Contribution à l'évaluation biogéochimique des impacts liés à l'exploitation géothermique des aquifères superficiels: Expérimentations et simulations à l'échelle d'un pilote et d'installations réelles*. Tesis Doctoral Orléans, 313 pp, 255 fig, 30 tab

Garrido E, Arce M, Van Ellen W (2006) Modelo matemático de flujo subterráneo del acuífero aluvial del Ebro en el entorno de Zaragoza. *Hidrogeología y Aguas Subterráneas* 21: 343-349. IGME, Madrid

Garrido E, García de la Noceda C (2009) Implicaciones hidrogeológicas de la utilización de los acuíferos por los pozos de climatización. El caso de la ciudad de Zaragoza. *I Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria*, 65-74. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

Garrido E, García M, Arce M, Serrano J (2006) Ejemplo de caracterización adicional de masa de agua subterránea para la aplicación de la Directiva Marco del Agua en España: Estudio piloto del acuífero aluvial del Ebro. *Hidrogeología y Aguas subterráneas* 21: 335-342. IGME, Madrid

Garrido E, Moreno L, Azcón A, Padrino A (2003) Implementación de una red urbana para el control de calidad del agua subterránea en la ciudad de Zaragoza. *Presente y futuro del agua subterránea en España y la Directiva Marco Europea*, 279-284. AIG-GE, Madrid

Garrido E, Moreno L, Azcón A (2008) Caracterización del medio hídrico subterráneo en la ciudad de Zaragoza y su entorno. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos* XXVIII: 257-266. AEH, Elche (Alicante)

Garrido E, Sánchez-Navarro JA (2009) Aprovechamiento geotérmico de las aguas subterráneas de Zaragoza. Hacia un crecimiento sostenible. *Obras Urbanas* 14:64-69.

Garrido E, Sánchez-Navarro JA, Coloma P (2010) Aprovechamiento geotérmico somero del acuífero aluvial urbano de Zaragoza: primeros resultados. *Geogaceta* 49: 119-122

Garrido E, García-de la Noceda C, Moreno L, Sánchez-Navarro JA (2012) Criterios técnicos e hidrogeológicos para la explotación del acuífero urbano de Zaragoza por sistemas geotérmicos abiertos. *III Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria,* 495-504. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

Garrido E, Oroz M, Coloma P, Sánchez-Navarro, JA (2012b) Transformación de usos y demandas del acuífero urbano de Zaragoza derivado del aprovechamiento

geotérmico de sus aguas subterráneas. *Las aguas subterráneas: desafíos de la gestión para el siglo XXI*, 1-7. AIH-GE

Gelhar LW, Welty C, Rehfeldt KR (1992) A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers. *Water Resources Research* 28: 1955-1974

GeoPlat (2010) *Documento de visión a 2030*. Plataforma Tecnológica Española de Geotermia. Ministerio de Ciencia e Innovación

GEOTRAINET (2011) *Geotrainet Training Manual for Drillers of Shallow Geothermal Systems*. Eurpean Geothermal Energy Council. Brussels, 130 pp

Gringarten AC (1978) Reservoir lifetime and heat recovery factor in geothermal aquifers used for urban heating*. Pure Appl. Geophys*. 117(1-2): 297-308

Grupo de Hidrogeología Subterránea (GHS) (2003) *Visual Transin Code*. Universitat Politècnica de Catalunya

Guerrero J, Gutiérrez F, Lucha P (2004) Paleosubsidence and active subsidence due to evaporate dissolution in the Zaragoza area (Huerva River valley, NE Spain): processes, spatial distribution and protection measures for transport routs. *Engineering Geology* 72: 309-329

Halevy E, Moser H, Zuber A (1967) Borehole dilution techniques: A critical rewiew. *Isotopes in Hydrology,* 531-564. Organismo Internacional de Energía Atomica, Simposio de Viena, 1966

Henning A, Limberg A (1995) Das Grundwasser-Temperaturfeld von Berlin. *Brandenburgische Geowiss. Beitr*., 2, 1, S. 97-104, Kleinmachnow

Hvorslev M J (1951) Time lag and soil permeability in ground water observations. *U.S. Army Corps of Engineers Waterway Experimentation Station*, Bulletin 36

IDAE (2012) *Mapa Tecnológico: Calor y Frío Renovables*. 51 pp

IGME (1985) Convenio con ENADIMSA para el desarrollo de trabajos de investigación geotérmica dentro del programa 234. Otras fuentes de energía: *Síntesis de acuíferos para su utilización con bomba de calor*. Inédito

IGME-CHE (2010) Análisis del impacto térmico generado por los pozos de climatización en las aguas subterráneas de la ciudad de Zaragoza*. Directrices técnicas para la utilización del acuífero urbano por aprovechamientos geotérmicos con bomba de calor. Documento provisional*. 92 pp y anejos. Inédito.

IGME-Dirección General del Agua (2005) Trabajos técnicos para la aplicación de la Directiva Marco del Agua en materia de aguas subterráneas. *Caracterización adicional Aluvial del Ebro-Zaragoza*. IGME-DGA, Madrid. Inédito

Jaudin F (1988) *Eaux souterraines et pompes a chaleur. Guide pour l'utilisation de l'eau souterraine a des fins thermiques*. BRGM, Orléans, 144 pp

Krásný J (1993) Classification of transmissivity magnitude and variation. *Ground Water* 31(2) 230-236

Kruseman GP, de Ridder NA (1994) *Analysis and evaluation of pumping test data*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, The Netherlands, 377 pp

Lee JY (2006) Characteristics of ground and groundwater temperatures in a metropolitan city, Korea: considerations for geothermal heat pumps. *Geosciences Journal* 10 (2): 165-175

Lefranc E (1936) Procédé de mesure de la perméabilité des sols dans les nappes aquifères et application au calcul du débit des puits. *Le Génie Civil*, CIX(15): 306-308

Lemale J, Gourmez D (2008) *Guide Technique: Pompe à chaleur géothermique sur aquifer. Conception et mise en oeuvre. Cas de l'Ile-de-France*. ADEME, ARENE, BRGM, EDF. 73 pp

Lipmann MJ, Tsang CF (1980) Groundwater use for cooling: associated aquifer temperature changes. *Ground Water* 18(5): 452-458

Llopis G, Rodrigo V (2008) *Guía de la Energía Geotérmica*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 185 pp

Mace RE (1999) Estimation of hydraulic conductivity in large-diameter, hand-dug wells using slug-test methods. *Journal of Hydrology* 219: 34-45

Medina A, Carrera J (1996) Coupled estimation of flow and solute transport parameters. *Water Resources Research* 32: 3063-3076

Moreno L, Garrido E, Azcón A, Durán JJ (2008) *Hidrogeología urbana de Zaragoza*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 197 pp

Muffler P, Cataldi R (1978) Methods for regional assessment of geothermal resources. *Geothermics* 7: 53-89

Nordstrom D, Ball J (1989) Mineral saturation states in natural waters and their sensivity to thermodynamic and analytic errors. *Sci. Géol. Bull*. 42:269-280

Padilla A, Delgado P (2006). *Programa para la Interpretación de Bombeos de Ensayo (PIBE) v2.0*. Diputación Provincial de Alicante (Dpto Ciclo Hídrico). Alicante

Parkhurst DL, Appelo CAJ (1999) *A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations*. Water Resources Investigations Report 99-4259. US Geological Survey, 312 pp

Pahud D (2002) *Geothermal energy and heat storage*. Scuola Universitaria della Svizzera Italiana. 133 pp

Pinuaga I, del Barrio V (2008) Potencialidad de los acuíferos en España para su utilización por bombas de calor. *I Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria*, 31-36. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

Pouloupatis PD, Florides G, Tassou S (2011) Measurements of ground temperatures in Cyprus for ground thermal applications. *Renewable Energy* 36: 804-814

Pueyo O, Gil H, Ramajo J, Ipas F, Simón J Ansón D, Gracia J (2013) Distribución de los espesores del aluvial de la zona de Zaragoza, análisis de la influencia kárstica. *Geogaceta* 53: 113-116

Remy NN, Wu J, Boucher A (2008) *Applied Geostatistics with SGeMS: A User's Guide*. Cambridge, UK. Cambridge University Press

Rivas E, Garrido E, Elorza FJ, de la Orden JA, Azcón A, (2013) Simulación mediante elementos finitos de un aprovechamiento geotérmico en el acuífero aluvial urbano de Zaragoza. *Congreso aspectos tecnológicos e hidrogeológicos de la geotermia* 317-324. AIH-GE, Barcelona

Rivas E, Elorza FJ, Garrido E, Azcón A (2013b) Análisis de la interferencia térmica entre aprovechamientos geotérmicos de tipo abierto en el entorno urbanos de Zaragoza. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos XXX: 1161-1170. AEH, Granada

Ruiz E, Hendriks M, Toimil D (2010) *Guía Técnica de Sistemas Geotérmicos Abiertos*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 129 pp

Sánchez-Guzmán J, Sanz L, Ocaña L (2011) *Evaluación del potencial de energía geotérmica. Estudio técnico PER 2011-2020*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE. 232 pp

Sanner B, Karytsas C, Mendrinos D, Rybach L (2003) Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage in Europe. *Geothermics* 32: 579-588

Schoeller H (1962) *Les eaux souterraines*. Ed. Masson, Paris

Schön SJ (2011) Chapter 9 - Thermal Properties. In: Schön JH, editor. *Handbook of Petroleum Exploration and Production*. V8. Elsevier, 337-372

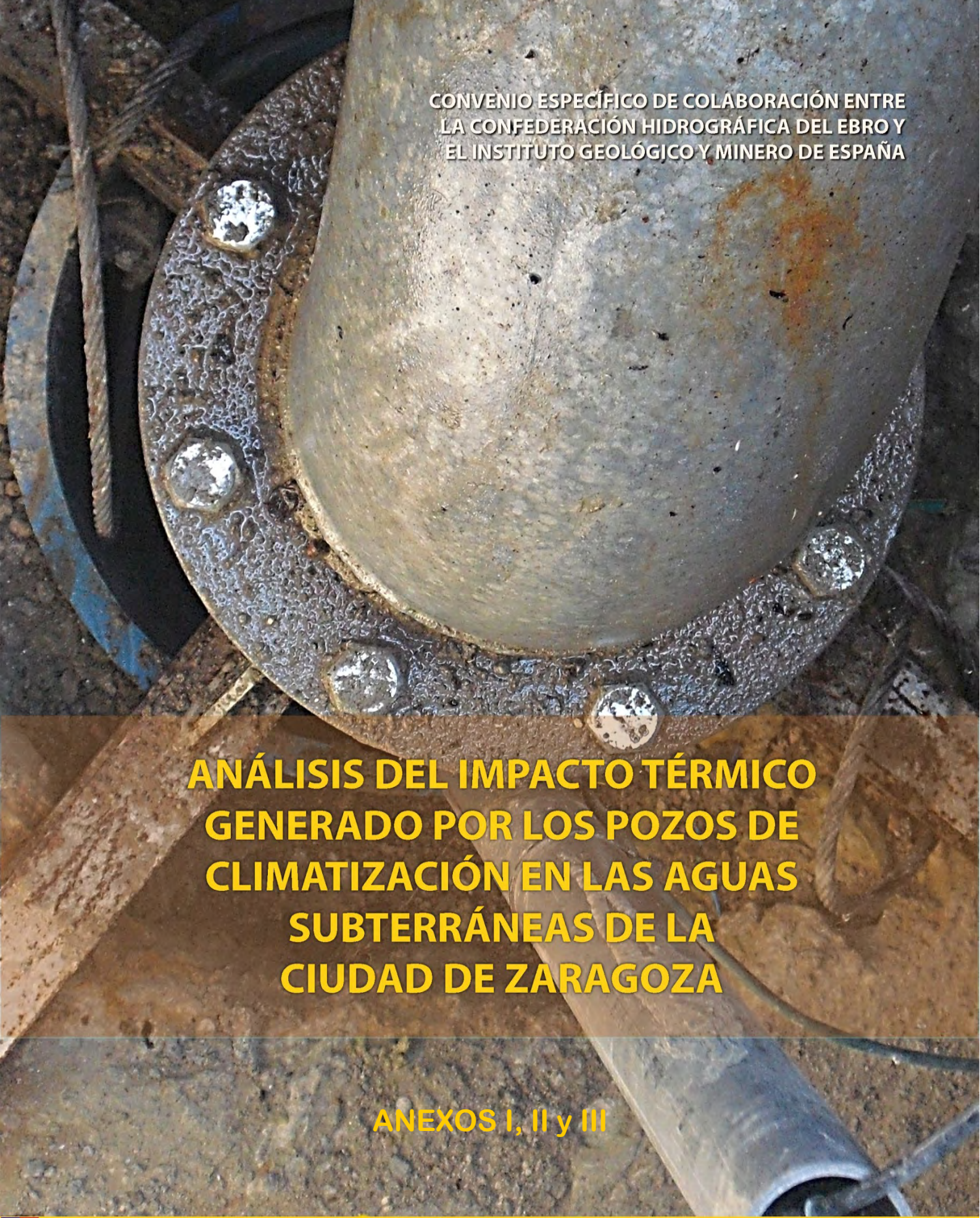
Tsang CF, Lippmann MJ, Witherspoon PA (1977) Production and reinjection in geothermal reservoirs. *Trans. Geotherm. Resour. Coun*. 1: 301-303

USGS (2002) *Documentation of spreadsheet for the analysis of Aquifer-Test and Slug-Test data*.

van der Kamp G (1976) Determining aquifer transmissivity by means of well response tests: the underdamped case. *Water Resources Publications* 12(1): 71-77

Williams PJ, Smith MW (1989) *The frozen earth*. Cambridge University Press, 306 pp

Zhu K, Blum P, Ferguson G, Balke KD, Bayer P (2010) The geothermal potential of urban heat islands. *Environmental Research Letters* 5: 044002



CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN ENTRE
LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO Y
EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

# ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉRMICO GENERADO POR LOS POZOS DE CLIMATIZACIÓN EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA

## ANEXOS I, II y III

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
Instituto Geológico y Minero de España
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

# ANEXO I

CONSTRUCCIÓN DE PIEZÓMETROS

# Informe fin de obra

# “Construcción e Instalación de una red de piezómetros para el control térmico de las aguas subterráneas de Zaragoza”

Promotor: Instituto Geológico y Minero de España
Ministerio de Ciencia e Innovación

Realiza: **Control 7 s.a.**
Fecha: 24 de Febrero de 2011

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica, C/E, 59-61
50057 ZARAGOZA

Polígono Malpica-Santa Isabel (Agrupación Los Sitios) – Calle E, Parcela 59-61, nave 9 – 50057 Zaragoza
Tels.: 976 571 227 – 976 573 754 – Fax: 976 573 494
CONTROL 7, Inscrita en el Registro Mercantil de Zaragoza, tomo 977, folio 59, hoja Z-683, suscripción 1ª.- C.I.F. A-5036117

## Indice

**1.- ANTECEDENTES..... 3**

1.1.- Objeto ..... 3
1.2.- Identificación del promotor..... 4
1.3.- Emplazamiento de las perforaciones..... 4

**2.- CARACTERÍSTICAS DE LA PERFORACIÓN..... 5**

2.1.- Ejecución de la perforación..... 5
2.2.- Duración de los trabajos..... 7

**3.- CONCESIÓN ADMINISTRATIVA..... 8**

**4.-ANEJOS..... 9**

Anejo 1: Mapas de situación geográfica, emplazamientos..... 10
Anejo 2: Maquinaria empleada..... 20
Anejo 3: Croquis de acabado de los piezómetros..... 22
Anejo 4: Columnas de sondeo y longitudes de tuberías..... 24
Anejo 5: Anejo fotográfico..... 38
Anejo 6: Documentación administrativa (resoluciones)..... 59

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

## 1.- ANTECEDENTES

### 1.1.- OBJETO

Este documento se presenta con el fin de aportar un compendio de los trabajos que se realizaron en la vía pública, de la ciudad de Zaragoza entre los meses de Mayo de 2010 y Enero de 2011, por encargo del **Instituto Geológico y Minero de España** a la empresa **Control 7 s.a.** Complementándose con la información más destacada recabada durante las actuaciones.

En la siguiente fotografía se muestra el acabado final de cada piezómetro, tal y como queda incluido en la vía pública.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

### 1.2.- IDENTIFICACIÓN DEL PROMOTOR

El promotor de los trabajos es el **Instituto Geológico y Minero de España**, Organismo Público de Investigación perteneciente al **Ministerio de Ciencia e Innovación,** en el marco de un CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN suscrito con la **Confederación Hidrográfica del Ebro** del para el **"ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉRMICO GENERADO POR LOS POZOS DE CLIMATIZACIÓN EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ZARAGOZA",** y que tiene por objeto completar el diseño e implantación de una red de piezómetros para el control de la temperatura de las aguas subterráneas bajo la ciudad de Zaragoza.

La dirección donde se ubican las oficinas del IGME en Zaragoza es C/ Manuel Lasala 44, 9º B, 50.006 Zaragoza. Teléfonos de contacto 976 555 153 – 976 555 282. Como director de proyecto actúa **D. Eduardo A. Garrido Schneider,** del área de infraestructura hidrogeológica.

El promotor encarga los trabajos de campo y gestión de permisos en su nombre, a la empresa **Control 7 s.a.,** con dirección Polígono Malpica-Santa Isabel (Agrupación Los Sitios) – Calle E, Parcela 59-61, nave 9 – 50057 Zaragoza Tels.: 976 571 227 – 976 573 754 – Fax: 976 573 494.

### 1.3.-EMPLAZAMIENTO DE LAS PERFORACIONES

En el Anejo 1 se indican los emplazamientos donde se llevaron a cabo los piezómetros. Dos de ellos se encuadran dentro de las instalaciones de Universidad de Zaragoza, otros seis en la vía pública dependiente del Servicio de Infraestructuras del Ayuntamiento de Zaragoza, y uno en un espacio pavimentado de un parque dependiente del Servicio de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Zaragoza.

En visita previa por técnico del IGME y de la empresa constructora, Control 7 s.a., se trataron de buscar lugares de baja incidencia en el tráfico rodado y peatonal, para que durante el plazo que duraron los trabajos en cada punto se produjeran mínimas interferencias y molestias a los usuarios y servicios.

En todo caso la colocación se llevó a cabo de manera que la información que se pueda recoger en la fase de utilización de los piezómetros fuera lo más ajustada posible al fin que se busca.

A su vez se procuró no producir interferencias con los posibles servicios existentes, los cuales no se vieron afectados por la construcción y posterior utilización. En todo caso para el emplazamiento definitivo se solicitó la colaboración de la administración pública para llegar a un acuerdo del punto exacto de sondeo, y se contó con todos los planos disponibles de posibles servicios existentes en la zona: aguas, vertidos, riegos, gas, luz, telefónica y fibra óptica.

El trabajo se realizó con una sola máquina, de modo que cada piezómetro se construyó de uno en uno, por lo que no se ocupó más de un punto cada vez. De este modo, la afección a tráfico y/o peatones, quedó minimizada. Antes de la implantación y comienzo de cada piezómetro se llevó a cabo una detección de cables y en caso de que fuera necesaria una calicata manual.

Finalmente y una vez realizado el trabajo se procedió a dejar el espacio en las mejores condiciones posibles, minimizando cualquier afección que se hubiera podido producir, y restableciendo las condiciones previas a la realización del trabajo en el entorno.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

## 2.- CARÁCTERÍSTICAS DE LA PERFORACIÓN

### 2.1.- EJECUCIÓN DE LA PERFORACIÓN

El trabajo ha consistido en la realización de 9 piezómetros, de profundidad comprendida entre los 20.80 y los 52.00 metros, y un diámetro final no mayor de 15 centímetros. Quedando al final del trabajo en superficie una tapa transitable metálica, circular del diámetro indicado, y rejuntada solidariamente con el material circundante con mortero de cemento, tal y como se aprecia en el anejo fotográfico. En la tapa se ha grabado, por punzonadora, el logotipo del Instituto Geológico y Minero de España.

La perforación se ha llevado a cabo mediante sistema convencional, de extracción de testigo continuo. En todo caso, cabe destacar que el piezómetro denominado "Edificio Seminario" debió realizarse con martillo en punta, marca PROROCK, modelo PR35, con grupo compresor de aire de 12 $m^3$ y 12 Kgs de presión, para conseguir atravesar los niveles de gravas cementadas que se encontraron.

Previo a la realización de la campaña de campo, se llevaron a cabo una serie de gestiones con la Universidad de Zaragoza, así como con el Ayuntamiento de Zaragoza, con el fin de obtener de la administración competente los preceptivos permisos, de ocupación temporal del espacio público, durante la realización de los trabajos (que no superaba los 100 $m^2$), así como de servidumbre y ocupación por un periodo de 30 años prorrogables, del espacio de en torno a medio metro cuadrado, que ocupa el piezómetro acabado. En ambos casos la colaboración y predisposición par parte de los responsables de tramitación fue excelente.

Finalmente cabe decir que los piezómetros se instalaron con tubería de pvc para el medioambiente, inerte, de color azul, de diámetro 3 pulgadas (exterior 89 mm / interior 80 mm), espesor de pared 4.5 mm, espesor máximo de ranuras 0.25 – 1.5 mm. Por indicación del cliente se fueron colocando los tramos ranurados en los lugares que presentaban mayor interés en cuanto a permeabilidad y menor contenido en finos, dejándose el resto de los metros instalados con tubería ciega. Al fondo de cada sondeo se dejaron dos metros por lo menos de tubería ciega con el fin de recibir los finos decantados.

La perforación de los piezómetros fue realizada por la empresa Control 7 s.a., cuyos datos son los siguientes:

- Nombre: **Control 7 s.a.**
- CIF: **A-50.361.179**
- Domicilio: **Polígono Malpica – Santa Isabel (Agrupación Los Sitios), Calle E, parcela 59-61, nave 9. 50.057 Zaragoza.**
- Teléfono: **976 571 227 – 976 573 754**
- Fax: **976 573 494**
- Correo electrónico: **gasparser@control7.es**

Las características de la maquinaria son las siguientes:

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

- Sondistas: Daniel Gil / Jose Luis Artal
- Maquina: Tecoinsa TP-50/400 Rotación montada sobre camión (ver anejo 2).
- Sistema de perforación rotación con recuperación de testigo continuo.
- Perforación: diámetro máximo de 145 mm

En la tabla siguiente se indican los metros perforados y los entubados, así como la profundidad a la que se cortó el nivel freático durante la perforación.

| nº orden | Denominación | metros perforados | metros entubados | cota de aparición de nivel freático |
|---|---|---|---|---|
| **1** | Campus Actur | 20,80 | 20,80 | -6,20 |
| **2** | Campus San Francisco | 38,40 | 38,40 | -25,20 |
| **3** | Parque tenerías | 31,20 | 31,20 | -7,50 |
| **4** | Plaza José Sinues | 34,20 | 34,20 | -15,70 |
| **5** | Hospital Provincial | 47,40 | 47,40 | -18,00 |
| **6** | Calle Albareda | 42,60 | 42,60 | -19,20 |
| **7** | Edificio Seminario | 52,00 | 52,00 | -35,20 |
| **8** | Edificio Aragonia | 40,20 | 40,20 | -31,20 |
| **9** | Caixaforum | 51,90 | 51,90 | -18,30 |
| **total** | | 358,70 | 358,70 | |

Una vez instalados los piezómetros se procedió a la nivelación topográfica de las bocas de sondeo, para lo cual se utilizó de base la red de clavos de nivelación topográfica del Ayuntamiento de Zaragoza repartidos por toda la ciudad. Y se empleó un nivel óptico marca Topcon Gren Lavel RT-G6, con mira de precisión. (ver anejo fotográfico). En la siguiente tabla se adjunta el resultado de la nivelación.

| nº orden | Denominación | Coordenadas | | |
|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | Z |
| **1** | Campus Actur | 676239 | 4616710 | 198,21 |
| **2** | Campus San Francisco | 675085 | 4612553 | 220,47 |
| **3** | Parque tenerías | 677588 | 4613734 | 196,94 |
| **4** | Plaza José Sinues | 676708 | 4613569 | 205,90 |
| **5** | Hospital Provincial | 676090 | 4613476 | 208,47 |
| **6** | Calle Albareda | 675893 | 4613462 | 210,06 |
| **7** | Edificio Seminario | 674280 | 4611708 | 235,84 |
| **8** | Edificio Aragonia | 674253 | 4612242 | 229,94 |
| **9** | Caixaforum | 675528 | 4613554 | 210,29 |

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

En el anejo 3 se adjunta un croquis tipo del acabado de los piezómetros realizados. En el anejo 4 se adjuntan los partes de materiales y distribución de la tubería ranurada / ciega de pvc, para cada piezómetro.

### 2.2.- DURACIÓN DE LOS TRABAJOS

El trabajo se llevó a cabo con una sola máquina previa conformidad de la administración competente, y permiso de ocupación temporal de la vía pública, realizándose para cada piezómetro la señalización viaria, con suficiente antelación. La señalización y balizamiento corrieron a cargo de Control 7 s.a.

Se estimo una duración de tres semanas para cada uno de los emplazamientos, aunque este plazo se extendió para los puntos más complejos y profundos, y quedó reducido para los más cortos. Se comenzó en Mayo de 2010 y se terminó en Enero de 2011.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica C/E 59-61
50057 ZARAGOZA

## 3.- CONCESIÓN ADMINISTRATIVA

Las redes de control de aguas subterráneas se implantan con voluntad de utilización indefinida en el tiempo, por lo que la Administración construye estos sondeos en emplazamientos en que está garantizada previamente tanto la ejecución y la permanencia de la obra como el acceso al punto para la observación y muestreo. Por estas razones, técnicos del Instituto Geológico y Minero en contacto con la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro, seleccionaron los puntos indicados y, a efectos de disponer de las garantías mencionadas, solicitaron del Ayuntamiento de Zaragoza y la Universidad de Zaragoza un acuerdo formal en el que se autorizara:

1. La ocupación, de modo transitorio mientras dure la ejecución de la obra, de una extensión aproximada de 100 $m^2$; necesarios para construir el piezómetro.
2. La ocupación durante un periodo de diez años, prorrogable por otros tantos, al término del mismo, de un espacio de 0.5 $m^2$, en que estará situado el piezómetro y la tapa de protección del mismo.
3. El acceso, por funcionario público o persona delegada, hasta el punto anterior, con objeto de realizar las medidas o muestreos inherentes a la operación de control, así como a realizar los trabajos de reparación o mantenimiento que sean necesarios.

En caso de por cualquier causa ajena al IGME el piezómetro resultase dañado o su acceso inhabilitado de forma permanente y atribuible a la administración responsable de la autorización, ésta, solventará o restituirá el daño ocasionado en la forma que mejor consideren ambas partes.

En todos los casos se ha contado con resolución favorable por parte de la Universidad de Zaragoza y del Ayuntamiento de Zaragoza. (ver anejo 6).

Zaragoza, 24 de Febrero de 2011

Fdo: **Javier Gracia Abadías**
*Geólogo*
*Colegiado nº 1683*
**Director de Laboratorio**

Fdo: **Sergio Gaspar Calvo**
*Geólogo*
*Colegiado nº 3673*
**Jefe del departamento de Geotecnia**

*El presente informe consta de 8 páginas de memoria técnica correlativamente numeradas, 9 croquis de situación de los piezómetros, una ficha de maquinaria, un croquis de acabado del pozo, 13 partes de sondeo, XXX hojas de anejo fotográfico y dos hojas de documentación administrativa. Todo ello debidamente sellado y firmado.*

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

# 4.-ANEJOS

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica C/E 59-61
50057 ZARAGOZA

# Anejo 1: Mapas de situación geográfica, emplazamientos

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica C/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**LOCALIZACIÓN PIEZÓMETRO**
**UNIVERSIDAD CAMPUS ACTUR**

*** Emplazamiento propuesto señalado con bote de tapa verde**

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A-5036117
Polg. Malpica c/E. 59-61
50057 ZARAGOZA

**LOCALIZACIÓN PIEZÓMETRO**
**UNIVERSIDAD - CAMPUS SAN FRANCISCO**

*** Emplazamiento propuesto señalado con bote de tapa verde**

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A-5036117
Polg. Malpica-Santa Isabel C/E, 59-61
50057 ZARAGOZA

**LOCALIZACIÓN PIEZÓMETRO**
**PARQUE TENERÍAS**

*** Emplazamiento propuesto señalado con bote de tapa verde**

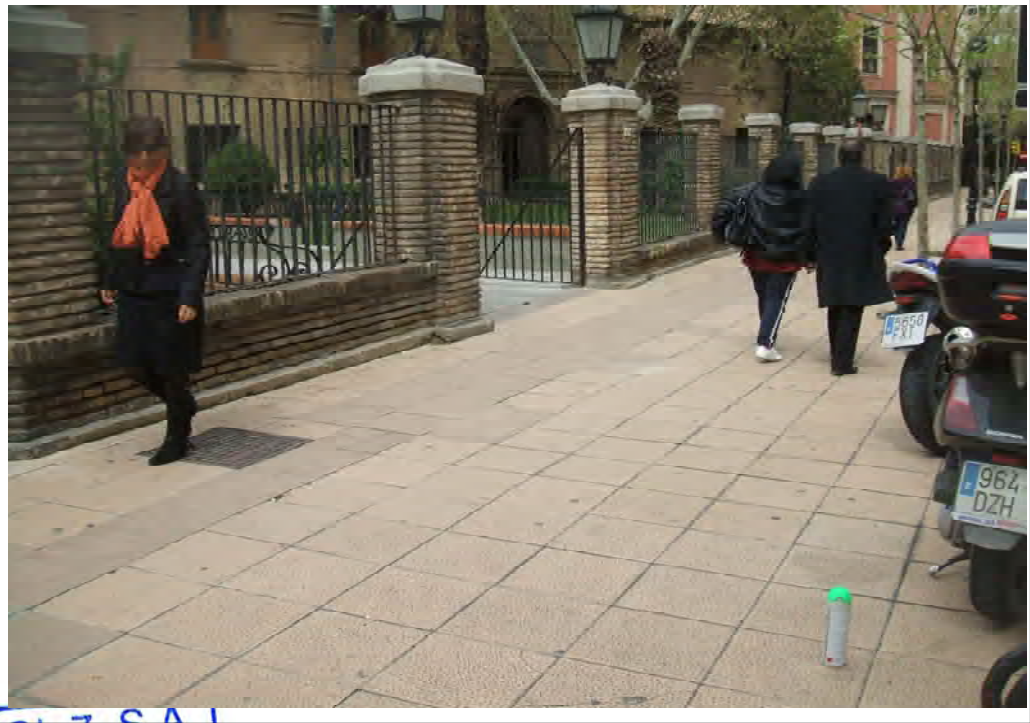
CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A-50[illegible]
Polg. Malpica c/E. 59-61
50057 ZARAGOZA

**LOCALIZACIÓN PIEZÓMETRO**
**PUERTA CINEGIA**

*** Emplazamiento propuesto señalado con bote de tapa verde**

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A-5036117
Polg. Malpica-Sta Isabel C/E, 59-61
50057 ZARAGOZA

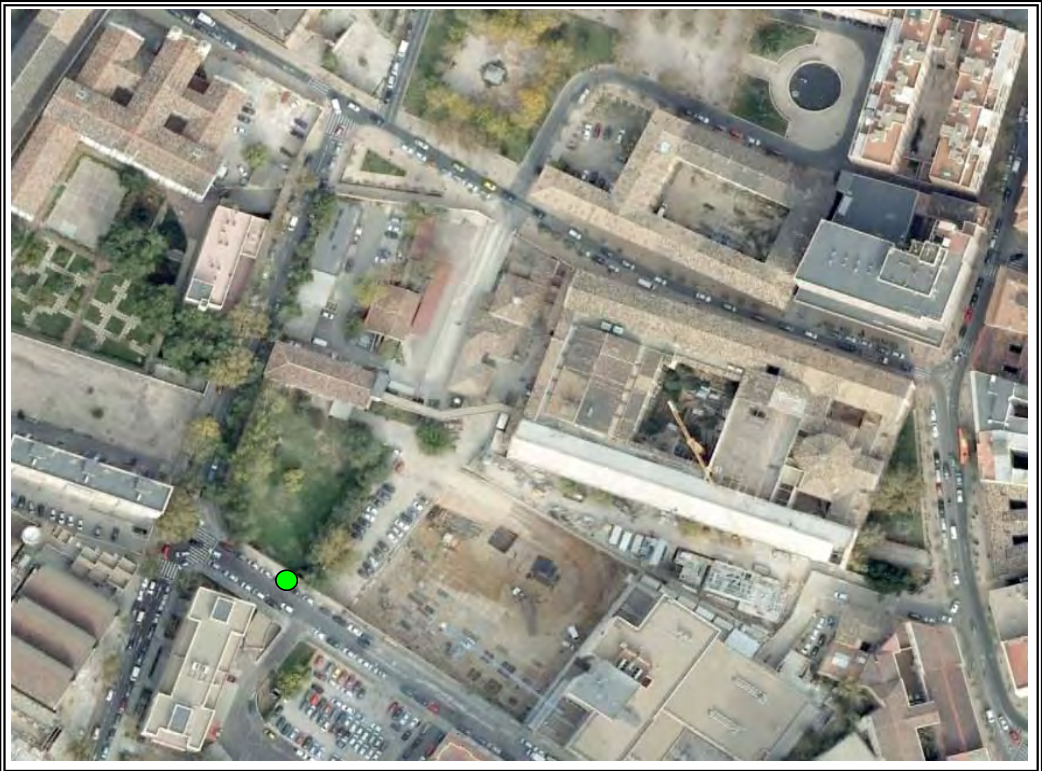
**LOCALIZACIÓN PIEZÓMETRO**
**HOSPITAL PROVINCIAL**



*** Emplazamiento propuesto señalado con bote de tapa verde**

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A-5036117
Polg. Malpica c/E, 59-61
50057 ZARAGOZA

**LOCALIZACIÓN PIEZÓMETRO 5**
**MUSEO PABLO SERRANO**



*** Emplazamiento propuesto señalado con bote de tapa verde**

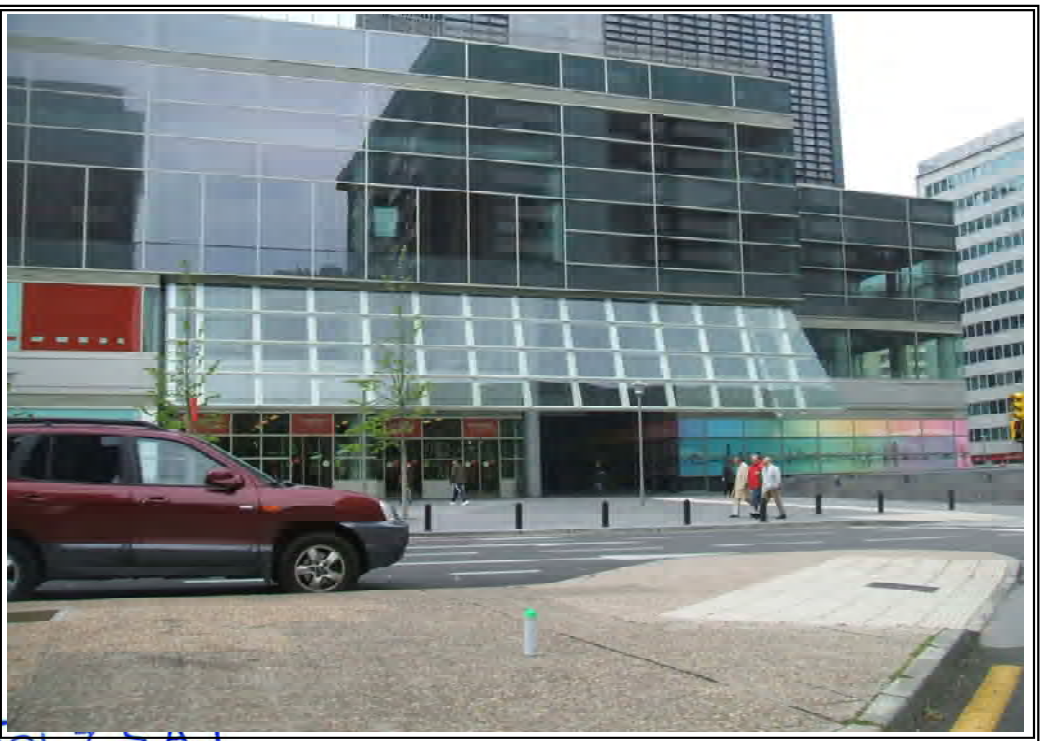
CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A-5036117
Polg. Malpica c/E. 59-61
50057 ZARAGOZA

**LOCALIZACIÓN PIEZÓMETRO**
**EDIFICIO SEMINARIO**

*** Emplazamiento propuesto señalado con bote de tapa verde**

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A-5036117
Polg. Malpica c/E, 59-61
50057 ZARAGOZA

**LOCALIZACIÓN PIEZÓMETRO**
**ARAGONIA**



*** Emplazamiento propuesto señalado con bote de tapa verde**

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A-5036117
Polg. Malpica C/E. 59-61
50057 ZARAGOZA

**LOCALIZACIÓN PIEZÓMETRO**
**CAIXA FORUM**

*** Emplazamiento propuesto señalado con bote verde**

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A-50[illegible]
Polg. Malpica c/E. 59-61
50057 ZARAGOZA

# Anejo 2: Maquinaria empleada

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica C/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Geotecnia:

## Dimensiones maquina de sondeos modelo Tecoinsa TP-50/400

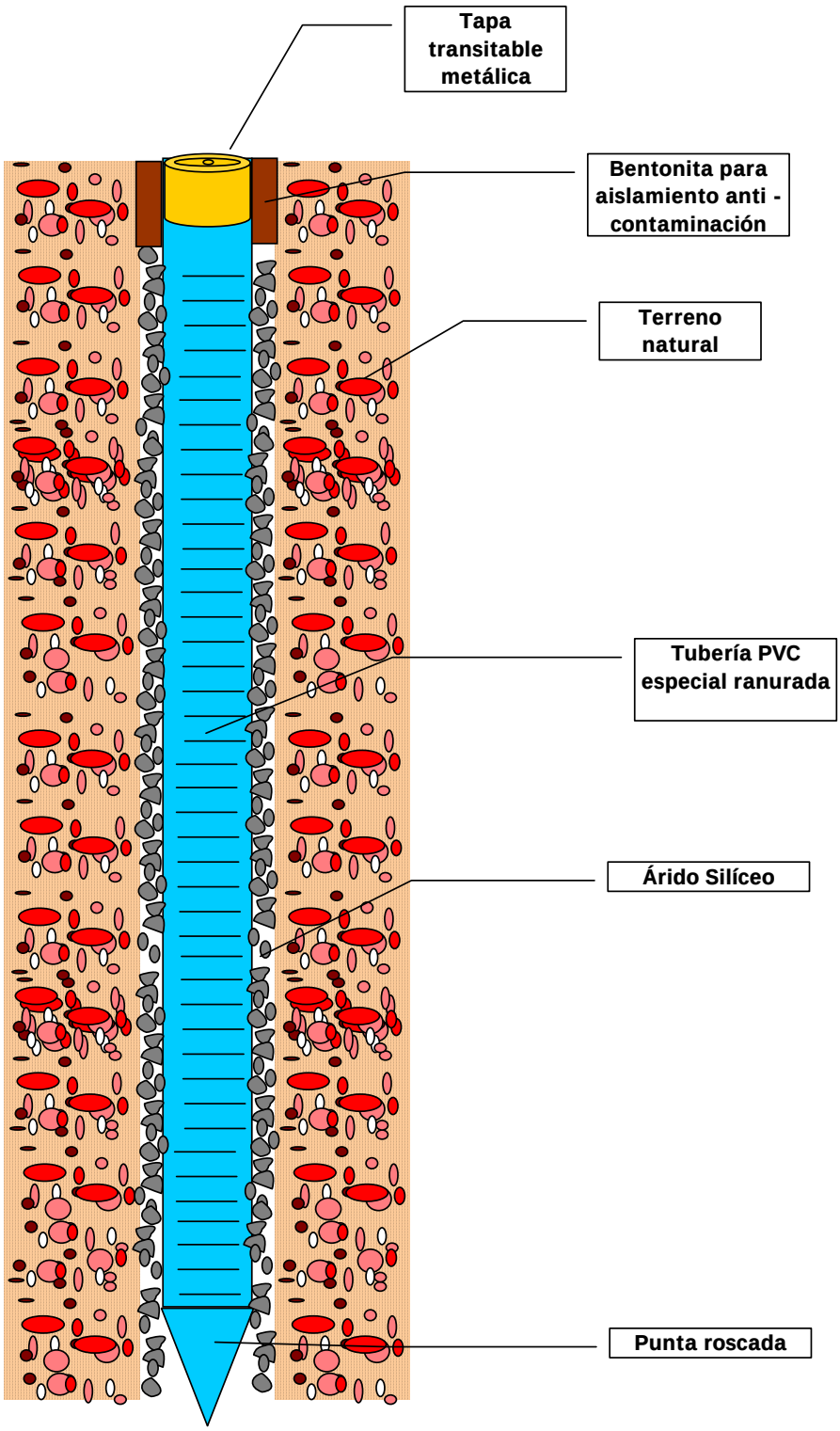
| **Maquina número** | **SO-002** |
|---|---|
| Camión | IVECO ML150E21K |
| Matricula | E-9738-FPB |
| nº de bastidor | ZCFILF0202484986 |
| Máquina | SONDA TP-50/400 |
| Fabricante | Tecoinsa (Zaragoza) |
| nº de fabricación | 0044569 |
| Potencia | 113 CV |
| Par máximo | 6,867 Nm |
| Velocidad de rotación | 0 a 750 r.p.m |
| Recorrido del cabezal | 3.400 mm |
| Retenedor hidraulico hasta diámetro | 170 mm |
| Tracción máxima | 49 KN |
| Empuje máximo | 19,3 KN |
| Cuadro de mandos | Centralizado |
| Penetrómetro | automático |

**Control 7 s.a**. Polígono Malpica Santa-Isabel (Agrupación Los Sitios) Calle E, Parcela 59-61, nave 9 - 50057 (Zaragoza)
Teléfono: 976-571-227-Fax: 976-573-494
Correo: grabaja@control7.es / gasparser@control7.es

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

# Anejo 3: Croquis de acabado de los piezómetros.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica C/E 59-61
50057 ZARAGOZA




CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E. 59-61
50057 ZARAGOZA

# Anejo 4: Columnas de sondeo y longitudes de tuberías

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica C/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

| | |
|---|---|
| SONDEO: Campus Actur | EMPRESA: Control 7 s.a. |
| SONDA: TP 50/ 400 | CLIENTE: IGME |
| SONDISTAS :Dani / J Luis | OBRA: PIEZOMETROS ZARAGOZA |
| FECHA: INICIO: 04/05/10 FINAL: 07/05/10 | LOCALIDAD: ZARAGOZA |

NIVEL FREATICO: PROFUNDIDAD DE CORTE -6,20 M; PROF. FINAL JORNADA

Nº DE CAJAS: 8

TUBO PIEZOMETRICO: SI

PVC

| PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TERRENOS PERFORADOS | TIPO DE BATERIA | CORONA Ø | CORONA TIPO | REVESTIMIENTO m tubo | REVESTIMIENTO prof. | REVESTIMIENTO Ø | AGUA COLOR | AGUA PERDIDA | PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TIPO | TUBO PIEZOMETRICO Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,07 | Solera | Simple | 113 | W | 1,60 | 1,60 | 145 | | | 0,00 | 1,00 | Sin ranurar | 3" |
| 0,07 | 0,10 | Hueco | Simple | 113 | W | 1,50 | 3,10 | 145 | | | 1,00 | 13,00 | Ranurada | 3" |
| 0,10 | 1,40 | Gravas (relleno) | Simple | 113 | W | 1,50 | 4,60 | 145 | | | 13,00 | 20,80 | Sin ranurar | 3" |
| 1,40 | 2,70 | Limos | Simple | 113 | W | 1,50 | 6,10 | 145 | | | | | | |
| 2,70 | 6,10 | Arenas | Simple | 113 | W | 1,50 | 7,60 | 145 | | | | | | |
| 6,10 | 8,70 | Gravas matriz arenosa (con agua) | Simple | 101 | W | 1,39 | 8,99 | 145 | | | | | | |
| 8,70 | 9,20 | Conglomerado | Simple | 101 | W | 1,39 | 10,38 | 145 | | | | | | |
| 9,20 | 13,30 | Gravas con niveles cementados | Simple | 101 | W | 1,50 | 11,88 | 145 | | | | | | |
| 13,30 | 15,70 | Arcillas con algún canto | Simple | 101 | W | 13,36 | 13,24 | 145 | | | | | | |
| 15,70 | 20,00 | Arcillas grises con algún canto | Simple | 101 | W | 1,41 | 14,65 | 145 | | | | | | |
| 20,00 | 20,80 | Arcillas/margas con yesos | Simple | 101 | W | 1,00 | 15,65 | 145 | | | | | | |

OBSERVACIONES: Durante la perforación agua a -6,20 m

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

SONDEO: Campus San Francisco | EMPRESA: Control 7 s.a. | NIVEL FREATICO | Nº DE CAJAS | TUBO PIEZOMETRICO

SONDA: TP 50/ 400 | CLIENTE: IGME | PROFUNDIDAD DE CORTE | PROF. FINAL JORNADA | 13 | SI

SONDISTAS :Dani / J Luis | OBRA: PIEZOMETROS ZARAGOZA | -25,20 M

INICIO: 11/05/10 | LOCALIDAD: ZARAGOZA | PVC

FECHA: FINAL: 25/05/10

| PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TERRENOS PERFORADOS | TIPO DE BATERIA | CORONA Ø | CORONA TIPO | REVESTIMIENTO m tubo | REVESTIMIENTO prof. | REVESTIMIENTO Ø | AGUA COLOR | AGUA PERDIDA | PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TIPO | Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,24 | Asfalto / Hormigón | Simple | 113 | W | 1,59 | 1,59 | 145 | | | 0,00 | 26,00 | Sin ranurar | 3" |
| 0,24 | 0,80 | Gravas (relleno) | Simple | 113 | W | 1,50 | 3,09 | 145 | | | 26,00 | 37,00 | Ranurada | 3" |
| 0,80 | 1,40 | Limos con cantos y raíces | Simple | 113 | W | 1,50 | 4,59 | 145 | | | 37,00 | 38,40 | Sin ranurar | 3" |
| 1,40 | 4,20 | Gravas matriz arenosa limosa | Simple | 101 | W | 1,50 | 6,09 | 145 | | | | | | |
| 4,20 | 8,60 | Gravas y bolos | Simple | 101 | W | 1,50 | 7,59 | 145 | | | | | | |
| 8,60 | 9,10 | Gravas Cementadas | Simple | 101 | W | 1,50 | 9,09 | 145 | | | | | | |
| 9,10 | 10,70 | Gravas y bolos matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 10,70 | 11,10 | Conglomerado | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 11,10 | 12,70 | Gravas matriz arenosa | Simple | 101 | W | 2,94 | 2,94 | 113 | | | | | | |
| 12,70 | 13,80 | Limos arenosos | Simple | 101 | W | 1,42 | 4,36 | 113 | | | | | | |
| 13,80 | 14,20 | Arenas | Simple | 101 | W | 1,42 | 5,78 | 113 | | | | | | |
| 14,20 | 14,50 | Limos arenosos | Simple | 101 | W | 1,44 | 7,22 | 113 | | | | | | |
| 14,50 | 16,00 | Limos arcillosos / arenosos | Simple | 101 | W | 1,50 | 8,72 | 113 | | | | | | |
| 16,00 | 16,40 | Arenas con algún canto | Simple | 101 | W | 1,50 | 10,22 | 113 | | | | | | |
| 16,40 | 18,00 | Gravas de matriz arenosa | Simple | 101 | W | 1,50 | 11,72 | 113 | | | | | | |
| 18,00 | 18,20 | Gravas Cementadas | Simple | 101 | W | 1,00 | 12,72 | 113 | | | | | | |
| 18,20 | 18,70 | Gravas de matriz arenosa | Simple | 101 | W | 1,00 | 13,72 | 113 | | | | | | |
| 18,70 | 19,00 | Gravas Cementadas | Simple | 101 | W | 1,00 | 14,72 | 113 | | | | | | |
| 19,00 | 20,00 | Gravas de matriz arenosa | Simple | 101 | W | 1,00 | 15,72 | 113 | | | | | | |
| 20,00 | 20,30 | Arenas | Simple | 101 | W | 1,00 | 16,72 | 113 | | | | | | |

OBSERVACIONES: Durante la perforación agua a -25,20 m

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

| | | |

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

| | | |

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

SONDEO: Plaza Jose Sinues | EMPRESA: Control 7 s.a.
SONDA: TP 50/ 400 | CLIENTE: IGME
SONDISTAS :Dani / J Luis | OBRA: PIEZOMETROS ZARAGOZA
FECHA: INICIO: 14/07/10 FINAL: 26/07/10 | LOCALIDAD: ZARAGOZA

NIVEL FREATICO: PROFUNDIDAD DE CORTE -15,70 M; PROF. FINAL JORNADA
Nº DE CAJAS: 12
TUBO PIEZOMETRICO: SI
PVC

| PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TERRENOS PERFORADOS | TIPO DE BATERIA | CORONA Ø | CORONA TIPO | REVESTIMIENTO m tubo | REVESTIMIENTO prof. | REVESTIMIENTO Ø | AGUA COLOR | AGUA PERDIDA | PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TIPO | TUBO PIEZOMETRICO Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,20 | Solera | Simple | 113 | W | 0,00 | 11,59 | 145 | | | 0,00 | 2,50 | Sin ranurar | 3" |
| 0,20 | 1,60 | Gravas (relleno) | Simple | 113 | W | | | | | | 2,50 | 25,50 | Ranurada | 3" |
| 1,60 | 1,90 | Bolos (relleno) | Simple | 113 | W | 0,00 | 27,83 | 113 | | | 25,50 | 34,20 | Sin ranurar | 3" |
| 1,90 | 2,10 | Hormigón | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 2,10 | 6,70 | Gravas y bolos (relleno) | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 6,70 | 8,90 | Gravas y bolos matriz arcillosa | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 8,90 | 12,40 | Bolos y gravas matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 12,40 | 15,00 | Gravas y bolos matriz arcillosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 15,00 | 15,70 | Bolos y gravas matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 15,70 | 17,20 | Gravas y bolos matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 17,20 | 17,60 | Bolos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 17,60 | 18,10 | Gravas matriz arcillosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 18,10 | 23,20 | Gravas y bolos matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 23,20 | 27,40 | Gravas y bolos matriz arenosa / arcillosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 27,40 | 29,20 | Arcillas marrones | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 29,20 | 33,60 | Arcillas grises | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 33,60 | 34,20 | Arcillas grises con yesos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: Durante la perforación agua a -15,70 m

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

SONDEO: Hospital Provincial
SONDA: TP 50/ 400
SONDISTAS :Dani / J Luis
FECHA: INICIO: 30/08/10 FINAL: 10/09/10

EMPRESA: Control 7 s.a.
CLIENTE: IGME
OBRA: PIEZOMETROS ZARAGOZA
LOCALIDAD: ZARAGOZA

NIVEL FREATICO
PROFUNDIDAD DE CORTE: -18,00 M
PROF. FINAL JORNADA:

Nº DE CAJAS: 17

TUBO PIEZOMETRICO: SI

PVC

| PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TERRENOS PERFORADOS | TIPO DE BATERIA | CORONA Ø | CORONA TIPO | REVESTIMIENTO m tubo | REVESTIMIENTO prof. | REVESTIMIENTO Ø | AGUA COLOR | AGUA PERDIDA | PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TIPO | Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,10 | Solera | Simple | 113 | W | 0,00 | 11,59 | 145 | | | 0,00 | 15,40 | Sin ranurar | 3" |
| 0,10 | 1,20 | Grava (relleno) | Simple | 113 | W | | | | | | 15,40 | 41,40 | Ranurada | 3" |
| 1,20 | 2,10 | Hormigón | Simple | 113 | W | 0,00 | 42,00 | 113 | | | 41,40 | 47,40 | Sin ranurar | 3" |
| 2,10 | 3,00 | Grava (relleno) | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 3,00 | 4,40 | Arcillas y cantos (relleno) | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 4,40 | 6,00 | Gravas matriz arenosa | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 6,00 | 10,20 | Gravas y bolos | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 10,20 | 12,50 | Gravas matriz arenosa | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 12,50 | 13,60 | Gravas y bolos matriz arenosa | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 13,60 | 17,20 | Bolos (muy mala perforación) | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 17,10 | 17,70 | Bolos (muy mala perforación) | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 17,70 | 35,40 | Gravas y bolos matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 35,40 | 36,00 | Arenas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 36,00 | 40,20 | Gravas matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 40,20 | 41,50 | Gravas matriz fangosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 41,50 | 43,00 | Arcillas marrones | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 43,00 | 47,40 | Arcillas grises | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: Durante la perforación agua a -18,00 m

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

| | | |

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

| SONDEO: Seminario | EMPRESA: Control 7 s.a. | NIVEL FREATICO | | Nº DE CAJAS | TUBO PIEZOMETRICO |
|---|---|---|---|---|---|
| SONDA: TP 50/ 400 | CLIENTE: IGME | PROFUNDIDAD DE CORTE | PROF. FINAL JORNADA | 19 | SI |
| SONDISTAS :Dani / J Luis | OBRA: PIEZOMETROS ZARAGOZA | -35,20 M | | | |
| INICIO: 23/09/10 | LOCALIDAD: ZARAGOZA | | | PVC | |
| FECHA: FINAL: 18/10/10 | | | | | |

| PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TERRENOS PERFORADOS | TIPO DE BATERIA | CORONA Ø | CORONA TIPO | REVESTIMIENTO m tubo | REVESTIMIENTO prof. | REVESTIMIENTO Ø | AGUA COLOR | AGUA PERDIDA | PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TIPO | TUBO PIEZOMETRICO Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,20 | Solera | Simple | 113 | W | 0,00 | 16,00 | 145 | | | 0,00 | 29,00 | Sin ranurar | 3" |
| 0,20 | 6,00 | Bolos y gravas (relleno) | Simple | 113 | W | | | | | | 29,00 | 50,60 | Ranurada | 3" |
| 6,00 | 9,80 | Bolos y gravas | Simple | 101 | W | 0,00 | 50,00 | 113 | | | 50,60 | 51,60 | Sin ranurar | 3" |
| 9,80 | 17,40 | Bolos y gravas | Martillo punta | | | | | | | | | | | |
| 17,40 | 18,80 | Bolos y gravas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 18,80 | 19,60 | Arcillas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 19,60 | 19,90 | Arcillas con algún canto | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 19,90 | 20,80 | Arcillas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 20,80 | 21,00 | Bolos y gravas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 21,00 | 22,00 | Bolos y gravas | Martillo punta | | | | | | | | | | | |
| 22,00 | 23,60 | Bolos y gravas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 23,60 | 25,80 | Conglomerado | Martillo punta | | | | | | | | | | | |
| 25,80 | 26,70 | Gravas matriz arenosa / arcillosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 26,70 | 25,20 | Conglomerado muy duro | Martillo punta | | | | | | | | | | | |
| 28,20 | 24,40 | Gravas muy fuertes | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 24,40 | 31,70 | Limos arenosos / arenas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 31,70 | 32,50 | Gravas muy fuertes | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 32,50 | 32,50 | Gravas y bolos | Martillo punta | | | | | | | | | | | |
| 32,80 | 33,00 | Gravas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: Durante la perforación agua a -35,20 m

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

| | |
|---|---|
| SONDEO: Seminario | EMPRESA: Control 7 s.a. |
| SONDA: TP 50/ 400 | CLIENTE: IGME |
| SONDISTAS :Dani / J Luis | OBRA: PIEZOMETROS ZARAGOZA |
| INICIO: 23/09/10 FECHA: FINAL: 18/10/10 | LOCALIDAD: ZARAGOZA |

| NIVEL FREATICO | | Nº DE CAJAS | TUBO PIEZOMETRICO |
|---|---|---|---|
| PROFUNDIDAD DE CORTE | PROF. FINAL JORNADA | 19 | SI |
| -35,20 M | | PVC | |

| PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TERRENOS PERFORADOS | TIPO DE BATERIA | CORONA Ø | CORONA TIPO | REVESTIMIENTO m tubo | REVESTIMIENTO prof. | REVESTIMIENTO Ø | AGUA COLOR | AGUA PERDIDA | PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TIPO | TIPO Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 33,00 | 34,60 | Arenas limosas | Simple | 101 | W | 0,00 | 16,00 | 145 | | | | | | |
| 34,60 | 35,00 | Arenas limosas con cantos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 35,00 | 35,80 | Arenas fangosas y gravas muy humedas | Simple | 101 | W | 0,00 | 50,00 | 113 | | | | | | |
| 35,90 | 38,20 | limos arenosos / arcillosos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 38,20 | 38,70 | arcillas con cantos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 38,70 | 41,20 | Gravas matriz arenosa / arcillosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 41,20 | 41,90 | arcillas con cantos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 41,90 | 44,40 | Gravas y bolos matriz arenosa / arcillosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 44,40 | 44,70 | arenas limosas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 44,70 | 46,70 | limos arenosos con cantos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 46,70 | 50,50 | arenas limosas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 50,50 | 50,90 | Gravas matriz fangosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 50,90 | 51,60 | Arenas limosas con niveles de grava | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: Durante la perforación agua a -35,20 m

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

SONDEO: Aragonia | EMPRESA: Control 7 s.a. | NIVEL FREATICO | Nº DE CAJAS | TUBO PIEZOMETRICO

SONDA: TP 50/ 400 | CLIENTE: IGME | PROFUNDIDAD DE CORTE | PROF. FINAL JORNADA | 15 | SI

SONDISTAS :Dani / J Luis | OBRA: PIEZOMETROS ZARAGOZA | -31,20 M

FECHA: INICIO: 20/10/10 FINAL: 3/11/10 | LOCALIDAD: ZARAGOZA | PVC

| PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TERRENOS PERFORADOS | TIPO DE BATERIA | CORONA Ø | CORONA TIPO | REVESTIMIENTO m tubo | REVESTIMIENTO prof. | REVESTIMIENTO Ø | AGUA COLOR | AGUA PERDIDA | PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TIPO | Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,40 | Solera relleno | Simple | 113 | W | 0,00 | 16,00 | 145 | | | 0,00 | 22,10 | Sin ranurar | 3" |
| 0,40 | 13,00 | Gravas y bolos con niveles conglomerados | Simple | 113 | W | | | | | | 22,10 | 32,10 | Ranurada | 3" |
| 13,00 | 13,40 | Conglomerado (muy fuerte) | Simple | 113 | W | 0,00 | 39,00 | 113 | | | 32,10 | 40,20 | Sin ranurar | 3" |
| 13,40 | 14,80 | Gravas / conglomerados | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 14,80 | 15,00 | Limos arenosos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 15,00 | 16,40 | Gravas y arenas limosas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 16,40 | 18,80 | Gravas y bolos matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 18,80 | 19,40 | Conglomerado (muy fuerte) | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 19,40 | 24,80 | Gravas y bolos matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 24,80 | 26,30 | Conglomerado (muy fuerte) | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 26,30 | 27,20 | Gravas y bolos matriz arenosa / limosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 27,20 | 27,70 | Conglomerado (muy fuerte) | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 27,70 | 28,10 | Gravas y bolos matriz arenosa | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 28,10 | 28,50 | Arenas y gravas cementadas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 28,50 | 31,90 | Bolos y gravas (muy fuertes) | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 31,90 | 32,10 | Arenas con cantos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: Durante la perforación agua a -31,20 m

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E, 59-61
50057 ZARAGOZA

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

| | | |

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

| | |
|---|---|
| SONDEO: Caixaforum | EMPRESA: Control 7 s.a. |
| SONDA: TP 50/ 400 | CLIENTE: IGME |
| SONDISTAS :Dani / J.Luis | OBRA: PIEZOMETROS ZARAGOZA |
| INICIO: 19/01/11 | LOCALIDAD: ZARAGOZA |
| FECHA: FINAL: 01/02/11 | |

| NIVEL FREATICO | | Nº DE CAJAS | TUBO PIEZOMETRICO |
|---|---|---|---|
| PROFUNDIDAD DE CORTE | PROF. FINAL JORNADA | 20 | SI |
| -25,30 M | -18,30 M | | |

PVC

| PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TERRENOS PERFORADOS | TIPO DE BATERIA | CORONA Ø | CORONA TIPO | REVESTIMIENTO m tubo | REVESTIMIENTO prof. | REVESTIMIENTO Ø | AGUA COLOR | AGUA PERDIDA | PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TIPO | Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,30 | Hormigon / bolos (relleno) | Simple | 113 | W | 0,00 | 16,00 | 145 | | | 0,00 | 23,00 | Sin ranurar | 3" |
| 0,30 | 1,30 | Gravas / bolos / limos (relleno) | Simple | 113 | W | | | | | | 23,00 | 31,60 | Ranurada | 3" |
| 1,30 | 7,10 | Gravas y bolos matriz arenosa limcsa | Simple | 113 | W | 0,00 | 48,40 | 113 | | | 31,60 | 36,60 | Sin ranurar | 3" |
| 7,10 | 7,50 | Bolos y gravas | Simple | 113 | W | | | | | | 36,60 | 50,00 | Ranurada | 3" |
| 7,50 | 8,60 | Limos arcillosos con cantos | Simple | 113 | W | | | | | | 50,00 | 51,90 | Sin ranurar | 3" |
| 8,60 | 10,40 | Gravas y bolos | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 10,40 | 14,00 | Arcillas / arenas (muy húmedas) | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 14,00 | 14,70 | Gravas y bolos matriz arenosa | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 14,70 | 15,10 | Arenas | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 15,10 | 16,00 | Arcillas / arenas | Simple | 113 | W | | | | | | | | | |
| 16,00 | 18,70 | Arcillas marrones | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 18,70 | 19,30 | Arcillas con algun canto | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 19,30 | 20,20 | Arcillas marrones | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 20,20 | 24,70 | Arcillas grises | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 24,70 | 25,30 | Arcillas / arenas marrones con cantos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 25,30 | 30,90 | Gravas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 30,90 | 31,50 | Arcillas marrones con algun canto | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: En perforación se corta el agua a -25,30 m y la siguiente medida está a 18,30 m manteniendose en esta cota

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Parte de sondeo según Norma XP P94-202

SONDEO: Caixaforum | EMPRESA: Control 7 s.a. | NIVEL FREATICO | Nº DE CAJAS | TUBO PIEZOMETRICO

SONDA: TP 50/ 400 | CLIENTE: IGME | PROFUNDIDAD DE CORTE: -25,30 M | PROF. FINAL JORNADA: -18,30 M | 20 | SI

SONDISTAS: Dani / J Luis | OBRA: PIEZOMETROS ZARAGOZA | PVC

INICIO: 19/01/11 | LOCALIDAD: ZARAGOZA

FECHA: FINAL: 01/02/11

| PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TERRENOS PERFORADOS | TIPO DE BATERIA | CORONA Ø | CORONA TIPO | REVESTIMIENTO m tubo | REVESTIMIENTO prof. | REVESTIMIENTO Ø | AGUA COLOR | AGUA PERDIDA | PROFUNDIDAD DE | PROFUNDIDAD A | TIPO | TIPO Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31,50 | 32,10 | Arcillas marrones | Simple | 101 | W | 0,00 | 16,00 | 145 | | | | | | |
| 32,10 | 35,60 | Arcillas grises | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 35,60 | 36,60 | Arcillas marrones | Simple | 101 | W | 0,00 | 48,40 | 113 | | | | | | |
| 36,60 | 38,20 | Arenas con cantos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 38,20 | 40,90 | Arcillas marrones | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 40,90 | 42,30 | Arenas con gravillas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 42,30 | 46,30 | Arcillas marrones con cantos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 46,30 | 46,50 | Gravas y gravillas | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 46,50 | 48,40 | Arcillas marrones | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |
| 48,40 | 51,90 | Alternancia de arcillas y limos con cantos | Simple | 101 | W | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: En perforación se corta el agua a -25,30 m y la siguiente medida esta a 18,30 m manteniendose en esta cota

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

# Anejo 5: Anejo fotográfico

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica C/E 59-61
50057 ZARAGOZA

| Foto 1 | Emplazamiento del piezómetro Campus Actur durante las labores de sondeo. |
|---|---|

| Foto 2 | Aspecto de la zona de emplazamiento tras la colocación de la tapa del piezómetro. |
|---|---|

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 3**

Emplazamiento del piezómetro Campus Plaza San Francisco durante las labores de sondeo.

**Foto 4**

Emplazamiento del piezómetro Campus Plaza San Francisco durante las labores de limpieza con aire a presión del sondeo.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

| Foto 5 | Emplazamiento del piezómetro Parque Tenerías antes de las labores de sondeo, sobre el plástico colocado para evitar derrames al terreno. |
|---|---|

| Foto 6 | Emplazamiento del piezómetro Parque Tenerías antes de las labores de sondeo, sobre el plástico colocado para evitar derrames al terreno. |
|---|---|

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 7**

Emplazamiento del piezómetro Plaza José Sinues antes de las labores de sondeo, detalle de la colocación del plástico para evitar derrames y ensuciar la plaza.

**Foto 8**

Emplazamiento del piezómetro Plaza José Sinues durante las labores de sondeo, detalle de la señalización de la zona de trabajo.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 9**

Emplazamiento del piezómetro Plaza José Sinues durante las labores de sondeo.

**Foto 10**

Emplazamiento del piezómetro Plaza José Sinues detalle del acabado de la tapa.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 11**

Emplazamiento del piezómetro Hospital Provincial previo a las labores de sondeo.

**Foto 12**

Emplazamiento del piezómetro Hospital Provincial previo a las labores de sondeo. Detalle de la señalización colocada el día de antes para retirada de vehículos aparcados

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

| Foto 13 | Emplazamiento del piezómetro Hospital Provincial previo a las labores de sondeo. Detalle de la señal vertical que fue necesario apear para emplazar |
|---|---|

| Foto 14 | Emplazamiento del piezómetro Hospital Provincial posterior a las labores de sondeo. Detalle de la señal vertical recolocada tras el sondeo. |
|---|---|

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 15**

Emplazamiento del piezómetro Hospital Provincial posterior a las labores de sondeo. Detalle del acabado de la tubería y la tapa.

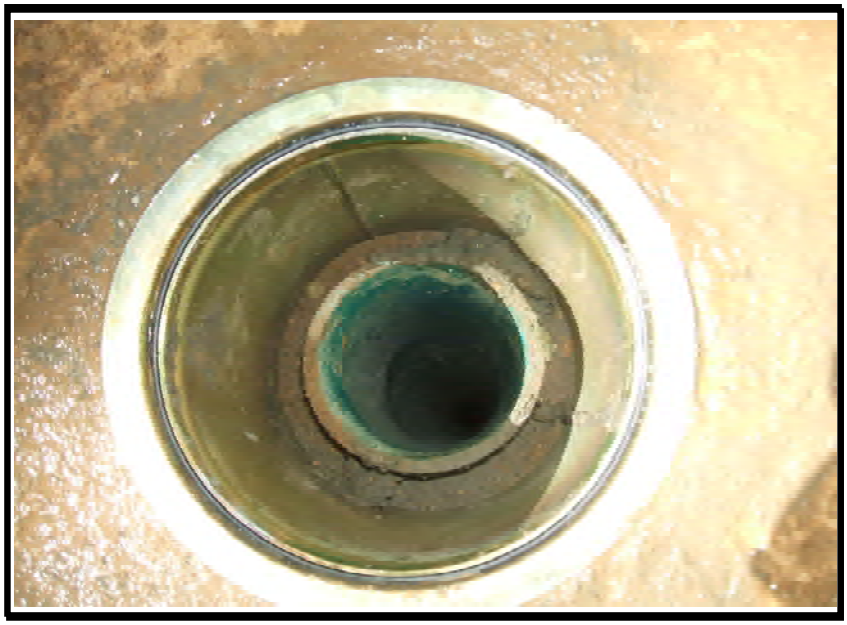


**Foto 16**

Emplazamiento del piezómetro Hospital Provincial posterior a las labores de sondeo. Detalle del acabado de la tapa.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 17**

Emplazamiento del piezómetro Calle Albareda previo a las labores de sondeo. Detalle de la señalización colocada el día de antes para retirada de vehículos aparcados

**Foto 18**

Emplazamiento del piezómetro Calle Albareda durante las labores de sondeo. Detalle de la señalización de advertencia de reducción de anchura de paso para peatones.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 19**

Emplazamiento del piezómetro Calle Albareda durante las labores de sondeo. Detalle de la reducción de anchura de paso para peatones.

**Foto 20**

Emplazamiento del piezómetro Calle Albareda durante las labores de sondeo.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 21**

Emplazamiento del piezómetro Edificio Seminario previo a las labores de sondeo. Detalle de la señalización colocada el día de antes para retirada de vehículos aparcados

**Foto 22**

Emplazamiento del piezómetro Edificio Seminario durante las labores de sondeo.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 23**

Emplazamiento del piezómetro Edificio Seminario durante a las labores de sondeo con martillo de fondo y compresor de aire

**Foto 24**

Emplazamiento del piezómetro Edificio Seminario durante a las labores de sondeo con matillo de fondo y compresor de aire. Detalle de las rafias de protección.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 25**

Emplazamiento del piezómetro Edificio Seminario durante a las labores de sondeo con matillo de fondo y compresor de aire. Detalle del ripio de perforación

**Foto 26**

Emplazamiento del piezómetro Edificio Seminario tras las labores de sondeo. Detalle de la limpieza de la zona de trabajo con agua a presión.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 27**

Emplazamiento del piezómetro Edificio Seminario tras las labores de sondeo. Estado final de la tapa y el tubo.

**Foto 28**

Emplazamiento del piezómetro Edificio Seminario tras las labores de sondeo. Estado final de la tapa en la vía pública.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

| Foto 29 | Emplazamiento del piezómetro Aragonia previo a las labores de sondeo. Detalle de la señalización colocada el día de antes para retirada de vehículos aparcados |
|---|---|

| Foto 30 | Emplazamiento del piezómetro Aragonia durante las labores de sondeo. |
|---|---|

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 31**

Emplazamiento del piezómetro Aragonia durante las labores de sondeo.

**Foto 32**

Detalle del acabado de la tapa en el piezómetro Aragonia

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

| Foto 33 | Emplazamiento del piezómetro Caixaforum durante las labores de sondeo. Incluye señalización colocada el día de antes para retirada de vehículos aparcados |
|---|---|

| Foto 34 | Emplazamiento del piezómetro Caixaforum posterior a las labores de sondeo. Detalle del acabado de la tubería y la tapa. |
|---|---|

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 35**

Emplazamiento del piezómetro Caixaforum posterior a las labores de sondeo. Detalle del acabado de la tapa.

**Foto 36**

Emplazamiento del piezómetro Caixaforum posterior a las labores de sondeo. Detalle del sistema para colgar la sonda.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 37**

Emplazamiento del piezómetro Caixaforum posterior a las labores de sondeo. Detalle del sistema para colgar la sonda.

**Foto 38**

Emplazamiento del piezómetro Caixaforum posterior a las labores de sondeo. Detalle de la limpieza de la zona de trabajo.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

**Foto 39**

Nivelación topográfica del piezómetro de Caixaforum.

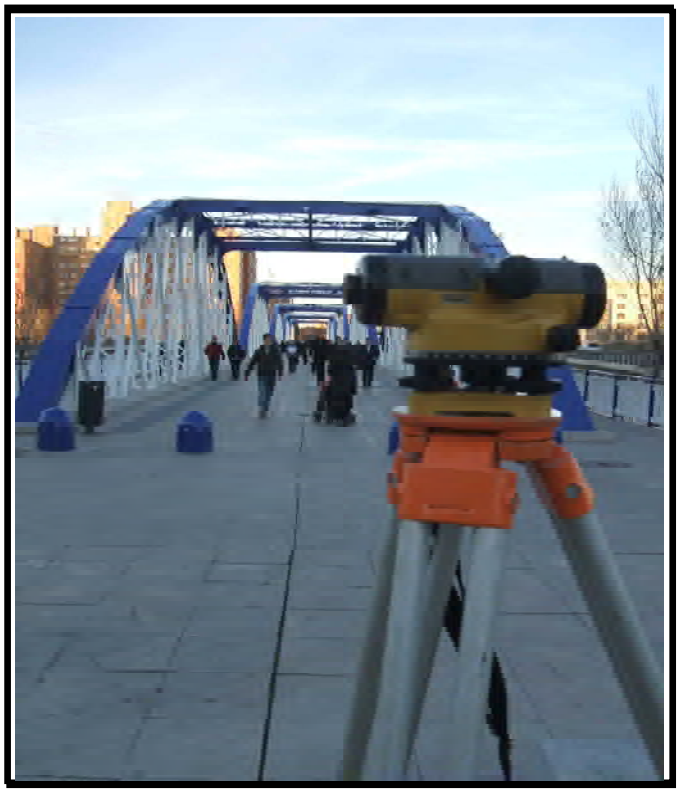


**Foto 40**

Nivelación topográfica del piezómetro de Parque Tenerías.

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

# Anejo 6: Documentación administrativa (resoluciones)

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica C/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Zaragoza
AYUNTAMIENTO

SERVICIO JURÍDICO
DE SERVICIOS PUBLICOS

INSTITUTO GEOLÓGICO Y
MINERO DE ESPAÑA
C/ Manuel Lasala nº 44 9º B
ZARAGOZA - 50006

Expte. : 618874/10

La Ilma. Sra. Consejera del Área de Acción Social y Servicios Públicos, por Decreto de fecha 8 de octubre de 2010, ha resuelto:

## ANTECEDENTES DE HECHO

1.- El Instituto Geológico y Minero de España (en representación del Ministerio de Ciencia e Innovación), solicita en escrito que inicia el expediente permiso para la construcción de una red de piezómetros para el control térmico de la aguas subterráneas de Zaragoza.

Acompaña a su solicitud Memoria justificativa que obra en el expediente.

2.- Han emitido informe los Servicios Municipales de Conservación de Infraestructuras (Sección de Coordinación de Obras en Vía Pública) y de Explotación de Redes y Cartografía, obrantes en las actuaciones.

## FUNDAMENTOS DE DERECHO

1.- La solicitud formulada implica a su vez tres peticiones concretas: Por una parte, la ocupación de porciones del dominio público municipal, ocupación consistente en la instalación de los piezómetros. Por otra, permiso para la realización de las obras en la vía pública. Y, finalmente, la autorización para que, por persona habilitada para ello, se efectúen de forma periódica las tomas de medición y los trabajos reparación o mantenimiento que resulten necesarios.

Cuestiones que, aparte de corresponder al ámbito competencial de diversas Áreas del Gobierno municipal, se ordenan cronológica y lógicamente en una secuencia, de modo que la obtención del título que habilite la ocupación del terreno es condición previa y necesaria para cualquier actuación.

2.- Desde el punto de vista demanial, la ocupación pretendida ha de calificarse como un uso privativo con instalaciones fijas y permanentes, habida cuenta su naturaleza y el plazo que se solicita ( de treinta años). Dicho uso requiere de concesión demanial, a tenor de los establecido en el art. 82 dek Reglamento de Bienes, Actividades, Servicios y Obras de las Entidades Locales de Aragón -RBASO- (aprobado por Decreto 347/2002, de 19 de noviembre), así como en el art. 86.3 de la Ley 33/2003, de 3 de noviembre, de Patrimonio de las Administraciones Públicas (LPAP).

De acuerdo con el art. 93.1 LPAP (de carácter básico), en relación con el art. 137.4 de la misma ley, puede acordarse el otorgamiento directo de la concesión a favor de otras Administración Pública o persona de derecho público, así como cuando la ocupación sea necesaria para el cumplimiento de una función de servicio público o de un fin de interés general. En el presente caso concurren tales circunstancias, dado que el Instituto, según dispone el art. 1

CONTROL 7, S.A.
C. I. F. A - 50361179
Polg. Malpica c/E 59-61
50057 ZARAGOZA

Zaragoza
AYUNTAMIENTO

**SEXTO:** 1.- El Instituto Geológico y minero de España mantendrá en todo momento las instalaciones en las condiciones de conservación y seguridad exigidas, siendo el coste de tales trabajos exclusivamente a su costa.

2.- El Instituto podrá acceder a los piezómetros para realizar las mencionadas tareas, así como para la toma de mediciones o muestreos precisos para el control término de las aguas subterráneas, y demás operaciones propias del ordinario funcionamiento y utilización de los dispositivos.

3.- El concesionario deberá asimismo a su costa mantener y conservar en las adecuadas condiciones el dominio público efectuado por la instalación.

**SÉPTIMO:** El concesionario asume la plana y exclusiva responsabilidad por cuantos daños y perjuicios pudieran ocasionarse, en el dominio público o a cualquiera bienes públicos o privados, o a las personas, como consecuencia de la instalación, permanencia y/u operación de los piézometros.

Los daños que los piezómetros pudieran sufrir, por cualquier causa, no sería en ningún caso responsabilidad del Ayuntamiento de Zaragoza.

**OCTAVO:** A la finalización del plazo de la concesión, el concesionario procederá a las actuaciones precisas para devolver el dominio público ocupado a su estado inicial, aplicando para ello los más adecuados procedimientos que el estado de la técnica permita en tal momento, de acuerdo con las instrucciones que a efecto dicten los Servicios Municipales competentes.

El presente acto es definitivo y pone fin a la vía administrativa.

Contra el mismo puede interponer recurso contencioso administrativo ante la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Superior de Justicia de Aragón en el plazo de dos meses contados desde el día siguiente al de la notificación o publicación del acto, si fuera expreso. Si no lo fuera, el plazo será de seis meses contados a partir del día siguiente a aquél en que se produzca el acto presunto, de conformidad con el art.46.1 y concordantes de la Ley 29/98 de 13 de julio Reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

Sin perjuicio de ello, previamente, y con carácter potestativo, puede interponer recurso de reposición ante la Ilma. Sra. Consejera del Área de Acción Social y Servicios Públicos en el plazo de un mes contado desde el día siguiente al de la notificación o publicación del acto, si es expreso; si no lo fuera, el plazo será de tres meses a partir del día siguiente a aquél en que se produzca el acto presunto. Todo ello de conformidad y en los términos de los artículos 107, 116 y 117 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, según redacción dada por la Ley 4/1999, de 13 de enero.

Lo que comunico a Uds., a los efectos oportunos.

I.C. de Zaragoza, 19 de octubre de 2010.

Zaragoza
AYUNTAMIENTO
SERVICIO JURIDICO DE SERVICIOS PUBLICOS

EL SECRETARIO GENERAL
P/D EL JEFE DEL SERVICIO

Sº CONSERVACIÓN INFRAESTRUCTURAS (Sección de Obras en Vía Pública).- Sº EXPLOTACIÓN DE REDES Y CARTOGRAFÍA.- Sº CONTRATACIÓN.- REGISTRO.-

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA
22 OCT 2010
4066
SALIDA

CON
C. I. F. A-
Polg. Malpica C/E 59-61
50057 ZARAGOZA

# ANEXO II

NIVELACIÓN

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

# INFORME DE NIVELACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL HIDROGEOLÓGICO EN EL CASCO URBANO DE ZARAGOZA

**PETICIONARIO:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
**FECHA**: SEPTIEMBRE-2011
**REF**.: 1119T/2011

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

# INDICE

1.- OBJETO DEL TRABAJO
2.- TRABAJOS REALIZADOS
3.- INSTRUMENTOS UTILIZADOS
4.- RESULTADOS

ANEXOS

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

## 1.- OBJETO DEL TRABAJO

A petición de D. Eduardo Garrido Schneider, Hidrogeólogo, en representación del Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios del INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, IGME, del Ministerio de Ciencia e Innovación, se nos encomienda la realización de una nivelación de distintos puntos de control hidrogeológico en el casco urbano de Zaragoza (Expediente 01002126).

El objeto del trabajo es el control altimétrico de distintos pozos o puntos incluidos dentro del control hidrogeológico del acuífero aluvial dentro del casco urbano de Zaragoza.

## 2.- TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos de campo se realizaron entre los días 21 de marzo y 21 de abril de 2011, y consistieron en:

1. Colocación de una estación fija de referencia de GPS a partir de la estación fija de la estación de referencia LEICA situada en el Instituto Tecnológico de Aragón.

2. Comprobación y ajuste de la estación de referencia a partir de la red geodésica del Instituto Geográfico Nacional y la de la red de Nivelación de precisión.

3. Toma de datos directamente sobre los puntos mediante GPS en tiempo real (RTK) y/o colocación de bases auxiliares.

4. Toma de datos directamente sobre los puntos mediante GPS en post-proceso y/o colocación de bases auxiliares.

5. Toma de datos de puntos con estación total a partir de las bases auxiliares.

6. Cálculo y edición.

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

## 3.- INSTRUMENTOS UTILIZADOS

**GPS de precisión marca LEICA** mod. SR530, de doble frecuencia, con 24 canales (12 L1 y 12 L2) para trabajar en tiempo real y en postproceso. Antena GPS tipo AT502 con plano de tierra integrado.

Precisión :

Tiempo Real: +- 10mm + 1ppm
Estático: +- 5mm + 1ppm

Programa de cálculo GPS: SKY PRO (Bajo Licencia).

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

**Estación electrónica total de alta precisión marca LEICA** mod. TCRP 1203, con medición adicional por láser visible.

Precisión (ISO 17123-4):

angular: 1,0 mgon
distancia: +- 1mm + 1ppm (desviación típica)

Programa de cálculo topográfico y edición: CARTOMAP v.6.2 (bajo licencia número 5526D81E-1).

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

# 4.- RESULTADOS

## 4.1.- Cálculo de la estación de referencia

Se ha utilizado como estación de referencia la que la empresa LEICA GEOSYSTEM tiene en Zaragoza en el Instituto Tecnológico de Aragón. Se han comprobado las coordenadas de la misma con la toma de datos a partir de dos vértices geodésicos del Instituto Geográfico Nacional y de cinco puntos de nivelación de alta resolución.

En el anexo 1 se adjunta el cálculo y las reseñas de los vértices geodésicos y de los puntos de nivelación utilizados.

## 4.2.- Cálculo puntos de control hidrogeológico

Los puntos de control hidrogeológico de han tomado mediante tres procedimientos:

1.- Mediante Gps en tiempo real desde la base de referencia. Se trata de puntos situados en el exterior, con una ubicación adecuada para recibir la señal de satélites son suficiente calidad.

2.- Mediante Gps en postproceso desde la base de referencia. Se han tomado todos los puntos situados en el exterior con este sistema.

3.- Puntos tomados con bases auxiliares. Se colocaron bases auxiliares con Gps (tiempo real y/o postproceso) y luego se tomaron con estación total robotizada. Se trata de puntos situados en el interior de edificios o situados en el exterior pero con baja cobertura de satélites.

En el anexo 2 se adjunta el cálculo de prosproceso para los puntos considerados.

En el anexo 3 se relacionan todos los puntos tomados en sus coordenadas originales.

En la tabla adjunta se acompaña el resultado de los puntos de control hidrogeológico. En los puntos donde ha sido posible se dan coordenadas de situación, mientras que los puntos situados dentro de edificios solamente se dan la nivelación.

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

| Orden | Índice | X | Y | Z |
|---|---|---|---|---|
| 1 | GS10 | | | 193.831 |
| 2 | GS11 | | | 193.776 |
| 3 | GS13 | 677609.221 | 4613078.58 | 201.022 |
| 4 | GS12 | 676730.275 | 4612339.13 | 205.804 |
| 5 | GS47 | 675292.553 | 4614795.44 | 198.397 |
| 6 | GS17 | | | 229.496 |
| 7 | GS16 | | | 213.345 |
| 8 | GS15 | | | 200.505 |
| 9 | GS19 | | | 223.851 |
| 10 | GS27 | 674751.119 | 4612569.49 | 221.53 |
| 11 | GS28 | 674793.693 | 4612440.47 | 220.141 |
| 12 | GS29 | | | 211.081 |
| 13 | GS30 | | | 211.061 |
| 14 | GS31 | 676003.283 | 4613009.08 | 210.643 |
| 15 | GS33 | 676093.973 | 4613031.11 | 210.561 |
| 16 | GS8 | 674276.521 | 4611709.27 | 235.58 |
| 17 | GS25 | | | 229.854 |
| 18 | GS39 | | | 191.86 |
| 19 | GS21 | | | 209.862 |
| 20 | GS46 | | | 198.225 |
| 21 | GS40 | | | 212.035 |
| 22 | GS20 | 677284.715 | 4617144.08 | 210.363 |
| 23 | GS42 | 676106.076 | 4617006.27 | 200.689 |
| 24 | GS18 | | | 198.443 |
| 25 | GS23 | 675194.568 | 4616049.77 | 198.709 |
| 26 | GS44 | | | 194.405 |
| 27 | GS44BIS | | | 194.433 |

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

Y para que conste a los efectos oportunos firma el presente informe en,

Zaragoza, 25 de octubre de 2011

Fdo.Carlos Carnicer Rodrigo
Director Técnico

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

# ANEXO 1

- when it has to be right

# Resumen de procesamiento
# IGME VERTICE GEODESICO

## Información del proyecto

| | |
|---|---|
| Nombre del proyecto: | IGME VERTICE GEODESICO |
| Fecha de creación: | 04/19/2011 19:59:24 |
| Huso horario: | 1h 00' |
| Sistema de coordenadas: | IBERIA - Utm 30 |
| Programa de aplicación: | LEICA Geo Office 7.0 |
| Fecha y hora de inicio: | 04/19/2011 14:50:25 |
| Fecha y hora de término: | 04/19/2011 15:04:40 |
| Puntos ocupados manualmente: | 2 |
| Kernel de procesamiento: | PSI-Pro 2.0 |
| Procesado: | 04/19/2011 20:02:45 |

## Parámetros de procesamiento

| **Parámetros** | **Selección** |
|---|---|
| Ángulo de elevación: | 15° |
| Tipo de efemérides: | Transmitidas |
| Tipo de solución: | Automático |
| Tipo GNSS: | Automático |
| Frecuencia: | Automático |
| Fijar ambigüedades hasta: | 80 km |
| Duración mínima para solución flotante (estático): | 5' 00" |
| Intervalo de muestreo: | Usar todas |
| Modelo troposférico: | Hopfield |
| Modelo ionosférico: | Automático |
| Emplear modelo estocástico: | Sí |
| Dist. mínima: | 8 km |
| Actividad ionosférica: | Automático |

## Inf. general de línea base

| **Tecnitop - ZARA - VG2** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: VG2** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 43' 04.37833" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 48' 00.89775" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 291.8512 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - VG2** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: VG2** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 43' 04.37852" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 48' 00.89760" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 291.8502 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

**Centro de Observaciones Geodésicas**

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

# Reseña Vértice Geodésico

16-abr-2011

**Número.....:** **35513**
**Nombre.....:** **Alto del Molino**
**Municipio..:** Zaragoza
**Provincia..:** Zaragoza
**Fecha de Construcción.....:** 01 de enero de 1981
**Pilar sin centrado forzado..:** 1,20 m **de alto,** 0,30 m **de diámetro.**
**Último cuerpo.....:** 4,10 m **de alto,** 1,00 m **de ancho.**
**Total cuerpos.....:** 1 **de** 4,10 m **de alto.**

## Coordenadas Geográficas:

| Sistema de Ref.: | ED 50 | ETRS89 |
|---|---|---|
| Longitud.....: | - 0° 47' 56,4232" | - 0° 48' 00,88262" ±0.099 m |
| Latitud.....: | 41° 43' 08,4320" | 41° 43' 04,37093" ±0.109 m |
| Altitud.....: | | 289,564 m ±0.113 (BP) |
| Compensación.: | 01 de enero de 1983 | 01 de noviembre de 2009 |
| | | Elipse de error al 95% de confianza. |

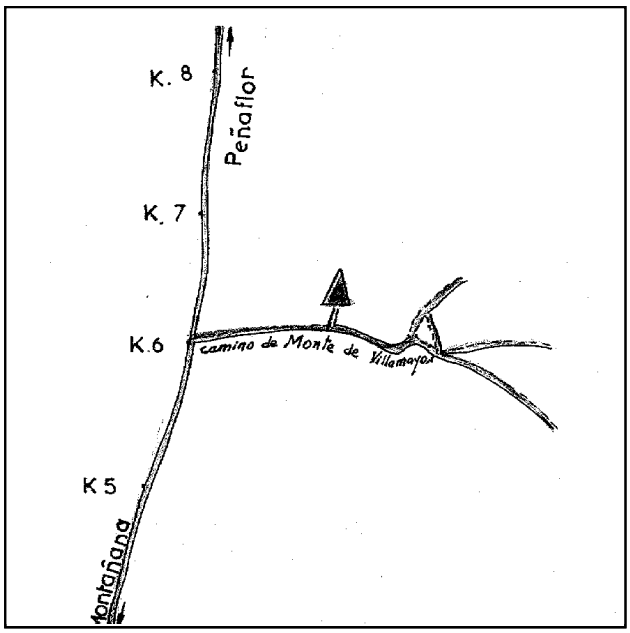
## Coordenadas UTM. Huso 30 :

| Sistema de Ref.: | ED 50 | ETRS89 |
|---|---|---|
| X.....: | 683094,36 m | 682986,157 m |
| Y.....: | 4621001,25 m | 4620791,805 m |
| Factor escala....: | 1,000012515 | 1,000012059 |
| Convergencia...: | 1° 27' 54" | 1° 27' 51" |

**Altitud sobre el nivel medio del mar:** 239,657 m. (BP)

## Situación:

Situado en una parcela de terreno de erial, cubierta de piedras y cascotes, lugar conocido por Alto del Molino y que es el más destacado del entorno, en tierras de regadío.




## Acceso:

Saliendo de la población de Montañana, en dirección a la de Peñaflor por la carretera local, al llegar al P.K. 6,00, se toma a la derecha un camino junto a una casa, que se interna en dirección E. A 1 Km. aproximadamente, se encuentra otra casa de reciente construcción. Detras de esta casa y a unos 50 m. de la misma, se encuentra la señal. Acceso con cualquier vehículo.

## Horizonte GPS:

Despejado

## Observaciones:

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.

Informe del estado del Vértice: ftp://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/InfoRG.pdf

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

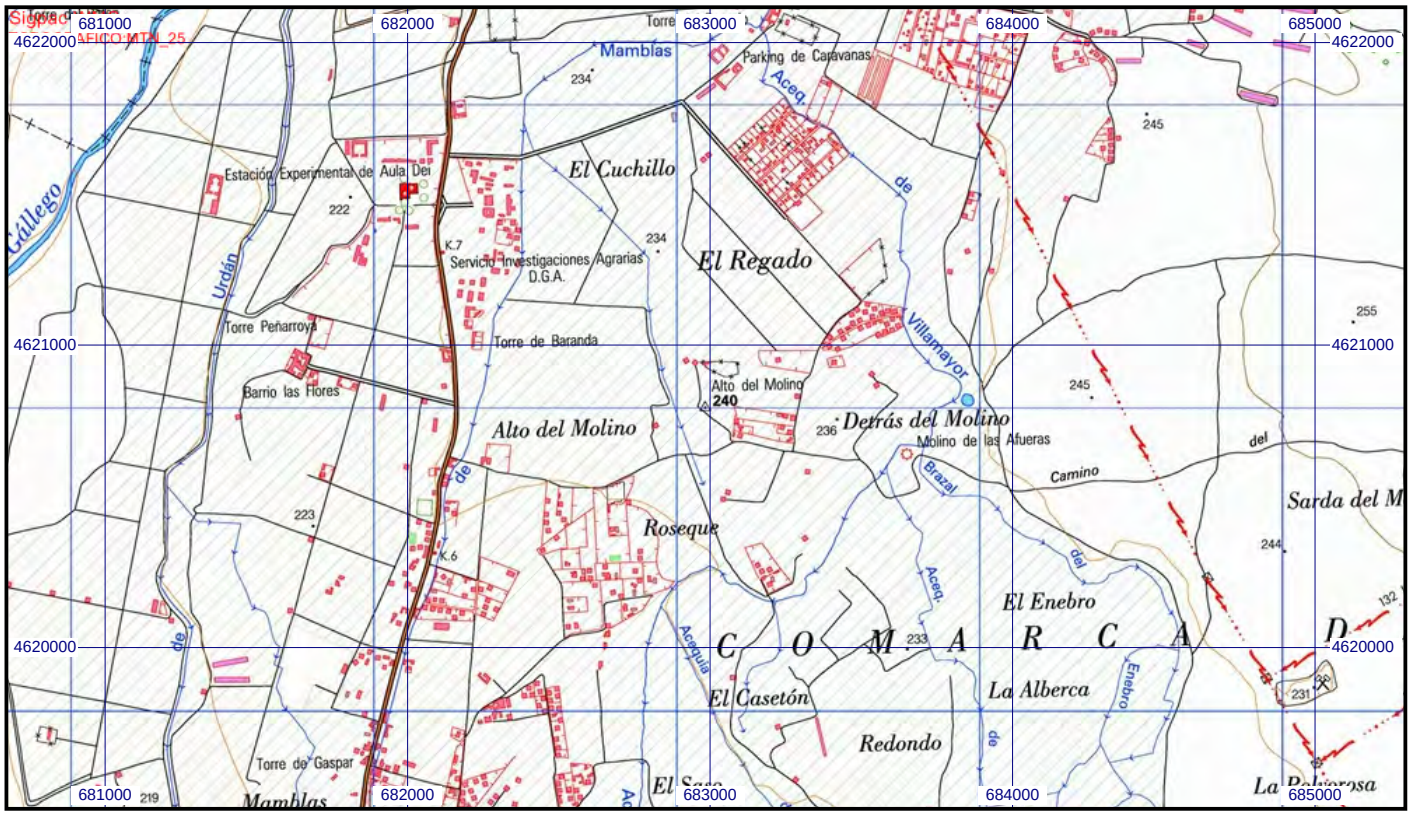
**Centro de Observaciones Geodésicas**

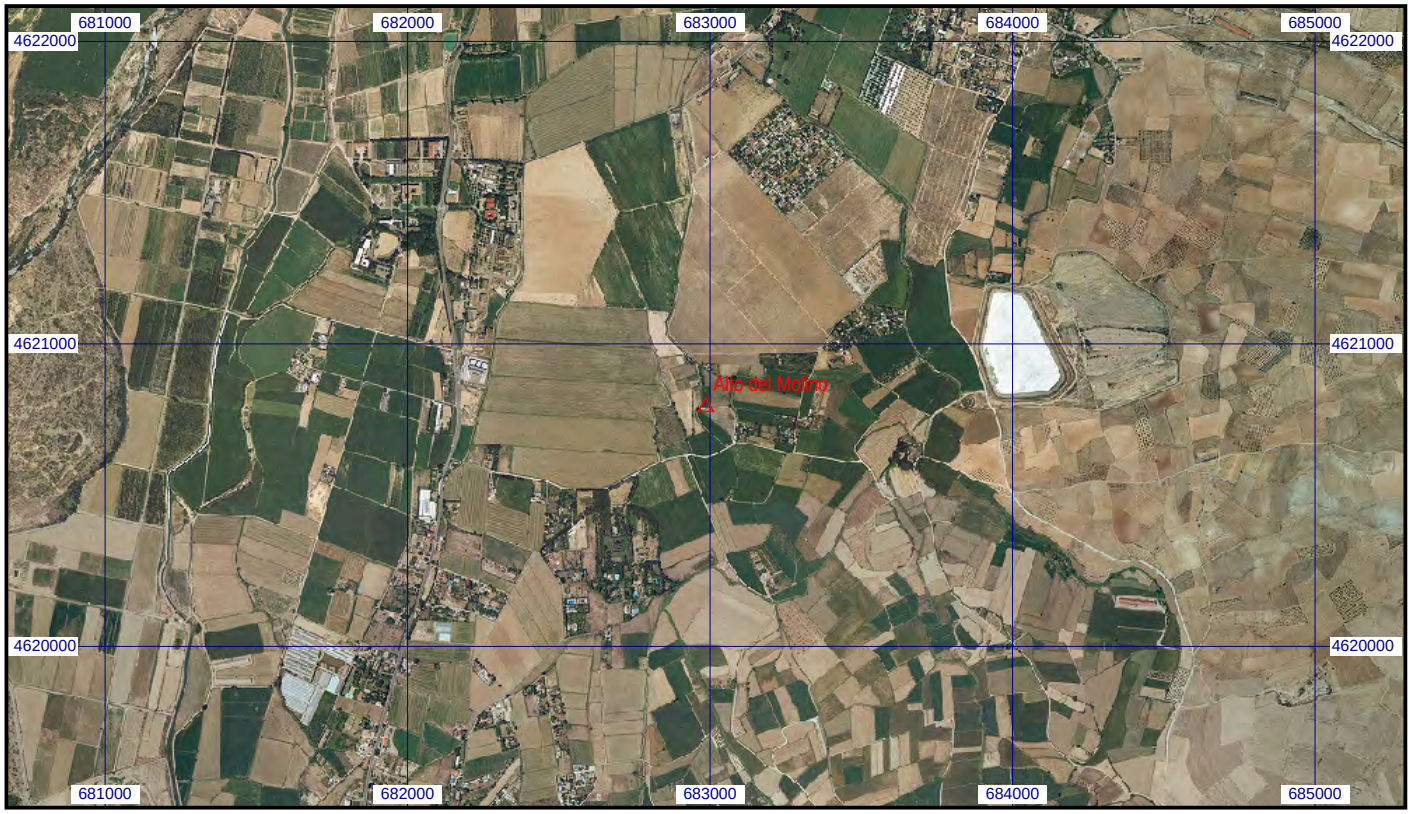
Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

# Cartografía de situación

16-abr-2011

**Escala 1:25.000** | **035513 Alto del Molino** | **Coordenadas ETRS89. Huso 30**



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

**Centro de Observaciones Geodésicas**

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

# Reseña Vértice Geodésico

16-abr-2011

**Número.....:** **38388**
**Nombre.....:** **Zaragoza Cazar**
**Municipio..:** Zaragoza
**Provincia..:** Zaragoza
**Fecha de Construcción.....:** 31 de diciembre de 1984
**Pilar sin centrado forzado..:** 1,20 m **de alto,** 0,40 m **de diámetro.**
**Último cuerpo.....:** 0,20 m **de alto,** 1,00 m **de ancho.**
**Total cuerpos.....:** 1 **de** 0,20 m **de alto.**

**Coordenadas Geográficas:**

| Sistema de Ref.: | ED 50 | ETRS89 |
|---|---|---|
| Longitud.....: | - 0° 53' 00,9921" | - 0° 53' 05,46031" ±0.085 m |
| Latitud.....: | 41° 38' 52,2264" | 41° 38' 48,16091" ±0.075 m |
| Altitud.....: | | 319,442 m ±0.13 (BP) |
| Compensación.: | 01 de diciembre de 1989 | 01 de noviembre de 2009 |
| | | Elipse de error al 95% de confianza. |

**Coordenadas UTM. Huso 30 :**

| Sistema de Ref.: | ED 50 | ETRS89 |
|---|---|---|
| X.....: | 676250,34 m | 676142,015 m |
| Y.....: | 4612922,54 m | 4612713,303 m |
| Factor escala....: | 0,999982256 | 0,999981816 |
| Convergencia...: | 1° 24' 25" | 1° 24' 21" |

**Altitud sobre el nivel medio del mar:** 269,584 m. (BP)

**Situación:**

En el edificio de la Caja de Ahorros de Zaragoza-Aragón y Rioja, sitó en la Plaza del Paraíso nº 2 en Zaragoza. La señal está en el centro de la terraza central y más alta del edificio.

**Acceso:**

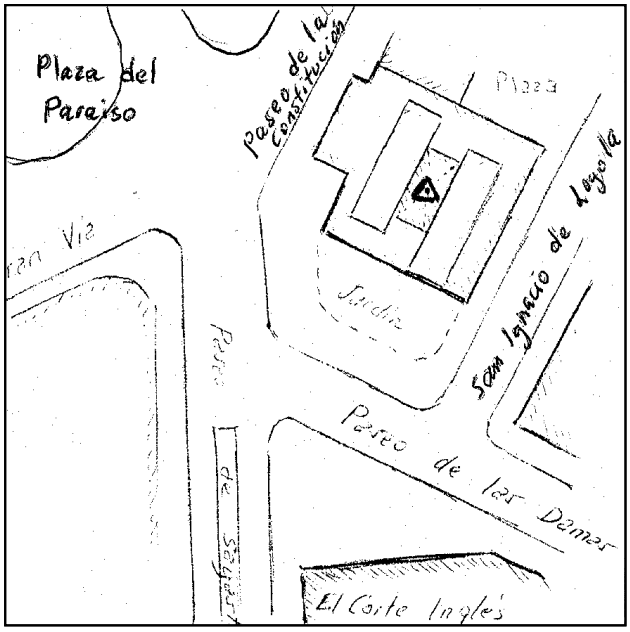
En el centro de la capital de Zaragoza, en la confluencia del Paseo de Sagasta y Paseo de las Damas.

**Horizonte GPS:**

Despejado

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.

**NO EXISTE FOTOGRAFÍA**




**Observaciones:**

Informe del estado del Vértice: ftp://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/InfoRG.pdf

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

**Centro de Observaciones Geodésicas**

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

# Cartografía de situación

16-abr-2011

**Escala 1:25.000** | **038388 Zaragoza Cazar** | **Coordenadas ETRS89. Huso 30**

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

**Centro de Observaciones Geodésicas**

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

# Reseña de Señal de Nivelación

7-abr-2011

## Situación Geográfica:

**Número:** **810013**
**Nombre:** **SS ZARAGOZA 7®**
**Línea o Ramal:** **810. Zaragoza - Alcorisa**

**Municipio:** Zaragoza
**Provincia:** Zaragoza
**Hoja MTN50:** 383
**Señal:** Secundaria **En posición:** Vertical
**Señalizada:** 15 de abril de 2008
**Nivelada:**

## Datos Geodésicos:

**Altitud ortométrica:** 196,2879 m.
**Geopotencial:** 192,40873 u.g.p.
**Gravedad en superficie:** 980229,08 mgals. *Observada*
**Cálculo:**

## Coordenadas Geográficas ETRS89:

**Longitud:** - 0° 51' 44,1"
**Latitud:** 41° 38' 08,2"
**Altitud elipsoidal:**
**Precisión:** ± 10 m.

## Reseña:

Clavo metálico semiesférico incrustado en la Avda. de la Hispanidad (Z-30), sobre un bordillo frente a la farola (señalada Z1-195 037) anterior a un semáforo y antes del desvío a la Z-40 y a la N-232 (Alcañiz, Castellón), según croquis. Dista unos 1.050 m. de la señal número 810 012.

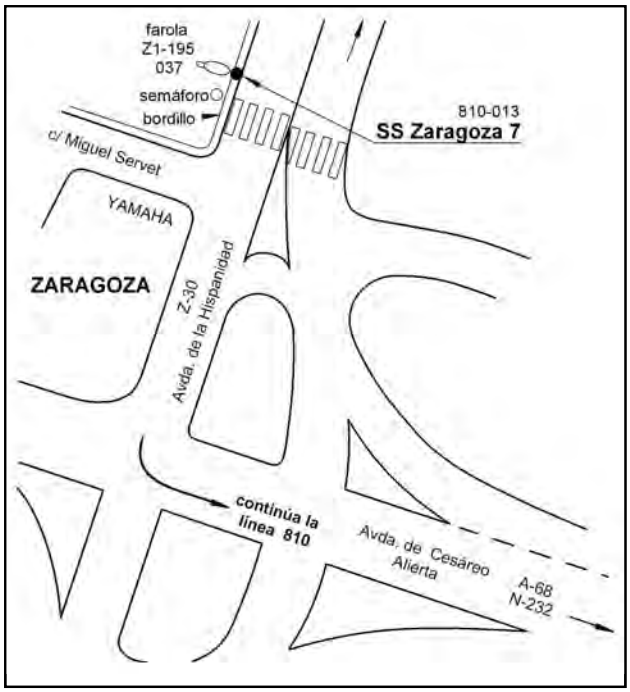
## Observaciones:

- Inicio Ramal Nº 1810 a Estación Permanente GPS de Zaragoza.

Informe del estado de la Señal en: ftp://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/InfoRN.pdf

## Enlaces:

**Anterior:** 810012 - SS ZARAGOZA 6
**Posterior:** 810014 - SSK 233,8
**Agrupada con:**



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

**Centro de Observaciones Geodésicas**

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

# Reseña de Señal de Nivelación

7-abr-2011

## Situación Geográfica:

**Número:** **1810001**

**Nombre:** **SS CESÄREO ALIERTA**

**Línea o Ramal:** **1810. Ramal Nº 1810 a Estación Permanente GPS de Zaragoza.**

**Municipio:** Zaragoza

**Provincia:** Zaragoza

**Hoja MTN50:** 383

**Señal:** Secundaria **En posición:** Vertical

**Señalizada:** 20 de julio de 2009

**Nivelada:**

## Datos Geodésicos:

**Altitud ortométrica:** 201,7928 m.

**Geopotencial:** 197,80481 u.g.p.

**Gravedad en superficie:** 980228,55 mgals. *Observada*

**Cálculo:**

## Coordenadas Geográficas ETRS89:

**Longitud:** - 0° 52' 07,3"

**Latitud:** 41° 38' 14,9"

**Altitud elipsoidal:**

**Precisión:** ± 10 m.

## Reseña:

Clavo metálico semiesférico incrustado aproximadamente en la Avda. de Cesáreo Alierta, en la margen Sur de la Plaza de Sanz Briz, sobre el bordillo de hormigón de la acera en una zona de aparcamiento de BUS, junto al comienzo de la calle camino de Cabaldós, según croquis. Dista unos 700 m. de la señal número 810 013.

## Observaciones:

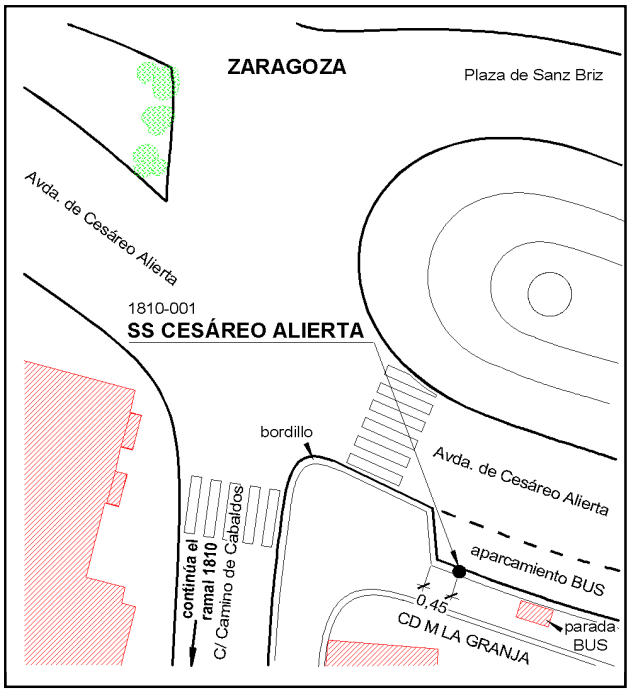
Informe del estado de la Señal en: ftp://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/InfoRN.pdf

## Enlaces:

**Anterior:** 810013 - SS ZARAGOZA 7®

**Posterior:** 1810002 - SS Avda. TENOR FLETA

**Agrupada con:**



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

**Centro de Observaciones Geodésicas**

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

# Reseña de Señal de Nivelación

7-abr-2011

## Situación Geográfica:

**Número:** **1810002**

**Nombre:** **SS Avda. TENOR FLETA**

**Línea o Ramal:** **1810. Ramal Nº 1810 a Estación Permanente GPS de Zaragoza.**

**Municipio:** Zaragoza

**Provincia:** Zaragoza

**Hoja MTN50:** 383

**Señal:** Secundaria **En posición:** Vertical

**Señalizada:** 20 de julio de 2009

**Nivelada:**

## Datos Geodésicos:

**Altitud ortométrica:** 210,6603 m.

**Geopotencial:** 206,49661 u.g.p.

**Gravedad en superficie:** 980226,34 mgals. *Observada*

**Cálculo:**

## Coordenadas Geográficas ETRS89:

**Longitud:** - 0° 52' 35,7"

**Latitud:** 41° 38' 15,5"

**Altitud elipsoidal:**

**Precisión:** ± 10 m.

## Reseña:

Clavo metálico semiesférico incrustado en la Avda. Tenor Fleta, frente al nº 103, sobre la zapata de un semáforo situado en la mediana de dicha calle, junto a la intersección con la Avda. de San José, según croquis. Dista unos 800 m. de la señal número 1810 001.

## Observaciones:

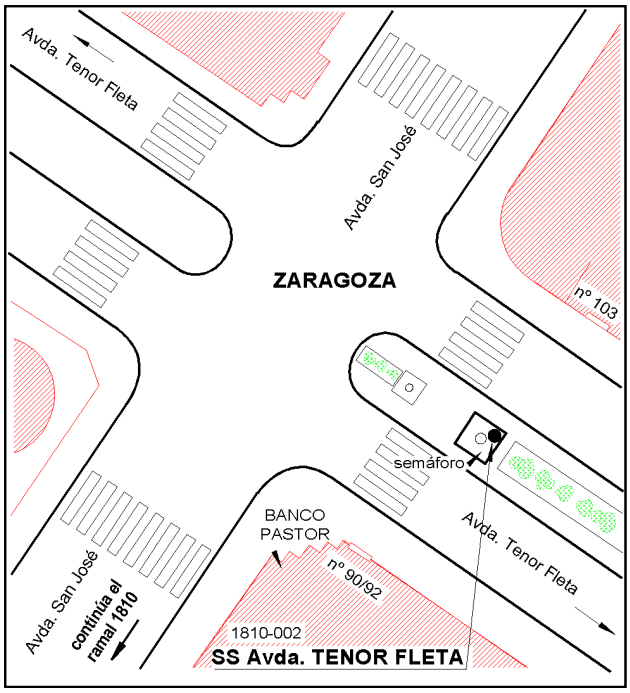
Informe del estado de la Señal en: ftp://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/InfoRN.pdf

## Enlaces:

**Anterior:** 1810001 - SS CESÁREO ALIERTA

**Posterior:** 1810003 - NGZ 447

**Agrupada con:**



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

**Centro de Observaciones Geodésicas**

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

# Reseña de Señal de Nivelación

7-abr-2011

## Situación Geográfica:

**Número:** **1810003**

**Nombre:** **NGZ 447**

**Línea o Ramal:** **1810. Ramal Nº 1810 a Estación Permanente GPS de Zaragoza.**

**Municipio:** Zaragoza

**Provincia:** Zaragoza

**Hoja MTN50:** 383

**Señal:** Principal **En posición:** Horizontal

**Señalizada:** 29 de junio de 2006

**Nivelada:**

## Datos Geodésicos:

**Altitud ortométrica:** 236,7800 m.

**Geopotencial:** 232,09902 u.g.p.

**Gravedad en superficie:** 980220,58 mgals. *Calculada*

**Cálculo:**

## Coordenadas Geográficas ETRS89:

**Longitud:** - 0° 52' 55,4"

**Latitud:** 41° 37' 59,8"

**Altitud elipsoidal:**

**Precisión:** Coordenadas orientativas

## Reseña:

Clavo metálico cuya cabeza tiene grabada la inscripción NGZ 447 incrustado en la fachada Sur del edificio de la Agencia Estatal de Meteorología, sobre el zócalo de piedra; a 1,85 metros de la esquina SE y a 0,55 metros de altura sobre el suelo, según croquis. Dista unos 700 m. de la señal número 1810 002.

## Observaciones:

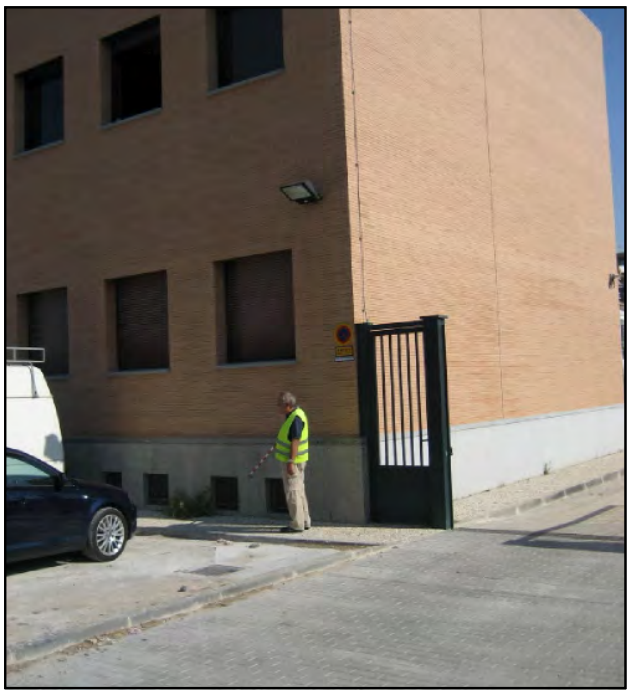
Informe del estado de la Señal en: ftp://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/InfoRN.pdf

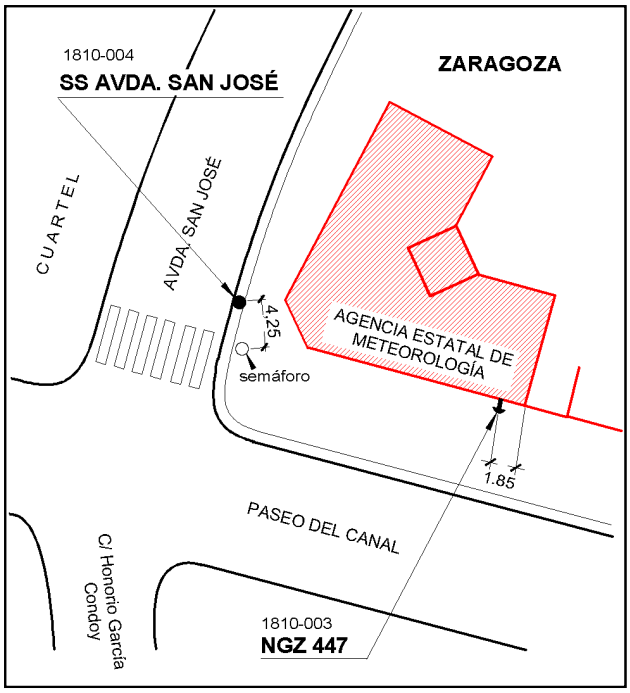
## Enlaces:

**Anterior:** 1810002 - SS Avda. TENOR FLETA

**Posterior:** 1810004 - SS Avda. SAN JOSÉ (f®1810)

**Agrupada con:** 1810004 - SS Avda. SAN JOSÉ (f®1810).





GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

**Centro de Observaciones Geodésicas**

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

# Reseña de Señal de Nivelación

7-abr-2011

## Situación Geográfica:

**Número:** **1810004**

**Nombre:** **SS Avda. SAN JOSÉ (f®1810)**

**Línea o Ramal:** **1810. Ramal Nº 1810 a Estación Permanente GPS de Zaragoza.**

**Municipio:** Zaragoza

**Provincia:** Zaragoza

**Hoja MTN50:** 383

**Señal:** Secundaria **En posición:** Vertical

**Señalizada:** 29 de junio de 2006

**Nivelada:**

## Datos Geodésicos:

**Altitud ortométrica:** 236,4147 m.

**Geopotencial:** 231,74093 u.g.p.

**Gravedad en superficie:** 980220,65 mgals. *Observada*

**Cálculo:**

## Coordenadas Geográficas ETRS89:

**Longitud:** - 0° 52' 57,0"

**Latitud:** 41° 38' 00,1"

**Altitud elipsoidal:**

**Precisión:** ± 10 m.

## Reseña:

Clavo metálico de latón incrustado en el bordillo de la acera Este de la Avda. de San José, frente al Edificio de la Agencia Estatal de Meteorología; en el Paseo del Canal, 17, Zaragoza; a 4,25 metros del poste de un semáforo, según croquis.

## Observaciones:

- Fin Ramal Nº 1810.

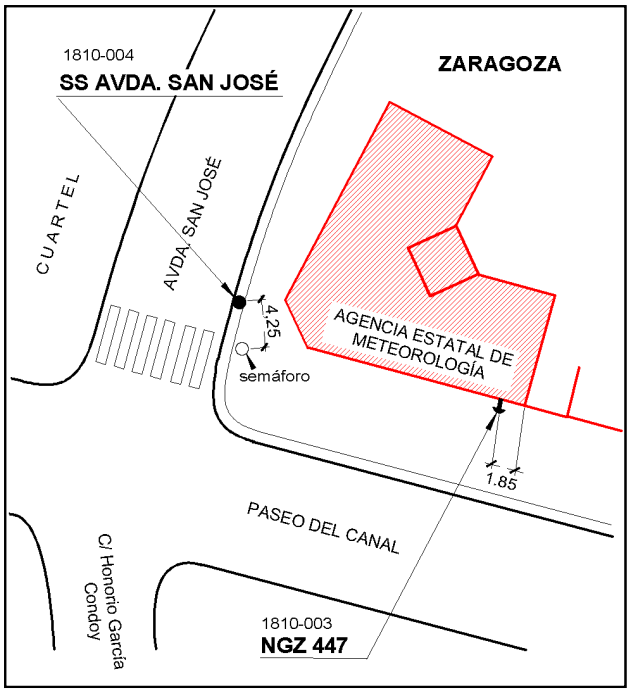
Informe del estado de la Señal en: ftp://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/InfoRN.pdf

## Enlaces:

**Anterior:** 1810003 - NGZ 447

**Posterior:**

**Agrupada con:** 1810003 - NGZ 447.

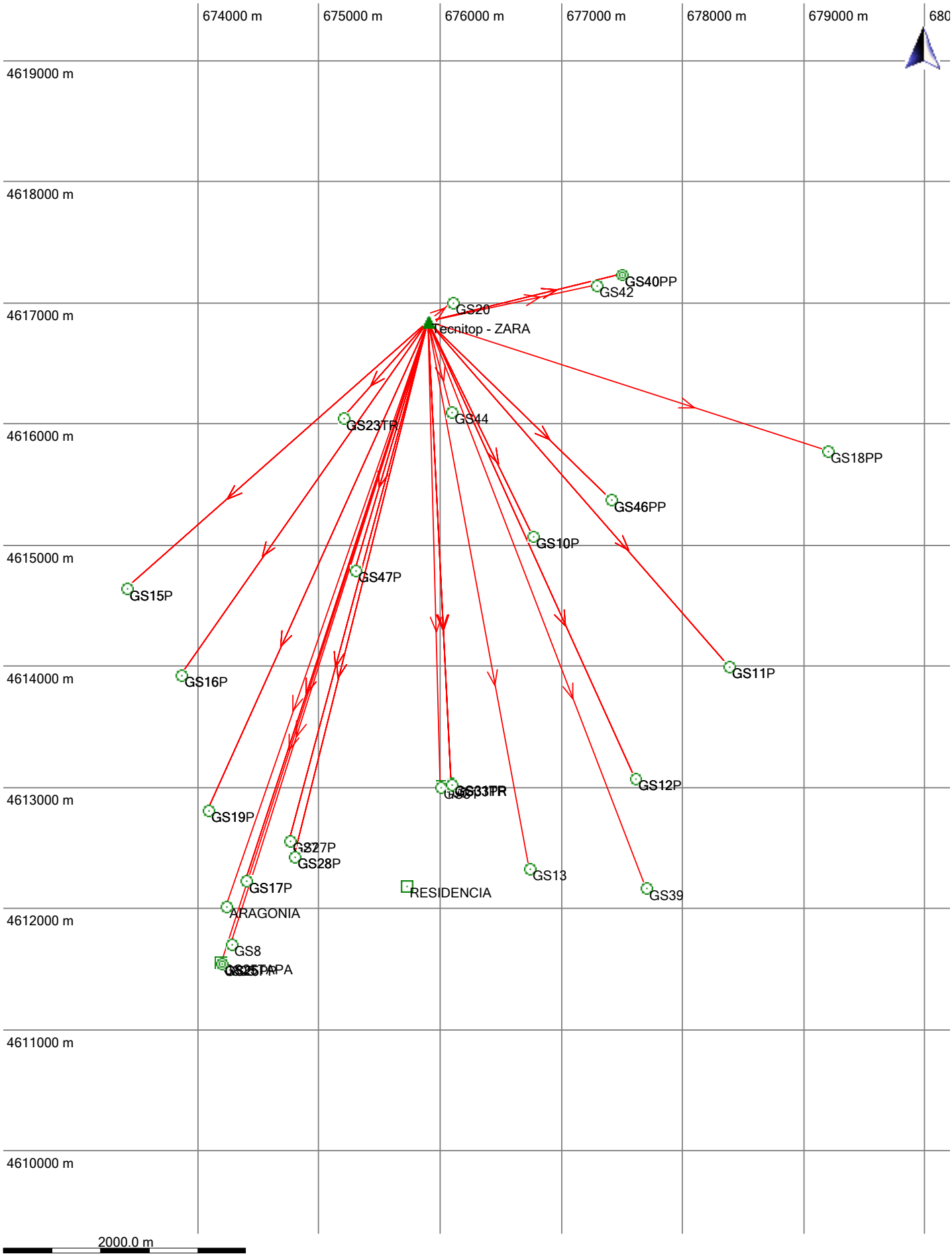


GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

# ANEXO 2




Estimado
Navegación
SPP
Medido
Promediado
Referencia
Ajustado
Control - 1D
Control - 2D
Control - 3D

03/01/2012 11:19:22

GeoCec

Oficina Técnica Ingeniería Geológica y Topografia

C/ Maestro Marquina, 14-1ºH
50006 Zaragoza
e-mail: ccarnicer@geocec.com

# CONTROL DE NIVELACIÓN PUNTOS IGME

**MARZO/ABRIL**
**2011**

| Orden | Índice | X | Y | Z | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **GS10** | | | **193.831** | En parte inferior agujero medición |
| 2 | **GS11** | | | **193.776** | En chapa de cubierta |
| 3 | **GS13** | **677609.221** | **4613078.58** | **201.022** | En borde superior arqueta |
| 4 | **GS12** | **676730.275** | **4612339.13** | **205.804** | En centro arqueta, en dintel inferior |
| 5 | **GS47** | **675292.553** | **4614795.44** | **198.397** | En borde arqueta, en dintel superior |
| 6 | **GS17** | | | **229.496** | En canto chapa |
| 7 | **GS16** | | | **213.345** | En canto chapa |
| 8 | **GS15** | | | **200.505** | En chapa de tapa junto orificio |
| 9 | **GS19** | | | **223.851** | En chapa tapa |
| 10 | **GS27** | **674751.119** | **4612569.49** | **221.53** | En borde arqueta, en dintel superior |
| 11 | **GS28** | **674793.693** | **4612440.47** | **220.141** | En borde arqueta, en dintel superior |
| 12 | **GS29** | | | **211.081** | En borde arqueta, en dintel superior |
| 13 | **GS30** | | | **211.061** | En borde arqueta, en dintel superior |
| 14 | **GS31** | **676003.283** | **4613009.08** | **210.643** | En borde arqueta, en dintel superior |
| 15 | **GS33** | **676093.973** | **4613031.11** | **210.561** | En borde arqueta, en dintel superior |
| 16 | **GS8** | **674276.521** | **4611709.27** | **235.58** | En parte superior arqueta |
| 17 | **GS25** | | | **229.854** | En borde tuberia piezométrica |
| 18 | **GS39** | | | **191.86** | En parte inferior agujero medición |
| 19 | **GS21** | | | **209.862** | Chapa que tapa el pozo |
| 20 | **GS46** | | | **198.225** | Bocal pozo |
| 21 | **GS40** | | | **212.035** | Tapa pozo |
| 22 | **GS20** | **677284.715** | **4617144.08** | **210.363** | Dintel inferior arqueta |
| 23 | **GS42** | **676106.076** | **4617006.27** | **200.689** | |
| 24 | **GS18** | | | **198.443** | Dintel inferior arqueta |
| 25 | **GS23** | **675194.568** | **4616049.77** | **198.709** | Dintel inferior arqueta |
| 26 | **GS44** | | | **194.405** | Borde arqueta |
| 27 | **GS44BIS** | | | **194.433** | Borde arqueta |

- when it has to be right

# Resumen de procesamiento
# IGME NIVELACION POZOS CONTROL

## Información del proyecto

| | |
|---|---|
| Nombre del proyecto: | IGME NIVELACION POZOS CONTROL |
| Fecha de creación: | 04/18/2011 17:27:28 |
| Huso horario: | 1h 00' |
| Sistema de coordenadas: | IBERIA - Utm 30 |
| Programa de aplicación: | LEICA Geo Office 7.0 |
| Fecha y hora de inicio: | 03/21/2011 09:10:25 |
| Fecha y hora de término: | 04/01/2011 09:48:15 |
| Puntos ocupados manualmente: | 24 |
| Puntos en movimiento: | 1 |
| Kernel de procesamiento: | PSI-Pro 2.0 |
| Procesado: | 04/19/2011 20:36:28 |

## Parámetros de procesamiento

| **Parámetros** | **Selección** |
|---|---|
| Ángulo de elevación: | 15° |
| Tipo de efemérides: | Transmitidas |
| Tipo de solución: | Automático |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | Automático |
| Fijar ambigüedades hasta: | 80 km |
| Duración mínima para solución flotante (estático): | 5' 00" |
| Intervalo de muestreo: | Usar todas |
| Modelo troposférico: | Hopfield |
| Modelo ionosférico: | Automático |
| Emplear modelo estocástico: | Sí |
| Dist. mínima: | 8 km |
| Actividad ionosférica: | Automático |

## Inf. general de línea base

| **Tecnitop - ZARA - GS10P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS10P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 39' 57.75280" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 52' 40.81374" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 246.2206 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - GS11P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS11P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 39' 21.60382" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 51' 32.17044" W |

| | | |
|---|---|---|
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 245.4916 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - GS12P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS12P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 52.13463" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 52' 06.60140" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 253.0128 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - GS13** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS13** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 28.87680" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 52' 45.35969" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 257.8230 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - GS47P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS47P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 39' 49.61326" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 53' 44.87405" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 250.3890 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - GS17P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS17P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 27.18734" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 54' 26.21446" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 282.7600 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - GS16P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS16P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 39' 22.84251" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 54' 47.81558" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 264.1691 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |

| | |
|---|---|
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - GS15P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS15P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 39' 46.17580" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 55' 06.37611" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 252.7829 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - GS19P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS19P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 46.50700" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 54' 39.09803" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 276.4011 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - GS27P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS27P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 37.91135" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 54' 10.61280" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 273.5754 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - GS28P** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS28P** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 33.69687" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 54' 08.90930" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 272.1889 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - GS31** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS31** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 51.16428" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 53' 16.05070" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 263.8577 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Código |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | No |

| **Tecnitop - ZARA - GS31** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS31** |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 51.16443" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 53' 16.05443" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 262.6604 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - GS33PP** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS33PP** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 51.80615" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 53' 12.11313" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 262.5758 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - 100** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: 100** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 51.15557" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 53' 15.99561" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 263.0647 m |
| Tipo de solución: | Flotante | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | No | |

| **Tecnitop - ZARA - GS25PP** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS25PP** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 05.30170" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 54' 35.90117" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 288.9248 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - GS25PP** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS25PP** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 05.30185" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 54' 35.90132" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 288.9296 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

| **Tecnitop - ZARA - GS39** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS39** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 22.78953" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 52' 03.64916" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 255.4724 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - RESIDENCIA** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: RESIDENCIA** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 38' 24.85738" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 53' 29.31489" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 265.4341 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Flotante |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | No |

| **Tecnitop - ZARA - GS46PP** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS46PP** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 40' 06.80976" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 52' 13.04227" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 250.1040 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - GS40PP** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS40PP** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 41' 07.06345" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 52' 07.10507" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 263.9470 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - GS40PP** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS40PP** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 41' 07.06348" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 52' 07.10498" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 263.9434 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo |
| Tipo GNSS: | GPS |
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - GS18PP** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS18PP** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 40' 18.30633" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 50' 55.22085" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 250.6038 m |

| | |
|---|---|
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo |
| Tipo GNSS: | GPS |

| | |
|---|---|
| Frecuencia: | L1 y L2 |
| Ambigüedad: | Sí |

| **Tecnitop - ZARA - GS23** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: GS23** |
|---|---|---|
| Coordenadas: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | 41° 40' 30.33649" N |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | 0° 53' 47.78372" W |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | 250.6639 m |
| Tipo de solución: | Fase: todo fijo | |
| Tipo GNSS: | GPS | |
| Frecuencia: | L1 y L2 | |
| Ambigüedad: | Sí | |

## Información general cinemática

| **Tecnitop - ZARA - 0030330_12015000** | **Referencia: Tecnitop - ZARA** | **Móvil: 0030330_12015000** |
|---|---|---|
| Tipo de receptor / N/S: | GRX1200GGPRO / 355472 | GX1230 / 464137 |
| Tipo de antena / N/S: | AX1202 GG Pillar / - | AX1202 Pole / - |
| Altura de antena: | 0.0000 m | |
| Coordenadas de referencia: | | |
| Latitud: | 41° 41' 02.27658" N | |
| Longitud: | 0° 53' 11.65674" W | |
| Alt Elip.: | 271.7608 m | |
| Puntos en movimiento: | 1 | |
| Intervalo de observación: | 03/30/2011 12:01:50 - 03/30/2011 12:01:50 | |
| Duración: | 0" | |
| DOPs (mín-máx): | GDOP: 2.3 - 2.3 | |
| | PDOP: 2.0 - 2.0 | HDOP: 1.1 - 1.1 VDOP: 1.7 - 1.7 |
| Número de satélites usados: | GPS: 8 | |
| | GLONASS: - | |

| Id de punto | Clase de punto | Fecha/Hora | X local | Y local | Alt. Elip. | Pos. + Q Alt. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| GS15P | Medido | 03/22/2011 12:36:50 | 673409.7901 | 4614644.0059 | 187.5278 | 0.0006 |
| GS15 | Medido | 03/22/2011 12:36:19 | 673409.7925 | 4614644.0014 | 187.5231 | 0.0092 |
| GS16P | Medido | 03/22/2011 11:36:50 | 673856.4892 | 4613934.7491 | 198.9065 | 0.0020 |
| GS16 | Medido | 03/22/2011 11:36:05 | 673856.5530 | 4613934.7526 | 198.8841 | 0.0197 |
| GS19P | Medido | 03/22/2011 13:38:05 | 674085.3052 | 4612818.9795 | 211.1193 | 0.0010 |
| GS19 | Medido | 03/22/2011 13:37:29 | 674085.3067 | 4612818.9855 | 211.1288 | 0.0182 |
| GS25TAPA | Navegación | 03/29/2011 11:10:34 | 674178.0235 | 4611559.8543 | 221.0625 | 0.0178 |
| GS25 | Navegación | 03/29/2011 10:55:23 | 674189.2787 | 4611549.9404 | 221.2788 | 0.0125 |
| 0805 | Navegación | 03/29/2011 11:09:43 | 674189.2863 | 4611549.9359 | 221.2866 | 0.0147 |
| GS25PP | Promediado | 03/29/2011 10:59:45 | 674190.0850 | 4611549.9273 | 223.6222 | 0.0034 |
| ARAGONIA | Medido | 03/23/2011 13:23:13 | 674230.1753 | 4612027.4966 | 218.8504 | 0.0197 |
| GS8 | Medido | 03/29/2011 08:37:28 | 674276.1301 | 4611709.6576 | 222.3486 | 0.0166 |
| GS17P | Medido | 03/22/2011 10:36:30 | 674397.8233 | 4612230.3580 | 217.4710 | 0.0018 |
| GS17 | Medido | 03/22/2011 10:35:54 | 674397.8289 | 4612230.3628 | 217.4719 | 0.0252 |
| G27 | Medido | 03/23/2011 09:17:58 | 674750.7189 | 4612569.9080 | 208.2831 | 0.0249 |
| GS27P | Medido | 03/23/2011 09:32:25 | 674750.7276 | 4612569.8833 | 208.2988 | 0.0016 |
| GS28P | Medido | 03/23/2011 10:02:10 | 674793.3019 | 4612440.8602 | 206.9104 | 0.0014 |
| GS28 | Medido | 03/23/2011 09:59:08 | 674793.3020 | 4612440.8592 | 206.8998 | 0.0199 |
| GS23TR | Medido | 04/01/2011 09:49:37 | 675194.1767 | 4616050.1626 | 185.4778 | 0.0216 |
| GS23 | Medido | 04/01/2011 09:38:10 | 675194.1889 | 4616050.1748 | 185.4652 | 0.0014 |
| GS47 | Medido | 03/22/2011 09:12:41 | 675292.1476 | 4614795.8506 | 185.1593 | 0.0217 |
| GS47P | Medido | 03/22/2011 09:30:25 | 675292.1616 | 4614795.8309 | 185.1663 | 0.0012 |
| RESIDENCIA | Navegación | 03/30/2011 09:33:15 | 675718.0705 | 4612191.9603 | 195.3585 | 12.8709 |
| Tecnitop - ZARA | Control | 03/21/2011 07:00:00 | 675897.5763 | 4616845.8703 | 269.5375 | 0.0000 |
| GS31 | Medido | 03/24/2011 11:59:45 | 676002.8921 | 4613009.4678 | 197.4123 | 0.0026 |
| 100 | Navegación | 03/24/2011 12:49:20 | 676005.3935 | 4613013.8205 | 204.1631 | 11.8521 |
| GS31TR | Medido | 03/24/2011 12:16:25 | 676086.7415 | 4613037.0917 | 197.4044 | 0.0177 |
| GS44 | Medido | 04/01/2011 11:09:10 | 676091.8766 | 4616107.2334 | 183.8895 | 0.0207 |
| GS33TR | Medido | 03/24/2011 12:17:31 | 676093.2351 | 4613031.0325 | 197.3441 | 0.0268 |
| GS33PP | Medido | 03/24/2011 12:24:20 | 676093.5819 | 4613031.4960 | 197.3296 | 0.0017 |
| GS20 | Medido | 03/31/2011 11:32:46 | 676105.6851 | 4617006.6607 | 187.4584 | 0.0141 |
| GS13 | Medido | 03/21/2011 11:39:50 | 676729.8836 | 4612339.5186 | 192.5727 | 0.0012 |
| GS10 | Medido | 03/21/2011 09:09:20 | 676767.5290 | 4615083.2298 | 181.0096 | 0.0195 |
| GS10P | Medido | 03/21/2011 09:10:25 | 676767.5292 | 4615083.2235 | 181.0268 | 0.0014 |
| GS42 | Medido | 03/31/2011 10:17:53 | 677284.3237 | 4617144.4688 | 197.1324 | 0.0198 |
| GS46PP | Medido | 03/30/2011 12:02:10 | 677402.8828 | 4615378.4140 | 184.9260 | 0.0007 |
| GS46 | Medido | 03/30/2011 12:01:21 | 677402.8830 | 4615378.4050 | 184.9313 | 0.0160 |
| GS40 | Medido | 03/31/2011 08:54:10 | 677494.1785 | 4617240.1701 | 198.7984 | 0.0170 |
| GS40PP | Promediado | 03/31/2011 08:59:45 | 677494.1823 | 4617240.1645 | 198.8067 | 0.0021 |
| GS12P | Medido | 03/21/2011 11:07:55 | 677608.8303 | 4613078.9644 | 187.7912 | 0.0014 |
| GS12 | Medido | 03/21/2011 11:07:24 | 677608.8443 | 4613078.9628 | 187.7911 | 0.0288 |
| GS39 | Medido | 03/29/2011 13:36:30 | 677699.5256 | 4612175.5929 | 190.2338 | 0.0011 |
| GS11P | Medido | 03/21/2011 10:12:30 | 678382.7388 | 4614007.6065 | 180.3010 | 0.0013 |
| GS11 | Medido | 03/21/2011 10:12:01 | 678382.7423 | 4614007.6131 | 180.2965 | 0.0257 |
| GS18PP | Medido | 04/01/2011 08:39:25 | 679193.7075 | 4615777.7288 | 185.4617 | 0.0006 |

| Id de punto | Clase de punto | Fecha/Hora | X | Y | Z | Pos. + Q Alt. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| GS40 | Medido | 03/31/2011 08:54:10 | 4770052.4222 | -72219.3055 | 4219861.9867 | 0.0170 |
| GS40PP | Promediado | 03/31/2011 08:59:45 | 4770052.4322 | -72219.3020 | 4219861.9879 | 0.0021 |
| GS42 | Medido | 03/31/2011 10:17:53 | 4770108.1306 | -72432.3423 | 4219793.3056 | 0.0198 |
| GS20 | Medido | 03/31/2011 11:32:46 | 4770155.1149 | -73614.9313 | 4219705.6760 | 0.0141 |
| Tecnitop - ZARA | Control | 03/21/2011 07:00:00 | 4770316.6231 | -73829.4572 | 4219644.0232 | 0.0000 |
| GS44 | Medido | 04/01/2011 11:09:10 | 4770749.5458 | -73660.0055 | 4219031.9773 | 0.0207 |
| GS23 | Medido | 04/01/2011 09:38:10 | 4770760.0694 | -74559.1375 | 4219006.8398 | 0.0014 |
| GS23TR | Medido | 04/01/2011 09:49:37 | 4770760.0865 | -74559.1503 | 4219006.8393 | 0.0216 |
| GS18PP | Medido | 04/01/2011 08:39:25 | 4771067.5486 | -70571.6155 | 4218729.5837 | 0.0006 |
| GS46PP | Medido | 03/30/2011 12:02:10 | 4771275.9750 | -72375.2048 | 4218464.2837 | 0.0007 |
| GS46 | Medido | 03/30/2011 12:01:21 | 4771275.9849 | -72375.2051 | 4218464.2805 | 0.0160 |
| GS10 | Medido | 03/21/2011 09:09:20 | 4771449.0057 | -73020.3901 | 4218252.9501 | 0.0195 |
| GS10P | Medido | 03/21/2011 09:10:25 | 4771449.0227 | -73020.3903 | 4218252.9569 | 0.0014 |
| GS47 | Medido | 03/22/2011 09:12:41 | 4771596.1084 | -74504.8998 | 4218068.1255 | 0.0217 |
| GS47P | Medido | 03/22/2011 09:30:25 | 4771596.1272 | -74504.8866 | 4218068.1152 | 0.0012 |
| GS15 | Medido | 03/22/2011 12:36:19 | 4771638.5647 | -76391.3999 | 4217990.4587 | 0.0092 |
| GS15P | Medido | 03/22/2011 12:36:50 | 4771638.5652 | -76391.4022 | 4217990.4651 | 0.0006 |
| GS16 | Medido | 03/22/2011 11:36:05 | 4772132.3730 | -75969.7353 | 4217460.1817 | 0.0197 |
| GS16P | Medido | 03/22/2011 11:36:50 | 4772132.3901 | -75969.7995 | 4217460.1951 | 0.0020 |
| GS11 | Medido | 03/21/2011 10:12:01 | 4772213.8105 | -71443.6220 | 4217419.2566 | 0.0257 |
| GS11P | Medido | 03/21/2011 10:12:30 | 4772213.8181 | -71443.6258 | 4217419.2546 | 0.0013 |
| GS31TR | Medido | 03/24/2011 12:16:25 | 4772798.4147 | -73772.1496 | 4216748.0220 | 0.0177 |
| GS33PP | Medido | 03/24/2011 12:24:20 | 4772802.2912 | -73765.5074 | 4216743.6667 | 0.0017 |
| GS33TR | Medido | 03/24/2011 12:17:31 | 4772802.5987 | -73765.8703 | 4216743.3364 | 0.0268 |
| GS12P | Medido | 03/21/2011 11:07:55 | 4772811.6237 | -72249.4462 | 4216744.8938 | 0.0014 |
| GS12 | Medido | 03/21/2011 11:07:24 | 4772811.6252 | -72249.4323 | 4216744.8922 | 0.0288 |
| GS31 | Medido | 03/24/2011 11:59:45 | 4772814.0984 | -73856.9081 | 4216728.9276 | 0.0026 |
| 100 | Navegación | 03/24/2011 12:49:20 | 4772816.3317 | -73854.3348 | 4216736.6197 | 11.8521 |
| GS19P | Medido | 03/22/2011 13:38:05 | 4772889.6911 | -75780.0963 | 4216630.6708 | 0.0010 |
| GS19 | Medido | 03/22/2011 13:37:29 | 4772889.6942 | -75780.0946 | 4216630.6815 | 0.0182 |
| G27 | Medido | 03/23/2011 09:17:58 | 4773074.1887 | -75123.7256 | 4216430.6275 | 0.0249 |
| GS27P | Medido | 03/23/2011 09:32:25 | 4773074.2171 | -75123.7179 | 4216430.6193 | 0.0016 |
| GS28 | Medido | 03/23/2011 09:59:08 | 4773160.1867 | -75085.6425 | 4216332.5208 | 0.0199 |
| GS28P | Medido | 03/23/2011 10:02:10 | 4773160.1940 | -75085.6427 | 4216332.5285 | 0.0014 |
| GS13 | Medido | 03/21/2011 11:39:50 | 4773278.3165 | -73153.6243 | 4216211.8600 | 0.0012 |
| GS17 | Medido | 03/22/2011 10:35:54 | 4773295.2019 | -75488.3198 | 4216189.4658 | 0.0252 |
| GS17P | Medido | 03/22/2011 10:36:30 | 4773295.2042 | -75488.3255 | 4216189.4617 | 0.0018 |
| RESIDENCIA | Navegación | 03/30/2011 09:33:15 | 4773346.2467 | -74169.9721 | 4216122.0252 | 12.8709 |
| GS39 | Medido | 03/29/2011 13:36:30 | 4773416.0467 | -72190.2663 | 4216069.9491 | 0.0011 |
| ARAGONIA | Medido | 03/23/2011 13:23:13 | 4773425.5450 | -75662.9444 | 4216041.8527 | 0.0197 |
| GS8 | Medido | 03/29/2011 08:37:28 | 4773640.6124 | -75628.1165 | 4215805.8627 | 0.0166 |
| GS25TAPA | Navegación | 03/29/2011 11:10:34 | 4773735.9521 | -75731.3589 | 4215694.8543 | 0.0178 |
| GS25 | Navegación | 03/29/2011 10:55:23 | 4773743.0541 | -75720.4579 | 4215687.3862 | 0.0125 |
| 0805 | Navegación | 03/29/2011 11:09:43 | 4773743.0632 | -75720.4507 | 4215687.3879 | 0.0147 |
| GS25PP | Promediado | 03/29/2011 10:59:45 | 4773744.8398 | -75719.6804 | 4215688.9187 | 0.0034 |

| Id de punto | Clase de punto | Fecha/Hora | Latitud | Longitud | Alt. Elip. |
|---|---|---|---|---|---|
| GS25PP | Promediado | 03/29/2011 10:59:45 | 41° 38' 09.37892" N | 0° 54' 31.43492" W | 223.6222 |
| 0805 | Navegación | 03/29/2011 11:09:43 | 41° 38' 09.37982" N | 0° 54' 31.46941" W | 221.2866 |
| GS25 | Navegación | 03/29/2011 10:55:23 | 41° 38' 09.37998" N | 0° 54' 31.46973" W | 221.2788 |
| GS25TAPA | Navegación | 03/29/2011 11:10:34 | 41° 38' 09.71007" N | 0° 54' 31.94549" W | 221.0625 |
| GS8 | Medido | 03/29/2011 08:37:28 | 41° 38' 14.48707" N | 0° 54' 27.55094" W | 222.3486 |
| ARAGONIA | Medido | 03/23/2011 13:23:13 | 41° 38' 24.82228" N | 0° 54' 29.20271" W | 218.8504 |
| GS39 | Medido | 03/29/2011 13:36:30 | 41° 38' 26.86544" N | 0° 51' 59.18678" W | 190.2338 |
| RESIDENCIA | Navegación | 03/30/2011 09:33:15 | 41° 38' 28.97629" N | 0° 53' 24.75890" W | 195.3585 |
| GS17P | Medido | 03/22/2011 10:36:30 | 41° 38' 31.26377" N | 0° 54' 21.74818" W | 217.4710 |
| GS17 | Medido | 03/22/2011 10:35:54 | 41° 38' 31.26392" N | 0° 54' 21.74793" W | 217.4719 |
| GS13 | Medido | 03/21/2011 11:39:50 | 41° 38' 32.95273" N | 0° 52' 40.89613" W | 192.5727 |
| GS28 | Medido | 03/23/2011 09:59:08 | 41° 38' 37.77301" N | 0° 54' 04.44343" W | 206.8998 |
| GS28P | Medido | 03/23/2011 10:02:10 | 41° 38' 37.77304" N | 0° 54' 04.44343" W | 206.9104 |
| GS27P | Medido | 03/23/2011 09:32:25 | 41° 38' 41.98740" N | 0° 54' 06.14685" W | 208.2988 |
| G27 | Medido | 03/23/2011 09:17:58 | 41° 38' 41.98821" N | 0° 54' 06.14720" W | 208.2831 |
| GS19P | Medido | 03/22/2011 13:38:05 | 41° 38' 50.58294" N | 0° 54' 34.63123" W | 211.1193 |
| GS19 | Medido | 03/22/2011 13:37:29 | 41° 38' 50.58313" N | 0° 54' 34.63116" W | 211.1288 |
| GS31 | Medido | 03/24/2011 11:59:45 | 41° 38' 55.23985" N | 0° 53' 11.58985" W | 197.4123 |
| 100 | Navegación | 03/24/2011 12:49:20 | 41° 38' 55.37890" N | 0° 53' 11.47718" W | 204.1631 |
| GS33TR | Medido | 03/24/2011 12:17:31 | 41° 38' 55.86679" N | 0° 53' 07.66412" W | 197.3441 |
| GS33PP | Medido | 03/24/2011 12:24:20 | 41° 38' 55.88154" N | 0° 53' 07.64865" W | 197.3296 |
| GS31TR | Medido | 03/24/2011 12:16:25 | 41° 38' 56.06829" N | 0° 53' 07.93823" W | 197.4044 |
| GS12 | Medido | 03/21/2011 11:07:24 | 41° 38' 56.20965" N | 0° 52' 02.13810" W | 187.7911 |
| GS12P | Medido | 03/21/2011 11:07:55 | 41° 38' 56.20971" N | 0° 52' 02.13870" W | 187.7912 |
| GS11P | Medido | 03/21/2011 10:12:30 | 41° 39' 25.67789" N | 0° 51' 27.70844" W | 180.3010 |
| GS11 | Medido | 03/21/2011 10:12:01 | 41° 39' 25.67810" N | 0° 51' 27.70828" W | 180.2965 |
| GS16P | Medido | 03/22/2011 11:36:50 | 41° 39' 26.91744" N | 0° 54' 43.34823" W | 198.9065 |
| GS16 | Medido | 03/22/2011 11:36:05 | 41° 39' 26.91750" N | 0° 54' 43.34547" W | 198.8841 |
| GS15 | Medido | 03/22/2011 12:36:19 | 41° 39' 50.25000" N | 0° 55' 01.90796" W | 187.5231 |
| GS15P | Medido | 03/22/2011 12:36:50 | 41° 39' 50.25015" N | 0° 55' 01.90805" W | 187.5278 |
| GS47P | Medido | 03/22/2011 09:30:25 | 41° 39' 53.68712" N | 0° 53' 40.40819" W | 185.1663 |
| GS47 | Medido | 03/22/2011 09:12:41 | 41° 39' 53.68778" N | 0° 53' 40.40878" W | 185.1593 |
| GS10P | Medido | 03/21/2011 09:10:25 | 41° 40' 01.82613" N | 0° 52' 36.34956" W | 181.0268 |
| GS10 | Medido | 03/21/2011 09:09:20 | 41° 40' 01.82634" N | 0° 52' 36.34956" W | 181.0096 |
| GS46 | Medido | 03/30/2011 12:01:21 | 41° 40' 10.88241" N | 0° 52' 08.57878" W | 184.9313 |
| GS46PP | Medido | 03/30/2011 12:02:10 | 41° 40' 10.88270" N | 0° 52' 08.57878" W | 184.9260 |
| GS18PP | Medido | 04/01/2011 08:39:25 | 41° 40' 22.37858" N | 0° 50' 50.75939" W | 185.4617 |
| GS23TR | Medido | 04/01/2011 09:49:37 | 41° 40' 34.40880" N | 0° 53' 43.31799" W | 185.4778 |
| GS23 | Medido | 04/01/2011 09:38:10 | 41° 40' 34.40919" N | 0° 53' 43.31745" W | 185.4652 |
| GS44 | Medido | 04/01/2011 11:09:10 | 41° 40' 35.54545" N | 0° 53' 04.45969" W | 183.8895 |
| Tecnitop - ZARA | Control | 03/21/2011 07:00:00 | 41° 40' 59.63387" N | 0° 53' 12.07385" W | 269.5375 |
| GS20 | Medido | 03/31/2011 11:32:46 | 41° 41' 04.67833" N | 0° 53' 02.90788" W | 187.4584 |
| GS42 | Medido | 03/31/2011 10:17:53 | 41° 41' 08.20216" N | 0° 52' 11.81474" W | 197.1324 |
| GS40PP | Promediado | 03/31/2011 08:59:45 | 41° 41' 11.13462" N | 0° 52' 02.64121" W | 198.8067 |
| GS40 | Medido | 03/31/2011 08:54:10 | 41° 41' 11.13481" N | 0° 52' 02.64137" W | 198.7984 |

| Pos. + Q Alt. |
|---|
| 0.0034 |
| 0.0147 |
| 0.0125 |
| 0.0178 |
| 0.0166 |
| 0.0197 |
| 0.0011 |
| 12.8709 |
| 0.0018 |
| 0.0252 |
| 0.0012 |
| 0.0199 |
| 0.0014 |
| 0.0016 |
| 0.0249 |
| 0.0010 |
| 0.0182 |
| 0.0026 |
| 11.8521 |
| 0.0268 |
| 0.0017 |
| 0.0177 |
| 0.0288 |
| 0.0014 |
| 0.0013 |
| 0.0257 |
| 0.0020 |
| 0.0197 |
| 0.0092 |
| 0.0006 |
| 0.0012 |
| 0.0217 |
| 0.0014 |
| 0.0195 |
| 0.0160 |
| 0.0007 |
| 0.0006 |
| 0.0216 |
| 0.0014 |
| 0.0207 |
| 0.0000 |
| 0.0141 |
| 0.0198 |
| 0.0021 |
| 0.0170 |

# ANEXO III

FICHAS DE APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 1

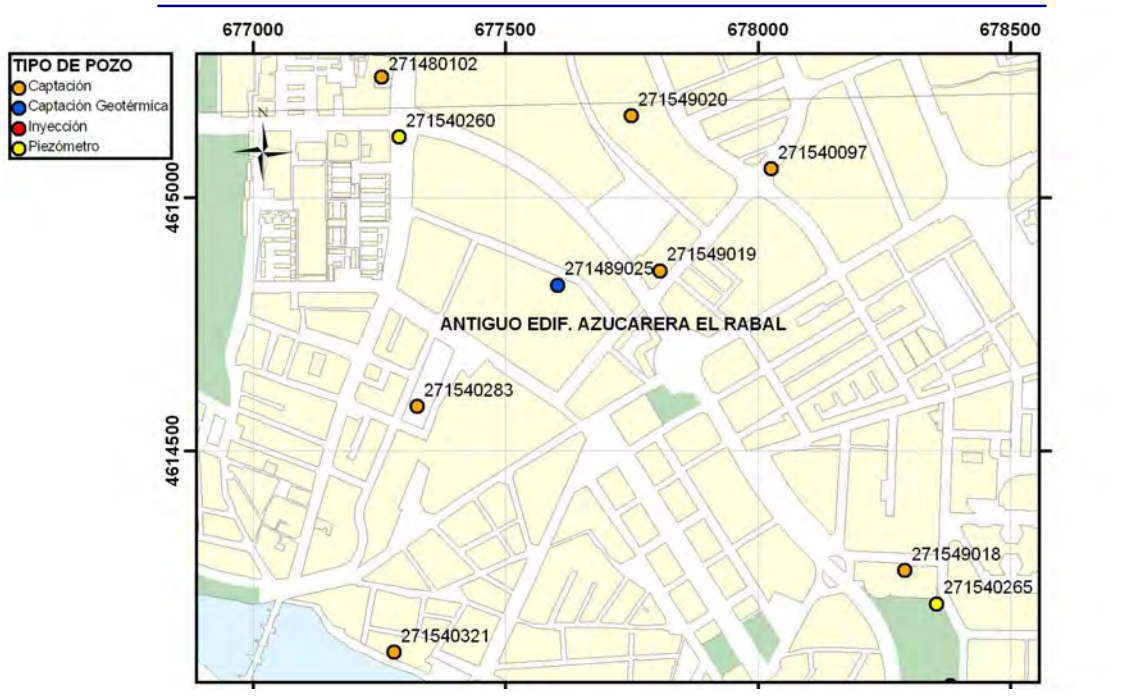
***APROVECHAMIENTO:*** *ANTIGUO EDIFICIO AZUCARERA EL RABAL*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente** **2005P0119**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271489025 | ***Nº pozos Vertido*** | |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 40 | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | 20 | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 224640 | ***Vertido $m^3$/año*** | |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L/V de 8-14 h.

***Potencia frío KW*** 289,5 KW (96,5 KW x 3 máquinas)

***Frecuencia generación calor*** ?

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *ANTIGUO EDIFICIO AZUCARERA EL RABAL*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Red Vertido Municipal ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 16,62 ºC ***Fecha*** 11/11/2010

***Tª VERTIDO:*** 18,34 ºC ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO*** 1,72 ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1425 | 271480098 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Control de temperatura

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

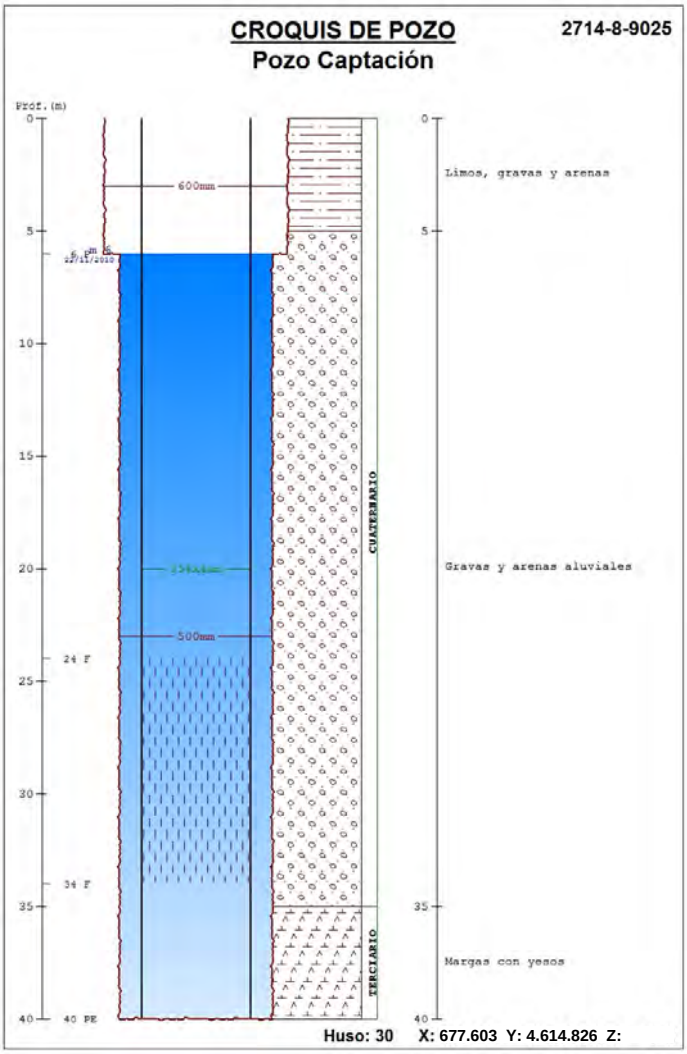
***Externa***

***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 2010 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *ANTIGUO EDIFICIO AZUCARERA EL RABAL*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 2

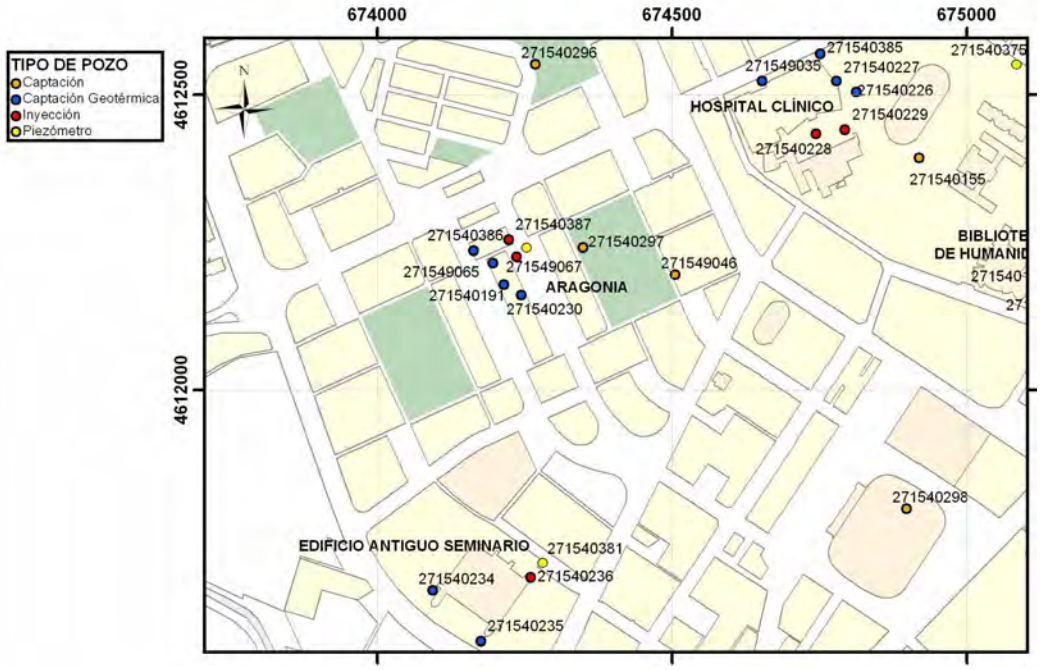
***APROVECHAMIENTO:*** *ARAGONIA*

**TITULAR** Zaragoza Urbana, S.A.

**Nº Expediente** **2003P0125**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 6 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540191<br>271540230<br>271540386<br>271549065 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540387<br>271549067 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 50 (desde nivel calle) | ***Profundidad máxima (m)*** | 45 (desde nivel calle) |
| ***Caudal L/s*** | 33,6 | ***Caudal L/s*** | 33,6 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 943020 | ***Vertido $m^3$/año*** | 943020 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D Anual |
| ***Potencia frío KW*** | (3 x 1300 KW) + (1 x 2472 KW). Total: 6372 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-D Octubre-Marzo |
| ***Potencia calor KW*** | 3 x 1563. Total 4689 |

***APROVECHAMIENTO:*** *ARAGONIA*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 14,6 ºC | ***Fecha*** | 28/10/09 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 20,9 ºC | ***Fecha*** | 28/10/09 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 6,3 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 37,8 | 104 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 470,4 | 271540236 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 114,56 | 271540297 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** -0,4 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 0,9

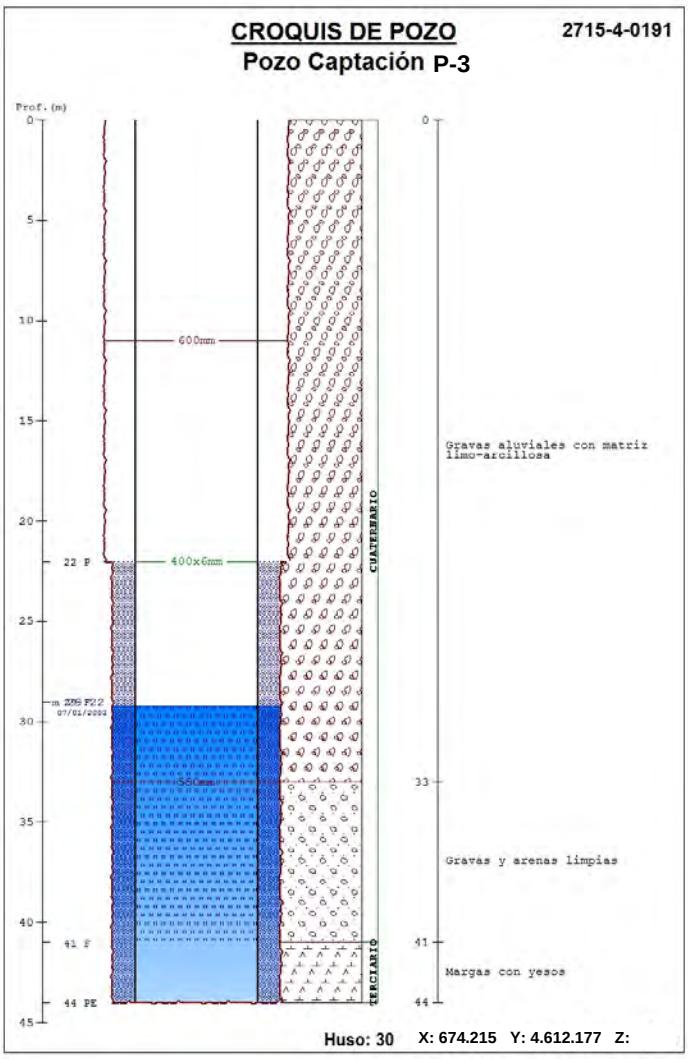
***Externa*** No

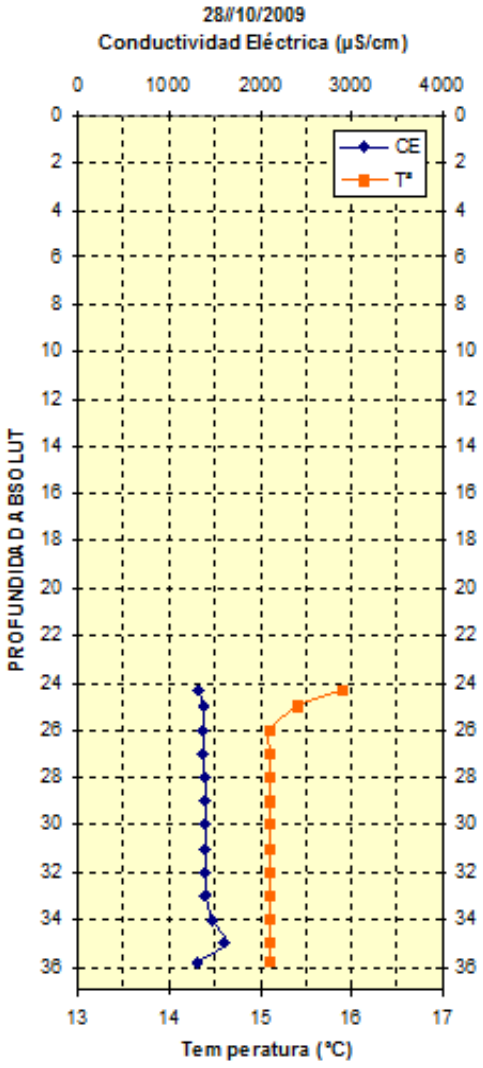
***Autointerferencia*** Probable

***Año inicio explotación:*** 2009 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *ARAGONIA*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

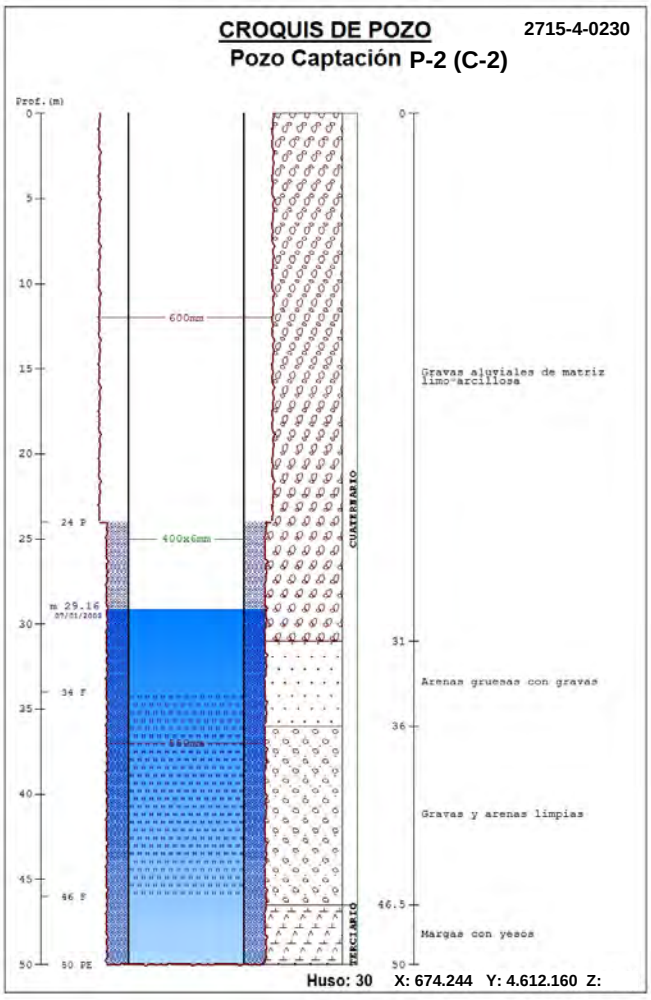


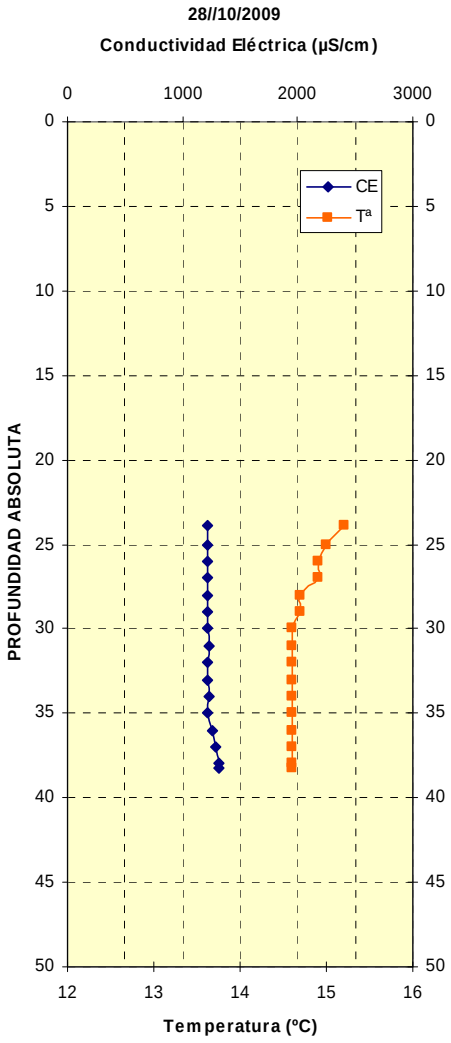




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *ARAGONIA*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

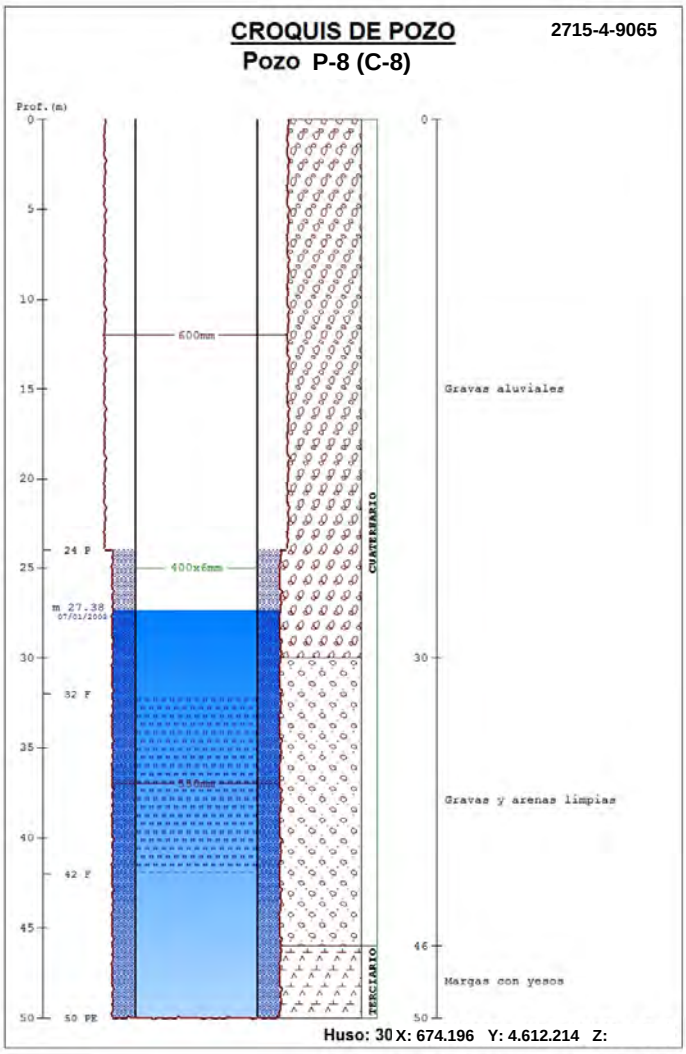



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *ARAGONIA*

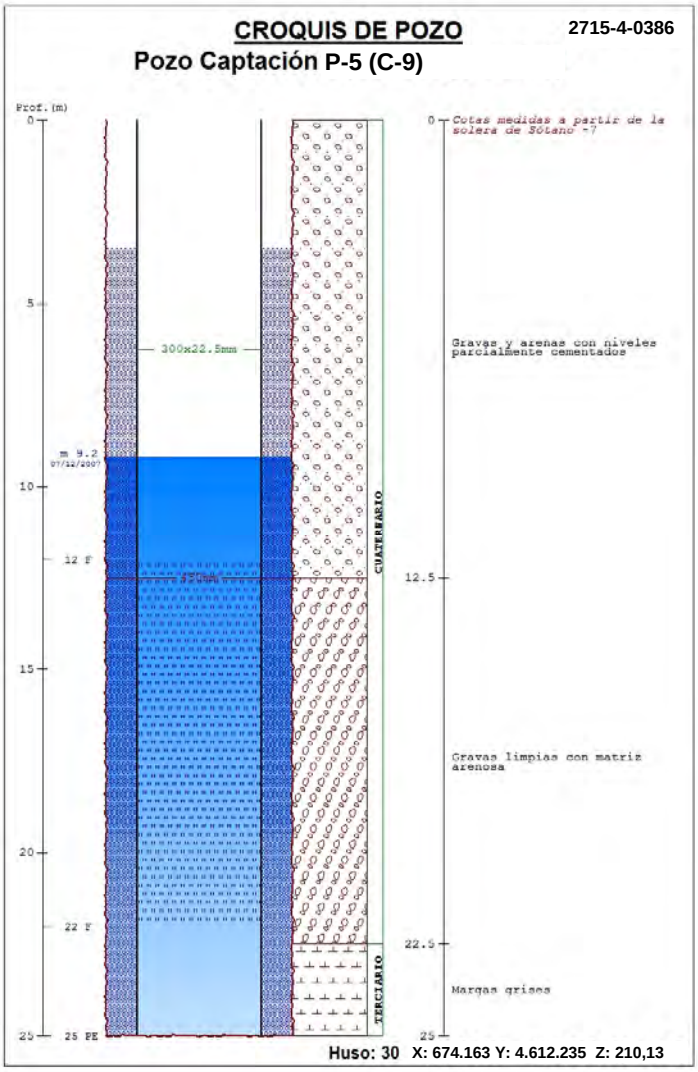
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T



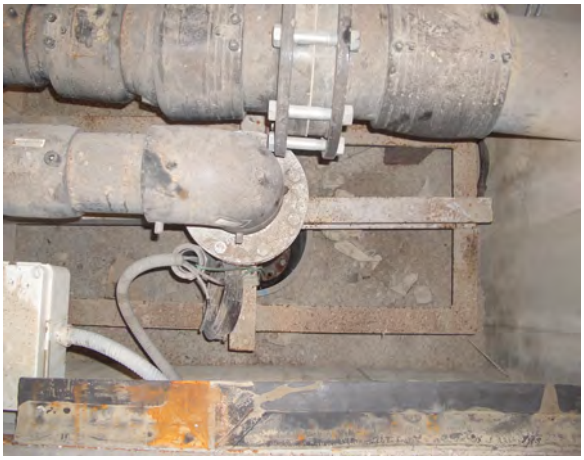

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *ARAGONIA*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

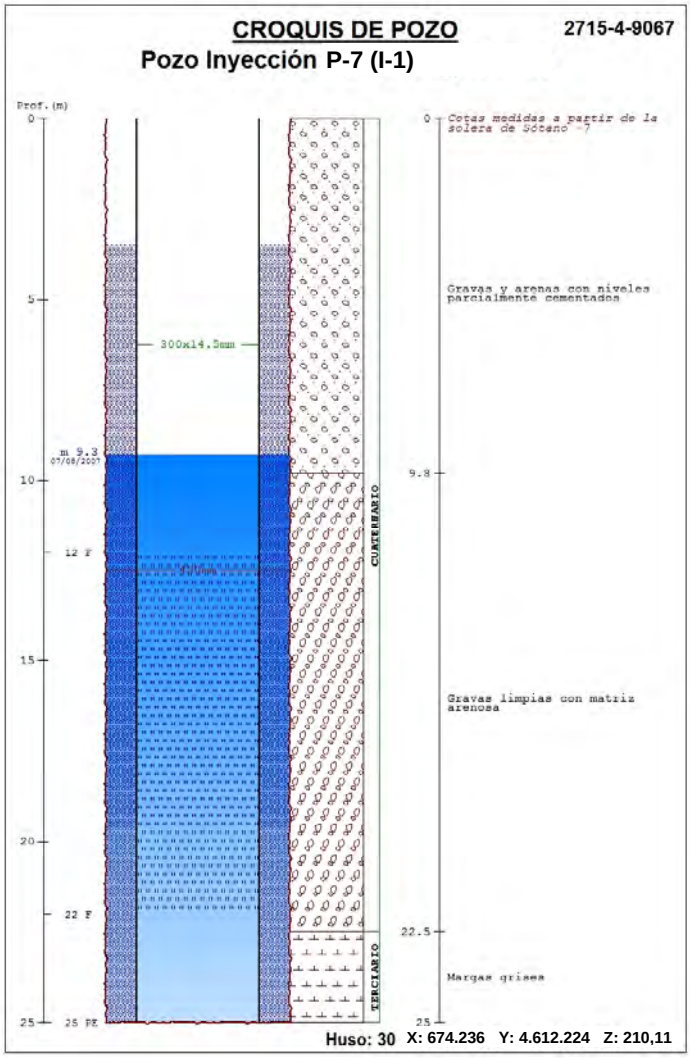



***FOTOGRAFÍAS***



***APROVECHAMIENTO:*** *ARAGONIA*

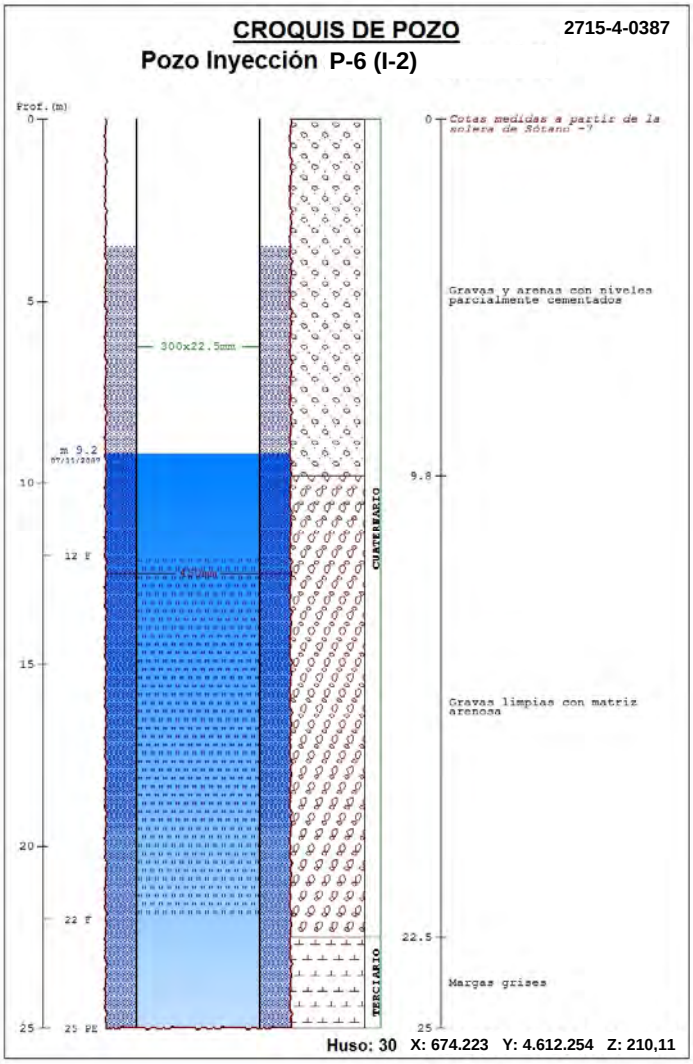
## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *ARAGONIA*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

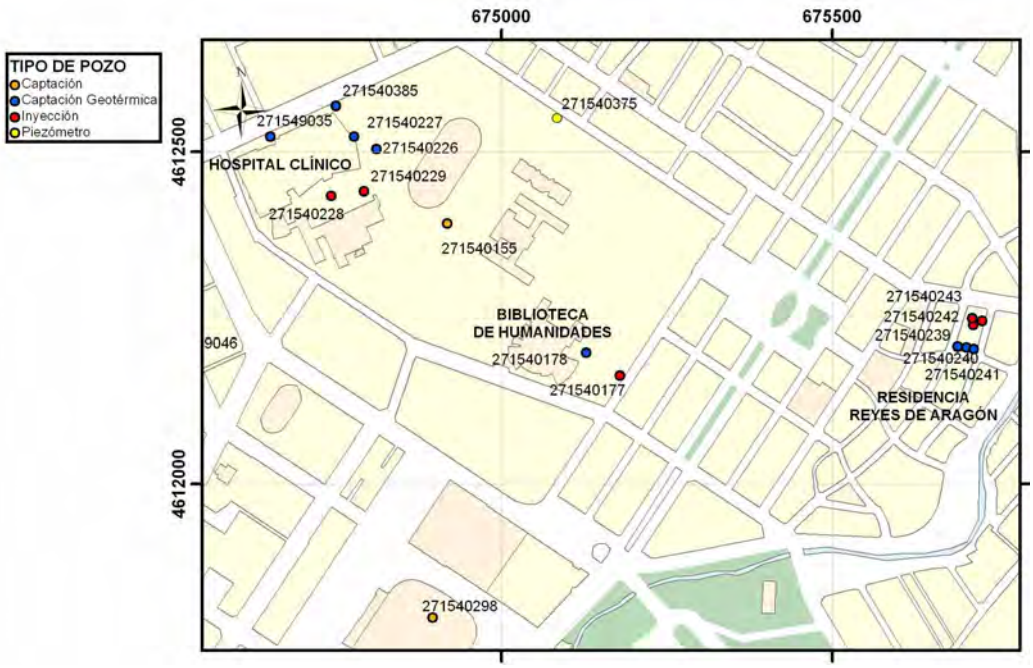
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 3

## *APROVECHAMIENTO:* *BIBLIOTECA DE HUMANIDADES*

**TITULAR** Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento

**Nº Expediente** **2001P0421** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540178 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540177 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 45 | ***Profundidad máxima (m)*** | 36 |
| ***Caudal L/s*** | 3,97 | ***Caudal L/s*** | 3,97 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 81406 | ***Vertido $m^3$/año*** | 81406 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-S May-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 402 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-S Oct-Abr |
| ***Potencia calor KW*** | 542 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *BIBLIOTECA DE HUMANIDADES*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 18 ºC | ***Fecha*** | 17/07/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 23,2 ºC | ***Fecha*** | 17/07/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 5,2 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 50,68 | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 432 | 271540229 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 505,48 | 271540239 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Sí

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 3 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 3,2

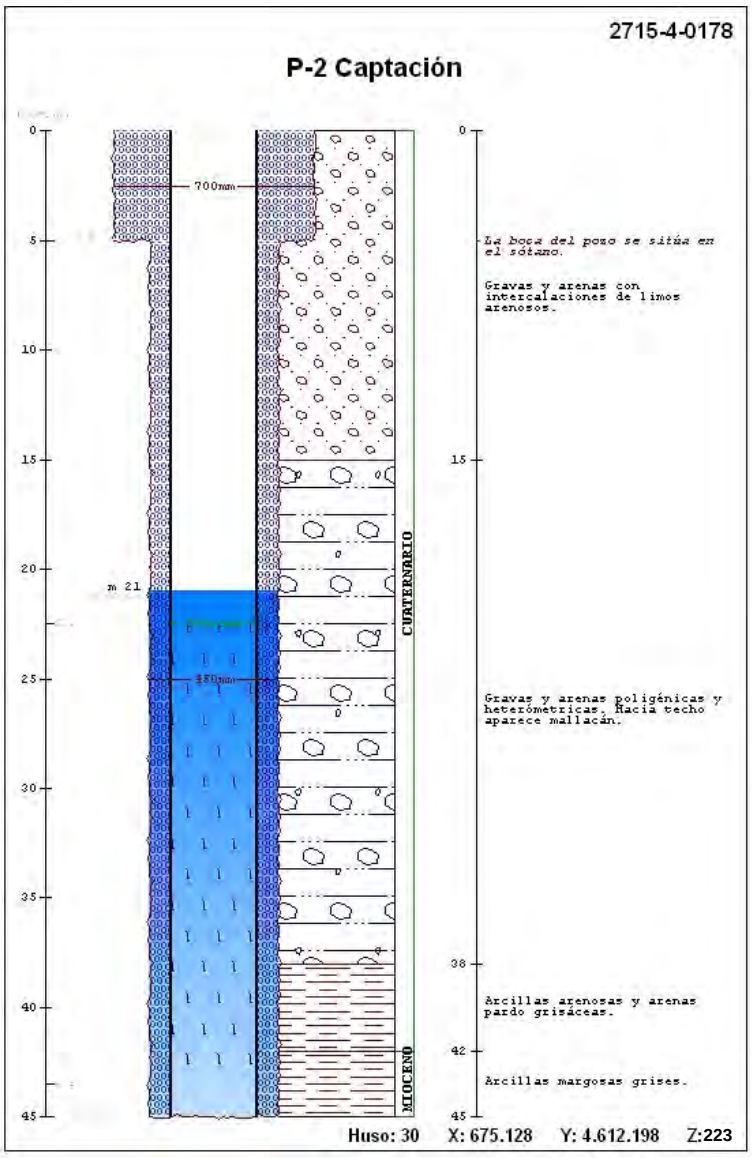
***Externa*** No

***Autointerferencia*** Probable

***Año inicio explotación:*** 2003 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *BIBLIOTECA DE HUMANIDADES*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

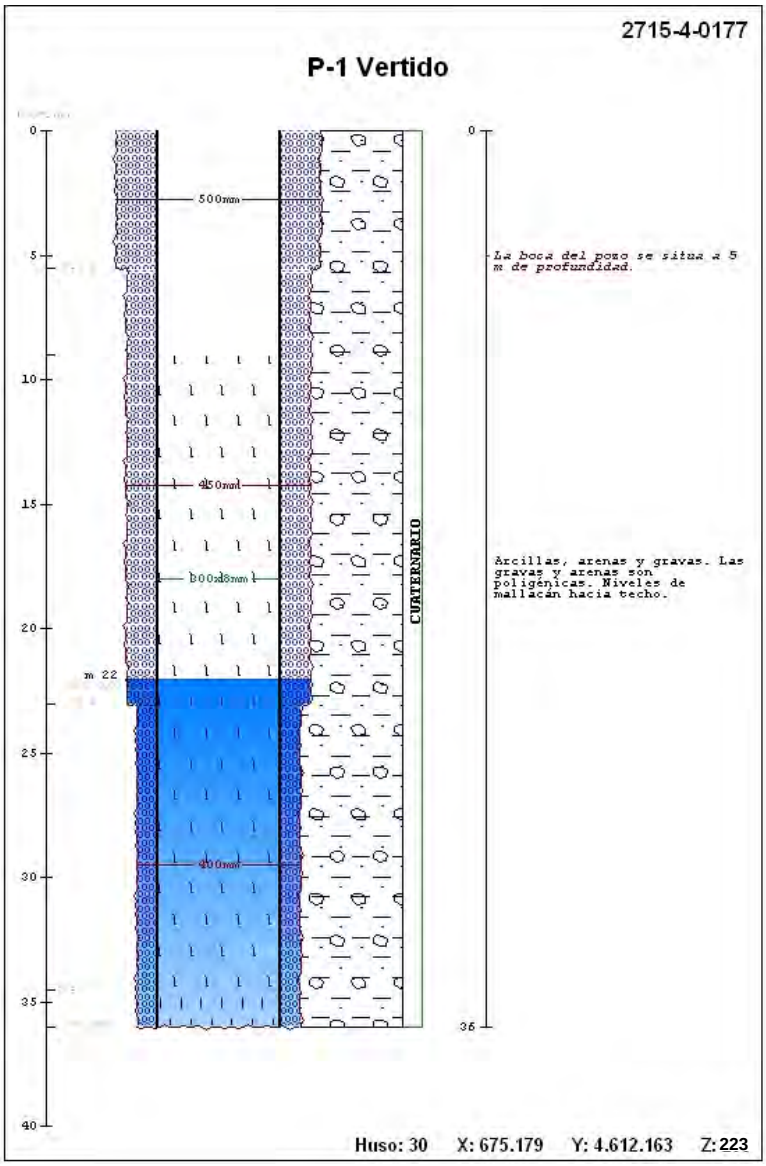



Coordenada Z a nivel de calle. Altura sótano 5 m

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *BIBLIOTECA DE HUMANIDADES*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




Coordenada Z a nivel de calle. Altura sótano 5 m

## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 4

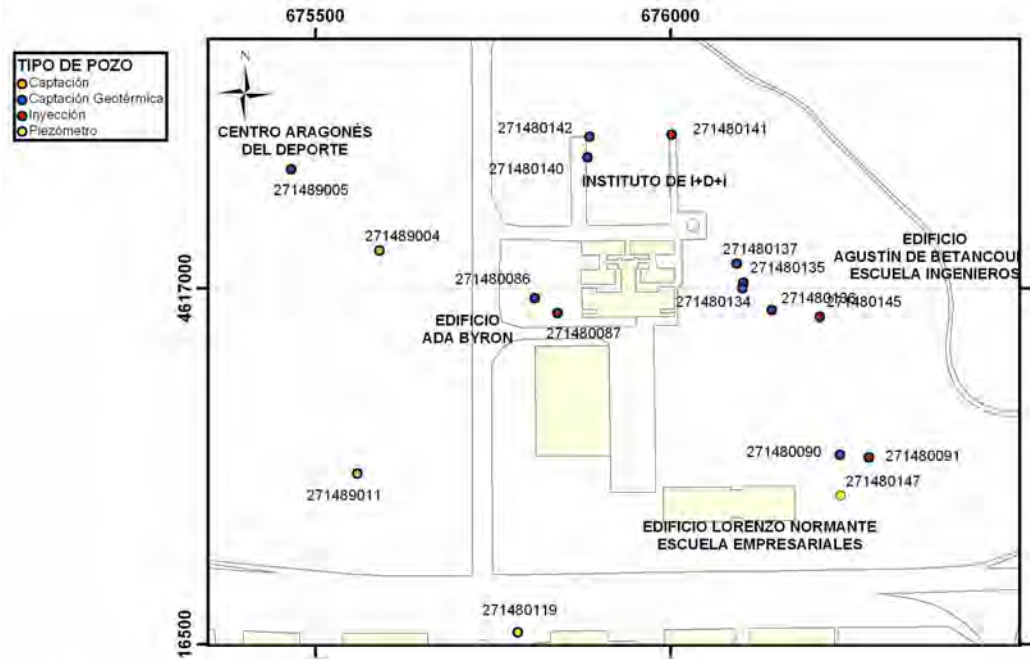
## *APROVECHAMIENTO:* *CENTRO ARAGONÉS DEL DEPORTE*

**TITULAR** Gobierno de Aragón - Dpto. Presidencia y Relaciones Institucionales

**Nº Expediente** **2002P1064**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | Contra incendios |
| ***Nº pozos Captación*** | 271489005 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 21,53 | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | 10 | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 315360 | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-S Anual

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** ?

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO ARAGONÉS DEL DEPORTE*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Acequia ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** -

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 16,4 ºC | ***Fecha*** | 09/09/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 20,5 ºC | ***Fecha*** | 09/09/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 4,1 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 522 | 271480141 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 1,4 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 0,5

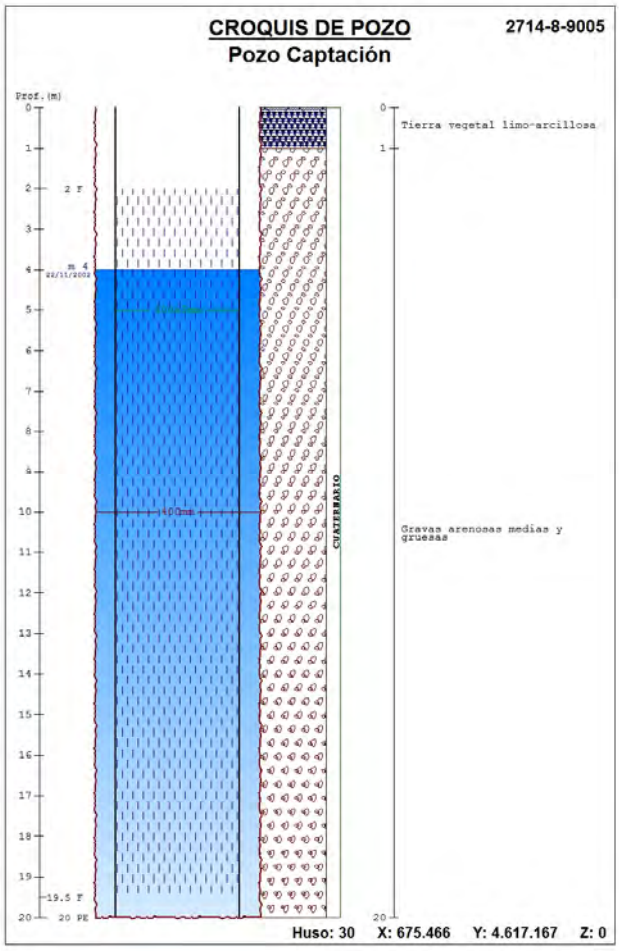
***Externa*** No

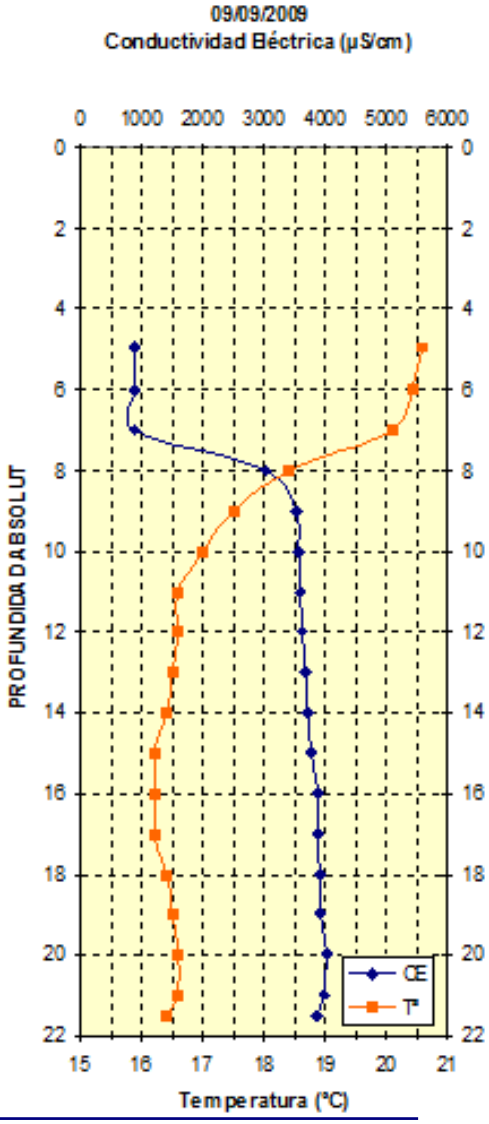
***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** 2003 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO ARAGONÉS DEL DEPORTE*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




### *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 5

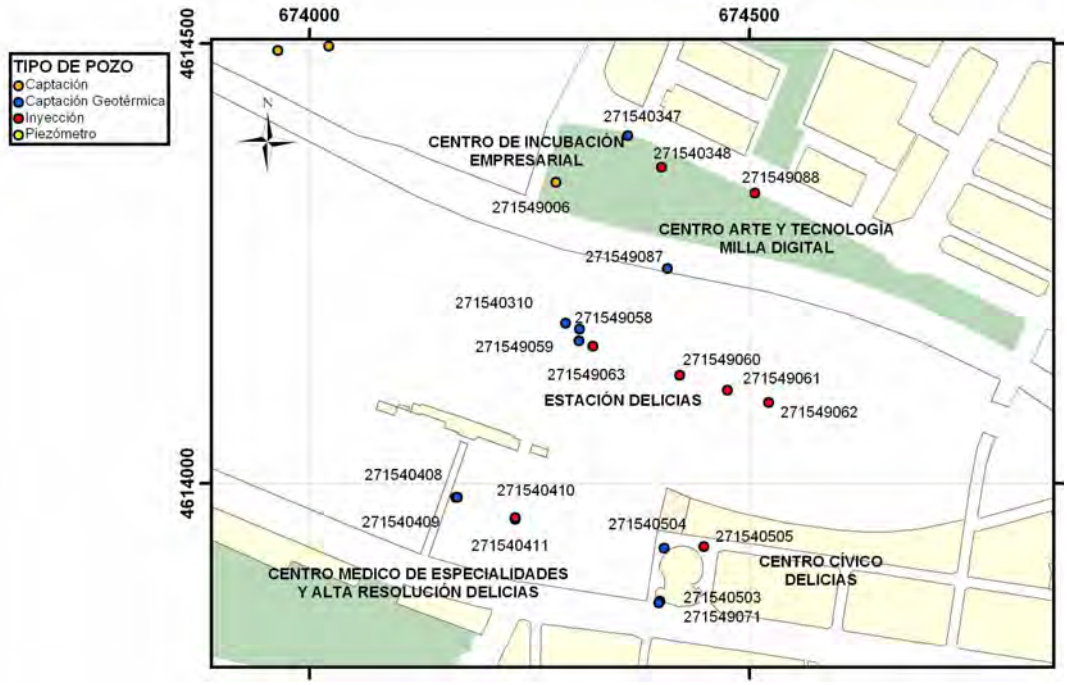
***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO DELICIAS*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente** **2009P0751**
**2010P1457**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 4 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540503<br>271540504<br>271549071 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540505 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 60 | ***Profundidad máxima (m)*** | 30 |
| ***Caudal L/s*** | 12,67 | ***Caudal L/s*** | 12,67 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 201898 | ***Vertido $m^3$/año*** | 201898 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** Mayo-Octubre

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** Noviembre-Abril

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO DELICIAS*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Arriba

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 72,12 | 74,44 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 255 | 271549061 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 766,43 | 271549011 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

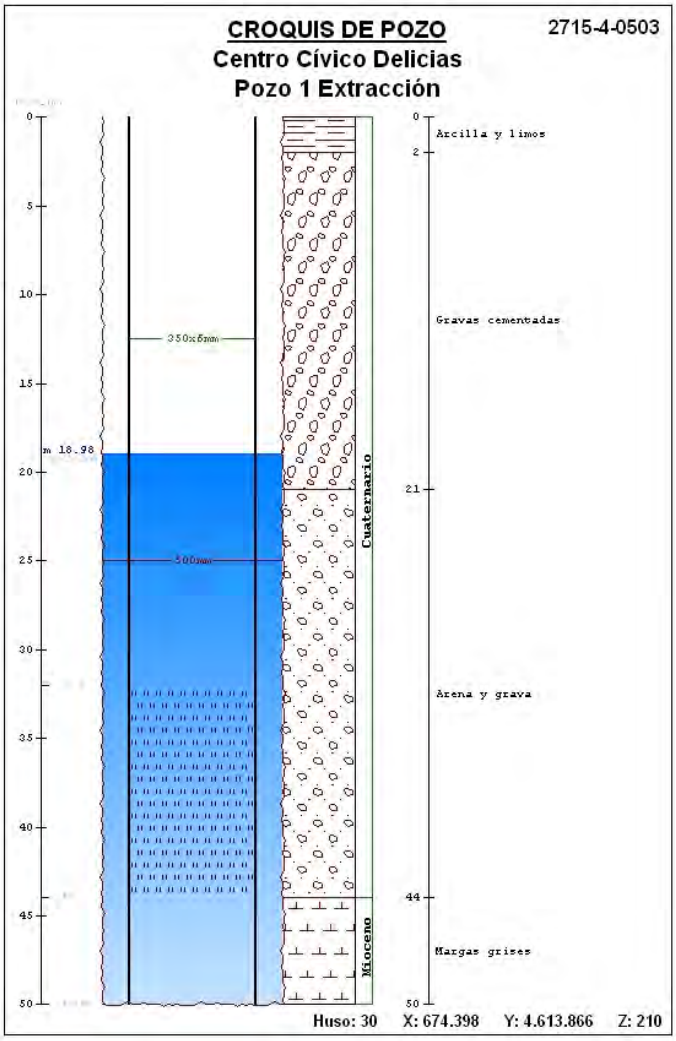
***Externa***

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2012 ***Año finalización explotación:***

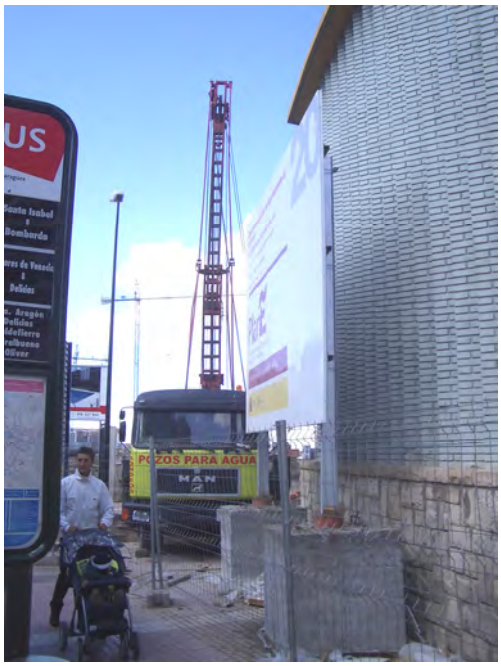
***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO DELICIAS*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T



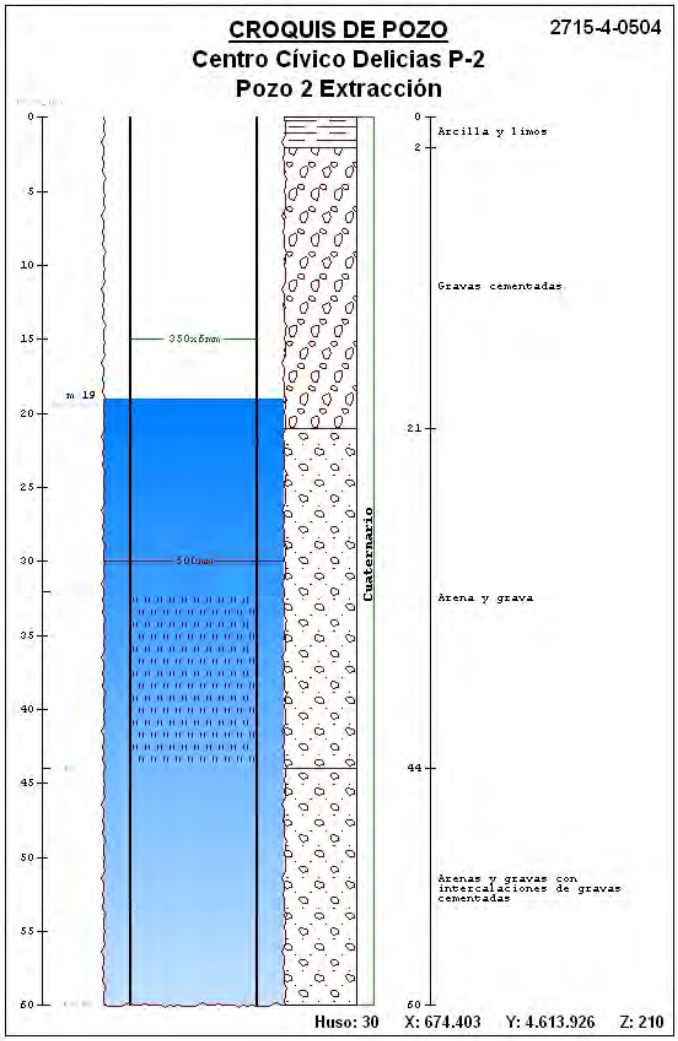

## *FOTOGRAFÍAS*

**2715-4-0503 – 2715-4-9071**



***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO DELICIAS*

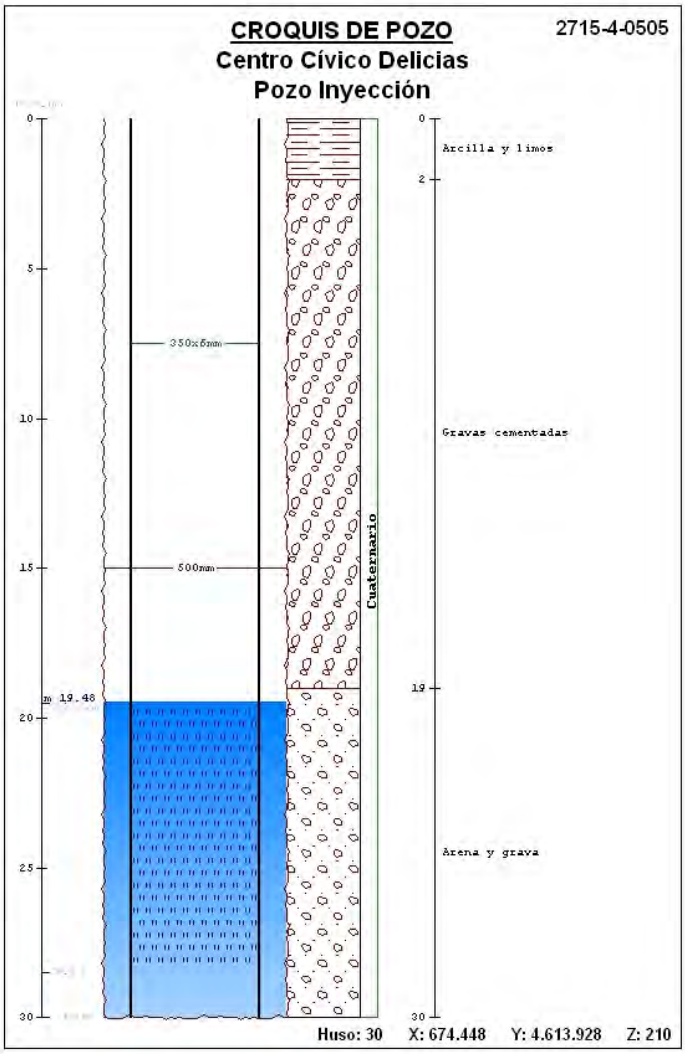
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO DELICIAS*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 6

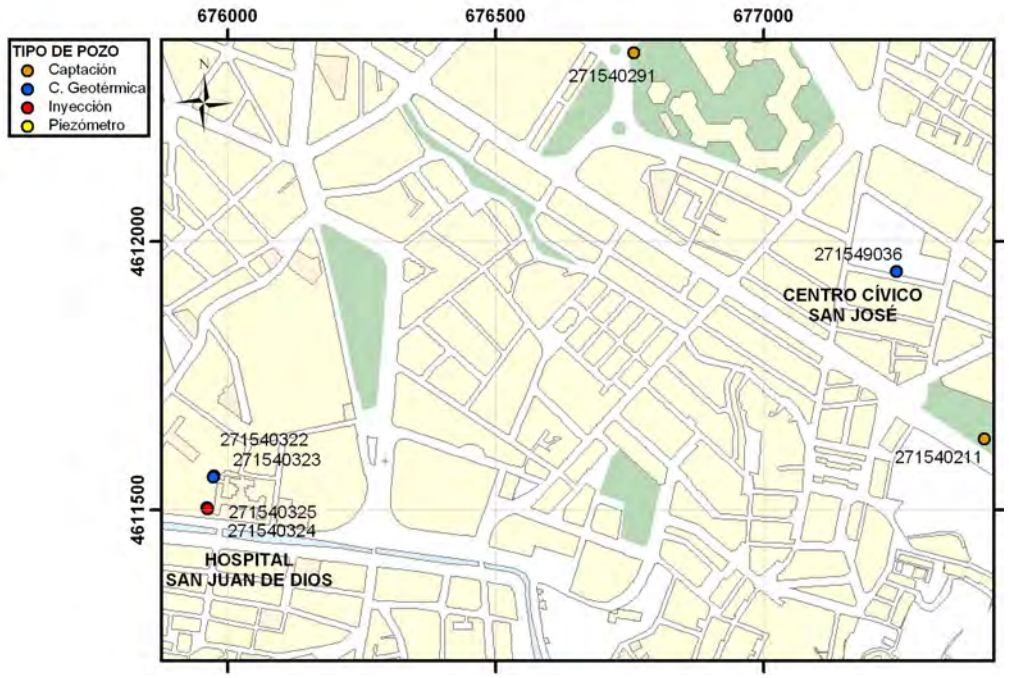
***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO SAN JOSÉ*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549036 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 23 | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** 5 d/mes

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** 5 d/mes

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO SAN JOSÉ*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Depósito ***Tipo de circuito*** Cerrado

***Disposición*** Red vertido

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 17,6 ºC ***Fecha*** 16/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1359,28 | 271540325 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 2,6 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa*** No

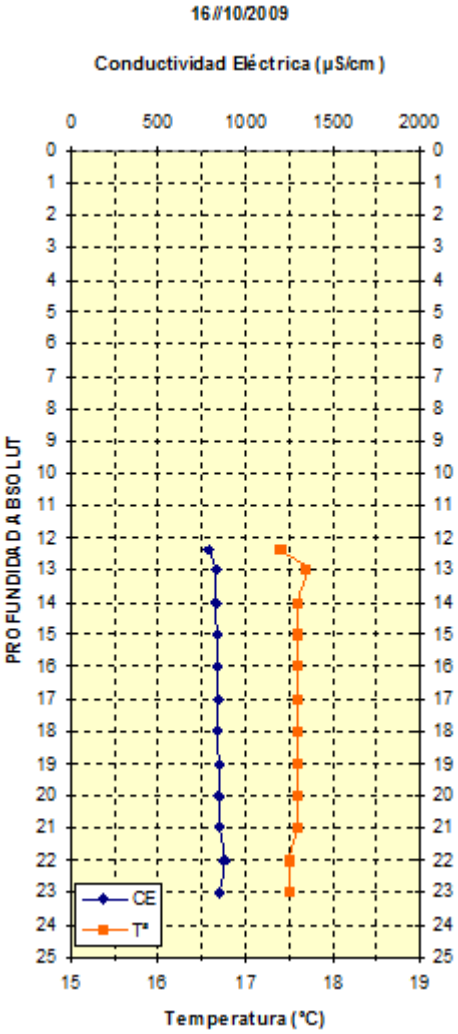
***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** 1999 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO SAN JOSÉ*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

**2715-4-9036**




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 7

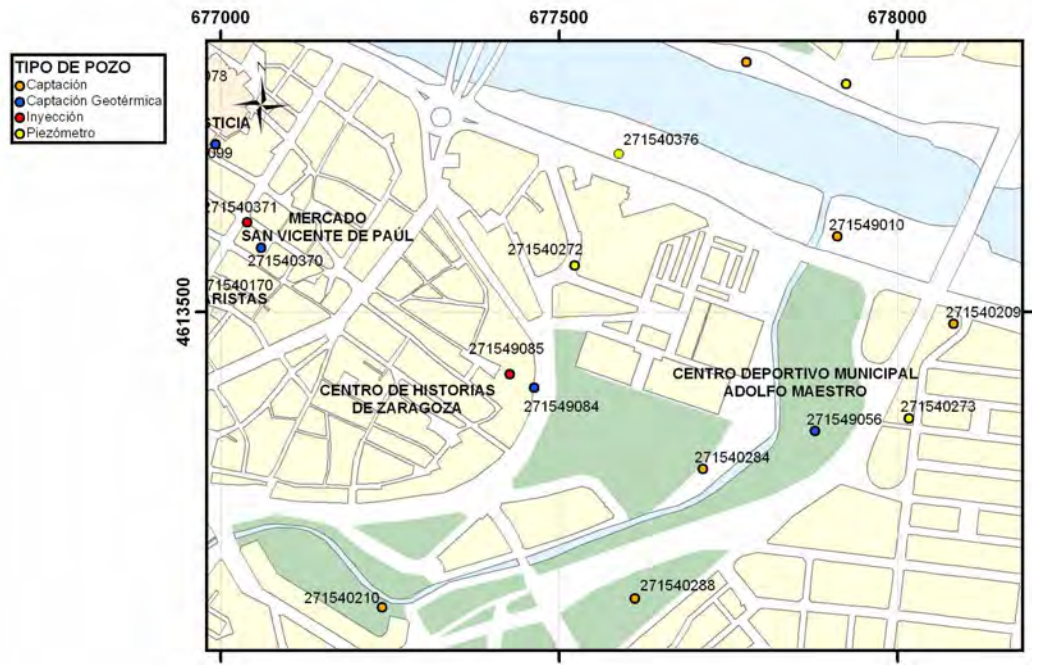
***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL ADOLFO MAESTRO*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza - Deportes

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549056 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** -

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** L-S Sep-Jun

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL ADOLFO MAESTRO*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Red vertido ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** -

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 18 ºC ***Fecha*** 23/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 457,80 | 271549085 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 3 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** 1994 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL ADOLFO MAESTRO*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 8

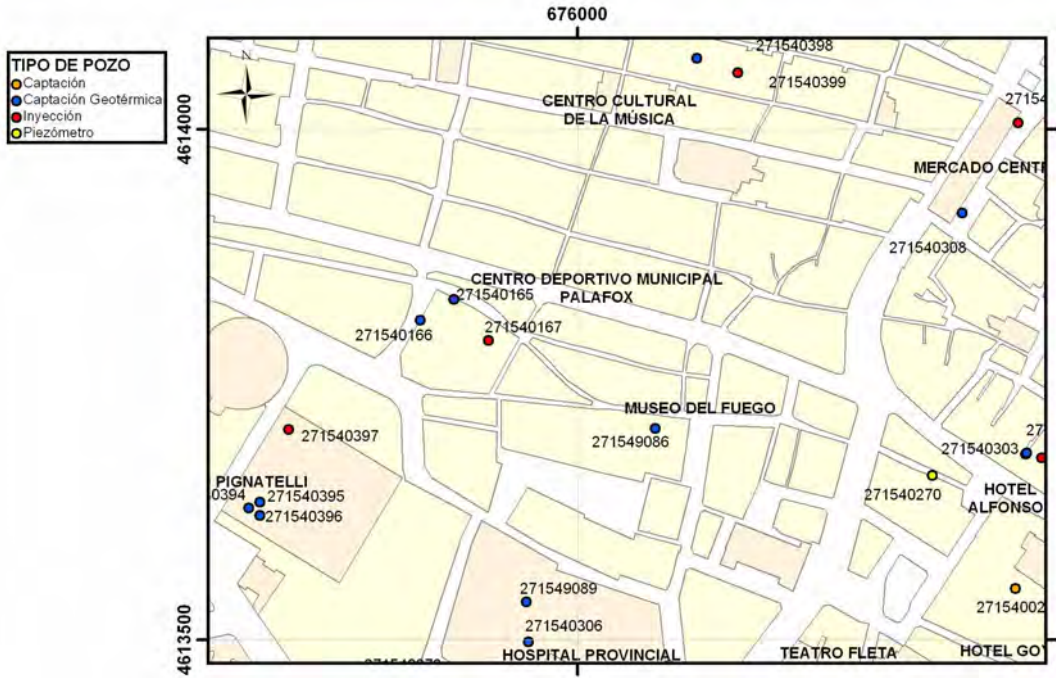
***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL PALAFOX*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza - Deportes

**Nº Expediente** **1999P1071**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | Climatización agua piscina |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540165<br>271540166 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540167 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 30,27 | ***Profundidad máxima (m)*** | 33 |
| ***Caudal L/s*** | 6,33 | ***Caudal L/s*** | 6,33 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 115566 | ***Vertido $m^3$/año*** | 115566 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** Diaria

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** 15 Ago-30 Jun

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL PALAFOX*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 16,9 ºC | ***Fecha*** | 19/10/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 28 ºC | ***Fecha*** | 19/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 11,1 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 52,5 | 70 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 167,2 | 271540397 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 481,75 | 271540308 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 1,9 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 8

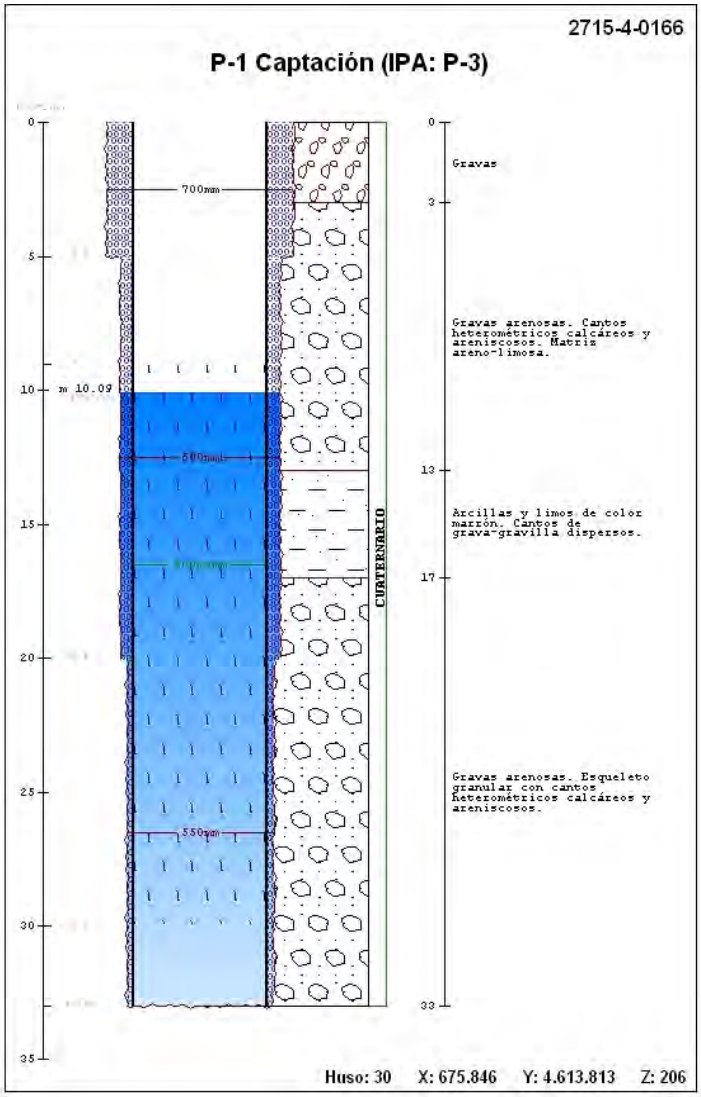
***Externa*** No se sabe

***Autointerferencia*** Probable

***Año inicio explotación:*** 2002 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL PALAFOX*

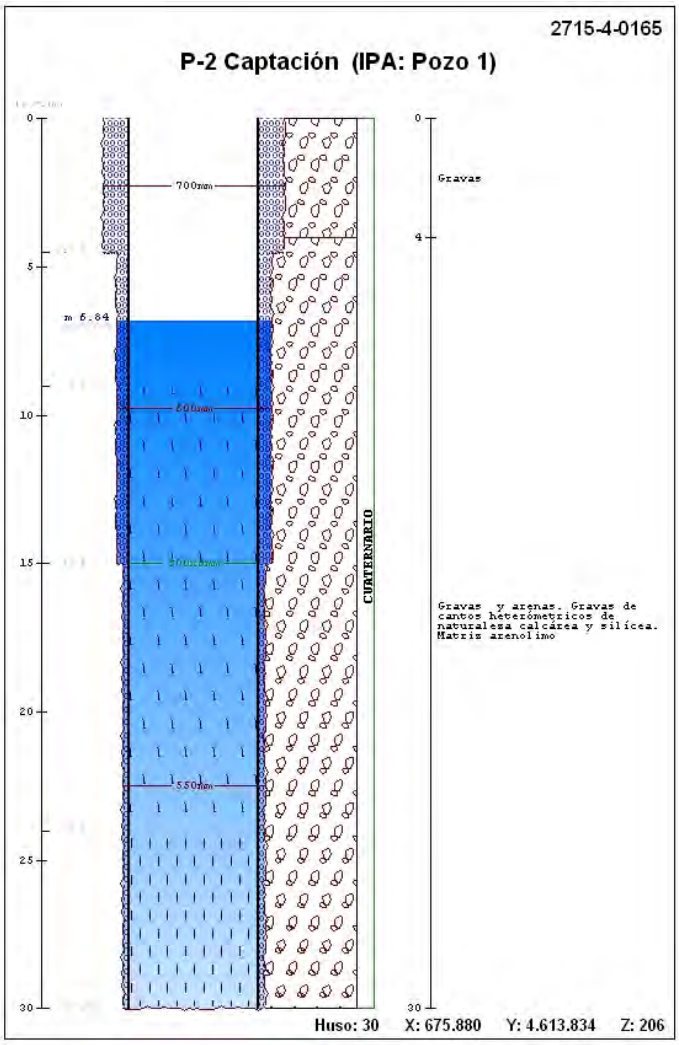
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

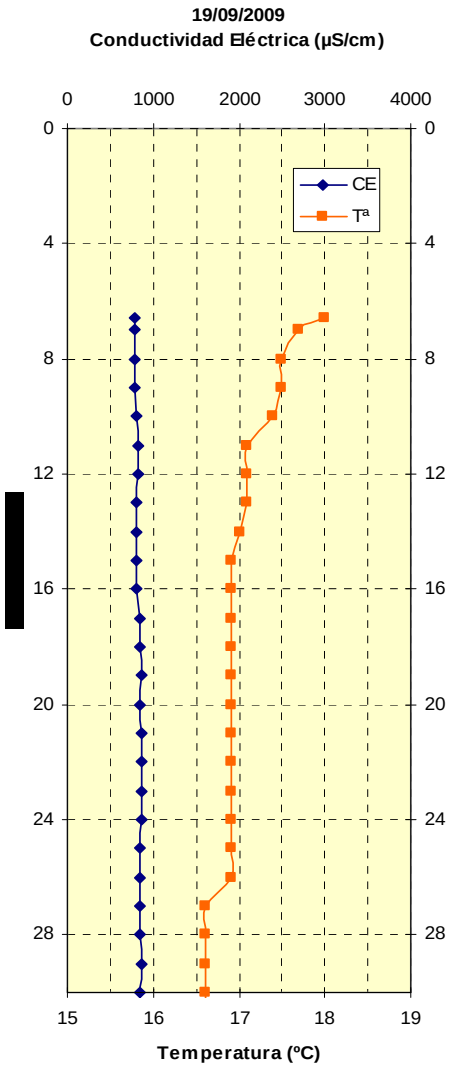



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL PALAFOX*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

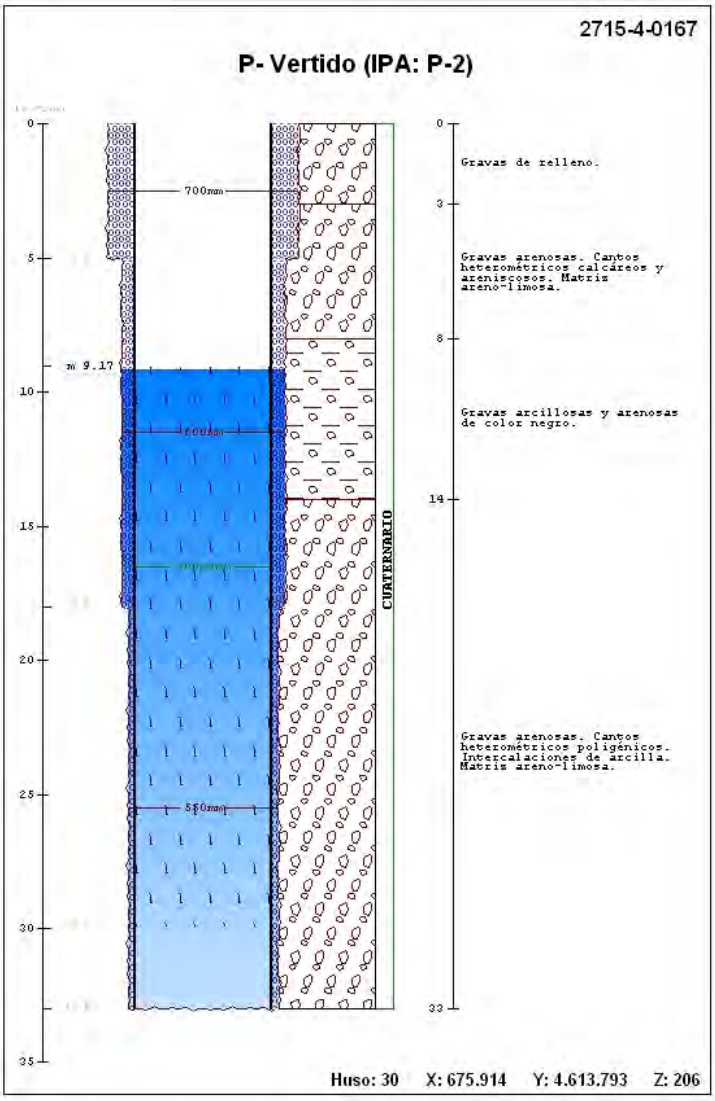



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL PALAFOX*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

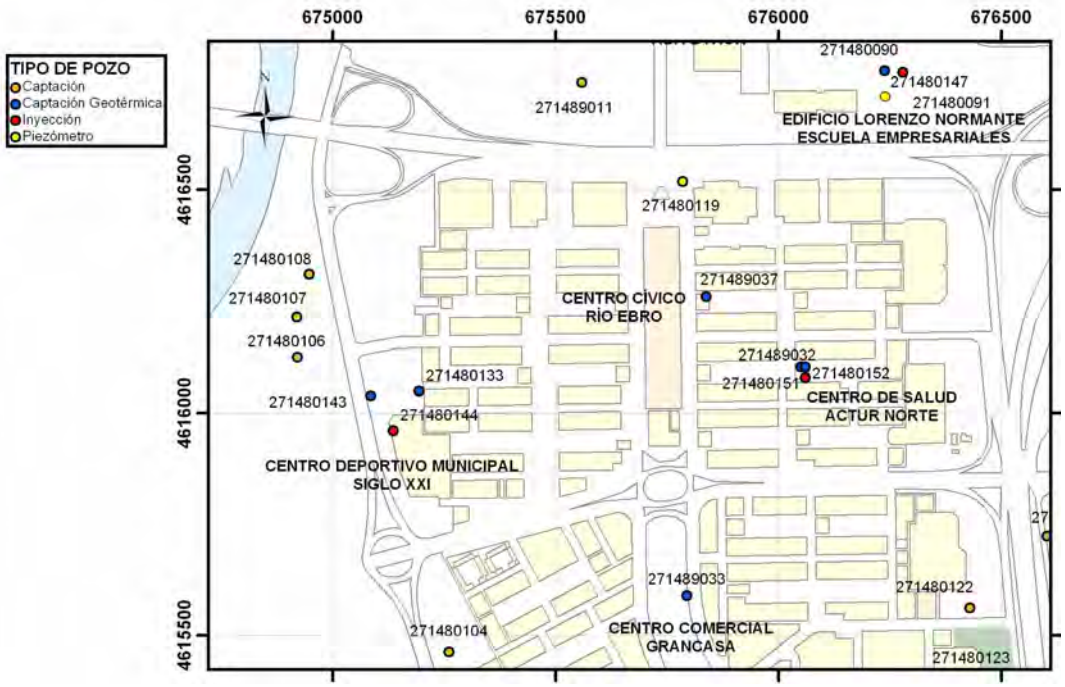
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 9

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza - Deportes

**Nº Expediente** **2008P0448** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480133<br>271480143 | ***Nº pozos Vertido*** | 271480144 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 30 | ***Profundidad máxima (m)*** | 30 |
| ***Caudal L/s*** | 25,89 | ***Caudal L/s*** | 25,89 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 525000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 525000 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-S Anual

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** L-D Sep-Jun

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 16,4 | ***Fecha*** | 21-10-09 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 29,7 | ***Fecha*** | 21/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 13,3 | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 88,67 | 94,4 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1120 | 271480087 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 756.18 | 271489033 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Sí

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 1,4 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 9,7

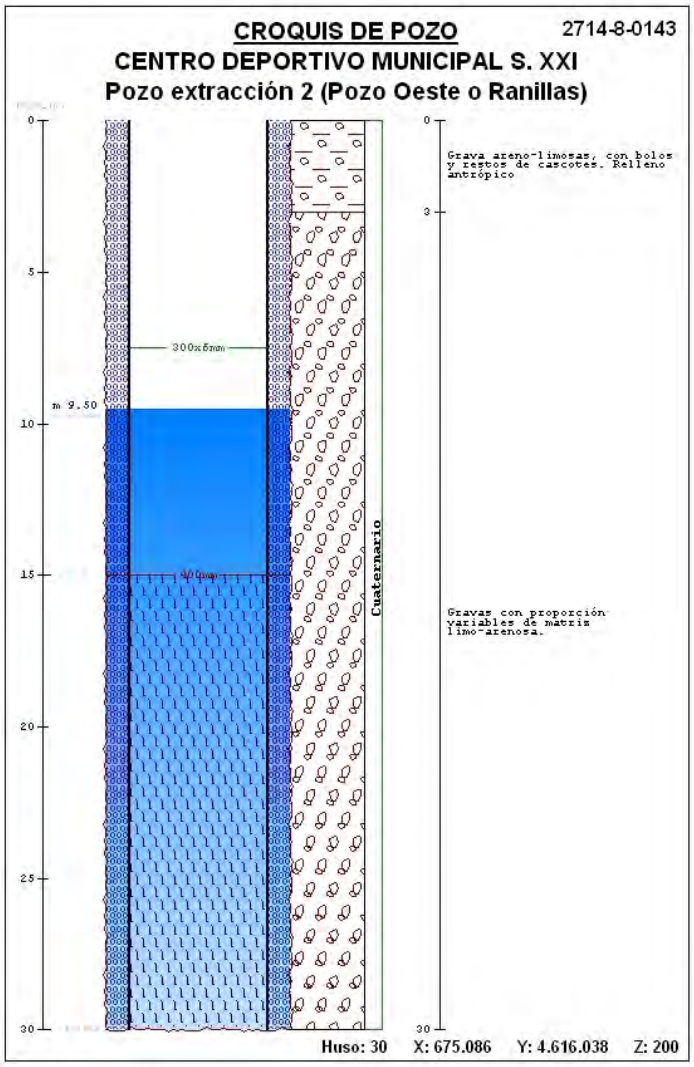
***Externa*** No

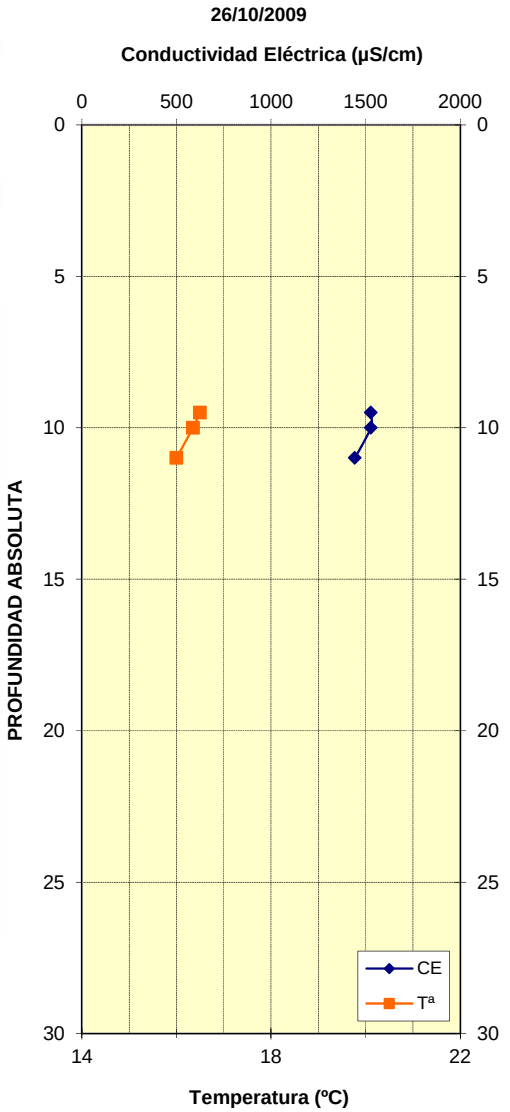
***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 2007 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

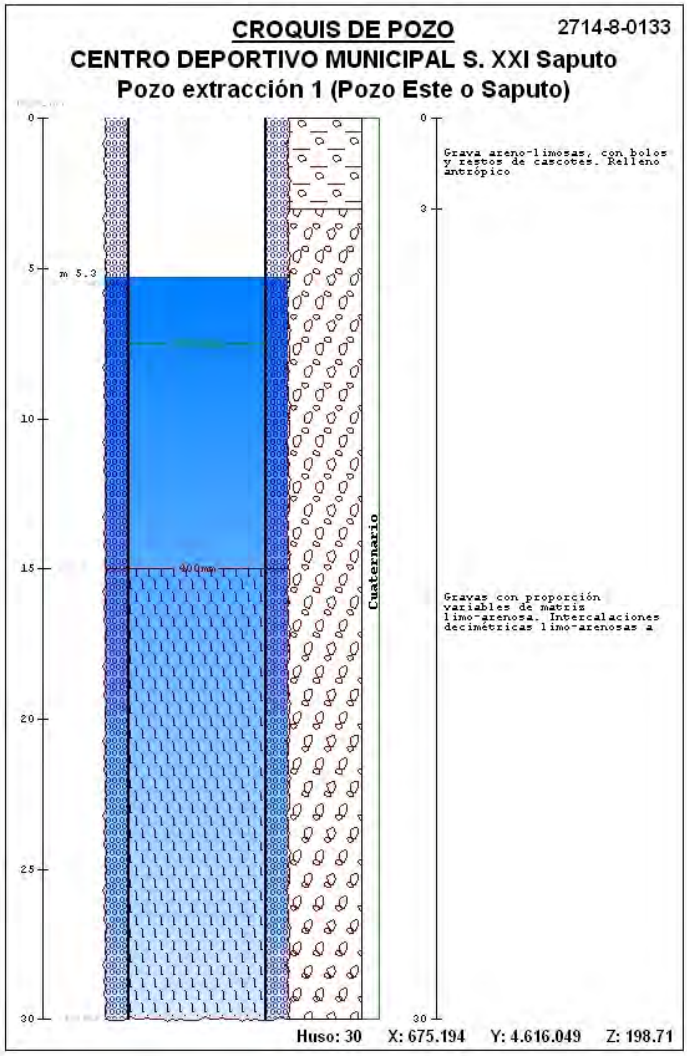


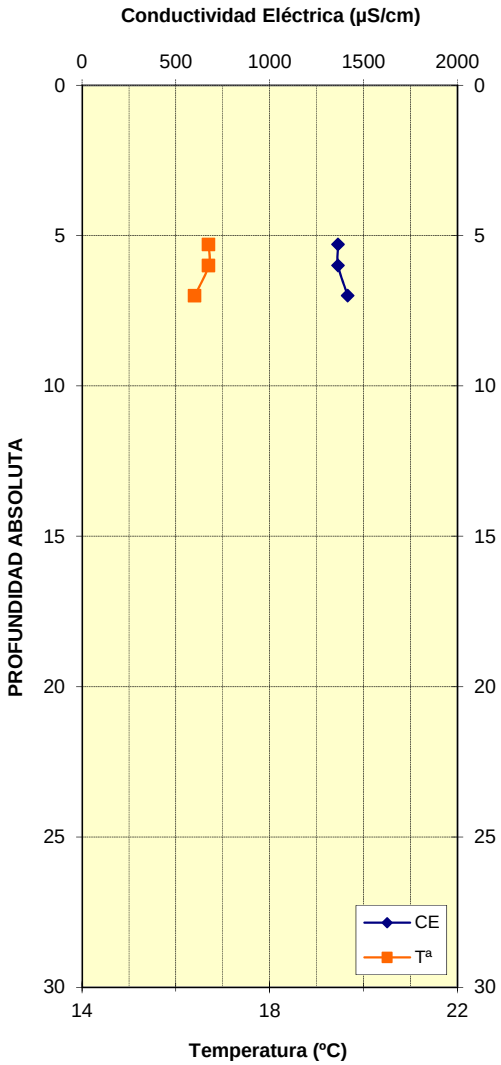




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

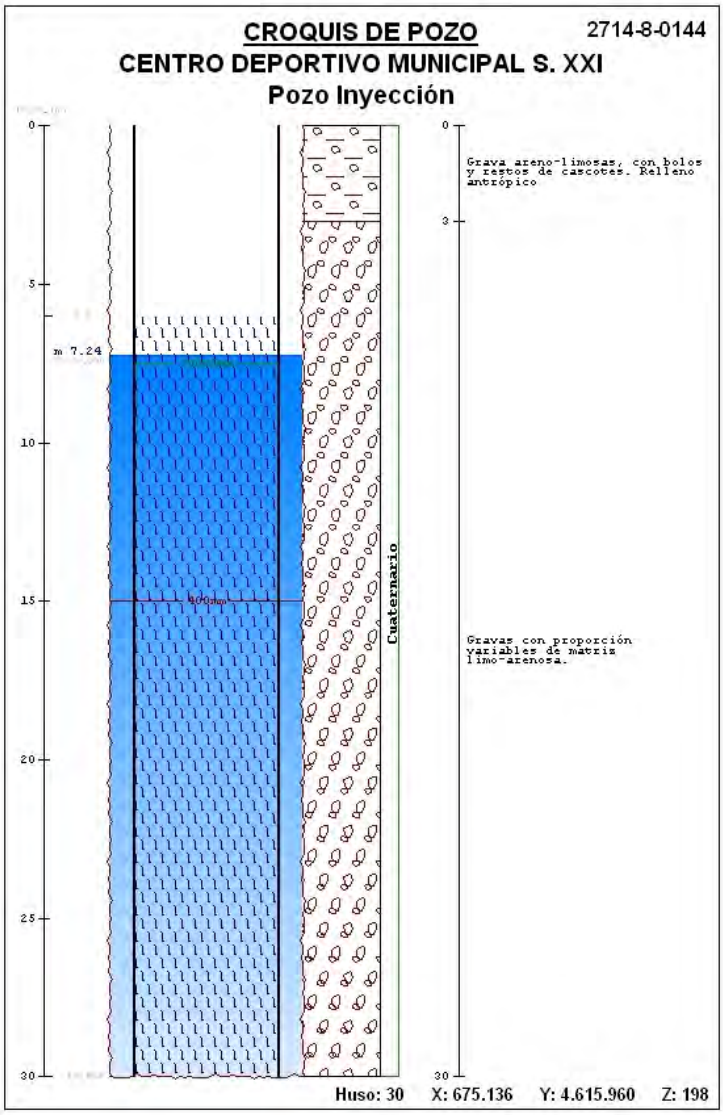


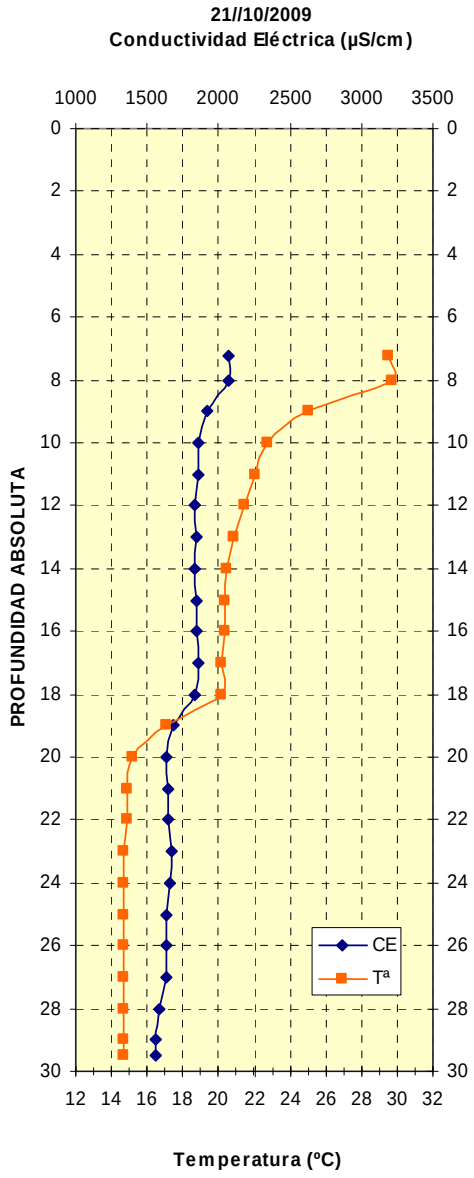




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DEPORTIVO MUNICIPAL SIGLO XXI*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

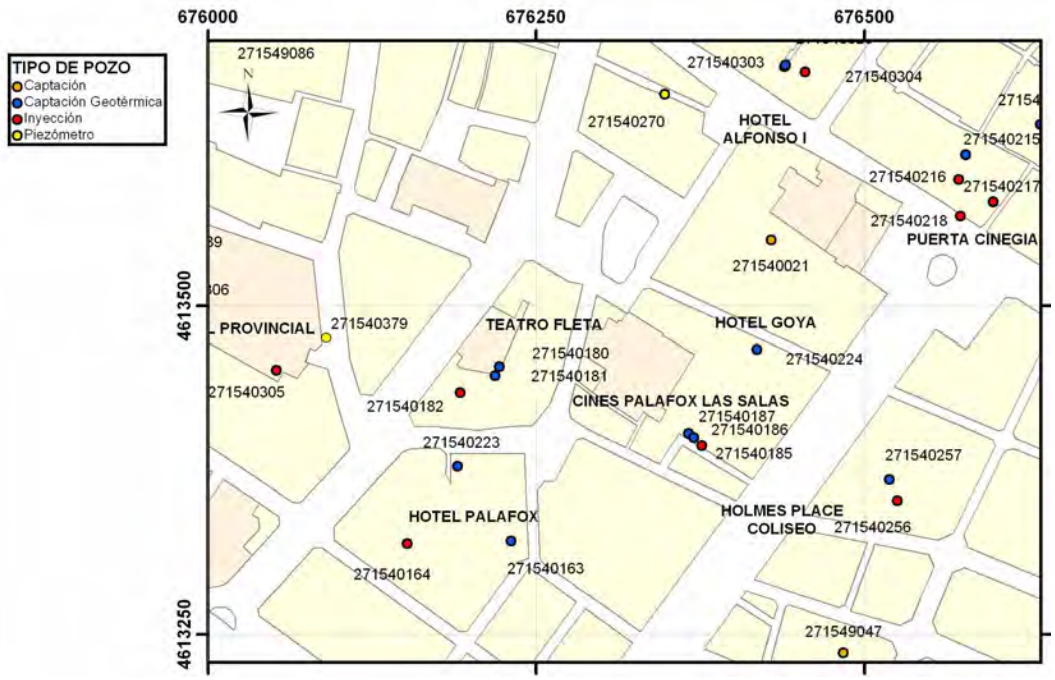
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 10

## *APROVECHAMIENTO:* *CINES PALAFOX LAS SALAS*

**TITULAR** Zaragoza Urbana, S.A.

**Nº Expediente** **2002P1186** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540186<br>271540187 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540185 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 50 | ***Profundidad máxima (m)*** | 33 |
| ***Caudal L/s*** | 4,83 | ***Caudal L/s*** | 4,83 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 133521 | ***Vertido $m^3$/año*** | 133521 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | Diaria |
| ***Potencia frío KW*** | 1847 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | Solo cines oct-abr |
| ***Potencia calor KW*** | 2453 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *CINES PALAFOX LAS SALAS*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 21ºC ***Fecha*** Agosto

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 8,47 | 13,5 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 229,7 | 271540164 | Sí |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 84 | 271540224 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Sí

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 6 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

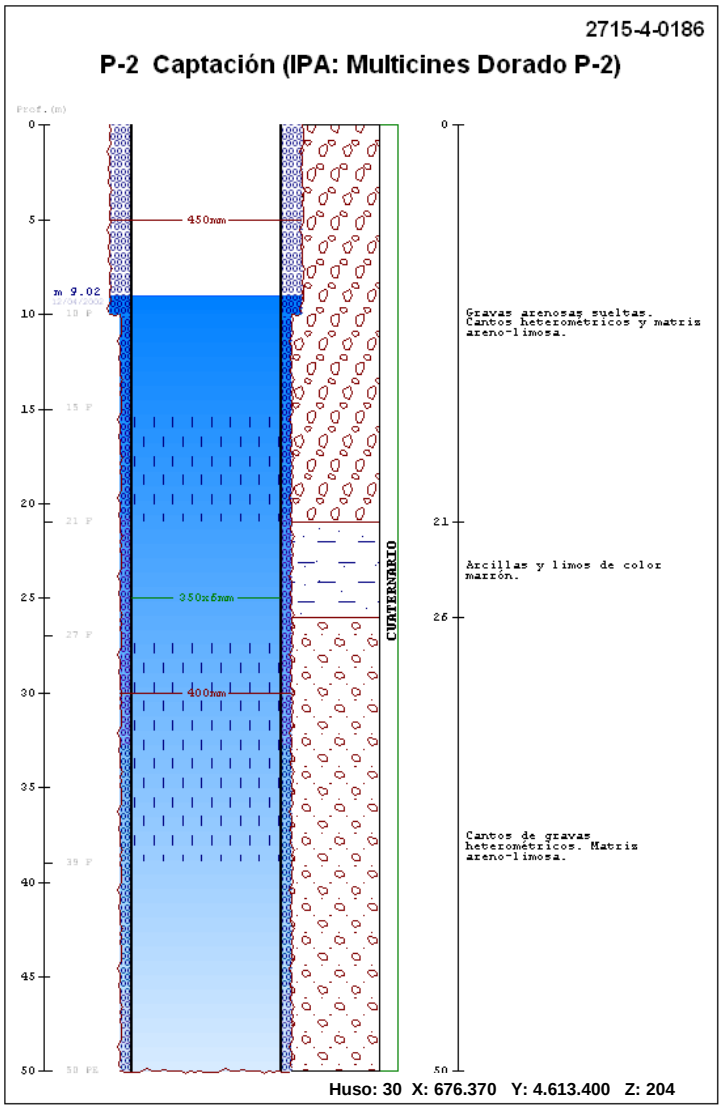
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** 2004 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CINES PALAFOX LAS SALAS*

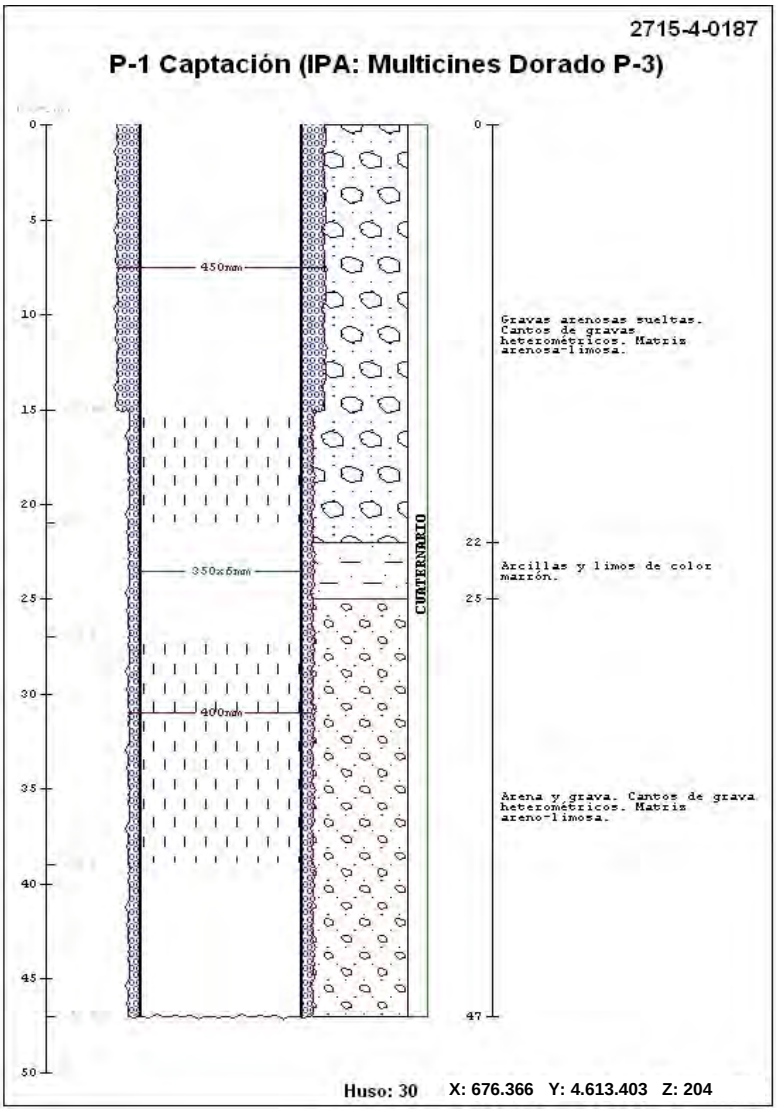
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *CINES PALAFOX LAS SALAS*

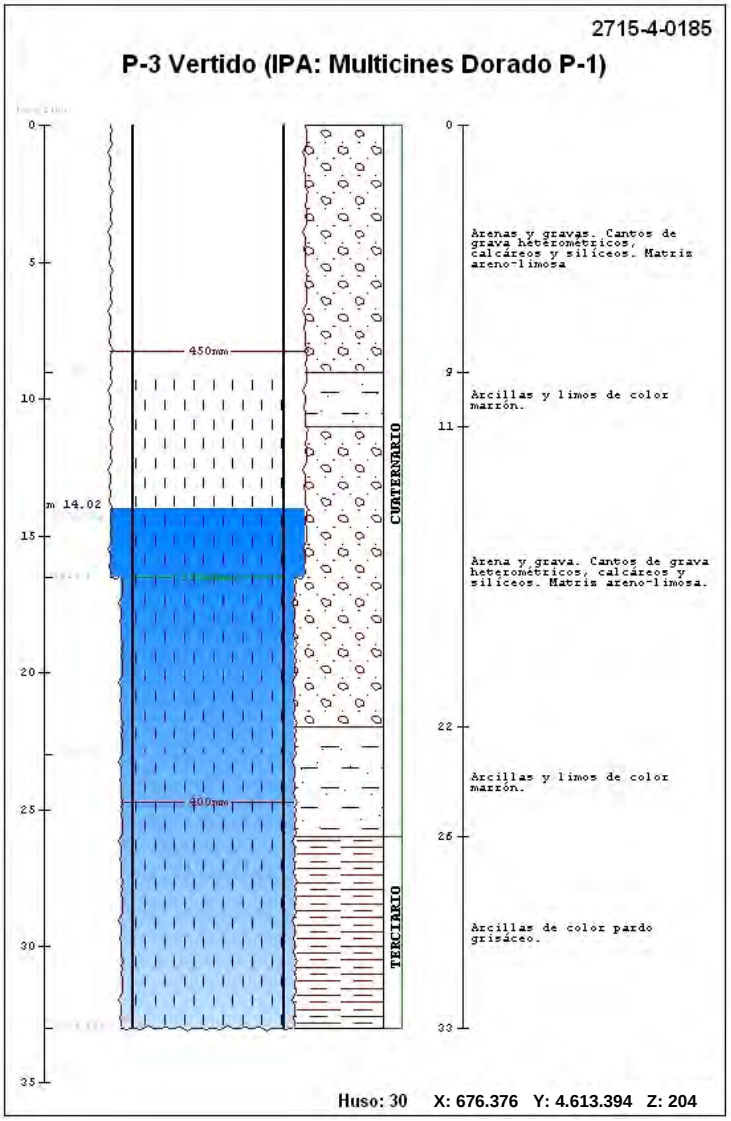
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *CINES PALAFOX LAS SALAS*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

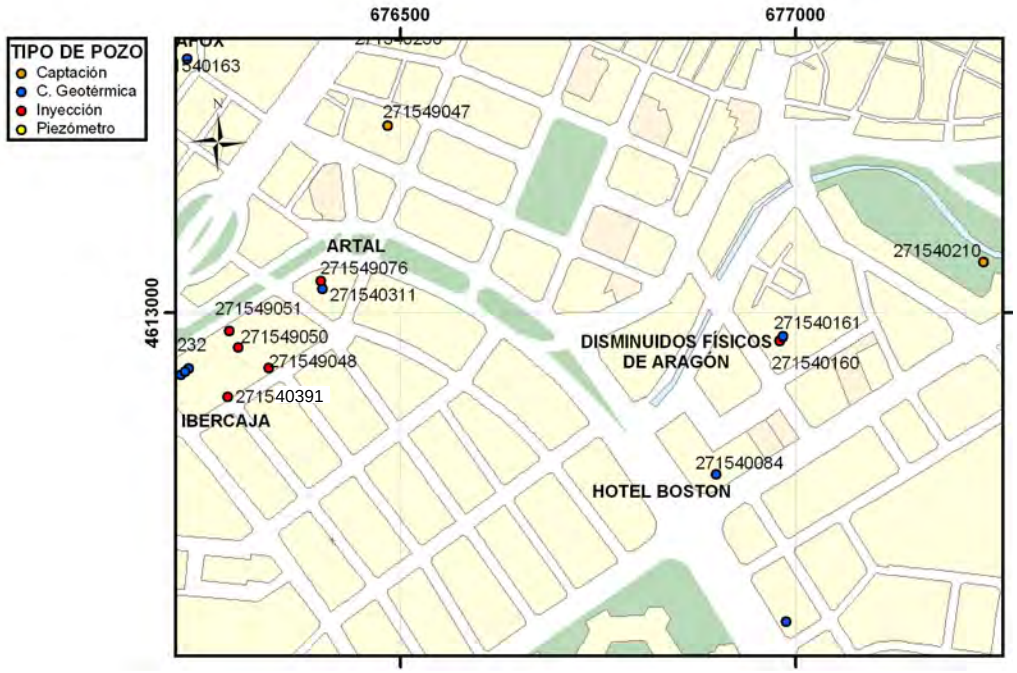
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 11

## *APROVECHAMIENTO:* *DISMINUIDOS FÍSICOS DE ARAGÓN*

**TITULAR** Disminuidos Físicos de Aragón

**Nº Expediente** **1999P0845** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540161 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540160 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 27,5 | ***Profundidad máxima (m)*** | 26,5 |
| ***Caudal L/s*** | 1,3 | ***Caudal L/s*** | 1,3 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 24354 | ***Vertido $m^3$/año*** | 133521 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-D May-Sep

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *DISMINUIDOS FÍSICOS DE ARAGÓN*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** 26 ºC ***Fecha*** 09/10/2009

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 6,25 | - | Probable |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 651,68 | 271549048 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 276,4 | 271540210 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 6

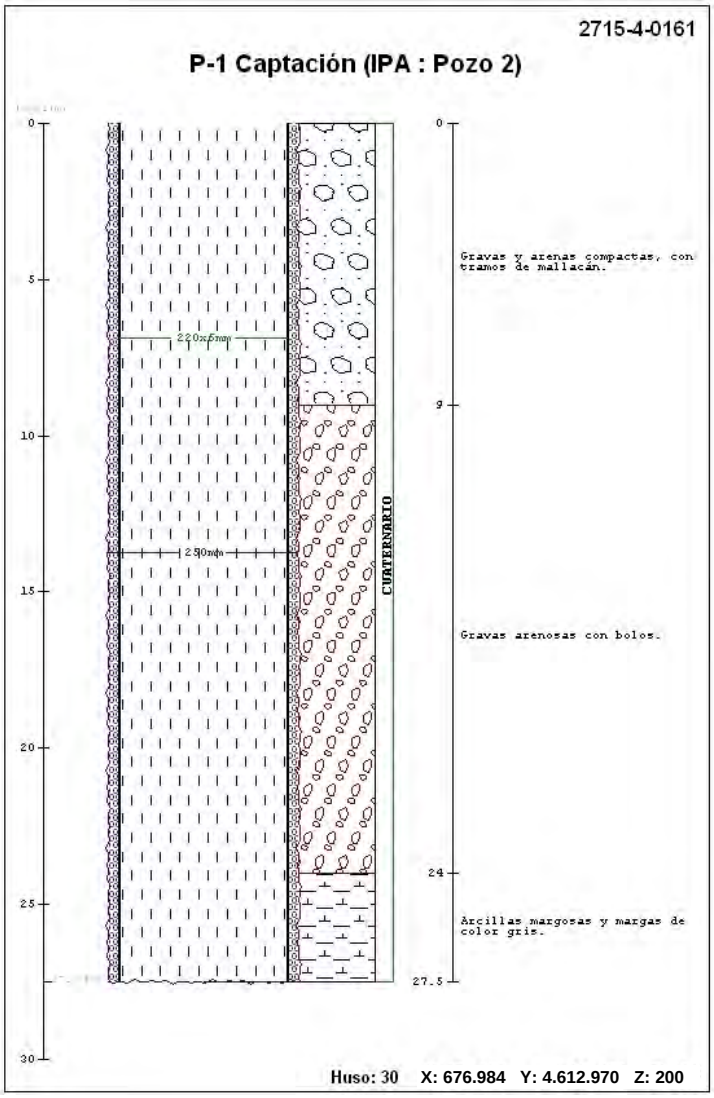
***Externa*** No

***Autointerferencia*** Probable

***Año inicio explotación:*** 1998 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *DISMINUIDOS FÍSICOS DE ARAGÓN*

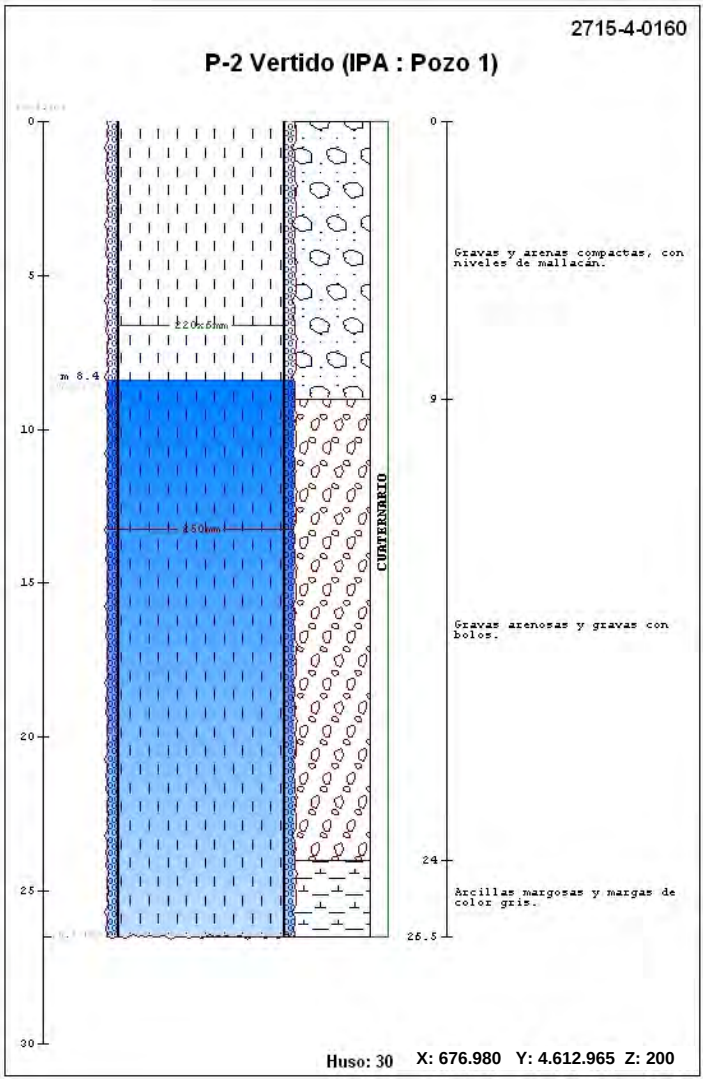
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

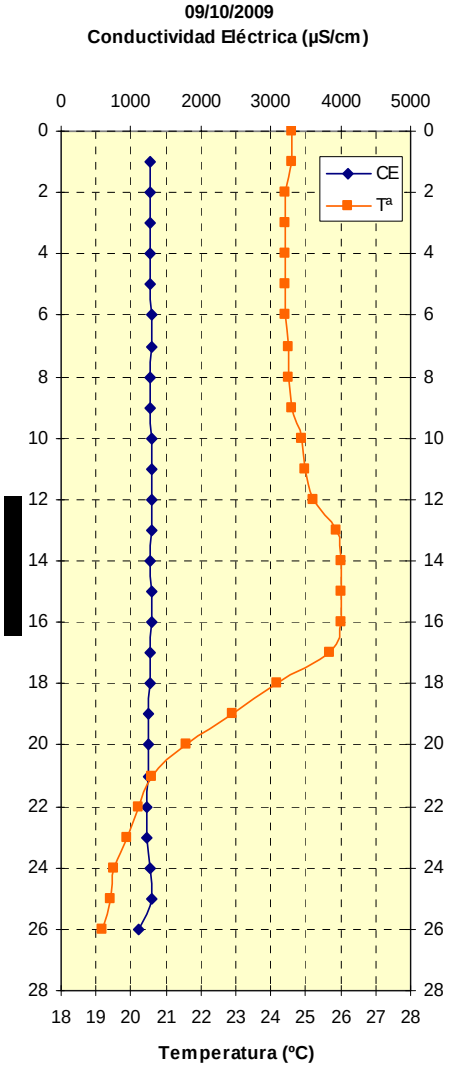



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *DISMINUIDOS FÍSICOS DE ARAGÓN*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

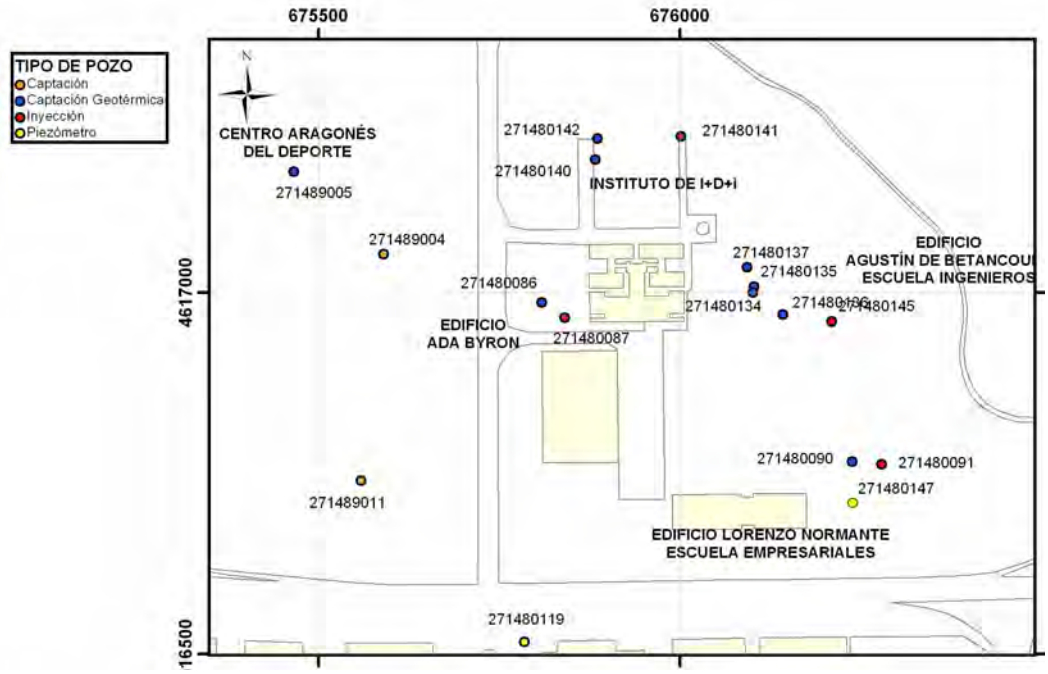
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 12

## *APROVECHAMIENTO:* *EDIFICIO ADA BYRON*

**TITULAR** Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento

**Nº Expediente** **1999P0248** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480086 | ***Nº pozos Vertido*** | 271480087 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 24 | ***Profundidad máxima (m)*** | 26 |
| ***Caudal L/s*** | 12,86 | ***Caudal L/s*** | 12,86 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 264000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 264000 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-S May-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 1796 KW (2 enfriadoras de 898 KW) |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-S Oct-Abr |
| ***Potencia calor KW*** | 1796 KW (2 de 898 KW) |

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ADA BYRON*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 16,8 ºC | ***Fecha*** | 16/07/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 41,9 ºC | ***Fecha*** | 16/07/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 25,1 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 38,5 | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 228 | 271480141 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 301 | 271480134 | No se sabe |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 1,8 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 21,9

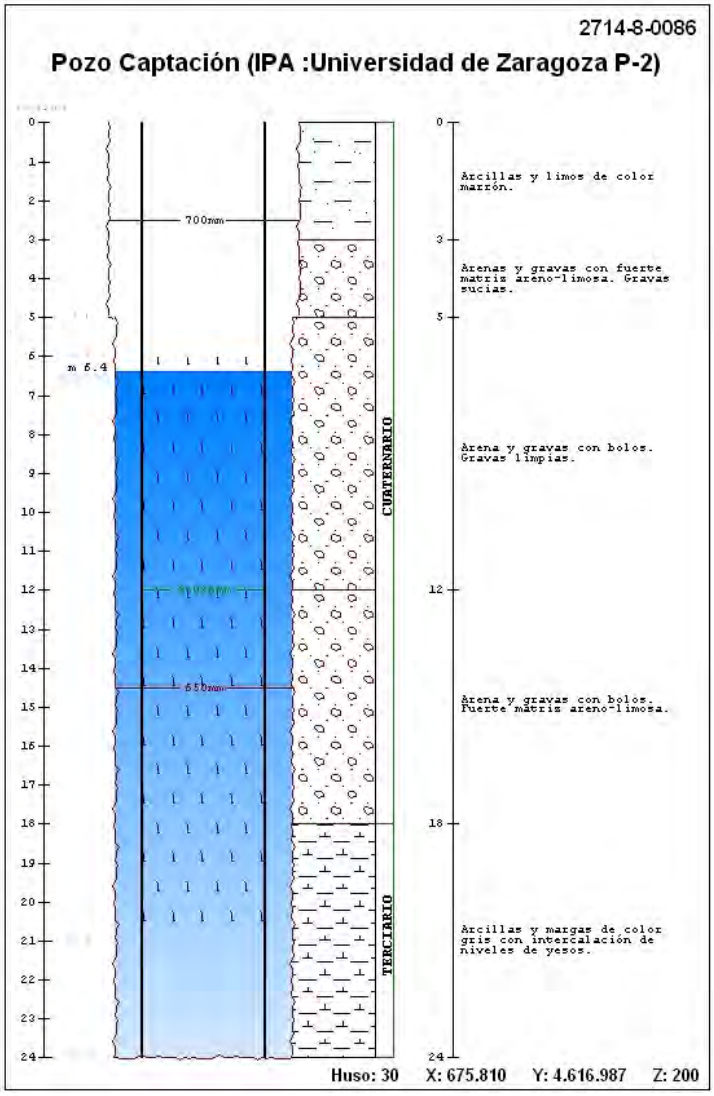
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 1999 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ADA BYRON*

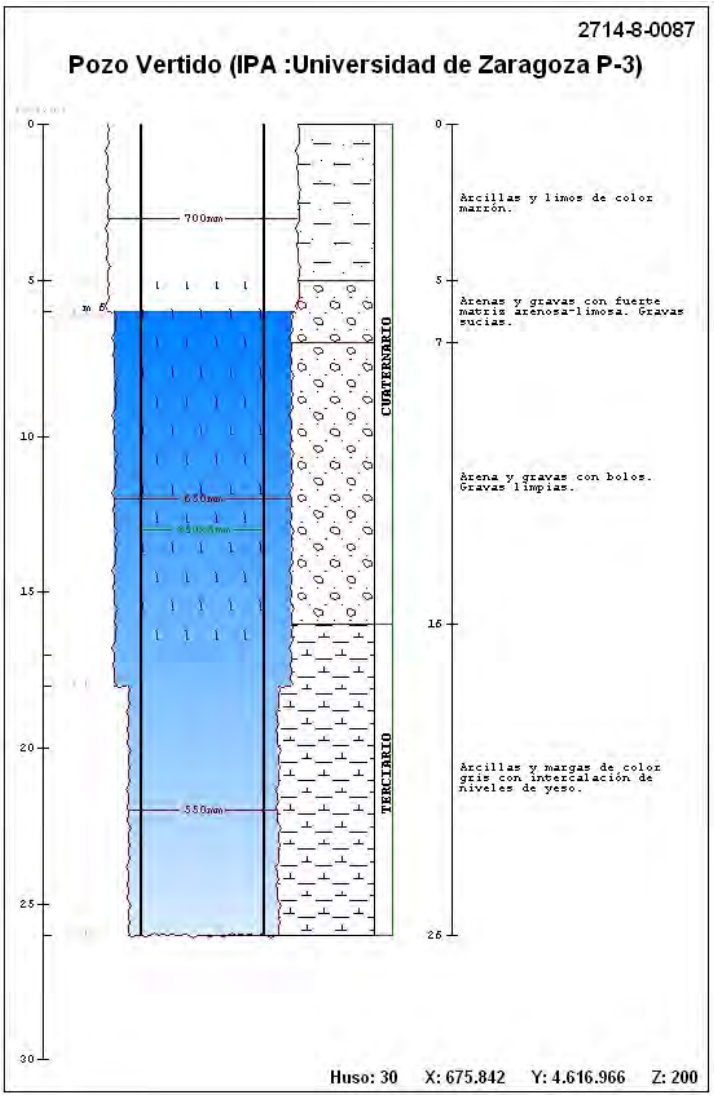
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ADA BYRON*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 13

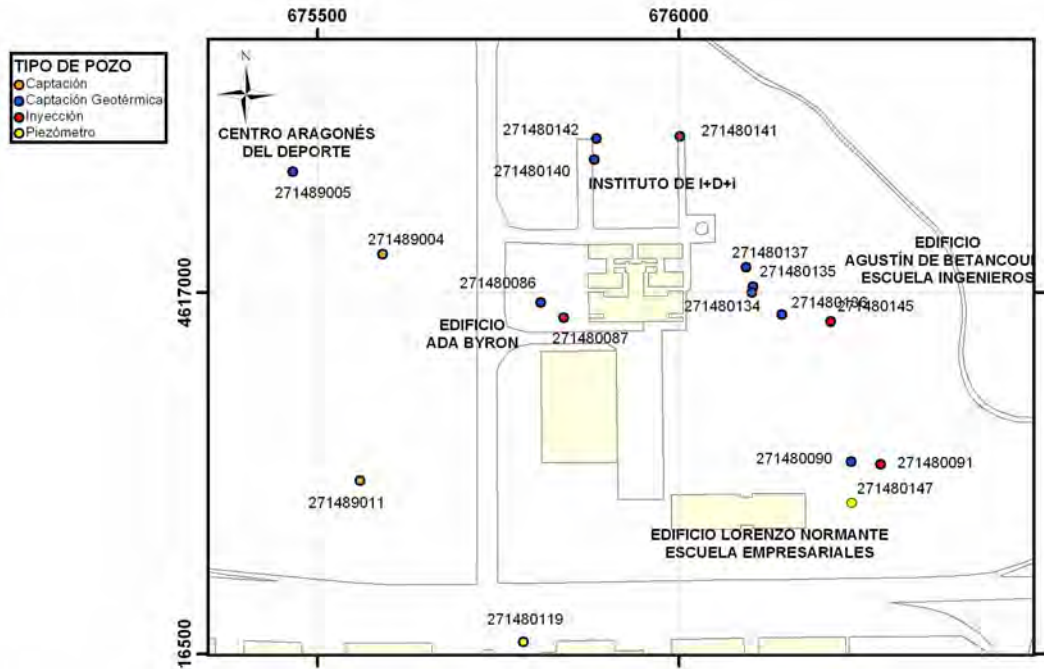
***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT – ESCUELA DE INGENIEROS*

**TITULAR** Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento

**Nº Expediente** **2004P0466**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo (1 Pozo sin uso)

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 5 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480134<br>271480135<br>271480136<br>271480137 sin uso | ***Nº pozos Vertido*** | 271480145 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 36 | ***Profundidad máxima (m)*** | 30 |
| ***Caudal L/s*** | 34,75 | ***Caudal L/s*** | 34,75 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 605062 | ***Vertido $m^3$/año*** | 605062 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-V de 7 a 22 h. / Sbd de 7 a 14 h (Abr-Oct) |
| ***Potencia frío KW*** | 2118 KW (3 enfriadoras de 706 KW) |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-V de 7 a 22 h. / Sbd de 7 a 14 h (Oct-Abr) |
| ***Potencia calor KW*** | 2118 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 21,2 ºC ***Fecha*** 10/9/2010

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 68,7 | 118,35 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 165,15 | 271480141 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 195,5 | 271480090 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

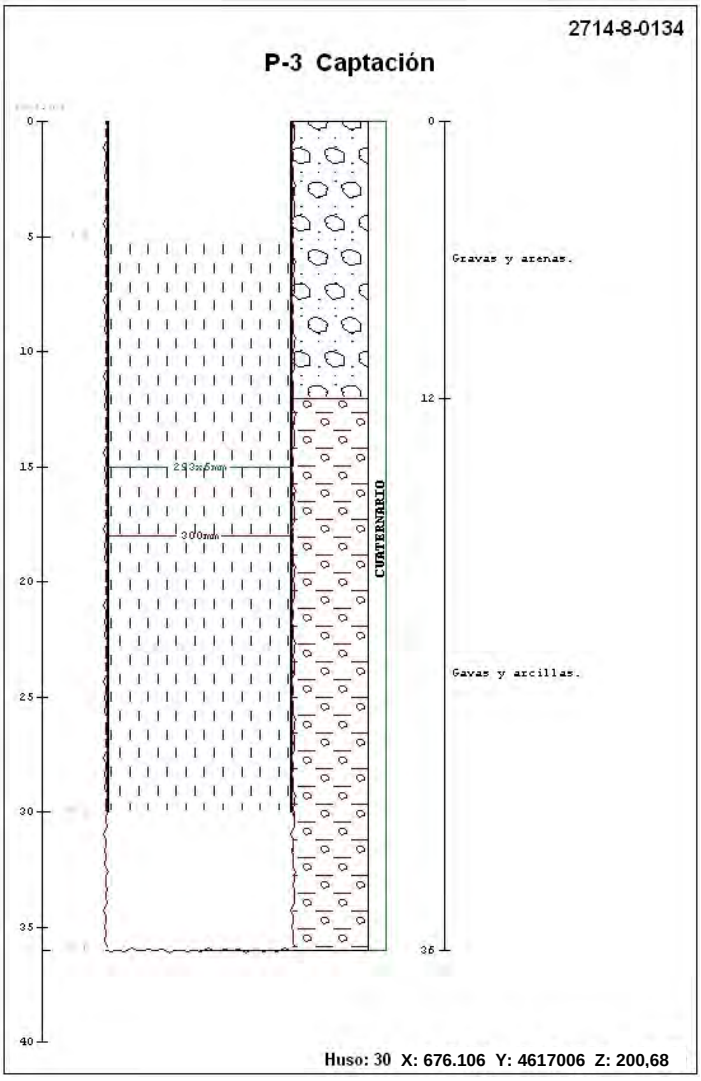
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 2000 (un pozo vertido en 2004) ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS*

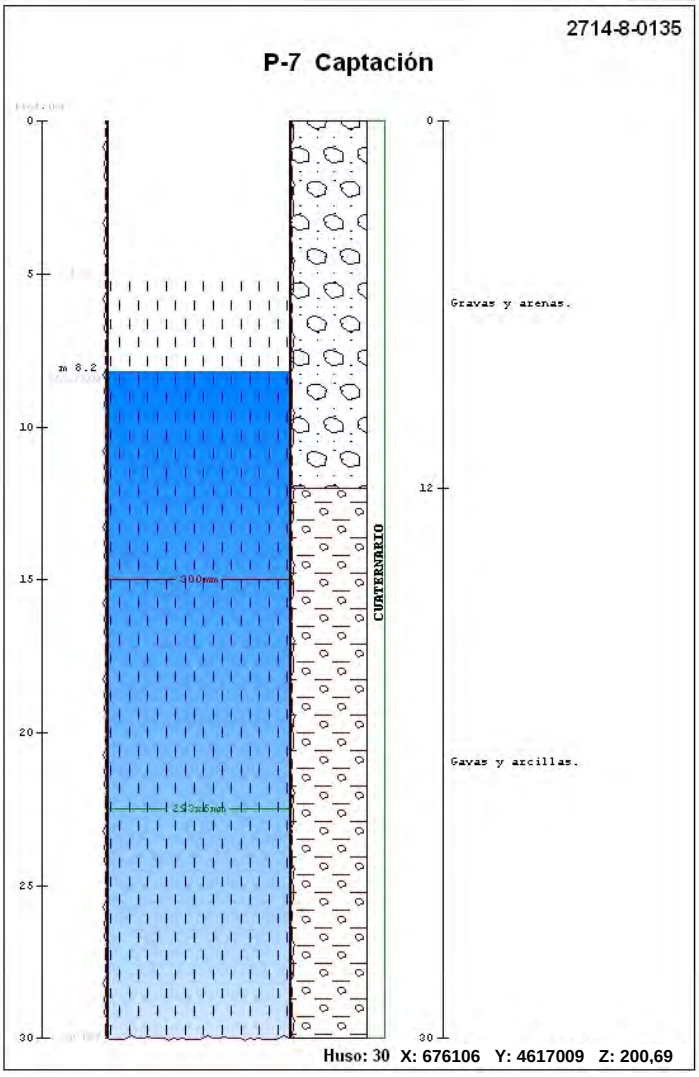
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

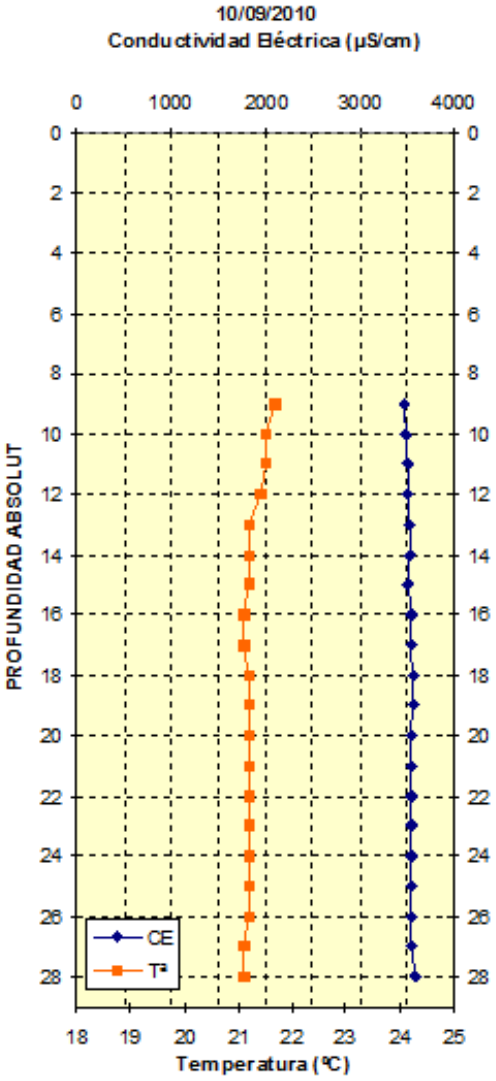



## *FOTOGRAFÍAS*

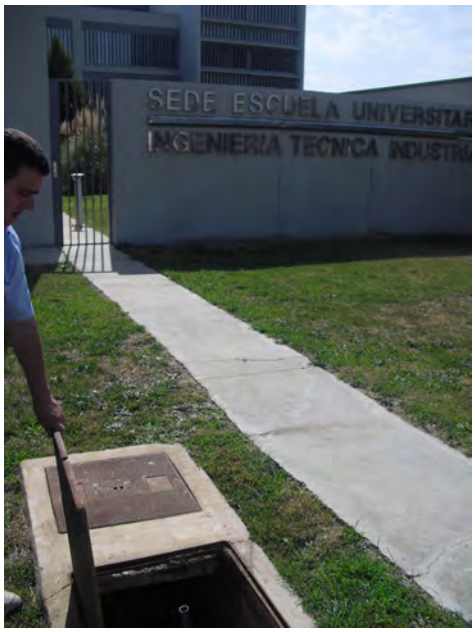
***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T



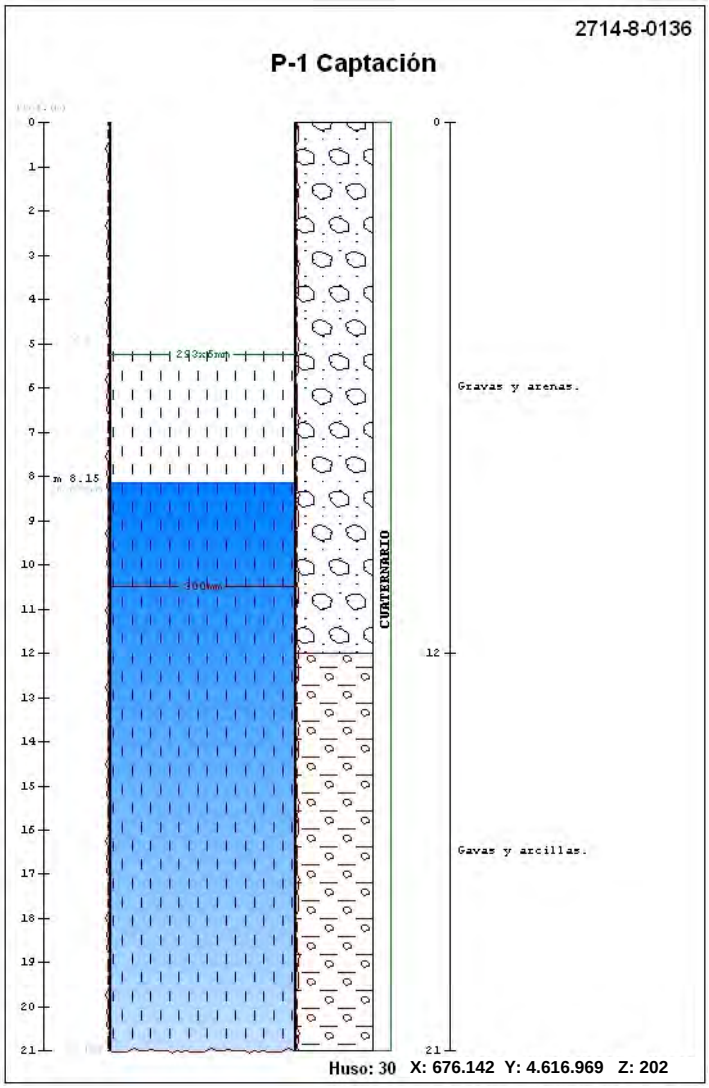




## *FOTOGRAFÍAS*



***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS*

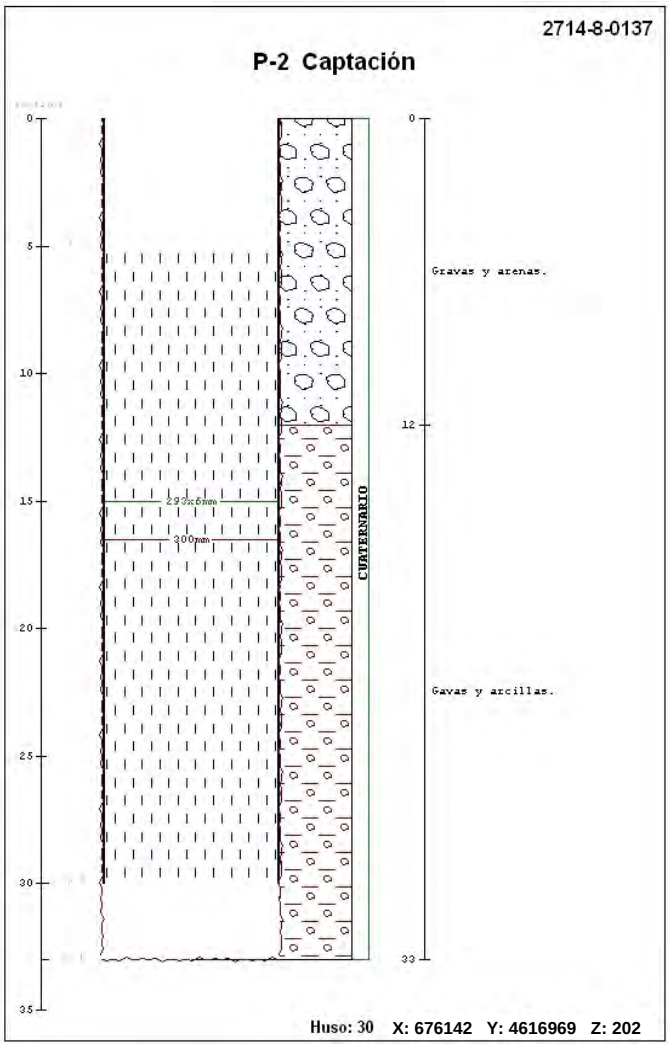
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

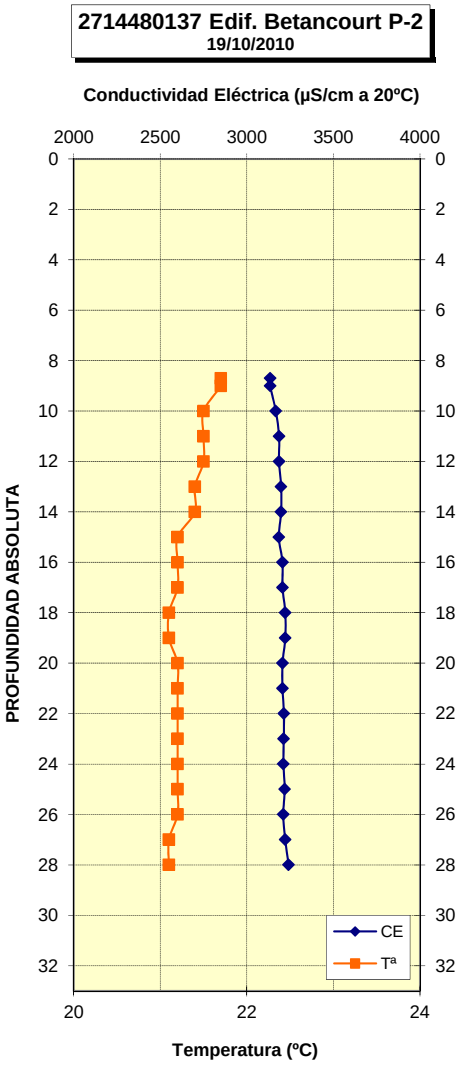



### *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

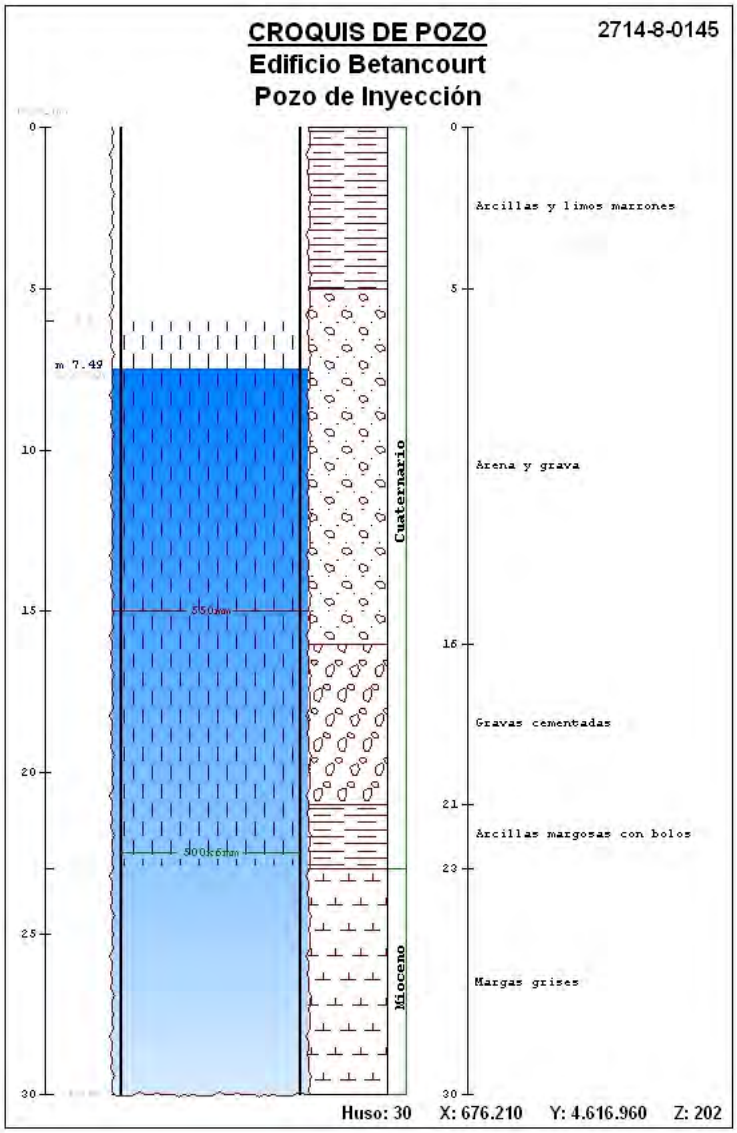



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO AGUSTÍN DE BETANCOURT - ESCUELA INGENIEROS*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

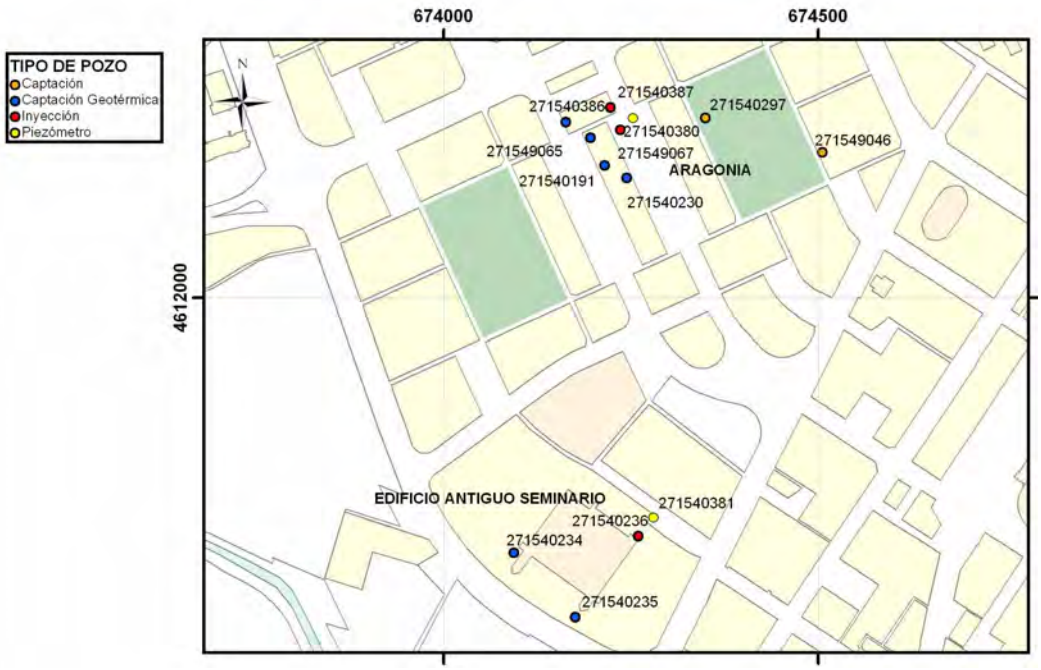
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 14

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente** **2006P0389** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540234<br>271540235 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540236 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 65 | ***Profundidad máxima (m)*** | 64 |
| ***Caudal L/s*** | 29,92 | ***Caudal L/s*** | 29,92 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 549423 | ***Vertido $m^3$/año*** | 549423 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW*** 3 x 692 KW (2076 KW)

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW*** 3 x 561 KW (1683 KW)

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca de pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual-Debajo

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 17 ºC ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** 29,3 ºC ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO*** 12,3 ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 137,18 | 168,12 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 470,5 | 271540230 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Probable

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 2 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 9,3

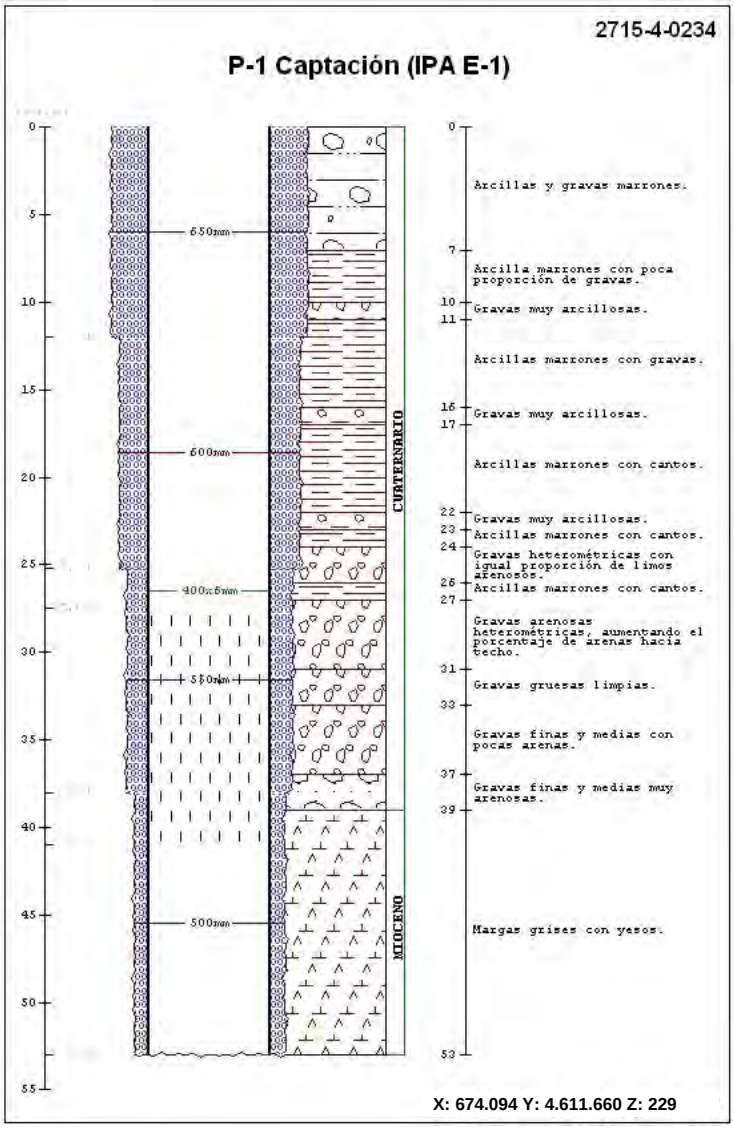
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2009 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO*

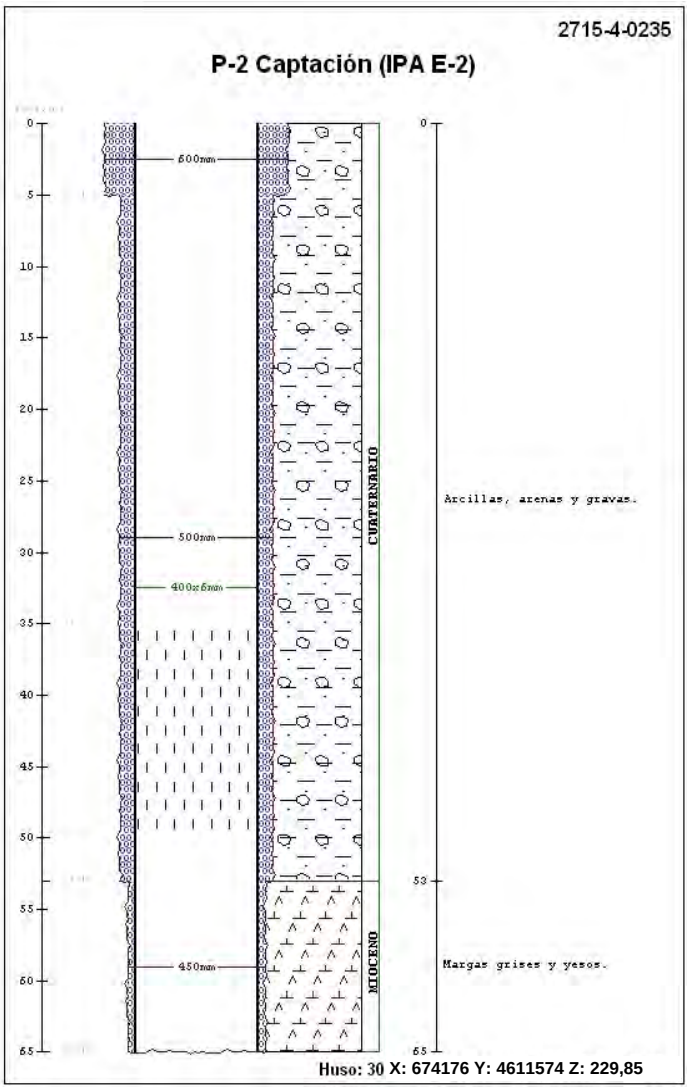
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T



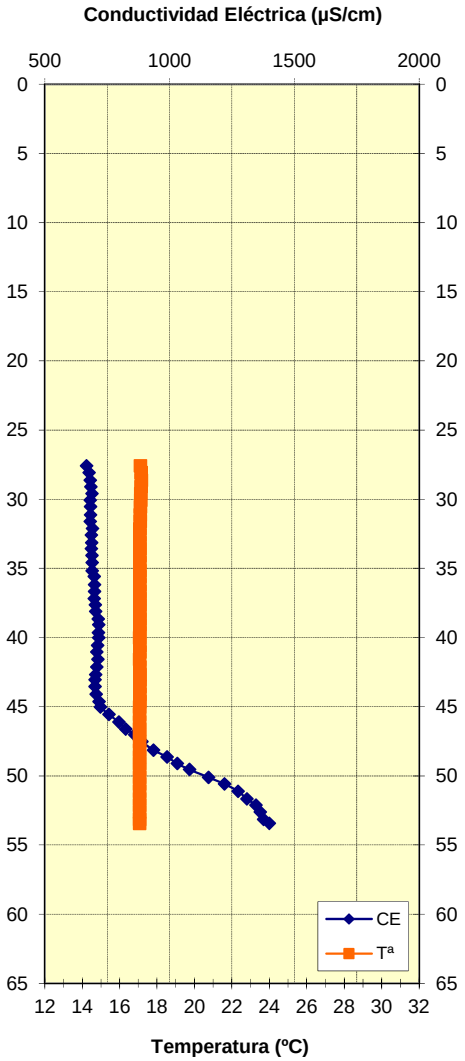

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T



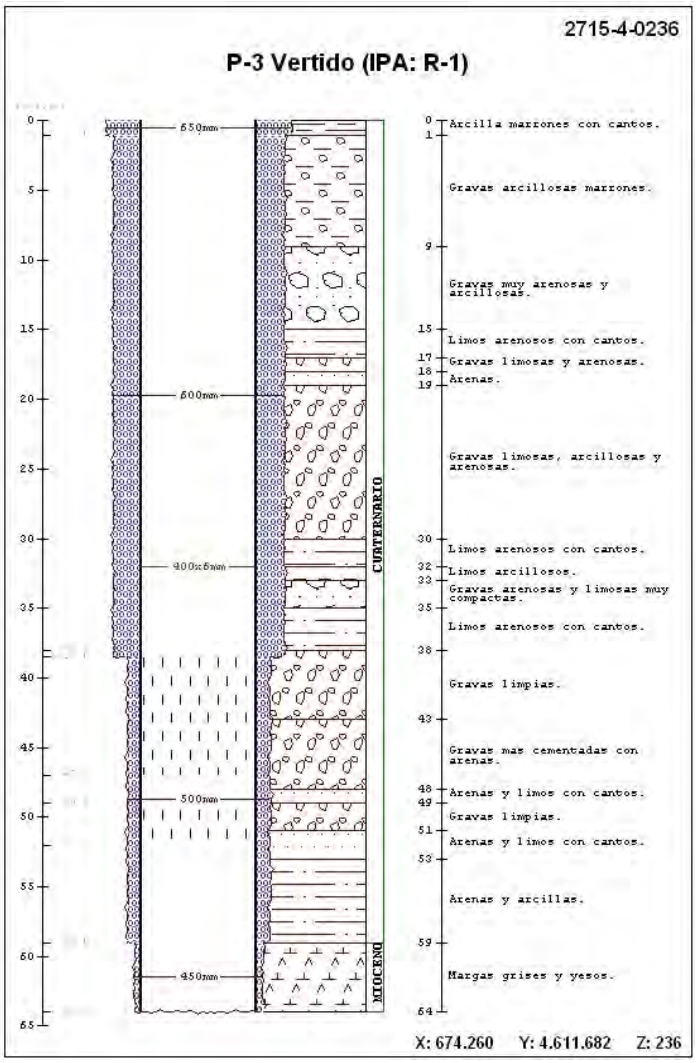

**271540235 Edif. Antiguo Seminario**
**29//03/2011**

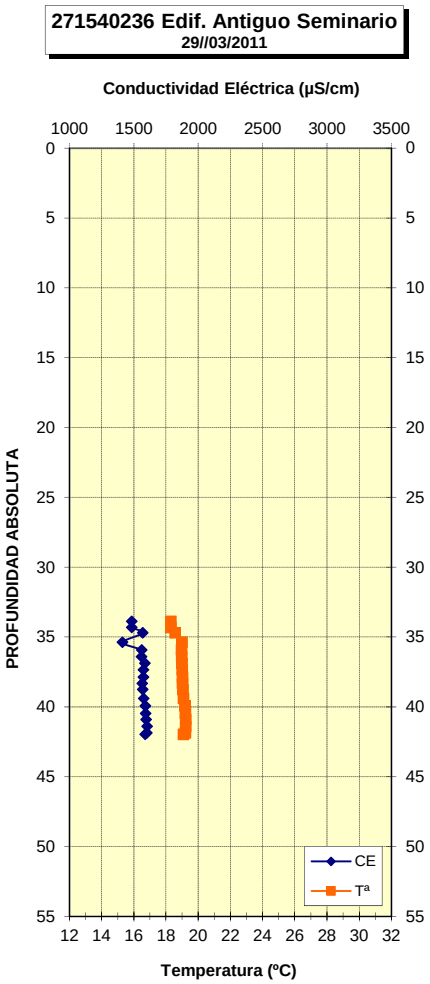



## *FOTOGRAFÍAS*

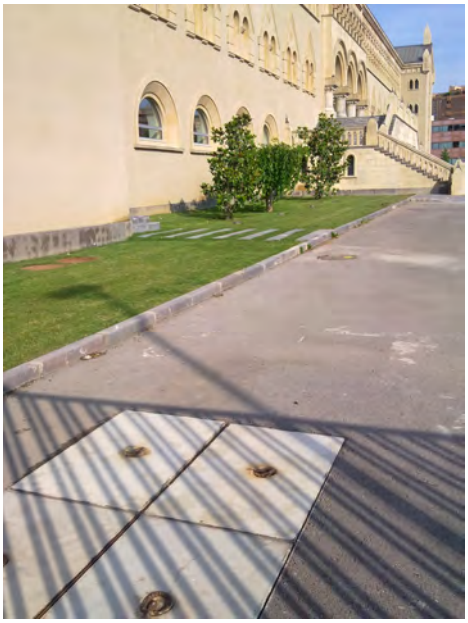
***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ANTIGUO SEMINARIO*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*



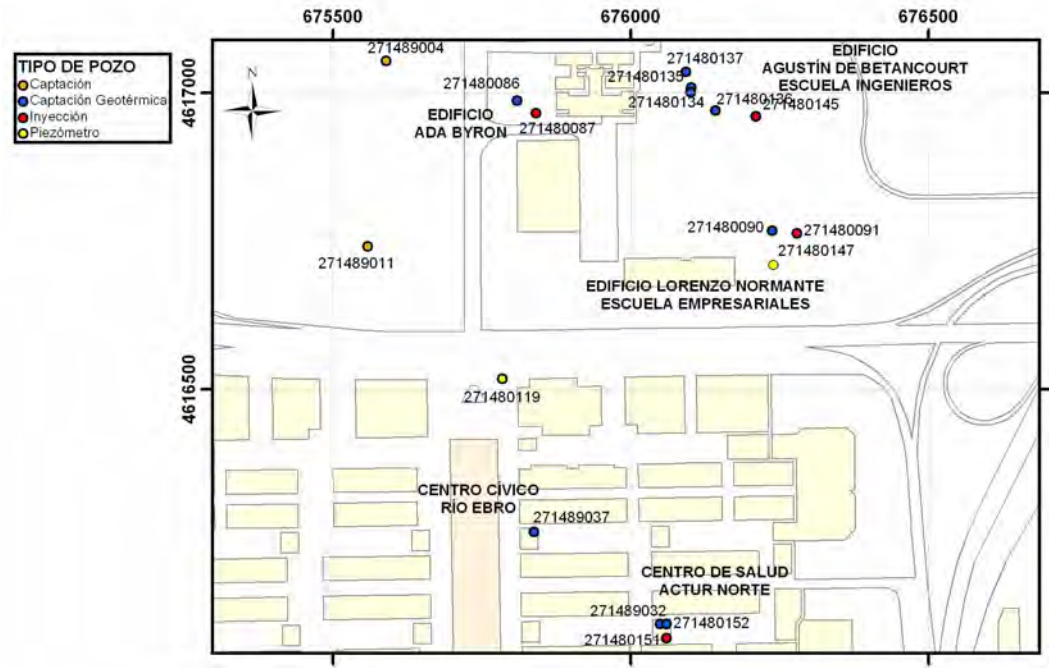
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 15

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO LORENZO NORMANTE - ESCUELA DE EMPRESARIALES*

**TITULAR** Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento

**Nº Expediente** **2001P1516** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480090 | ***Nº pozos Vertido*** | 271480091 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 38 | ***Profundidad máxima (m)*** | 35 |
| ***Caudal L/s*** | 19,04 | ***Caudal L/s*** | 16,66 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 375255 | ***Vertido $m^3$/año*** | 375255 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-S May-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 2000 KW (2 enfriadoras de 1000 KW) |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-S Oct-Mar |
| ***Potencia calor KW*** | 2000 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO LORENZO NORMANTE - ESCUELA EMPRESARIALES*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 16,59 ºC | ***Fecha*** | 17/07/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 28,3 ºC | ***Fecha*** | 17/07/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 11,71 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 41,72 | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 195,8 | 271480145 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 693,23 | 271480126 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Sí

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 1,6 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 8,3

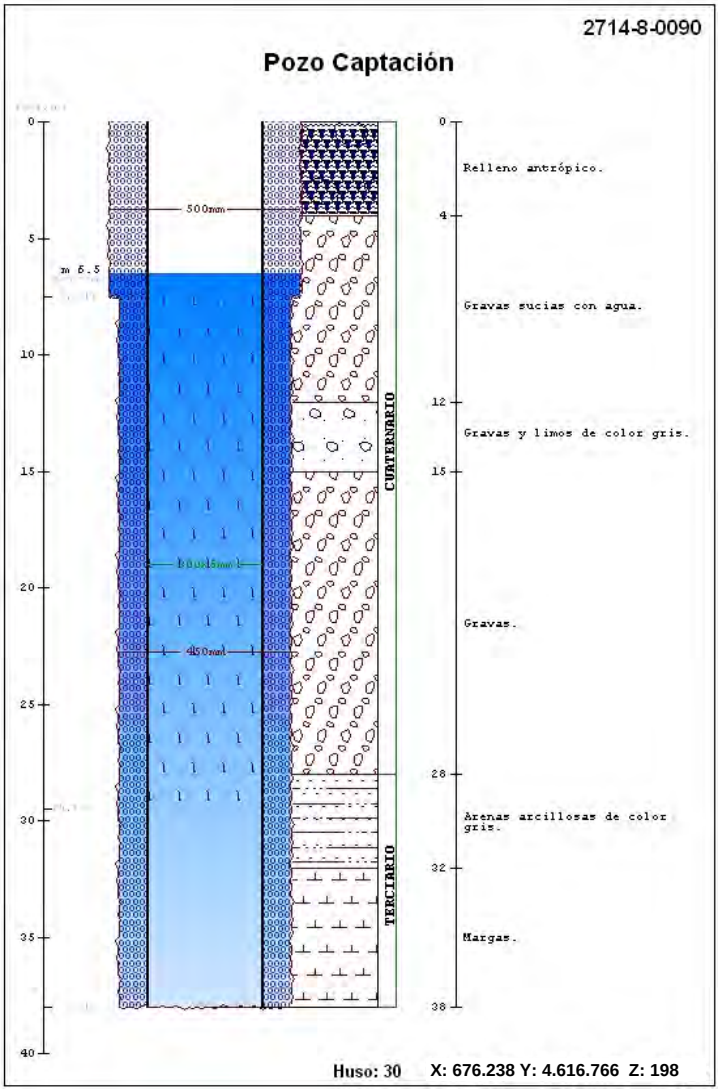
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 2000 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO LORENZO NORMANTE - ESCUELA EMPRESARIALES*

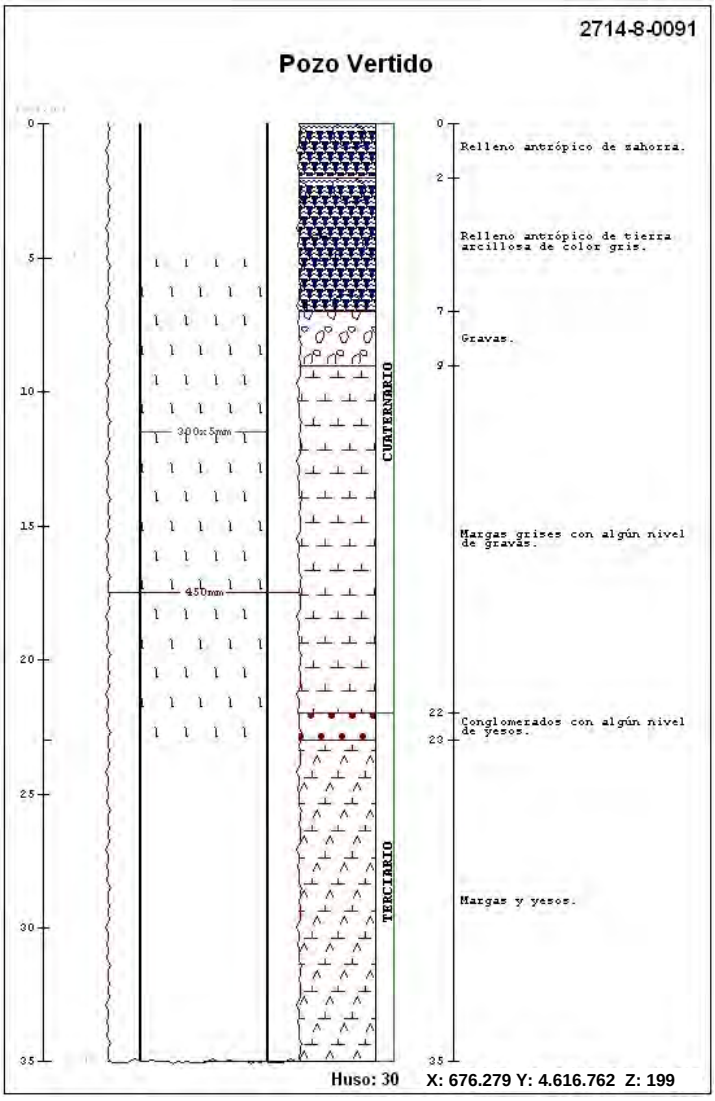
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO LORENZO NORMANTE - ESCUELA EMPRESARIALES*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 16

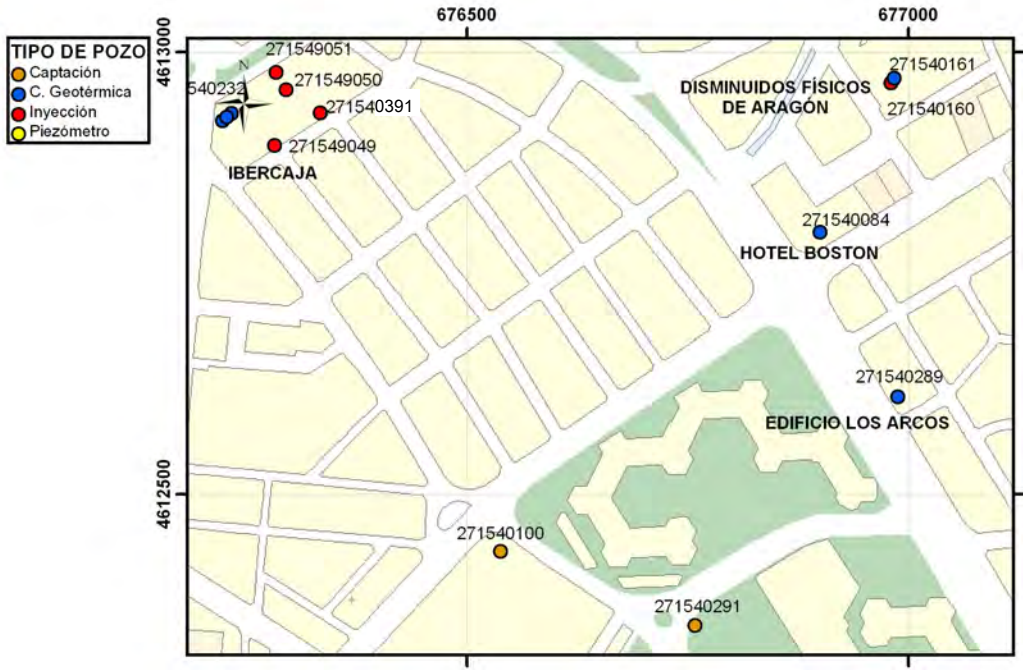
***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO LOS ARCOS*

**TITULAR** CIUVASA

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | Contra incendios |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540289 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 21,75 | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** May-Sep

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** Oct-Abr

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO LOS ARCOS*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Red vertido ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** -

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 18,1 ºC ***Fecha*** 29/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 725,4 | 271540391 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 3,1 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

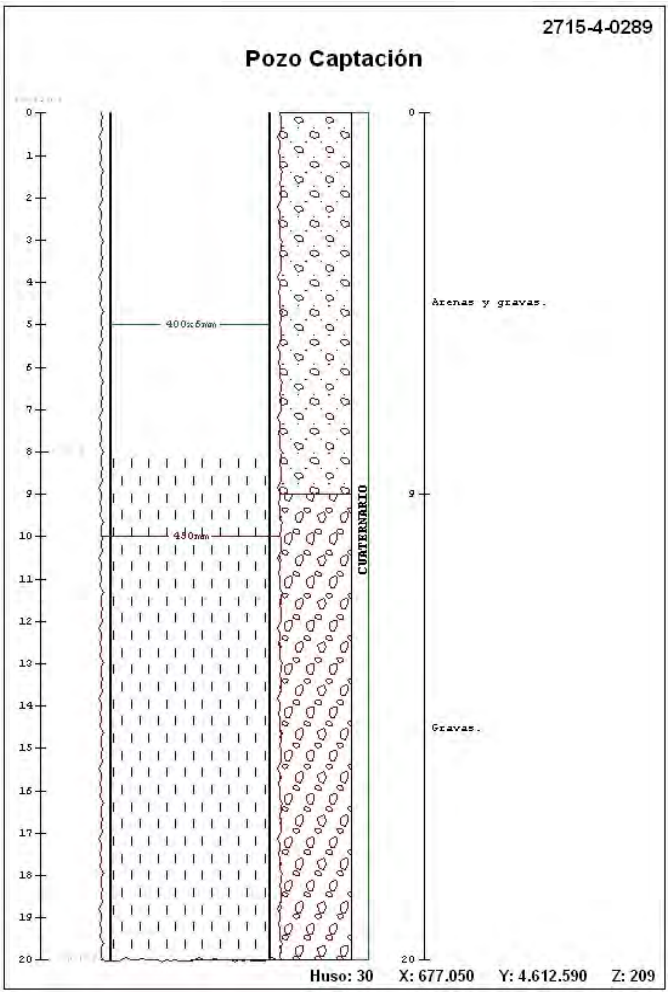
***Externa*** No

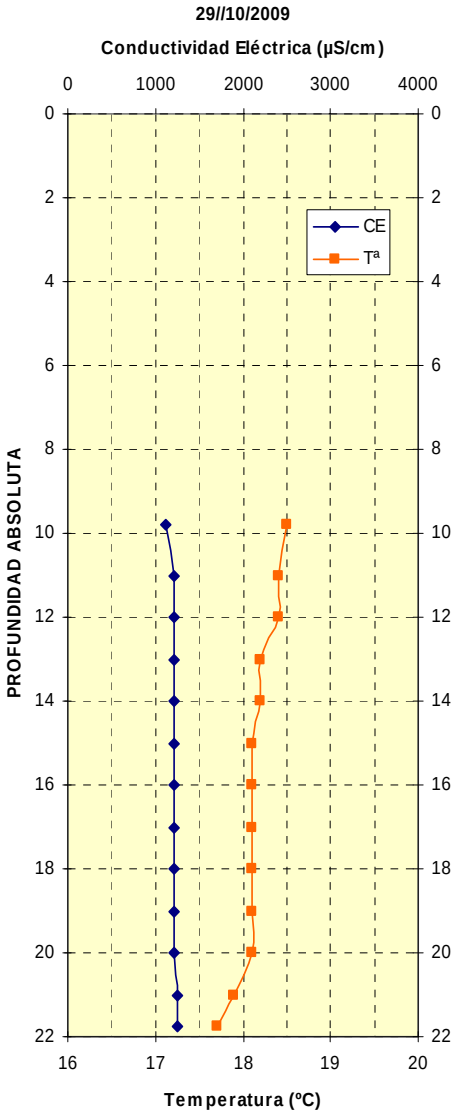
***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** 1986 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO LOS ARCOS*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 17

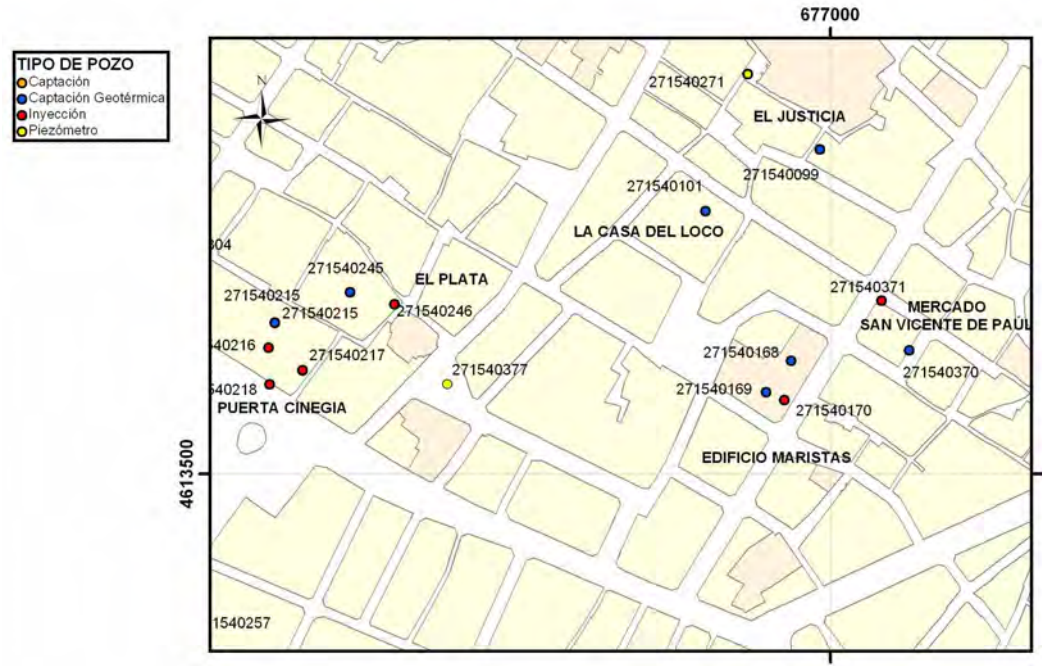
***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO MARISTAS*

**TITULAR** Gobierno de Aragón - Dpto. Presidencia y Relaciones Institucionales

**Nº Expediente** **1998P0256**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540168<br>271540169 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540170 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 20 | ***Profundidad máxima (m)*** | 23 |
| ***Caudal L/s*** | 22,2 | ***Caudal L/s*** | 22,2 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 500949 | ***Vertido $m^3$/año*** | 500949 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-V May-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 2 enfriadoras de 793 KW. Total: 1586 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-V Oct-Abr |
| ***Potencia calor KW*** | 2 enfriadoras de 793 KW. Total: 1586 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO MARISTAS*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 22,6 | ***Fecha*** | 05-10-2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 30,7 | ***Fecha*** | 05-10-2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 8,1 | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 15,8 | 30,43 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 290,64 | 271540246 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 102,41 | 271540370 | Sí |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Sí

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 7,6 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 10,7

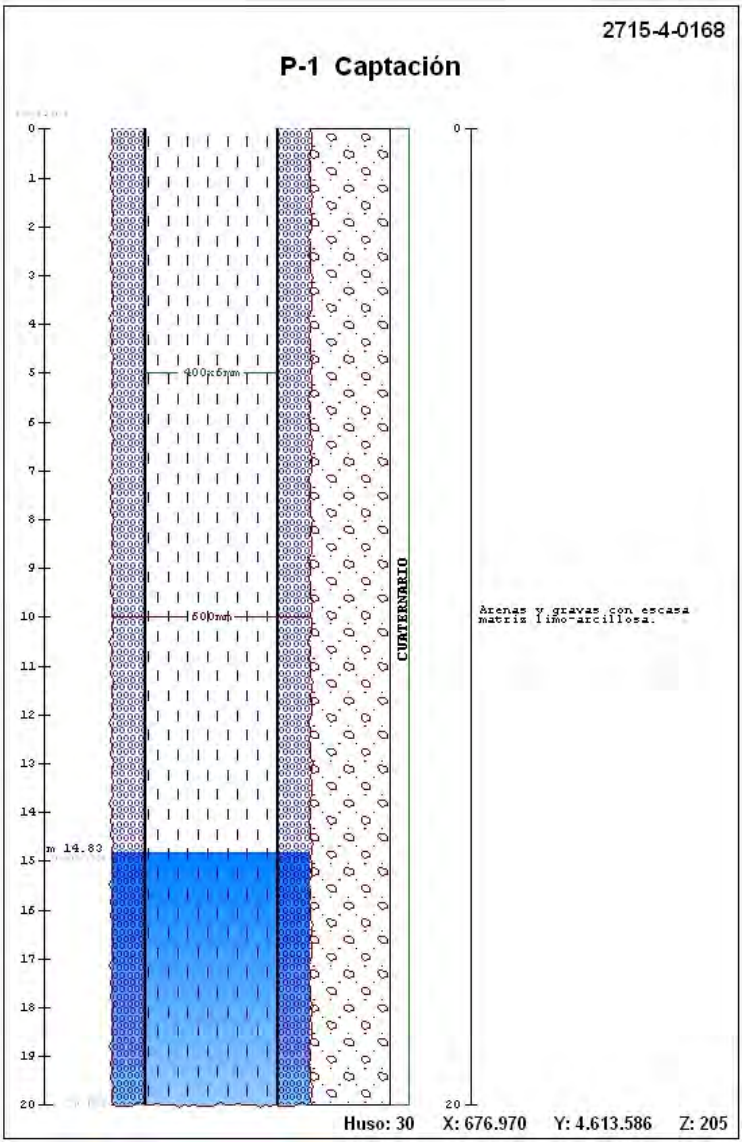
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** 1996 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO MARISTAS*

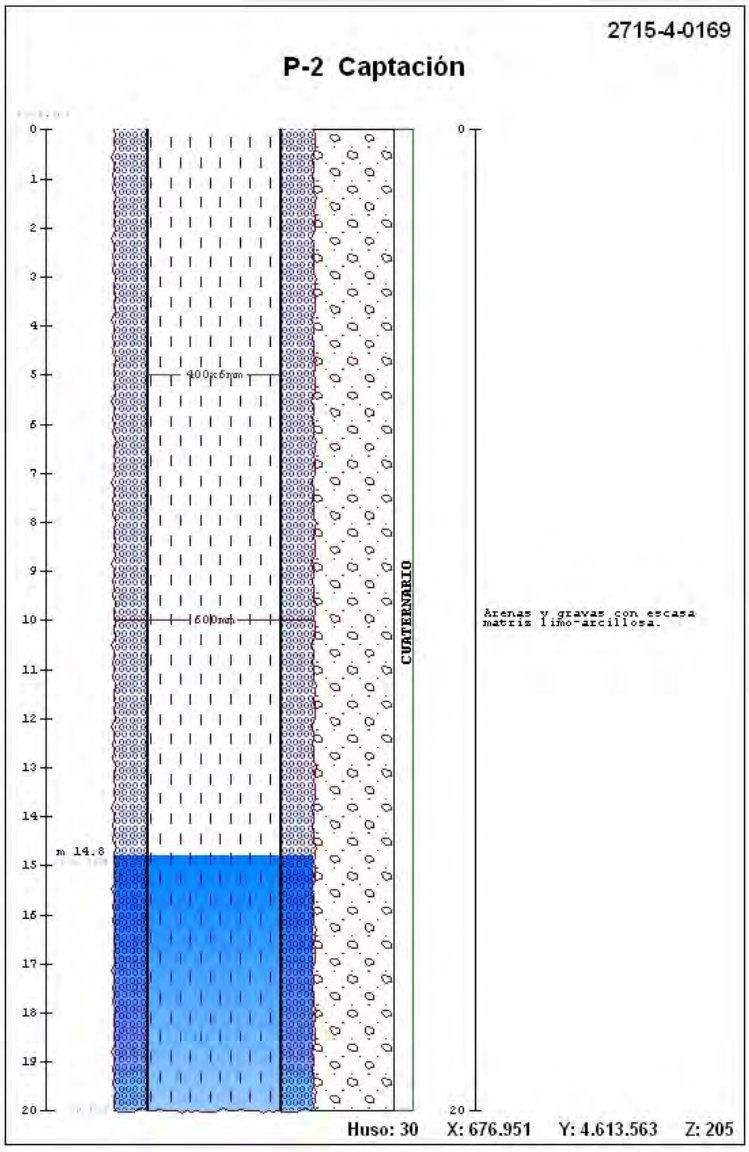
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO MARISTAS*

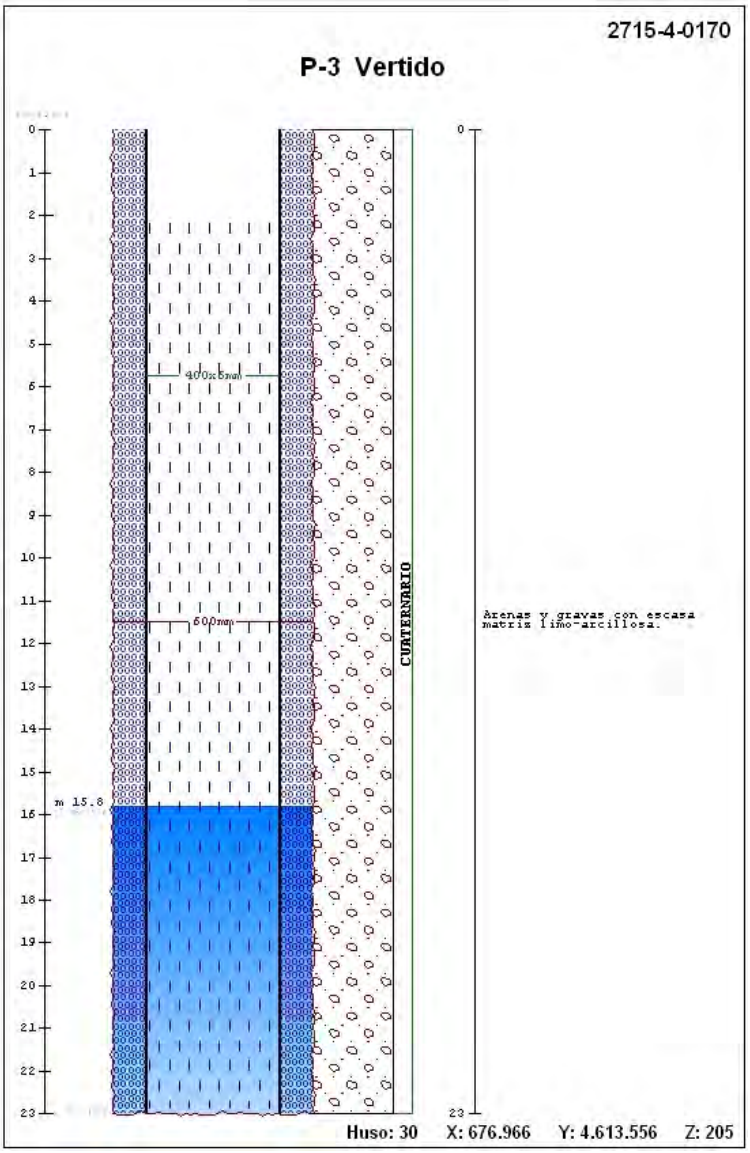
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO MARISTAS*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

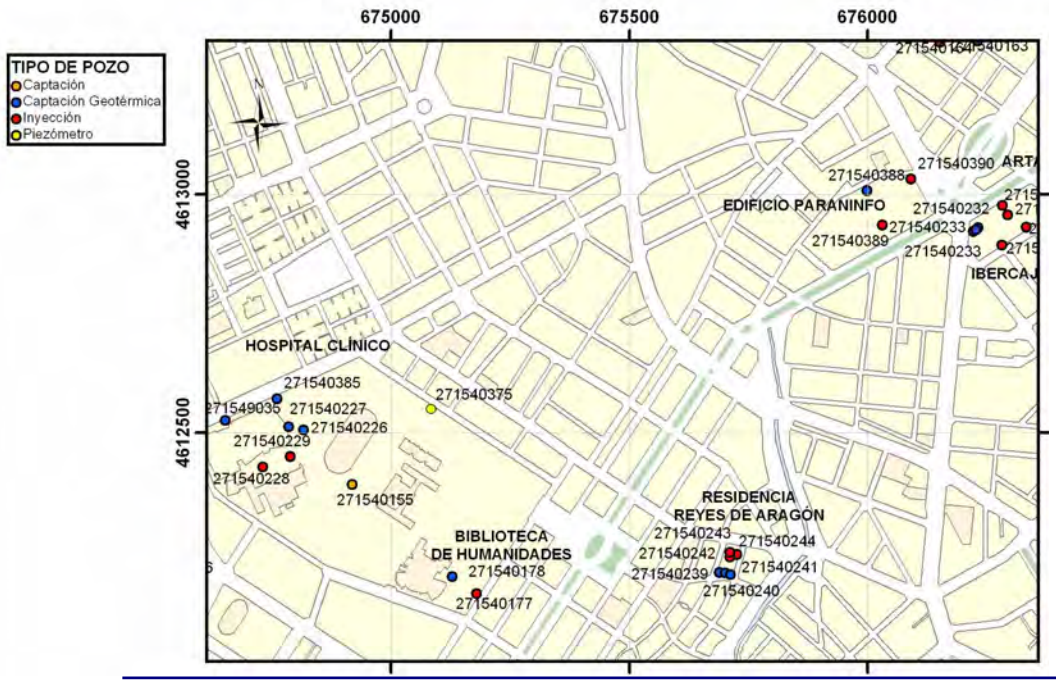
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 18

## *APROVECHAMIENTO:* *EDIFICIO PARANINFO*

**TITULAR** Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento

**Nº Expediente** 2007P0872 y 2009P0193 ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540388<br>271540389 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540390 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | 42 | ***Caudal L/s*** | 42 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 145000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 145000 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-S May-Sep

***Potencia frío KW*** 2163 KW

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO PARANINFO*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 18,4 ºC ***Fecha*** 07/2009

***Tª VERTIDO:*** 32 ºC ***Fecha*** 07/2009

***SALTO TÉRMICO*** 13,6 ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 78,67 | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1334 | 271540229 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 192,97 | 271540233 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Sí

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 3,4 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 12

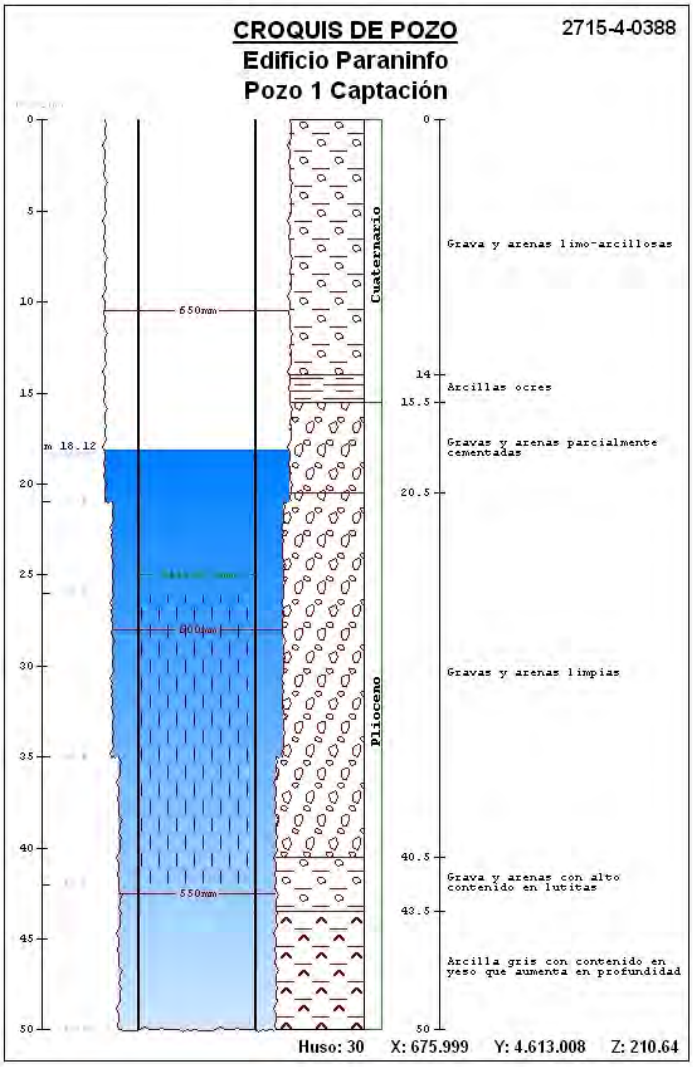
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** Probable

***Año inicio explotación:*** 2008 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO PARANINFO*

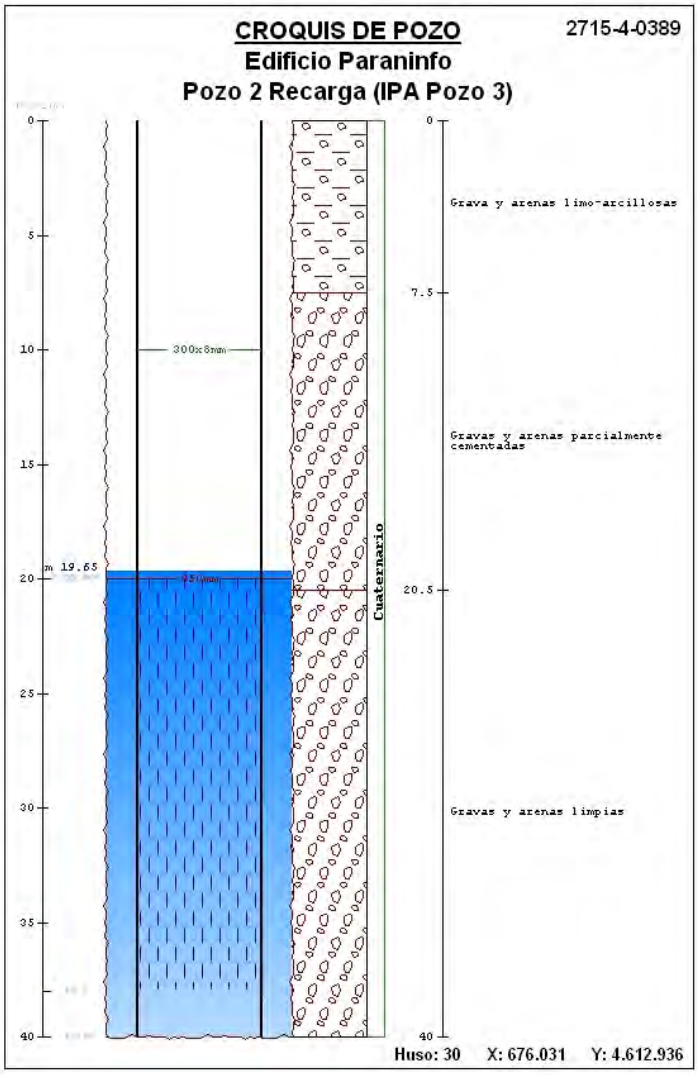
## CROQUIS DE POZO CAPTACIÓN /REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO PARANINFO*

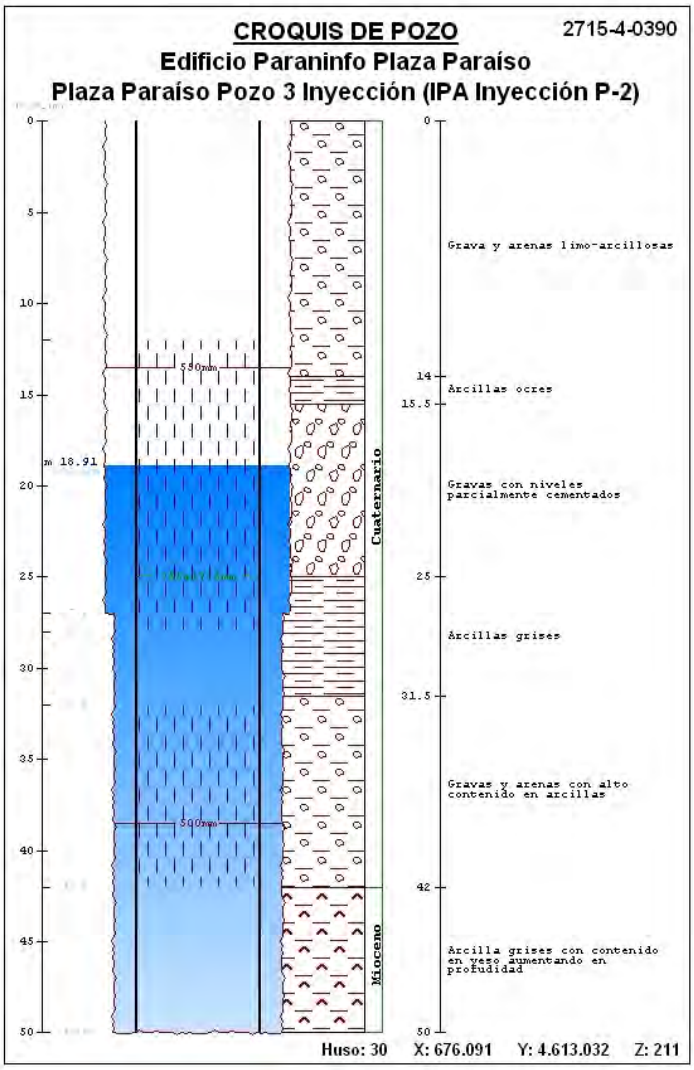
## CROQUIS DE POZOS VERTIDO/REGISTRO CE-T

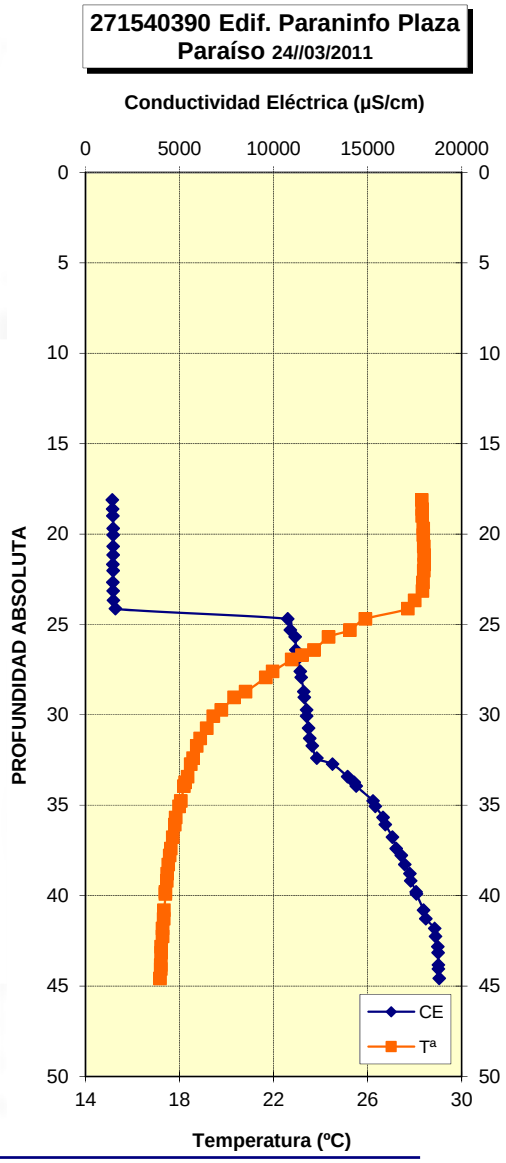



***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO PARANINFO*

# CROQUIS DE POZOS VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

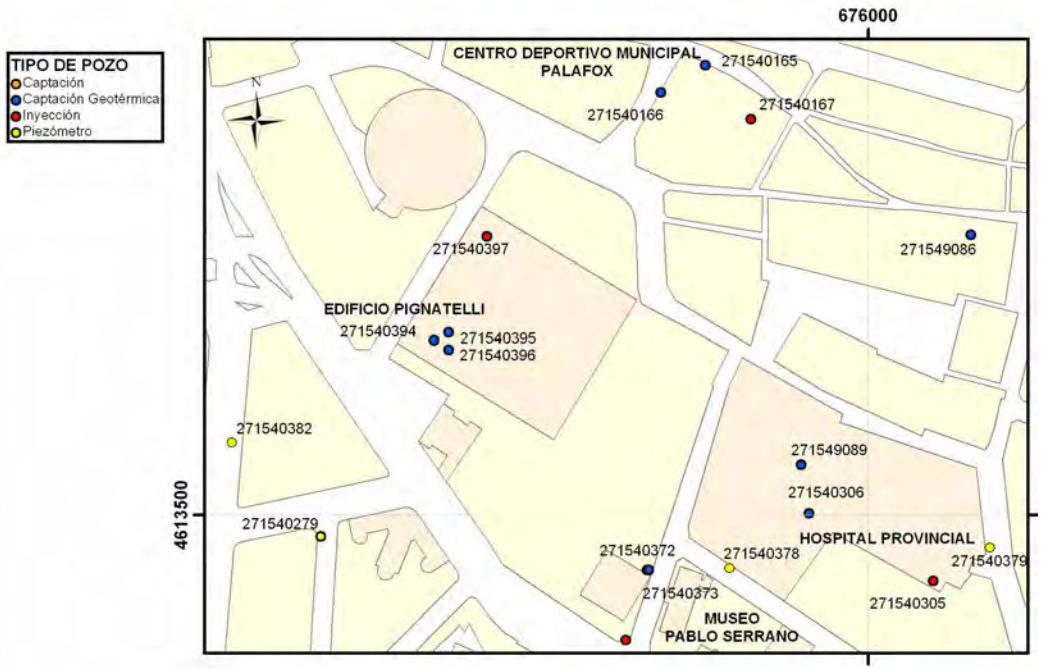
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 19

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO PIGNATELLI*

**TITULAR** Gobierno de Aragón - Dpto. Presidencia y Relaciones Institucionales

**Nº Expediente** **2005P0786-1986P0109** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 4 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540394<br>271540395<br>271540396 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540397 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 40 | ***Profundidad máxima (m)*** | 47 |
| ***Caudal L/s*** | | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 511000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 511000 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-S |
| ***Potencia frío KW*** | 3 enfriadoras de 165 KW. Total: 495 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-S |
| ***Potencia calor KW*** | 3 enfriadoras de 165 KW. Total: 495 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO PIGNATELLI*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 74,83 | 75,89 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1264,28 | 271540505 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 188,9 | 271540166 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa*** No

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 1987 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO PIGNATELLI*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

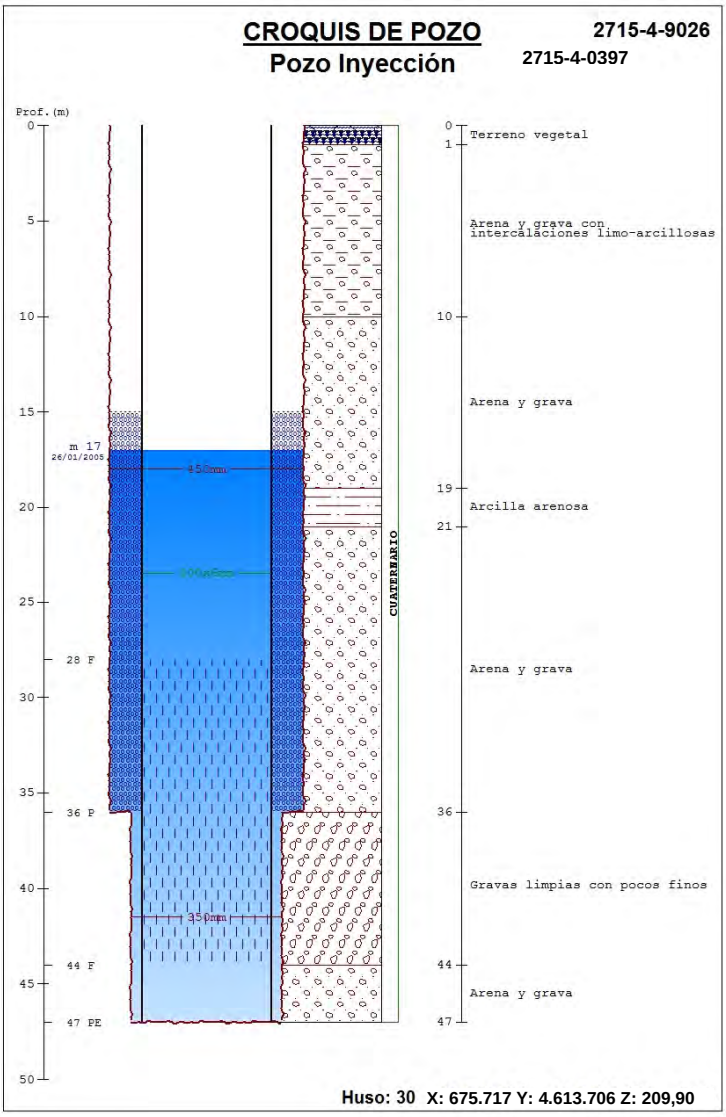
### *FOTOGRAFÍAS*

**2715-4-0396**

**2715-4-0394**

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO PIGNATELLI*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 20

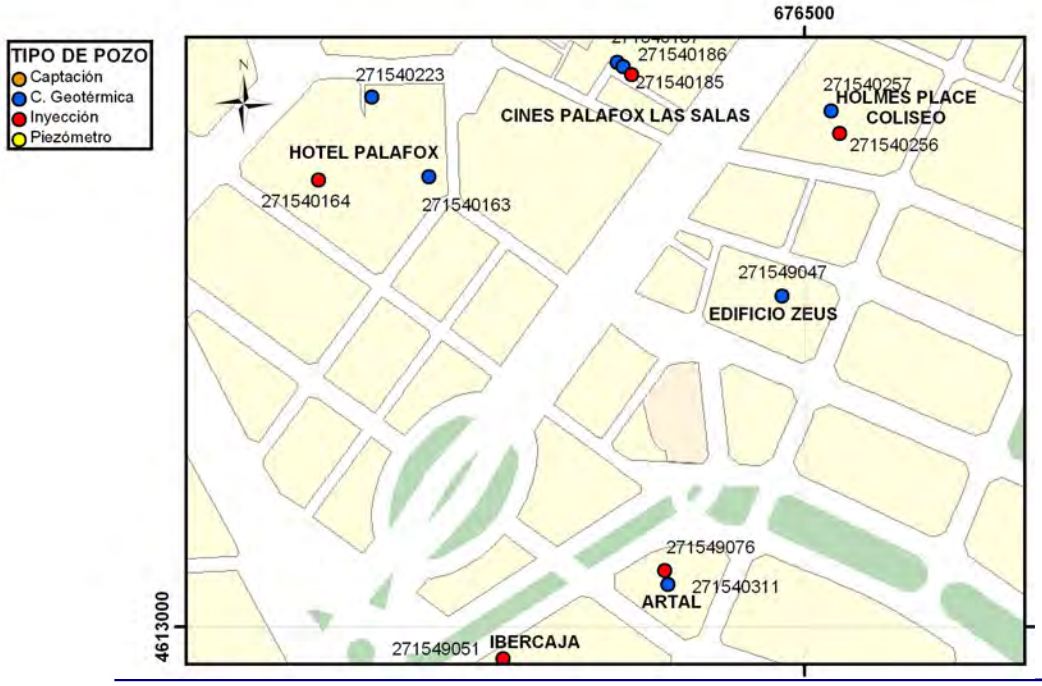
***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ZEUS*

**TITULAR** Comunidad de Propietarios Edificio Zeus

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Sin uso

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549047 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 5,2 | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | - | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | - | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-S. Sin uso actualmente

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ZEUS*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Mismo Pozo Captación

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 24,4 ºC ***Fecha*** 22/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 342 | 271540164 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 139,5 | 271540257 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 9,4 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

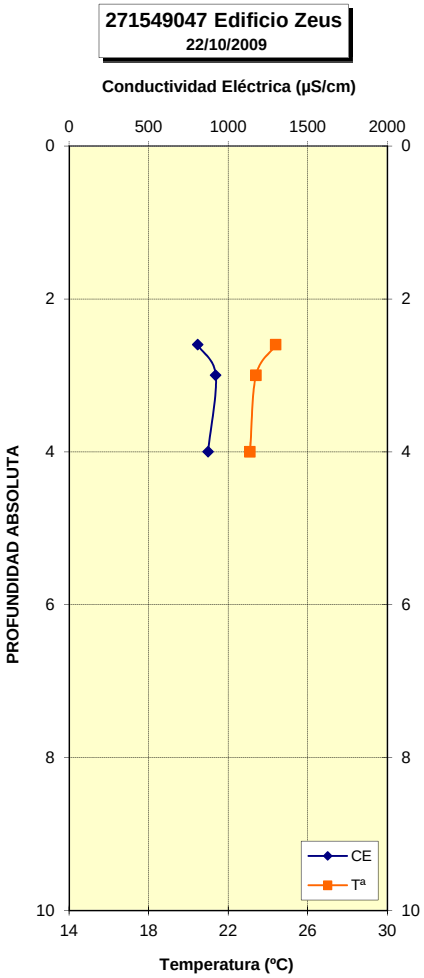
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** Anterior 1985 ***Año finalización explotación:*** 2007

***APROVECHAMIENTO:*** *EDIFICIO ZEUS*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 21

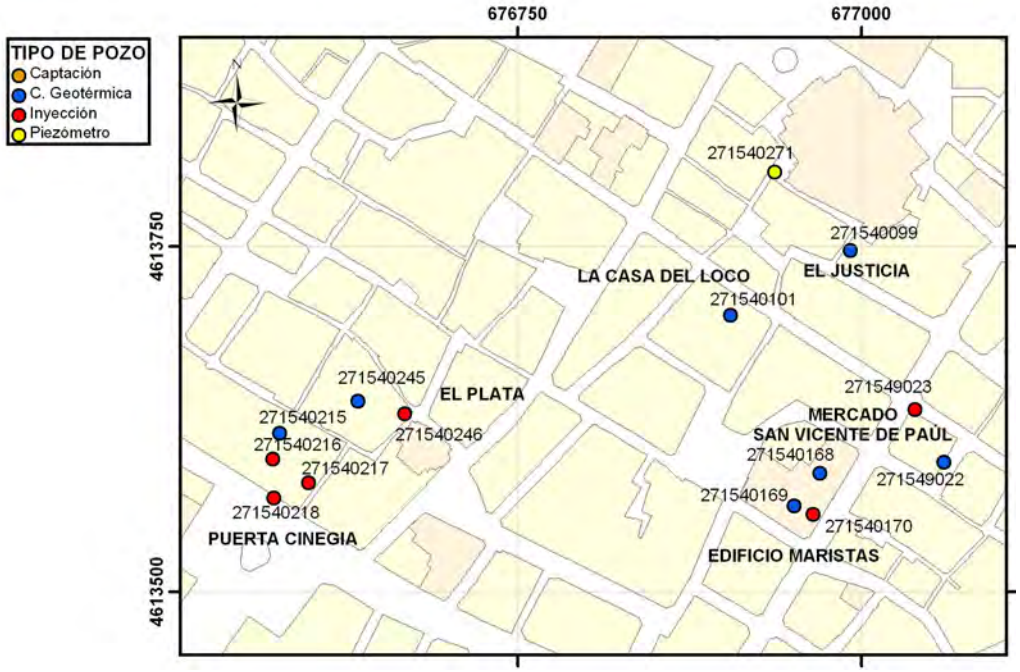
***APROVECHAMIENTO:*** *EL JUSTICIA*

**TITULAR** El Justicia

**Nº Expediente** **1995P0114**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540099 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 29,17 | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | 0,58 | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 18000 | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-V May-Sep

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** L-V Oct-Abr

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *EL JUSTICIA*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Red vertido ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** -

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 20 ºC ***Fecha*** 5/10/2009

***Tª VERTIDO***: Entre 25ºC – 34ºC ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO*** De 5ºC a 14ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 343,6 | 271540246 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 5 ***Magnitud del Vertido (ºC):*** 5 a 14

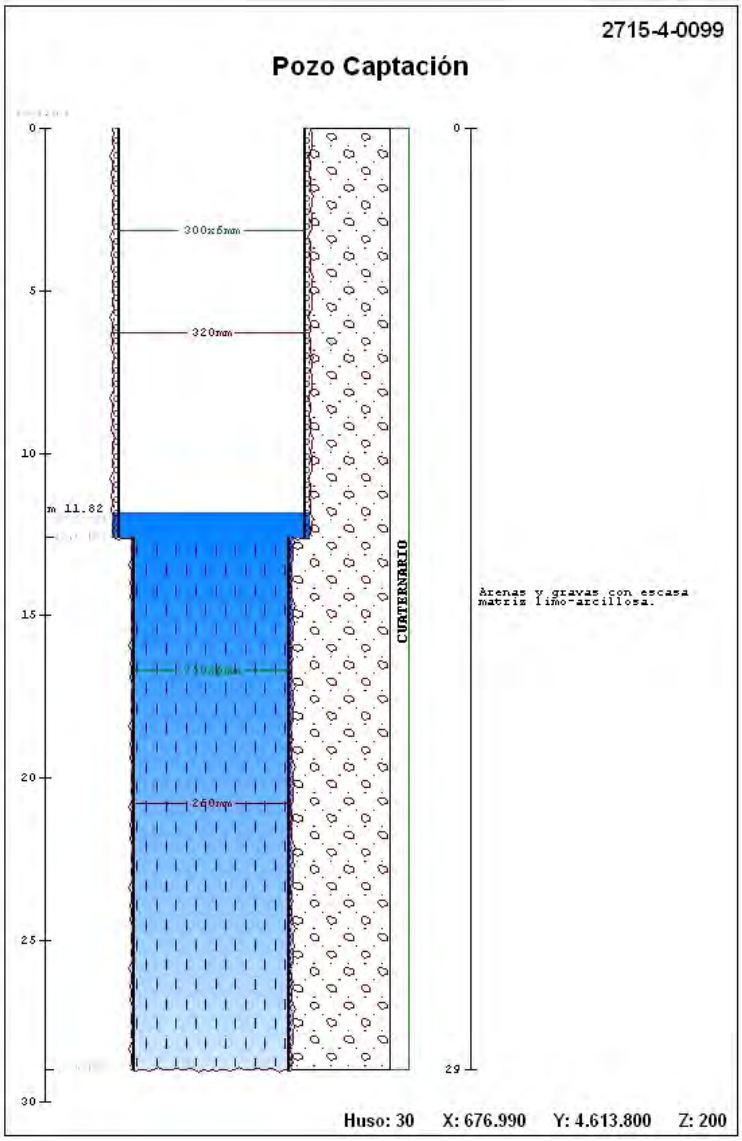
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** 1995 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EL JUSTICIA*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

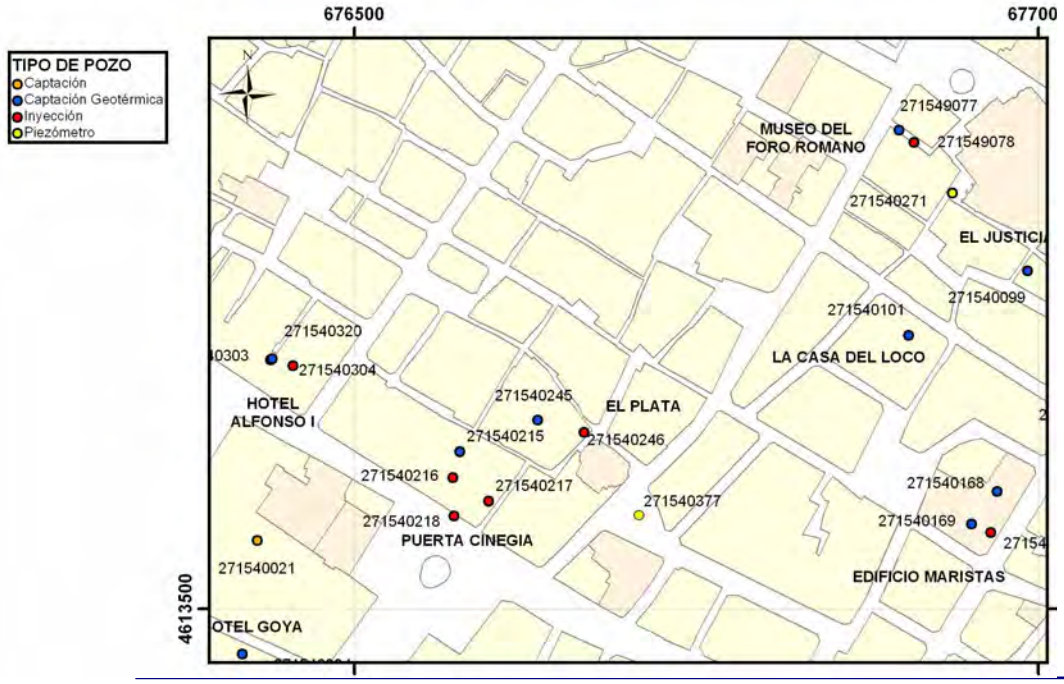
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 22

## *APROVECHAMIENTO:* *EL PLATA*

**TITULAR** Aramesa

**Nº Expediente** **2006P0152** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540245 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540246 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 36,5 | ***Profundidad máxima (m)*** | 28 |
| ***Caudal L/s*** | 7,6 | ***Caudal L/s*** | 7,6 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 129004 | ***Vertido $m^3$/año*** | 129004 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D 12h |
| ***Potencia frío KW*** | 306 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | - |
| ***Potencia calor KW*** | 346 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *EL PLATA*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima Aislado

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 18 ºC ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** 28 ºC ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO*** 10 ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 36,3 | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 70,28 | 271540217 | Sí |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 246,47 | 271540101 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

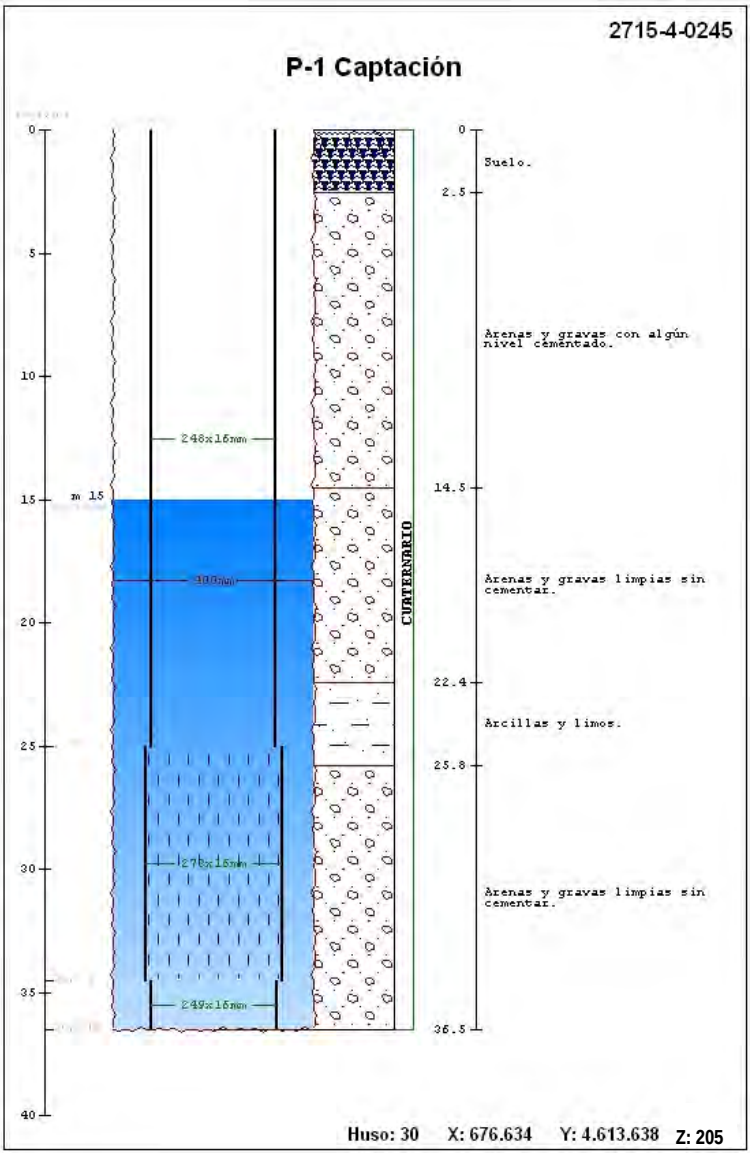
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2008 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *EL PLATA*

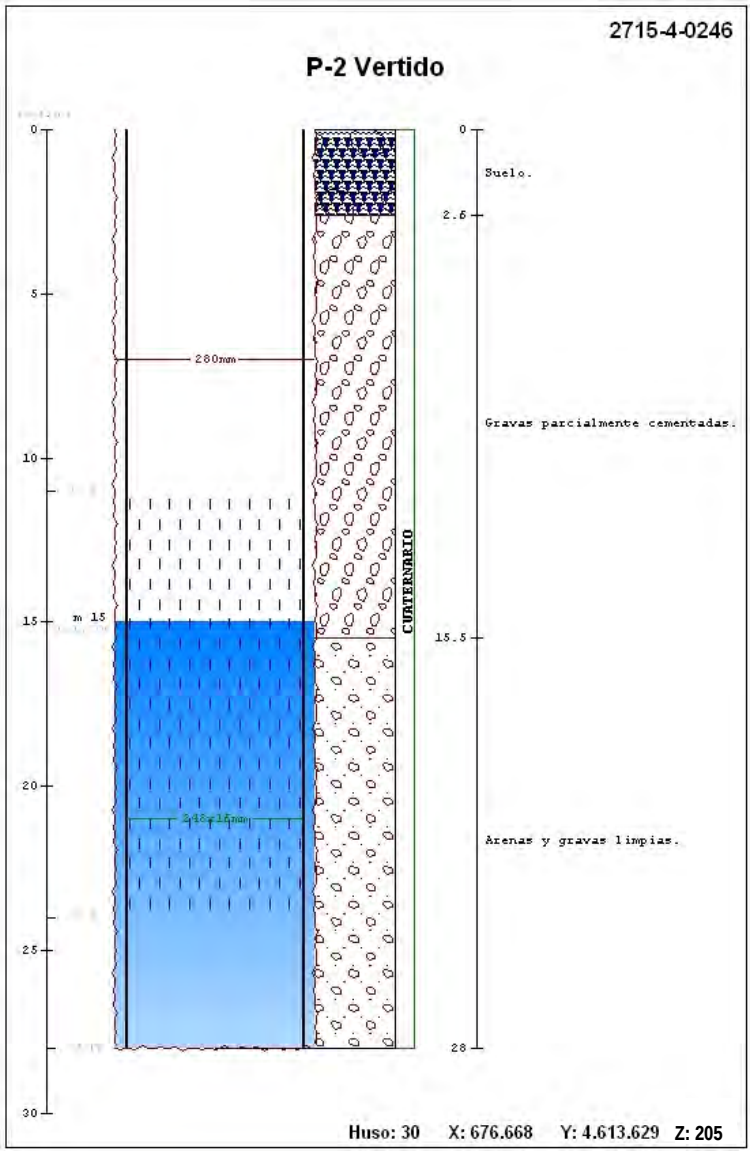
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *EL PLATA*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 23

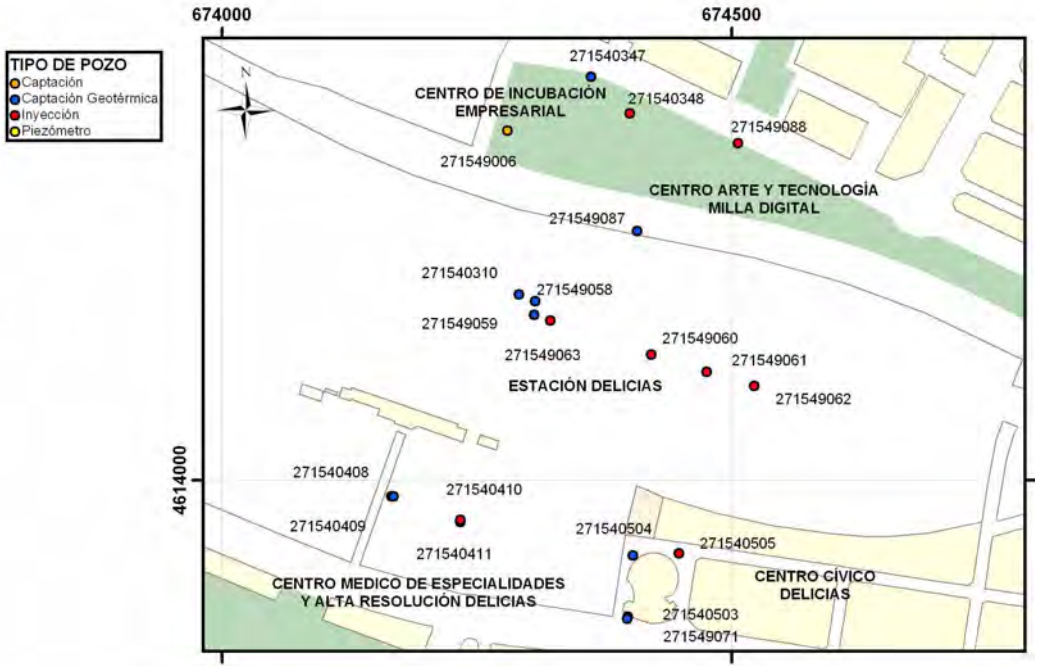
## *APROVECHAMIENTO:* *ESTACIÓN DELICIAS*

**TITULAR** ADIF Patrimonio

**Nº Expediente** **2003P1491**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 7 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540310<br>271549058<br>271549059 | ***Nº pozos Vertido*** | 271549060 271549061<br>271549062<br>271549063 (de reserva) |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m)*** | 28 |
| ***Caudal L/s*** | 83,3 | ***Caudal L/s*** | 83,3 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 1186500 | ***Vertido $m^3$/año*** | 1186500 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D May-Sep. Climatiza todas las dependencias del Edificio de la Estación Intermodal |
| ***Potencia frío KW*** | |
| ***Frecuencia generación calor*** | - |
| ***Potencia calor KW*** | |

***APROVECHAMIENTO:*** *ESTACIÓN DELICIAS*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 18,5 ºC | ***Fecha*** | 27/10/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 22 ºC | ***Fecha*** | 27/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 3,5 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 120,8 sin contar pozo reserva | 248,4 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 214,00 | 271540410 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 121,82 | 271549087 | No se sabe |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 3,5 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 2

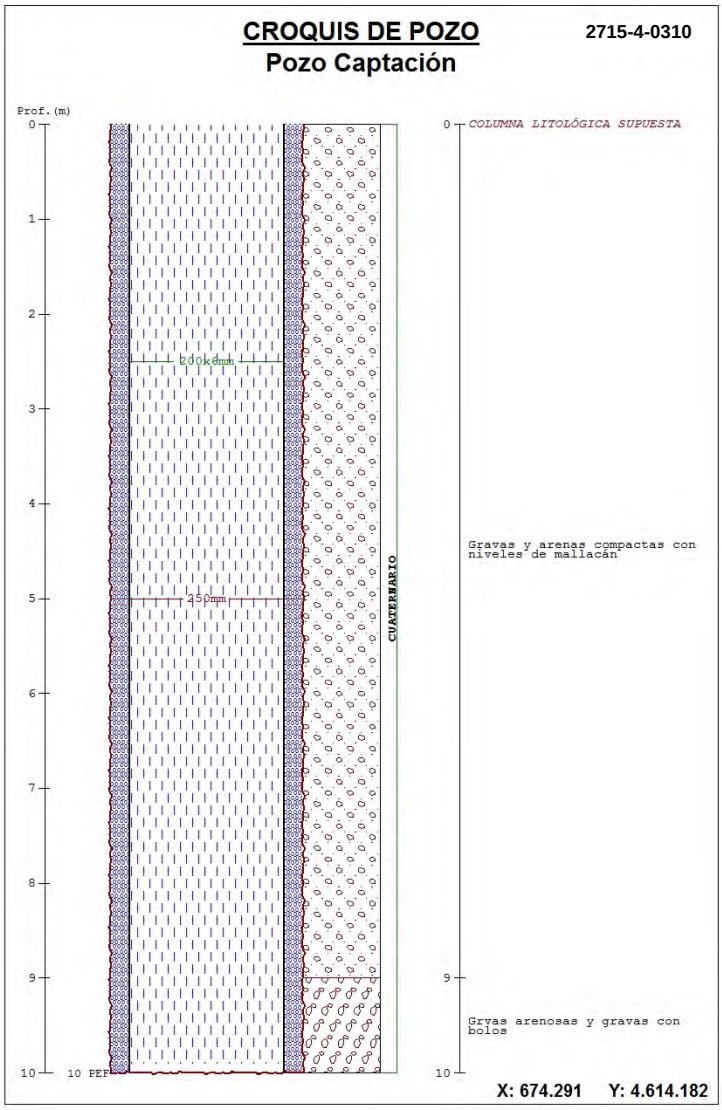
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 2003 ***Año finalización explotación:*** Por alto coste mantenimiento posiblemente se planteen próximo cese explotación

***APROVECHAMIENTO:*** *ESTACIÓN DELICIAS*

## CROQUIS DE POZOS-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

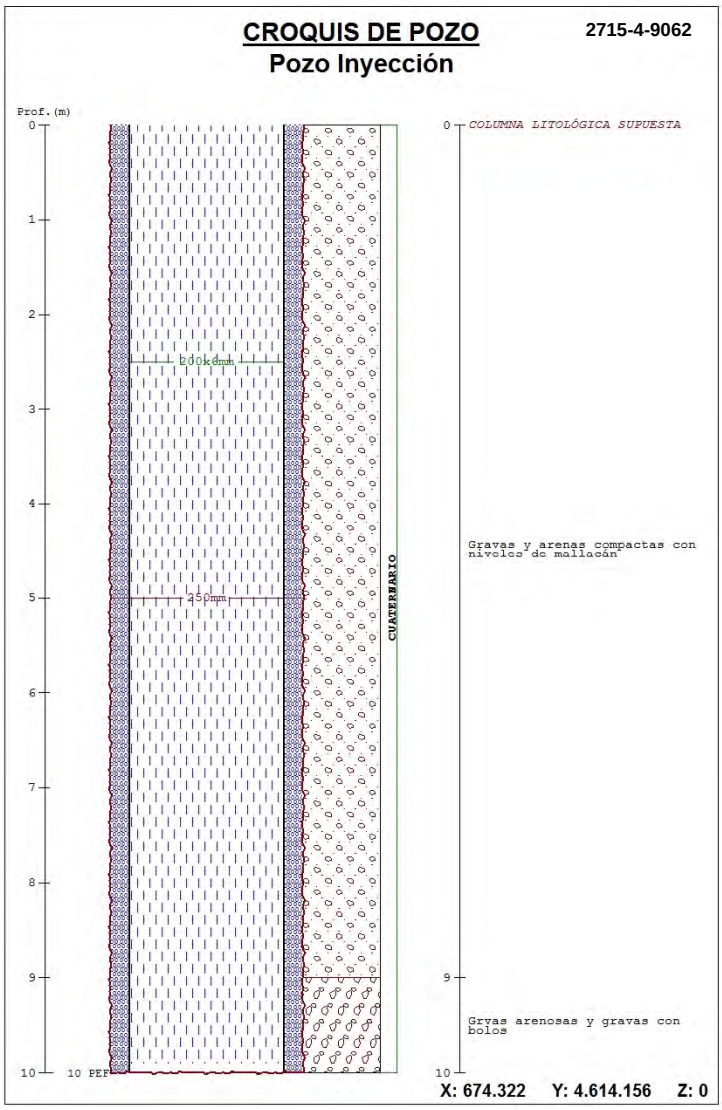
2715-4-0310

2715-4-9058

2715-4-9059

***APROVECHAMIENTO:*** *ESTACIÓN DELICIAS*

## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

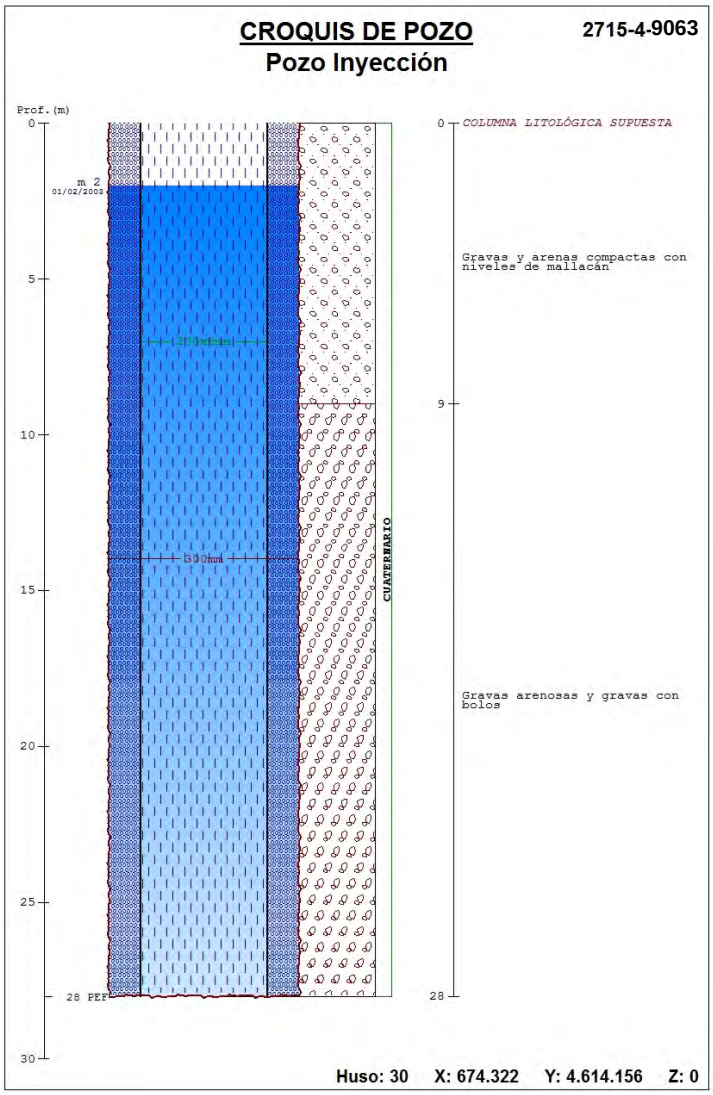
2715-4-9060

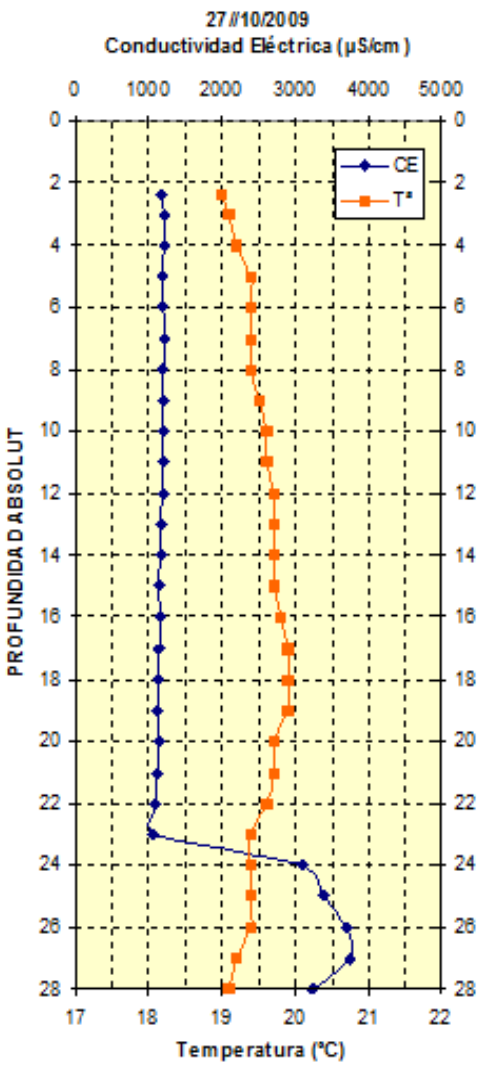
2715-4-9061

2715-4-9062

***APROVECHAMIENTO:*** *ESTACIÓN DELICIAS*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 24

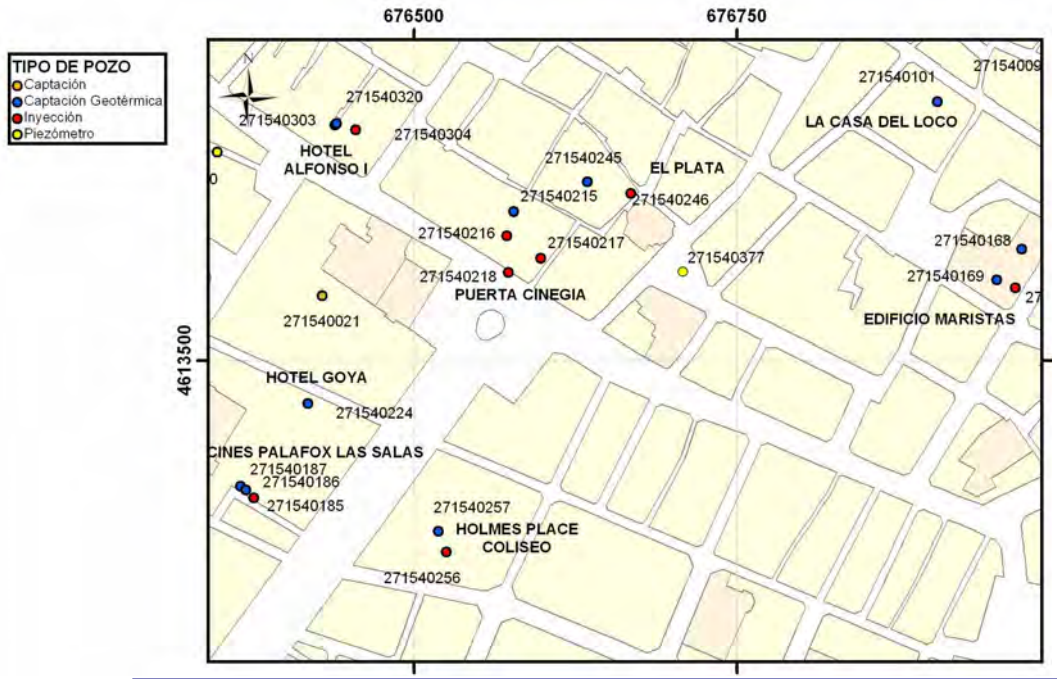
## *APROVECHAMIENTO:* *HOLMES PLACE COLISEO*

**TITULAR** DUAR Desarrollo Urbano Aragonés S.L.

**Nº Expediente** **2005P1472**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540257 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540256 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 26 | ***Profundidad máxima (m)*** | 24 |
| ***Caudal L/s*** | 1,45 | ***Caudal L/s*** | 1,45 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 23000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 23000 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-D Ene-Dic

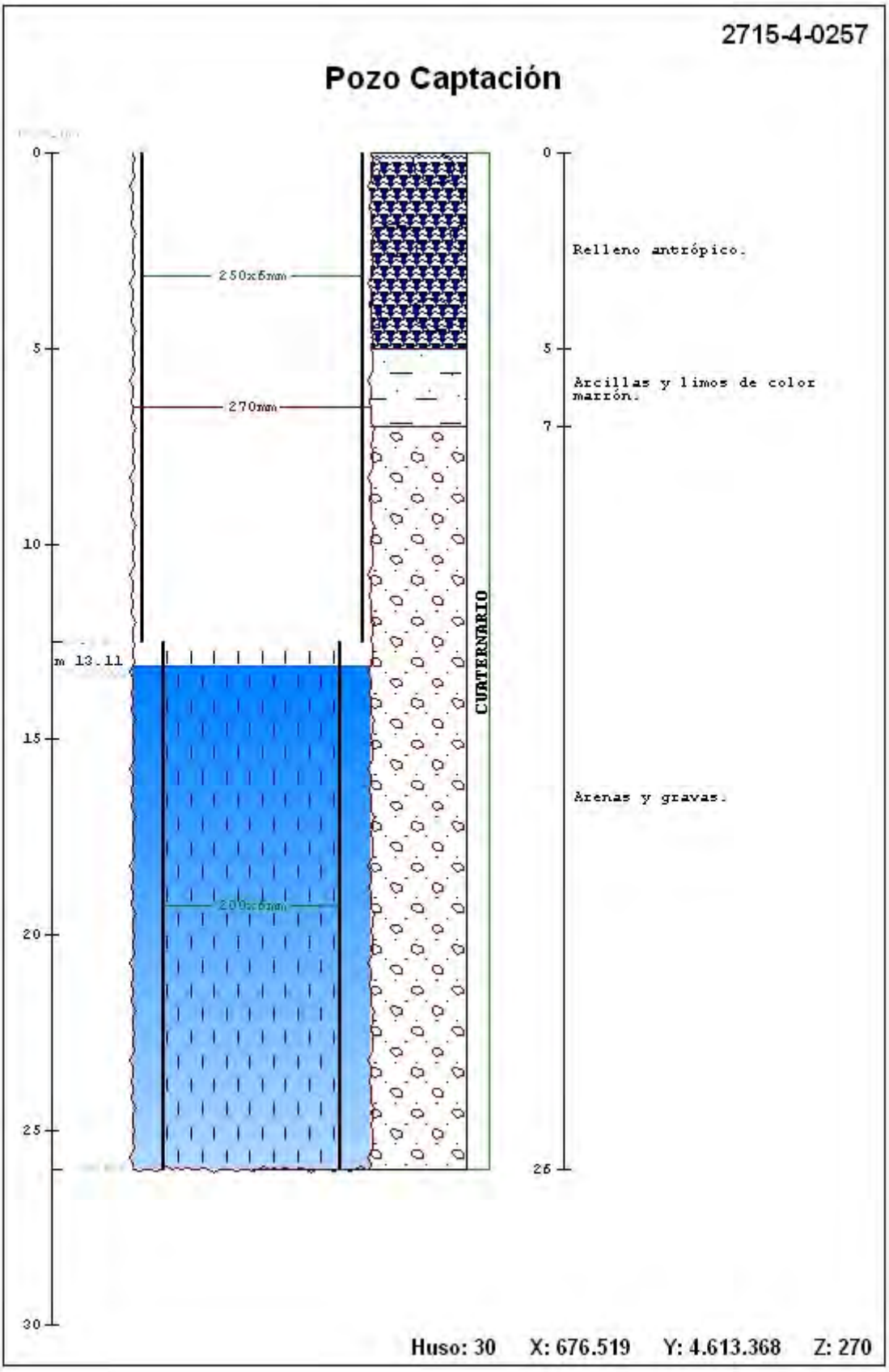
***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

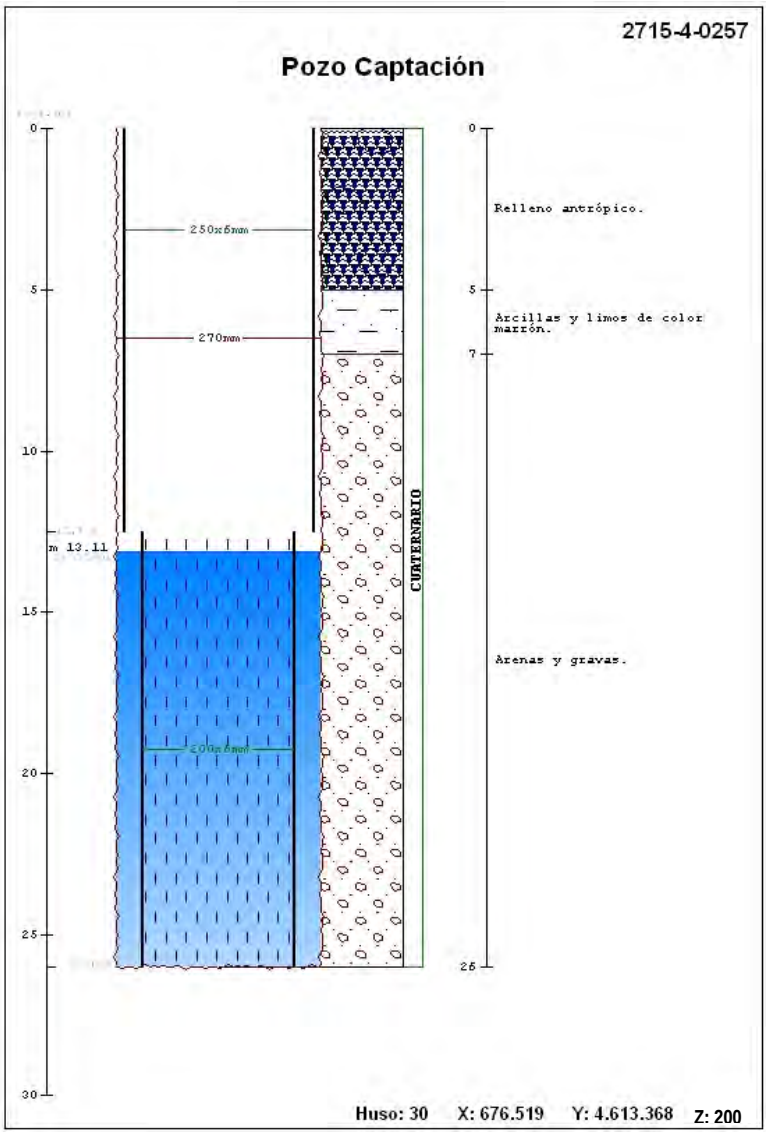
***APROVECHAMIENTO:*** *HOLMES PLACE COLISEO*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*



***AAPROVECHAMIENTO:*** *HOLMES PLACE COLISEO*

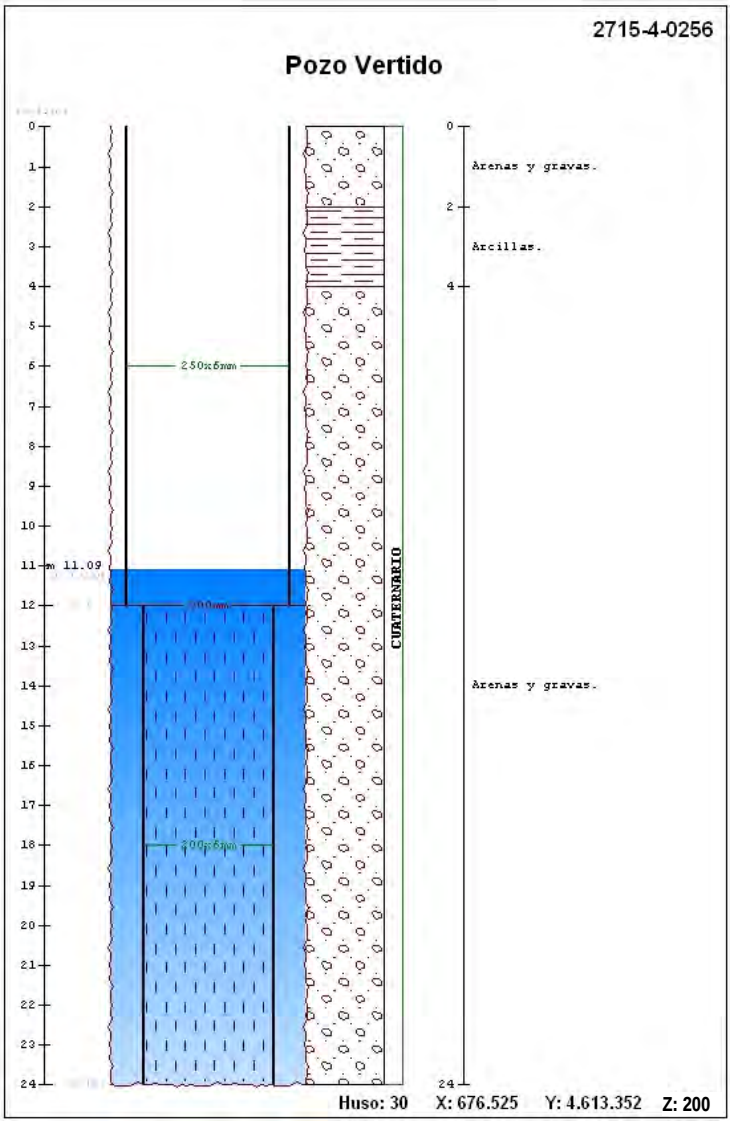
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOLMES PLACE COLISEO*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 25

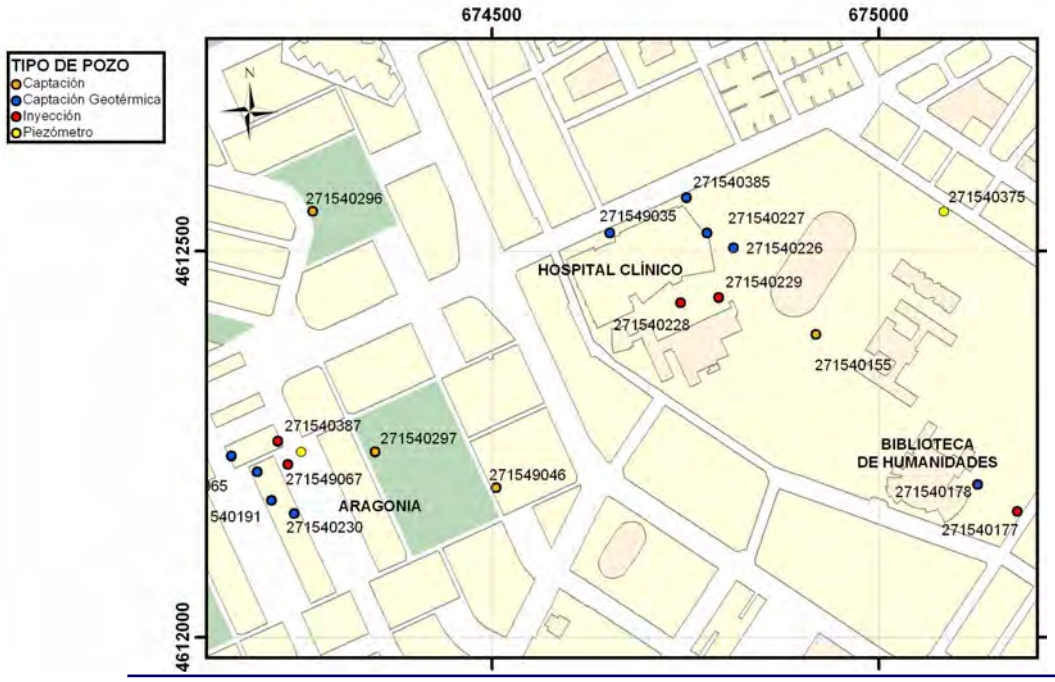
***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL CLÍNICO*

**TITULAR** Gobierno de Aragón Departamento de Salud

**Nº Expediente** **2005P0073**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 6 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540226<br>271540227<br>271540385<br>371549035 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540228<br>271540229 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 63 | ***Profundidad máxima (m)*** | 61 |
| ***Caudal L/s*** | 60,55 | ***Caudal L/s*** | 60,55 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 941856 | ***Vertido $m^3$/año*** | 941856 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | P-6: May-Sep; P-6: Oct-Abril; P-5 Oct-Abr |
| ***Potencia frío KW*** | (2 x 2800 KW) + 740 + 1144 + 1105 KW. Total: 8589 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | |
| ***Potencia calor KW*** | |

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL CLÍNICO*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 21,3 ºC | ***Fecha*** | 15/10/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 28,5 ºC | ***Fecha*** | 15/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 7,2 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 62,94 | 157 | Probable |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 509,9 | 271540387 | Sí |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 142,03 | 271540155 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Sí

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 6,3 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 8,5

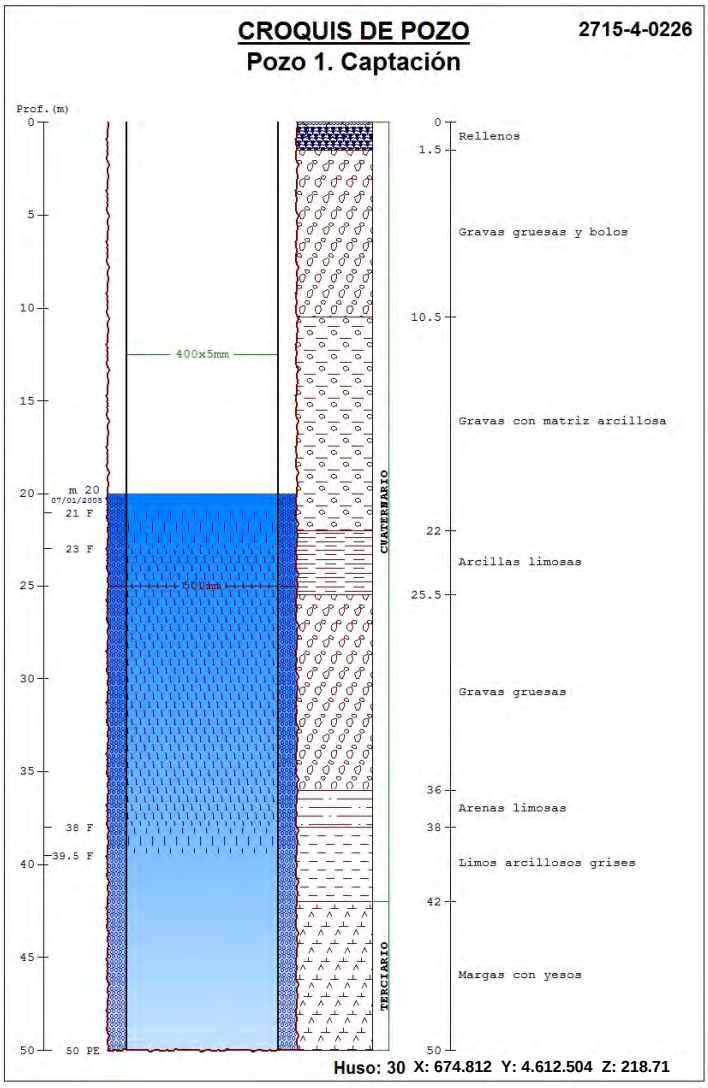
***Externa*** No

***Autointerferencia*** Sí

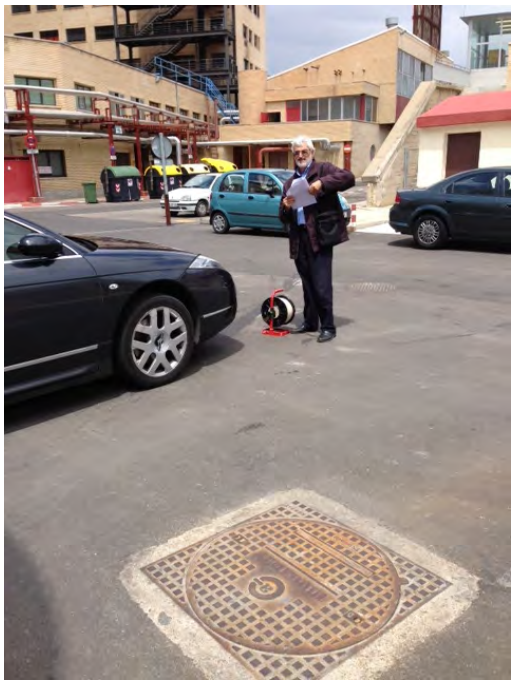
***Año inicio explotación:*** 2005 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL CLÍNICO*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

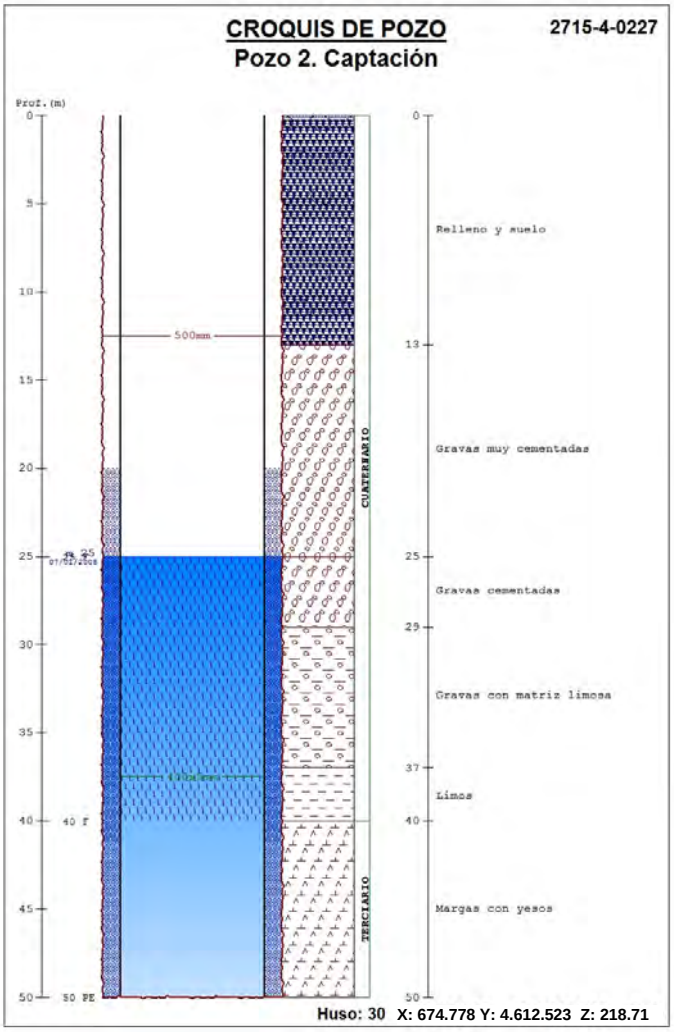


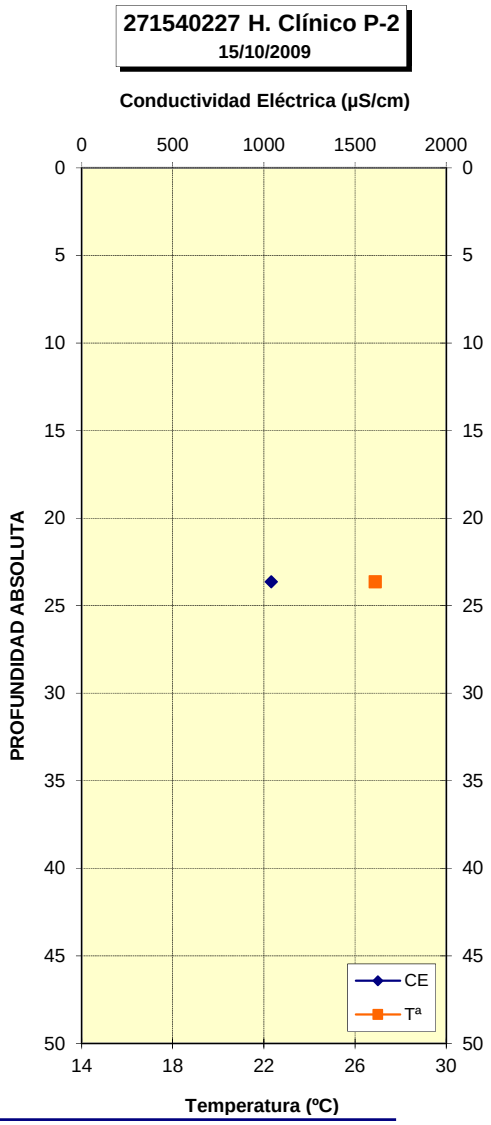

## *FOTOGRAFÍAS*



***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL CLÍNICO*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

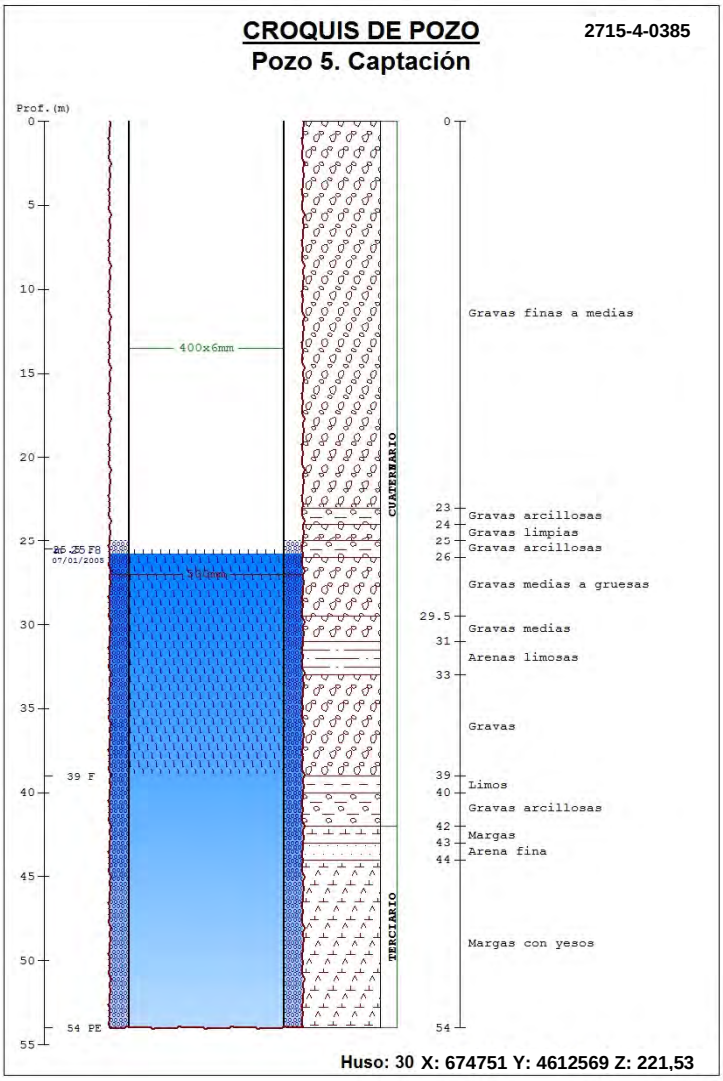


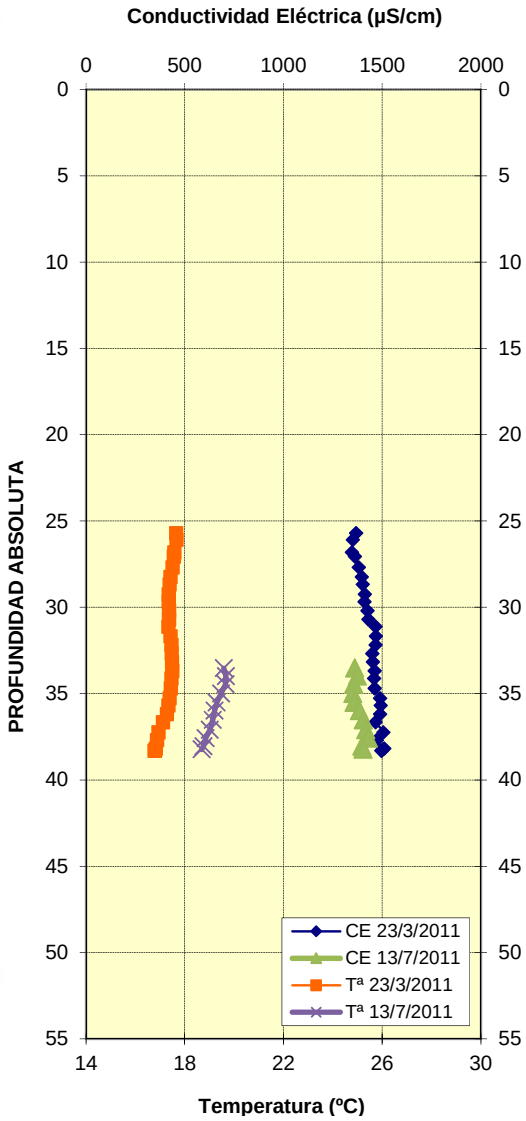




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL CLÍNICO*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

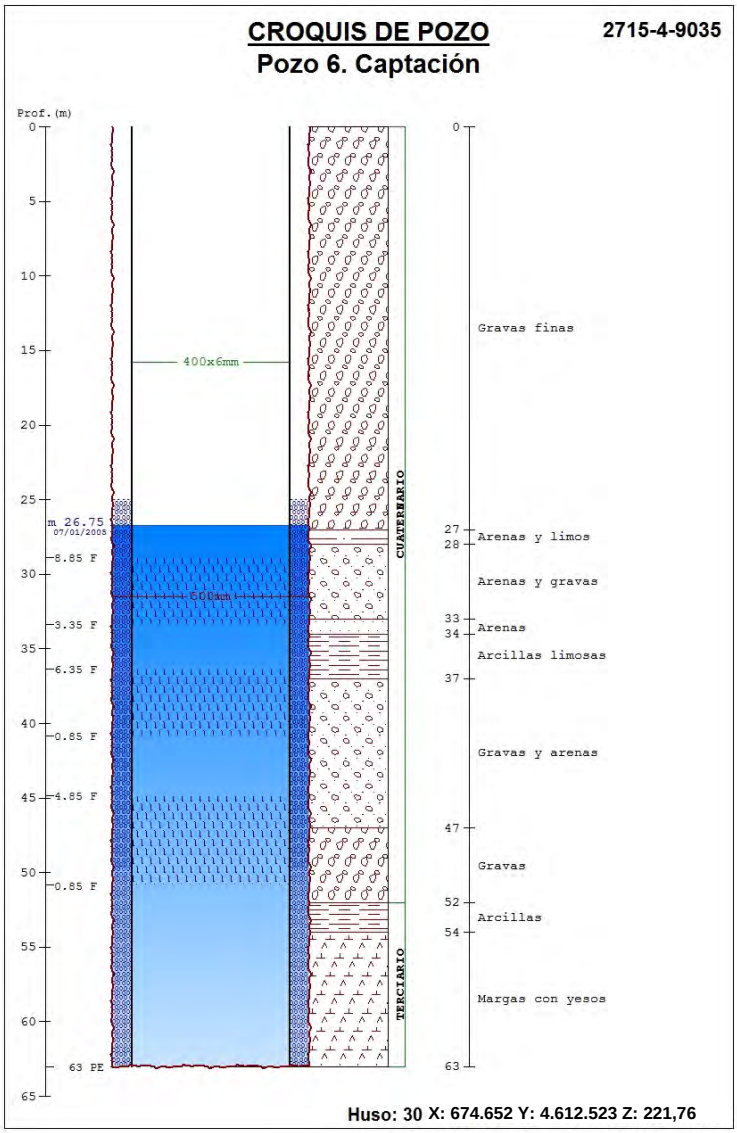



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL CLÍNICO*

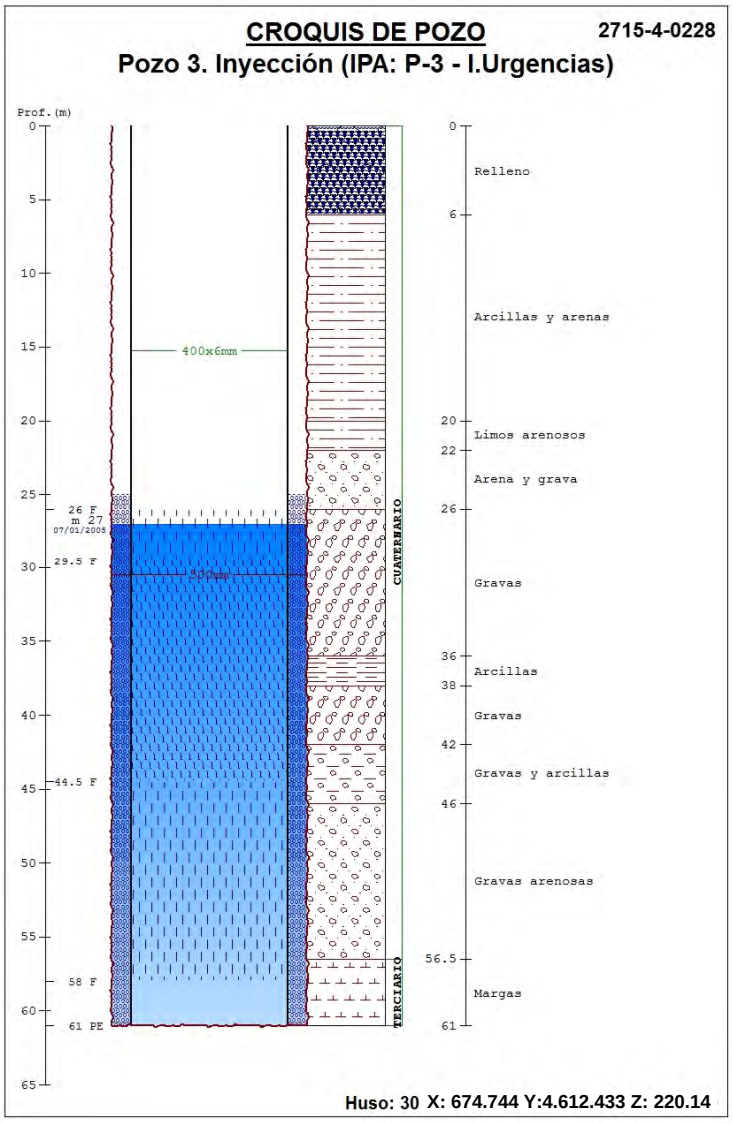
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

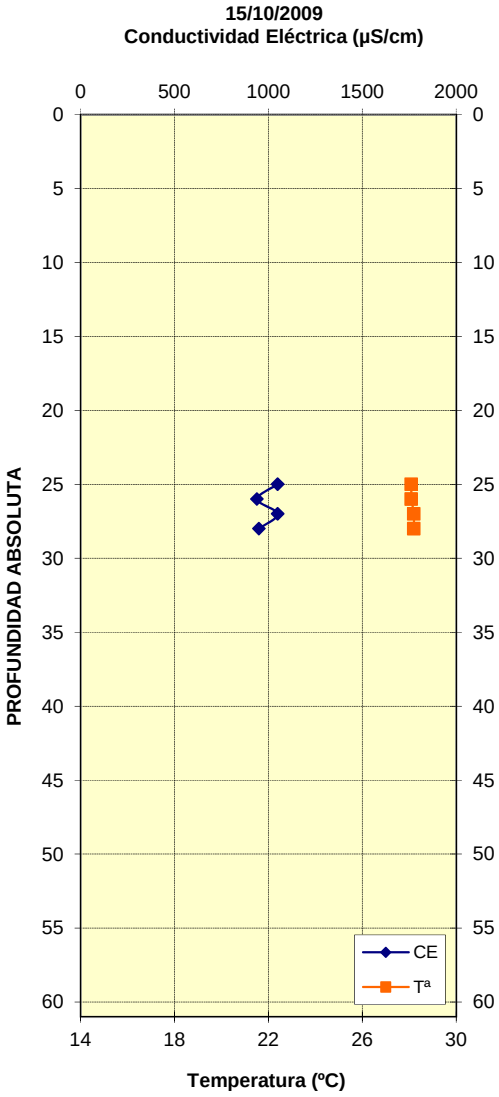



## *FOTOGRAFÍAS*

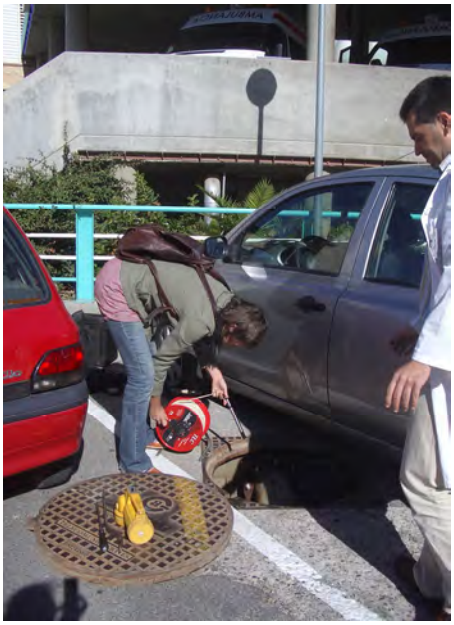
***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL CLÍNICO*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T



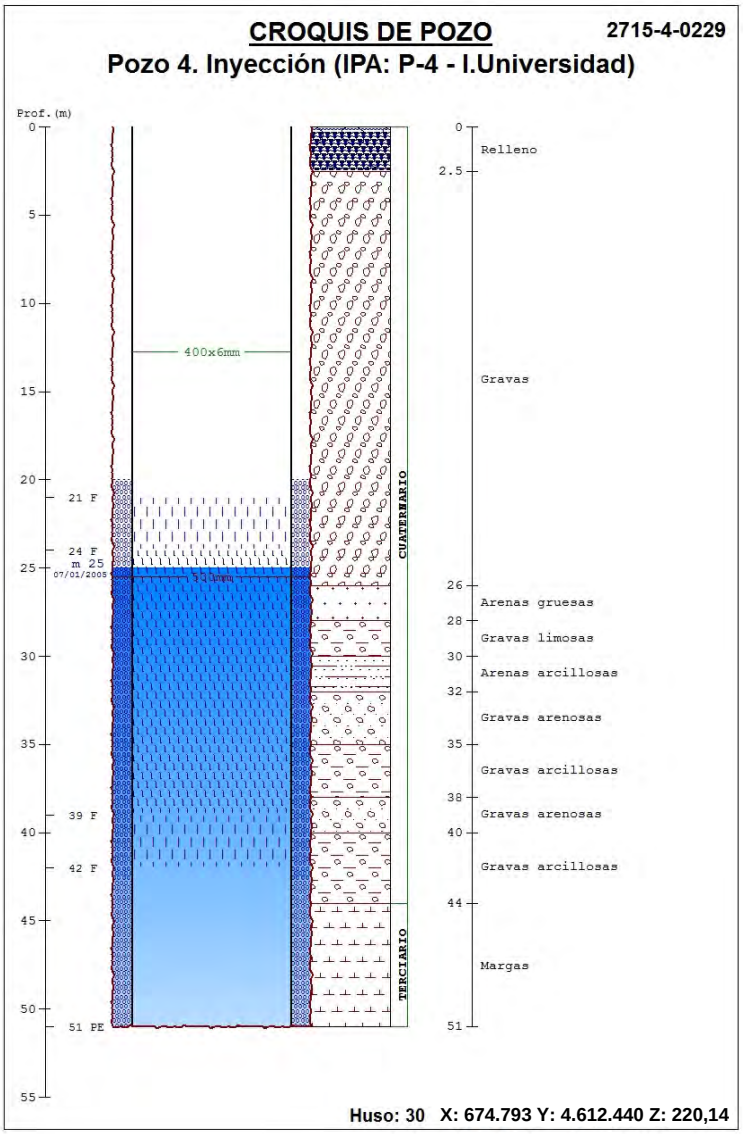



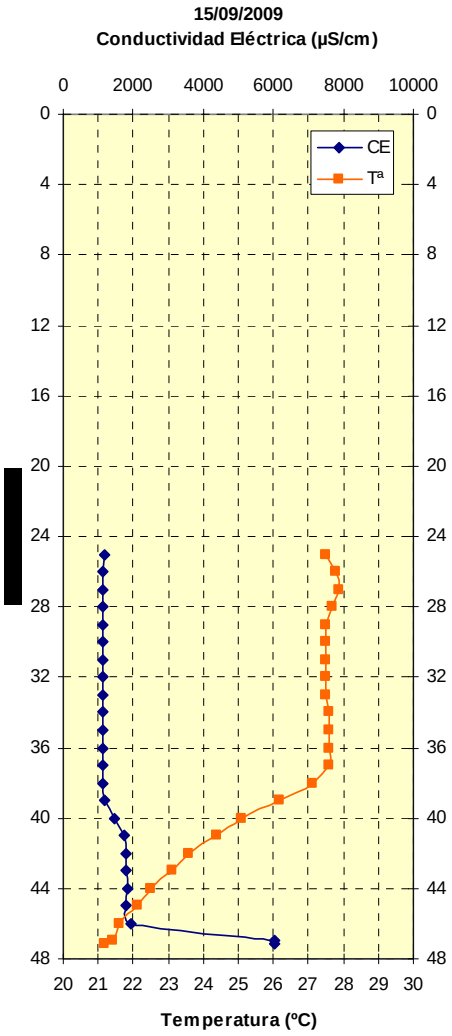

## *FOTOGRAFÍAS*



***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL CLÍNICO*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 26

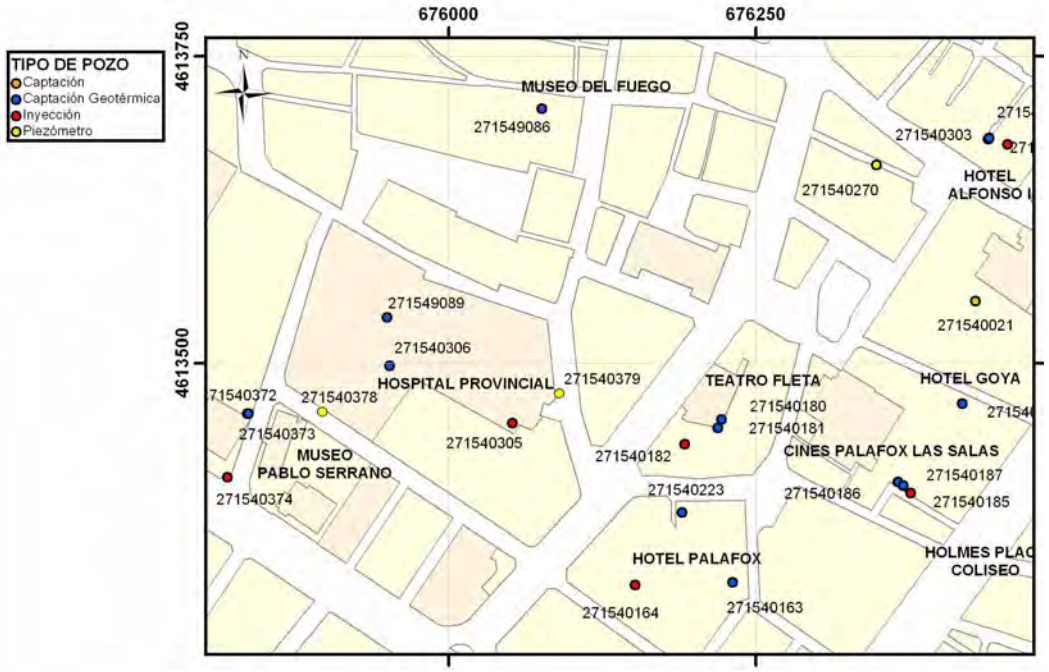
## *APROVECHAMIENTO:* *HOSPITAL PROVINCIAL*

**TITULAR** Gobierno de Aragón Departamento de Salud

**Nº Expediente** **2008P0298**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540306<br>271549089 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540305 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 43 | ***Profundidad máxima (m)*** | 47 |
| ***Caudal L/s*** | 39,97 | ***Caudal L/s*** | 39,97 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D Feb-Nov |
| ***Potencia frío KW*** | 1400 KW (enfriadoras de 1000 y 400 KW) |
| ***Frecuencia generación calor*** | - |
| ***Potencia calor KW*** | |

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL PROVINCIAL*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Sifón. Por debajo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 16,6 ºC | ***Fecha*** | 19/10/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 24,1 ºC | ***Fecha*** | 19/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 7,5 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 105,9 | 134,50 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 163,8 | 271540374 | Sí |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 159,9 | 271540223 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 1,6 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 4,1

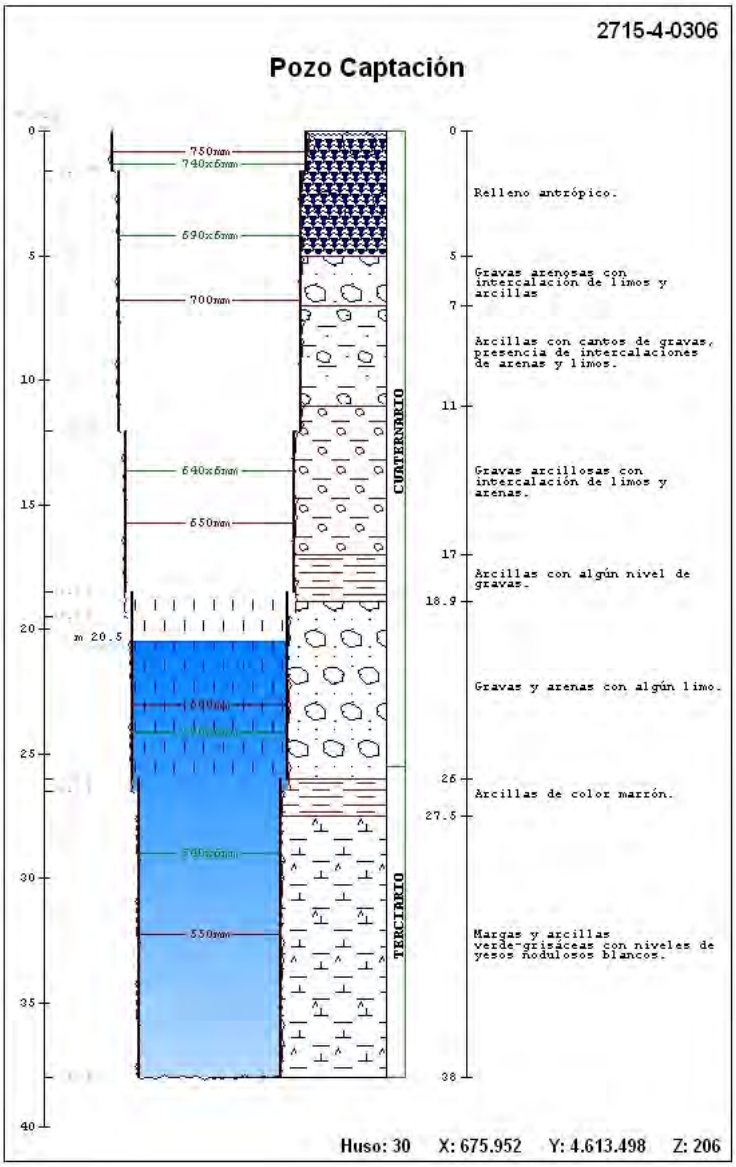
***Externa***

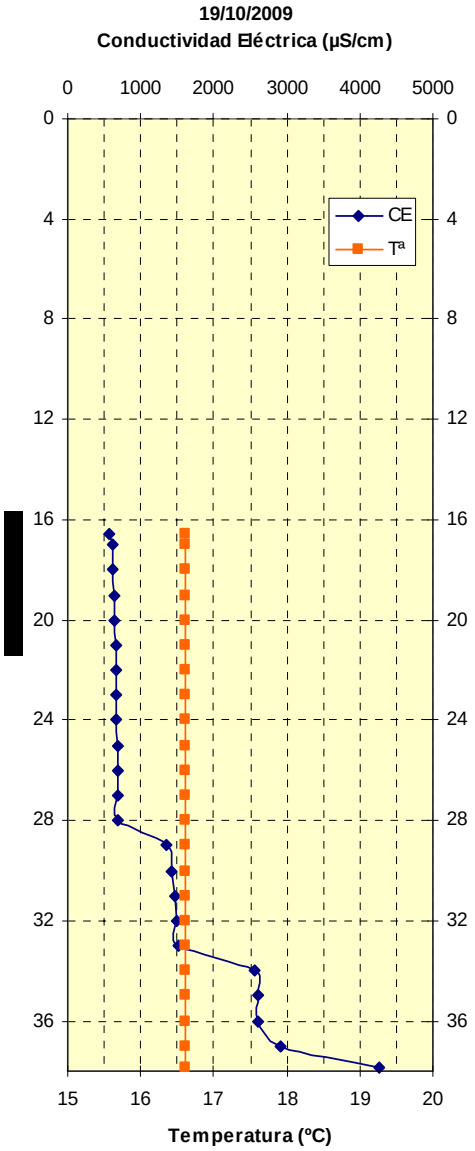
***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 2009 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL PROVINCIAL*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

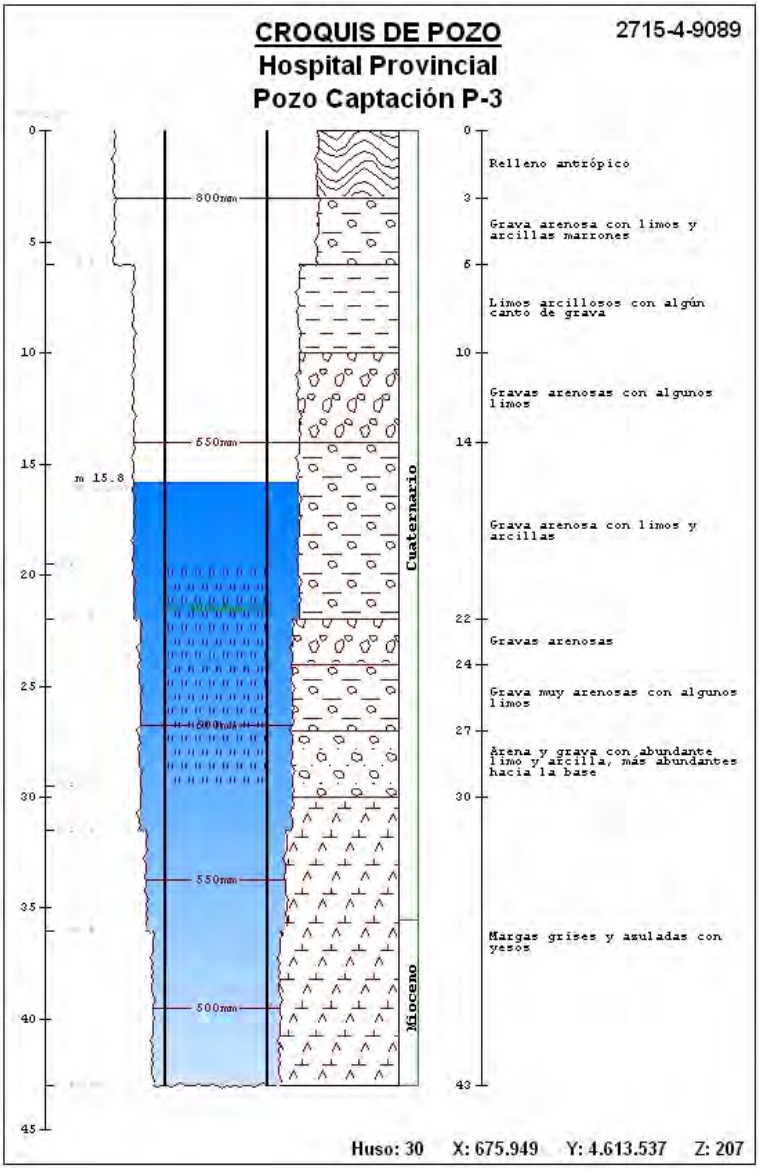



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL PROVINCIAL*

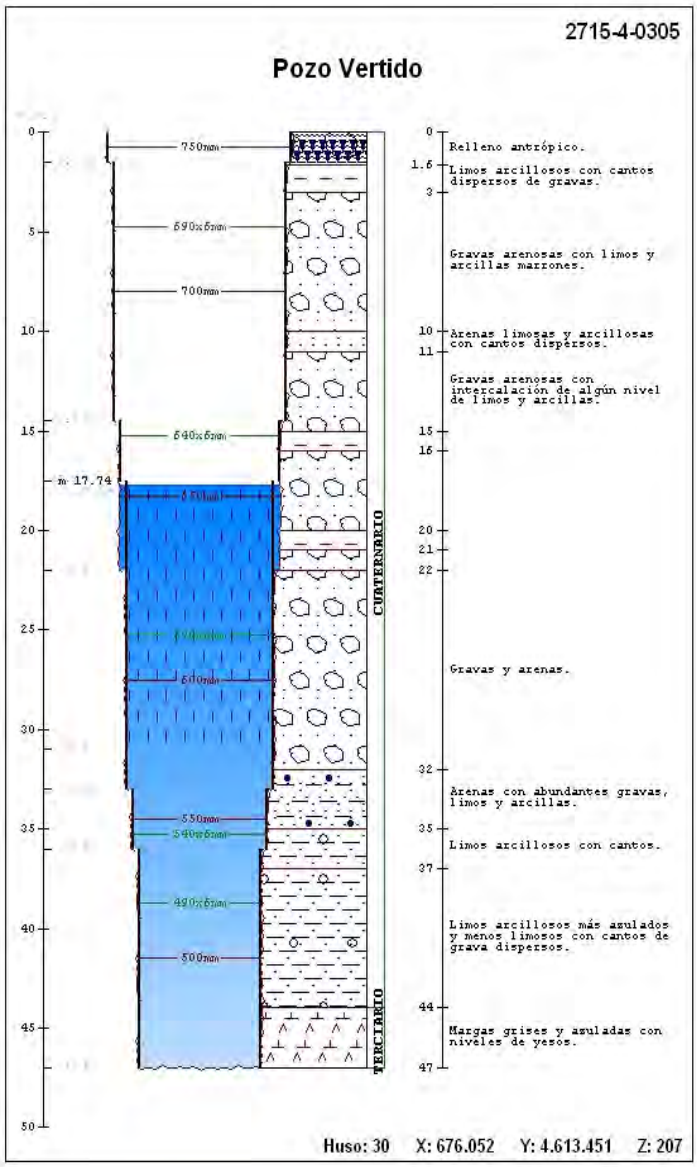
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

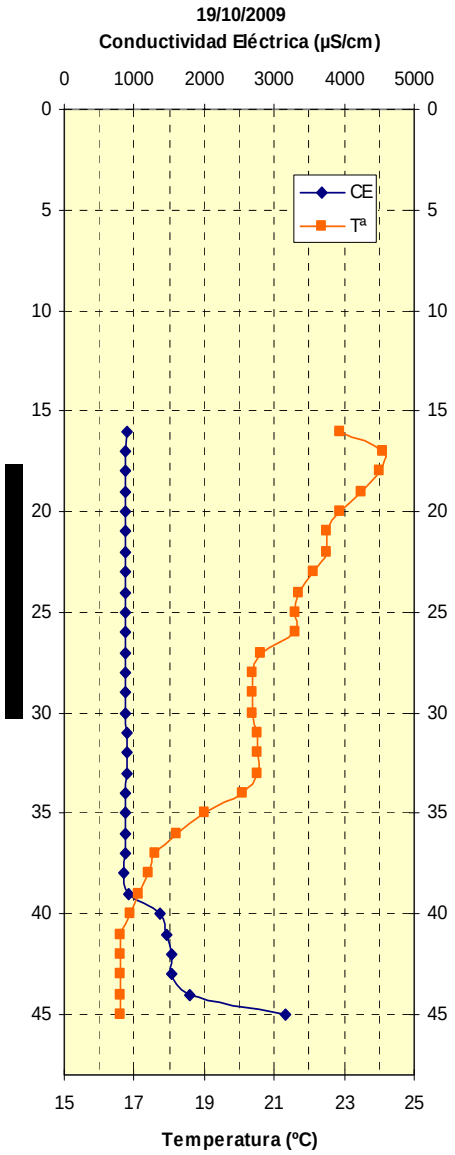



***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL PROVINCIAL*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO / REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

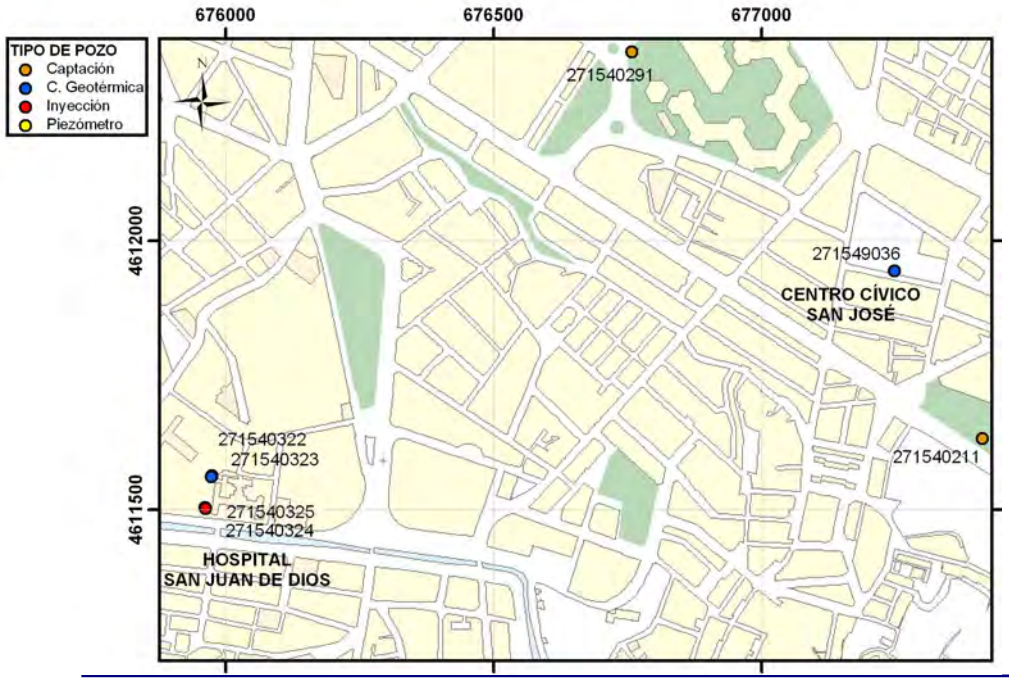
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 27

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS*

**TITULAR** Hospital San Juan de Dios

**Nº Expediente** **2008P0414** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 4 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540322<br>271540323 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540324<br>271540325 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 60 | ***Profundidad máxima (m)*** | 47,5 |
| ***Caudal L/s*** | 7,5 | ***Caudal L/s*** | 7,5 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 72463 | ***Vertido $m^3$/año*** | 72463 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D May-Oct |
| ***Potencia frío KW*** | 2368 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | - |
| ***Potencia calor KW*** | |

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 17,1 ºC ***Fecha*** 14/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 58,11 | 61,97 | Probable |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1712,8 | 271540236 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1358,28 | 271549036 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 2,1 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

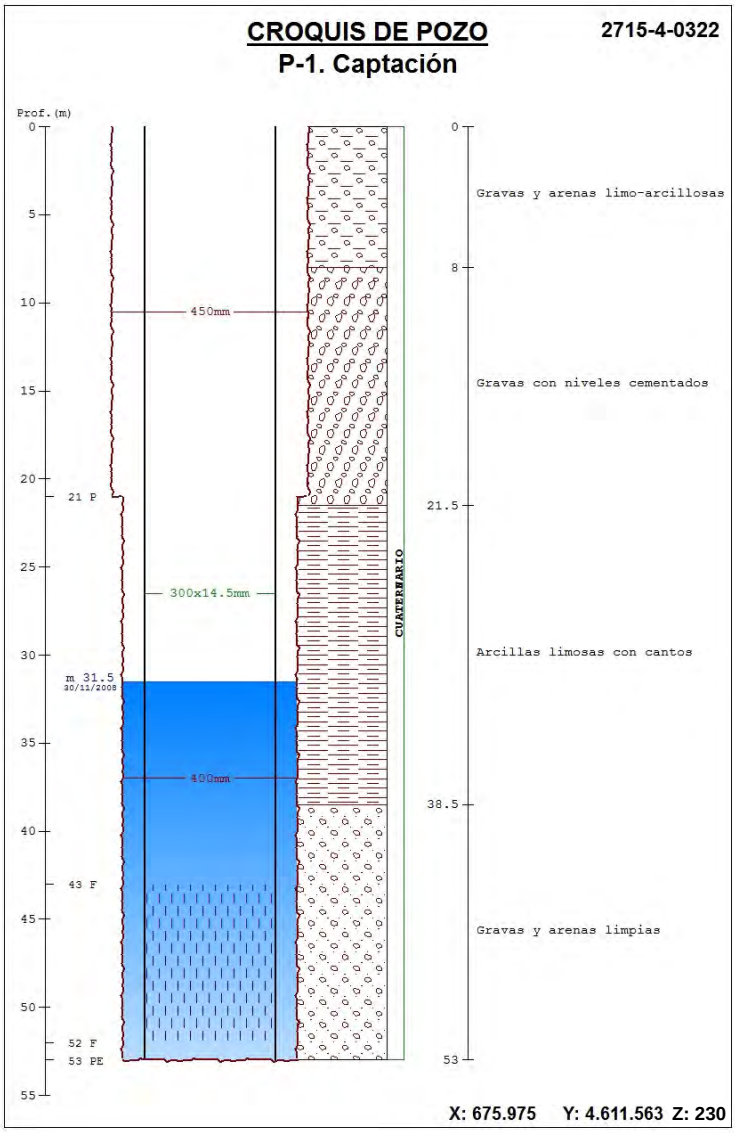
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2010 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS*

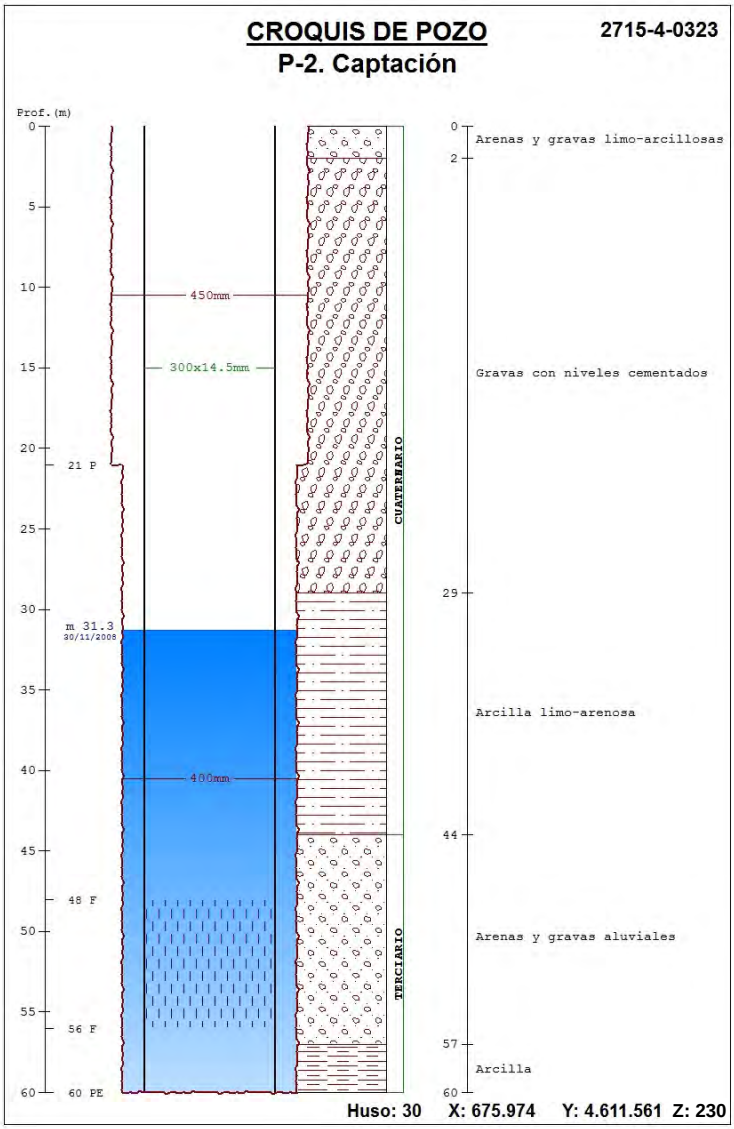
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS*

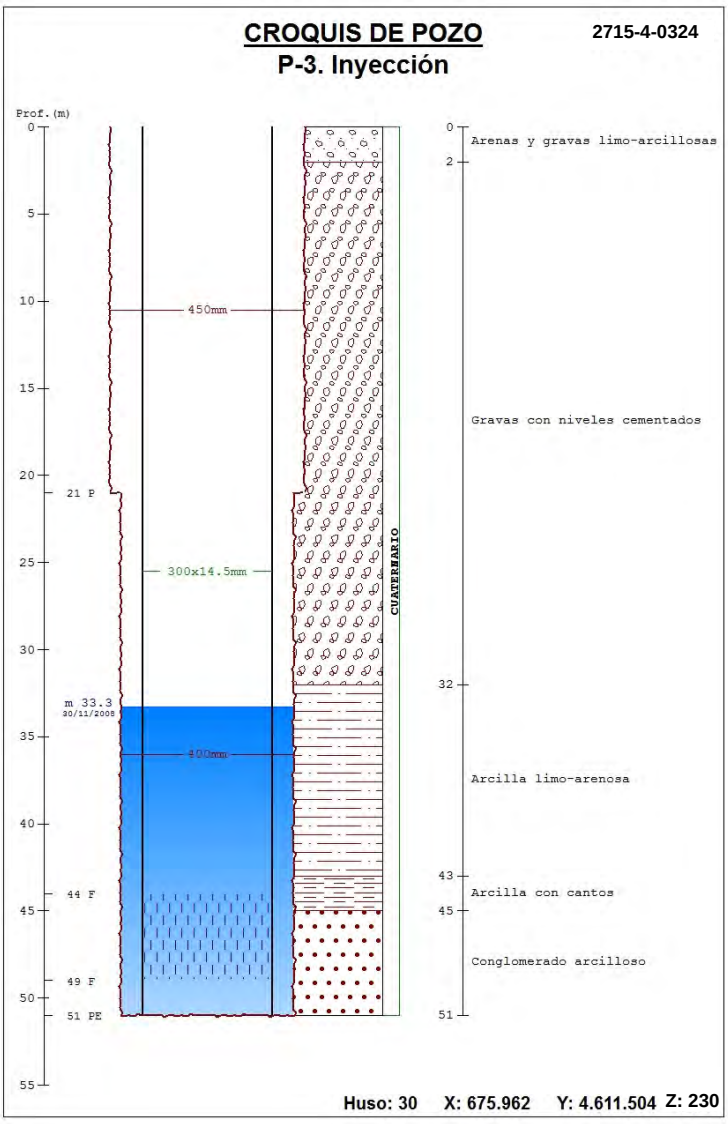
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

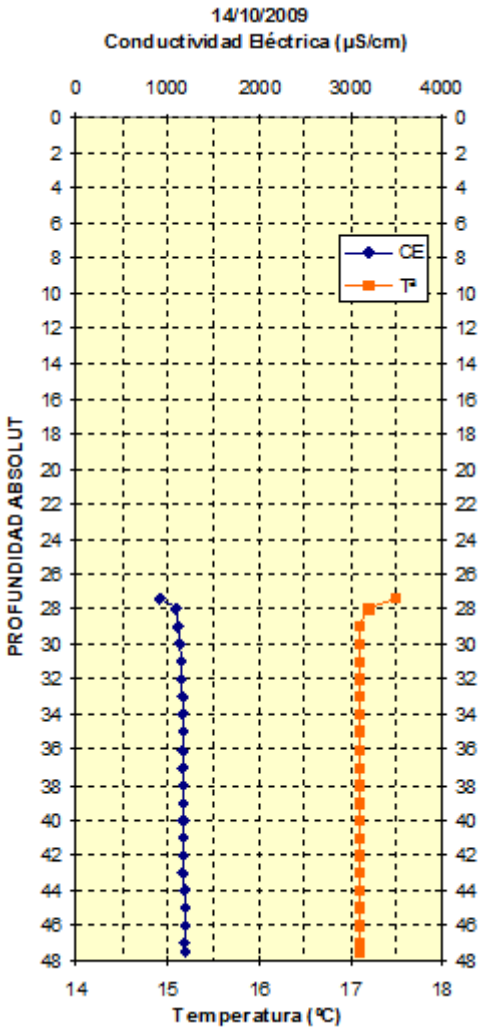



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

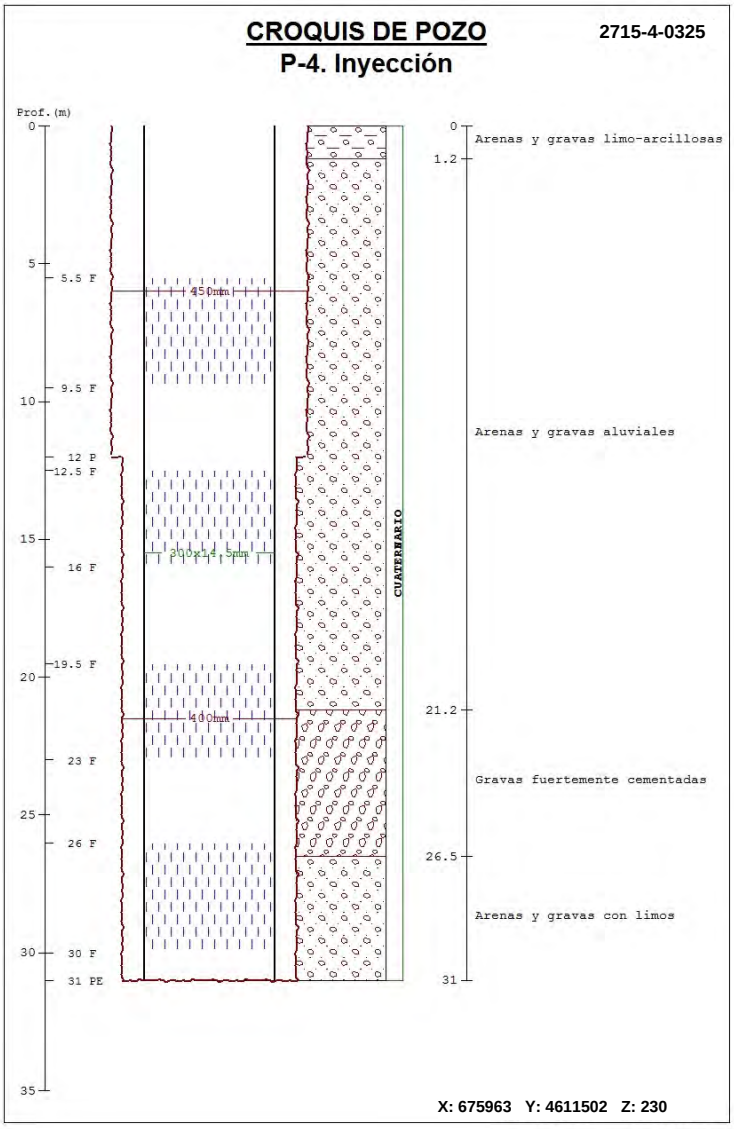



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

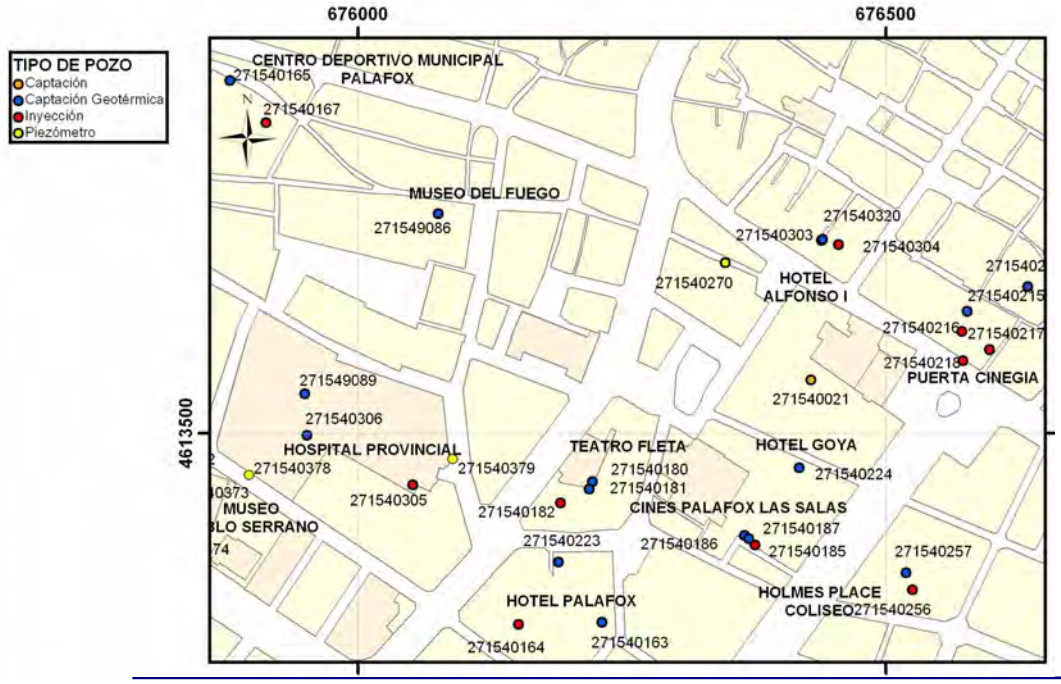
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 28

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL ALFONSO I*

**TITULAR** Zaragoza Urbana, S.A.

**Nº Expediente** **2008P0378** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540303<br>271540320 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540304 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 27 | ***Profundidad máxima (m)*** | 25,5 |
| ***Caudal L/s*** | 17,62 | ***Caudal L/s*** | 17,62 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 208625 | ***Vertido $m^3$/año*** | 208625 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D May-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 2 enfriadoras de 481 KW. Total 962 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | - |
| ***Potencia calor KW*** | 2 enfriadoras de 511 KW. Total 1022 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL ALFONSO I*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 16,9 ºC ***Fecha*** 26/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 17,7 | 20,5 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 454,7 | 271540305 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 132,95 | 271540215 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 1,9 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

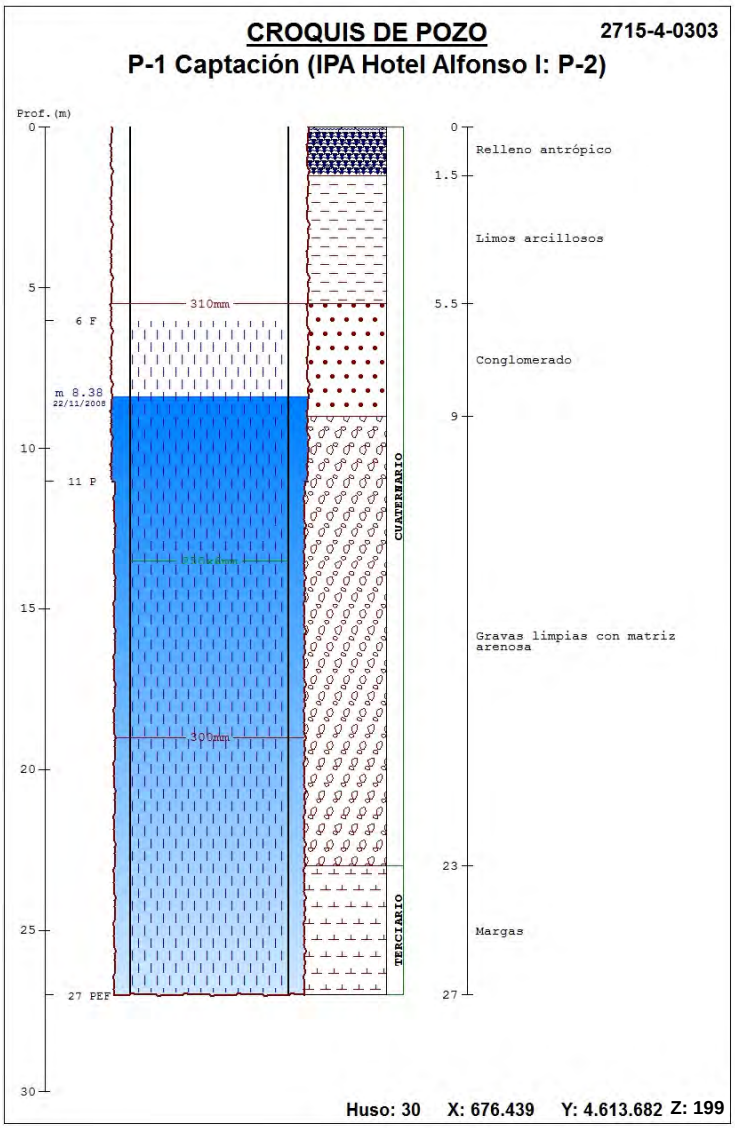
***Externa*** No

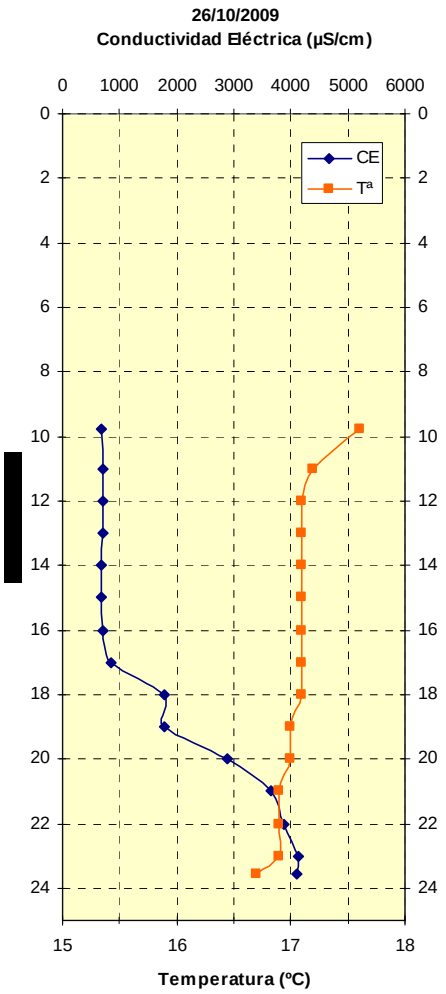
***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2010 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL ALFONSO I*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

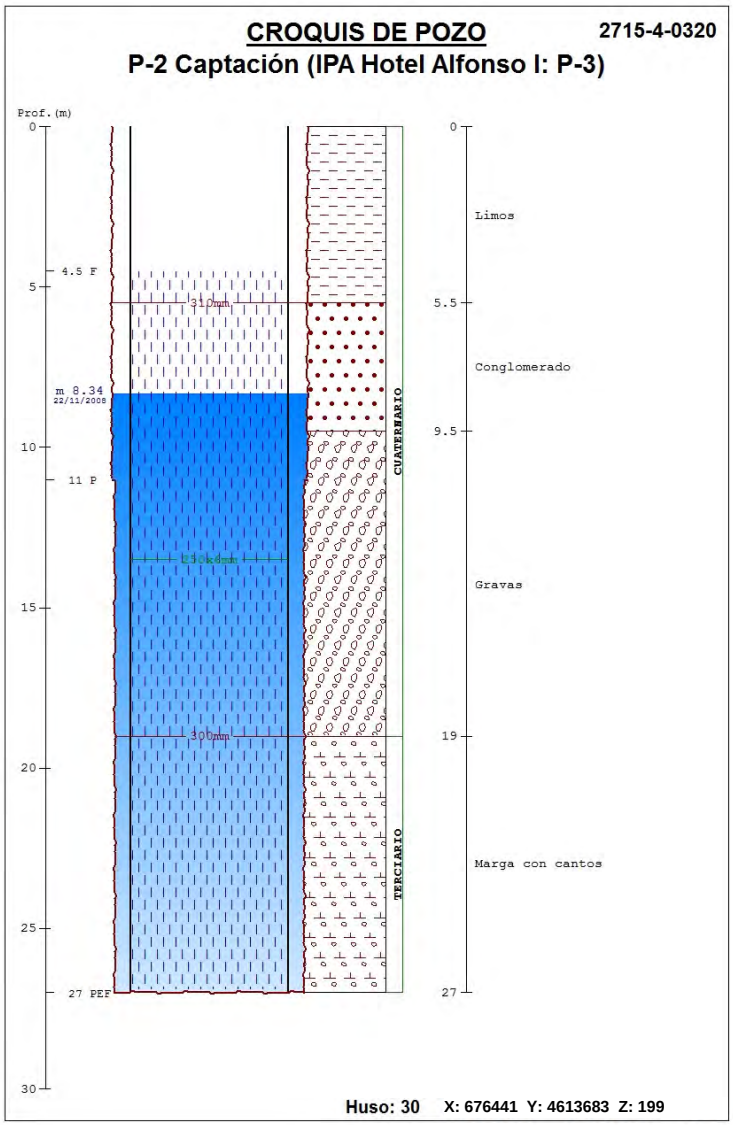



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL ALFONSO I*

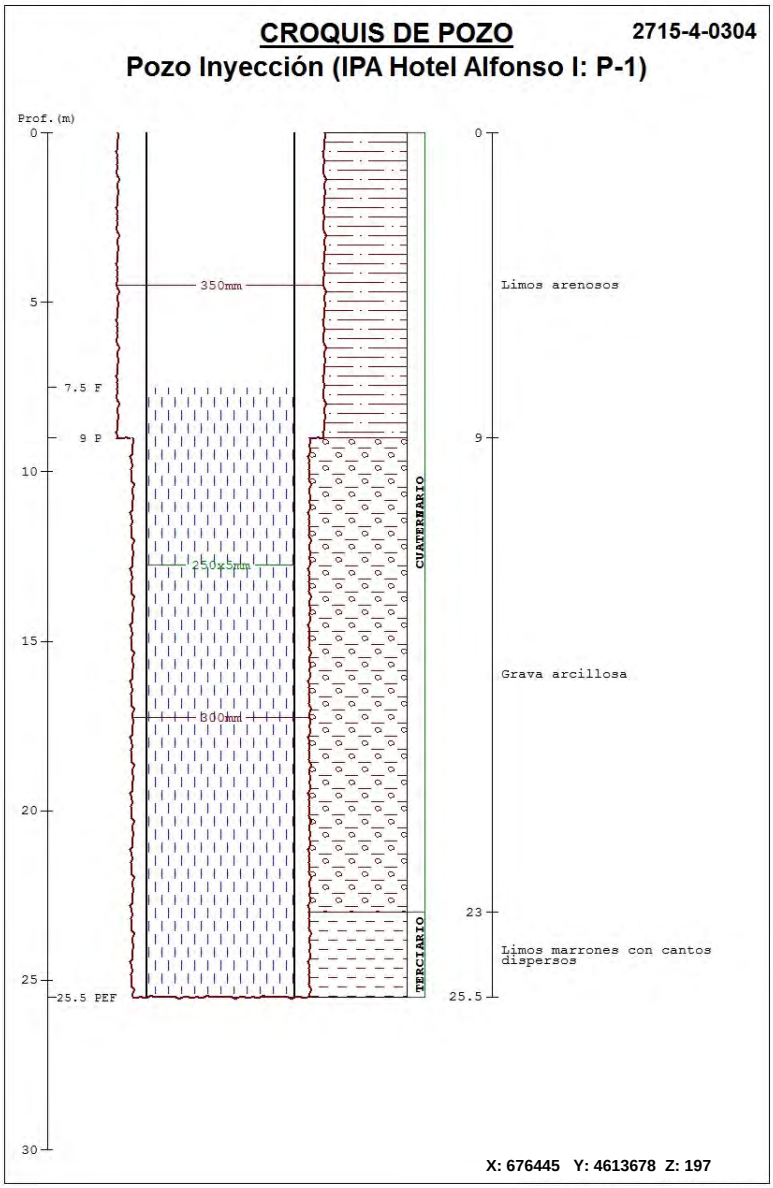
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL ALFONSO I*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 29

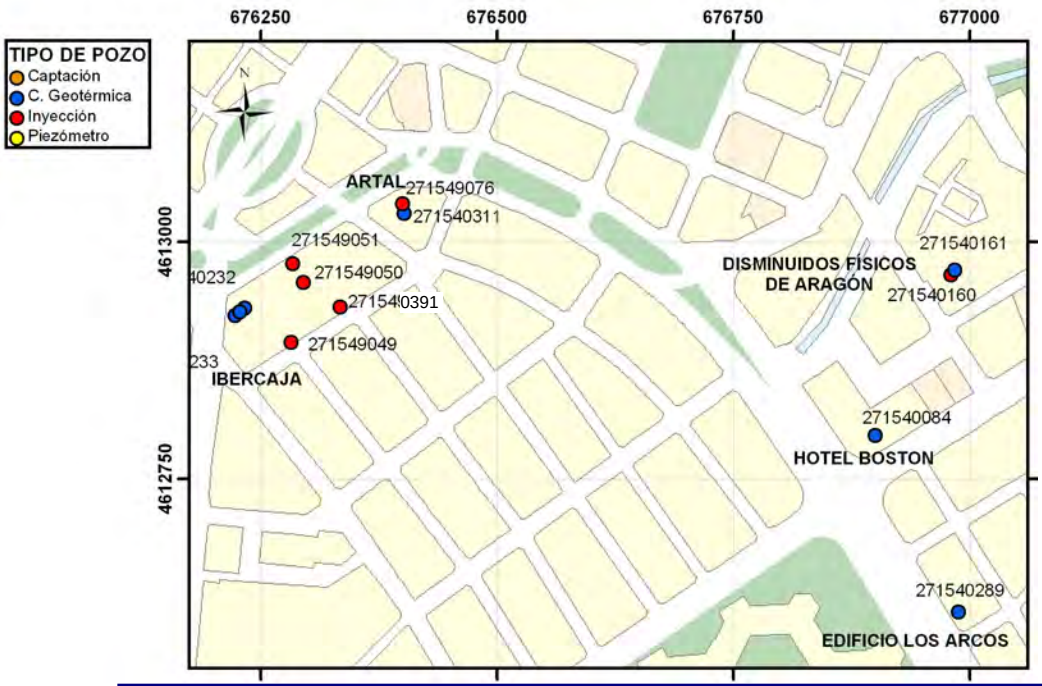
## *APROVECHAMIENTO:* *HOTEL BOSTON*

**TITULAR** Inversiones Generales Boston S.A.

**Nº Expediente** **1994P2060**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | Contra incendios |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540084 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 15,67 | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | 1,05 | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 15000 | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-D May-Sep

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** L-D Oct-Abr

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL BOSTON*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Depósito ***Tipo de circuito*** Cerrado

***Disposición*** Red vertido

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 18,4 ºC ***Fecha*** 9/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 581,3 | 271540391 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 3,4 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

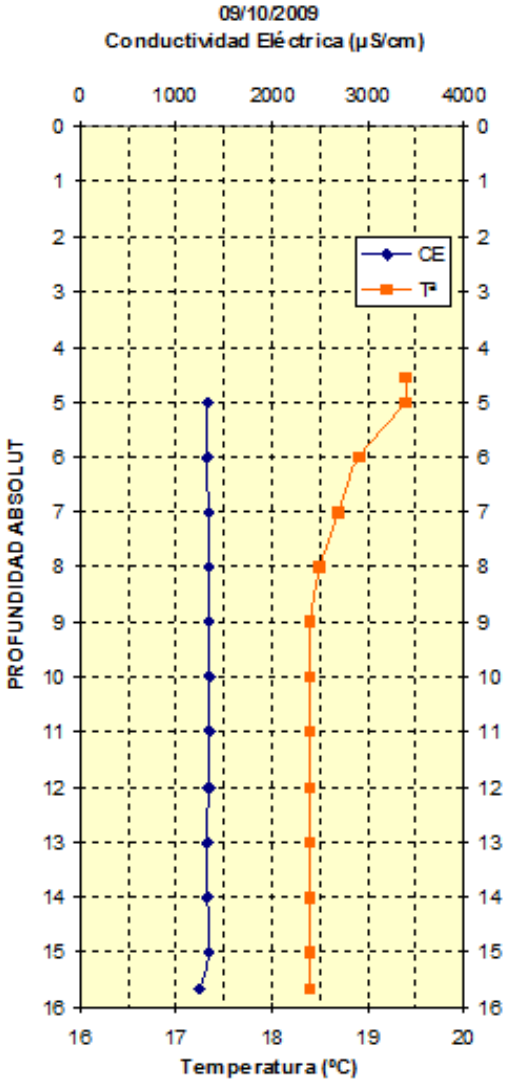
***Externa*** No

***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** 1995 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL BOSTON*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 30

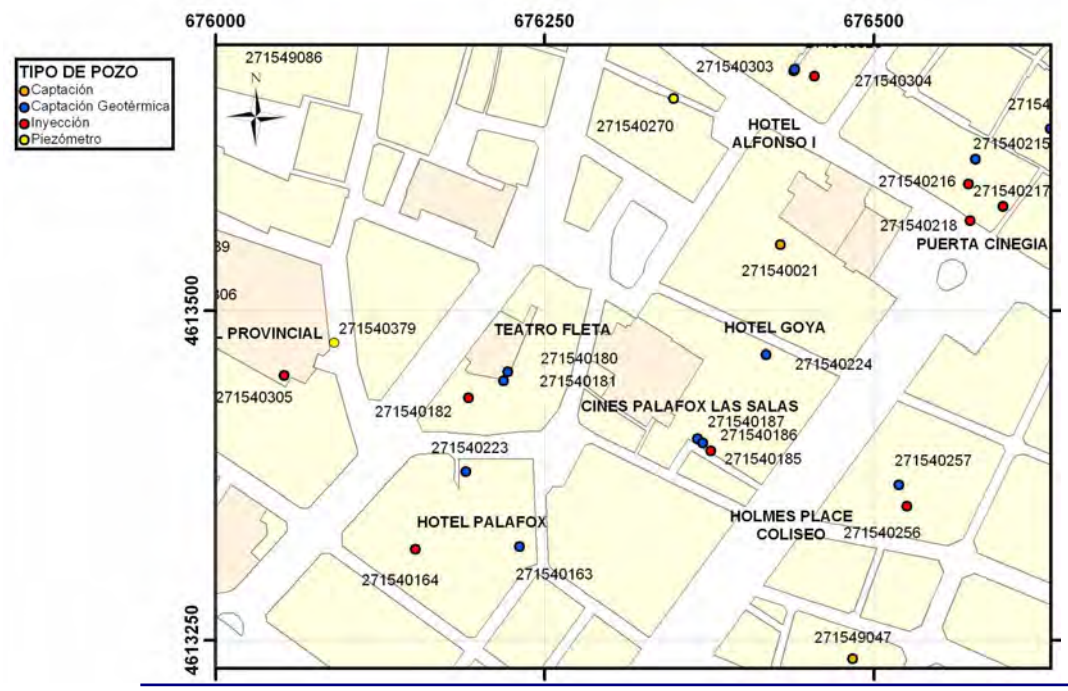
***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL GOYA*

**TITULAR** Zaragoza Urbana, S.A.

**Nº Expediente** **2004P0166**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Sin uso

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540224 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 10,22 | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | 1,67 | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 20736 | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL GOYA*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Red vertido ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** -

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 24,6 ºC ***Fecha*** 26/10/09

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 83,53 | 271540185 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

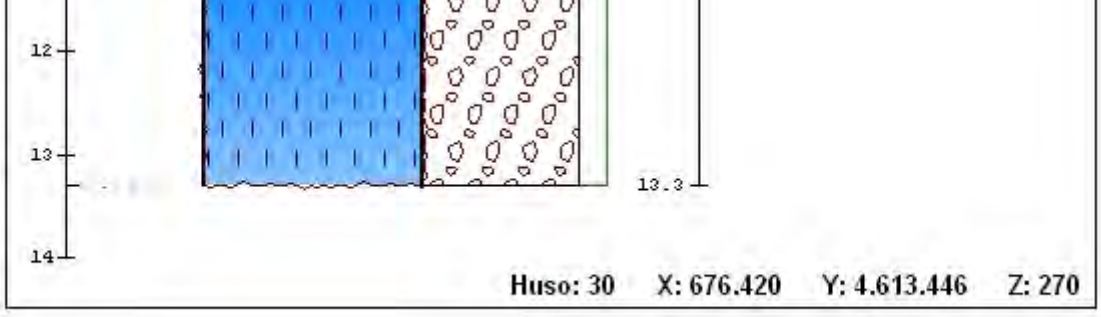
***¿Existe control periódico?*** No

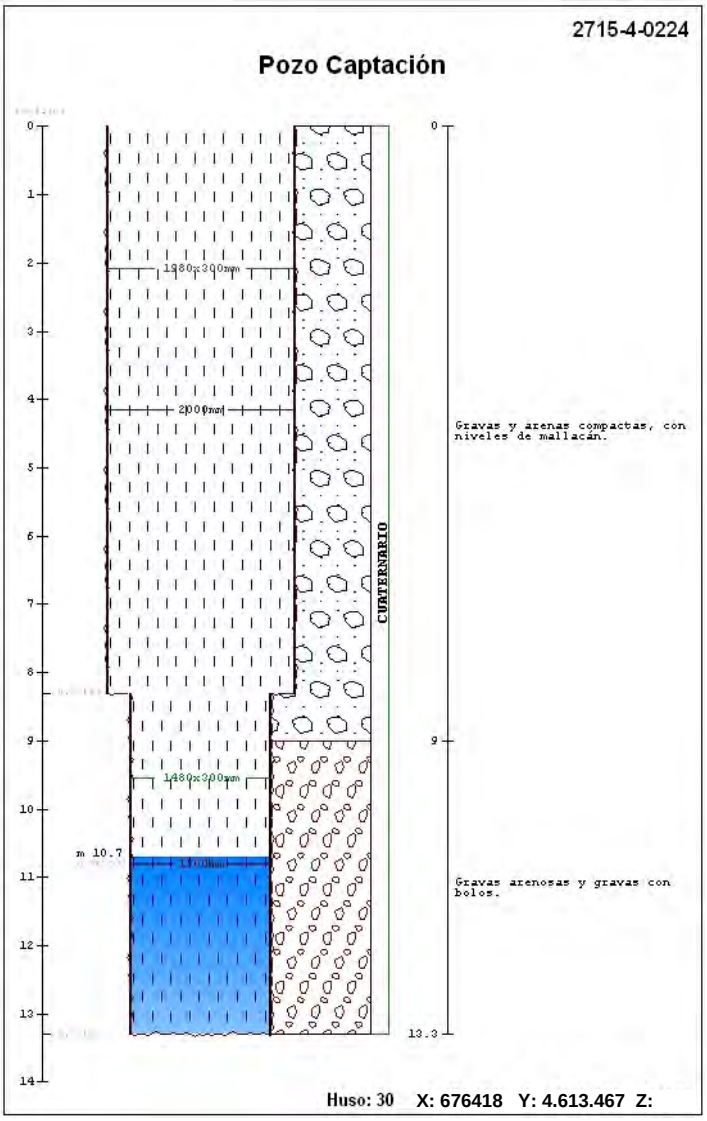
***Magnitud de la Captación (ºC):*** 9,6 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

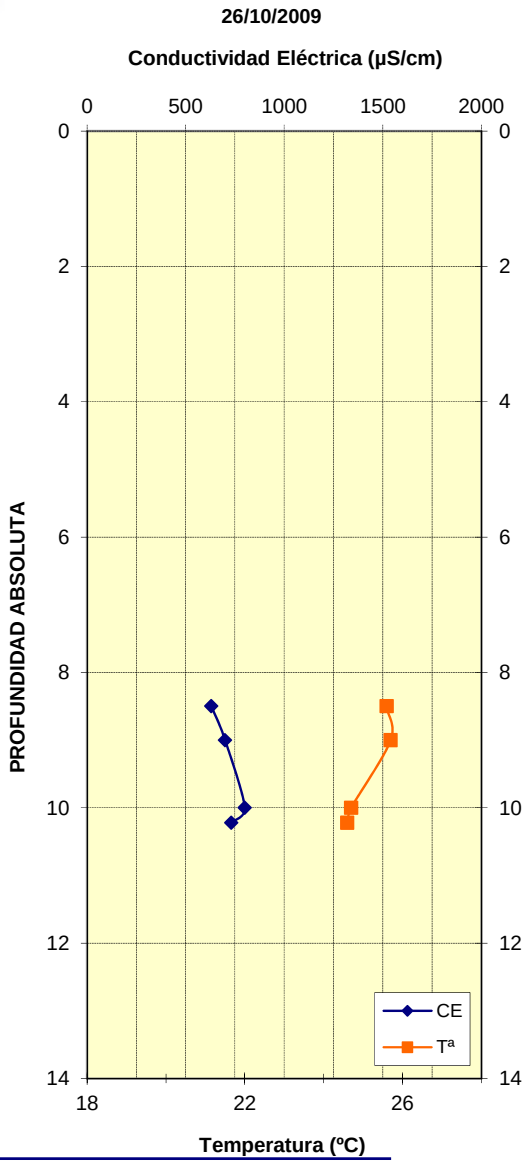
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** Reprofundizado en 1978 ***Año finalización explotación:*** 2006




## FOTOGRAFÍAS

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 31

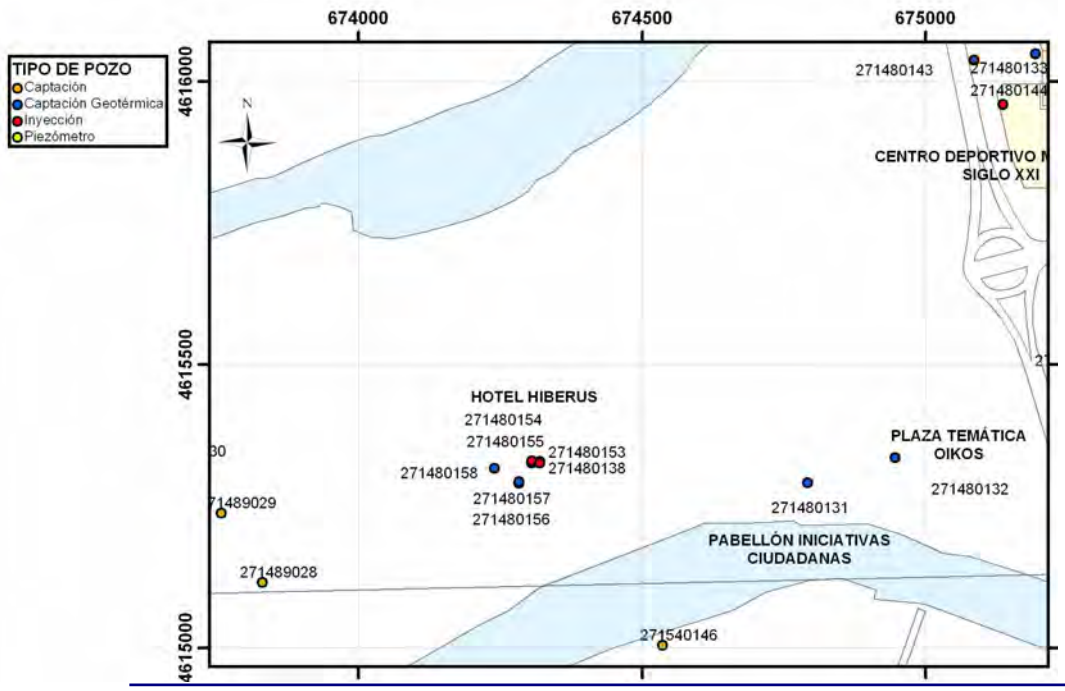
## *APROVECHAMIENTO:* *HOTEL HIBERUS*

**TITULAR** Zaragoza Urbana, S.A.

**Nº Expediente** **2007P0822**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 7 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480158<br>271480156<br>271480157 | ***Nº pozos Vertido*** | 271480138<br>271480153<br>271480154<br>271480155 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 32,5 | ***Profundidad máxima (m)*** | 35 |
| ***Caudal L/s*** | 50 | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D May-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 2 enfriadoras de 1204 KW. Total 2408 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-D Oct-Abr |
| ***Potencia calor KW*** | 2 enfriadoras de 1355 KW. Total 2710 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL HIBERUS*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima-Igual

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** 29,7 ºC ***Fecha*** 27/10/2009

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 40,14 | 66,16 | No se sabe |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1084 | 271480144 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 385,6 | 271540146 | No se sabe |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 9,7

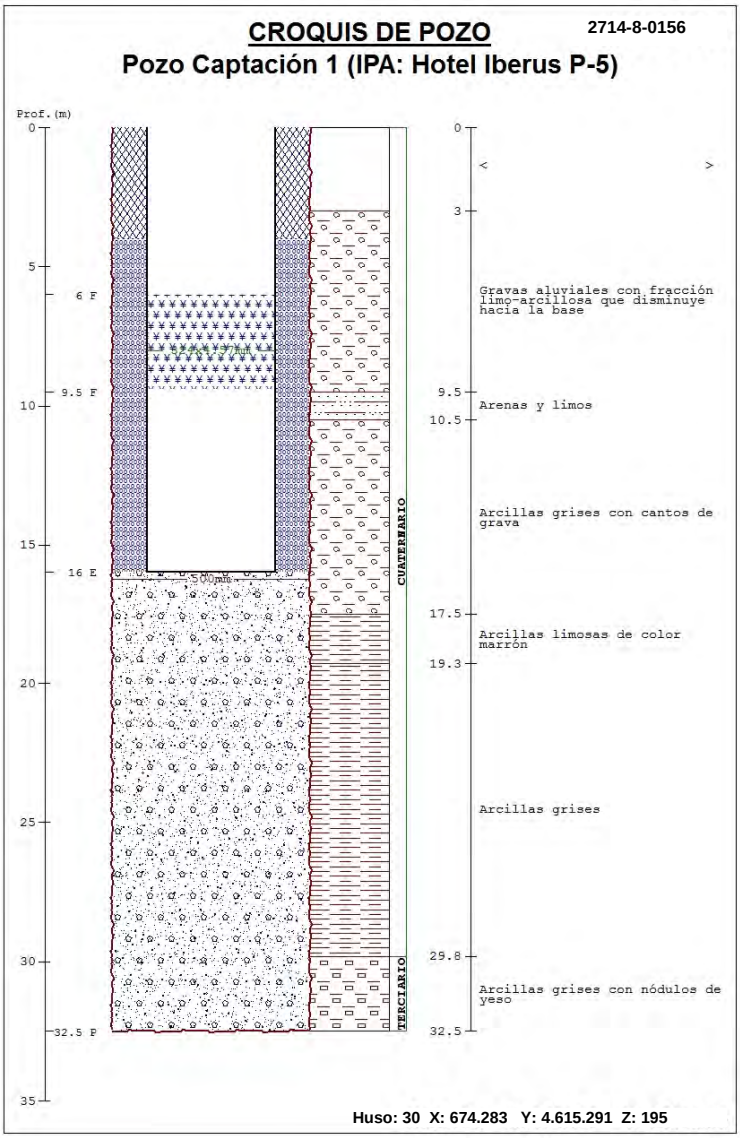
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2008 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL HIBERUS*

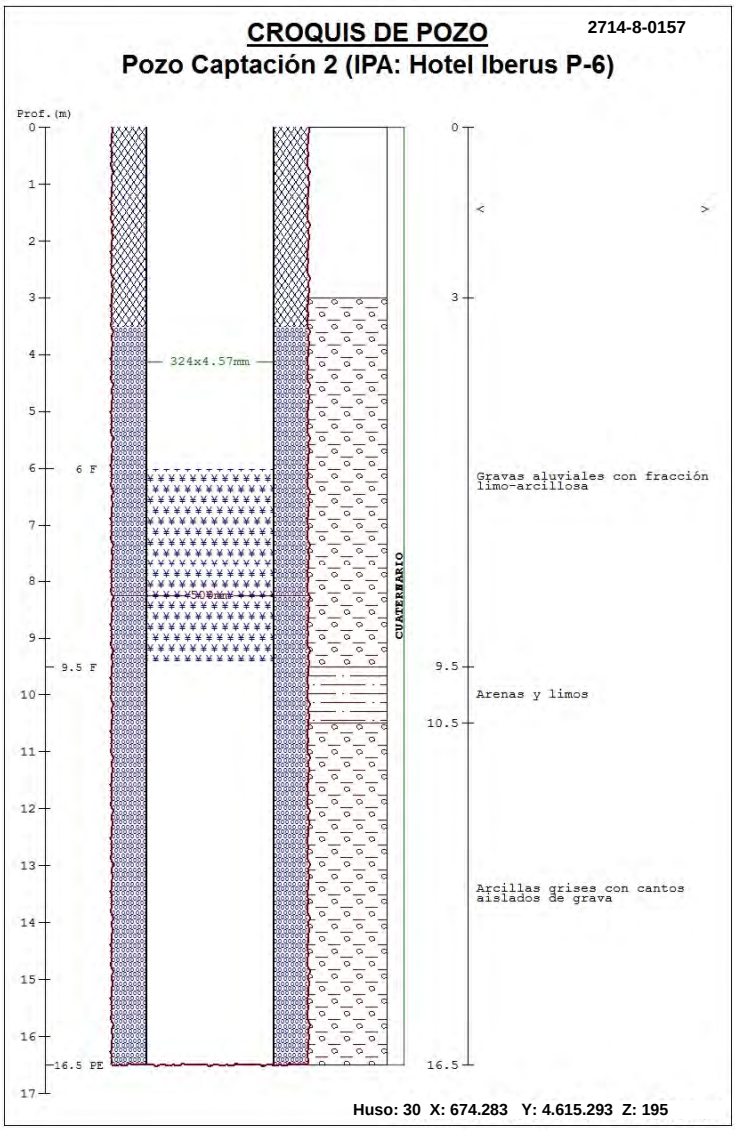
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T



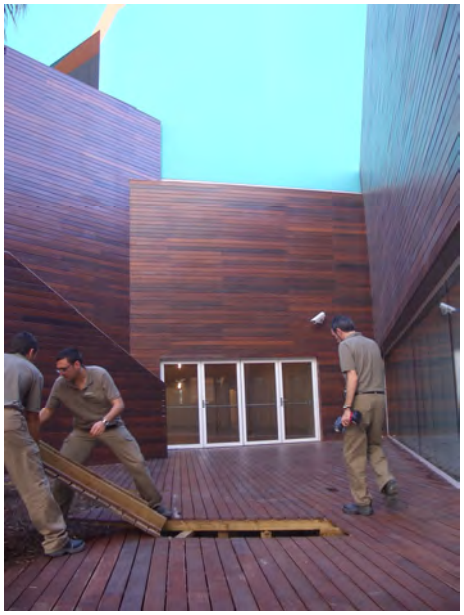

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL HIBERUS*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

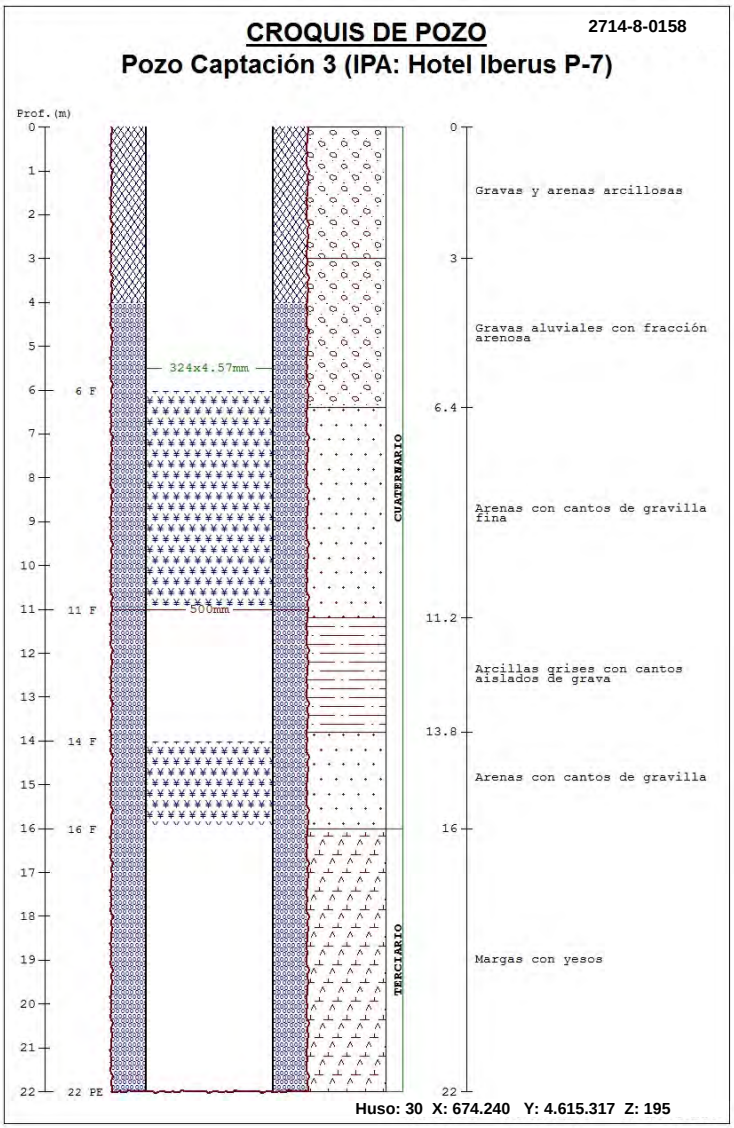



## *FOTOGRAFÍAS*

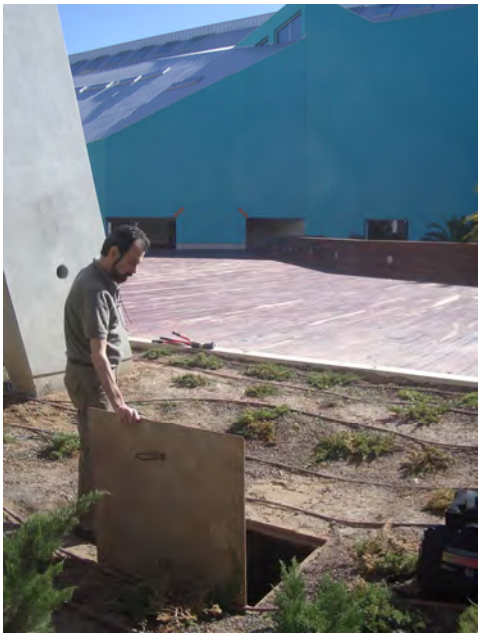


***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL HIBERUS*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

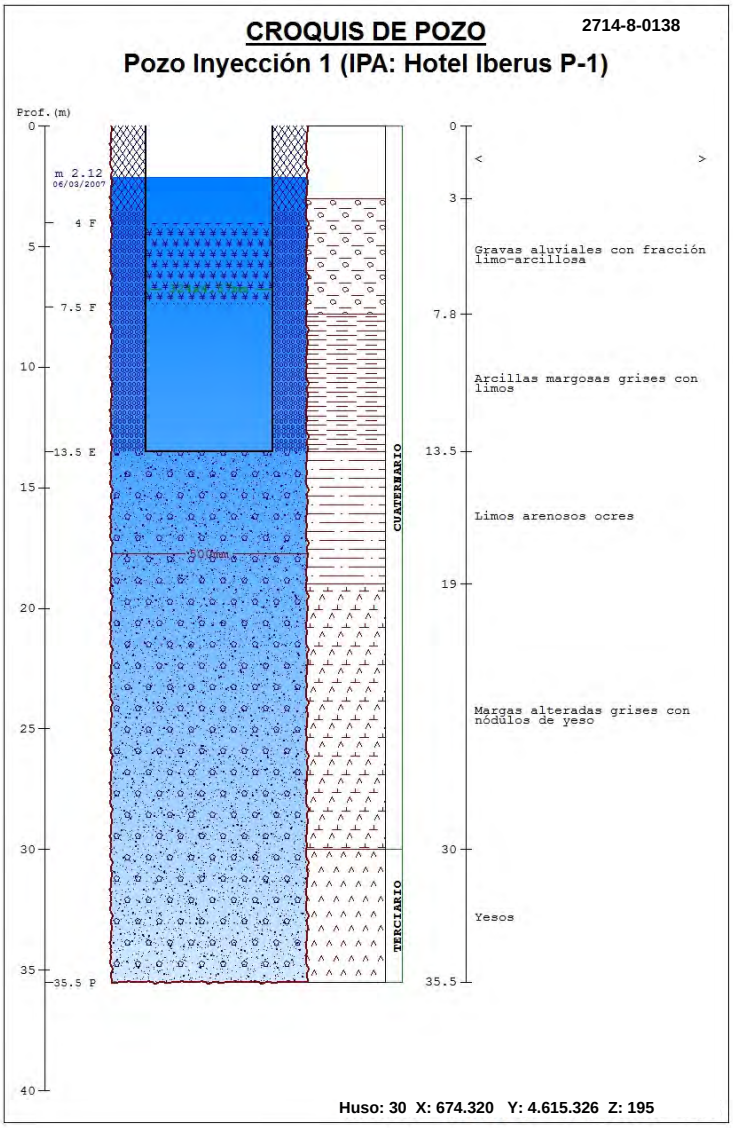



## *FOTOGRAFÍAS*



***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL HIBERUS*

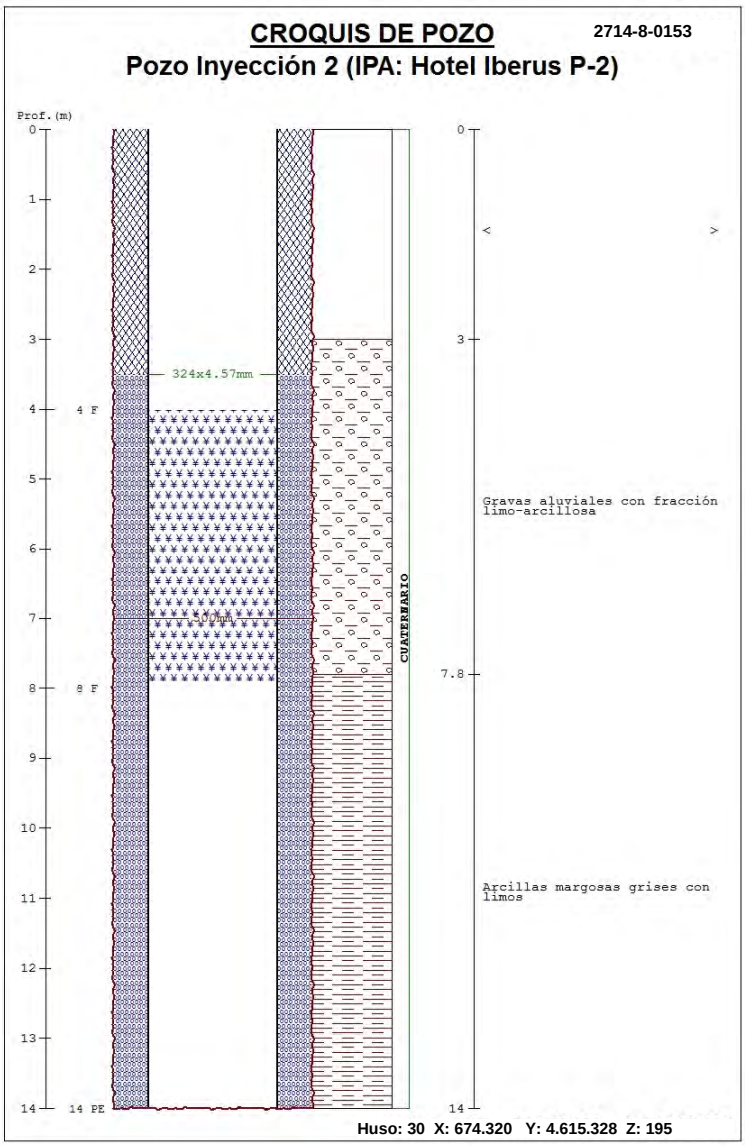
# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL HIBERUS*

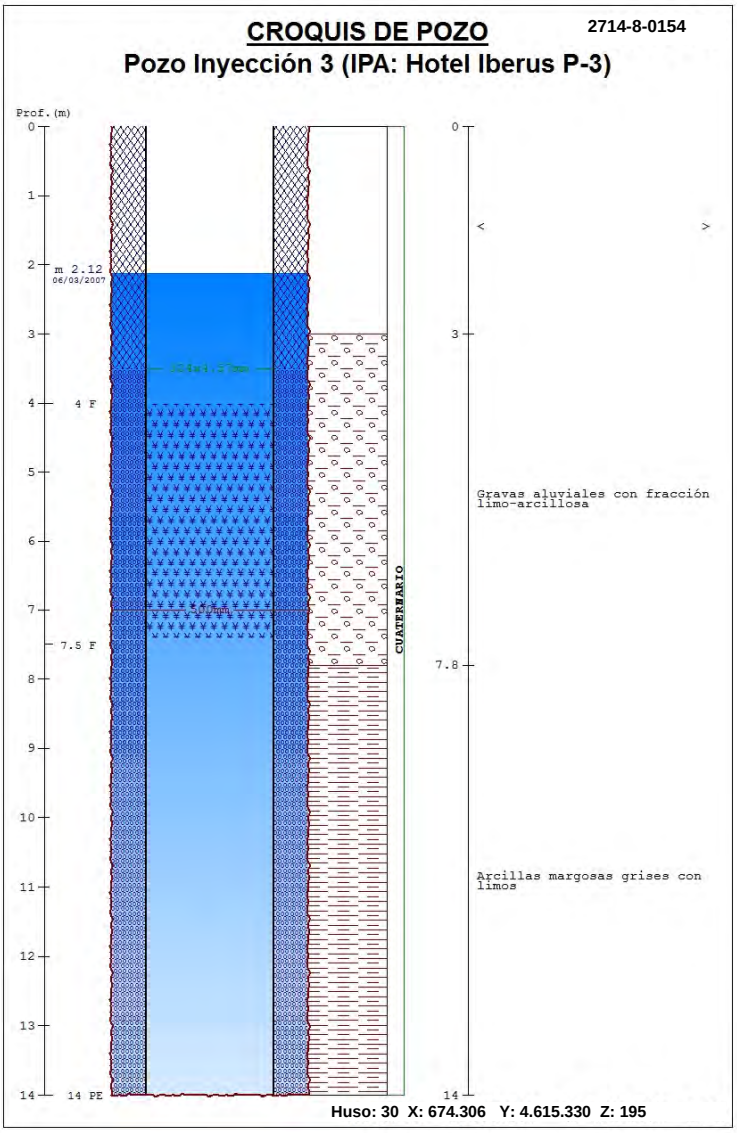
## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL HIBERUS*

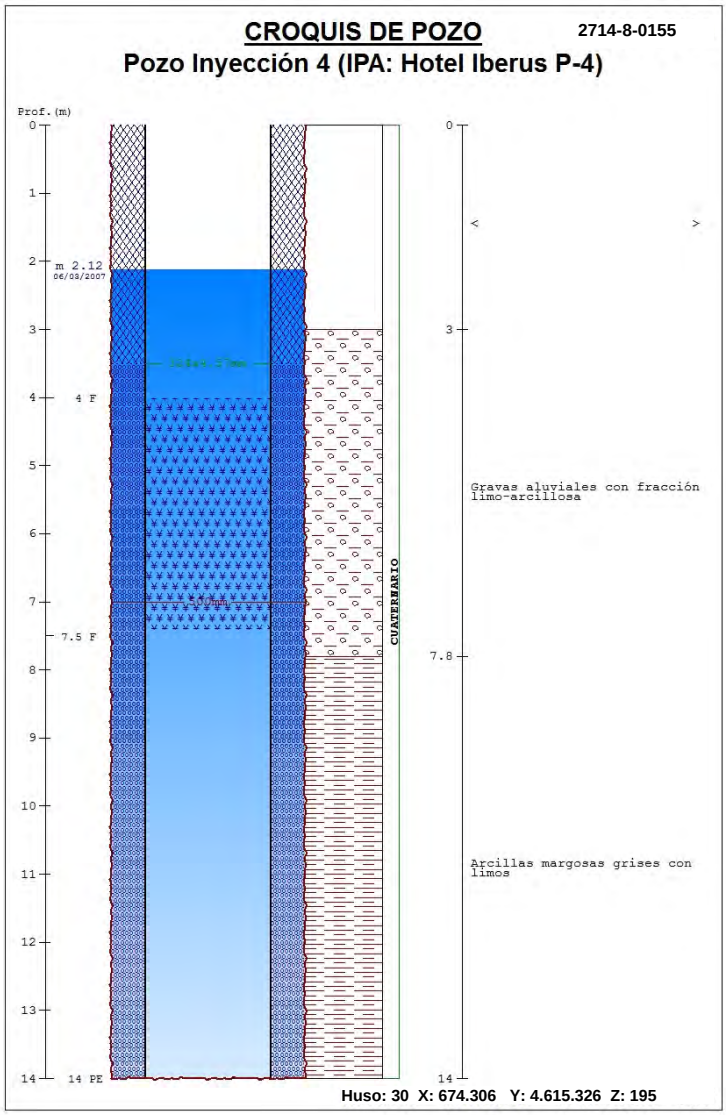
## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL HIBERUS*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 32

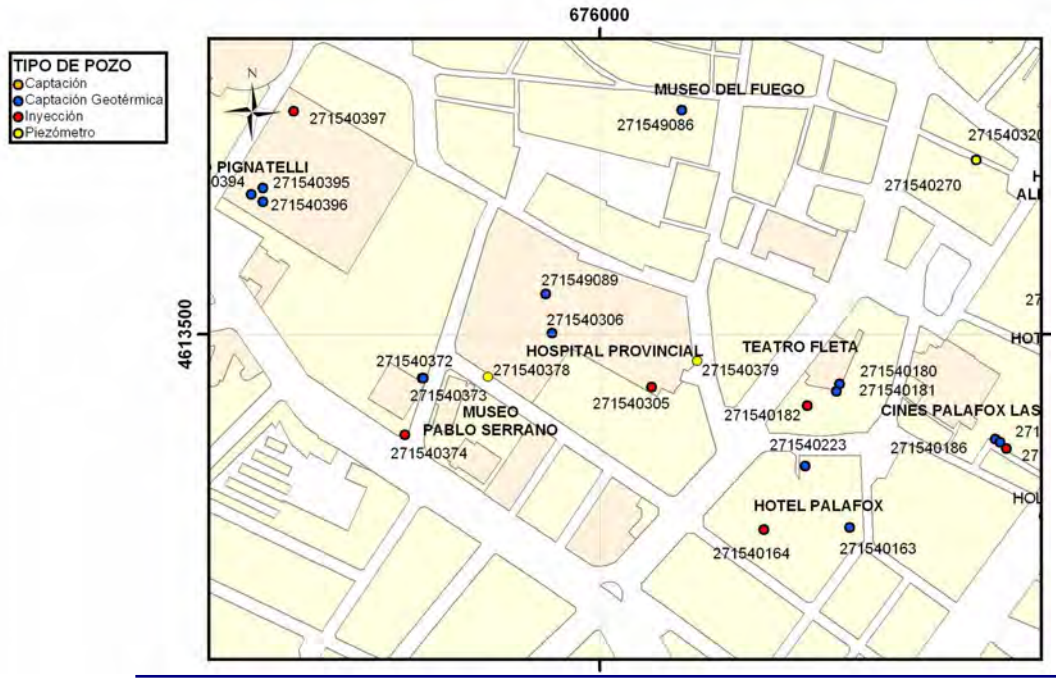
***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL PALAFOX, CASINO y CINE CERVANTES*

**TITULAR** Zaragoza Urbana, S.A.

**Nº Expediente** **1999P0426 y 2003P1183**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo (1 Pozo sin uso

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | Cámaras frigoríficas |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540163<br>271540223 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540164 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 37 | ***Profundidad máxima (m)*** | 12,3 |
| ***Caudal L/s*** | 19,16 | ***Caudal L/s*** | 3,65 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 184437 | ***Vertido $m^3$/año*** | 115217 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D Oct-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 2 enfriadoras de 970 KW + 1 de 835 KW. Total: 2775 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | - |
| ***Potencia calor KW*** | 890 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL PALAFOX, CASINO y CINE CERVANTES*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 20 ºC | ***Fecha*** | 26/10/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 34 ºC | ***Fecha*** | 26/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 14 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 69,7 | 78,24 | Sí |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 159,06 | 271540305 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 229,47 | 271540186 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Sí

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 5 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 14

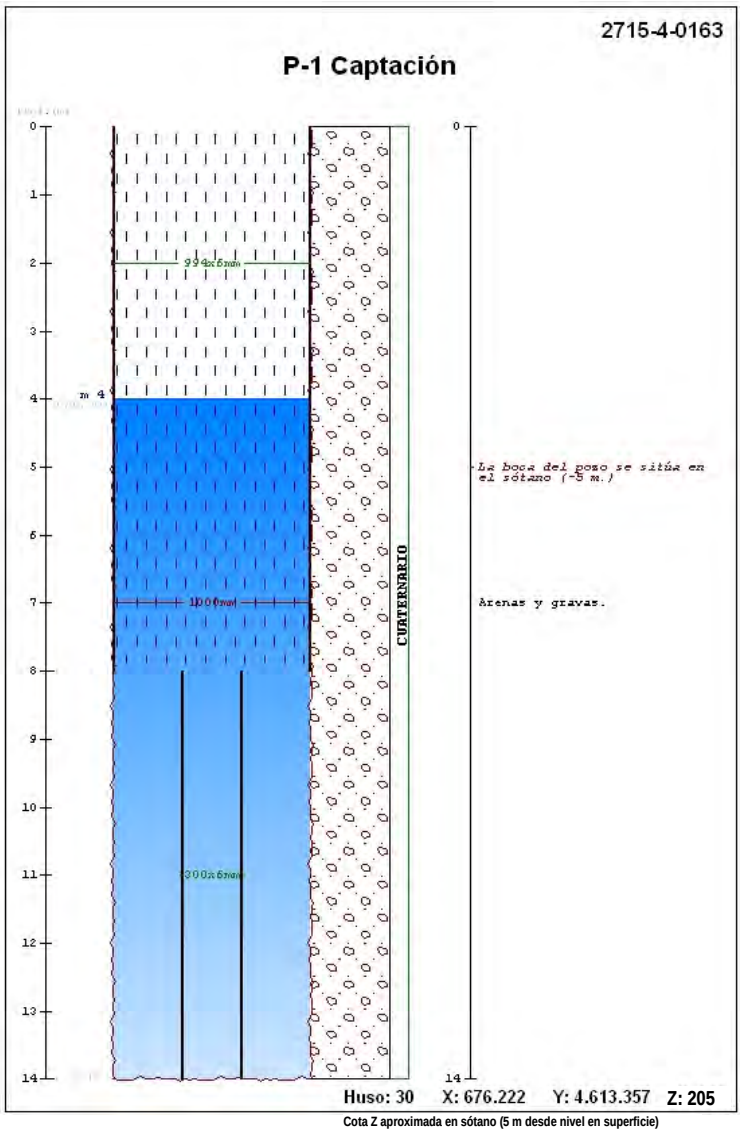
***Externa*** Probable

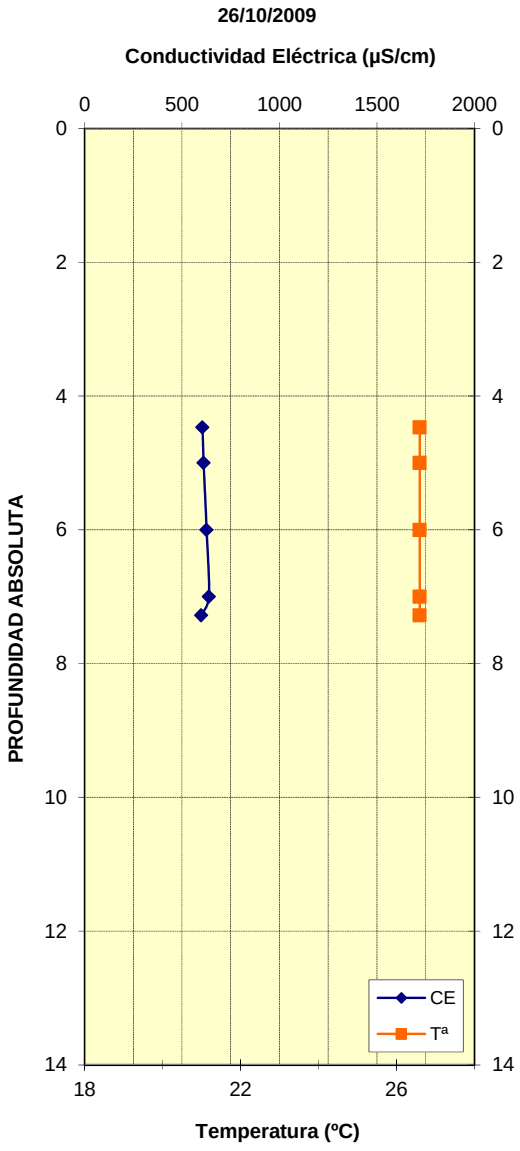
***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** 1999 ***Año finalización explotación:***

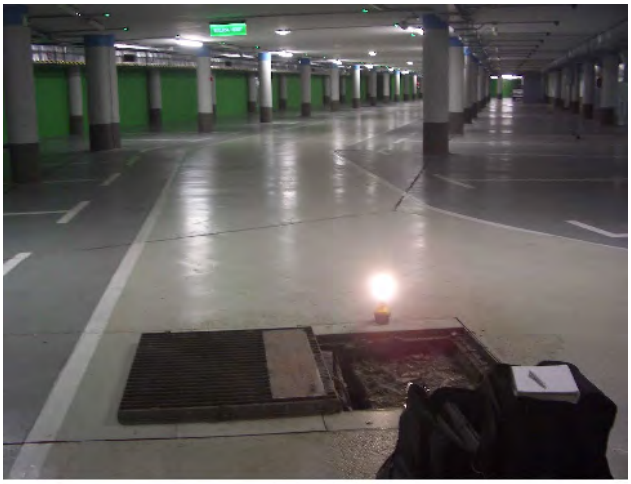
***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL PALAFOX, CASINO y CINE CERVANTES*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T



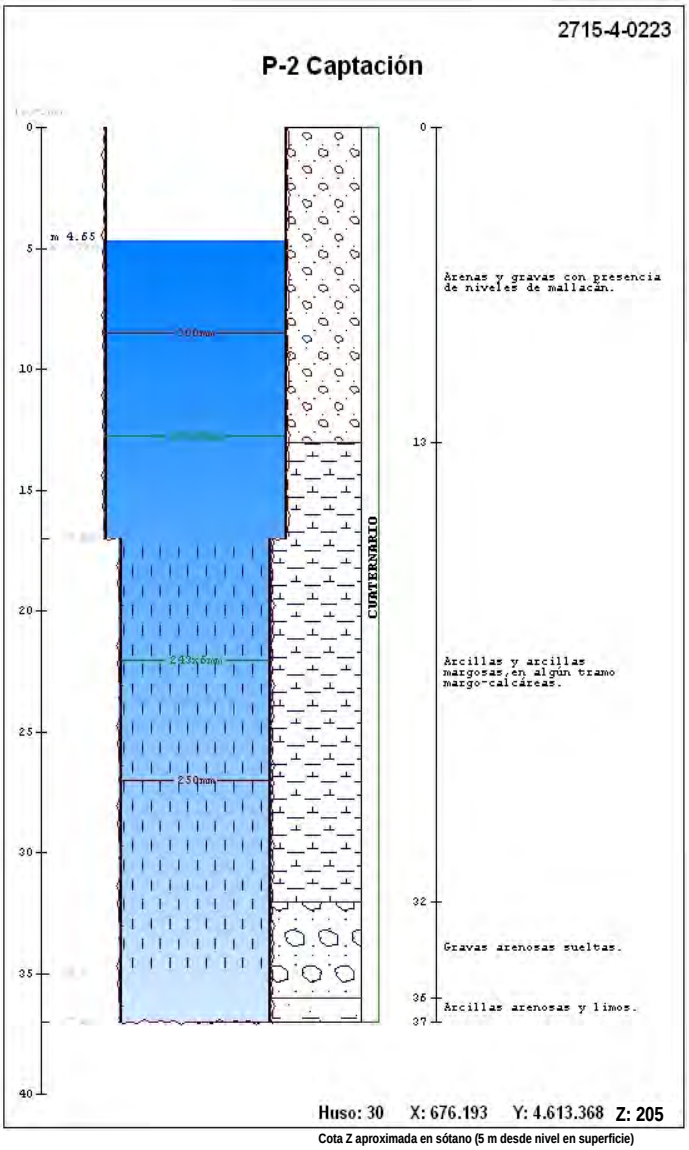




## *FOTOGRAFÍAS*

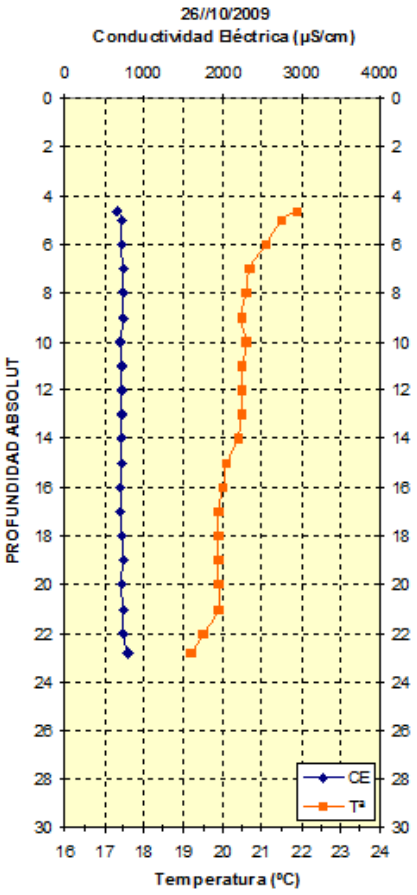


***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL PALAFOX, CASINO y CINE CERVANTES*

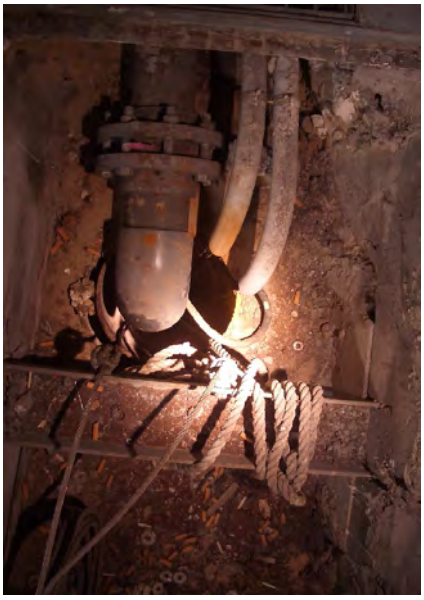
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




Cota Z aproximada en sótano (5 m desde nivel en superficie)

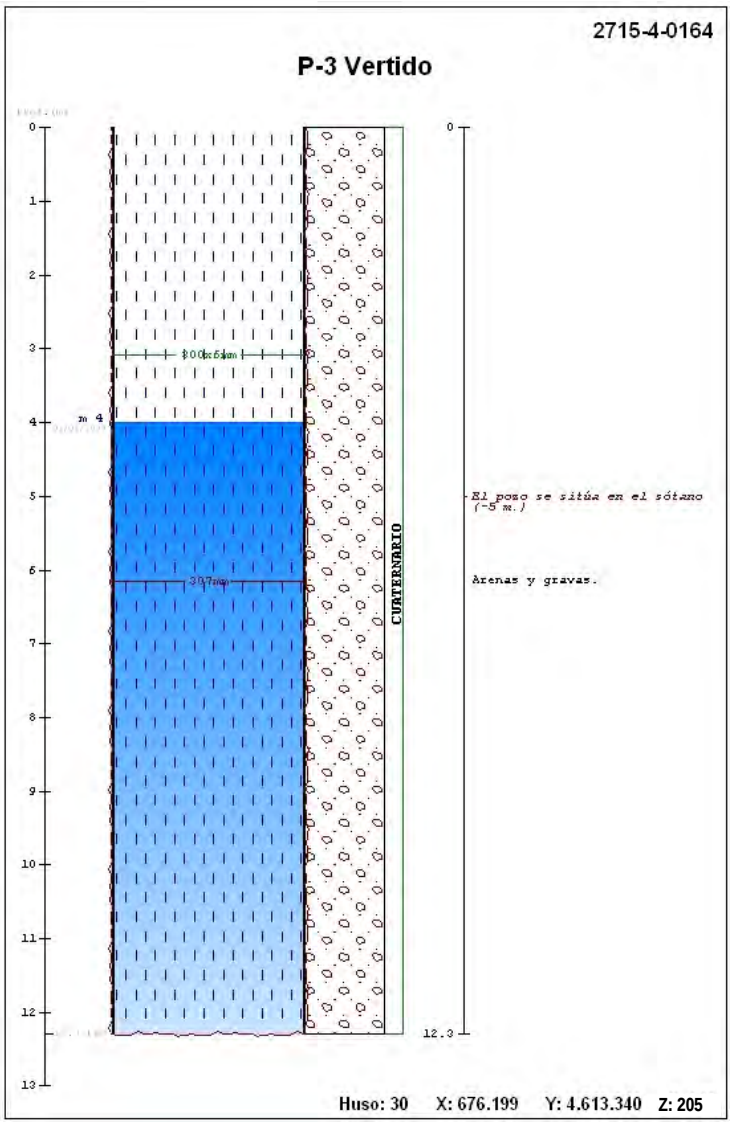



## *FOTOGRAFÍAS*



***APROVECHAMIENTO:*** *HOTEL PALAFOX, CASINO y CINE CERVANTES*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




Cota Z aproximada en sótano (5 m desde nivel en superficie)

***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 33

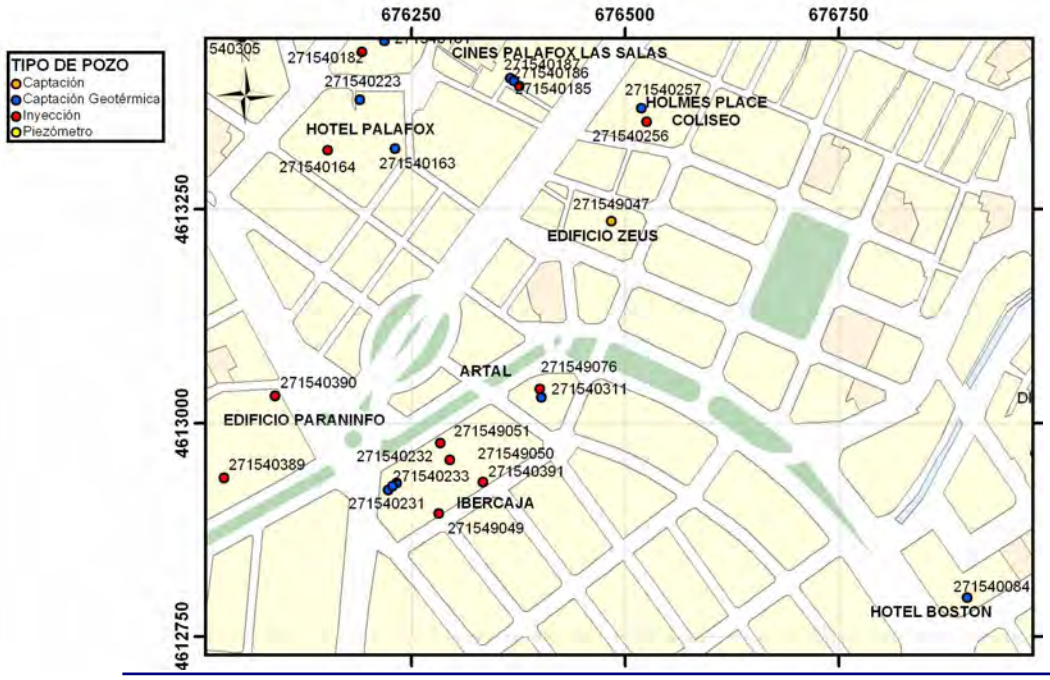
## *APROVECHAMIENTO:* *IBERCAJA*

**TITULAR** Ibercaja

**Nº Expediente** **2006P0246**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 7 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540231<br>271540232<br>271540233 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540391 2715409049<br>271549050 2715409051 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 42 | ***Profundidad máxima (m)*** | 46 |
| ***Caudal L/s*** | 36 | ***Caudal L/s*** | 24,8 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 614329 | ***Vertido $m^3$/año*** | 783000 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D Oct-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 7030 KW (Máxima demanda: 4581 KW) |
| ***Frecuencia generación calor*** | - |
| ***Potencia calor KW*** | |

***APROVECHAMIENTO:*** *IBERCAJA*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 17,5 ºC | ***Fecha*** | 22/10/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 25 ºC | ***Fecha*** | 22/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 7,5 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 60,87 | 111,48 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 190,27 | 271540389 | Sí |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 581,32 | 271540084 | No se sabe |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Sí

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 2,5 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 5

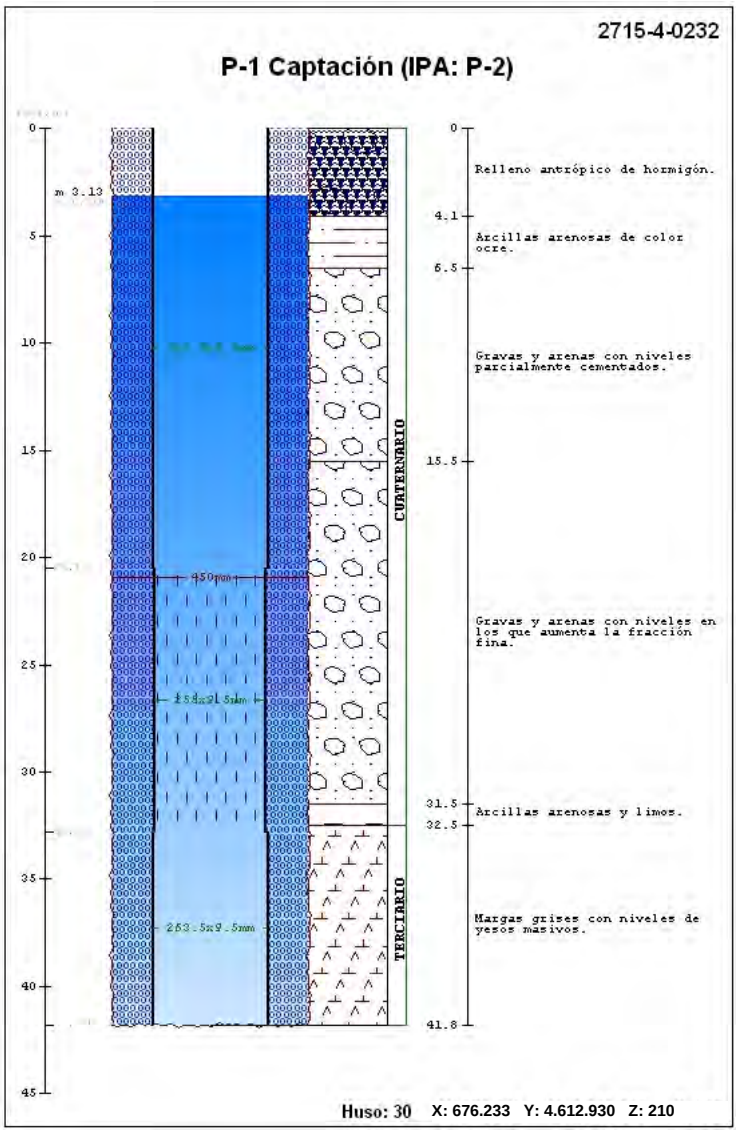
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 2006 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *IBERCAJA*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

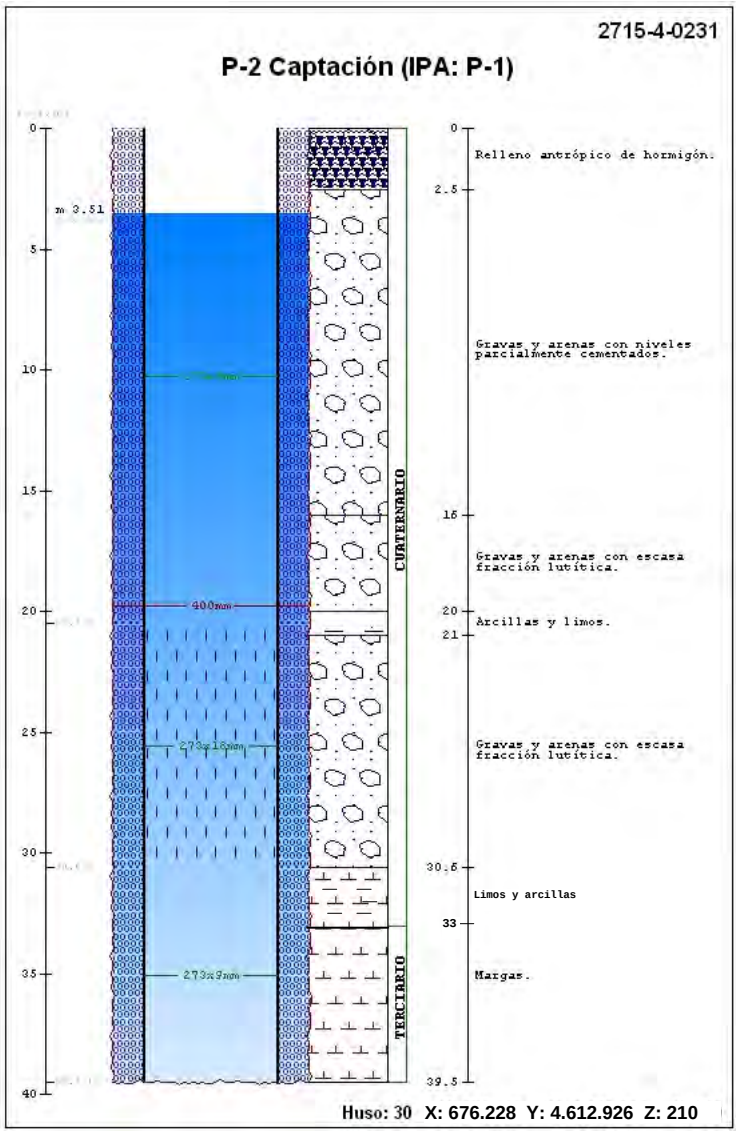



Cota Z aproximada en superficie. Columna en sótano -4

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *IBERCAJA*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

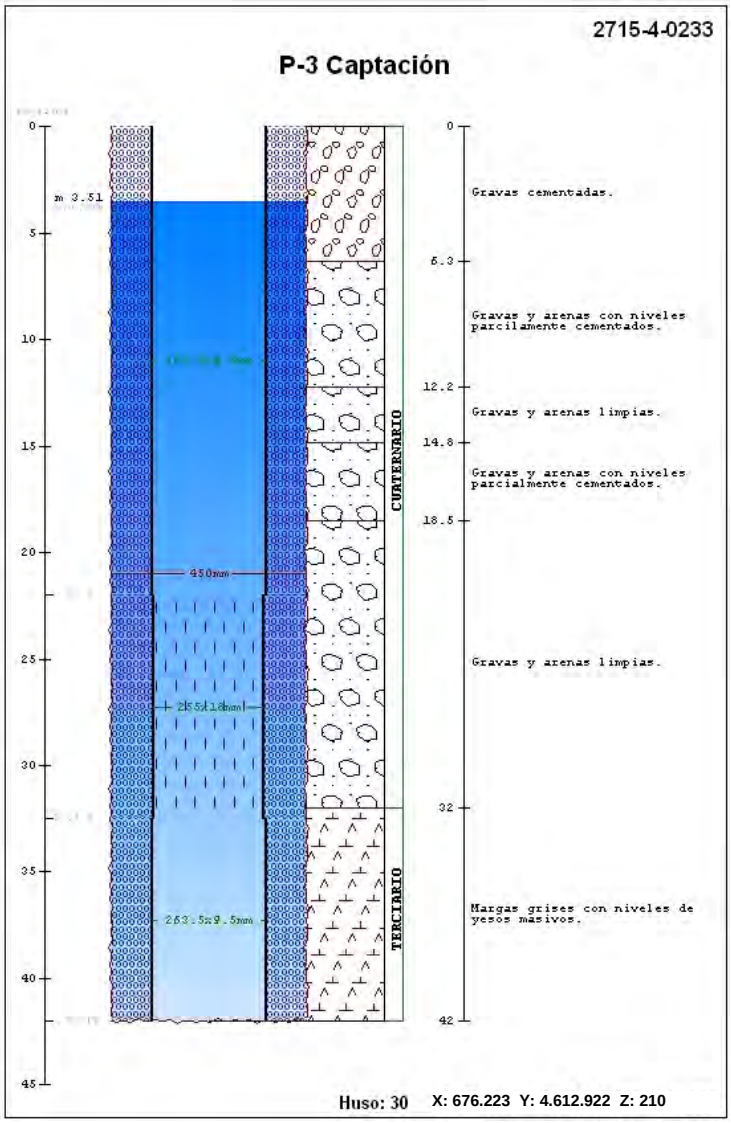



Cota Z aproximada en superficie. Columna en sótano -4

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *IBERCAJA*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

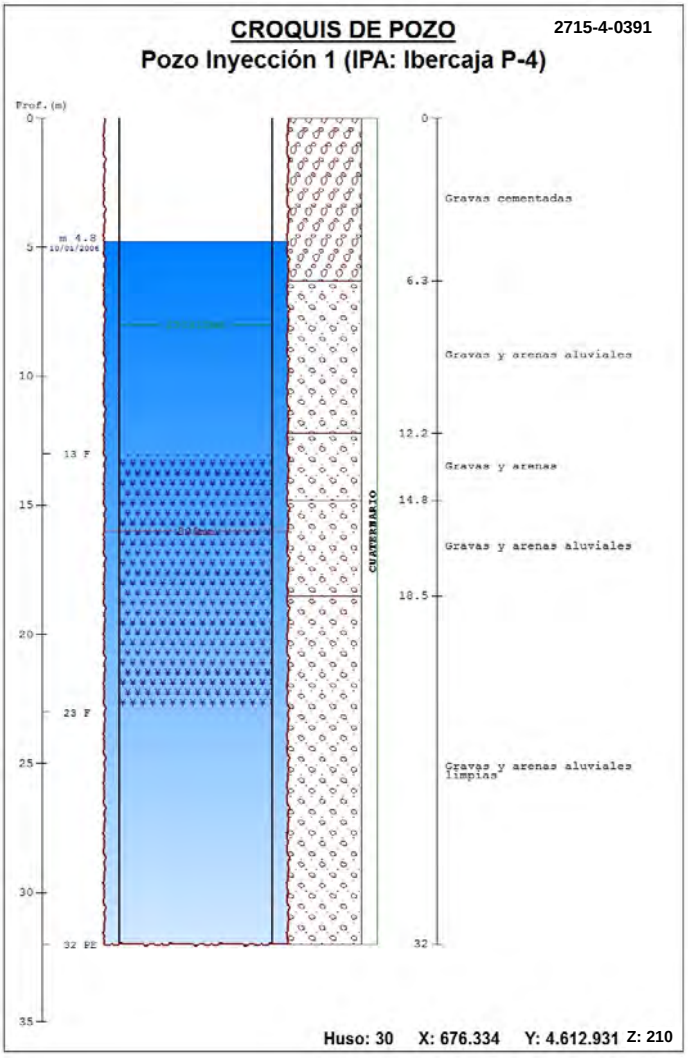



Cota Z aproximada en superficie. Columna en sótano -4

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *IBERCAJA*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

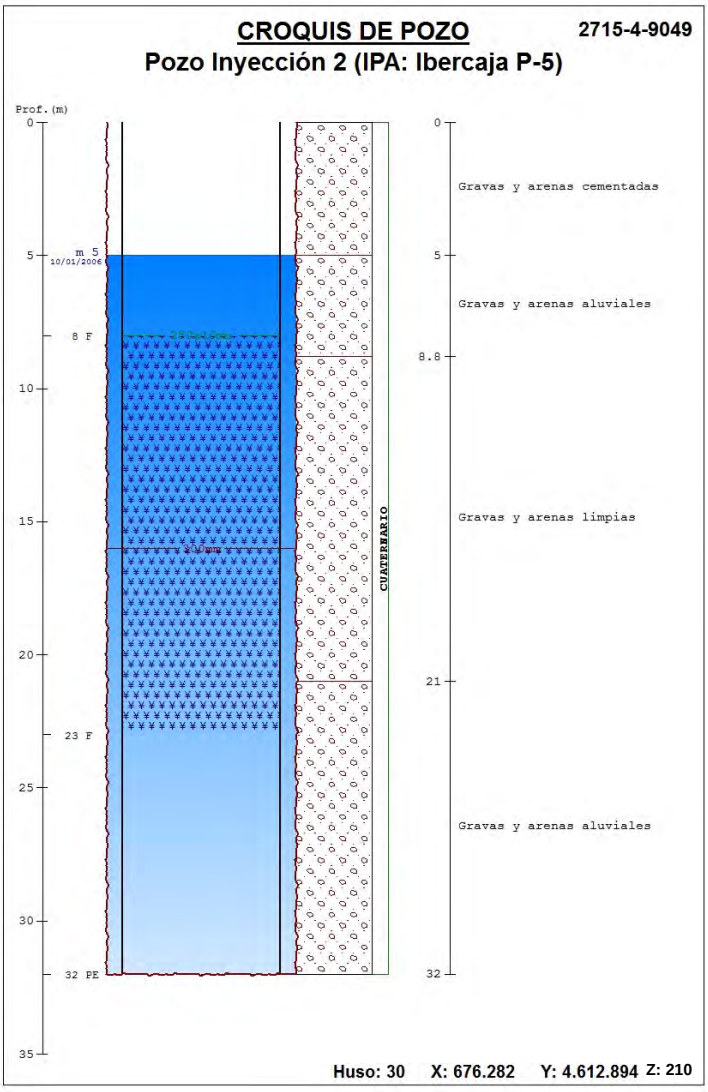



Cota Z aproximada en superficie. Columna en sótano -4

***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *IBERCAJA*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

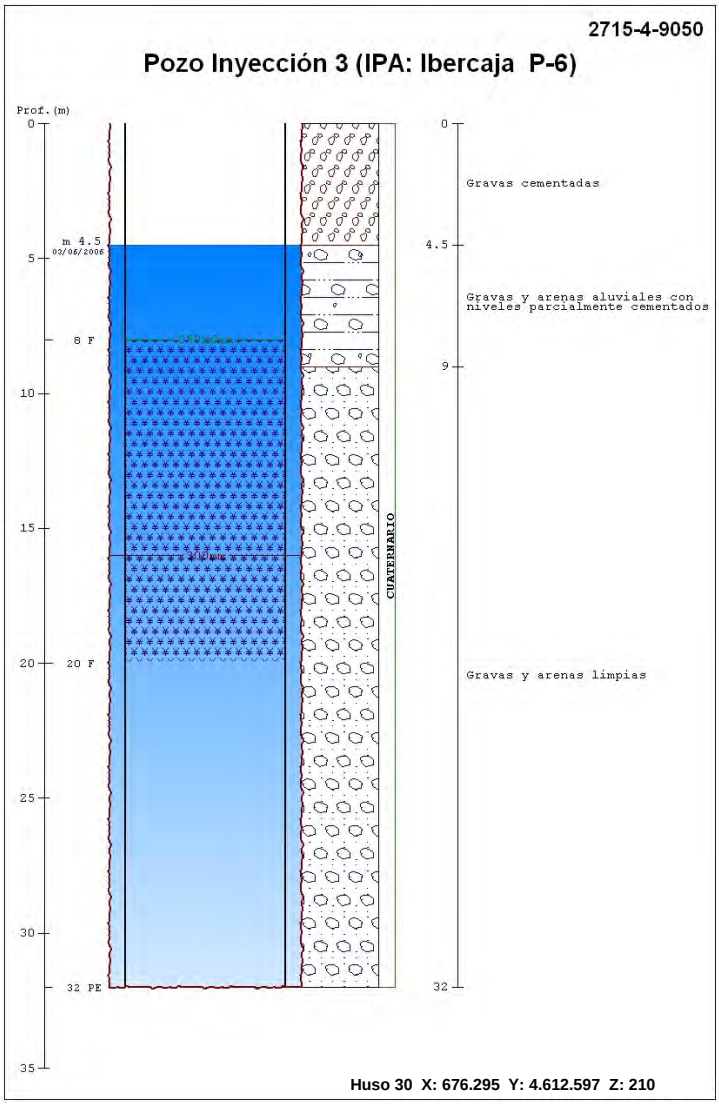



Cota Z aproximada en superficie. Columna en sótano -4

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *IBERCAJA*

## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T

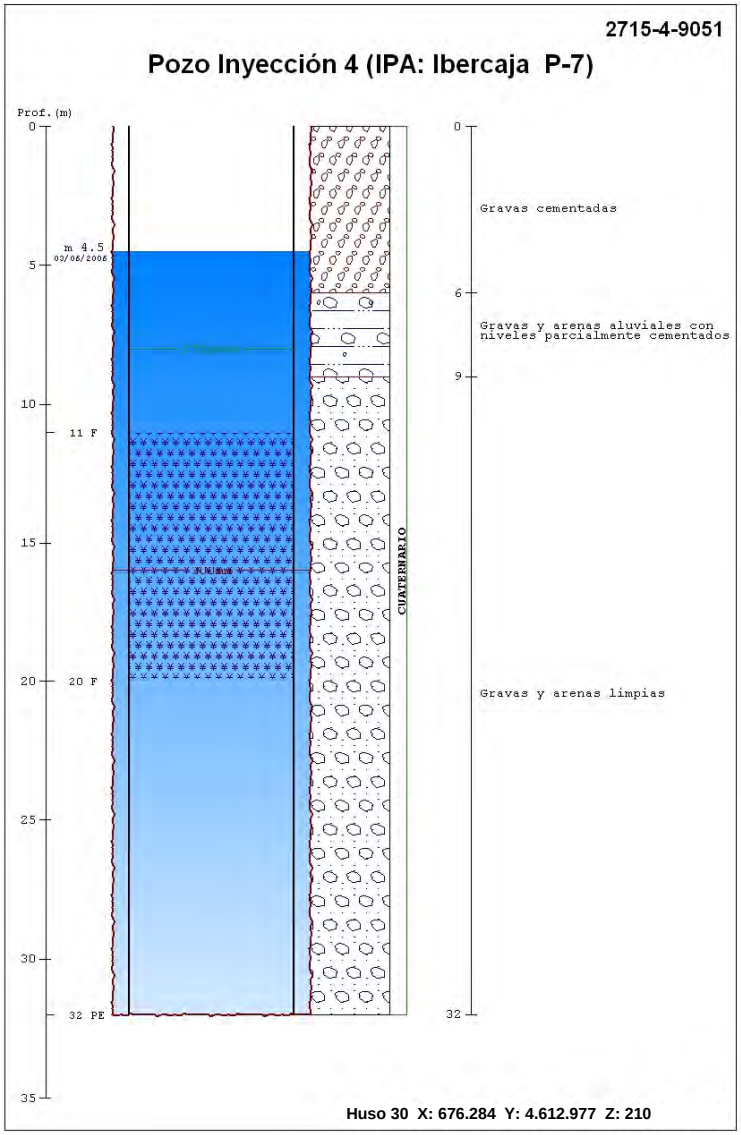



Cota Z aproximada en superficie. Columna en sótano -4

***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *IBERCAJA*

# CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T




Cota Z aproximada en superficie. Columna en sótano -4

## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 34

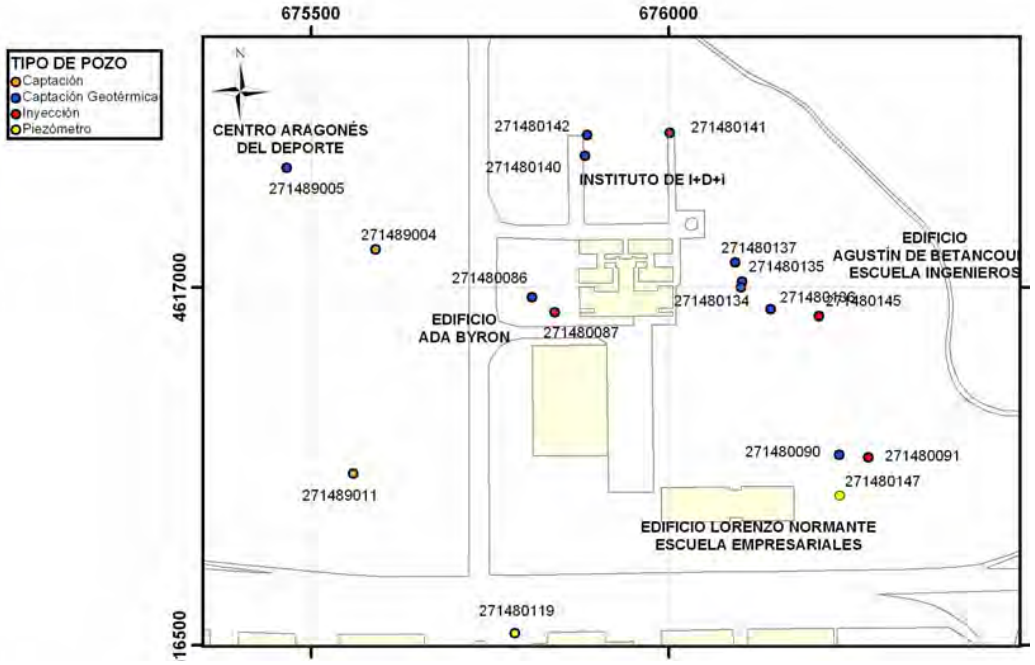
## *APROVECHAMIENTO:* *INSTITUTO DE I+D+i*

**TITULAR** Universidad de Zaragoza - Unidad Técnica de Construcciones y Mantenimiento

**Nº Expediente** **2006P0943**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480140<br>271480142 | ***Nº pozos Vertido*** | 271480141 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 28 | ***Profundidad máxima (m)*** | 28 |
| ***Caudal L/s*** | 22,42 | ***Caudal L/s*** | 22,4 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 706932 | ***Vertido $m^3$/año*** | 706932 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-S May-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 1400 KW (2 enfriadoras de 700 KW) |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-S Oct-Abr |
| ***Potencia calor KW*** | 1400 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *INSTITUTO DE I+D+i*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 22,2 ºC ***Fecha*** 10/09/2010

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 115,12 | 123,0 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 202,50 | 271480137 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No se sabe

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

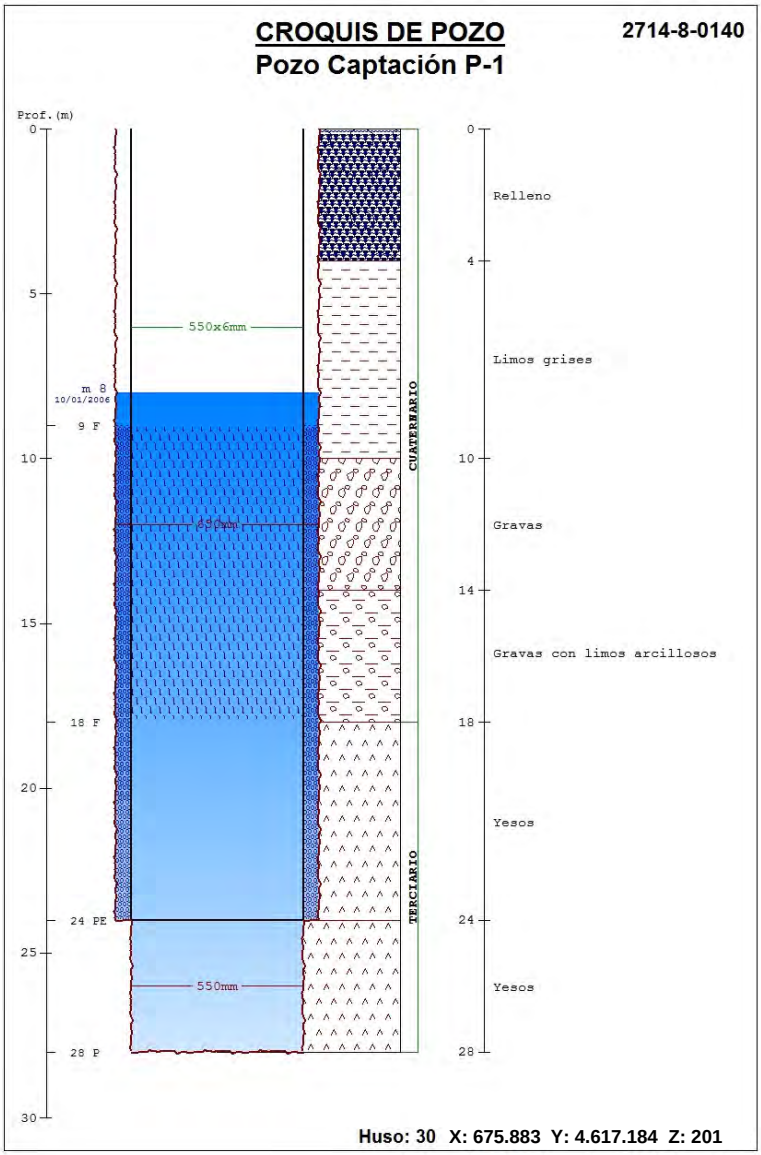
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2010 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *INSTITUTO I+D+i*

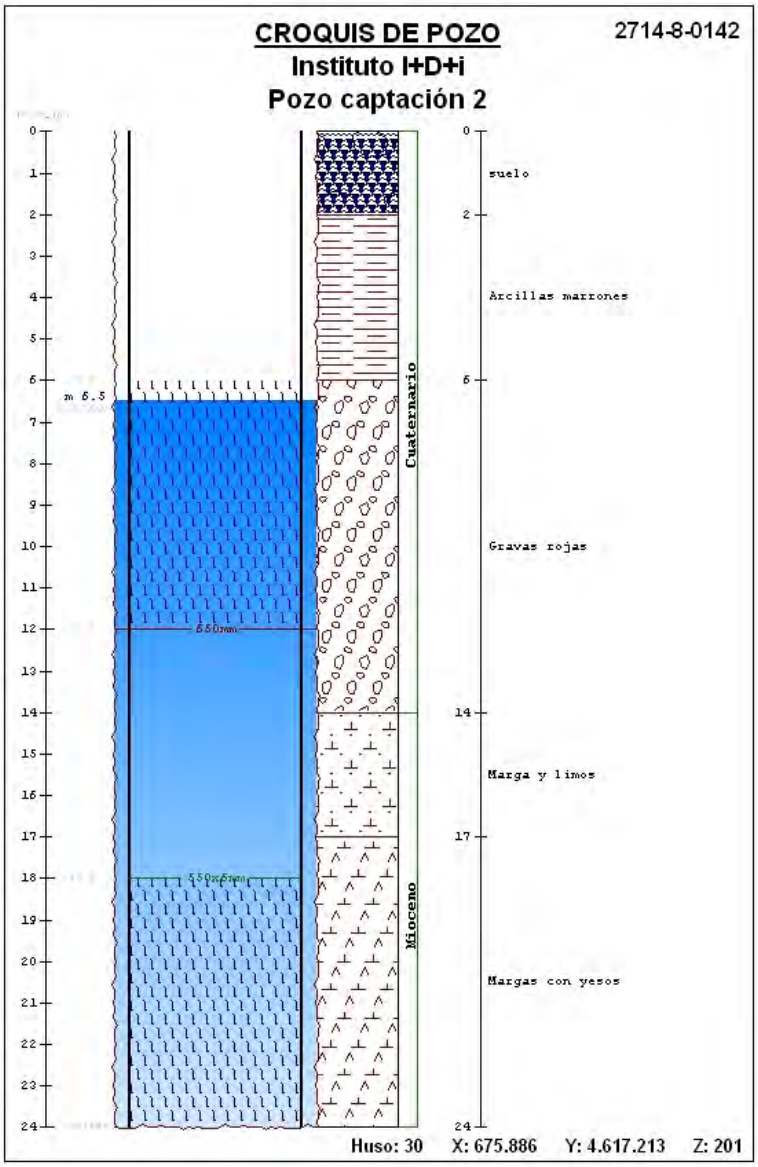
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *INSTITUTO I+D+i*

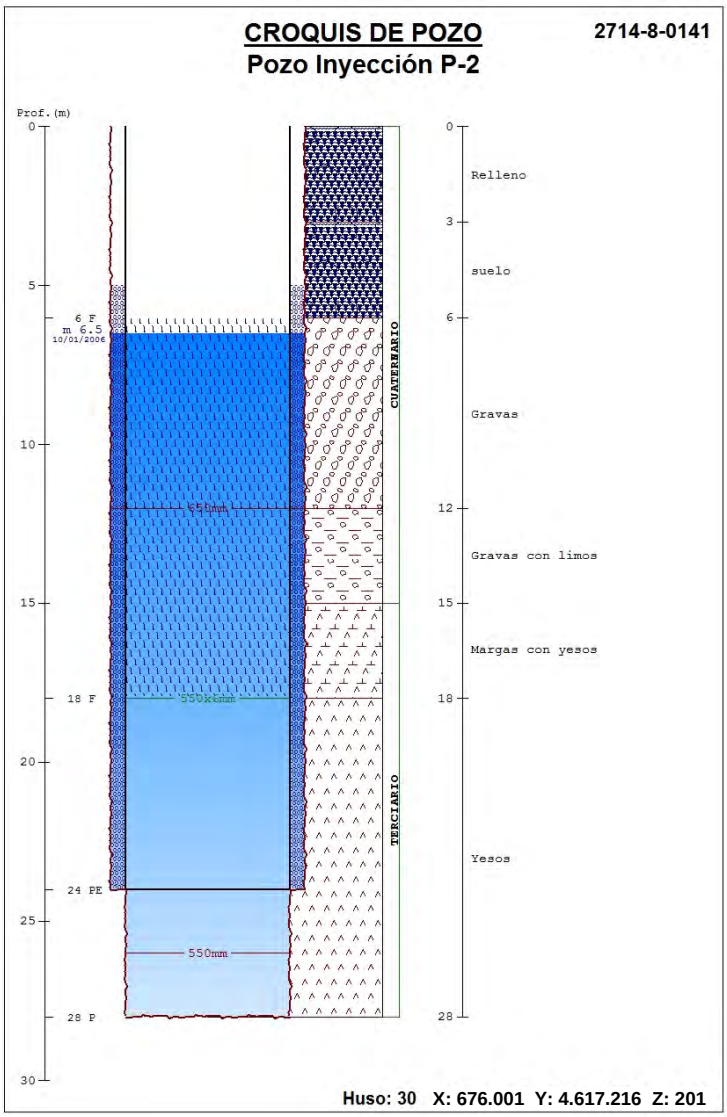
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *INSTITUTO I+D+i*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 35

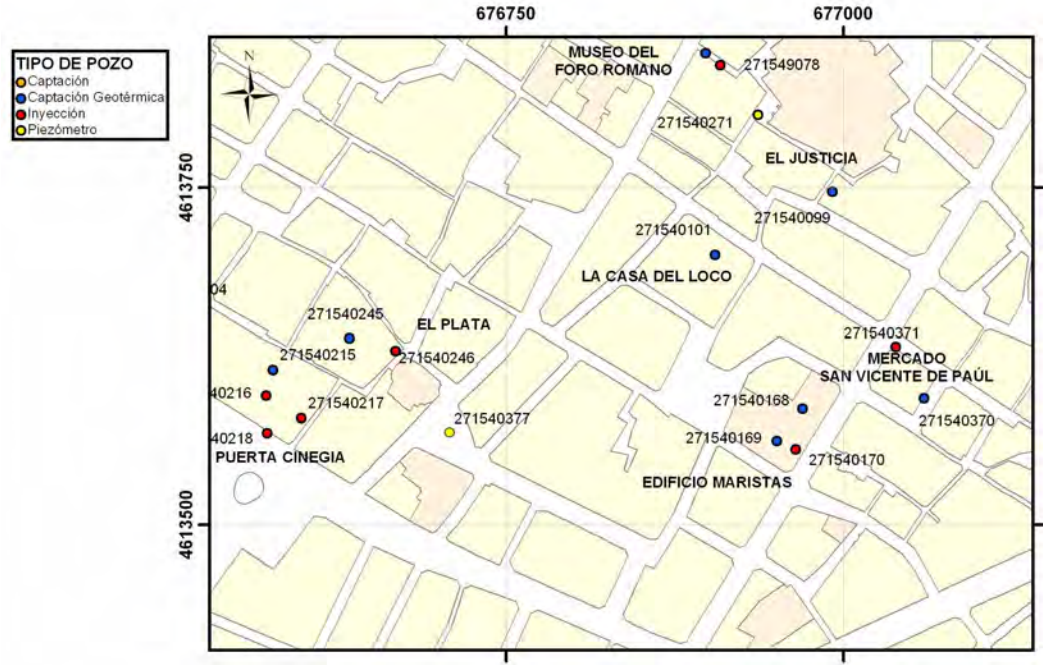
## *APROVECHAMIENTO:* *LA CASA DEL LOCO*

**TITULAR** La Casa del Loco

**Nº Expediente** **1990P0273**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540101 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 14,91 | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | 1,06 | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 9135 | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-D Ene-Dic

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *LA CASA DEL LOCO*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Red vertido ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** -

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 20,2 ºC ***Fecha*** 5/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 246,8 | 271540246 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 5,2 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

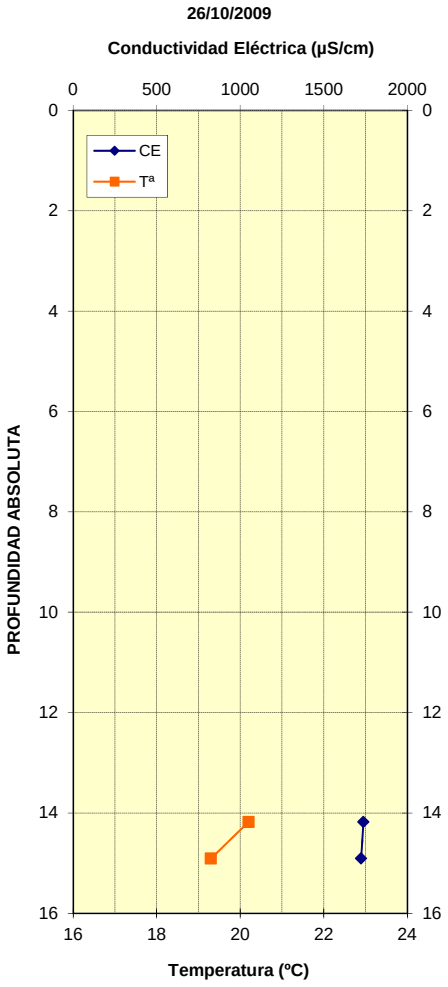
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** 1990 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *LA CASA DEL LOCO*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 36

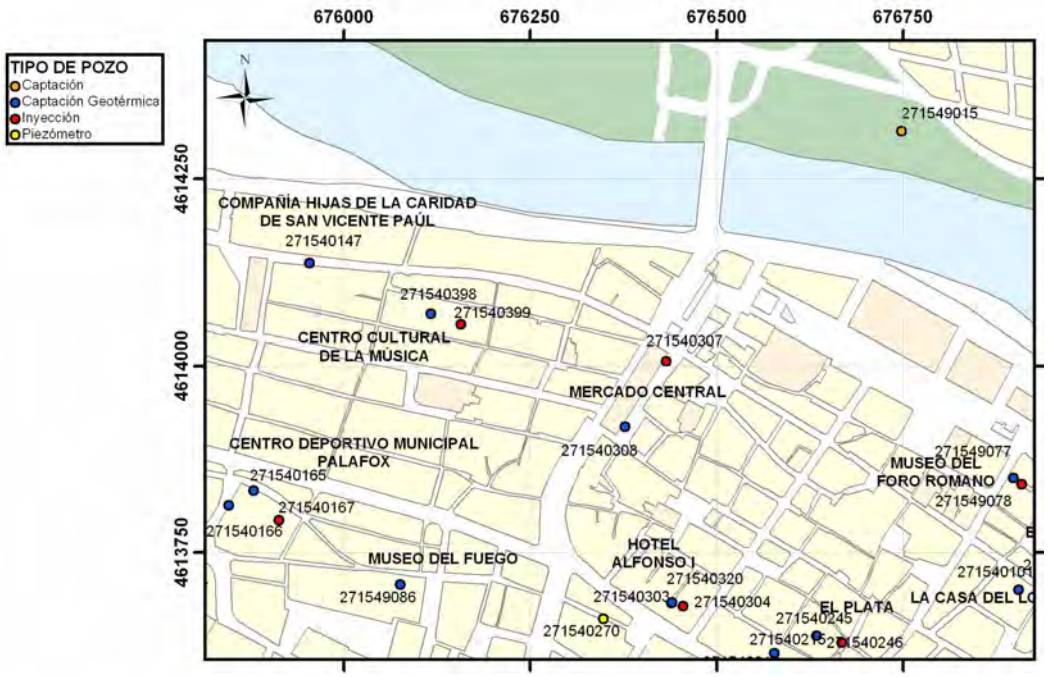
## *APROVECHAMIENTO:* *MERCADO CENTRAL*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente** **2007P0941**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | Cámaras frigoríficas y refrigeración de maquinaria |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540308 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540307 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 30 | ***Profundidad máxima (m)*** | 30 |
| ***Caudal L/s*** | 4,7 | ***Caudal L/s*** | 4,7 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 96000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 96000 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-D Oct-Sep

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *MERCADO CENTRAL*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO*** (previsto) 5ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 104,21 | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 480,1 | 271540167 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 489,90 | 271549077 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

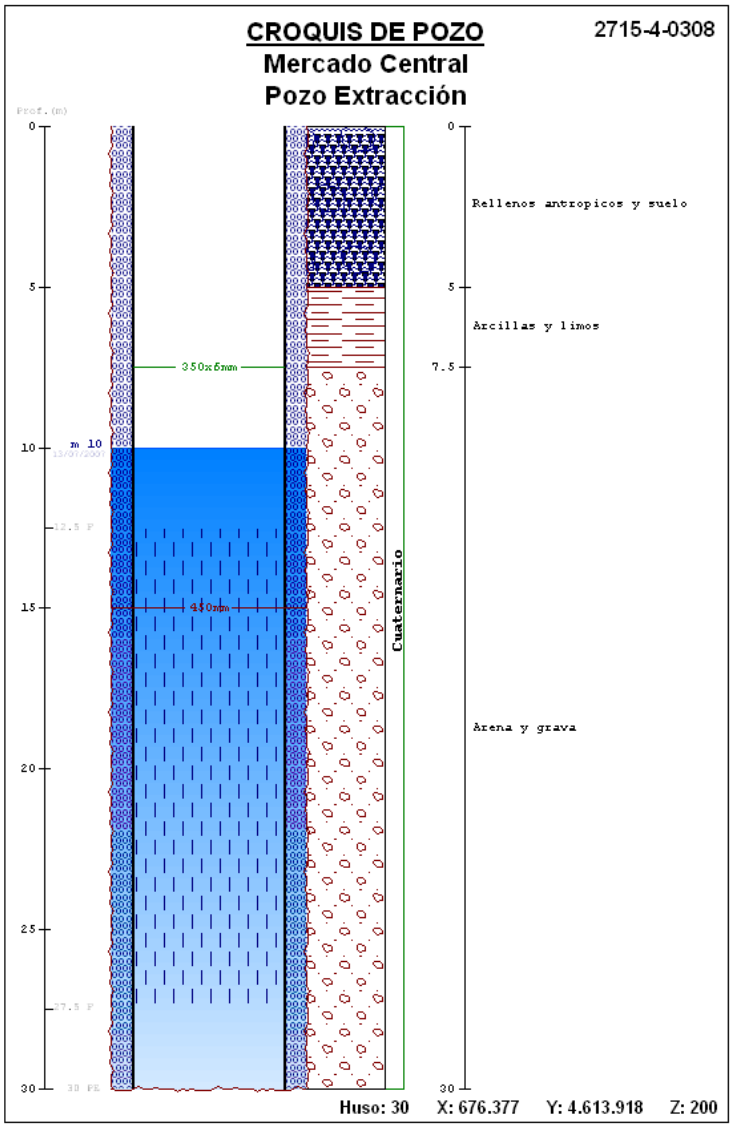
***Externa*** No se sabe

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2007 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *MERCADO CENTRAL*

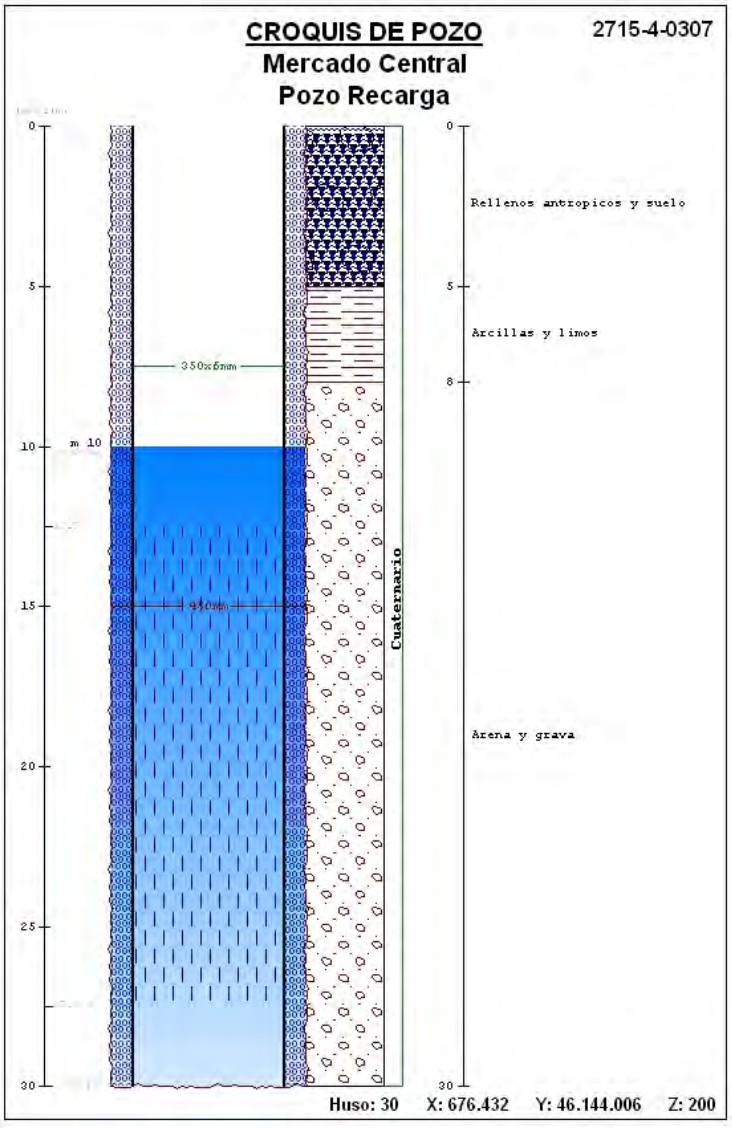
## CROQUIS DE POZOS-CAPTACIÓN /REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *MERCADO CENTRAL*

## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO /REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 37

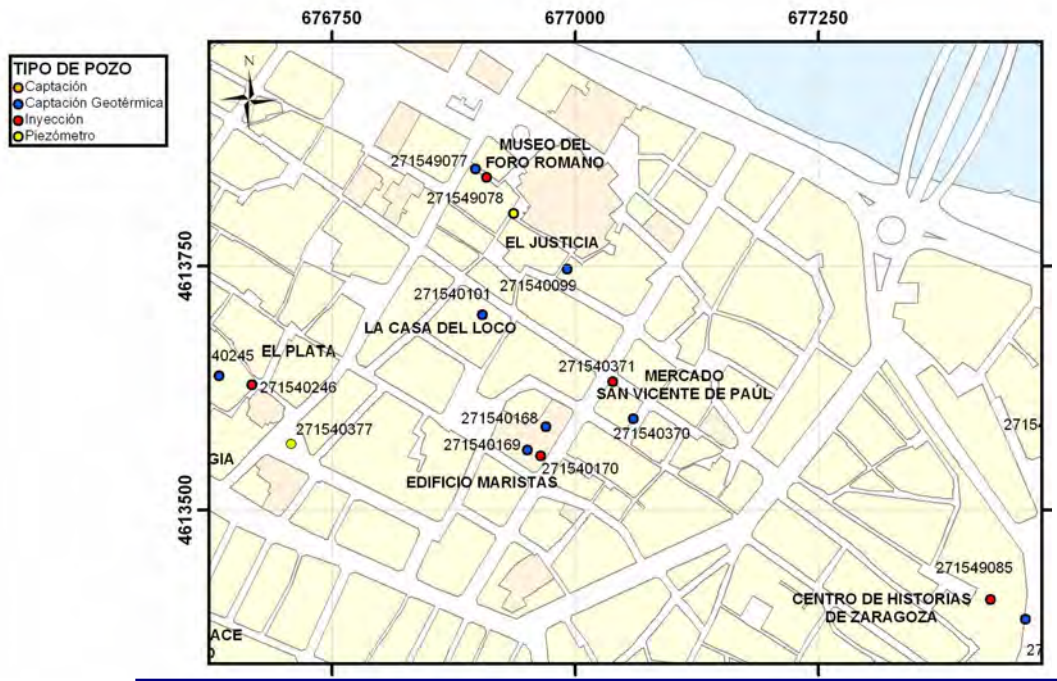
***APROVECHAMIENTO:*** *MERCADO SAN VICENTE DE PAÚL*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente** **2009P0299**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | Cámaras frigoríficas |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540370 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540371 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 35 | ***Profundidad máxima (m)*** | 25 |
| ***Caudal L/s*** | 4,7 | ***Caudal L/s*** | 4,7 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 96000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 96000 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-D Oct-Sep

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *MERCADO SAN VICENTE DE PAÚL*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 19,7 ºC ***Fecha*** 5/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 43,62 | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 101,98 | 271540170 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 488,98 | 271549084 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 4,7 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

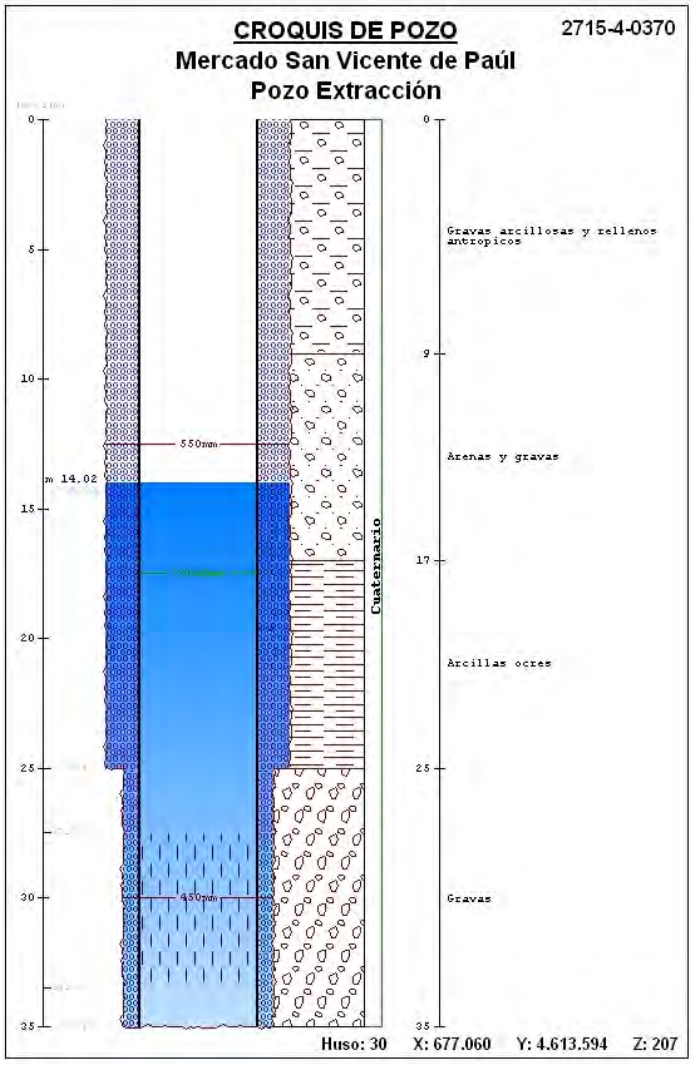
***Externa*** Probable

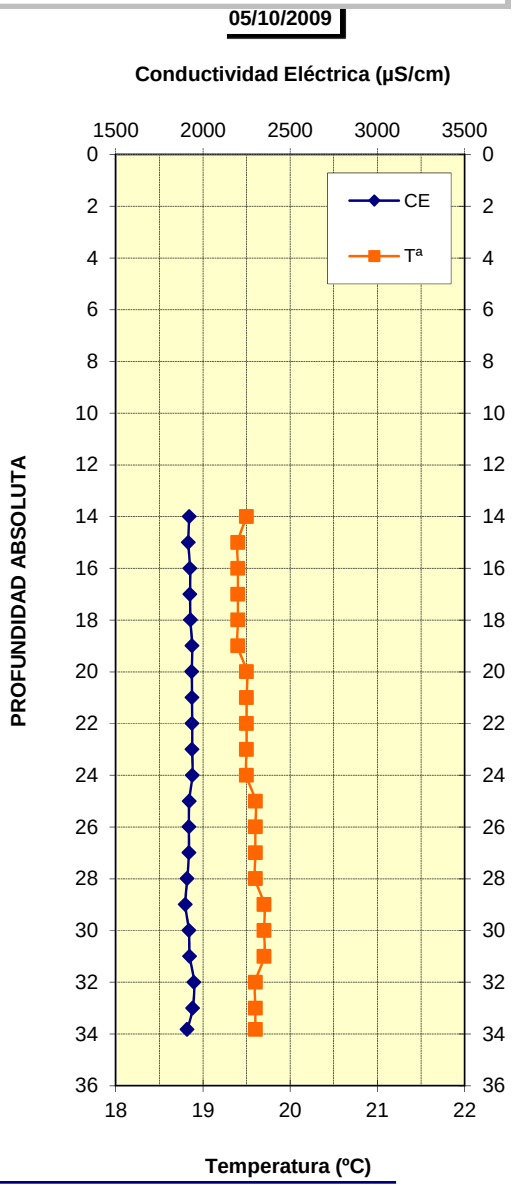
***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2010 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *MERCADO SAN VICENTE DE PAÚL*

## CROQUIS DE POZOS-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

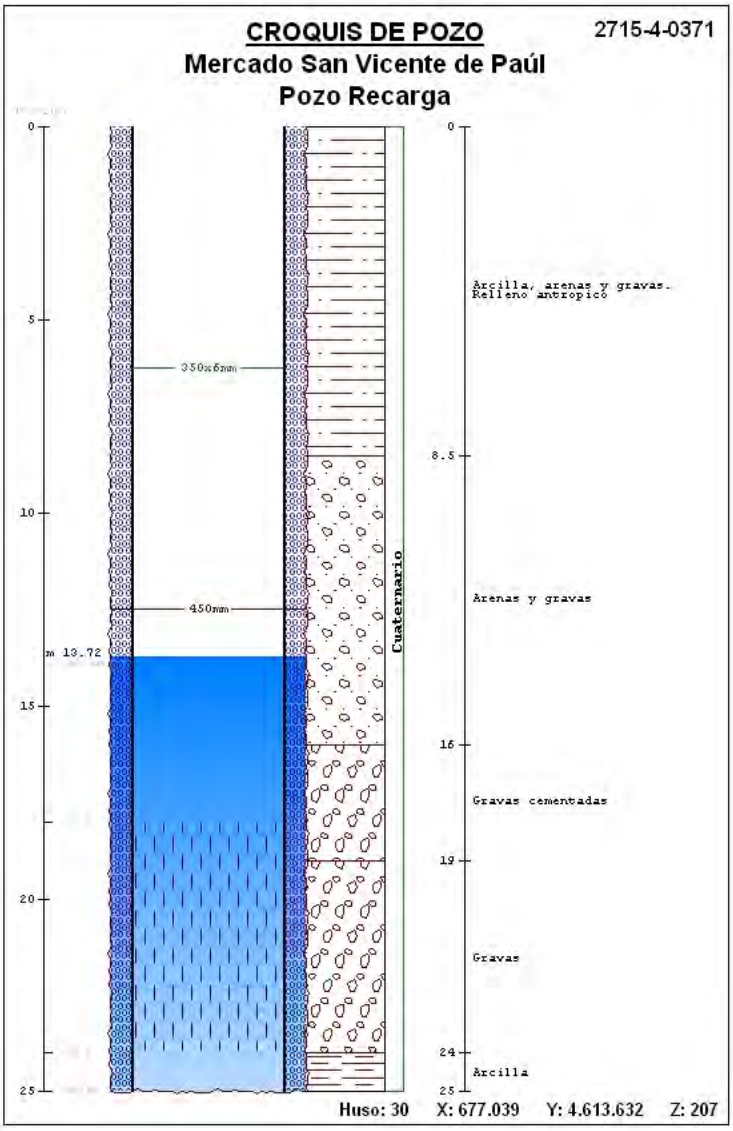



***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *MERCADO SAN VICENTE DE PAÚL*

## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 38

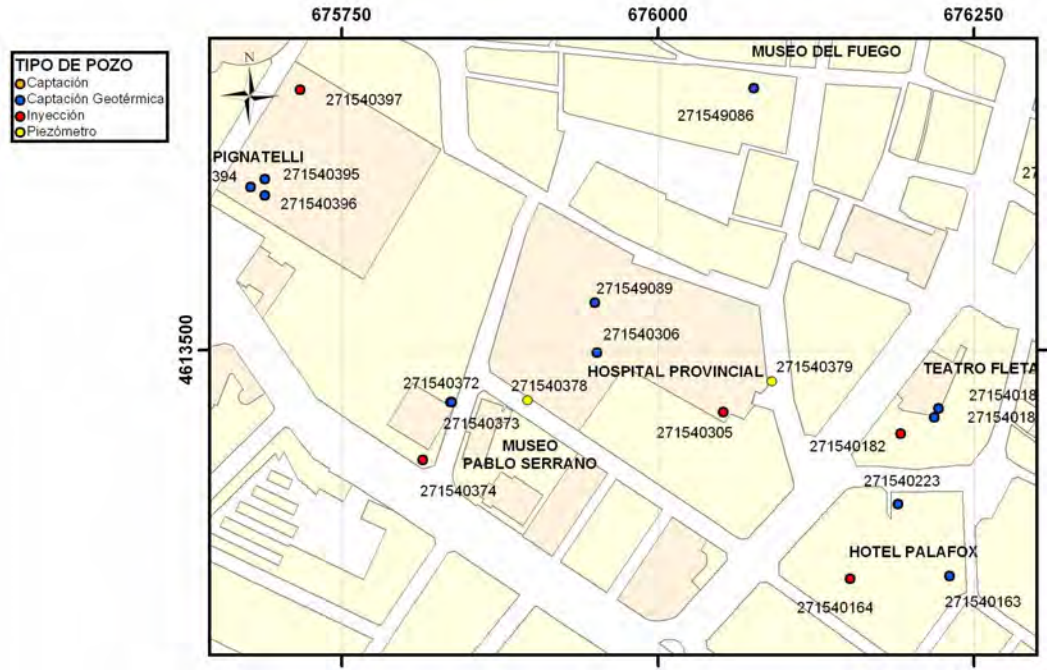
***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO PABLO SERRANO*

**TITULAR** Gobierno De Aragón

**Nº Expediente** **2009P0796**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540372<br>271540373 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540374 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 46,18 | ***Profundidad máxima (m)*** | 31,52 |
| ***Caudal L/s*** | 11.4 | ***Caudal L/s*** | 11.4 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 112453 | ***Vertido $m^3$/año*** | 112453 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW*** 1042 KW (2 x 521 KW)

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW*** 1042 KW

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO PABLO SERRANO*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 16,6 ºC | ***Fecha*** | 07/10/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 16,6 ºC | ***Fecha*** | 07/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 0 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 54,37 | 54,67 | No se sabe |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 264,76 | 271540397 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 164,6 | 271540306 | Sí |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 1,6 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

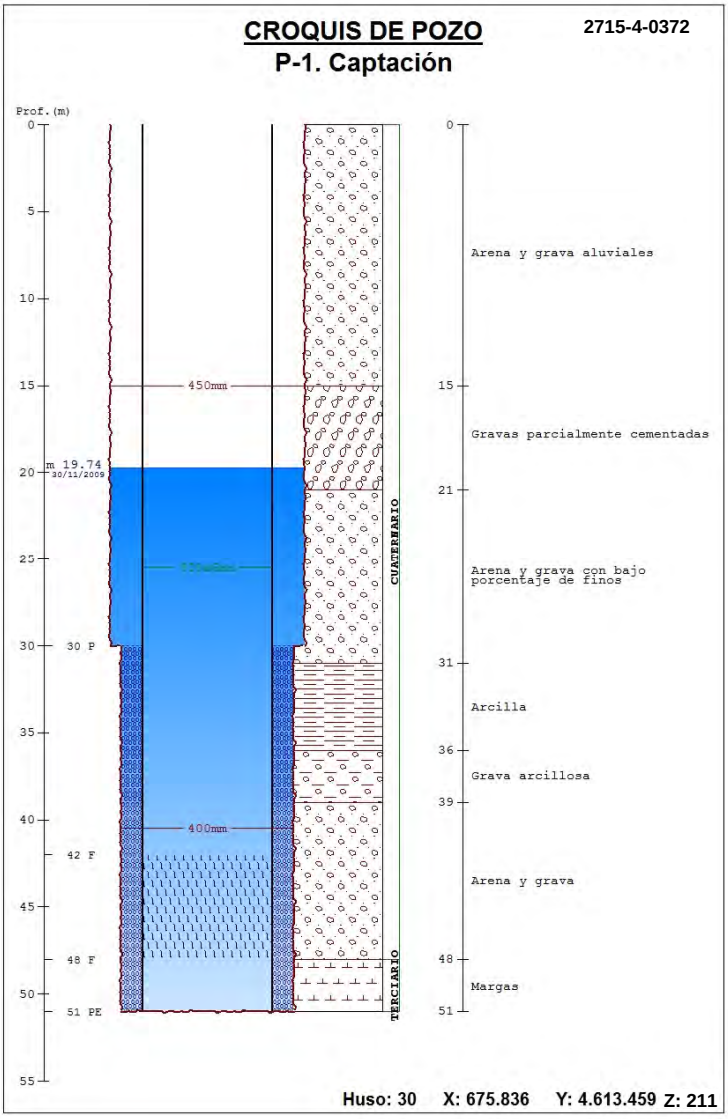
***Externa*** No

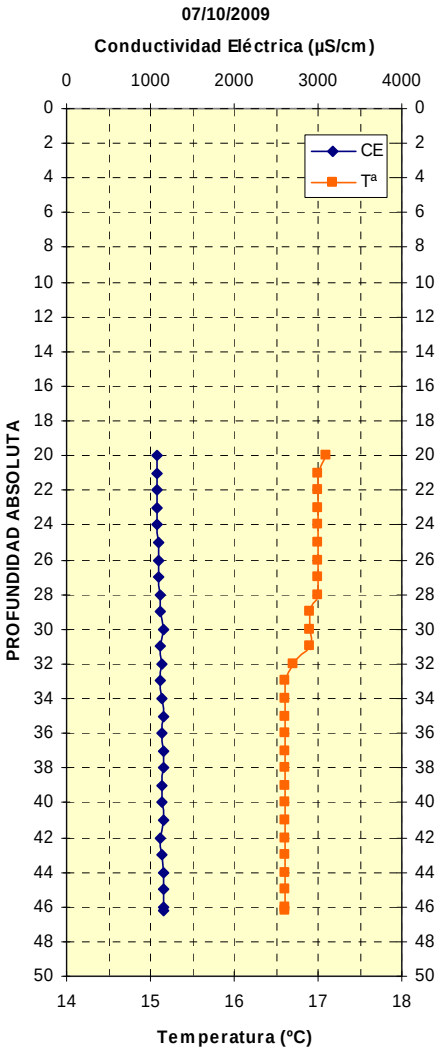
***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2010 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO PABLO SERRANO*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

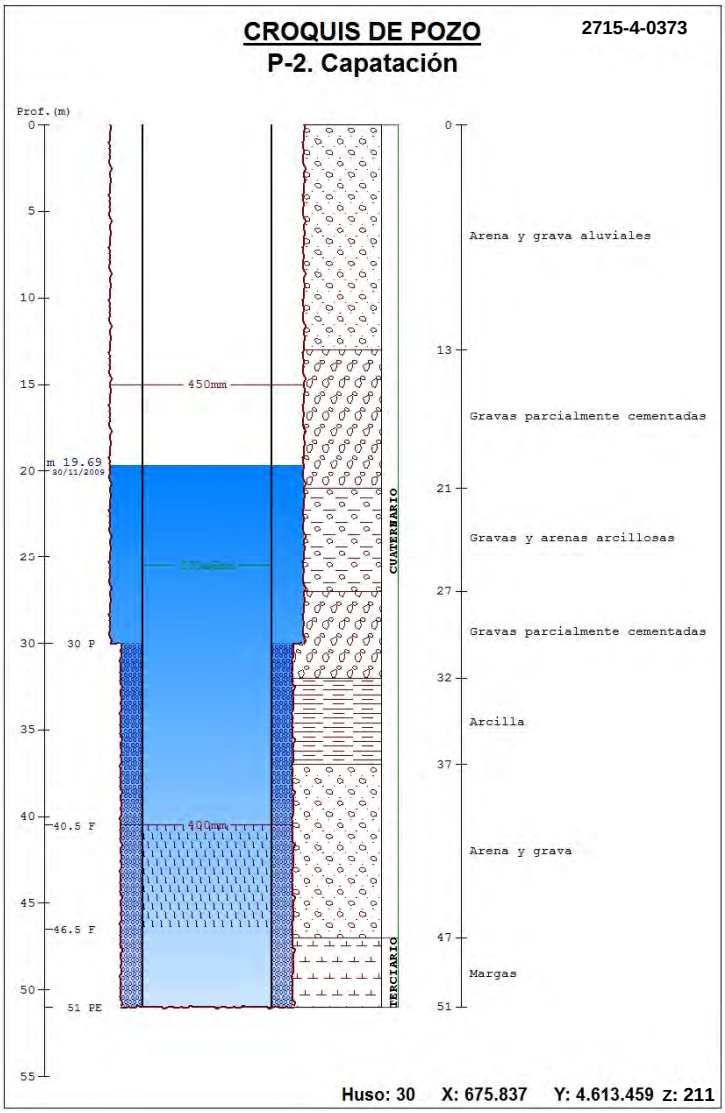



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO PABLO SERRANO*

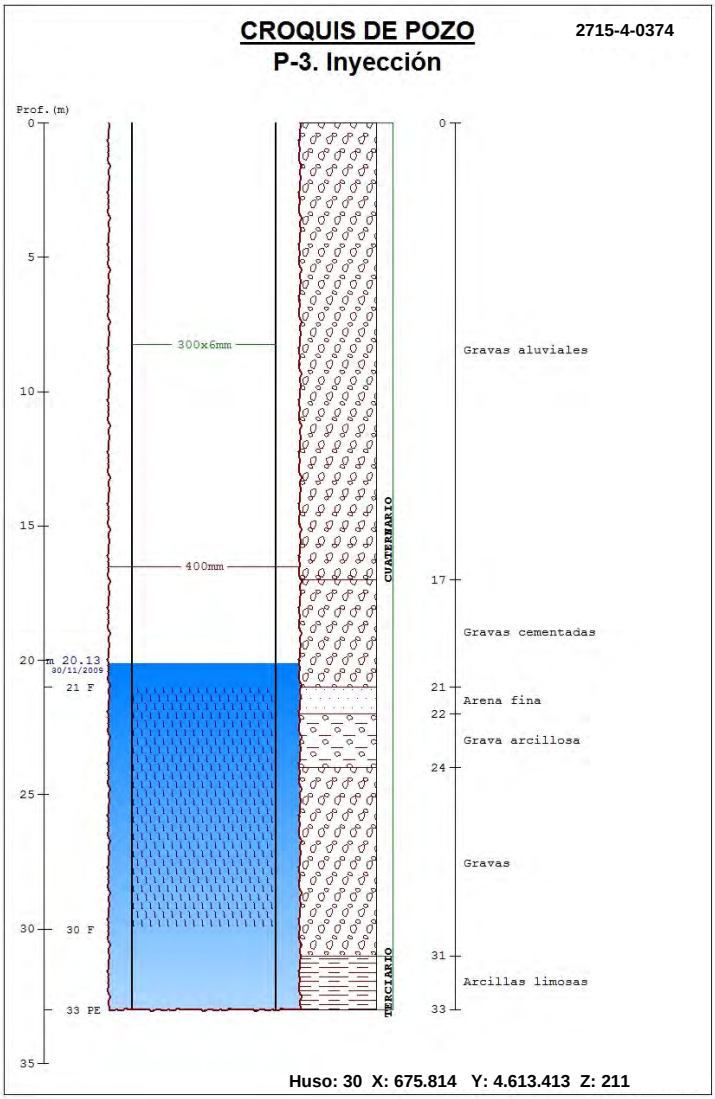
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

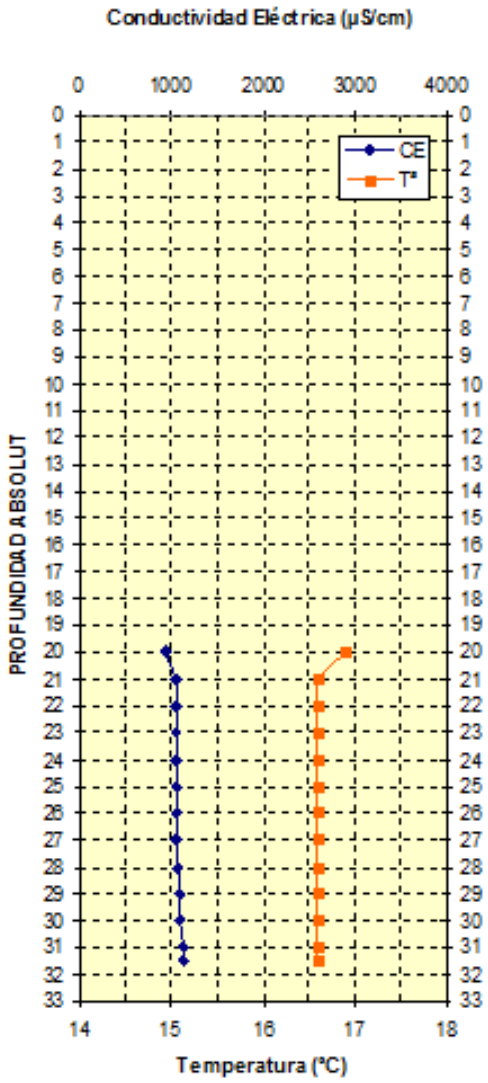



***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO PABLO SERRANO*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

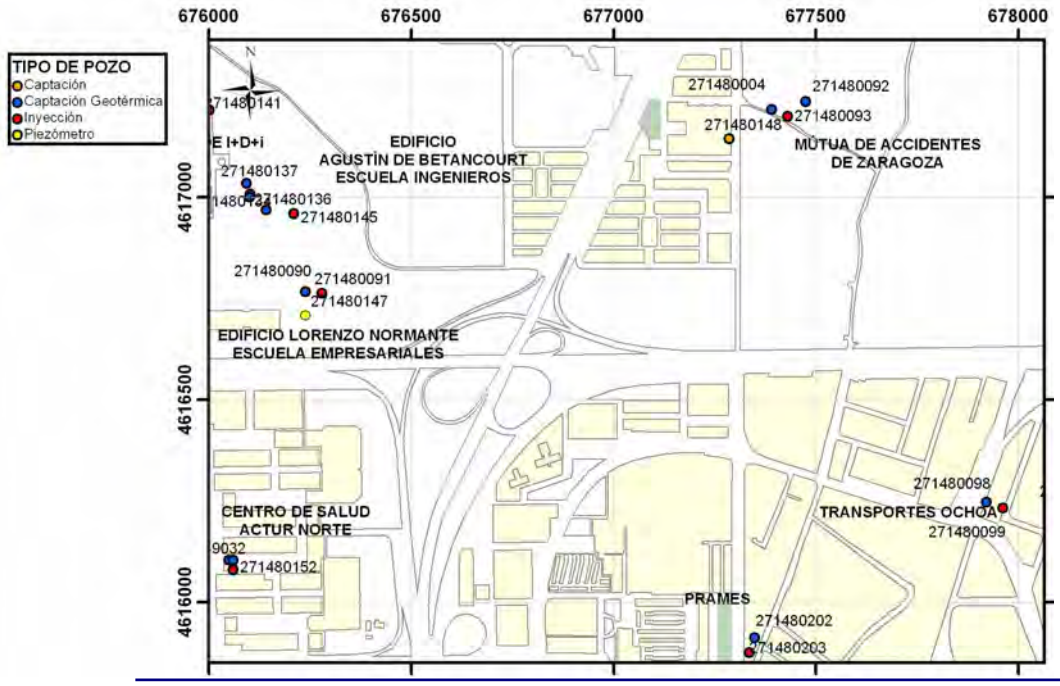
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 39

***APROVECHAMIENTO:*** *MUTUA ACCIDENTES ZARAGOZA (MAZ)*

**TITULAR** Mutua Accidentes Zaragoza

**Nº Expediente** **2001P0465** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480004<br>271480092 | ***Nº pozos Vertido*** | 271480093 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 48 | ***Profundidad máxima (m)*** | 40 |
| ***Caudal L/s*** | 38,2 | ***Caudal L/s*** | 16,6 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 563838 | ***Vertido $m^3$/año*** | 432000 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D Mar-Dic |
| ***Potencia frío KW*** | 3 x 661.8 KW. Total: 1985.4 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | - |
| ***Potencia calor KW*** | |

***APROVECHAMIENTO:*** *MUTUA ACCIDENTES ZARAGOZA*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 20,4 ºC | ***Fecha*** | 21/09/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 31,5 ºC | ***Fecha*** | 21/09/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 11,1 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 43,02 | 57,97 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 154,18 | 271480148 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 5,4 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 11,5

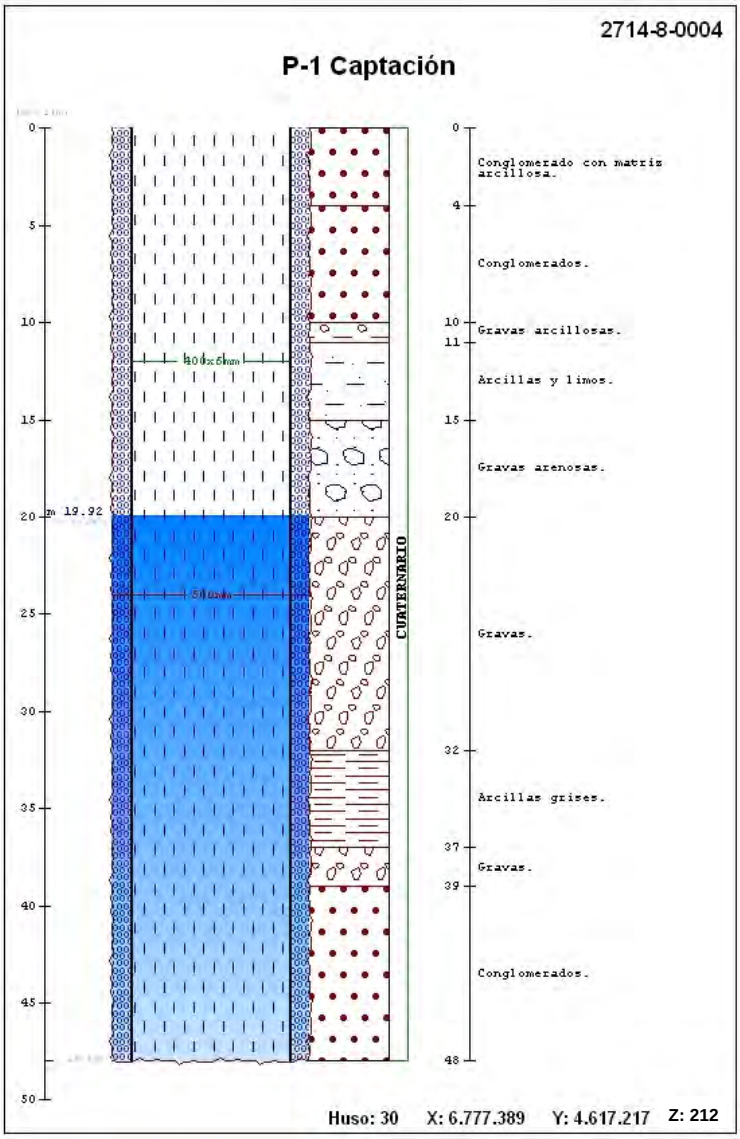
***Externa*** No

***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** 2001 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *MUTUA ACCIDENTES ZARAGOZA*

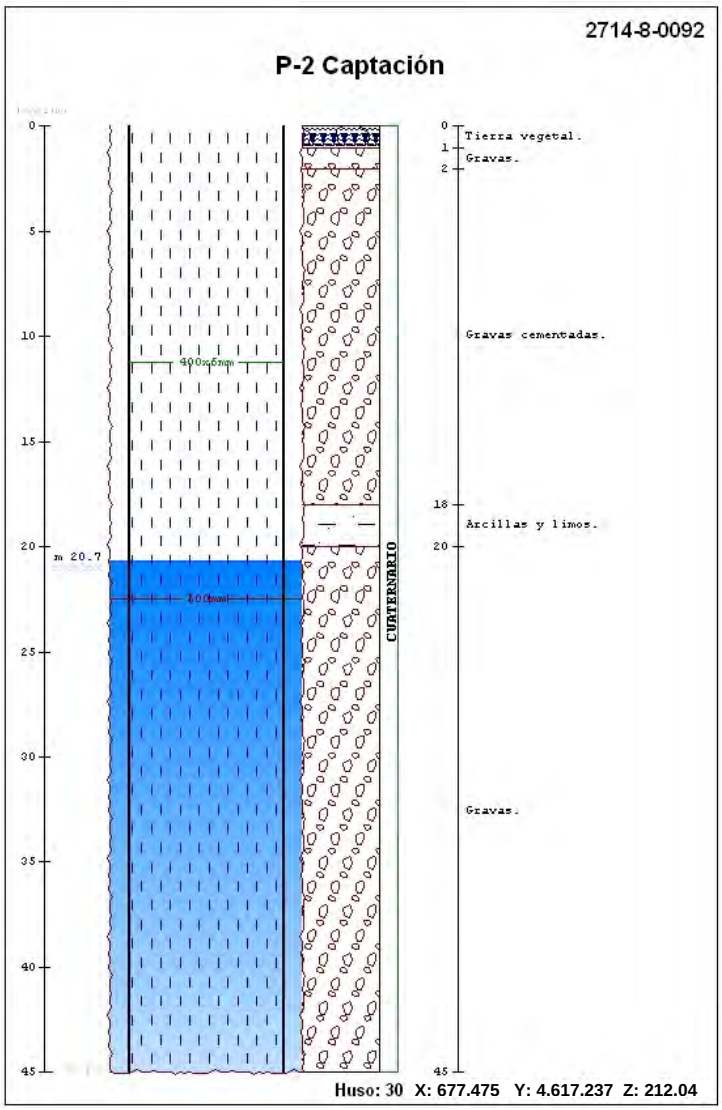
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

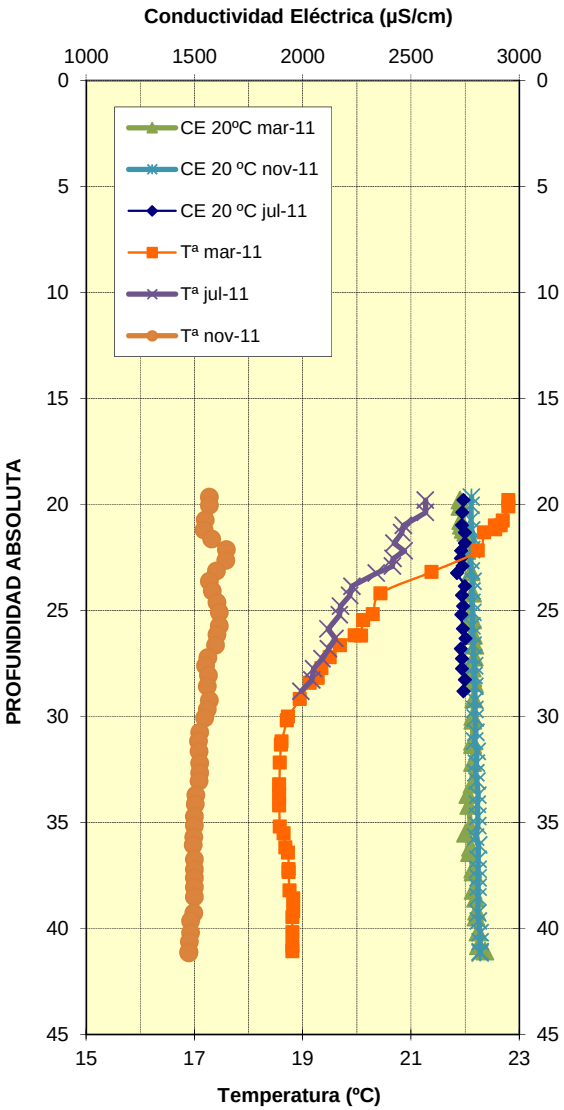



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *MUTUA ACCIDENTES ZARAGOZA*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

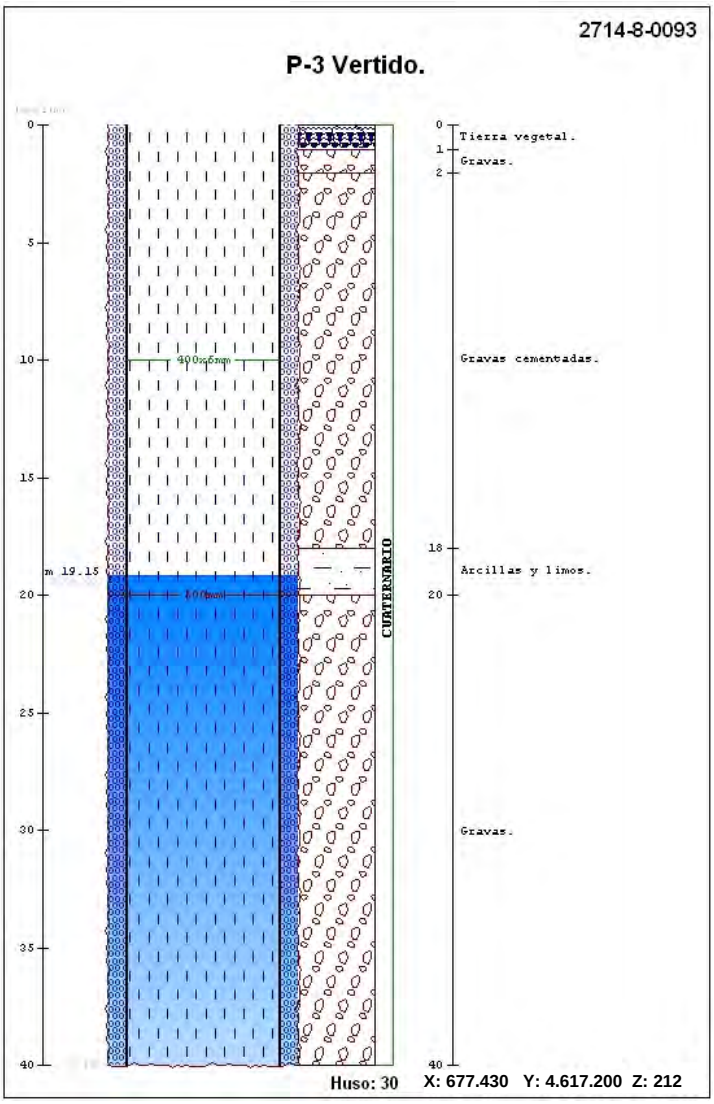


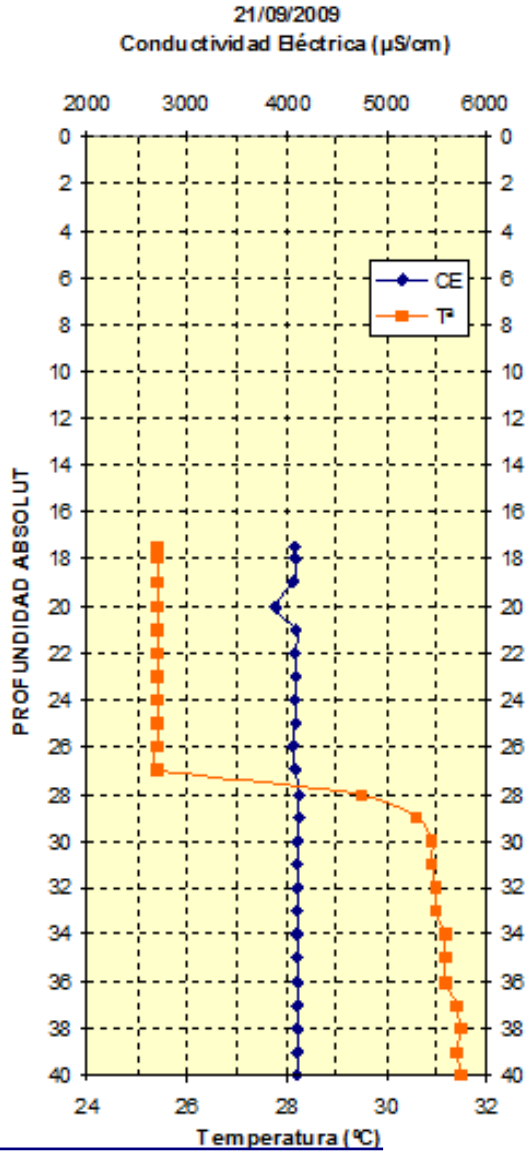




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *MUTUA ACCIDENTES ZARAGOZA*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 40

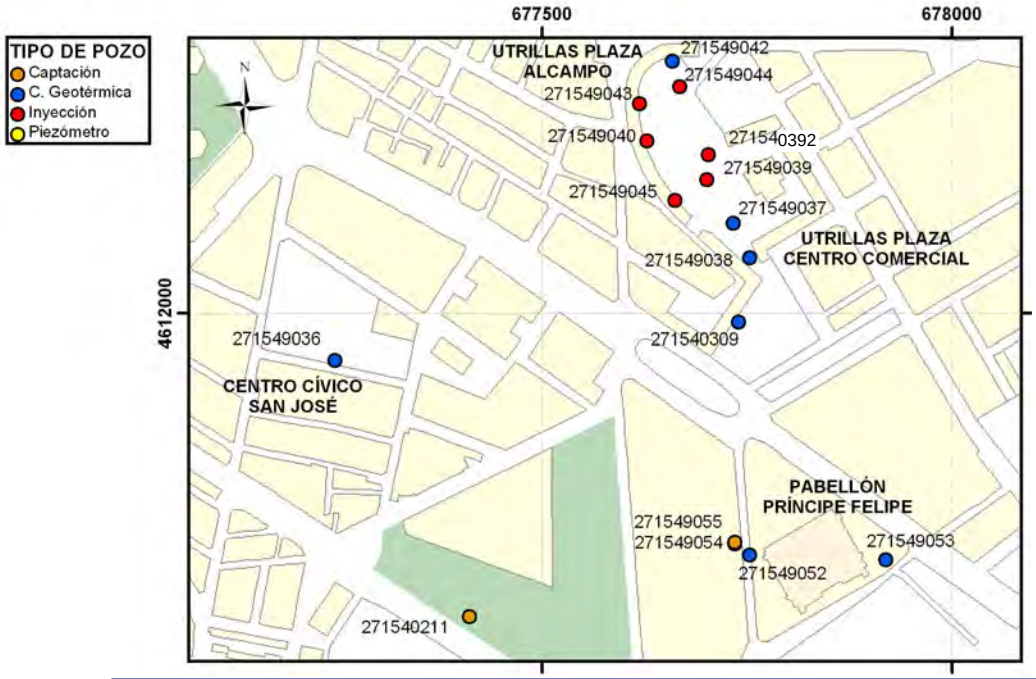
## *APROVECHAMIENTO:* *PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza - Deportes

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549052<br>271549053 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 24,6 | ***Profundidad máxima (m)*** | - |
| ***Caudal L/s*** | 32 | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 350000 | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D Oct-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 3230 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-D Oct-Abr |
| ***Potencia calor KW*** | 2600 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Red vertido ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** -

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 17,5 ºC ***Fecha*** 23/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 440,22 | 271540392 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 2,5 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa*** No

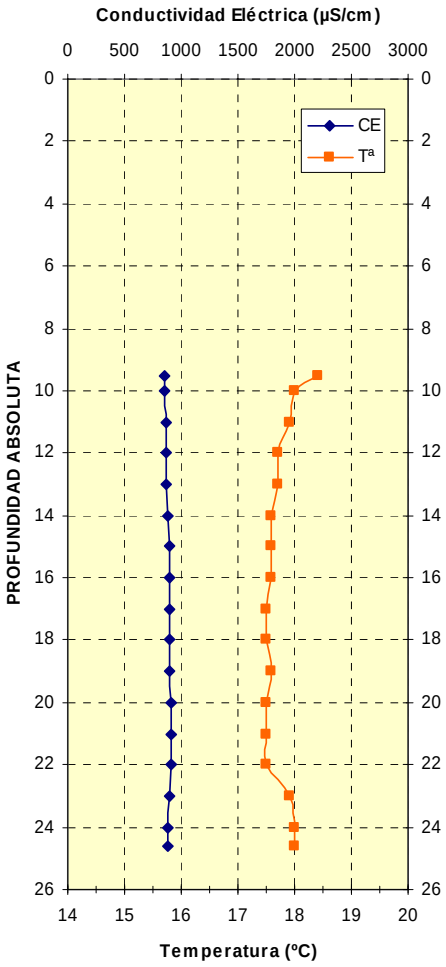
***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** 1989 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

**27154P052: Pabellón Príncipe Felipe (P-1) 21//10/2009**

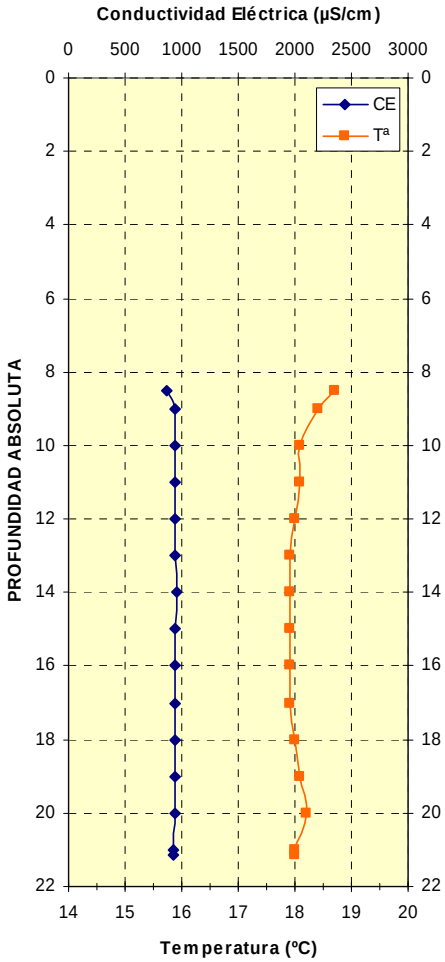



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

**27154P053: Pabellón Príncipe Felipe (P-2) 21//10/2009**




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 41

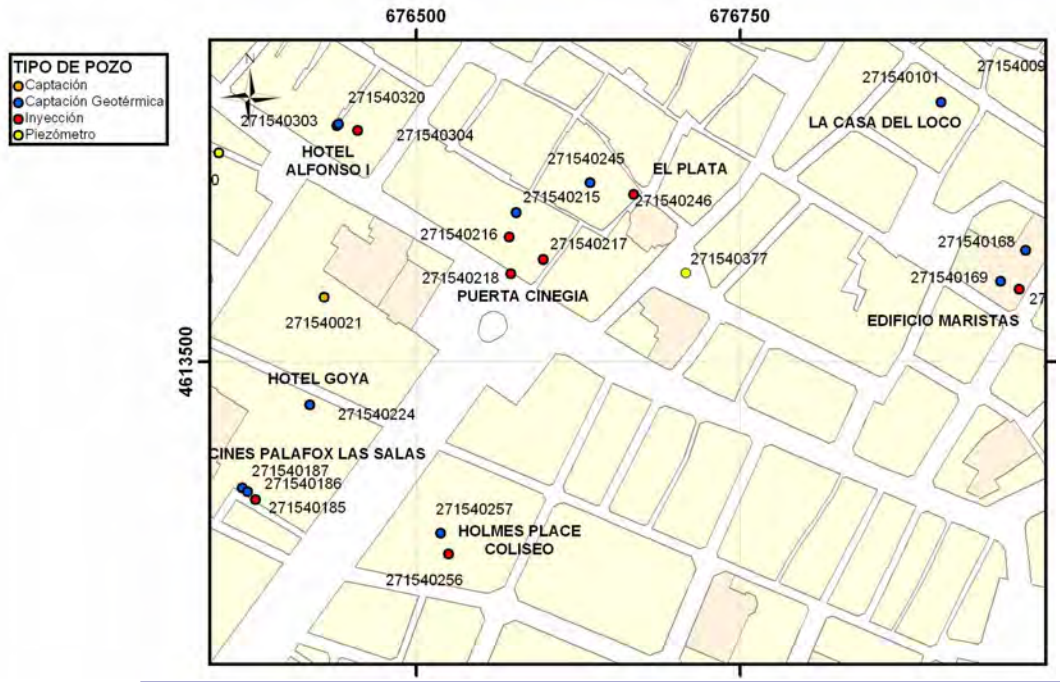
## *APROVECHAMIENTO:* *PUERTA CINEGIA*

**TITULAR** Ordisa

**Nº Expediente** **2002P1959**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 4 | ***OTROS USOS*** | Contra incendios |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540215 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540216 271540217 271540218 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 25 | ***Profundidad máxima (m)*** | 36 |
| ***Caudal L/s*** | 54,57 | ***Caudal L/s*** | 3,17 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 1752000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 100000 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D Oct-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 4 enfriadoras. Total: 236.4 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-D Oct-Abr |
| ***Potencia calor KW*** | 4 enfriadoras. Total: 236.4 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *PUERTA CINEGIA*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 25 ºC | ***Fecha*** | 05/10/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 35 ºC | ***Fecha*** | 05/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 10 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 19,25 | 46,65 | Probable |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 133,81 | 271540304 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 69,18 | 271540245 | Sí |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 10 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 15

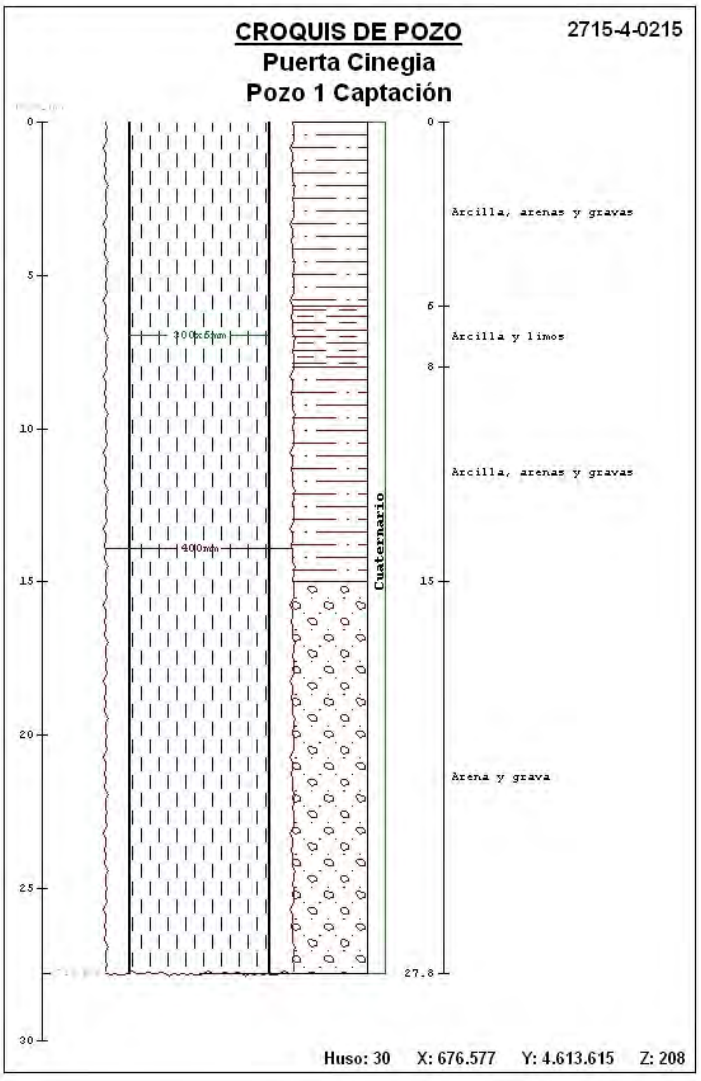
***Externa*** Probable

***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** 2004 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *PUERTA CINEGIA*

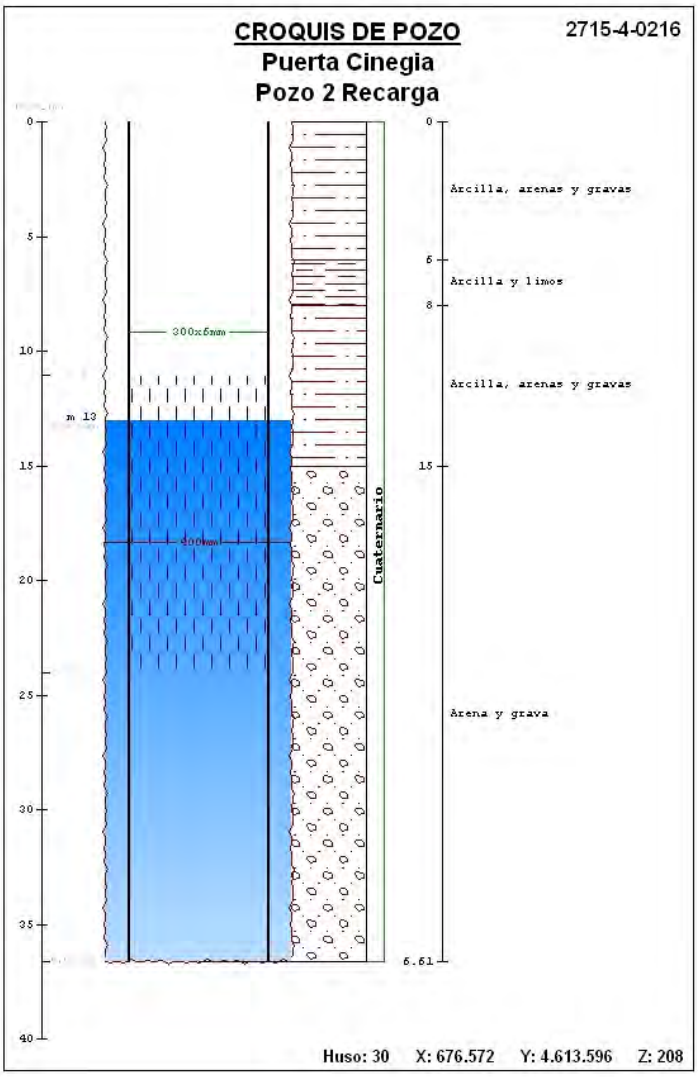
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *PUERTA CINEGIA*

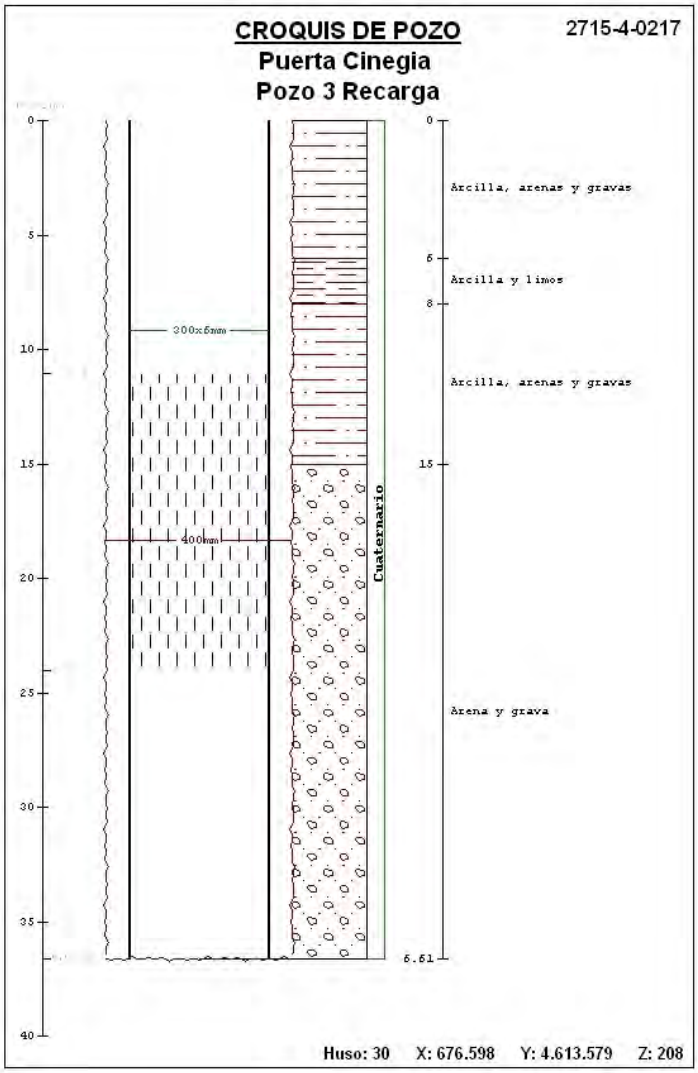
## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *PUERTA CINEGIA*

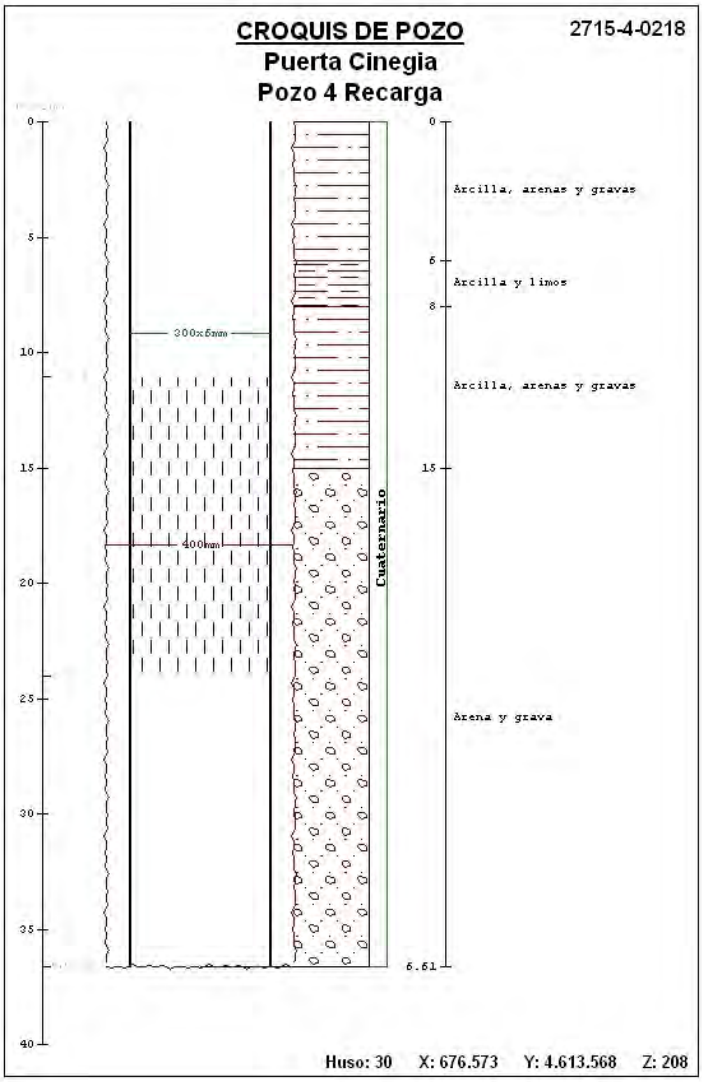
## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T



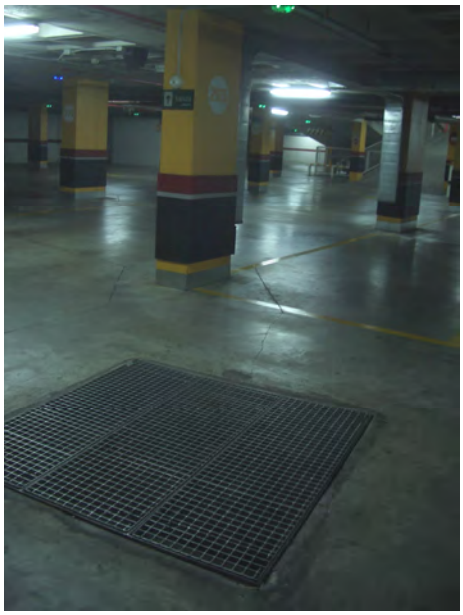

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *PUERTA CINEGIA*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***



# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 42

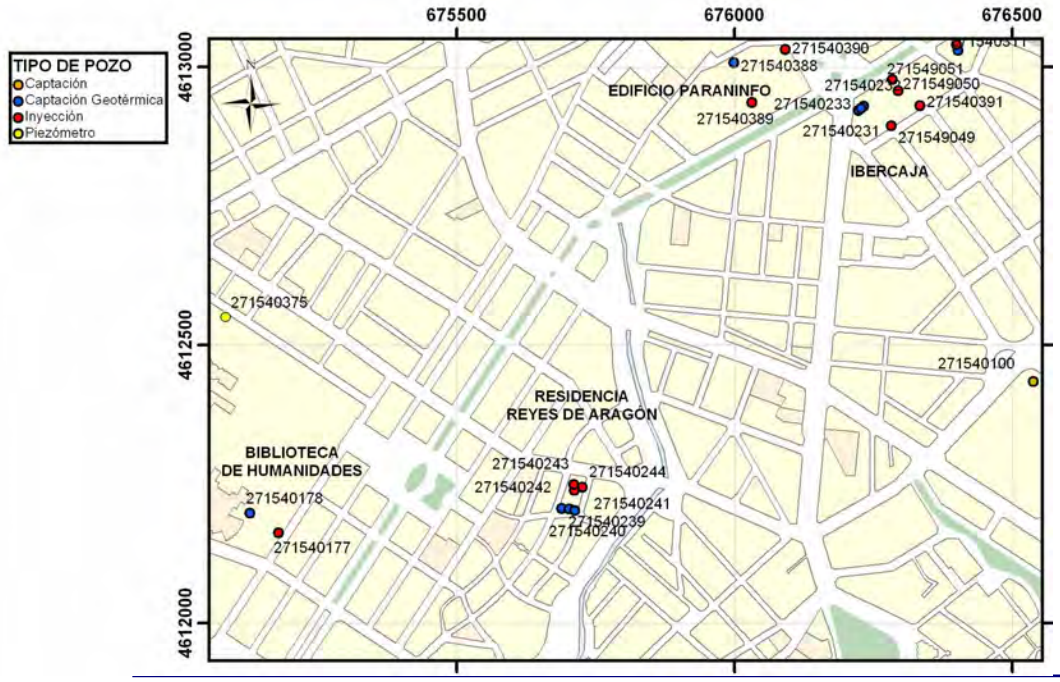
## *APROVECHAMIENTO:* *RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN*

**TITULAR** Sekilur, S.A.

**Nº Expediente** **2005P0360**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 6 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540239<br>271540240<br>271540241 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540242<br>271540243<br>271540244 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 52 | ***Profundidad máxima (m)*** | 58 |
| ***Caudal L/s*** | 9,95 | ***Caudal L/s*** | 13,88 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 100665 | ***Vertido $m^3$/año*** | 180000 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D May-Sep |
| ***Potencia frío KW*** | 3 x 245 KW (Total 735 KW) |
| ***Frecuencia generación calor*** | - |
| ***Potencia calor KW*** | |

***APROVECHAMIENTO:*** *RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Sifón. 18 m bajo nivel freático

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual-Debajo

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 16,9 ºC ***Fecha*** 28/10/2009

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 34,85 | 53,00 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 507,5 | 271540177 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 835,4 | 271540100 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 1,9 ***Magnitud del Vertido (ºC)***

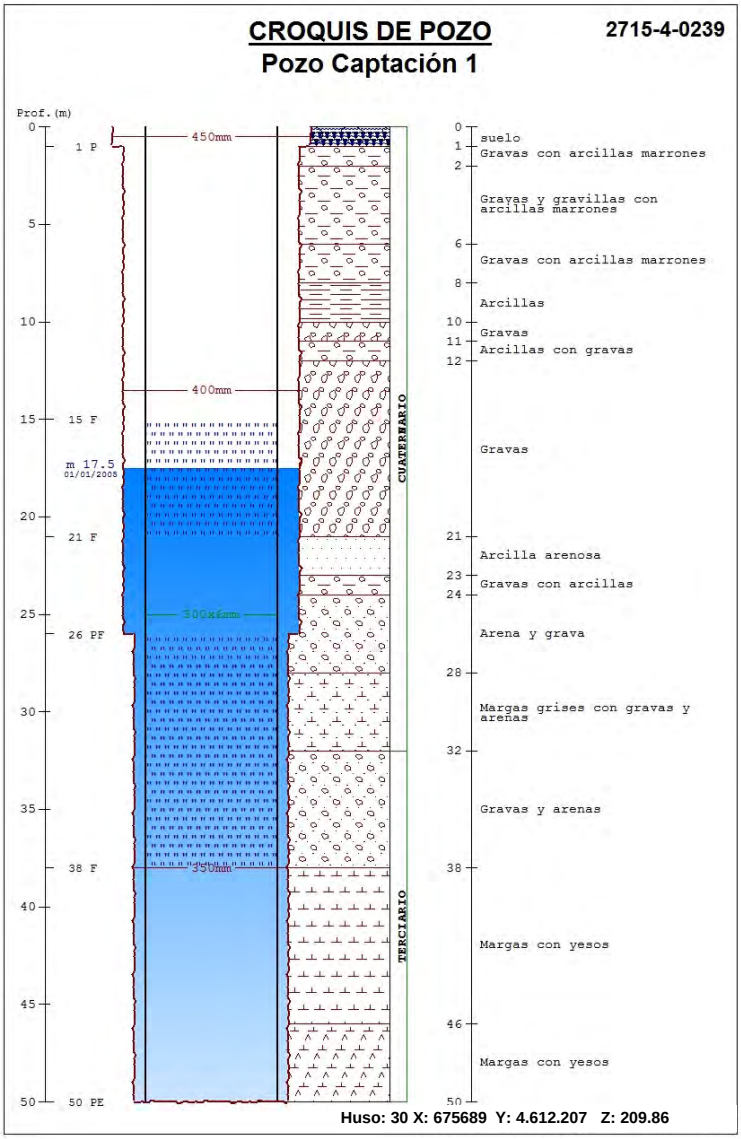
***Externa*** No

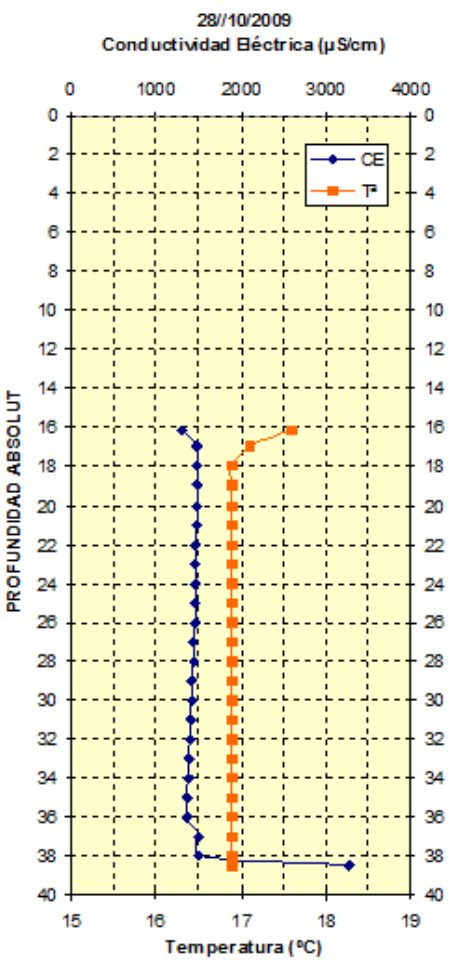
***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2008 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

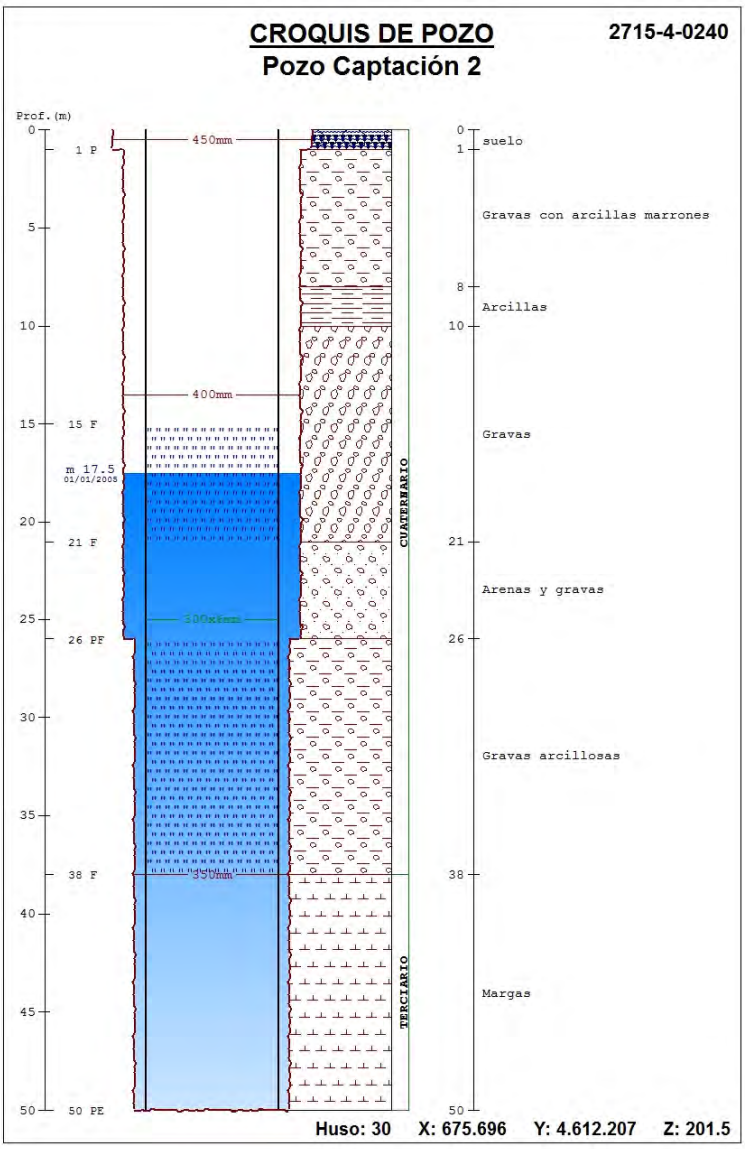



## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

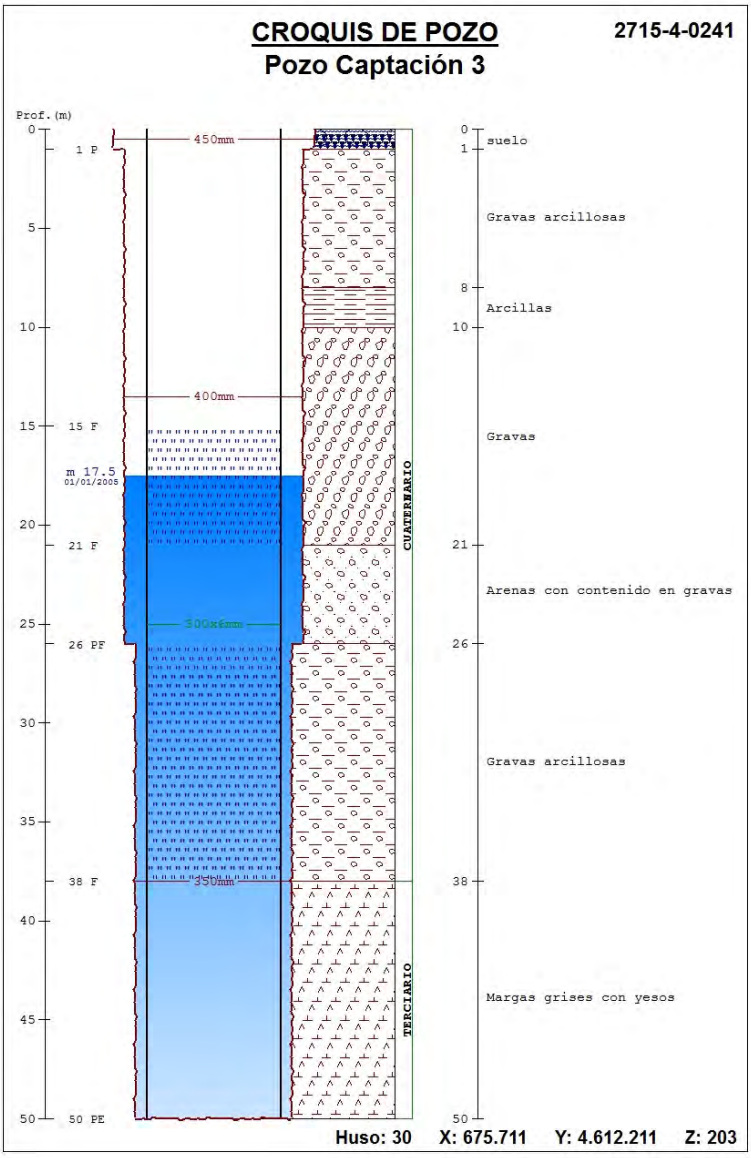



**Referencia nivelación desconocida**

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

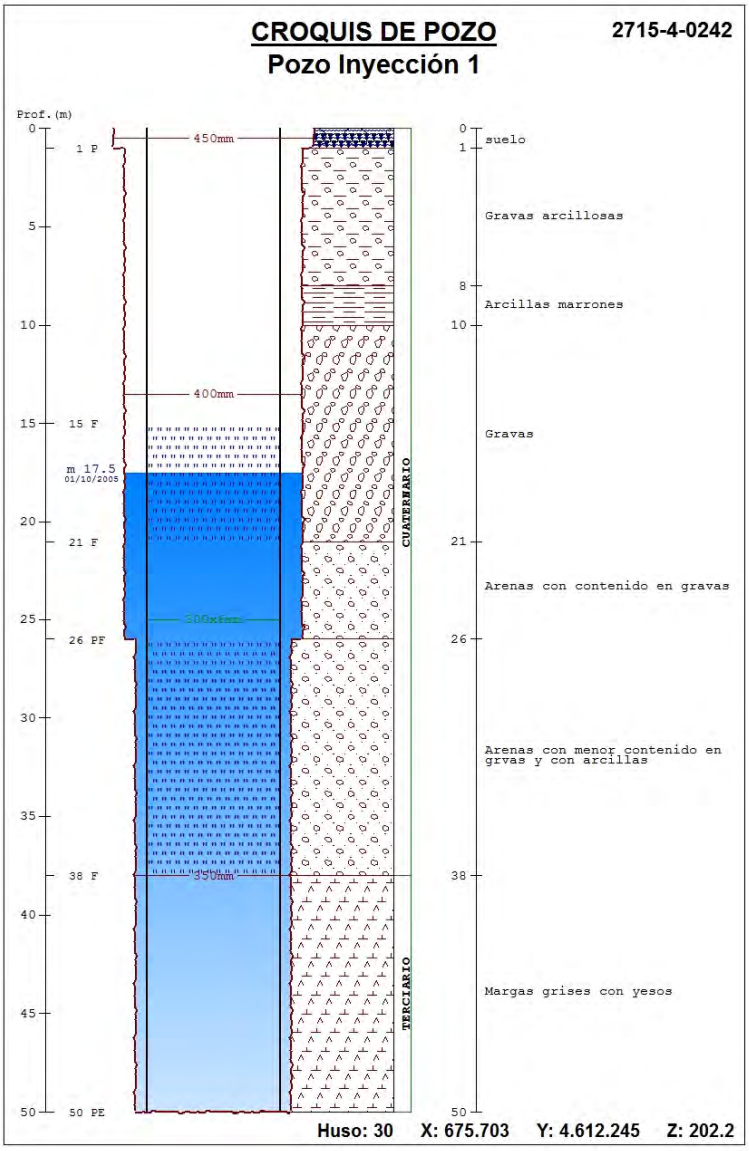



**Referencia nivelación desconocida**

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

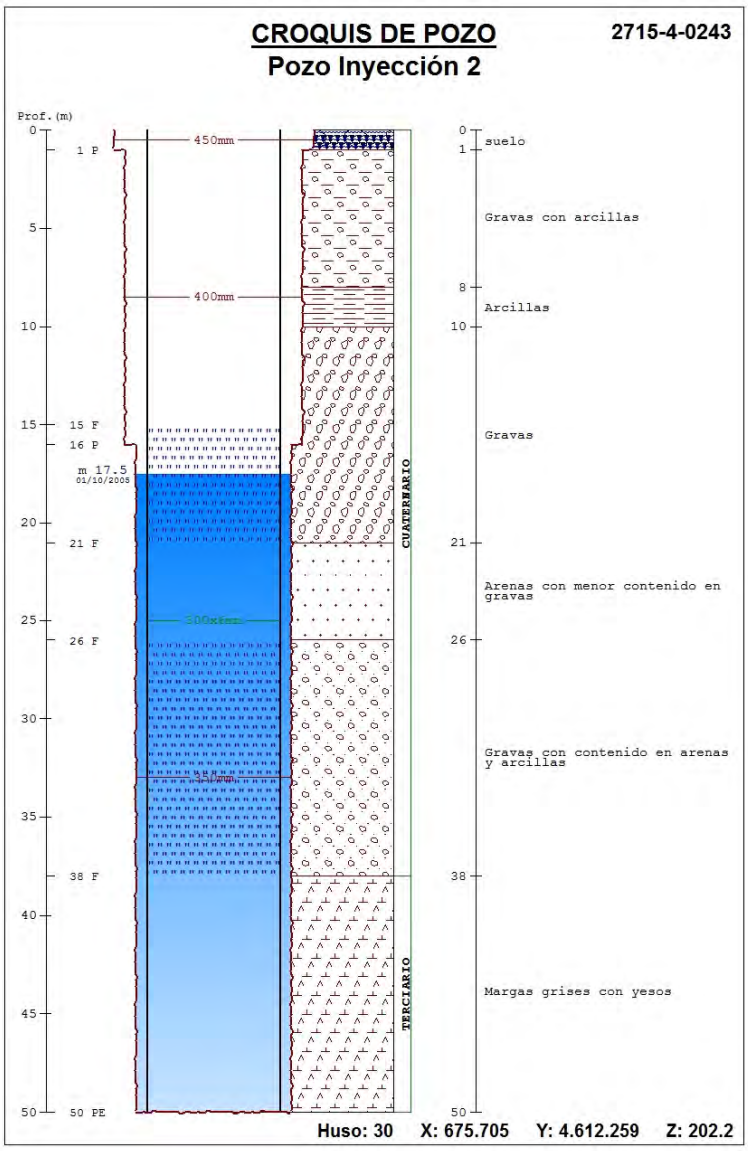



Referencia nivelación desconocida

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

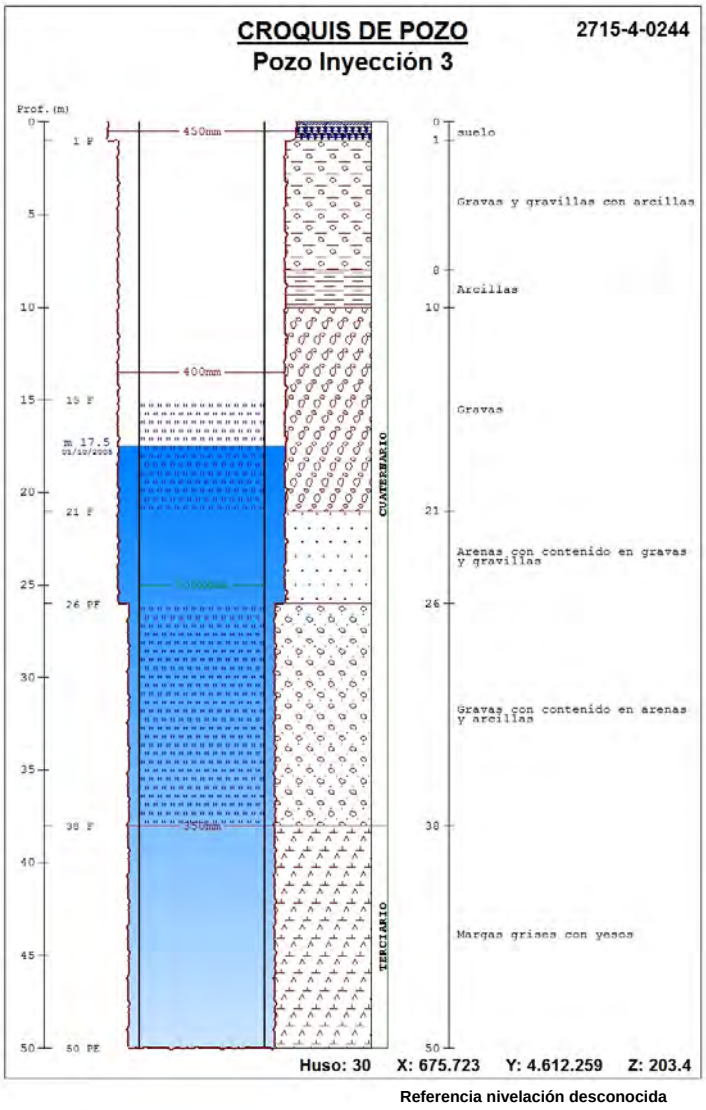



**Referencia nivelación desconocida**

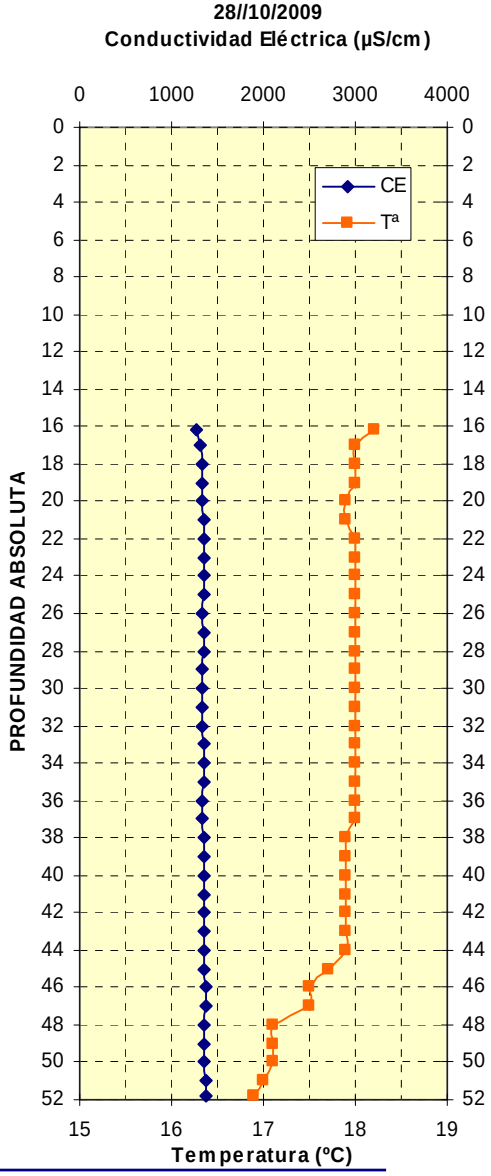
## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *RESIDENCIA REYES DE ARAGÓN*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




Referencia nivelación desconocida




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 43

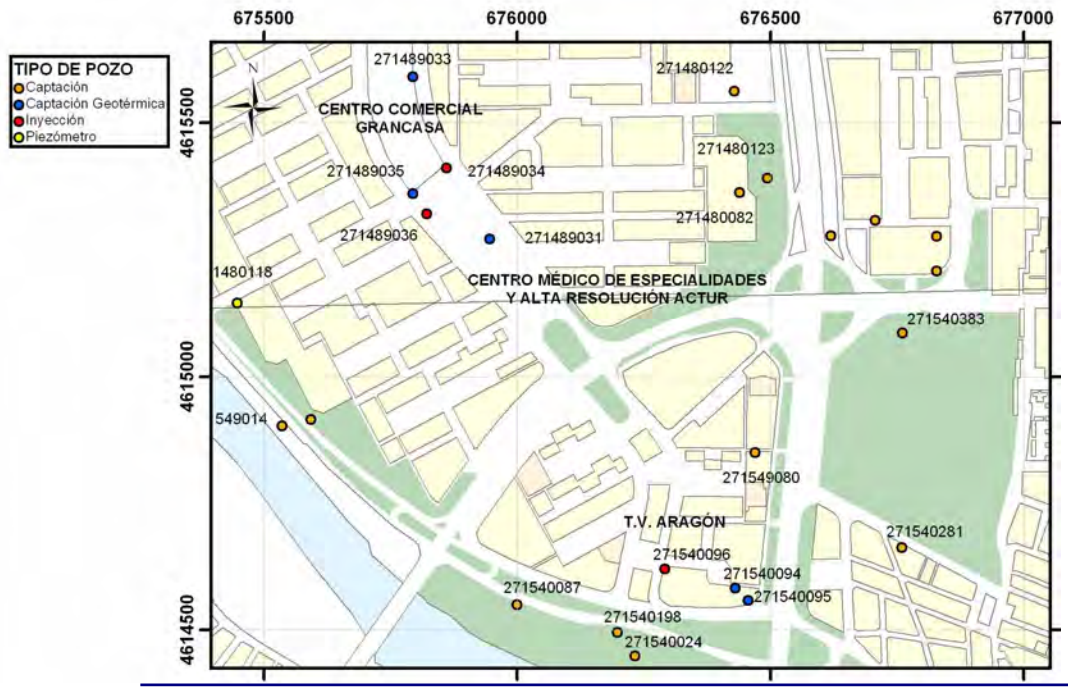
***APROVECHAMIENTO:*** *T.V. ARAGÓN*

**TITULAR** Gobierno de Aragón - Dpto. Presidencia y Relaciones Institucionales

**Nº Expediente** **1993P0138**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540094<br>271540095 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540096 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 20,4 | ***Profundidad máxima (m)*** | 20 |
| ***Caudal L/s*** | 8,15 | ***Caudal L/s*** | 8,15 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 183384 | ***Vertido $m^3$/año*** | 257018 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-D Oct-Sep

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *T.V. ARAGÓN*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 18,9 ºC | ***Fecha*** | 21/09/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 19,4 ºC | ***Fecha*** | 21/09/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 0,5 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 144,4 | 175,94 | Probable |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 957,12 | 271489036 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 182,1 | 271540024 | No se sabe |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 3,9 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** -0,6

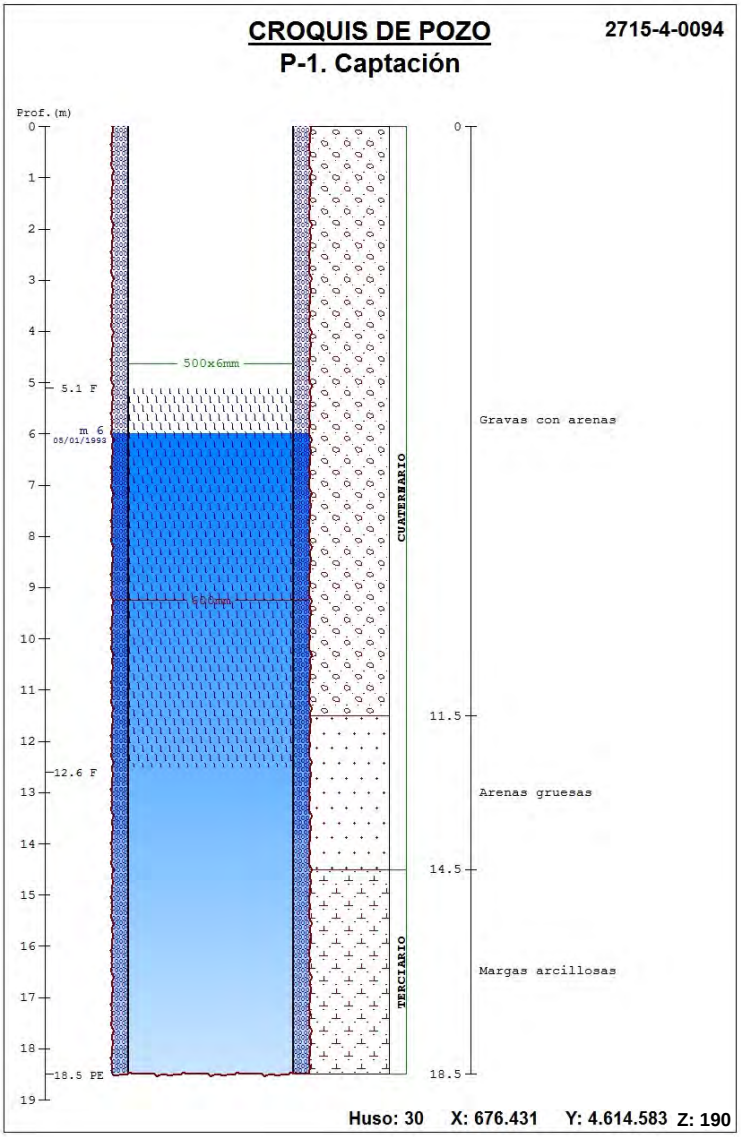
***Externa*** No

***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** 1999 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *TV ARAGÓN*

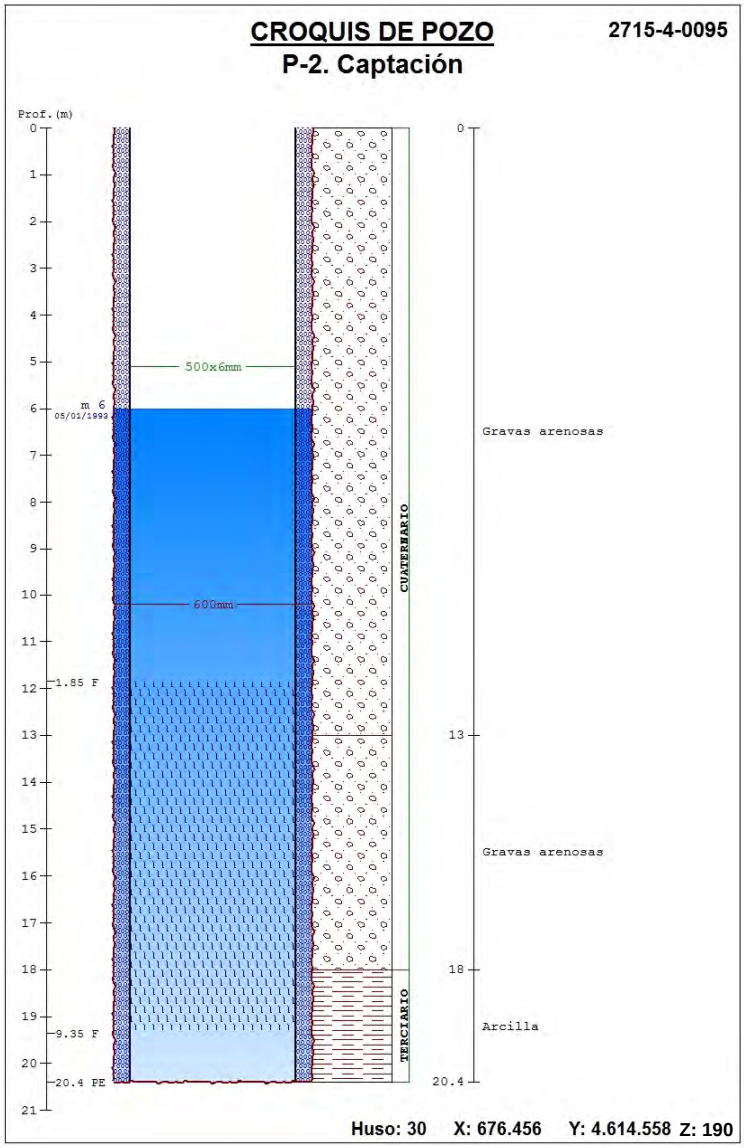
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

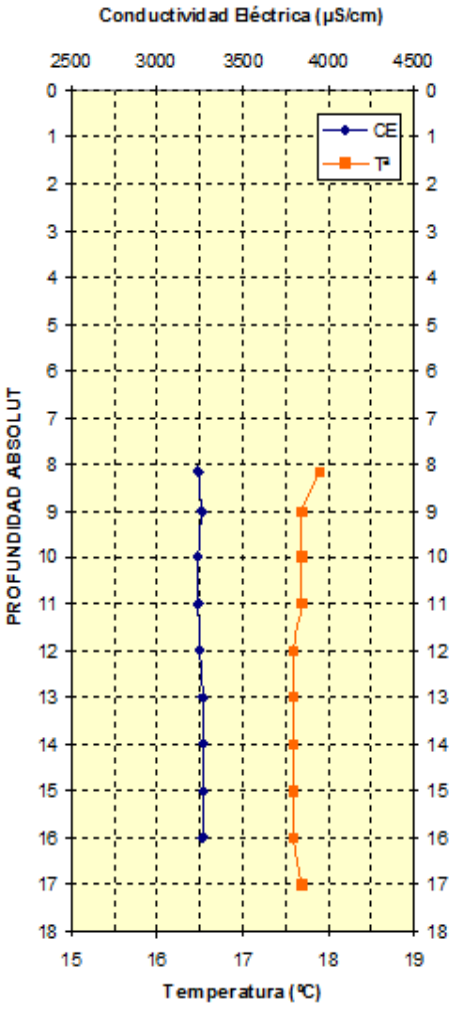



## *FOTOGRAFÍAS*

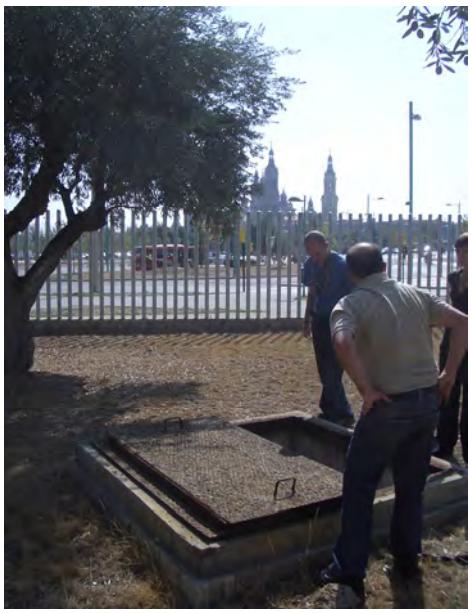
***APROVECHAMIENTO:*** *TV ARAGÓN*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T



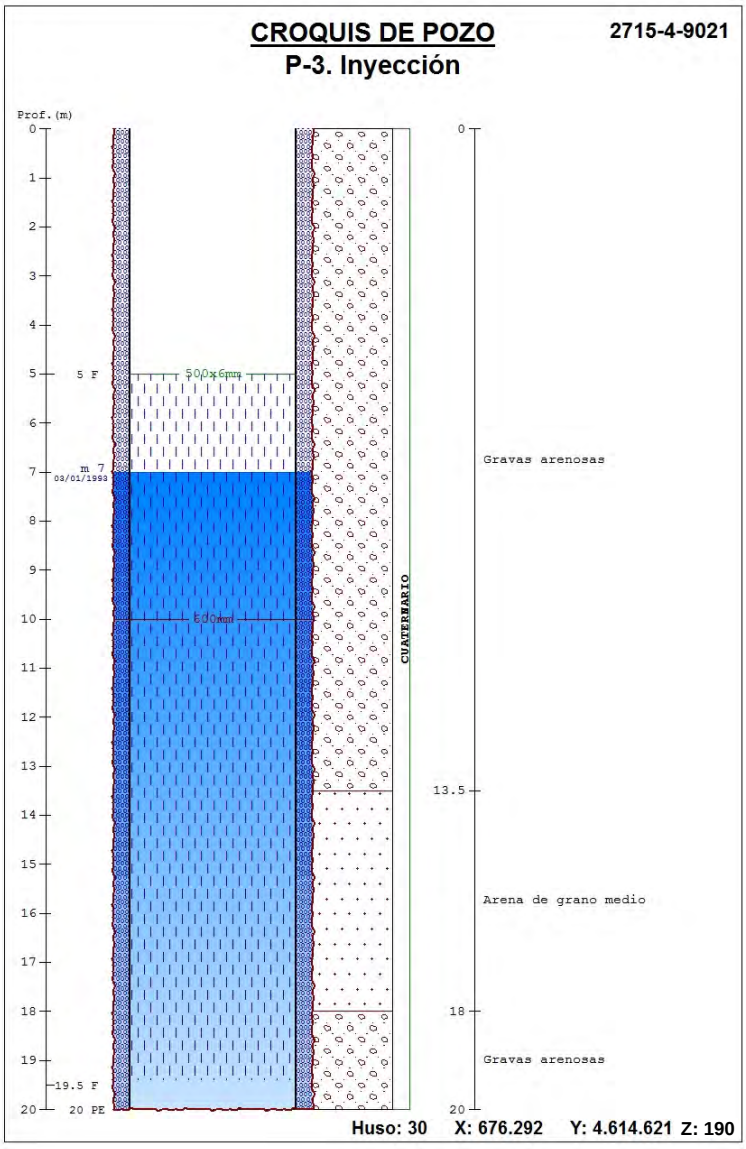




## *FOTOGRAFÍAS*



***APROVECHAMIENTO:*** *TV ARAGÓN*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

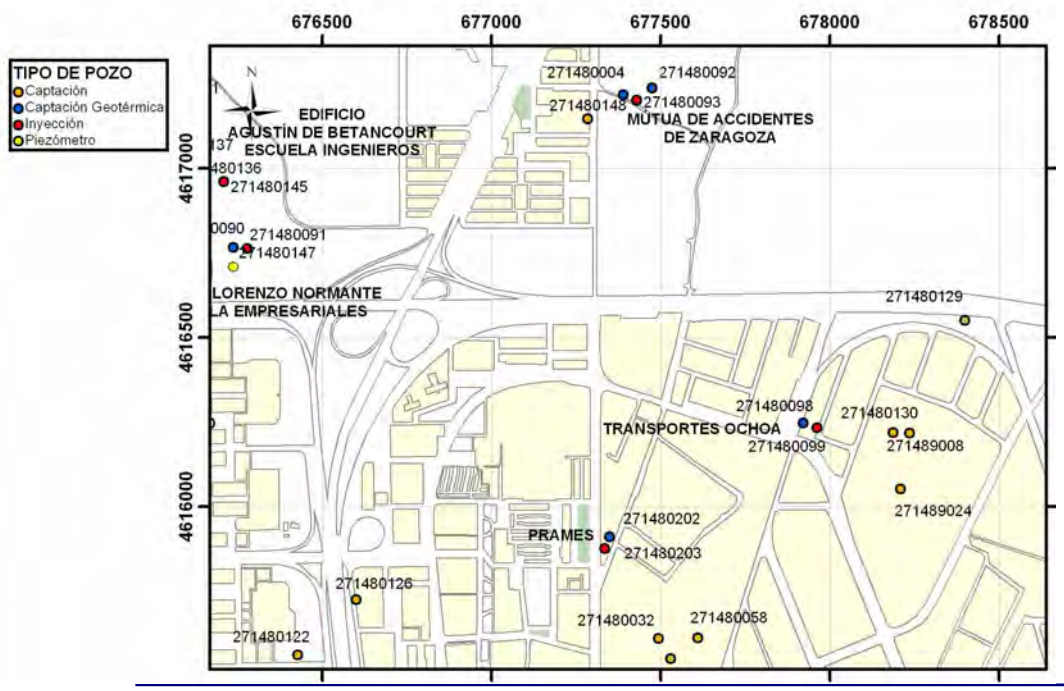
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 44

***APROVECHAMIENTO:*** *TRANSPORTES OCHOA*

**TITULAR** Transportes Ochoa

**Nº Expediente** **2003P0473** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Parado

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480098 | ***Nº pozos Vertido*** | 271480099 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 30 | ***Profundidad máxima (m)*** | 30 |
| ***Caudal L/s*** | 13,43 | ***Caudal L/s*** | 17,36 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 341548 | ***Vertido $m^3$/año*** | 400000 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-V Oct-Sep

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** ?

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *TRANSPORTES OCHOA*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 25,6 ºC | ***Fecha*** | 10/09/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 29,5 ºC | ***Fecha*** | 10/09/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 3,9 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 42,87 | - | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1073,66 | 271480093 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 305,68 | 271489024 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 10,6 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 9,5

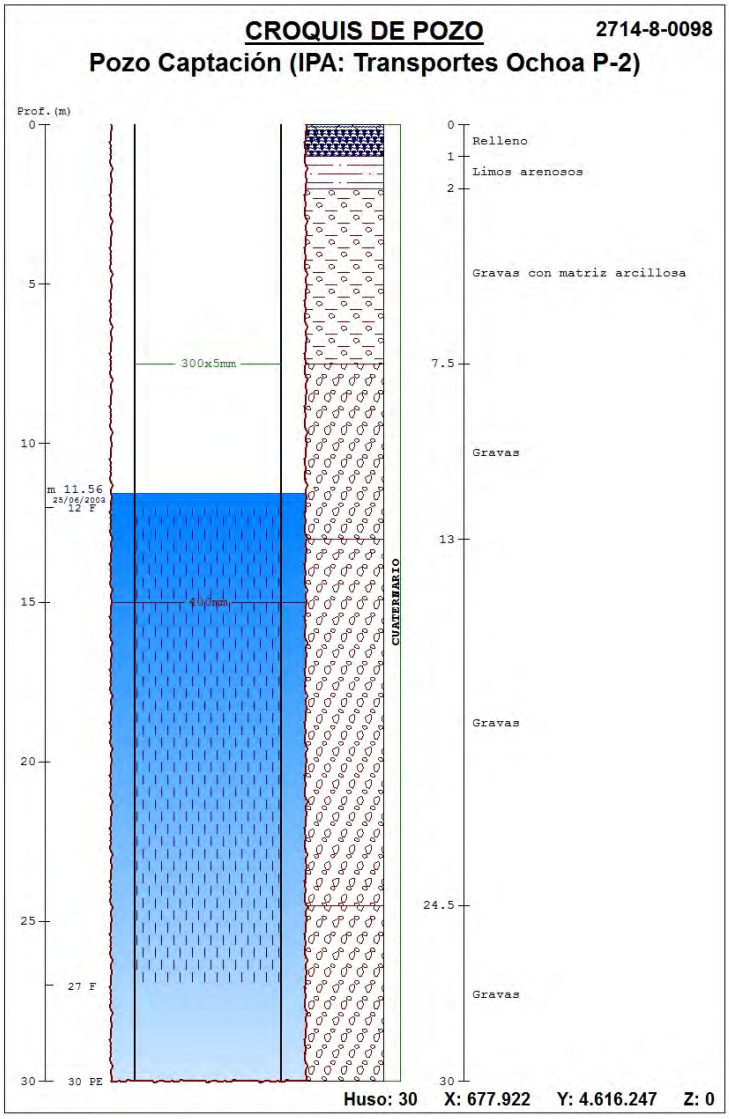
***Externa*** No

***Autointerferencia*** Sí

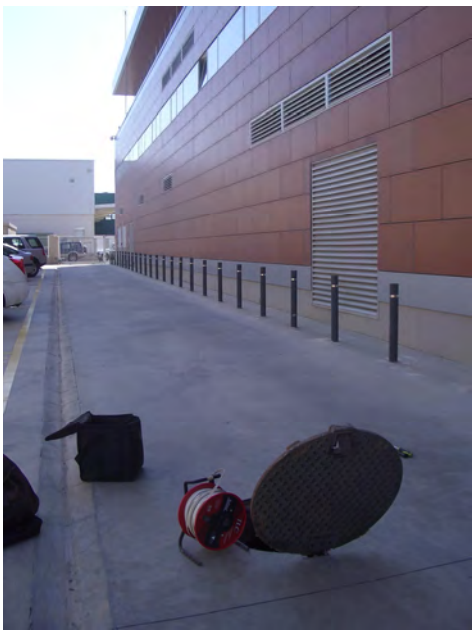
***Año inicio explotación:*** 2005 ***Año finalización explotación:*** 2013

***APROVECHAMIENTO:*** *TRANSPORTES OCHOA*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

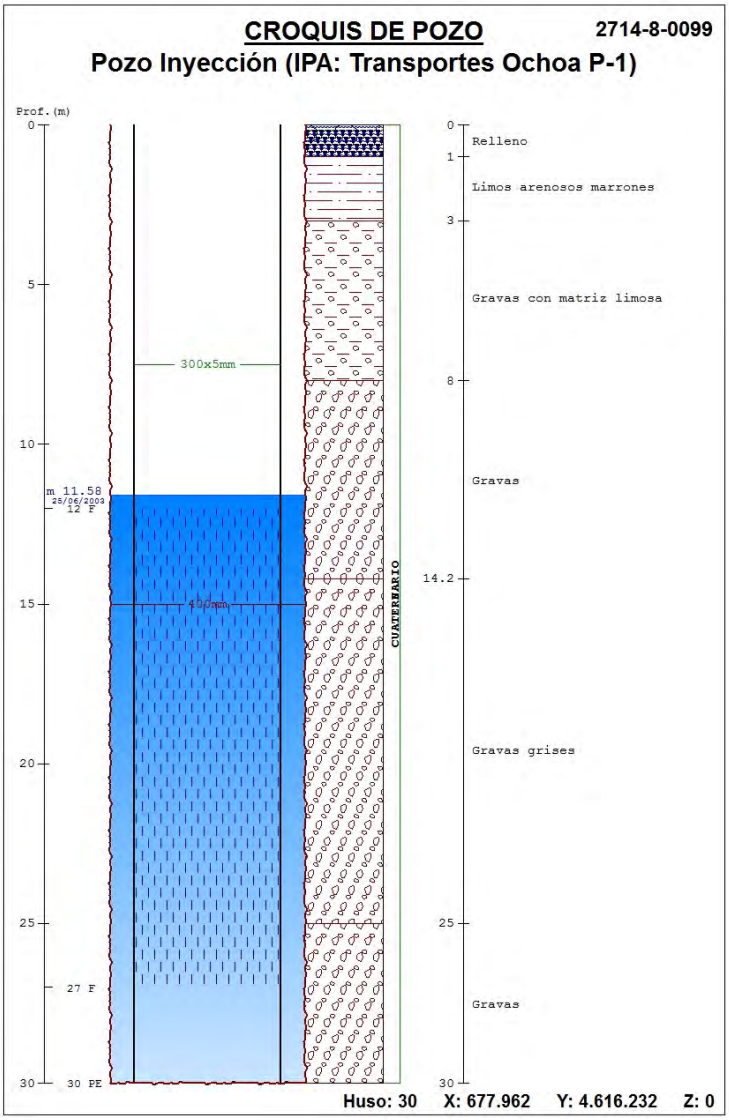



## *FOTOGRAFÍAS*

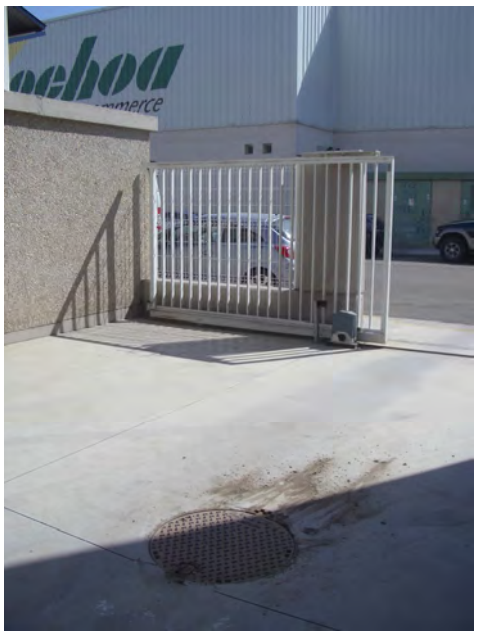


***APROVECHAMIENTO:*** *TRANSPORTES OCHOA*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*



# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 45

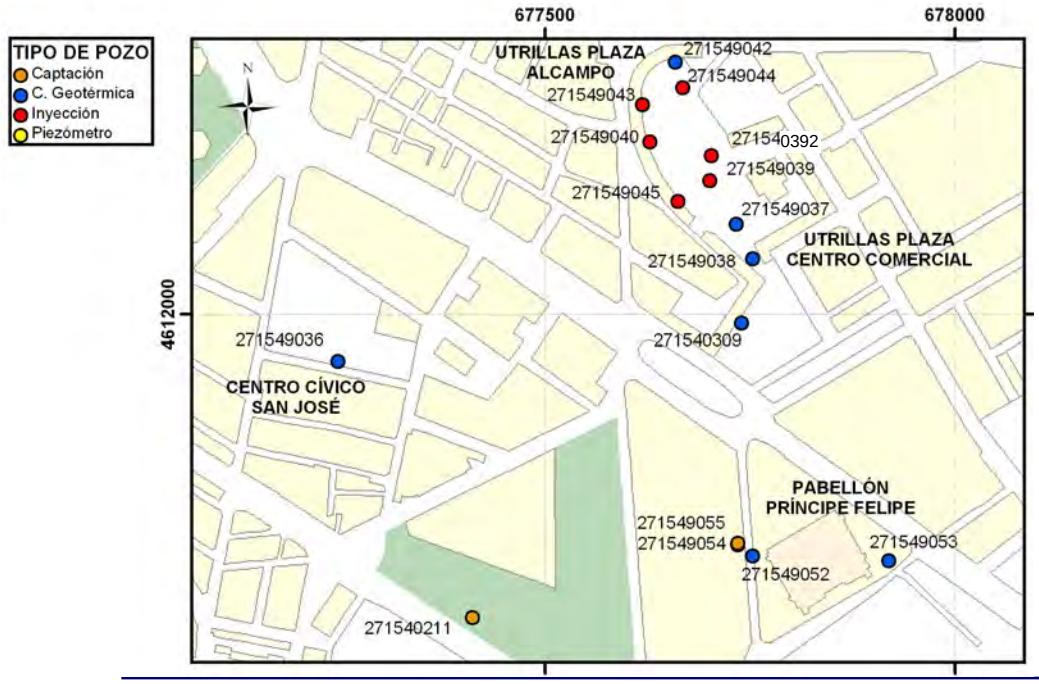
***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO*

**TITULAR** Alcampo

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 4 | ***OTROS USOS*** | Uso único: Cámaras frigoríficas |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549042 | ***Nº pozos Vertido*** | 271549043, 271549044 271549045 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | 16,6 | ***Caudal L/s*** | 16,6 |
| ***Consumo m3/año*** | 525600 | ***Vertido m3/año*** | 525600 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** L-D Oct-Sep

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 24 ºC | ***Fecha*** | 16/10/2009 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 30,4 ºC | ***Fecha*** | 16/10/2009 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 6,4 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 32,01 | 168,97 | Sí |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 101,73 | 271549040 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 76,7 | 271549037 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 9 ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 10,4

***Externa*** Sí

***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** 2000 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

### *FOTOGRAFÍAS*

**2715-4-9042**

**2715-4-9042**

***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

### *FOTOGRAFÍAS*

**2715-4-9043**

**2715-4-9043**

***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

## *FOTOGRAFÍAS*

**2715-4-9044**

**2715-4-9044**

***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - ALCAMPO*

# CROQUS DE POZO-VERTIDO / REGISTRO CE-T

## *FOTOGRAFÍAS*

**2715-4-9045**

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 46

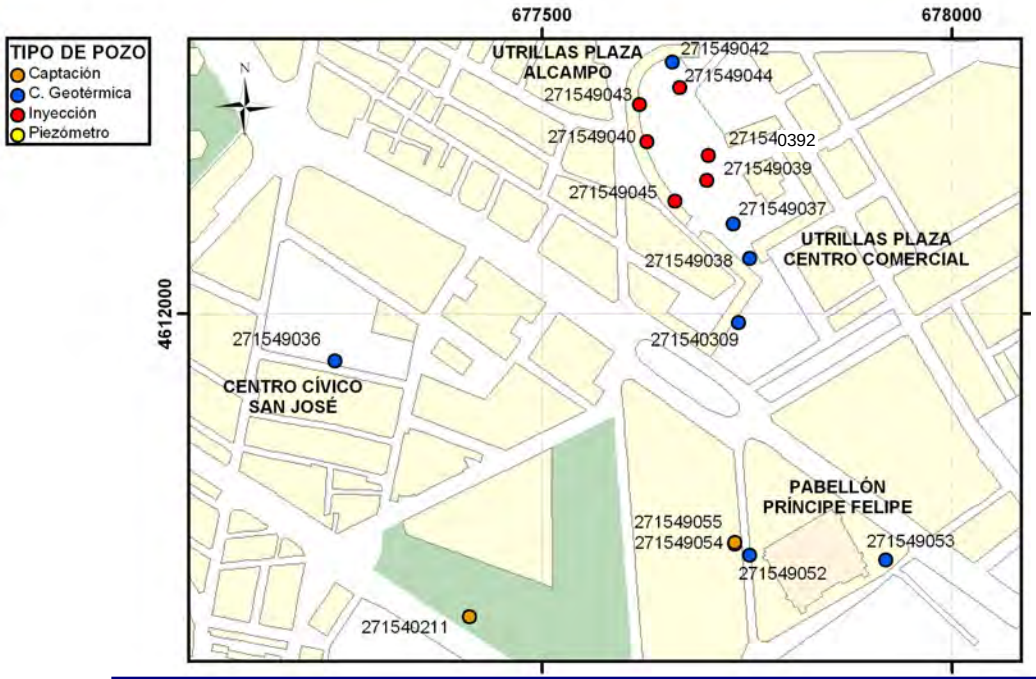
***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL*

**TITULAR** Utrillas Plaza - Centro Comercial

**Nº Expediente** **2002P1073**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 6 | ***OTROS USOS*** | Climatización C.C. Alcampo |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540309<br>271549037<br>271549038 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540392<br>271549039<br>271549040 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m)*** | 28,4 |
| ***Caudal L/s*** | 85 | ***Caudal L/s*** | 85 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 1285200 | ***Vertido $m^3$/año*** | 1285200 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-S May-Sep pozo 271540309 |
| ***Potencia frío KW*** | 4*832 KW. Total: 3328 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-S Oct-Abr pozos 271549037 y 271549038 |
| ***Potencia calor KW*** | 4* 898 KW. Total: 3592 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** 34,6 ºC ***Fecha*** 16/10/2009

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 61,69 | 245,91 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 76,7 | 271549045 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 101,73 | 271549042 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)*** 14,6

***Externa*** Sí

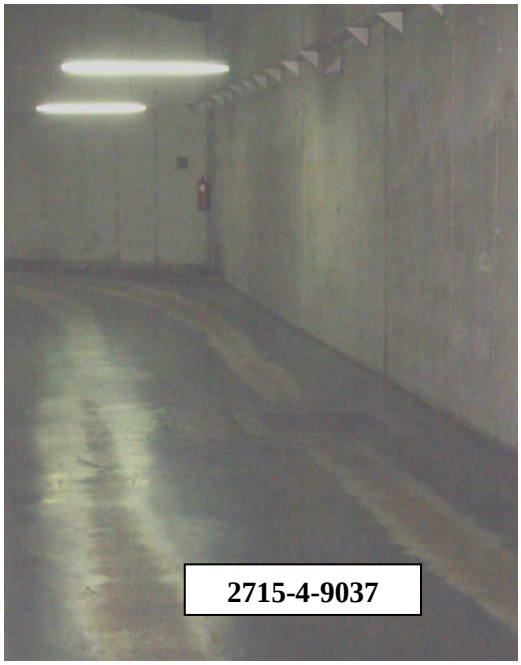
***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** 2000 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL*

## CROQUIS DE POZOS-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***



***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL*

## CROQUIS DE POZOS-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

**2715-4-0309**

***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL*

## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T

### *FOTOGRAFÍAS*

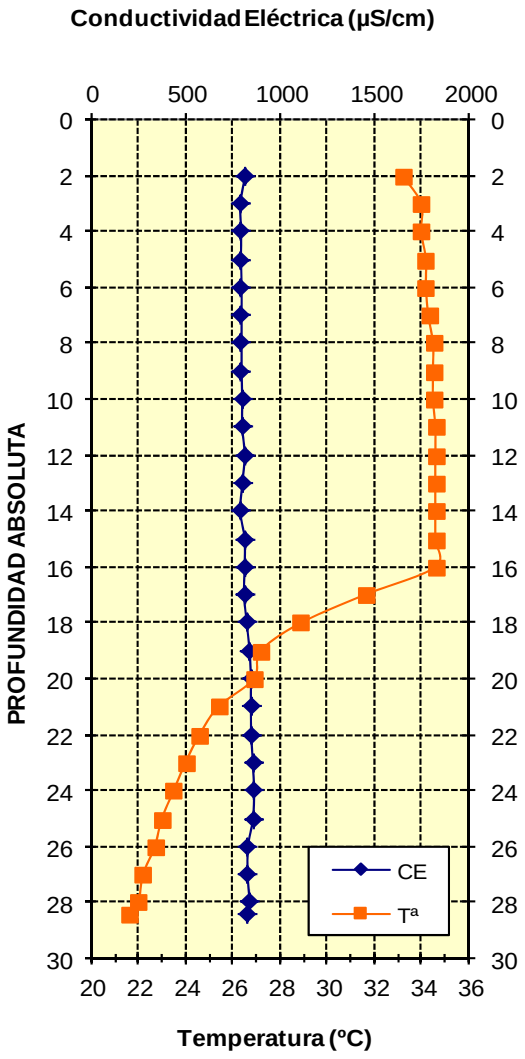
**2715-4-9039**

**2715-4-9040**

***APROVECHAMIENTO:*** *UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL*

## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T

**271540392: C.C. Utrillas (Inyección Zona 43) 16//10/2009**




***FOTOGRAFÍAS***

**2715-4-0392**

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 47

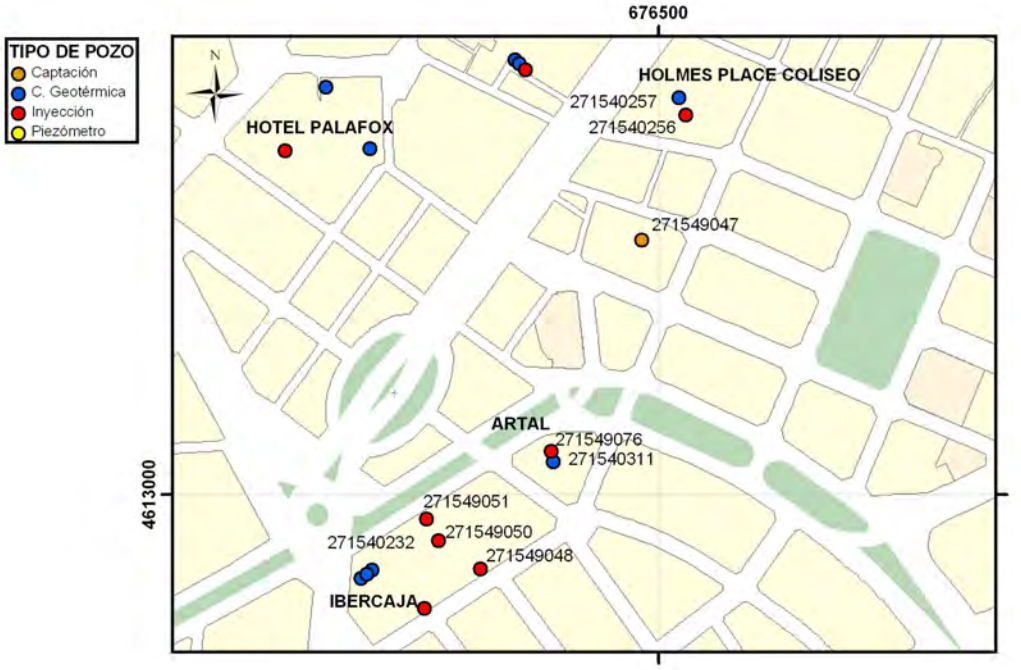
***APROVECHAMIENTO:*** *ARTAL*

**TITULAR** Urbihome-Grupo Artal. Anteriormente Construcciones Monrepós

**Nº Expediente** **2003P1056**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Sin uso

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540311 | ***Nº pozos Vertido*** | 271549076 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 25 | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | 12 | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 7000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 7000 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** -

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** -

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *ARTAL*

***CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO***

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo.

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima-Igual

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

***DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO***

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 15 | | No |

***DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO***

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 136,9 | 271549051 | Sí |

***DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN***

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 212,82 | 271549047 | No |

***CONTAMINACIÓN***

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa*** No se sabe

***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 2004 ***Año finalización explotación:*** 2005 ó 2006

***APROVECHAMIENTO:*** *ARTAL*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 48

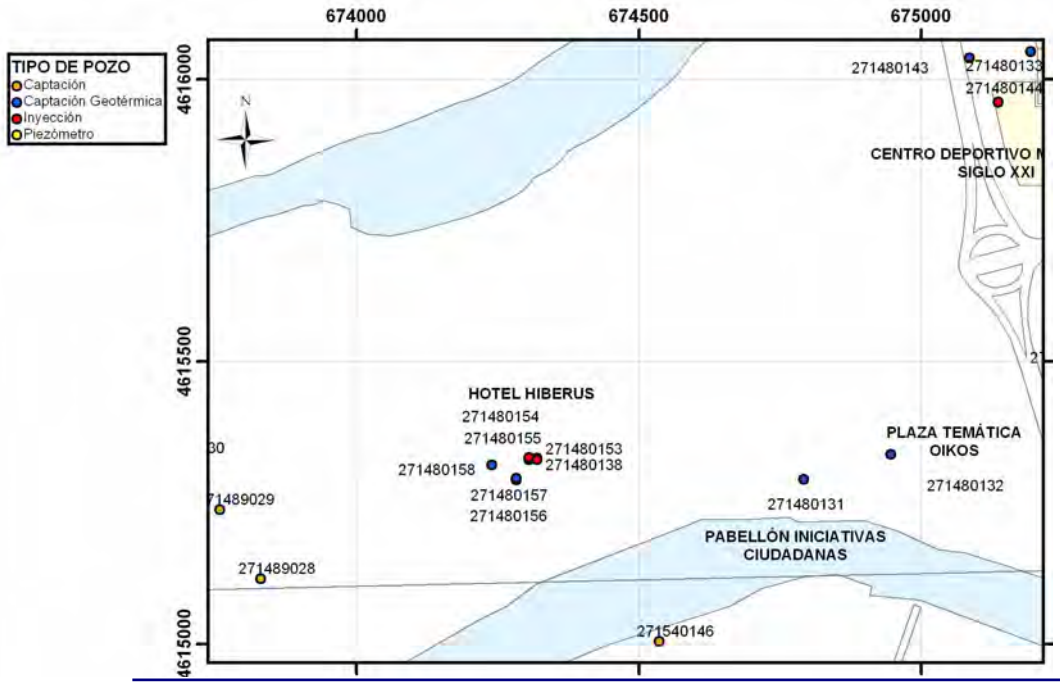
## *APROVECHAMIENTO:* *PABELLÓN INICIATIVAS CIUDADANAS*

**TITULAR** Expo Agua- Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente** **2007P1437**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Inhabilitado

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480131 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 18 | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | 0,93 | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 68140 año 2008 | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** Verano 2008

***Potencia frío KW*** 451 KW

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *PABELLÓN INICIATIVAS CIUDADANAS*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Río Ebro ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** -

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 16,7 ºC ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** 24,7 ºC ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO*** 8 ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 474,50 | 271480138 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

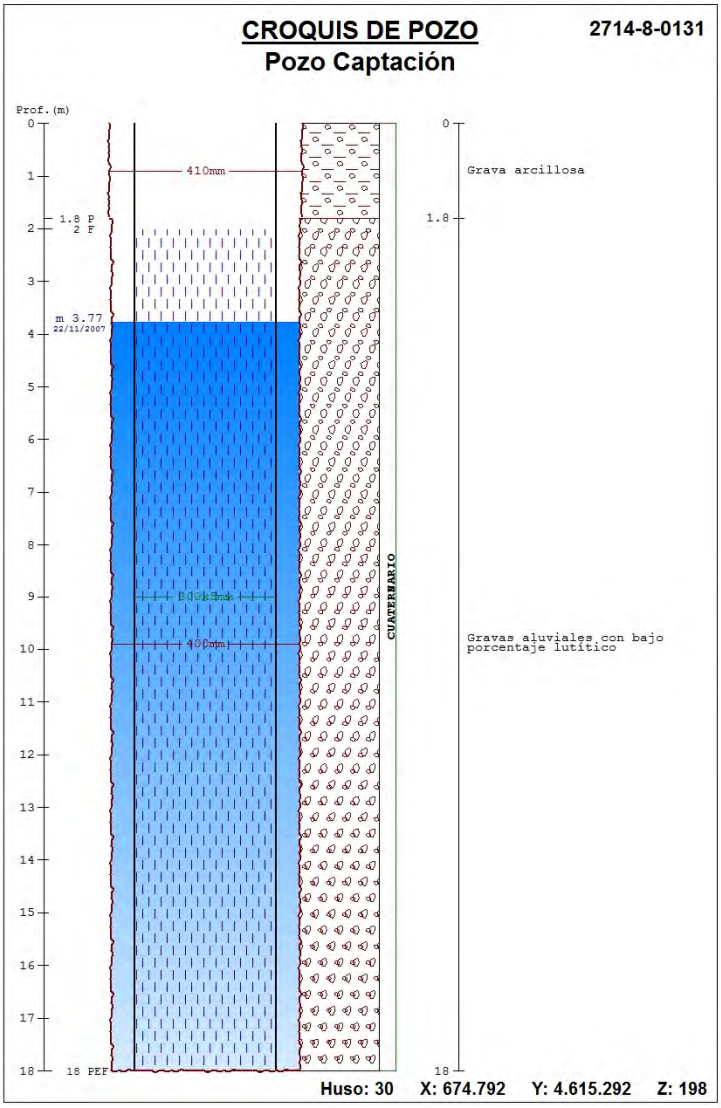
***Externa*** No

***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** Junio 2008 ***Año finalización explotación:*** Septiembre 2008

***APROVECHAMIENTO:*** *PABELLÓN INICIATIVAS CIUDADANAS*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 49

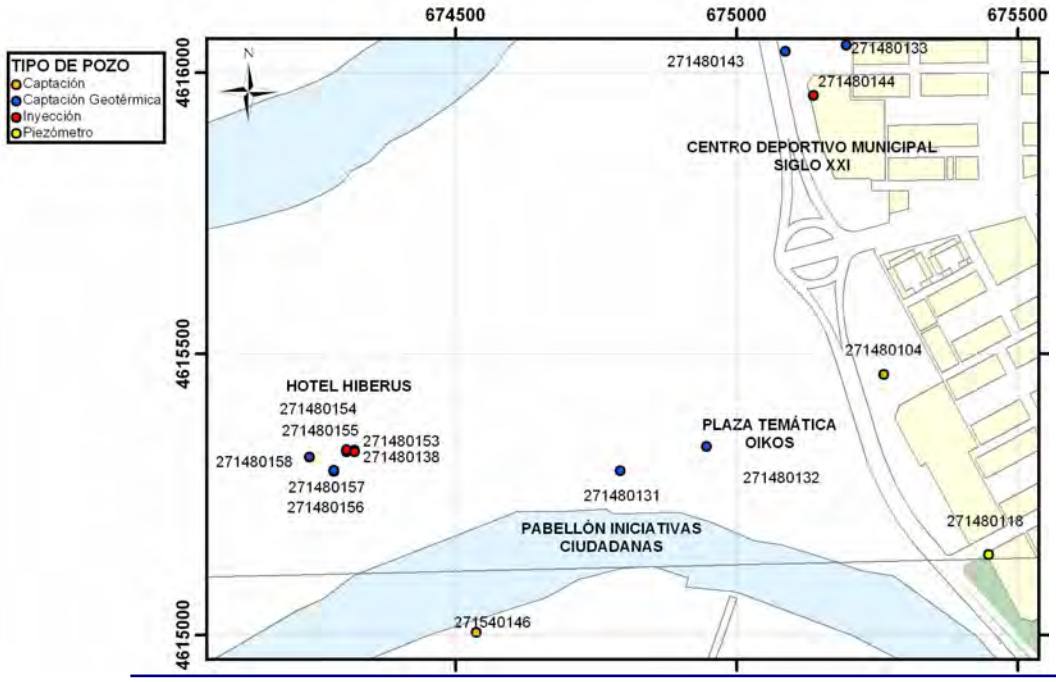
***APROVECHAMIENTO:*** *PLAZA TEMÁTICA OIKOS*

**TITULAR** Expo Agua- Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente** **2008P0380**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Inhabilitado

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480132 | ***Nº pozos Vertido*** | 0 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 15 | ***Profundidad máxima*** | |
| ***Caudal L/s*** | 0,016 | ***(m) Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 132,3 año 2008 | ***Vertido $m^3$/año*** | - |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** verano 2008

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *PLAZA TEMÁTICA OIKOS*

***CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO***

***Lugar de vertido*** Río Ebro ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** -

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** -

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

***DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO***

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

***DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO***

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 626,5 | 271480138 | No |

***DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN***

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

***CONTAMINACIÓN***

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

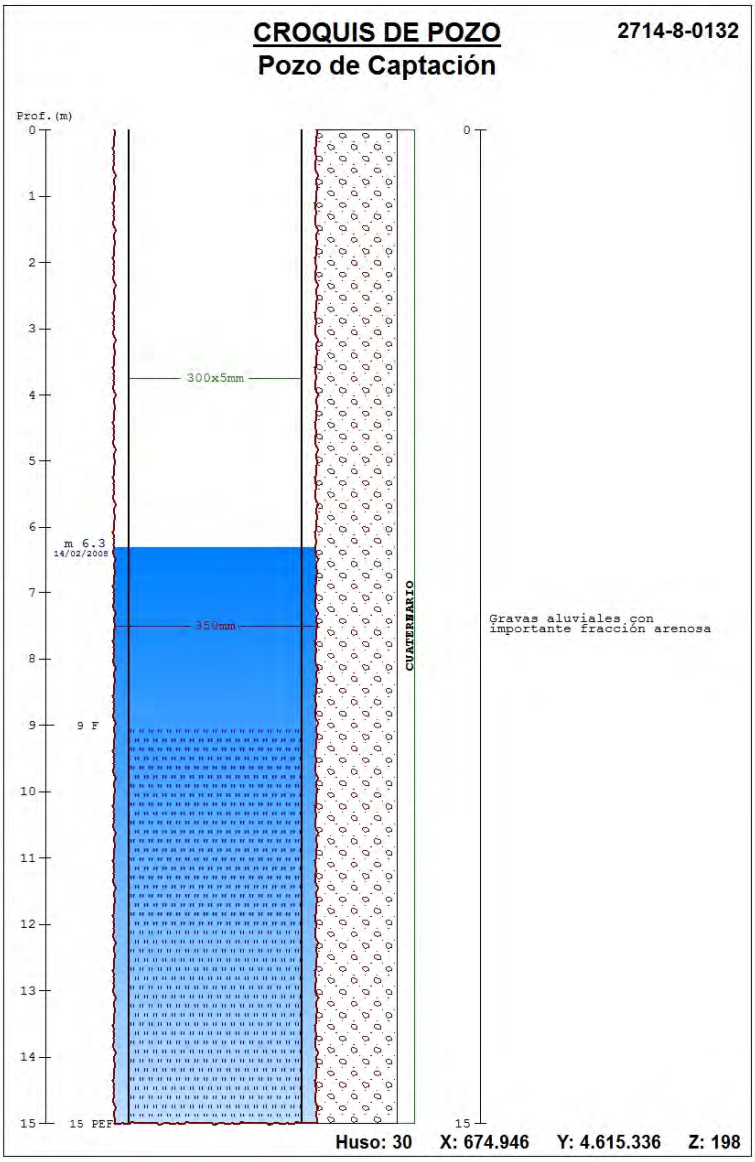
***Externa*** No

***Autointerferencia*** -

***Año inicio explotación:*** Junio 2008 ***Año finalización explotación:*** Septiembre 2008

***APROVECHAMIENTO:*** *PLAZA TEMÉTICA OIKOS*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 50

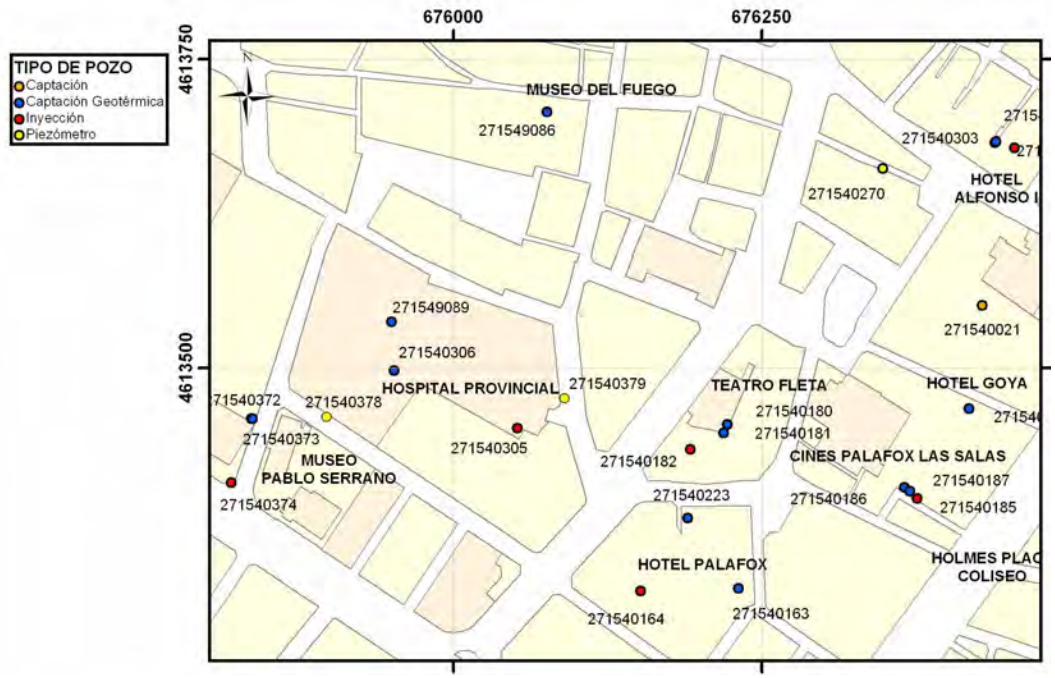
***APROVECHAMIENTO:*** *TEATRO FLETA*

**TITULAR** Diputación Provincial de Zaragoza

**Nº Expediente** **2002P0090**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** En proyecto

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540180<br>271540181 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540182 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 53 | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | 4,6 | ***Caudal L/s*** | - |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 108864 | ***Vertido $m^3$/año*** | |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *TEATRO FLETA*

***CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO***

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

***DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO***

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 30,05 | 35,87 | Sí |

***DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO***

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 170,91 | 271540305 | Sí |

***DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN***

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 176,46 | 271540187 | Probable |

***CONTAMINACIÓN***

***¿Existe control periódico?*** No

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

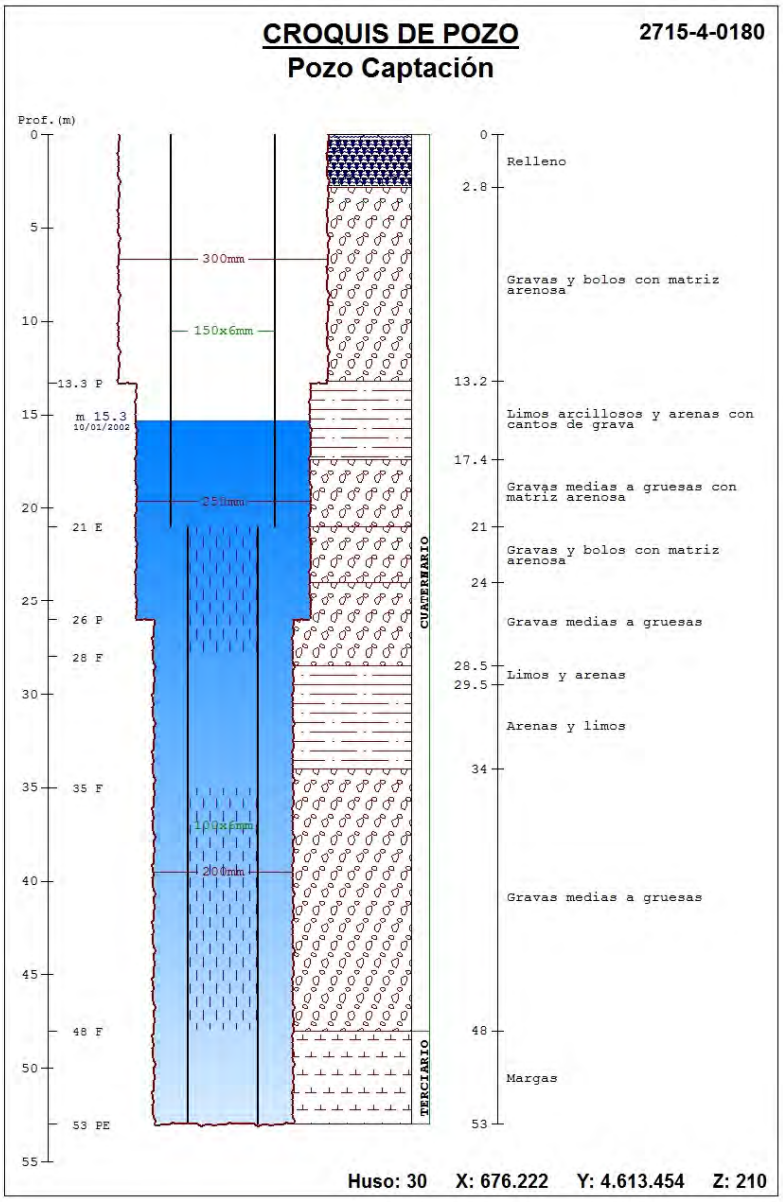
***Externa*** No se sabe

***Autointerferencia*** Probable

***Año inicio explotación:*** ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *TEATRO FLETA*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 51

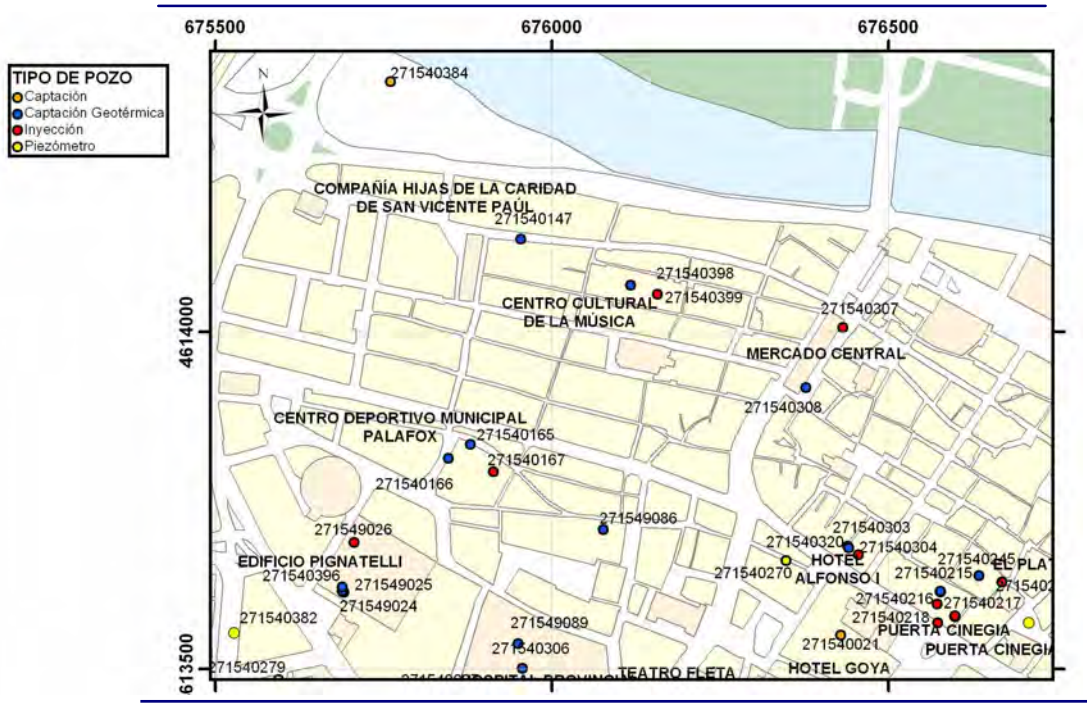
## *APROVECHAMIENTO: COMPAÑÍA HIJAS DE LA CARIDAD DE SAN VICENTE PAÚL*

**TITULAR:** Compañía Hijas de la Caridad de San Vicente Paúl

**Nº Expediente 1997P1293**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 1 | ***OTROS USOS*** | Usos domésticos no de boca |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540147 | ***Nº pozos Vertido*** | |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 30 | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | 0,16 | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 5124 | ***Vertido $m^3$/año*** | |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** Enero-Diciembre

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *Compañía Hijas de la Caridad de San Vicente de Paúl*

***CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO***

***Lugar de vertido*** Zanja drenante ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

***DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO***

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

***DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO***

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 345,41 | 271540167 | No |

***DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN***

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 475,39 | 271540308 | No |

***CONTAMINACIÓN***

***¿Existe control periódico?***

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

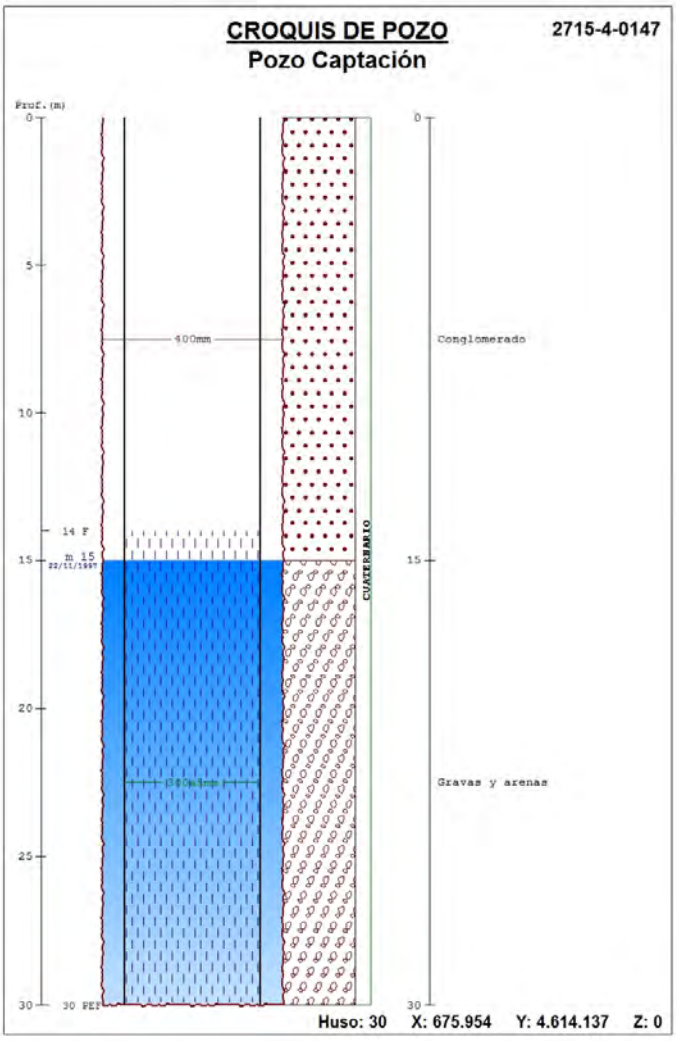
***Externa*** No

***Autointerferencia***

***Año inicio explotación:*** 1997 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *Compañía Hijas de la Caridad de San Vicente de Paúl*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

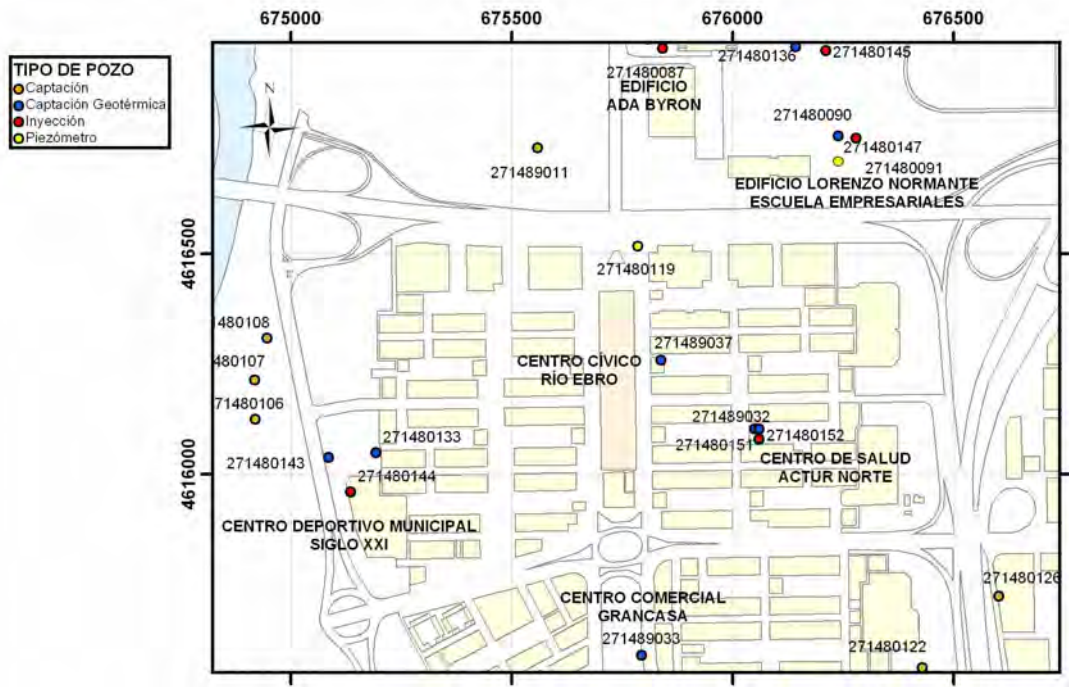
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 52

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO SALUD ACTUR NORTE*

**TITULAR** Dpto. Salud Gobierno de Aragón

**Nº Expediente 2009P1003** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 3 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480151<br>271489032 | ***Nº pozos Vertido*** | 271480152 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 16,82 | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | 6 | ***Caudal L/s*** | 6 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 67392 | ***Vertido $m^3$/año*** | 67392 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-V de 8-20h (Anual) |
| ***Potencia frío KW*** | 218 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | L-V de 8-20h (Anual) |
| ***Potencia calor KW*** | 251 KW |

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO SALUD ACTUR NORTE*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 17,5 ºC ***Fecha*** 11/11/2010

***Tª VERTIDO:*** 17.6 ºC ***Fecha*** 11/11/2010

***SALTO TÉRMICO*** 0,1 ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 24 | 26 | Sí |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 886,15 | 271480087 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 633,88 | 271480122 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Control de Temperatura

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

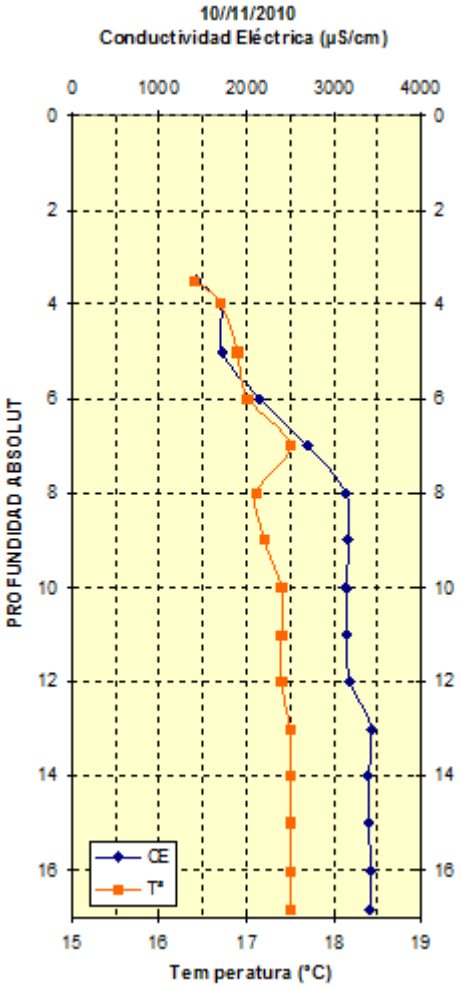
***Externa*** No

***Autointerferencia*** Sí

***Año inicio explotación:*** Oct 2010 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO SALUD ACTUR NORTE*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




### *FOTOGRAFÍAS*

**2714-8-0151 y 2714-8-9032**

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO SALUD ACTUR NORTE*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

### *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 53

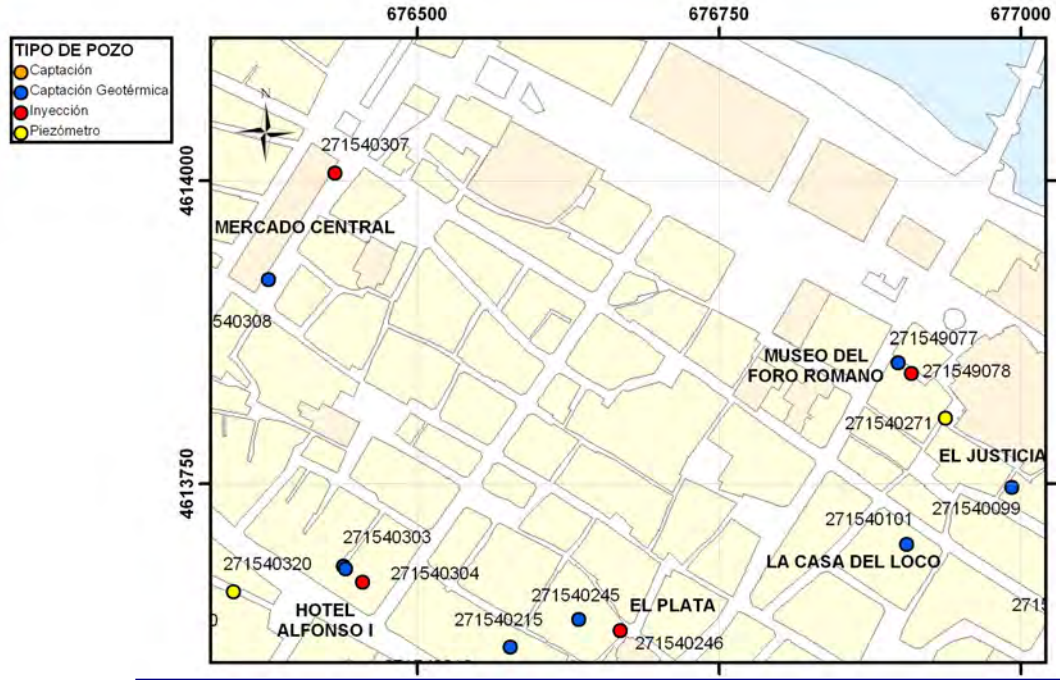
***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO DEL FORO ROMANO*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549077 | ***Nº pozos Vertido*** | 271549078 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 31,5 | ***Profundidad máxima (m)*** | 31,5 |
| ***Caudal L/s*** | | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-S de 7 a 21 h / D de 7 a 15 h |
| ***Potencia frío KW*** | 546 KW (182 KW x 3 máquinas. En funcionamiento 2) |
| ***Frecuencia generación calor*** | |
| ***Potencia calor KW*** | 615 KW (205 KW x 2 máquinas. En funcionamiento 2) |

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO DEL FORO ROMANO*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Tª CAPTACIÓN:*** | 16 ºC | ***Fecha*** | 12/01/2011 |
| ***Tª VERTIDO:*** | 43,3 ºC | ***Fecha*** | 12/01/2011 |
| ***SALTO TÉRMICO*** | 27,3 ºC | | |

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 13,00 | 13,00 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 492 | 271540307 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 125 | 271540099 | No se sabe |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?***

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa***

***Autointerferencia*** Probable

***Año inicio explotación:*** 2010 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO DEL FORO ROMANO*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

## *FOTOGRAFÍAS*

**2715-4-9077**

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO DEL FORO ROMANO*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

### *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 54

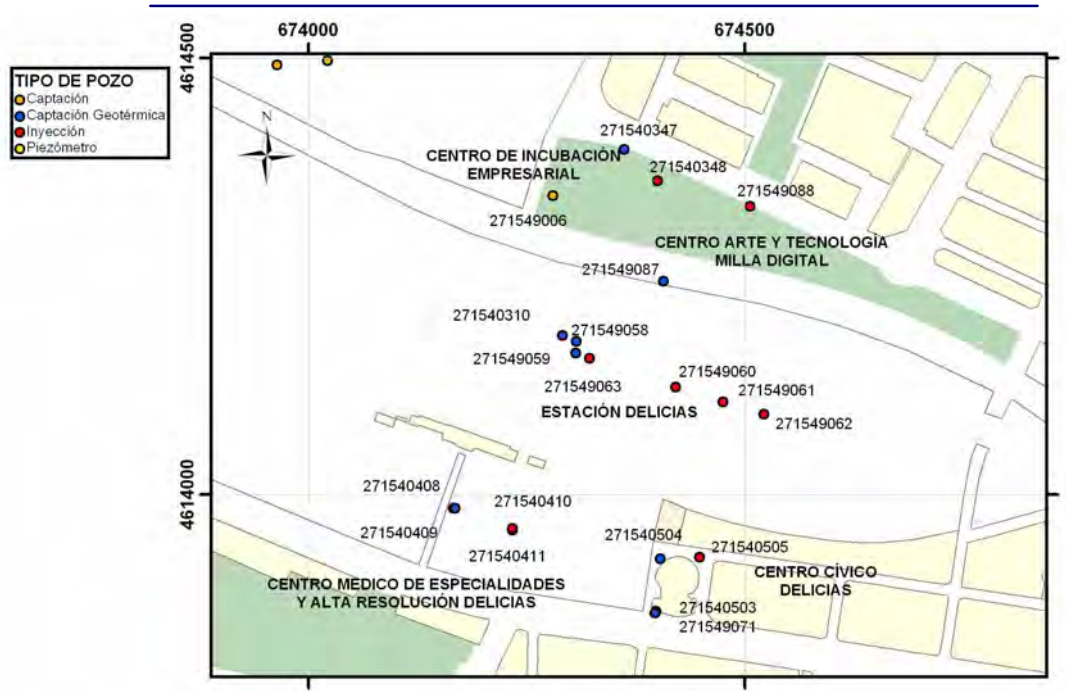
***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN DELICIAS*

**TITULAR** Gobierno de Aragón Departamento de Salud, Consumo y Servicios Sociales
Servicio Aragonés de Salud

**Nº Expediente** **2009P0321**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** En ejecución

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 4 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540408<br>271540409 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540410<br>271540411 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 35 | ***Profundidad máxima (m)*** | 20 |
| ***Caudal L/s*** | 80,5 | ***Caudal L/s*** | 80,55 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 1100000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 1100000 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN DELICIAS*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Encima

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 70 | 72 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 230,49 | 271549063 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 172 | 271540504 | No se sabe |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?***

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

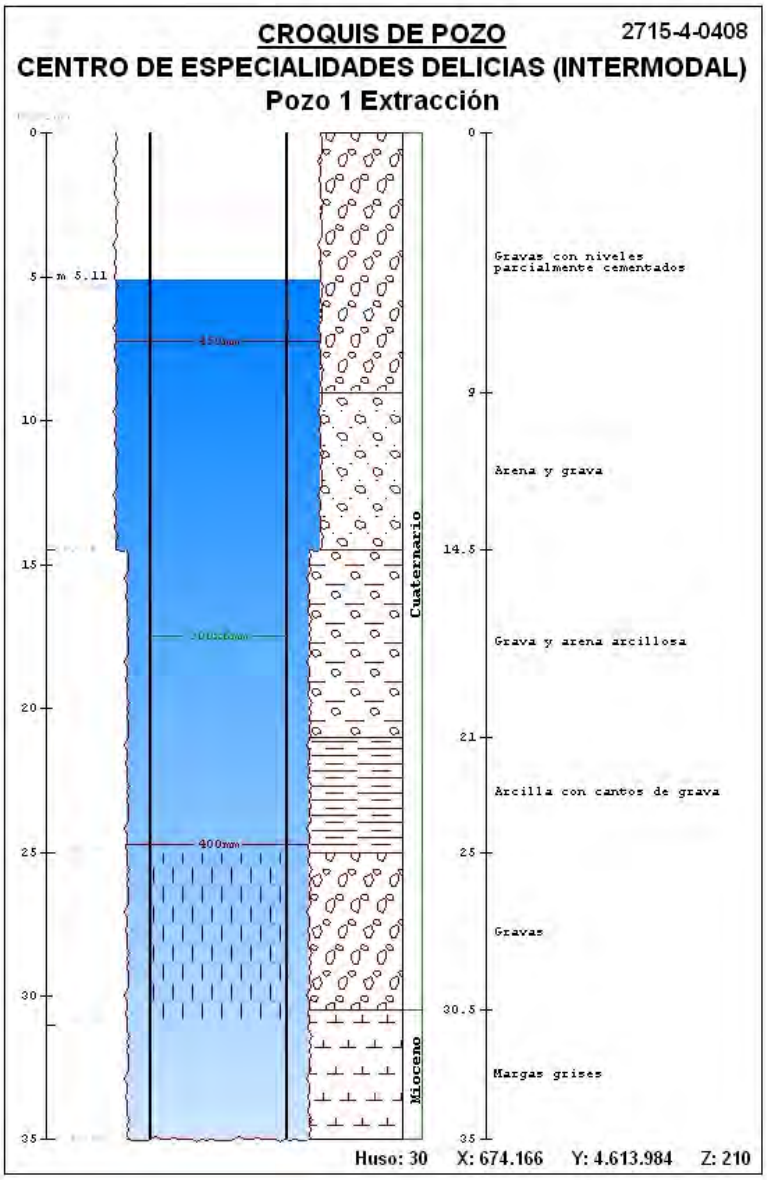
***Externa***

***Autointerferencia***

***Año inicio explotación:*** 2014 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN DELICIAS*

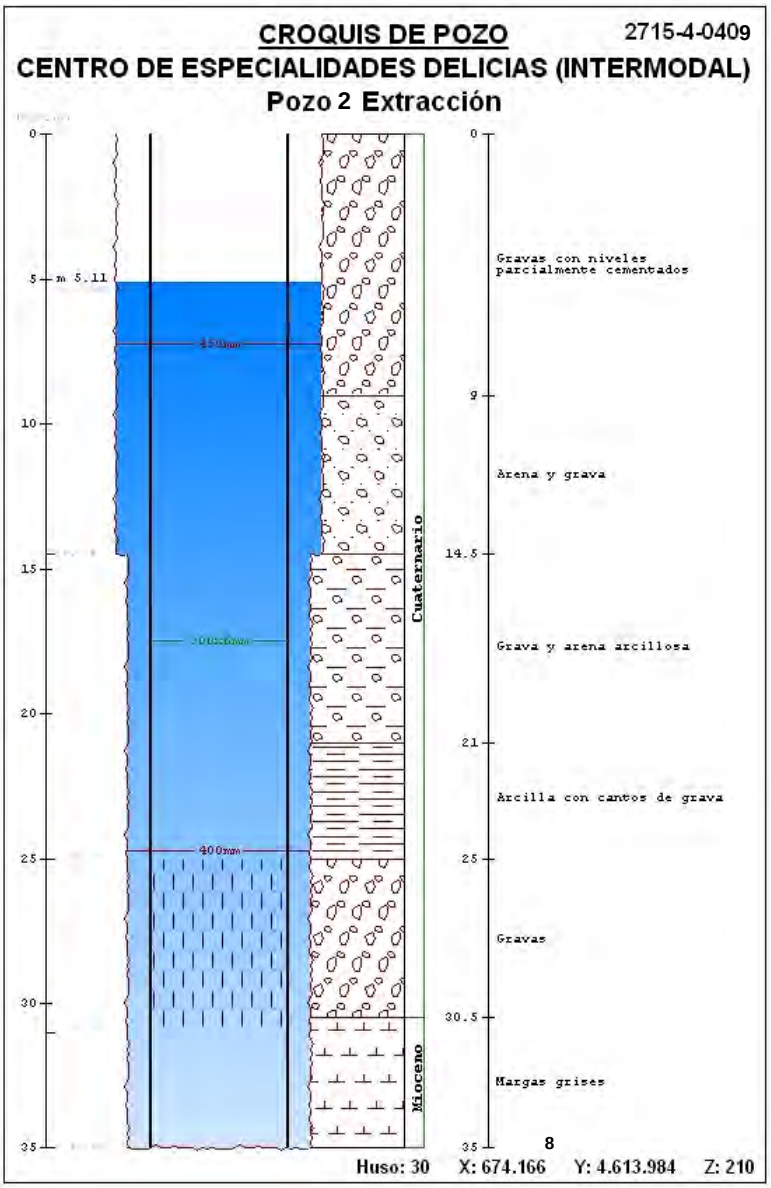
## CROQUIS DE POZOS-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN DELICIAS*

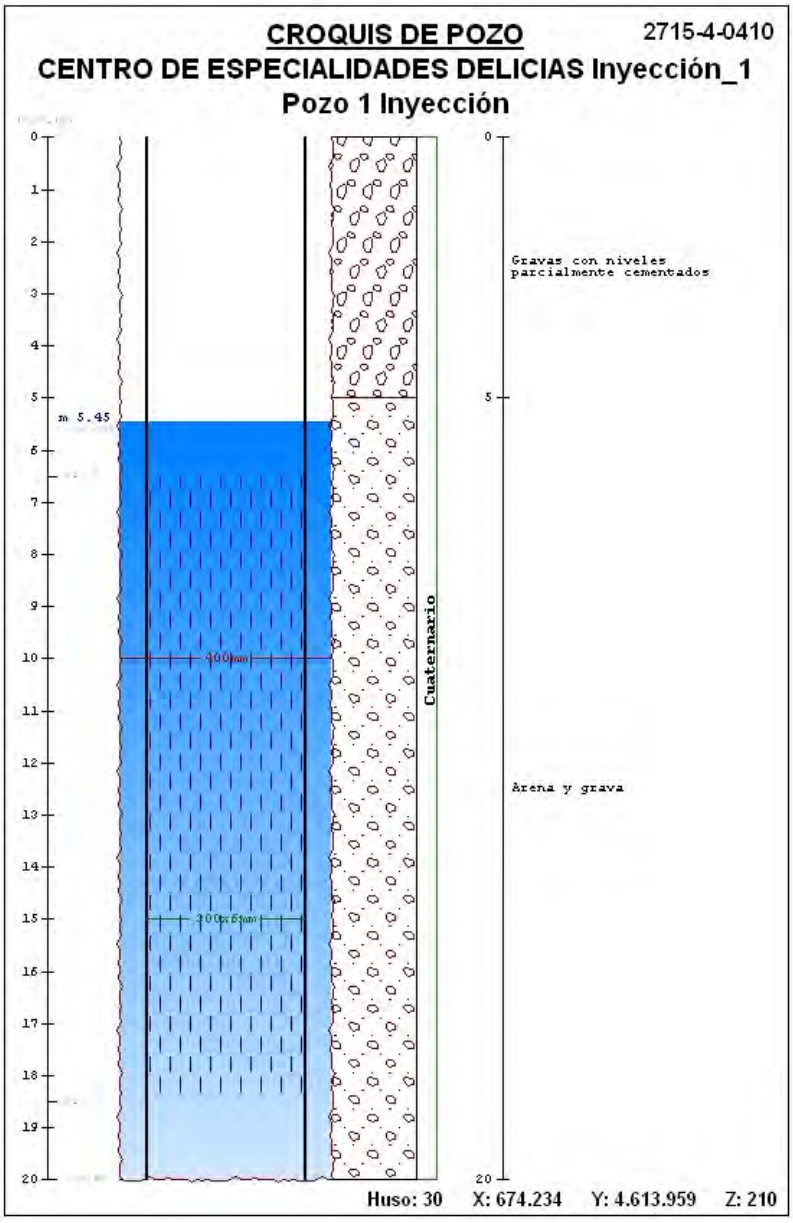
## CROQUIS DE POZOS-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN DELICIAS*

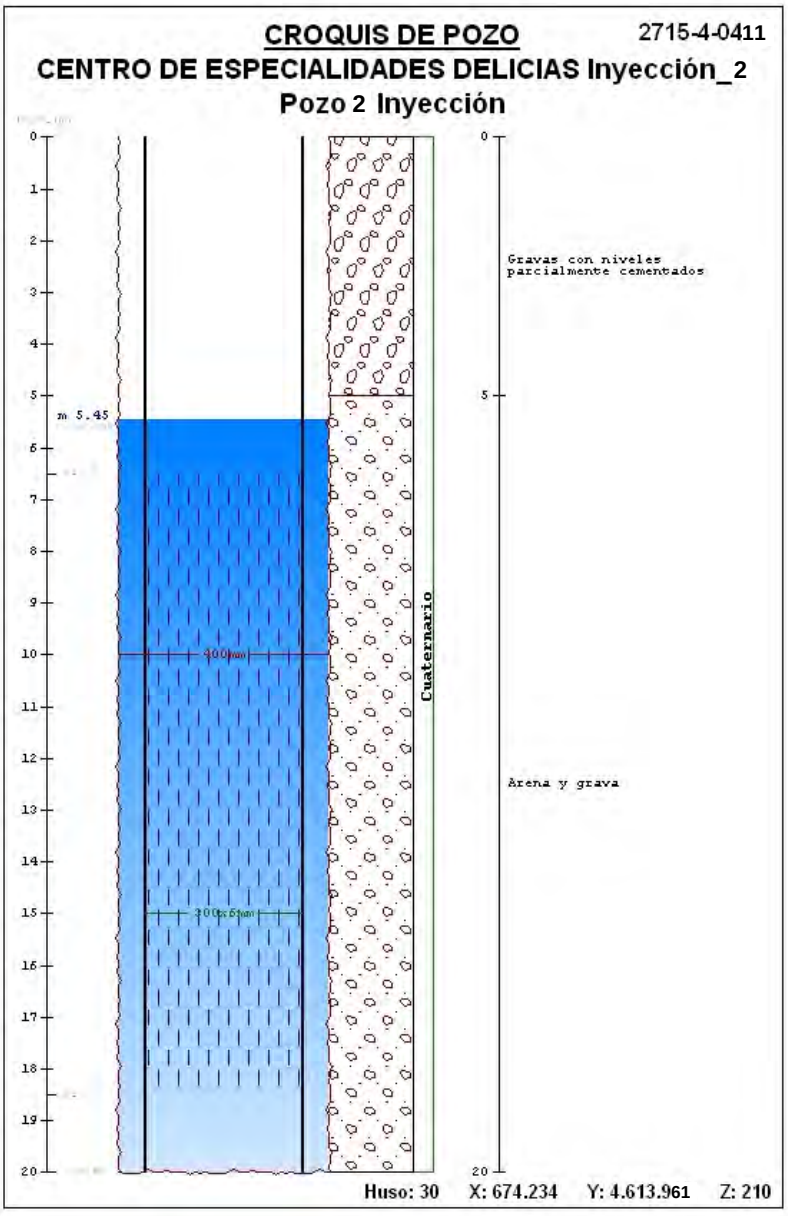
## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN DELICIAS*

## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 55

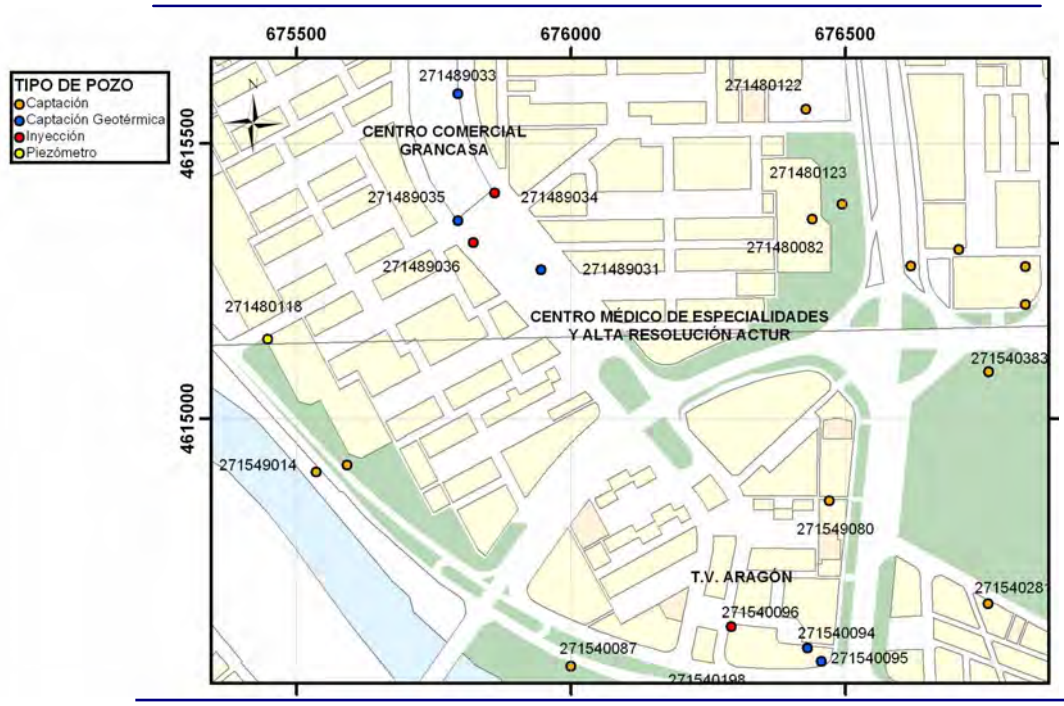
***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN ACTUR*

**TITULAR** Gobierno de Aragón Departamento de Salud, Consumo y Servicios Sociales
Servicio Aragonés de Salud

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** En proyecto

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271489031 | ***Nº pozos Vertido*** | |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN ACTUR*

***CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO***

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

***DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO***

| ***Mínima*** | ***Máxima*** | ***¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?*** |
|---|---|---|

***DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO***

| ***Distancia*** | ***Referencia pozo vertido*** | ***¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?*** |
|---|---|---|
| Estimada 135 | 271489036 | Probable |

***DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN***

| ***Distancia*** | ***Referencia pozo captación*** | ***¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?*** |
|---|---|---|
| Estimada 660 | 271549080 | Probable |

***CONTAMINACIÓN***

***¿Existe control periódico?***

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa***

***Autointerferencia***

***Año inicio explotación:*** ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO MÉDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN ACTUR*

# CROQUIS DE POZOS-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTROMÉDICO DE ESPECIALIDADES Y ALTA RESOLUCIÓN ACTUR*

## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

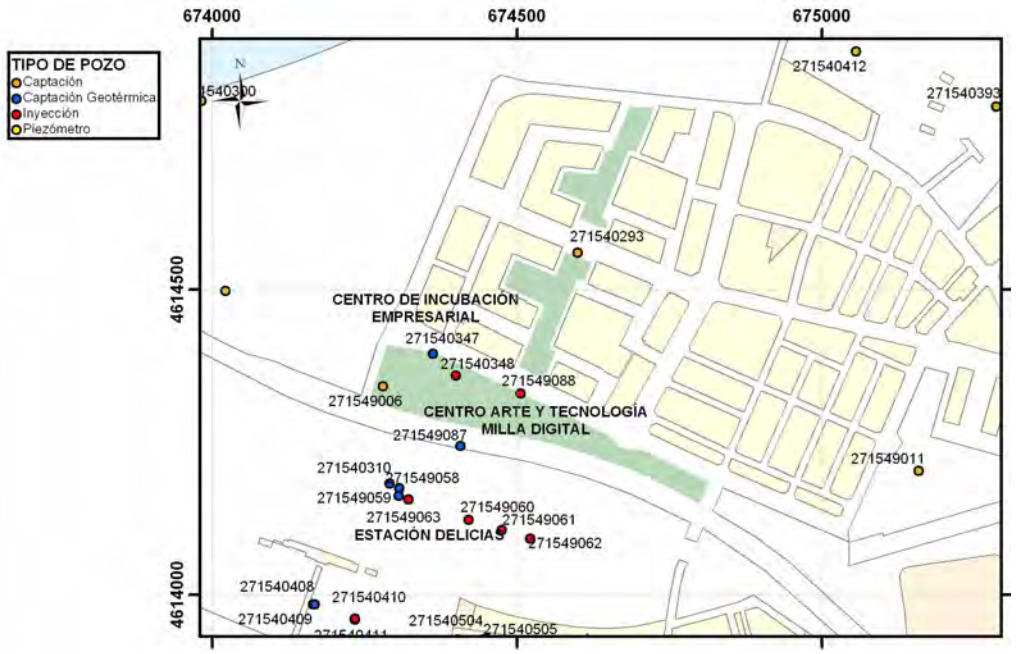
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 56

## *APROVECHAMIENTO:* *CENTRO DE ARTE Y TECNOLOGÍA DIGITAL*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente** **2010P0470** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549087 | ***Nº pozos Vertido*** | 271549088 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 41 | ***Profundidad máxima (m)*** | 22 |
| ***Caudal L/s*** | 20 | ***Caudal L/s*** | 20 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 288544 | ***Vertido $m^3$/año*** | 288544 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW*** 2330 KW (2 grupos de 1000 KW + 1 grupo de 330 KW)

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE ARTE Y TECNOLOGÍA DIGITAL*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 17ºC ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** 25ºC ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO*** 8ºC (supuesto en proyecto)

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 130,90 | | Probable |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 121,45 | 271549063 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 249,00 | 271540293 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?***

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

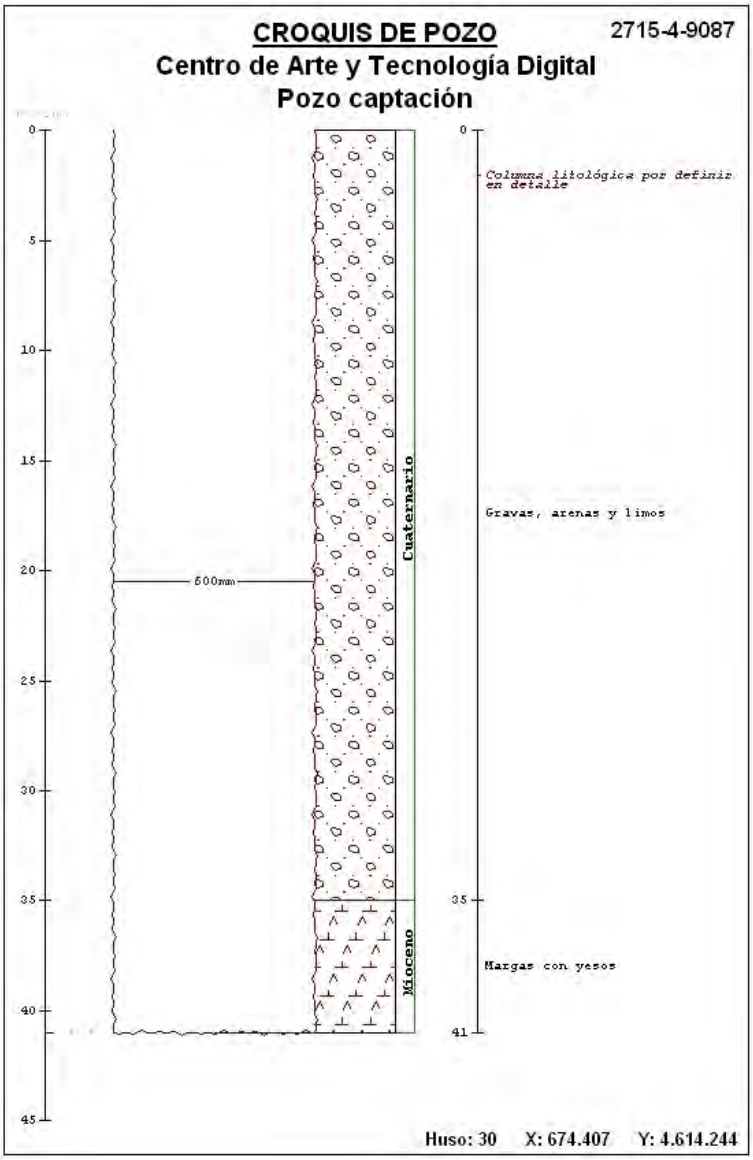
***Externa***

***Autointerferencia***

***Año inicio explotación:*** 2013 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE ARTE Y TECNOLOGÍA DIGITAL*

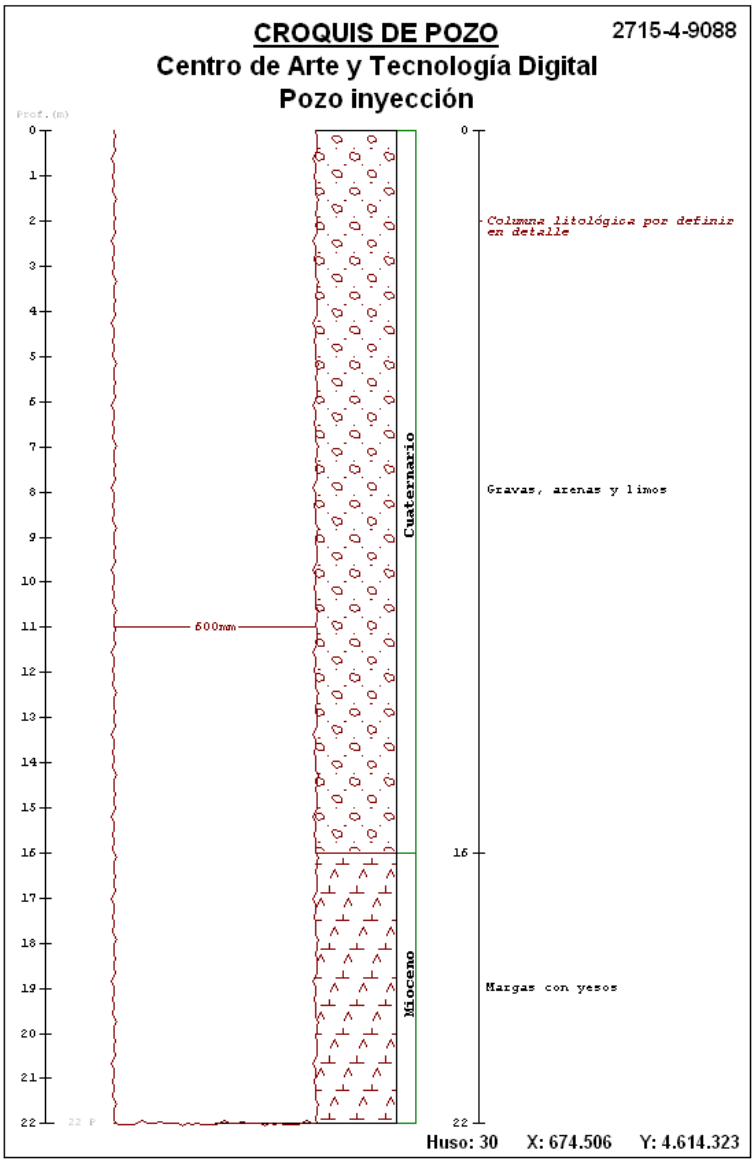
## CROQUIS DE POZOS-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE ARTE Y TECNOLOGÍA DIGITAL*

## CROQUIS DE POZOS-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

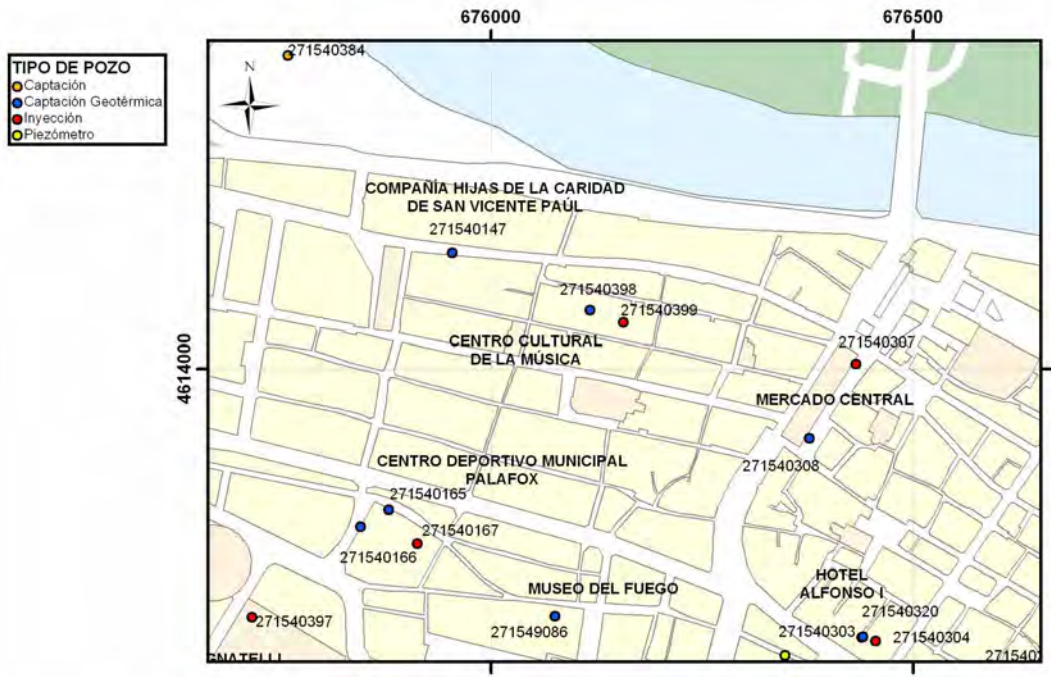
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 57

## *APROVECHAMIENTO: CENTRO CULTURAL DE LA MUSICA (PERI Armas - Casta Álvarez)*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza. Sociedad Municipal de Rehabilitación Urbana de Zaragoza, S.L.

**Nº Expediente 2009P0631** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540398 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540399 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 50 | ***Profundidad máxima (m)*** | 25 |
| ***Caudal L/s*** | 11,4 | ***Caudal L/s*** | 11,4 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 108838 | ***Vertido $m^3$/año*** | 108838 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW*** 280 KW

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW*** 330 KW

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CULTURAL DE LA MUSICA (PERI Armas - Casta Álvarez)*

### *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 16,5 ***Fecha*** 04/2012

***Tª VERTIDO:*** 22,5 ***Fecha*** 04/2012

***SALTO TÉRMICO*** 6 ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 42,00 | 42,00 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 342 | 271540167 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 260 | 271540308 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No se sabe

***Magnitud de la Captación (ºC)***: 1,5 ***Magnitud del Vertido (ºC):*** 2,5

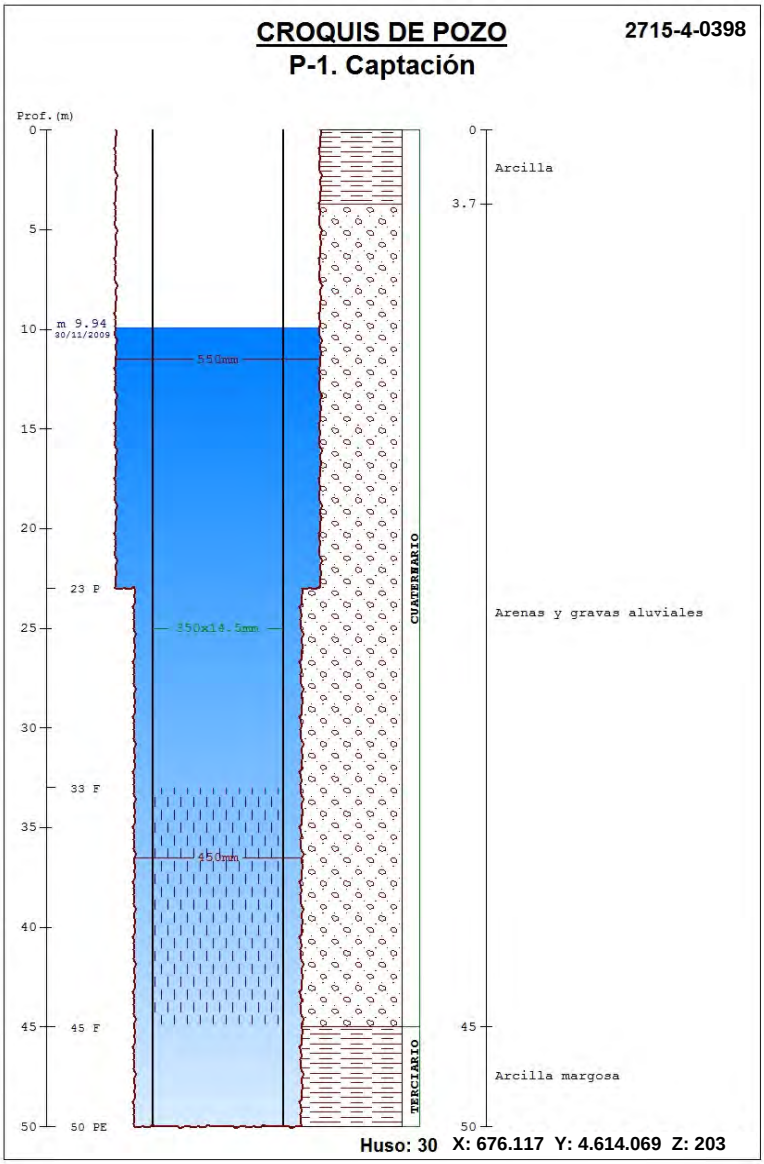
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2012 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CULTURAL DE LA MÚSICA*

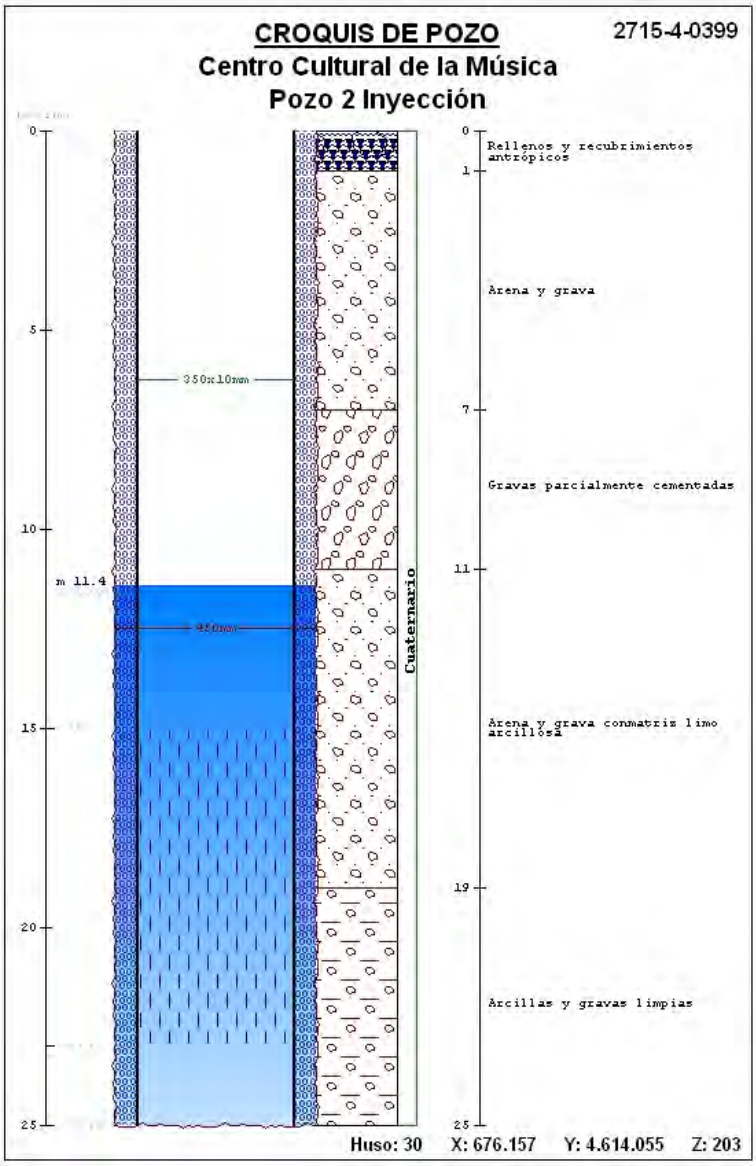
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CULTURAL DE LA MÚSICA*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 58

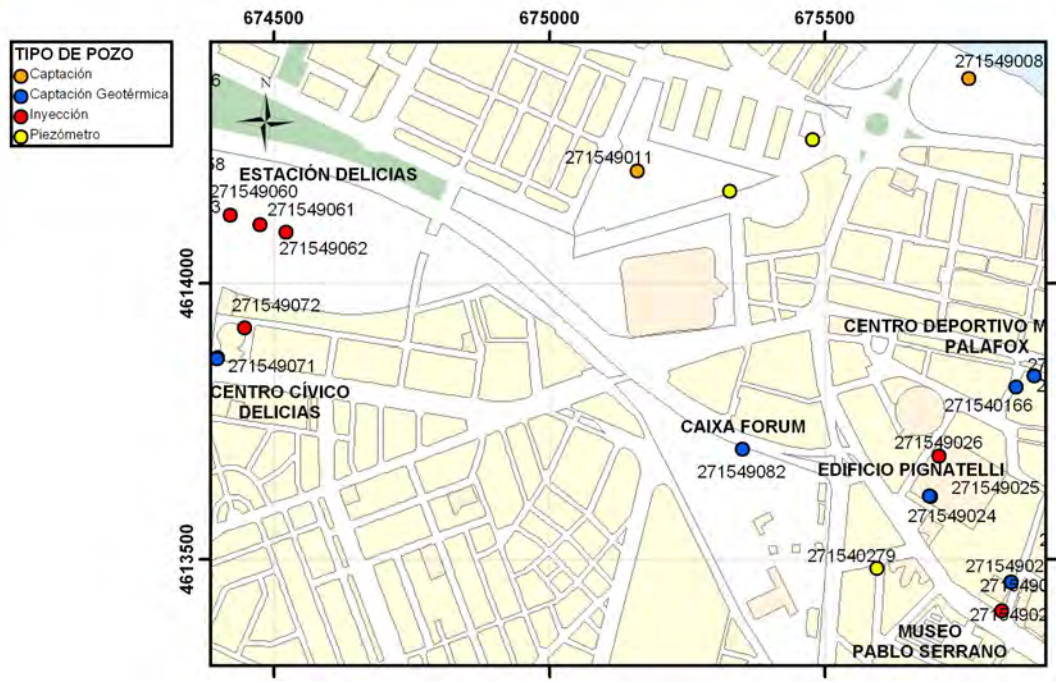
***APROVECHAMIENTO:*** *CAIXA FORUM*

**TITULAR** Caixa d'Eestalvis i Pensions de Barcelona ("La Caixa")

**Nº Expediente** **2010P0222**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Denegado

***CROQUIS DE SITUACIÓN***




***CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS***

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549082 | ***Nº pozos Vertido*** | |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | |

***CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN***

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CAIXA FORUM*

***CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO***

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

***DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO***

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|

***DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO***

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| Estimada 930 | 271549072 | No |

***DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN***

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| Estimada 500 | 271540066 | Probable |

***CONTAMINACIÓN***

***¿Existe control periódico?***

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa***

***Autointerferencia***

***Año inicio explotación:*** ***Año finalización explotación:***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 59

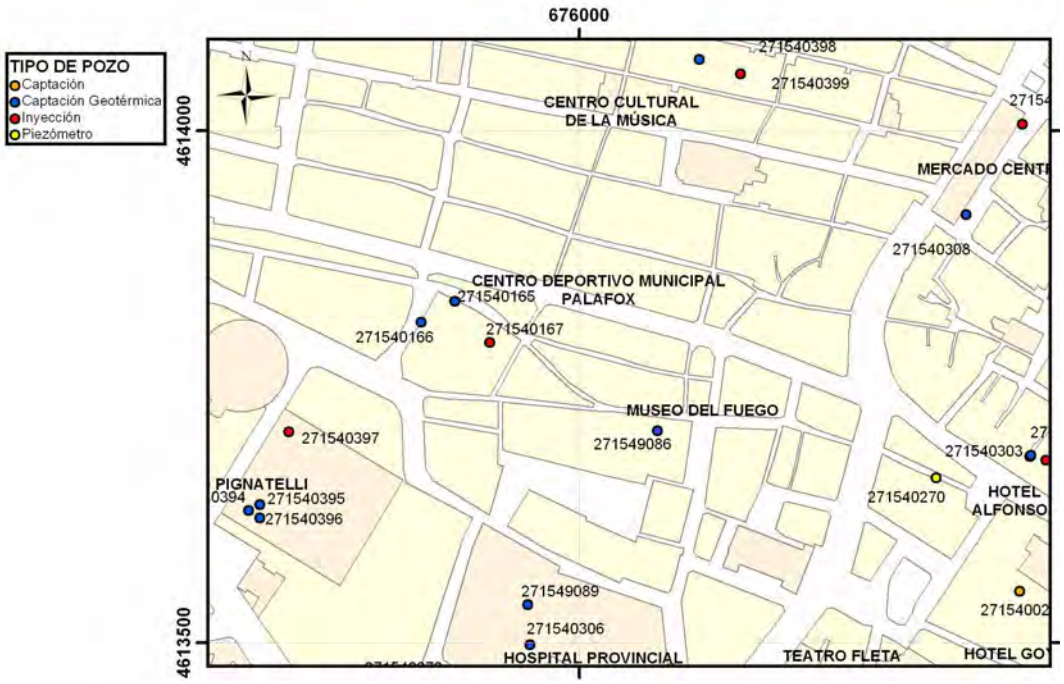
## *APROVECHAMIENTO: MUSEO DEL FUEGO*

**TITULAR:** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549086 | ***Nº pozos Vertido*** | |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m) Caudal*** | |
| ***Caudal L/s*** | | ***L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío Kw***

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor Kw***

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO DEL FUEGO*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Red municipal ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| - | - | - |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 183,15 | 271540167 | Probable |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico? No***

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC):***

***Externa***

***Autointerferencia***

***Año inicio explotación:*** 2012 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO DEL FUEGO*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *MUSEO DEL FUEGO*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 60

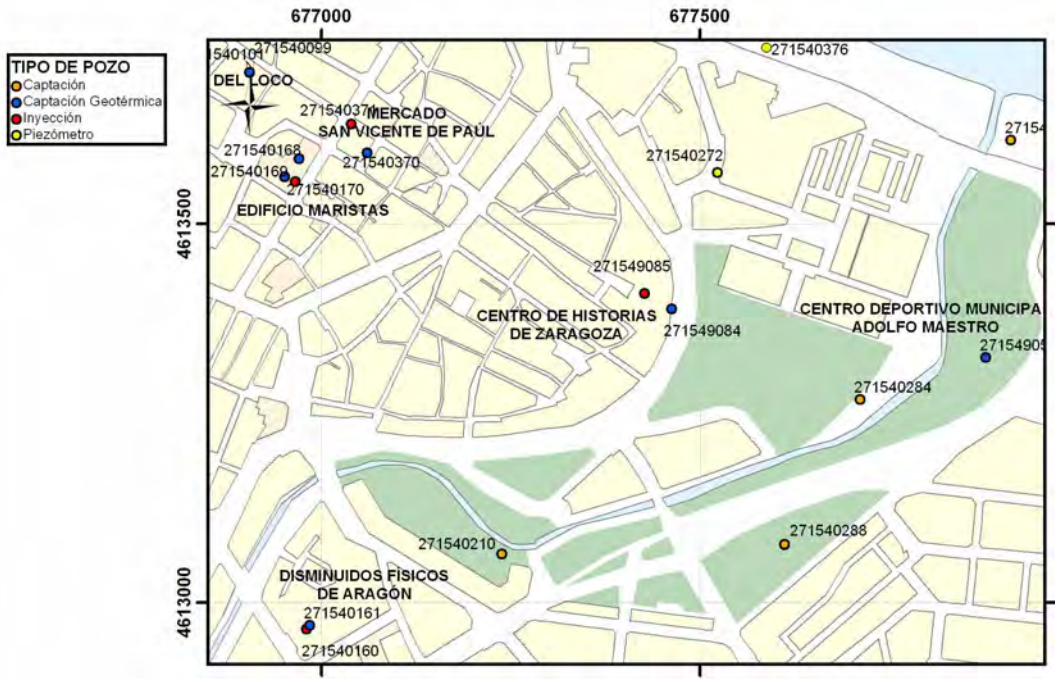
## *APROVECHAMIENTO: CENTRO DE HISTORIAS*

**TITULAR:** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

***CROQUIS DE SITUACIÓN***




***CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS***

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271549084 | ***Nº pozos Vertido*** | 271549085 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m) Caudal*** | |
| ***Caudal L/s*** | 25 | ***L/s*** | |
| ***Consumo m3/año*** | | ***Vertido m3/año*** | |

***CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN***

***Frecuencia generación frío*** Junio-Septiembre (M-D)

***Potencia frío Kw***

***Frecuencia generación calor*** Noviembre-Marzo (M-D)

***Potencia calor Kw***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE HISTORIAS*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 19,9 ºC ***Fecha*** 17/04/2012

***Tª VERTIDO:*** 15,6 ºC ***Fecha*** 17/04/2012

***SALTO TÉRMICO*** - 4,3ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 40,22 | 40,22 | Probable |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 525,60 | 271540178 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 314,5 | 271540284 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** Si

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 4,9 ***Magnitud del Vertido (ºC):*** -4,4

***Externa***

***Autointerferencia***

***Año inicio explotación:*** 2000 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE HISTORIAS*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE HISTORIAS*

# CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

## *FOTOGRAFÍAS*

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 61

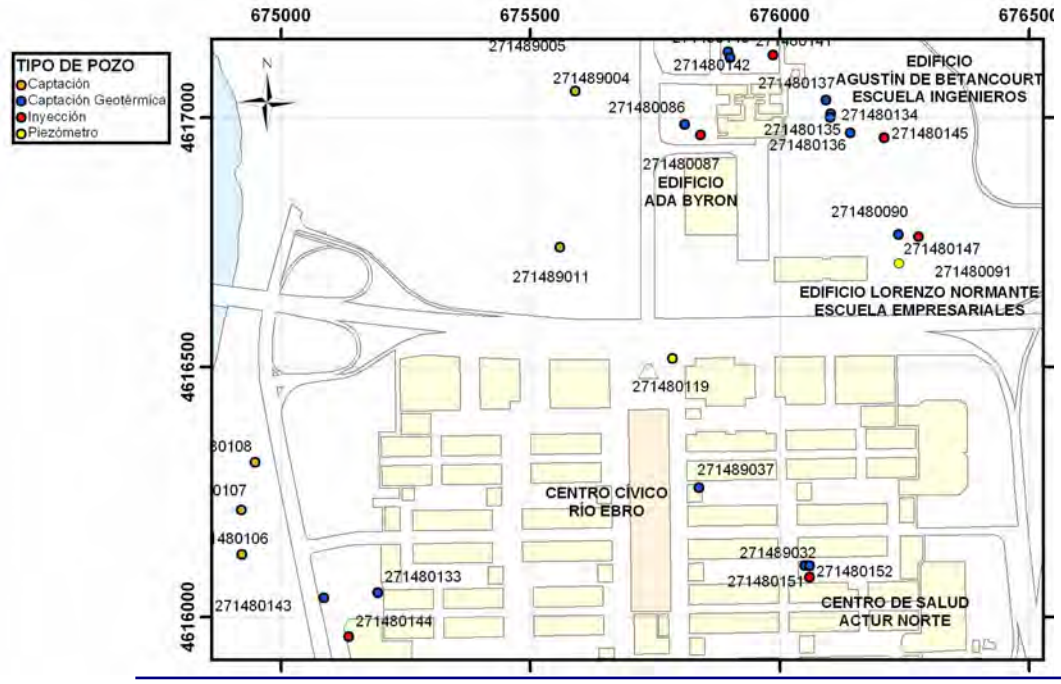
***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO RÍO EBRO – EDIFCIO JOSÉ MARTÍ*

**TITULAR** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 4 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271489037 | ***Nº pozos Vertido*** | |
| ***Profundidad máxima (m)*** | | ***Profundidad máxima (m)*** | |
| ***Caudal L/s*** | | ***Caudal L/s*** | |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío***

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO RÍO EBRO – EDIFICIO JOSÉ MARTÍ*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Red municipal saneamiento ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 706 | 271480087 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No se sabe

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa***

***Autointerferencia***

***Año inicio explotación:*** 1996 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO RÍO EBRO – EDIFICIO JOSÉ MARTÍ*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO CÍVICO RÍO EBRO – EDIFICIO JOSÉ MARTÍ*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

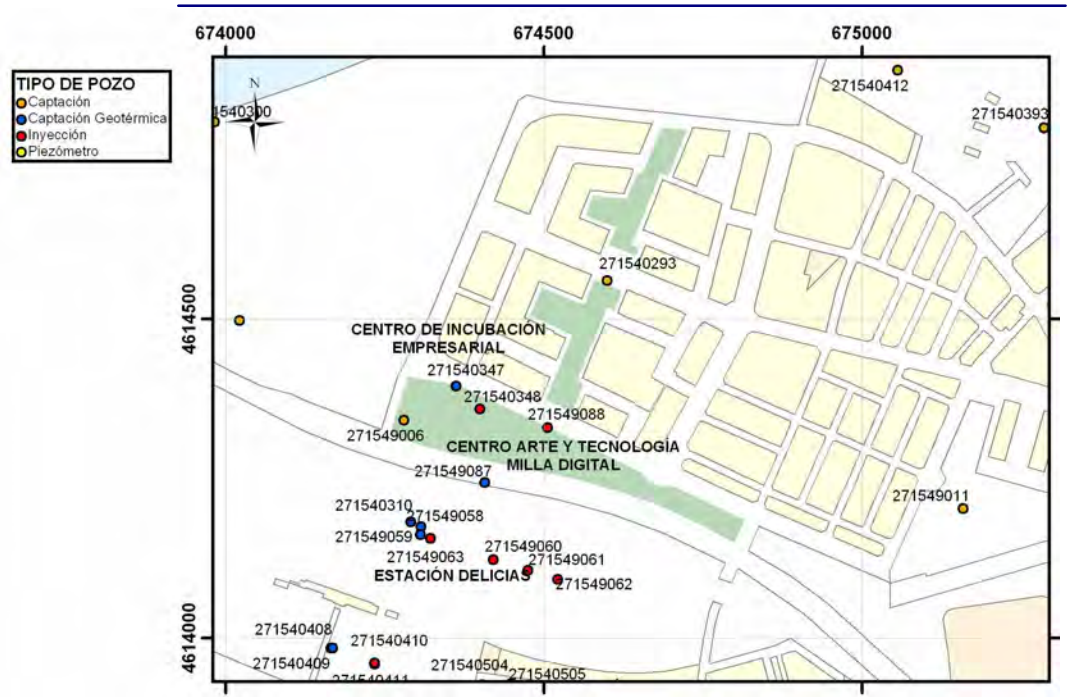
## APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 62

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE INCUBACIÓN EMPRESARIAL (Milla Digital)*

**TITULAR:** Ayuntamiento de Zaragoza

**Nº Expediente 2010-P-0860** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540347 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540348 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 25 | ***Profundidad máxima (m)*** | 25 |
| ***Caudal L/s*** | 5,9 | ***Caudal L/s*** | 2,7 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** Meses de verano (Mayo-Septiembre)

***Potencia frío Kw*** 257,0 KW

***Frecuencia generación calor***

***Potencia calor Kw***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE INCUBACIÓN EMPRESARIAL (Milla Digital)*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 17 ºC ***Fecha*** 17/4/2012

***Tª VERTIDO:*** 19,5 ºC ***Fecha*** 17/4/2012

***SALTO TÉRMICO*** 2,5 ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 52 | 52 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 156 | 271549088 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 116 | 271549087 | No |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No se sabe

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 2,0 ***Magnitud del Vertido (ºC):*** -0,5

***Externa*** No

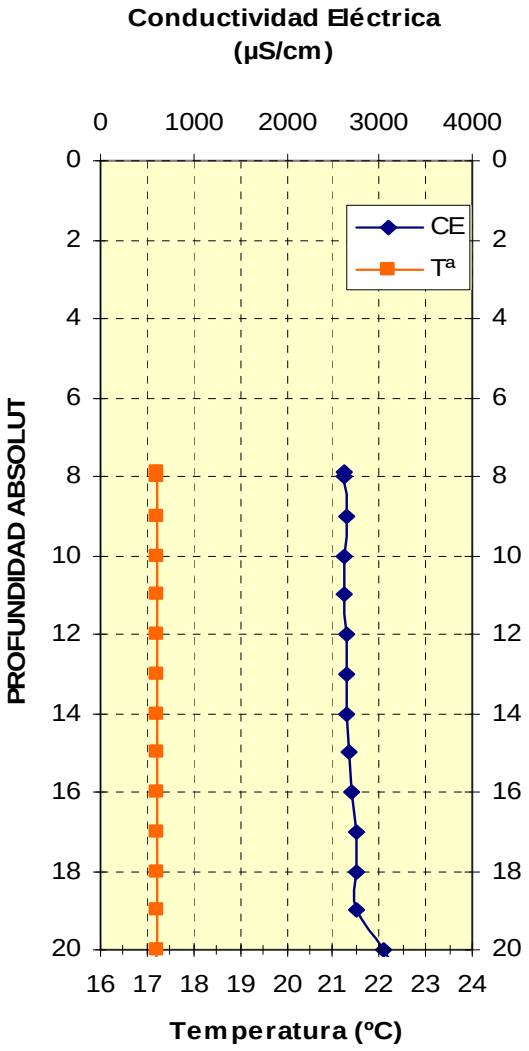
***Autointerferencia*** No

***Año inicio explotación:*** 2010-2011 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE INCUBACIÓN EMPRESARIAL (Milla Digital)*

# CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T

**17/04/2012**




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO DE INCUBACIÓN EMPRESARIAL (Milla Digital)*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

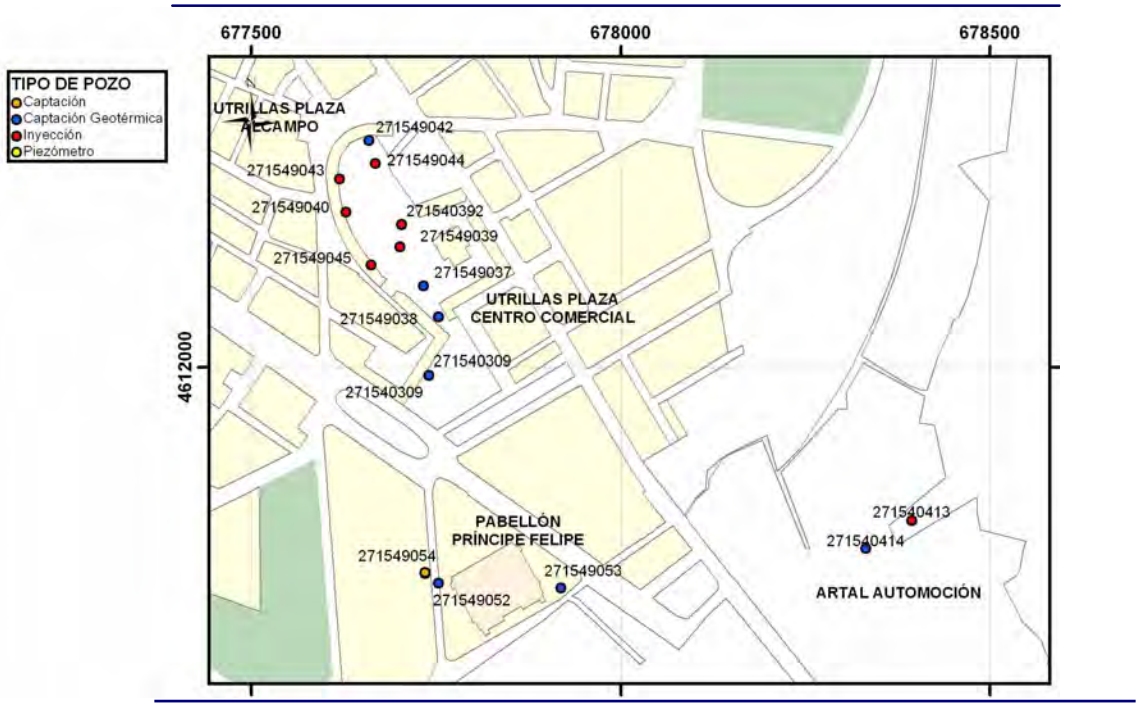
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 63

## *APROVECHAMIENTO: ARTAL AUTOMOCIÓN*

**TITULAR:** Construcciones Moneva

**Nº Expediente 2006-P-1348** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

### *CROQUIS DE SITUACIÓN*




### *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271540414 | ***Nº pozos Vertido*** | 271540413 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 20 | ***Profundidad máxima (m)*** | 16 |
| ***Caudal L/s*** | 5,5 | ***Caudal L/s*** | 5,5 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 210000 | ***Vertido $m^3$/año*** | 210000 |

### *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | Meses de verano (Junio-Septiembre) |
| ***Potencia frío Kw*** | 262 KW |
| ***Frecuencia generación calor*** | Meses de invierno (Noviembre- Marzo); junto con una caldera |
| ***Potencia calor Kw*** | 324 KW (con caldera de Potencia = 978 Kw) |

***APROVECHAMIENTO:*** *ARTAL AUTOMOCIÓN*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición*** Libre boca pozo

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Igual

## TEMPERATURAS °(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** 15 ºC ***Fecha*** 30/05/2007

***Tª VERTIDO:*** 20 ºC ***Fecha*** 30/05/2007

***SALTO TÉRMICO*** 5 ºC

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 73 | 73 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 752 | 271549039 | No se sabe |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No se sabe

***Magnitud de la Captación (ºC):*** 15,0 ***Magnitud del Vertido (ºC):*** 20,0

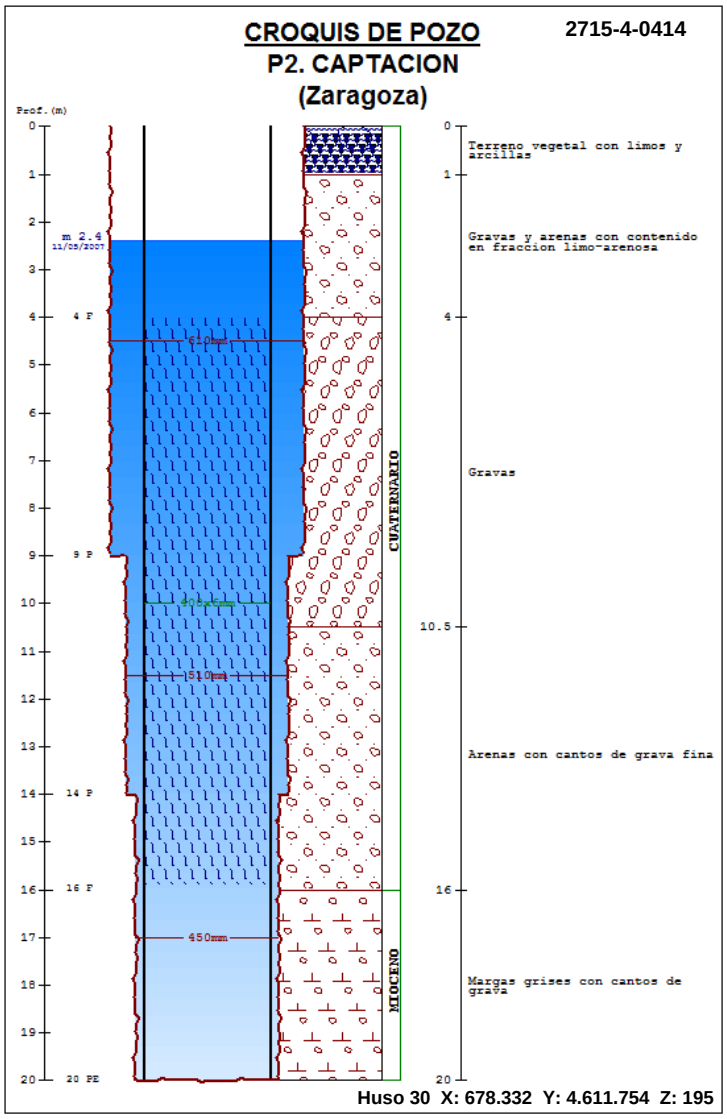
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No se sabe

***Año inicio explotación:*** 2007 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *ARTAL AUTOMOCIÓN*

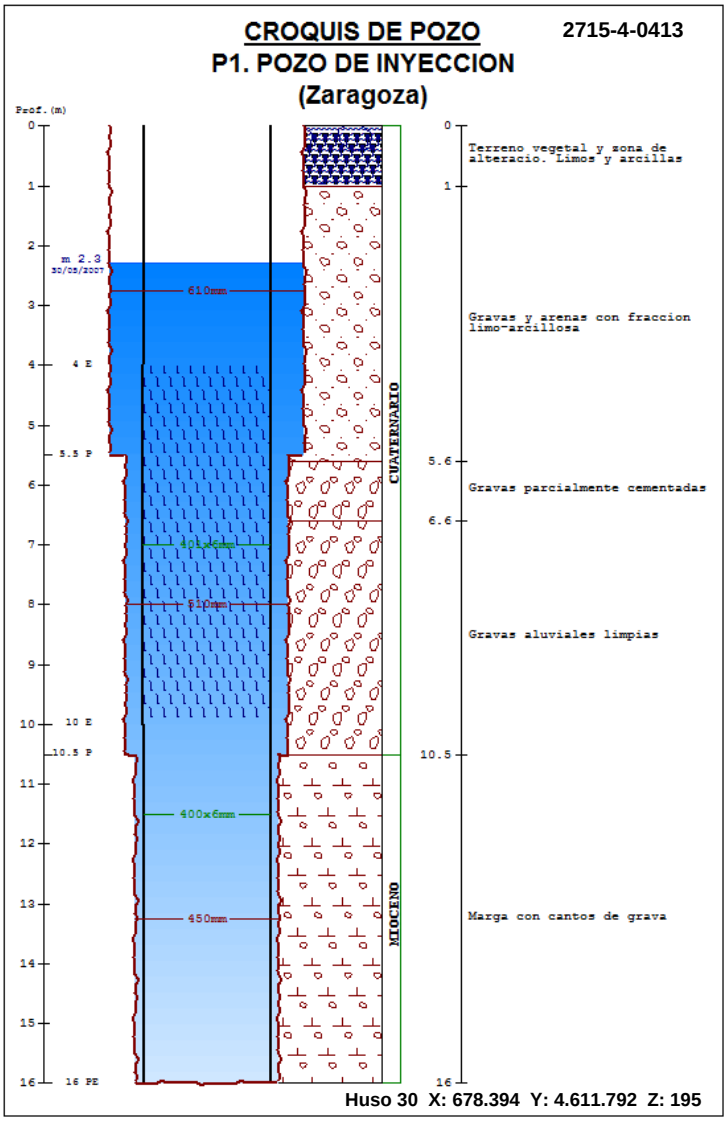
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN / REGISTRO CE-T




## *FOTOGRAFÍAS*

***APROVECHAMIENTO:*** *ARTAL AUTOMOCIÓN*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 64

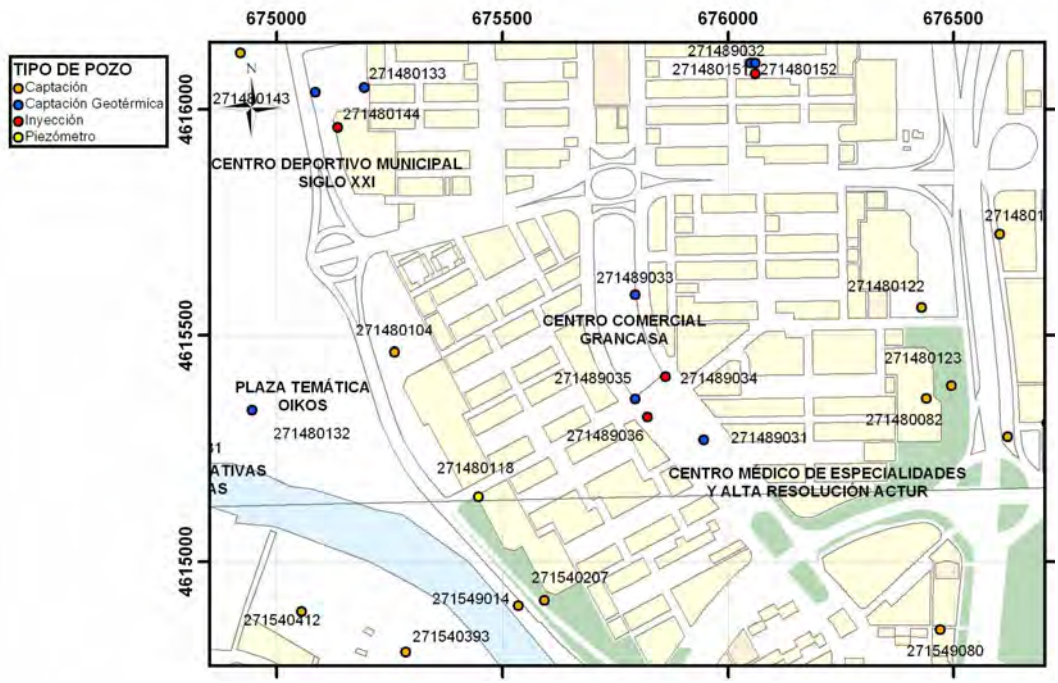
***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO COMERCIAL GRANCASA*

**TITULAR** Grupo Sonae Sierra

**Nº Expediente**

***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 4 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271489033<br>271489035 | ***Nº pozos Vertido*** | 271489034<br>271489036 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 36,0 | ***Profundidad máxima (m)*** | 38,0 |
| ***Caudal L/s*** | máx. 73 | ***Caudal L/s*** | máx. 73 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | | ***Vertido $m^3$/año*** | |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

| | |
|---|---|
| ***Frecuencia generación frío*** | L-D de 10 a 22 h de marzo a octubre |
| ***Potencia frío KW*** | 4371 KW (1457 KW x 3 máquinas enfriadoras) |
| ***Frecuencia generación calor*** | |
| ***Potencia calor KW*** | |

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO COMERCIAL GRANCASA*

## *CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO*

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo*** Supuesto igual

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

### *DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO*

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 50,00 | 271,00 | No |

### *DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO*

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 680 | 271480152 | No |

### *DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN*

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 133 | 271489031 | Probable |

### *CONTAMINACIÓN*

***¿Existe control periódico?*** No se sabe

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

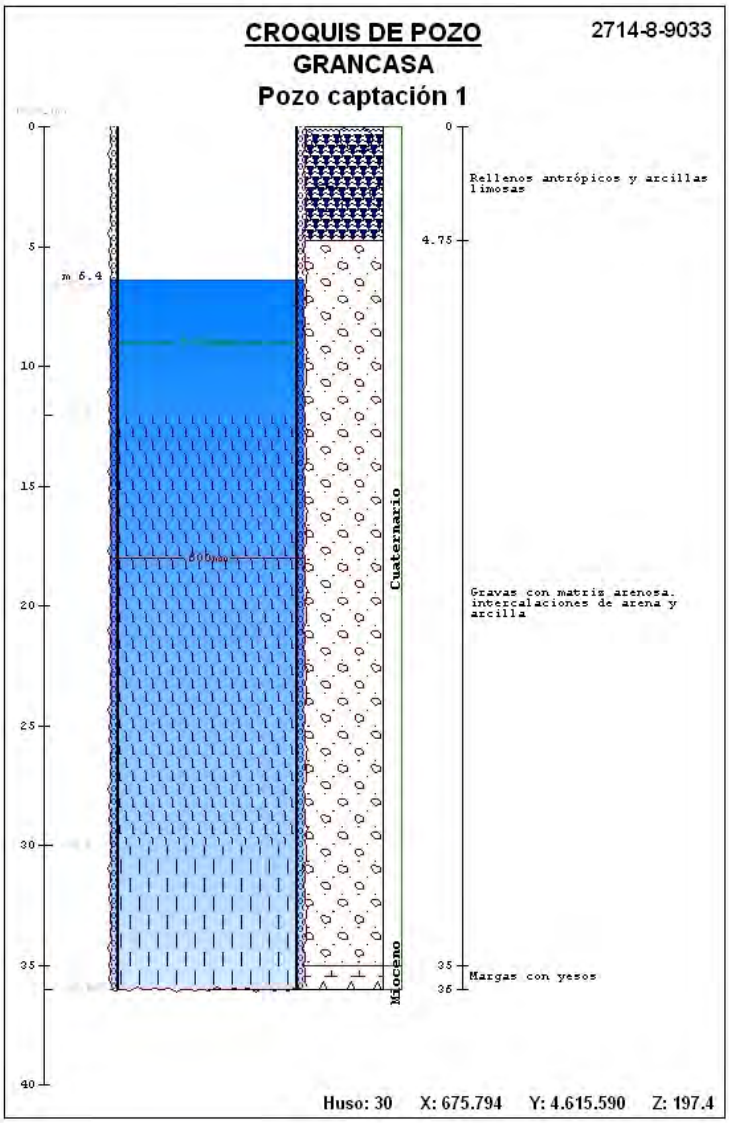
***Externa*** No

***Autointerferencia*** No

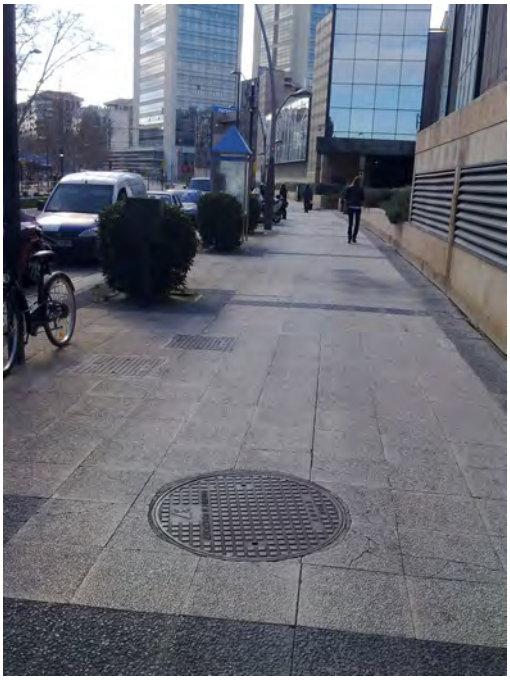
***Año inicio explotación:*** 1994-1997 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO COMERCIAL GRANCASA*

## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

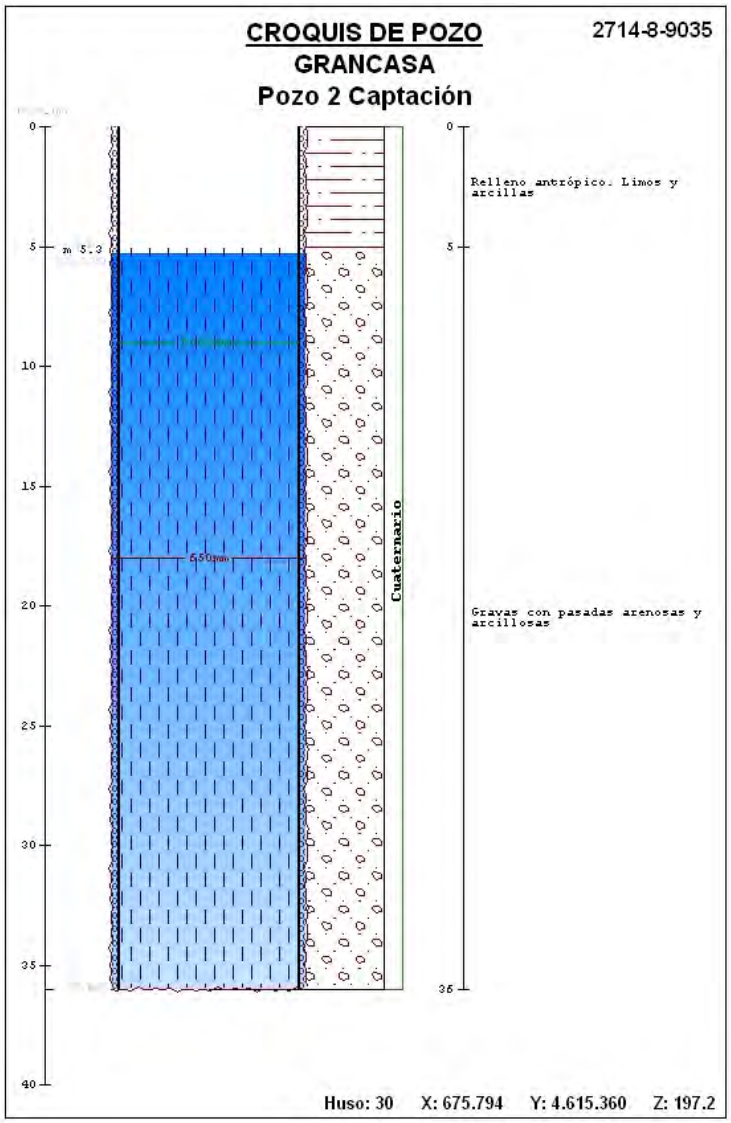



***FOTOGRAFÍAS***



***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO COMERCIAL GRANCASA*

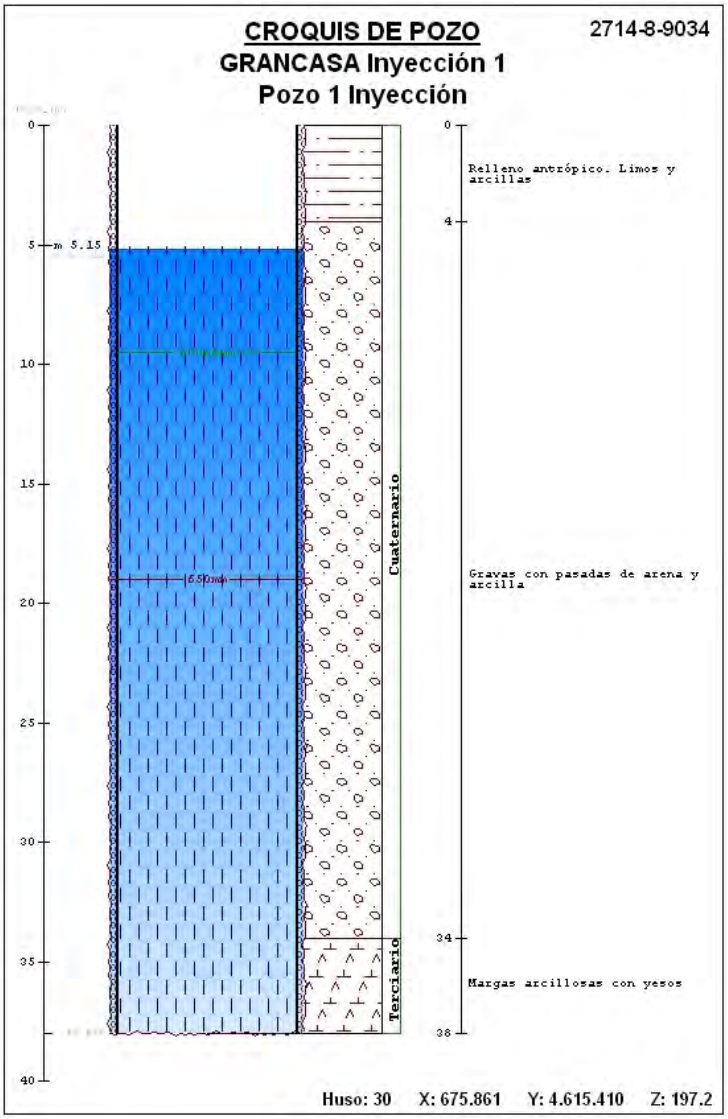
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO COMERCIAL GRANCASA*

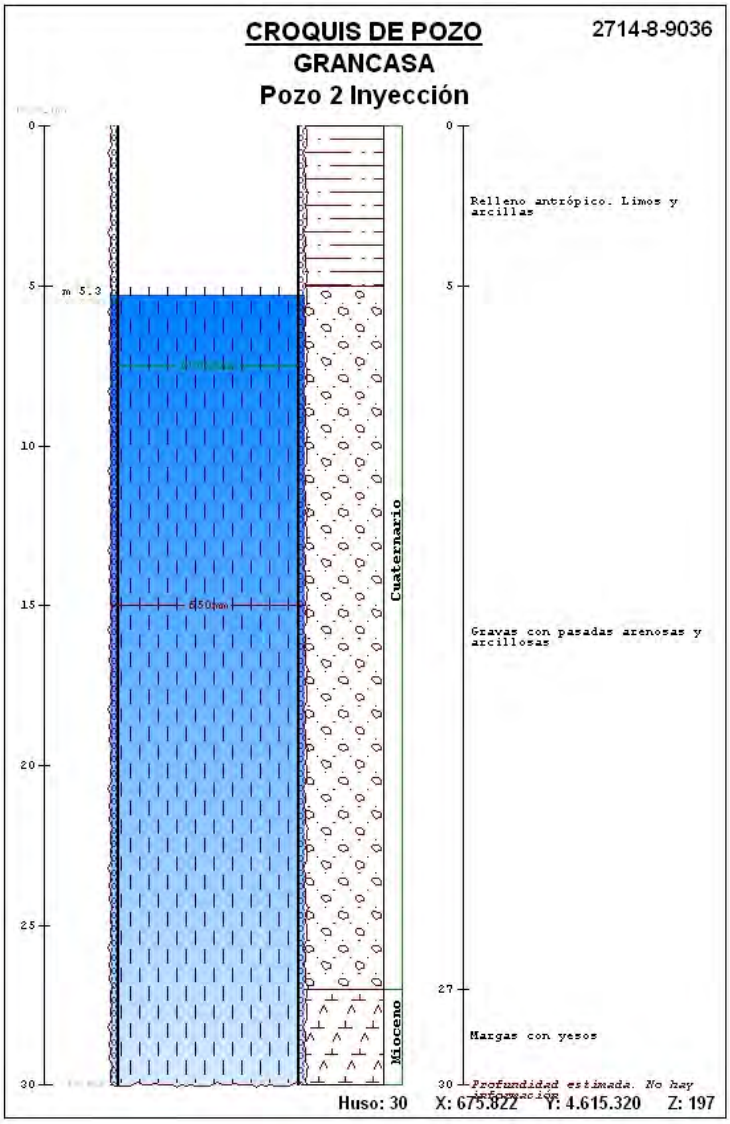
## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *CENTRO COMERCIAL GRANCASA*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T




***FOTOGRAFÍAS***

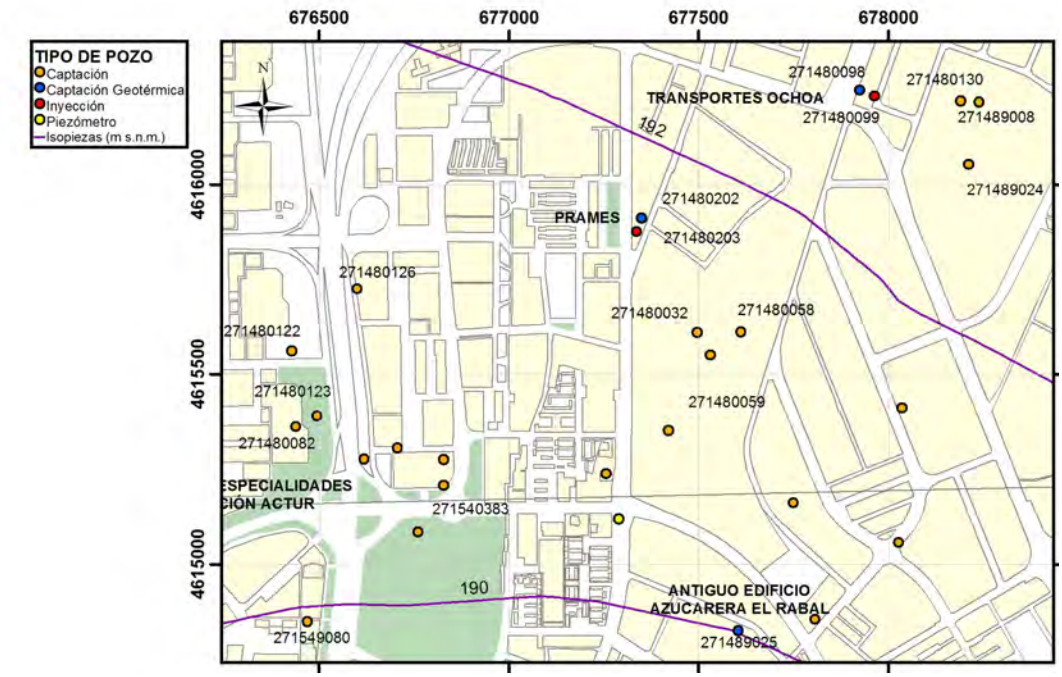
# APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº: 65

***APROVECHAMIENTO:*** *PRAMES, S.A.*

**TITULAR** PRAMES, S.A.

**Nº Expediente: 2012P0188** ***ESTADO ACTUAL EXPLOTACIÓN*** Activo

## *CROQUIS DE SITUACIÓN*




## *CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Nº TOTAL DE POZOS*** | 2 | ***OTROS USOS*** | |
| ***Nº pozos Captación*** | 271480202 | ***Nº pozos Vertido*** | 271480203 |
| ***Profundidad máxima (m)*** | 33,0 | ***Profundidad máxima (m)*** | 25,0 |
| ***Caudal L/s*** | 4,3 | ***Caudal L/s*** | 4,3 |
| ***Consumo $m^3$/año*** | 92.445 | ***Vertido $m^3$/año*** | 92.445 |

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN*

***Frecuencia generación frío*** Lunes-sábado

***Potencia frío KW***

***Frecuencia generación calor*** Lunes-Sábado

***Potencia calor KW***

***APROVECHAMIENTO:*** *PRAMES, S.A*

***CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO***

***Lugar de vertido*** Pozo ***Tipo de circuito*** Abierto

***Disposición***

***Relación disposición rejillas vertido-bombeo***

## TEMPERATURAS º(C)

***Tª CAPTACIÓN:*** ***Fecha***

***Tª VERTIDO:*** ***Fecha***

***SALTO TÉRMICO***

## DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO TÉRMICO

***DISTANCIAS CAPTACIÓN-VERTIDO***

| *Mínima* | *Máxima* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 38,5 | 38,5 | 0 |

***DISTANCIA CAPTACIÓN-OTRO VERTIDO***

| *Distancia* | *Referencia pozo vertido* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 691 | 271480099 | No |

***DISTANCIA VERTIDO -OTRA CAPTACIÓN***

| *Distancia* | *Referencia pozo captación* | *¿Afecta la dirección del flujo subterráneo?* |
|---|---|---|
| 1085 | 271489025 | No |

***CONTAMINACIÓN***

***¿Existe control periódico?*** No se sabe

***Magnitud de la Captación (ºC):*** ***Magnitud del Vertido (ºC)***

***Externa*** No

***Autointerferencia***

***Año inicio explotación:*** 2012 ***Año finalización explotación:***

***APROVECHAMIENTO:*** *PRAMES, S.A.*

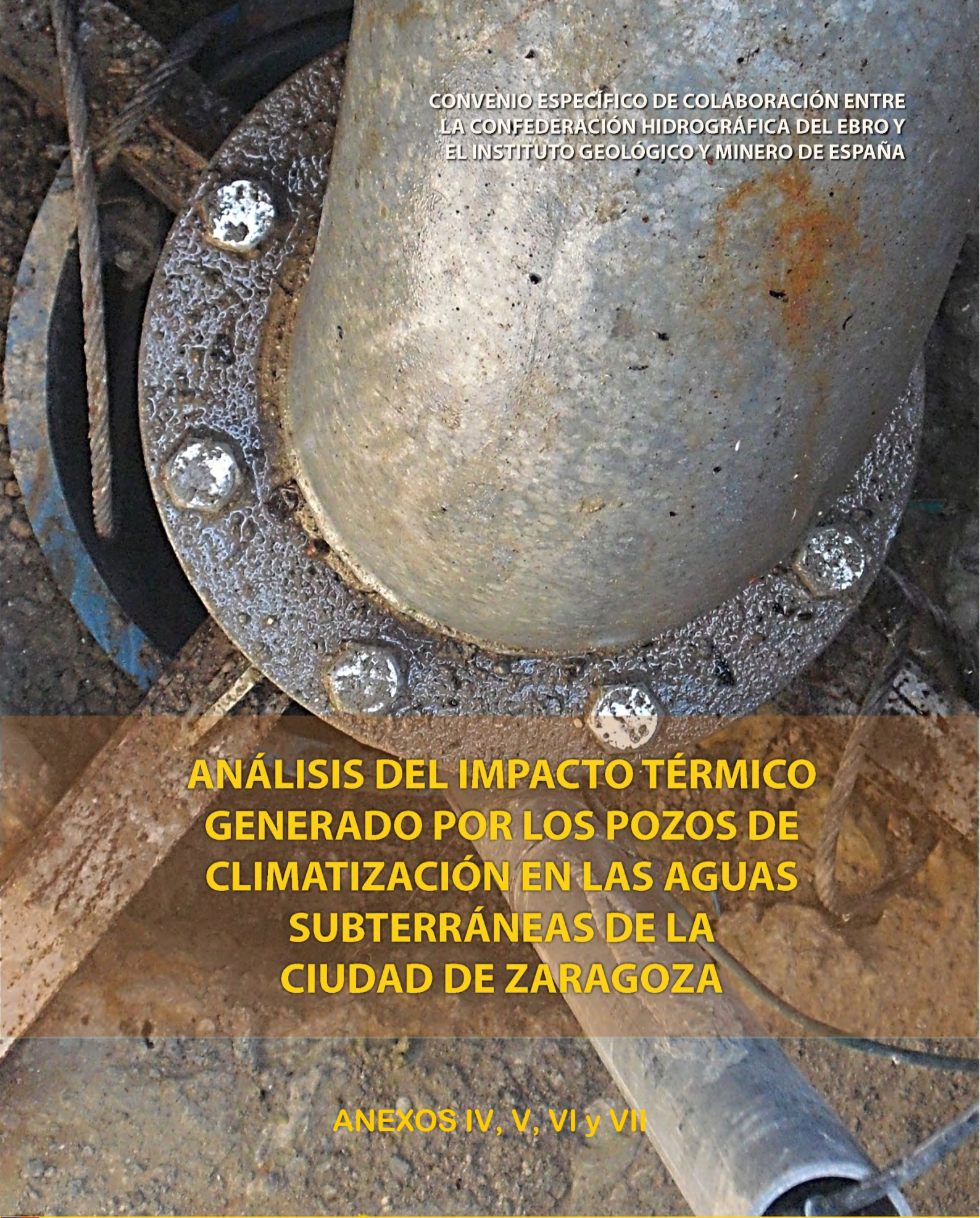
## CROQUIS DE POZO-CAPTACIÓN/REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***

***APROVECHAMIENTO:*** *PRAMES, S.A.*

## CROQUIS DE POZO-VERTIDO/REGISTRO CE-T

***FOTOGRAFÍAS***



CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN ENTRE
LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO Y
EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

# ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉRMICO GENERADO POR LOS POZOS DE CLIMATIZACIÓN EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA

## ANEXOS IV, V, VI y VII


GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Instituto Geológico y Minero de España
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

# ANEXO IV

PARÁMETROS HIDRÁULICOS. ENSAYOS

# ANEXO IV. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

## IV.i. INTERPRETACIÓN ENSAYOS DE BOMBEO. RESULTADOS

| Ensayo | Punto de Observación | Método de interpretación | Transmisividad $m^2$/dia | Coeficiente Almacenam. |
|---|---|---|---|---|
| Aragonia C-3 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo (3er Tramo). Solución de Hantush (MABE) | 3.672 | -- |
| | | Simulación Bombeo (3er Tramo). Solución de Theis PIBE) | 1.845 | -- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (MABE) | 3.050 | -- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (PIBE) | 3.200 | -- |
| Aragonia C-2 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo (3er Tramo). Solución de Theis (MABE) | 1.750 | -- |
| | | Simulación Bombeo (3er Tramo). Solución de Theis PIBE) | 1.628 | -- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 1.750 | -- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (PIBE) | 1.400 | -- |
| | Piezómetro C-3 | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 1.690 | 1,5E-03 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Theis (PIBE) | 1.580 | 1,3E-03 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 1.420 | 6,3E-02 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (PIBE) | 1.480 | 2,2E-02 |
| | Piezómetro A | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 5.689 | 1,4E-01 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Theis (PIBE) | 5.946 | 1,4E-01 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 5.689 | 1,5E-01 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (PIBE) | --- | --- |
| | Piezómetro B | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 2.667 | 2,6E-01 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Theis (PIBE) | 2.524 | 2,6E-01 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 2.500 | 3,9E-01 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (PIBE) | --- | --- |
| Aragonia C-5 ( P-9 ) | Pozo Bombeo | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | --- | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Neuman (PIBE) | 1.040 | --- |
| | Piezómetro I-1 | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 800 | 5,2E-02 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 906 | 4,2E-02 |
| | Piezómetro I-2 | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 902 | 4,8E-02 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 950 | 6,6E-02 |
| Aragonia I-2 ( P-6 ) | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 1.780 | -- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 955 | -- |
| | Piezómetro I-1 | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 1.780 | 7,6E-02 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 1.804 | 7,6E-02 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 1.993 | 2,8E-01 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Neuman (PIBE) | 2.402 | 1,6E-01 |
| | Piezómetro C-5 | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 2.014 | 2,5E-02 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 2.084 | 2,2E-02 |
| Aragonia I-1 ( P-7 ) | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 1.170 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 1.247 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 2.620 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Neuman (PIBE) | 3.650 | --- |
| | Piezómetro I-1 | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 1.800 | 7,7E-02 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 1.922 | 6,3E-01 |
| | Piezómetro C-5 | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 2.050 | 2,2E-02 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 2.036 | 1,9E-01 |
| Hospital Clínico (P-1) | Pozo Bombeo | Simulación recuperación bombeo en P-1. Solución de Theis (MABE) | 1.490 | --- |
| | P-2 | Simulación recuperación bombeo en P-1. Solución de Theis (MABE) | 1.790 | 1,4E-01 |
| | P-3 | Simulación recuperación bombeo en P-1. Solución de Theis (MABE) | 2.900 | 4,1E-02 |
| | P-4 | Simulación recuperación bombeo en P-1. Solución de Theis (MABE) | 1.870 | 4,0E-02 |
| Hospital Clínico (P-2) | Pozo Bombeo | Simulación bombeo escalonado en P-2. Solución de Theis (MABE) | 1.340 | --- |
| | P-1 | Simulación bombeo escalonado en P-2. Solución de Theis (MABE) | 1.600 | 1,5E-01 |
| | P-3 | Simulación bombeo escalonado en P-2. Solución de Theis (MABE) | 1.350 | 1,8E-01 |
| | P-4 | Simulación bombeo escalonado en P-2. Solución de Theis (MABE) | 1.620 | 1,0E-01 |
| Hospital Clínico (P-5) | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 1.300 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (MABE) | 2.500 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 1.023 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (PIBE) | 2.390 | --- |
| Hospital Clínico (P-6) | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 1.220 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (MABE) | 1.220 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 1.156 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (PIBE) | 900 | --- |
| Biblioteca Hum. (P-1) | Pozo Bombeo | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 1.150 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (PIBE) | 957 | --- |
| Museo Pablo Serrano P-1 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo continuo. Solución de Hantush (MABE) | 31,2 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Solución de Hantush (MABE) | 27,2 | --- |
| | | Simulación Bombeo continuo. Solución de Hantush (PIBE) | 35,9 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Solución de Hantush (PIBE) | 22,6 | --- |
| M. P. Serrano P-2 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Solución de Hantush (MABE) | 18,7 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Solución de Hantush (PIBE) | 18,0 | --- |
| Museo Pablo Serrano P-3 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo continuo. Solución de Hantush (MABE) | 1.365 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Solución de Hantush (MABE) | 1.400 | --- |
| | | Simulación Bombeo continuo. Solución de Neuman (PIBE) | 1.152,0 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Solución de Hantush (PIBE) | 1.405,0 | --- |

| Ensayo | Punto de Observación | Método de interpretación | Transmisividad $m^2$/dia | Coeficiente Almacenam. |
|---|---|---|---|---|
| Hospital Provincial (P-1) | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado 1er ensayo. Theis (MABE) | 3.600 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado 1er ensayo. Theis (PIBE) | 2.035 | --- |
| | | Simulación Recuperación 2º ensayo. Solución de Theis (MABE) | 4.900 | --- |
| | | Simulación Recuperación 2º ensayo. Solución de Theis (PIBE) | 4.890 | --- |
| Hosp. Provincial (P-2) | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado .Solución de Theis (MABE) | 6.050 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado .Solución de Theis (PIBE) | 6.490 | --- |
| Hospital Provincial (P-3) | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 4.800 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Theis (PIBE) | 5.800 | --- |
| | Piez. Albareda | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 5.700 | 8,3E-02 |
| | Piez. H.Prov. | Simulación Bombeo. Solución de Theis (MABE) | 5.900 | 4,3E-02 |
| Hospital S.Juán de Dios P-2 | Piezómetro P-1 | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (MABE) | 366 | 2,3E-01 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 287 | 5,2E-01 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 437 | 3,2E+00 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Neuman (PIBE) | 276 | 2,1E-01 |
| | Piezómetro P-3 | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (MABE) | 710 | 5,2E-01 |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 663 | 8,3E-01 |
| Hospital S.Juán de Dios Inyección -1 | Pozo de bombeo ¿P-1? | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 11,7 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 8,4 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 11,7 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Neuman (PIBE) | 14,7 | --- |
| Paraninfo P-1 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 489 | --- |
| Puerta Cinegia - 1 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Theis (MABE) | 8.600 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Neuman (PIBE) | 5.664 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Theis (MABE) | 10.233 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Neuman (PIBE) | 7.638 | --- |
| | Piezómetro P-2 | Simulación Recuperación. Theis (MABE) | 9.500 | 1,9E-02 |
| | | Simulación Recuperación. Neuman (PIBE) | 10.771 | 6,1E-03 |
| TV Aragón S-1 | Pozo de bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (MABE) | 3.381 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (PIBE) | 4.375 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Hantush (MABE) | 3.855 | --- |
| TV Aragón S-2 | Pozo de bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (MABE) | 968 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (PIBE) | 968 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Hantush (MABE) | 1.557 | --- |
| TV Aragón S-3 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución deHantush (MABE) | 4.000 | --- |
| Edificio Betancourt P-1 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (MABE) | 191 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Theis (PIBE) | 198 | --- |
| Edificio Betancourt P-2 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (MABE) | 707 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 506 | --- |
| Edificio Betancourt P-3 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (MABE) | 430 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 430 | --- |
| Edificio Betancourt P-4 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (MABE) | 110 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 111 | --- |
| Edificio Betancourt P-6 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (MABE) | 40 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 31 | --- |
| Edificio Betancourt P-7 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (MABE) | 810 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Neuman (PIBE) | 477 | --- |
| UTE-82 Pozo Captación | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo Escalonado. Hantush (MABE) | 44 | --- |
| | | Simulación Bombeo Escalonado. Theis (PIBE) | 30 | --- |
| UTE-82 Pozo Inyección | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 2.723 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 3.052 | --- |
| Hotel Alfonso Pozo inyección | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 5.445 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 5.680 | --- |
| Hotel Alfonso 2715-40320 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 4.300 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 5.400 | --- |
| Hotel Alfonso 2715-40303 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 6.200 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Theis (PIBE) | 5.560 | --- |
| Maristas P-2 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 2.500 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 1.101 | --- |
| Maristas P-3 | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 2.500 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | --- | --- |
| Holme Place | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Hantush (MABE) | 1.720 | --- |
| | | Simulación Bombeo escalonado0. Solución de Hantush (PIBE) | 770 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (MABE) | 1.720 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (PIBE) | 1.020 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (MABE) | 771 | --- |
| | | Simulación Bombeo. Solución de Hantush (PIBE) | 610 | --- |
| Disminuido Físicos P-2 | Pozo Bombeo | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (MABE) | 22 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (PIBE) | 37 | --- |
| Disminuido Físicos P-1 | Pozo Bombeo | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (MABE) | 115 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (PIBE) | 106 | --- |

| Ensayo | Punto de Observación | Método de interpretación | Transmisividad $m^2$/dia | Coeficiente Almacenam. |
|---|---|---|---|---|
| Pabellón Expo I.C. | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Hantush (MABE) | 746 | --- |
| | | Simulación Bombeo escalonado0. Solución de Hantush (PIBE) | 649 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (MABE) | 711 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (PIBE) | 586 | --- |
| IBERCAJA P-3 Esc | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Hantush (MABE) | 750 | --- |
| | | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Hantush (PIBE) | 1.540 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (MABE) | 880 | --- |
| | | Simulación recuperación. Theis (PIBE) | 3.820 | --- |
| IBERCAJA P-3 Cont | Pozo Bombeo | Simulación Bombeo continuo. Solución de Hantush (MABE) | 2.850 | --- |
| | | Simulación Bombeo continuo. Solución de Hantush (PIBE) | 2.770 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de THeis (MABE) | 3.500 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (PIBE) | 3.775 | --- |
| | Piezometro P-1 | Simulación Bombeo continuo. Solución de Hantush (MABE) | 247 | 1,7E-02 |
| | | Simulación Bombeo continuo. Solución de Hantush (PIBE) | 157 | 1,2E-02 |
| | Piezometro P-2 | Simulación Bombeo continuo. Solución de Hantush (MABE) | 291 | 7,4E-03 |
| | | Simulación Bombeo continuo. Solución de Hantush (PIBE) | 360 | 2,1E-02 |
| | | Simulación Bombeo continuo. Solución de Neuman (PIBE) | 197 | --- |
| IBERCAJA P-2 | Pozo de bombeo | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Hantush (MABE) | 1.300 | --- |
| | | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Hantush (PIBE) | 1.770 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de THeis (MABE) | 3.690 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (PIBE) | 4.300 | --- |
| | Piezómetro P-1 | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Hantush (MABE) | 4.250 | --- |
| | | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Hantush (PIBE) | 4.400 | --- |
| | | Simulación Recuperación. Solución de THeis (MABE) | 3.770 | 7,1E-08 |
| | | Simulación Recuperación. Solución de Theis (PIBE) | 4.125 | 2,0E-10 |
| CDM Palafox P-2 | Pozo Bombeo | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 2.900 | --- |
| | | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Neuman (PIBE) | 1.830 | --- |
| CDM Palafox P-1 | Pozo Bombeo | Simulación Recuperación. Solución de Theis (MABE) | 5.000 | --- |
| | | Simulación Bombeo escalonado. Solución de Neuman (PIBE) | 4.850 | --- |
| Edif. Ada Byron P-2 | Pozo de bombeo | Simulación Recuperación. Solución de Hantush (MABE) | 644 | --- |

## IV.ii. ENSAYOS DE DILUCIÓN

### FUNDAMENTOS

El objetivo de los ensayos de dilución en pozos es obtener una medida independiente de la velocidad de flujo subterráneo.

La manera de proceder consiste en la introducción de un trazador en el sondeo y controlar la disminución de su concentración en el tiempo. La variación de concentración C de un trazador homogéneamente distribuido en un sondeo de diámetro $\phi$ y espesor trasmisivo h debido a la dilución que produce el tránsito del agua subterránea a través del sondeo está regido por la ecuación diferencial:

$$-dC_t.V_{ol} = v_s.C_t.S.dt$$

**$C_t$** : Concentración del trazador en el tiempo **t**

**$V_{ol}$** := Volumen de agua en el sondeo ($\pi . \phi^2 . h / 4$)

**$v_s$**: Velocidad aparente de flujo subterráneo horizontal en el sondeo.

**S** : Sección del sondeo en dirección normal al flujo ($\phi . h$)

Resolviendo la ecuación para la condición inicial $C_t = C_0$ y $t = t_0$ se obtiene:

$$Ln\frac{C_t}{C_0} = \frac{S.v_s.t}{V_{ol}}$$

de donde se deduce que la velocidad aparente del flujo en el interior del sondeo es:

$$v_s = \frac{\pi.\phi}{4.t} Ln\frac{C_0}{C_t}$$

que se puede poner de la forma:

$$C_t = C_0.e^{-\alpha.t} \qquad (1)$$

Donde:

$$\alpha = \frac{4.v_s}{\pi.\phi} \qquad (2)$$

De acuerdo con (1) la representación a escala semilogaritmica de la evolución de la concentración del trazador en función del tiempo es una recta de coeficiente angular m, que una vez determinado permite obtener el valor $\alpha$ mediante la expresión:

$$\alpha = 2{,}3 \cdot m$$

De acuerdo con (2) la velocidad aparente de flujo horizontal dentro del sondeo es:

$$v_s = 0{,}785.\alpha.\phi \qquad (3)$$

Dado que permeabilidad en el interior del sondeo es superior a la de la formación acuífera, el flujo subterráneo en la inmediación del sondeo tiende a converger hacia donde el medio físico le presenta menos oposición a la circulación, el hueco de la perforación, por lo que las líneas de corriente del entorno inmediato inflexionan y penetran en el sondeo de una manera tanto más acusada cuanto mayor sea el contraste de permeabilidades. Por tal motivo, la anchura del acuífero cuyas líneas de corriente confluyen en el sondeo es $\beta$ veces mayor que la del sondeo ($\phi$) y la obtención de la velocidad de flujo en el acuífero $v_{ac}$ a partir de la obtenida en el sondeo ($v_s$) requiere dividir esta por el coeficiente $\beta$, compensando así el efecto perturbador creado por el sondeo.

$$v_{ac} = \frac{v_s}{\beta} = \frac{0{,}785.\alpha.\pi.\phi}{\beta} \qquad (4)$$

El rango de los posibles valores de $\beta$ ha sido estudiado experimentalmente en ensayos en tanque (Halevy et al., 1966), encontrándose valores que oscilan entre 1 y 4.

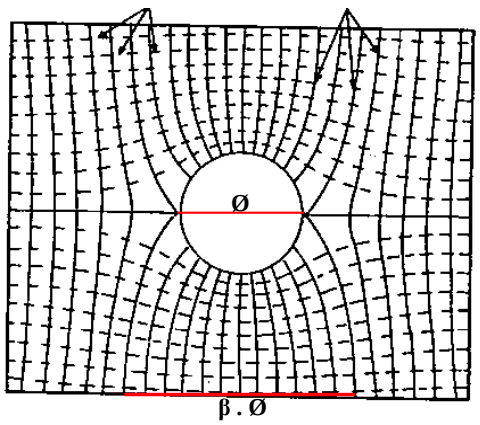



Figura IV.1. Esquema de la perturbación del flujo subterráneo originada por un sondeo.

La velocidad aparente de flujo en el sondeo, $v_s$, está influida por otros tipos de flujos que acontecen en el interior y que son ajenos al que se desea conocer –el flujo horizontal en el acuífero, $v_{ac}$- que se relacionan mediante la expresión:

$$v_s = \beta . v_{ac} + v_h + v_v + v_m + v_d \qquad (5)$$

$v_{ac}$: Velocidad real de filtración en el acuífero (velocidad de Darcy)

$v_h$ : Aparente velocidad de filtración causada por efecto de la densidad y temperatura

$v_v$ : Aparente velocidad de filtración causada por efecto de flujos verticales

$v_m$: Aparente velocidad de filtración causada por falta de homogeneización

$v_d$ : Aparente velocidad de filtración causada por difusión molecular

$\beta$: Factor de corrección por la distorsión del flujo a causa del sondeo. Se define como la relación $Q_b/Q_f$ entre el caudal que fluye al sondeo ($Q_b$), produciendo la dilución, y el existente en idéntica sección transversal del acuífero ($Q_f$).

$V_{ac}$ es el parámetro que realmente interesa conocer; $v_s$ se obtiene directamente mediante interpretación del ensayo y $\beta$ introduciendo las características constructivas del sondeo en la formula experimental desarrollada al efecto por Halevy (1966).

$$\frac{1}{\beta} = \frac{1}{8} . \left\{ \left( 1 + \frac{k_3}{k_2} \right) . \left[ 1 + \frac{r_1^2}{r_2^2} + \frac{k_2}{k_1} . \left( 1 - \frac{r_1^2}{r_2^2} \right) \right] + \left( 1 - \frac{k_3}{k_2} \right) . \left[ \frac{r_1^2}{r_3^2} + \frac{r_2^2}{r_3^2} + \frac{k_2}{k_1} . \left( \frac{r_1^2}{r_2^2} - \frac{r_2^2}{r_3^2} \right) \right] \right\} \qquad (6)$$

Donde $k_1$, $k_2$ y $k_3$ son las permeabilidades asignadas al filtro, empaque de gravas y macizo de gravas y formación acuífera, respectivamente; $r_1$ y $r_2$ los radios interior y exterior del filtro, y $r_3$ el radio de la perforación.

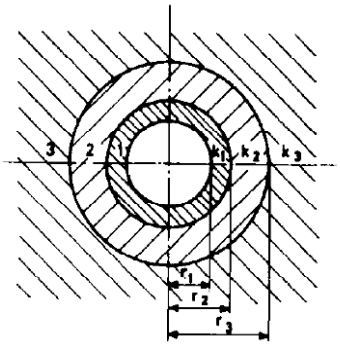



Figura IV.2. Esquema de permeabilidades del filtro

En la Figura IV.3 se muestra un ábaco para la obtención del valor de $\beta$.

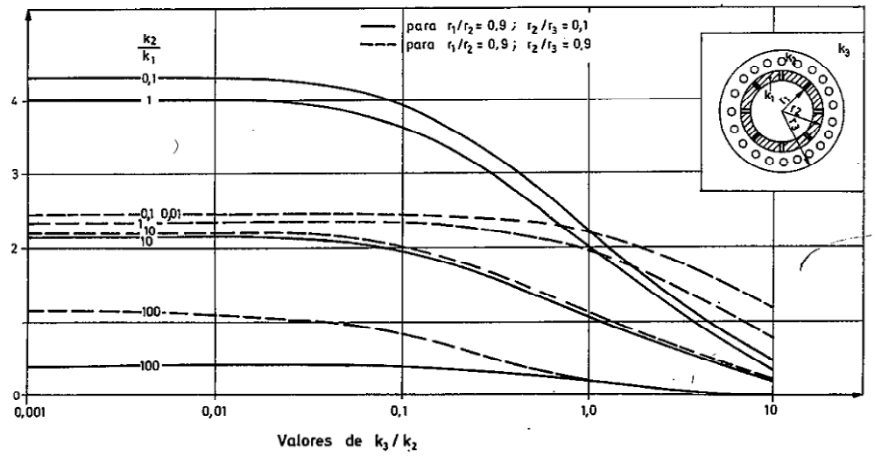



Figura IV.3. Valores de $\beta$ en función de la relación $k_3/k_2$, tomando $K_2/k_1$ como parámetro

$V_h$, $v_v$, $v_m$ y $v_d$ son parámetros perturbadores que enmascaran y distorsionan el cálculo del la velocidad real de flujo en el acuífero, por lo que deben ser estimados ($v_d$) o minimizados mediante el adecuado acabado del sondeo, correcta elección del trazador y la observancia de ciertos protocolos de actuación durante la realización del ensayo ($v_h$, $v_v$, $v_m$). La influencia de todos estos parámetros juegan en la misma dirección; estos es, incrementan el valor obtenido de la velocidad de flujo horizontal en el sondeo ($v_s$), por lo que se trata de una velocidad aparente, sobredimensionada respecto a la realidad.

Las condiciones ideales para la realización de ensayos son aquellas en las que los valores de $v_h$, $v_v$, $v_m$ y $v_d$ son poco significativos en relación a $v_{ac}$ y es admisible aceptar que la velocidad de Darcy en el acuífero puede ser determinada mediante la expresión $v_{ac} \approx v_s/\beta$.

Cuando no es así, el error inducido por algunos parámetros ($v_h$ y/o $v_v$) en la determinación de $v_{ac}$ mediante la expresión anterior es muy alto y el método queda invalidado para determinar el perfil de velocidades horizontales a diferentes profundidades.

El problema que plantean la existencia de flujo vertical en el interior del sondeo queda obviado sí se trabaja con la evolución de la dilución media en la totalidad de la

columna de agua; en tal caso, el valor de $v_{ac}$ obtenido representa la velocidad media de flujo en el acuífero, siempre que se observe ciertas prevenciones.

En el caso de los ensayos aquí realizados no es posible minimizar alguno de los efectos perturbadores antes mencionados debido al acabado de los piezómetros, los cuales habrían requerido una terminación específica para este tipo de ensayo, por lo que la obtención de un perfil fidedigno de las velocidades horizontales a lo largo del sondeo no es posible y los resultados que se presentan no son rigurosos desde el punto de vista cuantitativo. No obstante, se ha optado por presentar los perfiles de velocidad obtenidos en este trabajo, ya que tienen valor cualitativo y dan orientación de la anisotropía vertical del medio acuífero.

**METODOLOGIA**

La interpretación se ha realizado mediante un programa implementado en una hoja Excel. En el mismo se representa en gráfico semilogarítmico la evolución en el tiempo de la variación relativa del incremento de conductividad ($\Delta C_t/(\Delta C_0)$ producido por el marcado de la columna, tanto a nivel promedio del sondeo como a las diferentes profundidades a las que se ha monitorizado el ensayo, obteniéndose automáticamente el valor del parámetro $\alpha$ que, introducido en la expresión (3), permite determinar la velocidad aparente de flujo horizontal dentro del sondeo tanto a la profundidad indicada, como en promedio de la zona filtrante del sondeo.

Para ilustrar el proceso de cálculo seguido se muestra como ejemplo el ensayo realizado en uno de los piezómetros (José Sinué), cuyos perfiles de conductividad y temperatura se muestran a continuación.

| | PERFIL PREVIO | | 1er PERFIL | | 2º PERFIL | | 3er PERFIL | | 4º PERFIL | | 5º PERFIL | | 6º PERFIL | | 7º PERFIL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | | 02-may-12 | | 02-may-12 | | 02-may-12 | | 02-may-12 | | 02-may-12 | | 02-may-12 | | 02-may-12 | | 02-may-12 |
| **Hora in.** | | 12:30 | | 12:43 | | 12:49 | | 12:58 | | 13:06 | | 13:15 | | 13:25 | | 13:42 |
| **Hora fin** | | 12:33 | | 12:46 | | 12:51 | | 13:01 | | 13:08 | | 13:17 | | 13:27 | | 13:46 |
| **n.p.** | | 14,85 | | 14,85 | | 14,85 | | 14,85 | | 14,85 | | 14,85 | | 14,85 | | 14,85 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **µS/cm** | **ºC** | **µS/cm** | **ºC** | **µS/cm** | **ºC** | **µS/cm** | **ºC** | **µS/cm** | **ºC** | **µS/cm** | **ºC** | **µS/cm** | **ºC** |
| 14,85 | 1542 | 22,44 | 1708 | 22,53 | 1628 | 22,50 | 1584 | 22,42 | 1579 | 22,44 | 1572 | 22,42 | 1420 | 22,40 | 1564 | 22,40 |
| 15,00 | 1544 | 22,37 | 1700 | 22,48 | 1638 | 22,46 | 1584 | 22,41 | 1578 | 22,44 | 1561 | 22,30 | 1560 | 22,30 | 1564 | 22,35 |
| 16,00 | 1525 | 22,09 | 1772 | 22,34 | 1690 | 22,22 | 1581 | 22,13 | 1573 | 22,09 | 1558 | 22,09 | 1555 | 22,02 | 1561 | 22,05 |
| 17,00 | 1521 | 21,84 | 1976 | 22,18 | 1729 | 22,04 | 1588 | 21,94 | 1567 | 21,89 | 1546 | 21,92 | 1543 | 21,85 | 1530 | 21,89 |
| 18,00 | 1522 | 21,74 | 2443 | 22,10 | 1842 | 21,98 | 1621 | 21,85 | 1590 | 21,79 | 1562 | 21,80 | 1553 | 21,74 | 1533 | 21,73 |
| 19,00 | 1539 | 21,67 | 2632 | 21,91 | 2077 | 21,97 | 1679 | 21,82 | 1612 | 21,74 | 1597 | 21,76 | 1555 | 21,69 | 1537 | 21,70 |
| 20,00 | 1515 | 21,57 | 2663 | 21,68 | 2452 | 21,90 | 1723 | 21,76 | 1661 | 21,70 | 1604 | 21,67 | 1591 | 21,64 | 1568 | 21,66 |
| 21,00 | 1512 | 21,46 | 2913 | 21,63 | 2542 | 21,73 | 1819 | 21,72 | 1697 | 21,69 | 1627 | 21,61 | 1602 | 21,62 | 1571 | 21,61 |
| 22,00 | 1520 | 21,38 | 2921 | 21,52 | 2706 | 21,58 | 2023 | 21,65 | 1770 | 21,65 | 1652 | 21,54 | 1608 | 21,59 | 1575 | 21,54 |
| 23,00 | 1532 | 21,26 | 2302 | 21,31 | 2233 | 21,37 | 2106 | 21,43 | 1908 | 21,52 | 1801 | 21,42 | 1632 | 21,49 | 1610 | 21,45 |
| 24,00 | 1543 | 21,16 | 2067 | 21,17 | 2083 | 21,26 | 2117 | 21,30 | 2041 | 21,35 | 1924 | 21,28 | 1834 | 21,32 | 1752 | 21,31 |
| 25,00 | 1631 | 20,86 | 2641 | 20,79 | 2183 | 21,00 | 2232 | 20,93 | 2124 | 21,06 | 2009 | 21,02 | 1924 | 21,05 | 1832 | 21,03 |
| 26,00 | 1804 | 20,47 | 2832 | 20,37 | 2709 | 20,50 | 2423 | 20,52 | 2391 | 20,55 | 2226 | 20,55 | 2262 | 20,55 | 2129 | 20,52 |
| 27,00 | 1973 | 20,21 | 2617 | 20,14 | 2576 | 20,36 | 2484 | 20,25 | 2415 | 20,34 | 2348 | 20,25 | 2301 | 20,34 | 2174 | 20,35 |

Tabla IV.I. Ejemplo de tabla con datos de campo del ensayo de marcado de la columna en Piezómetro José Sinués

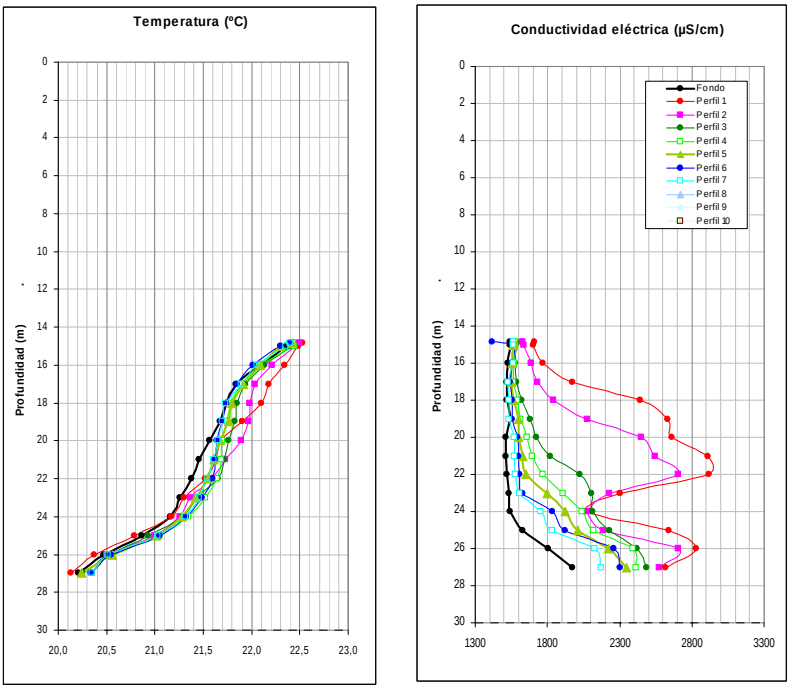



Figura IV.4. Perfiles de temperatura y conductividad del agua en piezómetro José Sinués

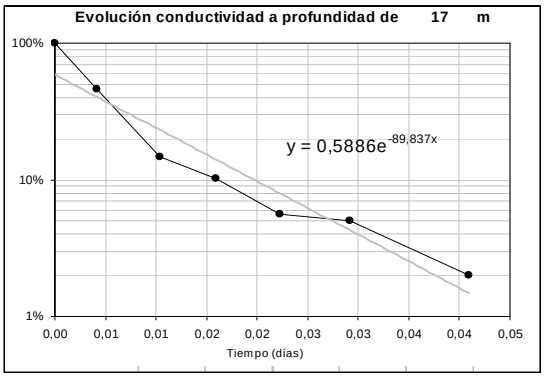
El código implementado en Excel confecciona una serie de tablas con el incremento de conductividad eléctrica originada por el ensayo y su variación relativa en relación a la máxima perturbación creada para cada uno de los siete perfiles realizados, de las que es fácil llegar al valor del parámetro **α** para cada una de los profundidades muestreadas así como para el promedio del sondeo.

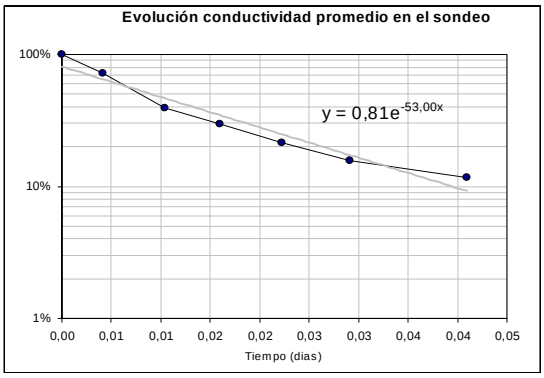
| Prof | Incremento CE detectado µS/cm | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (m) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 14,85 | 166 | 86 | 42 | 37 | 30 | -122 | 22 |
| 15,00 | 157 | 95 | 41 | 35 | 18 | 17 | 21 |
| 16,00 | 247 | 165 | 56 | 48 | 33 | 30 | 36 |
| 17,00 | 456 | 209 | 68 | 47 | 26 | 23 | 9 |
| 18,00 | 922 | 320 | 99 | 68 | 41 | 32 | 12 |
| 19,00 | 1093 | 538 | 140 | 73 | 58 | 16 | -2 |
| 20,00 | 1148 | 937 | 208 | 146 | 89 | 76 | 53 |
| 21,00 | 1401 | 1030 | 307 | 185 | 115 | 90 | 59 |
| 22,00 | 1401 | 1186 | 503 | 250 | 132 | 88 | 55 |
| 23,00 | 770 | 701 | 574 | 376 | 269 | 100 | 78 |
| 24,00 | 524 | 540 | 574 | 498 | 381 | 291 | 209 |
| 25,00 | 1010 | 553 | 601 | 493 | 378 | 294 | 201 |
| 26,00 | 1028 | 905 | 619 | 587 | 421 | 457 | 324 |
| 27,00 | 644 | 603 | 511 | 442 | 375 | 328 | 201 |
| Promedio | 783 | 562 | 310 | 234 | 169 | 123 | 91 |

| Variación relativa de Conductividad. | | | | | | | α |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1,00 | 0,52 | 0,25 | 0,22 | 0,18 | 0,01 | 0,13 | 75,43 |
| 1,00 | 0,60 | 0,26 | 0,22 | 0,11 | 0,11 | 0,13 | 51,85 |
| 1,00 | 0,67 | 0,23 | 0,19 | 0,13 | 0,12 | 0,15 | 48,33 |
| 1,00 | 0,46 | 0,15 | 0,10 | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 89,84 |
| 1,00 | 0,35 | 0,11 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 97,97 |
| 1,00 | 0,49 | 0,13 | 0,07 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 159,0 |
| 1,00 | 0,82 | 0,18 | 0,13 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | 78,06 |
| 1,00 | 0,74 | 0,22 | 0,13 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 79,86 |
| 1,00 | 0,85 | 0,36 | 0,18 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 85,60 |
| 1,00 | 0,91 | 0,75 | 0,49 | 0,35 | 0,13 | 0,10 | 62,44 |
| 0,91 | 0,94 | 1,00 | 0,87 | 0,66 | 0,51 | 0,36 | 24,71 |
| 1,00 | 0,55 | 0,60 | 0,49 | 0,37 | 0,29 | 0,20 | 35,17 |
| 1,00 | 0,88 | 0,60 | 0,57 | 0,41 | 0,44 | 0,32 | 27,57 |
| 1,00 | 0,94 | 0,79 | 0,69 | 0,58 | 0,51 | 0,31 | 27,68 |
| 1,00 | 0,72 | 0,40 | 0,30 | 0,22 | 0,16 | 0,12 | 53,00 |

Tabla IV.II. Volcado de tablas generadas automáticamente en el proceso de interpretación del ensayo de marcado de la columna

En las Figuras IV.5 y IV.6 se muestra los gráficos de la evolución relativa de la conductividad para una profundidad determinada -17 metros en el caso del ejemplo-, así como para el conjunto del sondeo. El valor de **α** se relaciona con la velocidad de Darcy en el interior del sondeo, $v_s$, mediante la expresión (3) y coincide con el exponente de la función exponencial que establece la línea de tendencia que se ajusta a la evolución de la conductividad.




Figuras IV.5 y IV.6. Representación generada automáticamente del logaritmo de la evolución del incremento relativo de la conductividad inducido por la tinción a una determinada profundidad (Fig. IV.5) y para todo el sondeo (Fig. IV.6)

En la valoración de los resultados se ha dado mucha más fiabilidad a la velocidad aparente obtenida a partir de la evolución promedio de la conductividad en el sondeo, ya que así se obvia los inconvenientes debido a la aparición de flujo vertical. No obstante, en el anejo correspondiente se muestran los perfiles de velocidad obtenidos para cada ensayo, aunque se asume que la cuantificación realizada es muy imprecisa, por lo que su valor es meramente cualitativo.

Para la obtención de la velocidad de Darcy en el acuífero, $v_{ac}$, se ha requerido la determinación del factor $\beta$ mediante la expresión (6) para lo que se ha requerido una estimación previa de la conductividad hidráulica de la rejilla, empaque de gravas y acuífero (Figura IV.2). Para ello se ha asignado al empaque de gravas el valor calculado a partir de la fórmula de Terzagui para una porosidad del 21% y un diámetro equivalente de la gravilla utilizada, $d_{10}$, de 3 mm, y para la rejilla un valor doble al anterior. Para la permeabilidad del acuífero, $K_3$, dato de partida y en gran medida solución del problema a resolver, se ha seguido un proceso iterativo. Para ello, en la iteración inicial se ha asignado a $k_3$ un valor orientativo y, posteriormente, el nuevo valor de $k_3$ deducido a partir de la velocidad de flujo y el gradiente hidráulico considerado en la anterior iteración.

Los valores de $\beta$ obtenidos varían entre 1,82 y 2,73, según los piezómetros. Para el conjunto de ellos, el valor promedio es de 2,41, y la mediana de 2,43.

## DATOS DE CAMPO. CAMPAÑA 2010

**Piezometro HOSPITAL PROVINCIAL (2010)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fecha | 14-dic-10 | 14-dic-10 | 14-dic-10 | 14-dic-10 | 14-dic-10 | 15-dic-10 | | |
| H. inicio | 10:29 | 10:34 | 11:09 | 14:27 | 18:21 | 10:07 | | |
| Hora fin | | 10:49 | 11:22 | 14:37 | 18:47 | 10:17 | | |
| n.p. | | | | | | | | |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 17 | 1551 | 20,3 | 1800 | 20,5 | 1768 | 20,3 | 1645 | 20,3 | 1631 | 20,4 | 1612 | 20,2 | | | | |
| 18 | 1543 | 20,6 | 1850 | 20,4 | 1713 | 20,5 | 1633 | 20,5 | 1599 | 20,6 | 1593 | 20,5 | | | | |
| 19 | 1540 | 20,7 | 1935 | 20,5 | 1682 | 20,7 | 1625 | 20,7 | 1578 | 20,7 | 1569 | 20,7 | | | | |
| 20 | 1533 | 20,8 | 2305 | 20,7 | 1672 | 20,7 | 1606 | 20,8 | 1570 | 20,9 | 1562 | 20,8 | | | | |
| 21 | 1462 | 21,0 | 1980 | 20,9 | 1535 | 20,9 | 1505 | 21,0 | 1477 | 21,0 | 1427 | 21,0 | | | | |
| 22 | 1437 | 21,1 | 1830 | 21,1 | 1503 | 21,1 | 1478 | 21,1 | 1454 | 21,1 | 1449 | 21,1 | | | | |
| 23 | 1436 | 21,1 | 1875 | 21,1 | 1512 | 21,1 | 1470 | 21,1 | 1452 | 21,1 | 1449 | 21,2 | | | | |
| 24 | 1438 | 21,2 | 1975 | 21,1 | 1524 | 21,1 | 1477 | 21,1 | 1453 | 21,1 | 1451 | 21,2 | | | | |
| 25 | 1438 | 21,2 | 2220 | 21,1 | 1530 | 21,1 | 1478 | 21,2 | 1454 | 21,1 | 1452 | 21,2 | | | | |
| 26 | 1439 | 21,2 | 2480 | 21,1 | 1542 | 21,1 | 1480 | 21,2 | 1454 | 21,2 | 1452 | 21,2 | | | | |
| 27 | 1439 | 21,1 | 2550 | 21,1 | 1563 | 21,1 | 1479 | 21,1 | 1454 | 21,2 | 1453 | 21,1 | | | | |
| 28 | 1439 | 21,2 | 2630 | 21,1 | 1647 | 21,1 | 1481 | 21,1 | 1454 | 21,1 | 1453 | 21,1 | | | | |
| 29 | 1439 | 21,2 | 2350 | 21,2 | 1771 | 21,1 | 1482 | 21,2 | 1455 | 21,2 | 1454 | 21,2 | | | | |
| 30 | 1437 | 21,2 | 2270 | 21,3 | 1853 | 21,2 | 1486 | 21,2 | 1458 | 21,2 | 1453 | 21,2 | | | | |
| 31 | 1424 | 21,4 | 2420 | 21,4 | 2070 | 21,3 | 1488 | 21,2 | 1467 | 21,3 | 1449 | 21,3 | | | | |
| 32 | 1402 | 21,5 | 2510 | 21,4 | 2320 | 21,4 | 2010 | 21,5 | 1680 | 21,5 | 1436 | 21,4 | | | | |
| 33 | 1397 | 21,5 | 2780 | 21,4 | 2470 | 21,4 | 2060 | 21,5 | 1724 | 21,5 | 1432 | 21,4 | | | | |
| 34 | 1390 | 21,3 | 2940 | 21,3 | 2800 | 21,3 | 2220 | 21,4 | 1871 | 21,3 | 1425 | 21,3 | | | | |
| 35 | 1385 | 21,2 | 2900 | 21,1 | 2820 | 21,2 | 2360 | 21,2 | 1964 | 21,2 | 1425 | 21,2 | | | | |
| 36 | 1383 | 20,9 | 2750 | 20,8 | 2850 | 20,9 | 2710 | 21,0 | 2150 | 21,0 | 1448 | 21,0 | | | | |
| 37 | 1378 | 20,6 | 2810 | 20,4 | 2870 | 20,6 | 2650 | 20,5 | 2440 | 20,5 | 2220 | 20,6 | | | | |
| 38 | 1466 | 20,1 | 3100 | 20,0 | 2880 | 20,1 | 2550 | 20,0 | 2410 | 20,0 | 2360 | 20,1 | | | | |
| 39 | 1470 | 19,7 | 3090 | 19,6 | 2810 | 19,7 | 2470 | 19,6 | 2380 | 19,6 | 2360 | 19,7 | | | | |
| 40 | 1471 | 19,3 | 2525 | 19,3 | 2525 | 19,3 | 2360 | 19,2 | 2350 | 19,2 | 2350 | 19,3 | | | | |
| 41 | 1474 | 19,0 | 2260 | 19,0 | 2260 | 19,0 | 2330 | 19,0 | 2340 | 19,0 | 2340 | 19,0 | | | | |
| 42 | 1483 | 18,5 | 1900 | 18,7 | 1900 | 18,7 | 2240 | 18,8 | 2330 | 18,8 | 2350 | 18,7 | | | | |
| 43 | 1482 | 18,3 | 1710 | 18,5 | 1710 | 18,5 | 2200 | 18,6 | 2330 | 18,5 | 2340 | 18,4 | | | | |
| 44 | 1483 | 18,0 | 1666 | 18,4 | 1666 | 18,4 | 2190 | 18,5 | 2330 | 18,3 | 2340 | 18,1 | | | | |

**Piezometro SEMINARIO (2010)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL | 8º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | 16-nov-10 | 16-nov-10 | 16-nov-10 | 18-nov-10 | 18-nov-10 | 19-nov-10 | 19-nov-10 | 22-nov-10 | 23-nov-10 |
| **H. inicio** | 13:00 | 13:30 | 13:39 | 8:30 | 14:45 | 8:40 | 14:40 | 9:40 | 11:45 |
| **Hora fin** | | | | | | | | | |
| **n.p.** | 33,92 | 33,92 | 33,92 | 33,95 | 33,88 | 34,01 | 33,93 | 33,87 | 33,84 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 34 | 1623 | 18,9 | 1709 | 18,7 | 1763 | 18,8 | 1695 | 18,9 | 1745 | | 1689 | | 1652 | | 1624 | | 1611 | |
| 35 | 1605 | 18,9 | 1700 | 18,8 | 1678 | 18,9 | 1639 | 18,9 | 1664 | | 1657 | | 1652 | | 1613 | | 1597 | |
| 36 | 1598 | 18,9 | 1716 | 18,8 | 1757 | 18,9 | 1639 | 18,9 | 1663 | | 1655 | | 1651 | | 1612 | | 1597 | |
| 37 | 1599 | 18,8 | 1800 | 18,8 | 1970 | 18,9 | 1639 | 18,9 | 1667 | | 1655 | | 1651 | | 1612 | | 1598 | |
| 38 | 1601 | 18,8 | 1850 | 18,8 | 2120 | 19,0 | 1698 | 19,0 | 1669 | | 1655 | | 1652 | | 1613 | | 1598 | |
| 39 | 1598 | 18,8 | 2140 | 18,8 | 2280 | 18,9 | 1728 | 19,0 | 1668 | | 1655 | | 1651 | | 1613 | | 1597 | |
| 40 | 1583 | 18,9 | 2500 | 18,8 | 2320 | 18,9 | 1732 | 19,0 | 1677 | | 1655 | | 1653 | | 1613 | | 1598 | |
| 41 | 1580 | 18,9 | 2210 | 18,8 | 2285 | 18,9 | 1768 | 18,9 | 1692 | | 1655 | | 1653 | | 1613 | | 1598 | |
| 42 | 1580 | 18,8 | 2150 | 18,7 | 2260 | 18,8 | 1819 | 18,9 | 1850 | | 1669 | | 1662 | | 1616 | | 1600 | |
| 43 | 1580 | 18,8 | 2060 | 18,6 | 2260 | 18,7 | 1876 | 18,8 | 1897 | | 1685 | | 1676 | | 1622 | | 1607 | |
| 44 | 1576 | 18,6 | 2310 | 18,5 | 2270 | 18,6 | 2040 | 18,7 | 2150 | | 1862 | | 1855 | | 1633 | | 1612 | |
| 45 | 1576 | 18,4 | 2450 | 18,4 | 2260 | 18,6 | 2260 | 18,5 | 2170 | | 2150 | | 2150 | | 1883 | | 2020 | |
| 46 | 1575 | 18,3 | 2390 | 18,3 | 2260 | 18,5 | 2300 | 18,4 | 2170 | | 2260 | | 2240 | | 2240 | | 2250 | |
| 47 | 1576 | 18,2 | 2650 | 18,1 | 2680 | 18,3 | 2520 | 18,2 | 2860 | | 2810 | | 2900 | | 3160 | | 2790 | |
| 48 | 1574 | 18,1 | 3460 | 17,9 | 4380 | 18,0 | 4890 | 18,0 | 4390 | | 3990 | | 3740 | | 3180 | | 2800 | |
| 49 | 1575 | 17,9 | 3960 | 17,9 | 9340 | 17,9 | 5240 | 17,9 | 4390 | | 4000 | | 3740 | | 3190 | | 2820 | |

**Piezometro TENERIAS (2010)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL |
|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | 21-dic-10 | 21-dic-10 | 21-dic-10 | 21-dic-10 |
| **Hora in.** | 13:48 | 13:50 | 14:16 | 14:34 |
| **Hora fin** | 13:54 | 14:00 | 14:24 | 14:41 |
| **n.p.** | | | | |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 7,13 | 1583 | 17,4 | 1680 | 16,6 | 1615 | 16,5 | 1606 | 16,7 |
| 8 | 1565 | 17,5 | 1735 | 17,2 | 1582 | 17,3 | 1573 | 17,2 |
| 9 | 1560 | 17,5 | 1697 | 17,4 | 1562 | 17,4 | 1563 | 17,4 |
| 10 | 1511 | 17,4 | 1674 | 17,4 | 1492 | 17,4 | 1530 | 17,4 |
| 11 | 1431 | 17,2 | 1580 | 17,3 | 1436 | 17,1 | 1417 | 17,1 |
| 12 | 1450 | 17,1 | 1582 | 17,1 | 1441 | 17,2 | 1433 | 17,1 |
| 13 | 1480 | 17,1 | 1586 | 17,1 | 1478 | 17,2 | 1466 | 17,1 |
| 14 | 1471 | 17,1 | 1703 | 17,2 | 1468 | 17,2 | 1466 | 17,1 |
| 15 | 1462 | 17,1 | 2590 | 17,3 | 1470 | 17,1 | 1467 | 17,1 |
| 16 | 1464 | 17,2 | 2700 | 17,1 | 1483 | 17,2 | 1468 | 17,1 |
| 17 | 1466 | 17,3 | 2770 | 17,2 | 1565 | 17,2 | 1468 | 17,2 |
| 18 | 1467 | 17,4 | 2330 | 17,3 | 1647 | 17,3 | 1517 | 17,2 |
| 19 | 1465 | 17,5 | 2030 | 17,6 | 1775 | 17,4 | 1535 | 17,3 |
| 20 | 1463 | 17,4 | 2130 | 17,6 | 1999 | 17,5 | 1852 | 17,3 |
| 21 | 1469 | 17,5 | 2920 | 17,6 | 2350 | 17,5 | 2170 | 17,5 |
| 22 | 1640 | 17,6 | 2690 | 17,7 | 2500 | 17,7 | 2420 | 17,7 |

**Piezometro ARAGONIA (2010)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | 15-dic-10 | 15-dic-10 | 15-dic-10 | 15-dic-10 | 15-dic-10 | 15-dic-10 | 15-dic-10 | 16-dic-10 |
| **H. inicio** | 11:44 | 12:19 | 12:38 | 13:14 | 15:34 | 17:44 | 21:45 | 7:36 |
| **Hora fin** | 11:51 | 12:27 | 12:44 | 13:22 | 15:43 | 17:55 | 21:56 | 7:51 |
| **n.p.** | | | | | | | | |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 30,5 | 1699 | 19,8 | 1812 | 19,4 | 1860 | 20,1 | 1854 | 19,6 | 1728 | 20,0 | 1723 | 19,9 | 1708 | 20,0 | 1717 | 19,4 |
| 31 | 1696 | 20,0 | 2080 | 19,9 | 1907 | 20,0 | 1802 | 19,8 | 1777 | 20,1 | 1722 | 20,1 | 1717 | 19,8 | 1703 | 19,8 |
| 32 | 1697 | 20,1 | 1802 | 19,9 | 1887 | 19,7 | 1920 | 20,0 | 1918 | 20,1 | 1886 | 20,2 | 1841 | 20,2 | 1739 | 20,2 |
| 33 | 1698 | 19,7 | 1777 | 19,5 | 1806 | 19,2 | 1820 | 19,5 | 1966 | 19,5 | 1882 | 19,6 | 1882 | 19,8 | 1840 | 19,5 |
| 34 | 1697 | 19,0 | 1811 | 19,0 | 1832 | 18,7 | 1817 | 19,0 | 1845 | 18,9 | 1856 | 18,9 | 1870 | 18,8 | 1867 | 18,8 |
| 35 | 1703 | 18,3 | 1855 | 18,4 | 1838 | 18,1 | 1837 | 18,3 | 1839 | 18,2 | 1846 | 18,2 | 1855 | 18,2 | 1869 | 18,2 |
| 36 | 1719 | 17,8 | 1757 | 17,9 | 1816 | 17,6 | 1820 | 17,7 | 1844 | 17,7 | 1859 | 17,7 | 1864 | 17,8 | 1867 | 17,7 |
| 37 | 1955 | 17,2 | 2250 | 17,3 | 2200 | 17,0 | 2180 | 17,2 | 2190 | 17,1 | 2090 | 17,2 | 2020 | 17,1 | 1940 | 17,1 |
| 38 | 3420 | 16,7 | 3350 | 16,7 | 3350 | 16,4 | 3345 | 16,6 | 3240 | 16,6 | 3150 | 16,6 | 3140 | 16,6 | 3050 | 16,6 |
| 39 | 3470 | 16,3 | 3460 | 16,3 | 3290 | 16,3 | 3440 | 16,3 | 3430 | 16,3 | 3410 | 16,3 | 3400 | 16,2 | 3380 | 16,2 |

**Piezometro GEOLÓGICAS (2010)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL | 8º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | 13-dic-10 | 13-dic-10 | 13-dic-10 | 13-dic-10 | 13-dic-10 | 14-dic-10 | 14-dic-10 | 15-dic-10 | 17-dic-10 |
| **H. inicio** | | 13:03 | 13:45 | 14:30 | 17:30 | 9:18 | 14:54 | 9:22 | 12:00 |
| **Hora fin** | | 13:25 | 13:55 | 14:39 | 17:50 | 9:26 | 14:57 | 9:30 | 12:20 |
| **n.p.** | | 25,35 | 25,35 | 25,35 | 25,35 | 25,35 | 25,35 | 25,35 | 25,35 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 25,4 | 284 | 24,6 | 998 | 0,0 | 1248 | 24,3 | 1405 | 24,2 | 1445 | 24,1 | 1445 | 24,4 | 1467 | 24,3 | 1585 | 24,4 | 1583 | 24,4 |
| 26 | 284 | 24,6 | 1197 | 0,0 | 1264 | 24,4 | 1366 | 24,3 | 1427 | 24,2 | 1445 | 24,6 | 1470 | 24,6 | 1515 | 24,6 | 1550 | 24,6 |
| 27 | 284 | 24,7 | 1333 | 0,0 | 1285 | 24,5 | 1338 | 24,5 | 1393 | 24,6 | 1442 | 24,7 | 1465 | 24,7 | 1496 | 24,7 | 1534 | 24,7 |
| 28 | 284 | 24,8 | 1500 | 0,0 | 1460 | 24,6 | 1432 | 24,6 | 1393 | 24,7 | 1443 | 24,8 | 1464 | 24,8 | 1495 | 24,8 | 1531 | 24,8 |
| 29 | 284 | 24,9 | 1757 | 0,0 | 1658 | 24,6 | 1635 | 24,7 | 1664 | 24,9 | 1604 | 25,0 | 1616 | 24,9 | 1607 | 24,9 | 1531 | 24,8 |
| 30 | 284 | 24,9 | 2070 | 0,0 | 1868 | 24,5 | 1845 | 24,6 | 1871 | 24,8 | 1825 | 24,9 | 1819 | 24,9 | 1797 | 24,9 | 1730 | 24,9 |
| 31 | 284 | 24,5 | 2410 | 0,0 | 2130 | 24,3 | 2030 | 24,4 | 1994 | 24,3 | 1948 | 24,4 | 1923 | 24,4 | 1900 | 24,4 | 1855 | 24,4 |
| 32 | 334 | 23,9 | 2920 | 0,0 | 2210 | 24,1 | 2025 | 24,0 | 1947 | 23,8 | 1913 | 23,9 | 1913 | 24,0 | 1901 | 23,9 | 1870 | 23,9 |
| 33 | 339 | 23,7 | 2870 | 0,0 | 2520 | 24,0 | 2070 | 23,8 | 1967 | 23,7 | 1946 | 23,7 | 1942 | 23,7 | 1928 | 23,7 | 1884 | 23,7 |
| 34 | 498 | 23,5 | 2080 | 0,0 | 2580 | 23,9 | 2170 | 23,7 | 2050 | 23,5 | 2020 | 23,5 | 2000 | 23,5 | 1983 | 23,5 | 1930 | 23,5 |
| 35 | 1610 | 23,2 | 2180 | 0,0 | 2440 | 23,8 | 2470 | 23,6 | 2150 | 23,3 | 2030 | 23,3 | 1991 | 23,3 | 1932 | 23,3 | 1869 | 23,3 |
| 36 | 1669 | 22,8 | 2200 | 0,0 | 2100 | 23,2 | 2150 | 23,2 | 2190 | 22,9 | 1921 | 22,9 | 1848 | 23,0 | 1759 | 22,9 | 1680 | 22,9 |
| 37 | 1714 | 22,6 | 2260 | 0,0 | 2170 | 22,9 | 2120 | 22,8 | 2050 | 22,6 | 1879 | 22,6 | 1841 | 22,7 | 1772 | 22,6 | 1704 | 22,9 |

# DATOS DE CAMPO. CAMPAÑA 2012

**Piezometro ACTUR (2012)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL | 8º PERFIL | 9º PERFIL | 10º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | 03-may-12 | 03-may-12 | 03-may-12 | 03-may-12 | 03-may-12 | 03-may-12 | 03-may-12 | 03-may-12 | 03-may-12 | 03-may-12 | 03-may-12 |
| **H. inicio** | 9:10 | 9:25 | 9:30 | 9:40 | 9:50 | 9:55 | 10:06 | 10:12 | 10:25 | 10:35 | 10:50 |
| **Hora fin** | 9:12 | 9:27 | 9:32 | 9:42 | 9:52 | 9:57 | 10:08 | 10:14 | 10:27 | 10:37 | 10:52 |
| **n.p.** | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 6,5 | 3809 | 18,3 | 4063 | 18,3 | 3833 | 18,3 | 3814 | 18,3 | 3812 | 18,3 | 3810 | 18,3 | 3814 | 18,3 | 3790 | 18,3 | 3815 | 18,3 | 3791 | 18,33 | 3816 | 18,33 |
| 7 | 3813 | 18,3 | 4430 | 18,3 | 3884 | 18,3 | 3819 | 18,3 | 3814 | 18,3 | 3816 | 18,3 | 3814 | 18,3 | 3810 | 18,3 | 3815 | 18,3 | 3806 | 18,34 | 3815 | 18,34 |
| 8 | 3808 | 18,4 | 4615 | 18,4 | 4139 | 18,4 | 3826 | 18,4 | 3811 | 18,4 | 3812 | 18,4 | 3812 | 18,4 | 3810 | 18,4 | 3810 | 18,4 | 3810 | 18,37 | 3812 | 18,37 |
| 9 | 3808 | 18,4 | 4200 | 18,4 | 4076 | 18,4 | 3824 | 18,4 | 3809 | 18,4 | 3812 | 18,4 | 3812 | 18,4 | 3811 | 18,4 | 3809 | 18,4 | 3808 | 18,39 | 3810 | 18,40 |
| 10 | 3808 | 18,4 | 4139 | 18,4 | 4059 | 18,4 | 3890 | 18,4 | 3817 | 18,4 | 3815 | 18,4 | 3814 | 18,4 | 3812 | 18,4 | 3807 | 18,4 | 3810 | 18,38 | 3809 | 18,39 |
| 11 | 3834 | 18,4 | 4413 | 18,4 | 4125 | 18,4 | 4021 | 18,4 | 3960 | 18,4 | 3959 | 18,4 | 3903 | 18,4 | 3941 | 18,4 | 3890 | 18,3 | 3941 | 18,34 | 3876 | 18,34 |
| 12 | 4341 | 18,4 | 4729 | 18,4 | 4502 | 18,5 | 4567 | 18,4 | 4597 | 18,4 | 4555 | 18,4 | 4525 | 18,3 | 4528 | 18,3 | 4511 | 18,3 | 4491 | 18,31 | 4445 | 18,32 |
| 13 | 4466 | 18,5 | 5317 | 18,5 | 5264 | 18,6 | 5083 | 18,6 | 5046 | 18,6 | 4970 | 18,6 | 4888 | 18,6 | 4864 | 18,6 | 4824 | 18,6 | 4786 | 18,55 | 4736 | 18,57 |
| 14 | 4470 | 18,6 | 5084 | 18,7 | 5132 | 18,6 | 5087 | 18,7 | 4985 | 18,7 | 4951 | 18,6 | 4892 | 18,6 | 4897 | 18,7 | 4835 | 18,7 | 4811 | 18,67 | 4757 | 18,66 |

**Piezometro GEOLÓGICAS (2012)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL | 8º PERFIL | 9º PERFIL | 10º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | 24-abr-12 | 24-abr-12 | 24-abr-12 | 25-abr-12 | 25-abr-12 | 25-abr-12 | 25-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 27-abr-12 | 30-abr-12 |
| **H. inicio** | 11:15 | 11:40 | 18:06 | 10:05 | 13:00 | 15:50 | 18:05 | 11:05 | 20:28 | 12:26 | 10:15 |
| **Hora fin** | 11:20 | 11:45 | 18:14 | 10:10 | 13:05 | 15:55 | 18:10 | 11:10 | 20:33 | 12:31 | 10:20 |
| **n.p.** | 25,62 | 25,62 | 25,62 | 25,66 | 25,66 | 25,66 | 25,66 | 25,66 | 25,66 | 25,66 | 25,56 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 25,6 | 447 | 24,9 | 639 | 25,2 | 660 | 25,3 | 683 | 23,7 | 699 | 24,5 | 708 | 23,9 | 721 | 23,9 | 802 | 23,5 | 836 | 24,4 | 870 | 25,2 | 920 | 25,2 |
| 26,0 | 449 | 25,0 | 669 | 25,2 | 680 | 25,3 | 692 | 23,7 | 708 | 24,5 | 724 | 23,9 | 735 | 23,9 | 806 | 23,5 | 839 | 24,4 | 871 | 25,2 | 928 | 25,3 |
| 26,5 | 450 | 25,1 | 752 | 25,2 | 747 | 25,4 | 726 | 23,6 | 766 | 24,5 | 762 | 23,9 | 788 | 23,9 | 846 | 23,5 | 877 | 24,4 | 907 | 25,3 | 942 | 25,3 |
| 27,0 | 450 | 25,2 | 859 | 25,2 | 847 | 25,4 | 842 | 23,6 | 854 | 24,5 | 883 | 23,9 | 918 | 23,8 | 916 | 23,5 | 934 | 24,4 | 952 | 25,3 | 993 | 25,3 |
| 27,5 | 449 | 25,3 | 1011 | 25,2 | 1065 | 25,4 | 1029 | 23,6 | 980 | 24,5 | 1044 | 23,8 | 1044 | 23,8 | 1113 | 23,5 | 1059 | 24,3 | 1091 | 25,4 | 1091 | 25,4 |
| 28,0 | 448 | 25,3 | 1260 | 25,2 | 1239 | 25,5 | 1203 | 23,6 | 1240 | 24,5 | 1218 | 23,8 | 1183 | 23,8 | 1264 | 23,5 | 1249 | 24,2 | 1242 | 25,4 | 1213 | 25,4 |
| 28,5 | 445 | 25,3 | 1454 | 25,1 | 1395 | 25,4 | 1398 | 23,6 | 1362 | 24,4 | 1341 | 23,8 | 1345 | 23,8 | 1390 | 23,5 | 1347 | 24,2 | 1404 | 25,4 | 1349 | 25,4 |
| 29,0 | 446 | 25,3 | 1668 | 25,1 | 1512 | 25,4 | 1477 | 23,5 | 1455 | 24,4 | 1438 | 23,8 | 1435 | 23,7 | 1520 | 23,5 | 1448 | 24,2 | 1490 | 25,4 | 1434 | 25,3 |
| 29,5 | 447 | 25,3 | 1835 | 25,1 | 1570 | 25,3 | 1540 | 23,5 | 1534 | 24,4 | 1512 | 23,7 | 1521 | 23,7 | 1612 | 23,5 | 1531 | 24,1 | 1575 | 25,3 | 1534 | 25,3 |
| 30,0 | 448 | 25,3 | 1905 | 25,1 | 1615 | 25,1 | 1597 | 23,5 | 1586 | 24,4 | 1558 | 23,7 | 1566 | 23,7 | 1664 | 23,5 | 1590 | 24,1 | 1631 | 25,1 | 1598 | 25,0 |
| 30,5 | 452 | 25,2 | 1945 | 25,1 | 1664 | 24,9 | 1638 | 23,5 | 1627 | 24,4 | 1606 | 23,7 | 1613 | 23,7 | 1712 | 23,5 | 1648 | 24,1 | 1676 | 24,9 | 1643 | 25,0 |
| 31,0 | 466 | 25,1 | 1896 | 25,0 | 1684 | 24,8 | 1664 | 23,5 | 1652 | 24,4 | 1646 | 23,7 | 1653 | 23,6 | 1740 | 23,5 | 1677 | 24,1 | 1716 | 24,8 | 1670 | 24,9 |
| 31,5 | 499 | 24,9 | 1855 | 25,0 | 1709 | 24,7 | 1689 | 23,5 | 1679 | 24,4 | 1680 | 23,7 | 1684 | 23,6 | 1762 | 23,5 | 1700 | 24,0 | 1739 | 24,7 | 1709 | 24,7 |
| 32,0 | 556 | 24,7 | 1791 | 24,8 | 1736 | 24,6 | 1709 | 23,5 | 1694 | 24,3 | 1698 | 23,7 | 1697 | 23,6 | 1785 | 23,5 | 1722 | 24,0 | 1762 | 24,6 | 1730 | 24,6 |
| 32,5 | 656 | 24,7 | 1642 | 24,6 | 1753 | 24,5 | 1715 | 23,5 | 1701 | 24,3 | 1705 | 23,7 | 1702 | 23,6 | 1790 | 23,5 | 1728 | 24,0 | 1771 | 24,5 | 1740 | 24,5 |
| 33,0 | 772 | 24,6 | 1634 | 24,5 | 1754 | 24,5 | 1644 | 23,4 | 1694 | 24,2 | 1700 | 23,6 | 1703 | 23,6 | 1789 | 23,5 | 1726 | 24,0 | 1773 | 24,4 | 1746 | 24,5 |
| 33,5 | 880 | 24,6 | 1819 | 24,4 | 1718 | 24,4 | 1663 | 23,4 | 1666 | 24,2 | 1685 | 23,6 | 1677 | 23,6 | 1773 | 23,5 | 1711 | 23,9 | 1760 | 24,3 | 1727 | 24,3 |
| 34,0 | 974 | 24,5 | 1891 | 24,2 | 1682 | 24,3 | 1644 | 23,4 | 1632 | 24,2 | 1646 | 23,6 | 1645 | 23,6 | 1739 | 23,4 | 1692 | 23,9 | 1609 | 24,0 | 1688 | 24,2 |
| 34,5 | 1125 | 24,4 | 1696 | 24,1 | 1703 | 24,1 | 1636 | 23,4 | 1601 | 24,1 | 1585 | 23,6 | 1552 | 23,6 | 1690 | 23,4 | 1636 | 23,9 | 1609 | 24,0 | 1597 | 24,1 |
| 35,0 | 1467 | 24,2 | 1541 | 24,0 | 1530 | 24,0 | 1429 | 23,4 | 1436 | 23,9 | 1467 | 23,6 | 1432 | 23,5 | 1533 | 23,4 | 1501 | 23,9 | 1516 | 23,9 | 1502 | 24,0 |
| 35,5 | 1530 | 24,0 | 1773 | 23,8 | 1462 | 23,8 | 1407 | 23,4 | 1404 | 23,7 | 1424 | 23,6 | 1422 | 23,5 | 1507 | 23,4 | 1453 | 23,9 | 1505 | 23,7 | 1491 | 23,8 |
| 36,0 | 1545 | 23,8 | 1802 | 23,6 | 1477 | 23,5 | 1420 | 23,4 | 1419 | 23,4 | 1436 | 23,6 | 1433 | 23,5 | 1528 | 23,4 | 1477 | 23,8 | 1524 | 23,5 | 1507 | 23,7 |

**Piezometro TENERÍAS (2012)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL | 8º PERFIL | 9º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fecha | 04-may-12 | 04-may-12 | 04-may-12 | 04-may-12 | 04-may-12 | 04-may-12 | 04-may-12 | 04-may-12 | 04-may-12 | 04-may-12 |
| H. inicio | 10:10 | 10:29 | 10:35 | 10:41 | 10:47 | 10:57 | 11:04 | 11:12 | 11:23 | 11:35 |
| Hora fin | 10:15 | 10:34 | 10:40 | 10:46 | 10:52 | 10:02 | 11:08 | 11:16 | 11:27 | 11:39 |
| n.p. | 6,92 | 6,92 | 6,92 | 6,92 | 6,92 | 6,92 | 6,92 | 6,92 | 6,92 | 6,92 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 6,9 | 1502 | 15,0 | 1820 | 15,0 | 1616 | 15,0 | 1555 | 15,0 | 1536 | 14,9 | 1510 | 14,9 | 1509 | 14,9 | 1503 | 14,9 | 1500 | 14,9 | 1500 | 15,0 |
| 7,0 | 1502 | 15,0 | 1819 | 15,0 | 1617 | 15,0 | 1554 | 15,0 | 1536 | 14,9 | 1509 | 15,0 | 1508 | 14,9 | 1503 | 14,9 | 1500 | 14,9 | 1500 | 15,0 |
| 8,0 | 1500 | 14,9 | 1739 | 15,0 | 1544 | 14,9 | 1530 | 14,9 | 1512 | 14,9 | 1503 | 14,9 | 1500 | 14,9 | 1499 | 14,9 | 1495 | 14,9 | 1496 | 14,9 |
| 9,0 | 1490 | 14,7 | 1748 | 14,9 | 1528 | 14,7 | 1511 | 14,7 | 1509 | 14,7 | 1492 | 14,7 | 1489 | 14,7 | 1489 | 14,7 | 1486 | 14,7 | 1485 | 14,7 |
| 10,0 | 1438 | 14,4 | 1851 | 14,7 | 1481 | 14,5 | 1449 | 14,5 | 1454 | 14,5 | 1427 | 14,5 | 1437 | 14,5 | 1434 | 14,5 | 1421 | 14,4 | 1424 | 14,5 |
| 11,0 | 1377 | 14,3 | 2085 | 14,7 | 1476 | 14,5 | 1380 | 14,4 | 1377 | 14,3 | 1361 | 14,4 | 1368 | 14,4 | 1366 | 14,3 | 1364 | 14,3 | 1364 | 14,4 |
| 12,0 | 1392 | 14,3 | 2399 | 14,6 | 1474 | 14,5 | 1406 | 14,4 | 1377 | 14,4 | 1392 | 14,4 | 1382 | 14,4 | 1376 | 14,4 | 1374 | 14,3 | 1380 | 14,4 |
| 13,0 | 1379 | 14,4 | 2302 | 14,4 | 1584 | 14,6 | 1430 | 14,5 | 1427 | 14,4 | 1388 | 14,4 | 1407 | 14,4 | 1383 | 14,4 | 1368 | 14,3 | 1386 | 14,5 |
| 14,0 | 1393 | 14,4 | 2664 | 14,5 | 1885 | 14,6 | 1465 | 14,5 | 1412 | 14,4 | 1424 | 14,4 | 1387 | 14,4 | 1402 | 14,4 | 1398 | 14,5 | 1414 | 14,5 |
| 15,0 | 1408 | 14,5 | 2603 | 14,6 | 2388 | 14,5 | 1775 | 14,6 | 1500 | 14,5 | 1424 | 14,4 | 1395 | 14,4 | 1389 | 14,4 | 1390 | 14,4 | 1408 | 14,5 |
| 16,0 | 1395 | 14,4 | 2290 | 14,5 | 2320 | 14,5 | 2188 | 14,5 | 1802 | 14,5 | 1530 | 14,5 | 1471 | 14,5 | 1433 | 14,4 | 1428 | 14,4 | 1467 | 14,4 |
| 17,0 | 1396 | 14,5 | 2601 | 14,6 | 2228 | 14,6 | 2270 | 14,5 | 2166 | 14,5 | 1673 | 14,5 | 1543 | 14,5 | 1475 | 14,5 | 1466 | 14,5 | 1472 | 14,5 |
| 18,0 | 1415 | 14,6 | 2528 | 14,7 | 2160 | 14,6 | 1962 | 14,6 | 2087 | 14,5 | 1745 | 14,6 | 1591 | 14,6 | 1554 | 14,6 | 1498 | 14,6 | 1560 | 14,6 |
| 19,0 | 1412 | 14,7 | 2145 | 14,8 | 1860 | 14,8 | 1799 | 14,7 | 1827 | 14,7 | 1681 | 14,7 | 1614 | 14,7 | 1633 | 14,7 | 1569 | 14,7 | 1658 | 14,7 |
| 20,0 | 1590 | 15,1 | 2562 | 15,2 | 2377 | 15,2 | 1997 | 15,0 | 1916 | 15,0 | 1880 | 15,0 | 1905 | 15,1 | 1788 | 15,1 | 1663 | 15,0 | 1749 | 15,0 |
| 21,0 | 1901 | 15,6 | 3102 | 15,7 | 2997 | 15,8 | 2974 | 15,7 | 2995 | 15,8 | 2574 | 15,6 | 2544 | 15,5 | 2690 | 15,7 | 2708 | 15,8 | 2328 | 15,6 |
| 22,0 | 2227 | 16,1 | 3220 | 16,1 | 3232 | 16,1 | 3184 | 16,1 | 3197 | 16,1 | 3100 | 16,1 | 3061 | 16,1 | 2989 | 16,1 | 3011 | 16,2 | 2912 | 16,1 |
| 23,0 | 2443 | 16,4 | 3329 | 16,5 | 3396 | 16,4 | 3370 | 16,4 | 3336 | 16,4 | 3287 | 16,4 | 3274 | 16,4 | 3260 | 16,4 | 3207 | 16,4 | 3203 | 16,4 |
| 24,0 | 2649 | 16,8 | 3672 | 16,8 | 3506 | 16,6 | 3492 | 16,6 | 3487 | 16,6 | 3461 | 16,7 | 3453 | 16,6 | 3441 | 16,7 | 3424 | 16,7 | 3367 | 16,6 |
| 25,0 | 2855 | 17,0 | 3452 | 16,9 | 3522 | 16,6 | 3554 | 16,5 | 3574 | 16,5 | 3583 | 16,8 | 3538 | 16,6 | 3540 | 16,8 | 3544 | 16,8 | 3485 | 16,8 |

**Piezometro JOSÉ SINUÉ (2012)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fecha | 02-may-12 | 02-may-12 | 02-may-12 | 02-may-12 | 02-may-12 | 02-may-12 | 02-may-12 | 02-may-12 |
| H. inicio | 12:30 | 12:43 | 12:49 | 12:58 | 13:06 | 13:15 | 13:25 | 13:42 |
| Hora fin | 12:33 | 12:46 | 12:51 | 13:01 | 13:08 | 13:17 | 13:27 | 13:46 |
| n.p. | 14,85 | 14,85 | 14,85 | 14,85 | 14,85 | 14,85 | 14,85 | 14,85 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 14,9 | 1542 | 22,4 | 1708 | 22,5 | 1628 | 22,5 | 1584 | 22,4 | 1579 | 22,4 | 1572 | 22,4 | 1420 | 22,4 | 1564 | 22,4 |
| 15,0 | 1544 | 22,4 | 1700 | 22,5 | 1638 | 22,5 | 1584 | 22,4 | 1578 | 22,4 | 1561 | 22,3 | 1560 | 22,3 | 1564 | 22,4 |
| 16,0 | 1525 | 22,1 | 1772 | 22,3 | 1690 | 22,2 | 1581 | 22,1 | 1573 | 22,1 | 1558 | 22,1 | 1555 | 22,0 | 1561 | 22,1 |
| 17,0 | 1521 | 21,8 | 1976 | 22,2 | 1729 | 22,0 | 1588 | 21,9 | 1567 | 21,9 | 1546 | 21,9 | 1543 | 21,9 | 1530 | 21,9 |
| 18,0 | 1522 | 21,7 | 2443 | 22,1 | 1842 | 22,0 | 1621 | 21,9 | 1590 | 21,8 | 1562 | 21,8 | 1553 | 21,7 | 1533 | 21,7 |
| 19,0 | 1539 | 21,7 | 2632 | 21,9 | 2077 | 22,0 | 1679 | 21,8 | 1612 | 21,7 | 1597 | 21,8 | 1555 | 21,7 | 1537 | 21,7 |
| 20,0 | 1515 | 21,6 | 2663 | 21,7 | 2452 | 21,9 | 1723 | 21,8 | 1661 | 21,7 | 1604 | 21,7 | 1591 | 21,6 | 1568 | 21,7 |
| 21,0 | 1512 | 21,5 | 2913 | 21,6 | 2542 | 21,7 | 1819 | 21,7 | 1697 | 21,7 | 1627 | 21,6 | 1602 | 21,6 | 1571 | 21,6 |
| 22,0 | 1520 | 21,4 | 2921 | 21,5 | 2706 | 21,6 | 2023 | 21,7 | 1770 | 21,6 | 1652 | 21,5 | 1608 | 21,6 | 1575 | 21,5 |
| 23,0 | 1532 | 21,3 | 2302 | 21,3 | 2233 | 21,4 | 2106 | 21,4 | 1908 | 21,5 | 1801 | 21,4 | 1632 | 21,5 | 1610 | 21,5 |
| 24,0 | 1543 | 21,2 | 2067 | 21,2 | 2083 | 21,3 | 2117 | 21,3 | 2041 | 21,4 | 1924 | 21,3 | 1834 | 21,3 | 1752 | 21,3 |
| 25,0 | 1631 | 20,9 | 2641 | 20,8 | 2183 | 21,0 | 2232 | 20,9 | 2124 | 21,1 | 2009 | 21,0 | 1924 | 21,1 | 1832 | 21,0 |
| 26,0 | 1804 | 20,5 | 2832 | 20,4 | 2709 | 20,5 | 2423 | 20,5 | 2391 | 20,6 | 2226 | 20,6 | 2262 | 20,5 | 2129 | 20,5 |
| 27,0 | 1973 | 20,2 | 2617 | 20,1 | 2576 | 20,4 | 2484 | 20,3 | 2415 | 20,3 | 2348 | 20,2 | 2301 | 20,3 | 2174 | 20,4 |

**Piezometro ARAGONIA (2012)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL | 8º PERFIL | 9º PERFIL | 10º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fecha | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 24-abr-12 | 24-abr-12 | 24-abr-12 | 24-abr-12 |
| H. inicio | 11:46 | 12:16 | 13:00 | 14:05 | 17:10 | 18:13 | 19:24 | 10:13 | 14:33 | 17:25 | 18:40 |
| Hora fin | 11:49 | 12:19 | 13:03 | 14:08 | 17:12 | 18:15 | 19:27 | 10:14 | 14:35 | 17:27 | 18:42 |
| n.p. | 30,89 | 30,89 | 30,89 | 30,89 | 30,89 | 30,89 | 30,89 | 30,89 | 30,89 | 30,89 | 30,89 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 30,8 | 1834 | 16,0 | 3235 | 16,2 | 3362 | 16,4 | 3282 | 16,4 | 3153 | 16,4 | 3142 | 16,5 | 3023 | 16,4 | 3042 | 16,4 | 2285 | 16,4 | 2523 | 16,5 | 2452 | 16,4 |
| 31 | 1836 | 16,1 | 3254 | 16,5 | 3362 | 16,4 | 3282 | 16,4 | 3153 | 16,4 | 3142 | 16,5 | 3052 | 16,4 | 3042 | 16,4 | 2285 | 16,4 | 2523 | 16,5 | 2452 | 16,4 |
| 32 | 1841 | 16,3 | 3320 | 16,8 | 3363 | 16,8 | 3257 | 16,7 | 3152 | 16,4 | 3147 | 16,8 | 3050 | 16,4 | 3043 | 16,4 | 2570 | 16,4 | 2518 | 16,4 | 2451 | 16,4 |
| 33 | 1831 | 16,7 | 3244 | 16,8 | 3311 | 17,1 | 3256 | 16,7 | 3158 | 16,7 | 3144 | 17,1 | 3069 | 16,7 | 3073 | 16,7 | 2659 | 16,7 | 2625 | 16,8 | 2625 | 16,8 |
| 34 | 1828 | 17,1 | 3167 | 17,1 | 3248 | 17,4 | 3186 | 17,1 | 3130 | 17,1 | 3137 | 17,5 | 3061 | 17,1 | 3060 | 17,1 | 2664 | 17,1 | 2657 | 17,1 | 2628 | 17,1 |
| 35 | 1830 | 17,4 | 3100 | 17,4 | 3177 | 17,5 | 3157 | 17,5 | 3105 | 17,4 | 3179 | 17,6 | 3038 | 17,4 | 3059 | 17,4 | 2665 | 17,4 | 2657 | 17,4 | 2636 | 17,4 |
| 36 | 1810 | 17,5 | 2996 | 17,7 | 3104 | 17,7 | 3072 | 17,8 | 3085 | 17,6 | 3136 | 17,6 | 3027 | 17,6 | 3065 | 17,6 | 2669 | 17,6 | 2669 | 17,6 | 2623 | 17,6 |
| 37 | 1867 | 17,7 | 2874 | 17,7 | 3030 | 17,7 | 3056 | 17,7 | 3066 | 17,7 | 3110 | 17,7 | 3016 | 17,7 | 3069 | 17,7 | 2595 | 17,8 | 2651 | 17,7 | 2622 | 17,7 |
| 38 | 2399 | 17,7 | 3022 | 17,8 | 3041 | 17,7 | 3040 | 17,8 | 2981 | 17,8 | 2787 | 17,8 | 2920 | 17,8 | 2971 | 17,8 | 2595 | 17,8 | 2590 | 17,8 | 2575 | 17,8 |
| 39 | 2385 | 17,7 | 3276 | 17,7 | 2424 | 17,7 | 3199 | 17,8 | 3124 | 17,7 | 2250 | 17,7 | 3021 | 17,7 | 3058 | 17,6 | 2671 | 17,7 | 2635 | 17,6 | 2627 | 17,7 |

**Piezometro ALBAREDA (2012)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 |
| **H. inicio** | 18:35 | 19:04 | 19:09 | 19:14 | 19:20 | 19:30 | 20:08 |
| **Hora fin** | 18:38 | 19:07 | 19:12 | 19:17 | 19:24 | 19:34 | 20:13 |
| **n.p.** | 18,46 | 18,46 | 18,46 | 18,46 | 18,46 | 18,46 | 18,46 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 18,5 | 1363 | 19,2 | 1546 | 19,2 | 1476 | 19,2 | 1442 | 19,2 | 1403 | 19,2 | 1399 | 19,2 | 1370 | 19,2 |
| 19,0 | 1365 | 19,3 | 1596 | 19,3 | 1523 | 19,3 | 1449 | 19,2 | 1424 | 19,2 | 1406 | 19,2 | 1384 | 19,2 |
| 20,0 | 1373 | 19,4 | 2126 | 19,4 | 1683 | 19,4 | 1583 | 19,4 | 1499 | 19,4 | 1440 | 19,4 | 1394 | 19,4 |
| 21,0 | 1335 | 19,8 | 1948 | 19,8 | 1704 | 19,8 | 1568 | 19,8 | 1479 | 19,8 | 1413 | 19,8 | 1352 | 19,7 |
| 22,0 | 1296 | 20,2 | 1445 | 20,2 | 1359 | 20,3 | 1294 | 20,3 | 1306 | 20,2 | 1289 | 20,2 | 1295 | 20,2 |
| 23,0 | 1289 | 20,3 | 1326 | 20,3 | 1278 | 20,4 | 1276 | 20,4 | 1276 | 20,4 | 1271 | 20,4 | 1286 | 20,3 |
| 24,0 | 1300 | 20,3 | 1267 | 20,2 | 1283 | 20,3 | 1279 | 20,3 | 1274 | 20,3 | 1274 | 20,3 | 1294 | 20,3 |
| 25,0 | 1296 | 20,3 | 1288 | 20,3 | 1280 | 20,3 | 1276 | 20,3 | 1273 | 20,3 | 1273 | 20,3 | 1292 | 20,3 |
| 26,0 | 1296 | 20,3 | 1279 | 20,3 | 1268 | 20,3 | 1278 | 20,3 | 1267 | 20,3 | 1274 | 20,3 | 1281 | 20,3 |
| 27,0 | 1292 | 20,3 | 1280 | 20,3 | 1265 | 20,3 | 1276 | 20,3 | 1259 | 20,3 | 1272 | 20,3 | 1281 | 20,3 |
| 28,0 | 1290 | 20,3 | 1280 | 20,3 | 1269 | 20,3 | 1275 | 20,3 | 1261 | 20,3 | 1274 | 20,3 | 1288 | 20,3 |
| 29,0 | 1282 | 20,3 | 1284 | 20,3 | 1265 | 20,3 | 1272 | 20,3 | 1260 | 20,3 | 1273 | 20,3 | 1301 | 20,3 |
| 30,0 | 1279 | 20,2 | 1288 | 20,3 | 1274 | 20,3 | 1272 | 20,3 | 1263 | 20,3 | 1271 | 20,3 | 1295 | 20,3 |
| 31,0 | 1282 | 20,2 | 1318 | 20,2 | 1278 | 20,2 | 1272 | 20,2 | 1283 | 20,2 | 1267 | 20,2 | 1286 | 20,3 |
| 32,0 | 1285 | 20,2 | 1421 | 20,0 | 1290 | 20,2 | 1275 | 20,2 | 1281 | 20,2 | 1269 | 20,2 | 1291 | 20,2 |
| 33,0 | 1303 | 20,0 | 2257 | 20,1 | 1429 | 20,1 | 1319 | 20,1 | 1321 | 20,1 | 1291 | 20,1 | 1308 | 20,1 |
| 34,0 | 1303 | 19,4 | 2257 | 19,9 | 2053 | 19,9 | 2035 | 19,9 | 2043 | 19,9 | 2007 | 19,8 | 1962 | 19,7 |

**Piezometro HOSPITAL PROVINCIAL (2012)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL | 8º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 26-abr-12 | 27-abr-12 | 30-abr-12 |
| **H. inicio** | 12:32 | 13:13 | 13:42 | 14:13 | 16:45 | 17:45 | 19:45 | 10:00 | 10:46 |
| **Hora fin** | 12:45 | 13:26 | 13:55 | 14:27 | 16:58 | 17:59 | 19:59 | 10:13 | 10:59 |
| **n.p.** | 17,10 | 17,10 | 17,10 | 17,10 | 17,10 | 17,10 | 17,10 | 17,10 | 17,12 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 17,1 | 1303 | 23,9 | 1368 | 23,9 | 1355 | 23,9 | 1424 | 23,9 | 1376 | 23,9 | 1478 | 23,9 | 1396 | 23,8 | 1478 | 23,9 | 1396 | 23,8 |
| 18 | 1309 | 23,9 | 1415 | 23,9 | 1368 | 23,9 | 1369 | 23,9 | 1450 | 24,0 | 1413 | 24,0 | 1386 | 23,9 | 1472 | 23,9 | 1390 | 23,8 |
| 19 | 1301 | 24,0 | 1502 | 23,9 | 1421 | 24,0 | 1386 | 24,0 | 1441 | 24,1 | 1408 | 24,0 | 1385 | 24,0 | 1468 | 24,0 | 1387 | 23,8 |
| 20 | 1319 | 24,1 | 1584 | 24,0 | 1433 | 24,1 | 1373 | 24,1 | 1407 | 24,1 | 1359 | 24,2 | 1327 | 24,2 | 1438 | 24,1 | 1357 | 23,9 |
| 21 | 1299 | 24,2 | 1584 | 24,1 | 1384 | 24,3 | 1331 | 24,2 | 1406 | 24,2 | 1369 | 24,2 | 1327 | 24,2 | 1406 | 24,2 | 1332 | 24,1 |
| 22 | 1297 | 24,3 | 1636 | 24,2 | 1373 | 24,3 | 1334 | 24,3 | 1390 | 24,3 | 1359 | 24,2 | 1327 | 24,2 | 1424 | 24,3 | 1351 | 24,2 |
| 23 | 1306 | 24,4 | 1729 | 24,2 | 1400 | 24,4 | 1336 | 24,3 | 1389 | 24,3 | 1344 | 24,3 | 1325 | 24,3 | 1420 | 24,4 | 1348 | 24,2 |
| 24 | 1306 | 24,4 | 1908 | 24,3 | 1439 | 24,4 | 1337 | 24,4 | 1385 | 24,4 | 1344 | 24,3 | 1320 | 24,3 | 1402 | 24,4 | 1339 | 24,3 |
| 25 | 1312 | 24,5 | 2006 | 24,4 | 1485 | 24,4 | 1358 | 24,4 | 1385 | 24,4 | 1350 | 24,3 | 1341 | 24,3 | 1405 | 24,5 | 1332 | 24,4 |
| 26 | 1293 | 24,6 | 2076 | 24,5 | 1537 | 24,4 | 1358 | 24,4 | 1391 | 24,4 | 1369 | 24,4 | 1327 | 24,4 | 1400 | 24,5 | 1327 | 24,4 |
| 27,0 | 1300 | 24,5 | 2122 | 24,5 | 1626 | 24,4 | 1384 | 24,4 | 1400 | 24,4 | 1369 | 24,4 | 1330 | 24,4 | 1413 | 24,5 | 1332 | 24,5 |
| 28,0 | 1302 | 24,5 | 2046 | 24,5 | 1739 | 24,4 | 1455 | 24,4 | 1402 | 24,4 | 1364 | 24,4 | 1328 | 24,4 | 1414 | 24,4 | 1334 | 24,4 |
| 29,0 | 1299 | 24,3 | 1809 | 24,4 | 1836 | 24,4 | 1615 | 24,4 | 1419 | 24,3 | 1357 | 24,4 | 1331 | 24,3 | 1380 | 23,7 | 1327 | 24,3 |
| 30,0 | 1301 | 23,9 | 1929 | 24,2 | 1900 | 24,2 | 1794 | 24,1 | 1545 | 24,0 | 1358 | 24,3 | 1330 | 24,2 | 1377 | 23,5 | 1344 | 24,0 |
| 31,0 | 1303 | 23,6 | 2029 | 23,9 | 1973 | 23,8 | 1912 | 23,8 | 1607 | 23,5 | 1453 | 23,7 | 1344 | 24,0 | 1379 | 23,4 | 1338 | 23,7 |
| 32,0 | 1308 | 23,3 | 2107 | 23,6 | 2005 | 23,5 | 1878 | 23,5 | 1575 | 23,4 | 1500 | 23,4 | 1501 | 23,4 | 1374 | 23,2 | 1333 | 23,3 |
| 33,0 | 1319 | 23,1 | 2235 | 23,3 | 2152 | 23,2 | 1975 | 23,2 | 1600 | 23,1 | 1502 | 23,2 | 1514 | 23,3 | 1377 | 23,0 | 1332 | 23,1 |
| 34,0 | 1315 | 22,8 | 2375 | 22,9 | 2324 | 22,9 | 2159 | 22,8 | 1704 | 22,9 | 1552 | 22,9 | 1516 | 23,0 | 1380 | 22,7 | 1336 | 22,8 |
| 35,0 | 1321 | 22,5 | 2435 | 22,5 | 2360 | 22,6 | 2224 | 22,5 | 1848 | 22,6 | 1673 | 22,6 | 1505 | 22,7 | 1411 | 22,5 | 1354 | 22,4 |
| 36,0 | 1331 | 22,1 | 2385 | 22,2 | 2336 | 22,2 | 2206 | 22,1 | 2106 | 22,0 | 1975 | 22,1 | 1654 | 22,2 | 1740 | 22,1 | 1410 | 22,1 |
| 37,0 | 1357 | 21,8 | 2223 | 21,8 | 2233 | 21,8 | 2134 | 21,8 | 2088 | 21,7 | 2011 | 21,7 | 1920 | 21,9 | 1853 | 21,9 | 1505 | 21,8 |
| 38,0 | 1381 | 21,6 | 2124 | 21,5 | 2112 | 21,5 | 2037 | 21,5 | 2039 | 21,5 | 1968 | 21,5 | 1902 | 21,5 | 1956 | 21,6 | 1648 | 21,6 |
| 39 | 1419 | 21,3 | 2003 | 21,2 | 1985 | 21,2 | 1924 | 21,2 | 1977 | 21,2 | 1933 | 21,2 | 1857 | 21,2 | 1954 | 21,2 | 1749 | 21,3 |
| 40 | 1453 | 20,9 | 1812 | 20,9 | 1837 | 20,9 | 1805 | 20,9 | 1946 | 20,9 | 1894 | 20,9 | 1841 | 20,6 | 1948 | 20,9 | 1791 | 21,0 |
| 41 | 1487 | 20,5 | 1652 | 20,7 | 1707 | 20,7 | 1705 | 20,6 | 1899 | 20,6 | 1834 | 20,0 | 1839 | 20,2 | 1946 | 20,6 | 1805 | 20,6 |
| 42 | 1525 | 20,1 | 1559 | 20,5 | 1626 | 20,5 | 1621 | 20,4 | 1883 | 20,4 | 1843 | 20,3 | 1839 | 20,2 | 1947 | 20,1 | 1812 | 20,2 |
| 43 | 1527 | 19,7 | 1486 | 20,6 | 1570 | 20,3 | 1591 | 20,2 | 1860 | 20,2 | 1831 | 20,0 | 1862 | 19,9 | 1951 | 19,7 | 1800 | 19,7 |
| 44 | 1532 | 19,6 | 1419 | 20,1 | 1560 | 20,4 | 1584 | 20,2 | 1880 | 20,3 | 1890 | 20,0 | 1868 | 19,9 | 1950 | 19,7 | 1800 | 19,7 |

**Piezometro SEMINARIO (2012)**

| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL | 8º PERFIL | 9º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fecha | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 23-abr-12 | 24-abr-12 | 24-abr-12 | 24-abr-12 | 25-abr-12 | 25-abr-12 |
| H. inicio | 10:27 | 10:55 | 13:30 | 16:35 | 18:59 | 9:52 | 14:50 | 17:40 | 9:35 | 12:35 |
| Hora fin | 10:30 | 10:58 | 13:35 | 16:38 | 19:02 | 9:56 | 14:54 | 17:45 | 9:39 | 12:39 |
| n.p. | 34,21 | 34,21 | 34,21 | 34,21 | 34,21 | 34,21 | 34,21 | 34,21 | 34,35 | 34,35 |

| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 34,2 | 1424 | 18,2 | 1699 | 18,2 | 1702 | 18,2 | 1634 | 18,2 | 1650 | 18,2 | 1649 | 18,2 | 1430 | 18,2 | 1415 | 18,2 | 1397 | 18,2 | 1396 | 17,9 |
| 35 | 1596 | 18,1 | 1758 | 18,2 | 1747 | 18,1 | 1663 | 18,2 | 1687 | 18,1 | 1677 | 18,1 | 1462 | 18,1 | 1428 | 18,1 | 1411 | 18,1 | 1398 | 17,9 |
| 36 | 1598 | 18,1 | 1875 | 18,1 | 1839 | 18,1 | 1739 | 18,1 | 1754 | 18,0 | 1718 | 18,1 | 1501 | 18,0 | 1461 | 18,1 | 1439 | 18,0 | 1430 | 17,9 |
| 37 | 1604 | 18,0 | 2025 | 18,1 | 1966 | 18,1 | 1853 | 18,1 | 1864 | 18,0 | 1789 | 18,0 | 1551 | 18,0 | 1509 | 18,0 | 1473 | 18,0 | 1446 | 17,9 |
| 38 | 1606 | 18,0 | 2218 | 18,1 | 2096 | 18,0 | 1984 | 18,0 | 1987 | 18,0 | 1857 | 18,0 | 1589 | 18,0 | 1549 | 18,0 | 1502 | 18,0 | 1470 | 17,9 |
| 39 | 1606 | 18,0 | 2359 | 18,0 | 2152 | 18,0 | 2057 | 18,0 | 2047 | 18,0 | 1912 | 18,0 | 1626 | 18,0 | 1583 | 18,0 | 1534 | 18,0 | 1479 | 17,9 |
| 40 | 1609 | 18,0 | 2237 | 18,0 | 2163 | 18,0 | 2078 | 18,0 | 2068 | 18,0 | 1956 | 18,0 | 1655 | 18,0 | 1618 | 18,0 | 1539 | 18,0 | 1489 | 17,9 |
| 41 | 1612 | 18,0 | 2085 | 18,0 | 2172 | 18,0 | 2096 | 18,0 | 2099 | 18,0 | 1985 | 18,0 | 1706 | 17,9 | 1661 | 17,9 | 1577 | 17,9 | 1515 | 17,9 |
| 42 | 1614 | 18,0 | 2055 | 18,0 | 2198 | 18,0 | 2114 | 18,0 | 2120 | 18,0 | 2039 | 17,9 | 1744 | 17,9 | 1701 | 17,9 | 1631 | 17,9 | 1556 | 17,9 |
| 43 | 1639 | 17,9 | 2355 | 18,0 | 2294 | 17,9 | 2193 | 17,9 | 2186 | 17,9 | 2121 | 17,9 | 1805 | 17,9 | 1758 | 17,9 | 1715 | 17,9 | 1637 | 17,9 |
| 44 | 1826 | 17,9 | 2272 | 17,9 | 2358 | 17,9 | 2301 | 17,9 | 2311 | 17,9 | 2286 | 17,9 | 1958 | 17,9 | 1919 | 17,9 | 1941 | 17,9 | 1849 | 17,9 |
| 45 | 1878 | 17,9 | 2282 | 17,9 | 2372 | 17,9 | 2317 | 17,9 | 2342 | 17,9 | 2350 | 17,9 | 2027 | 17,9 | 2001 | 17,9 | 2025 | 17,9 | 1947 | 17,9 |
| 46 | 1892 | 17,9 | 2227 | 17,9 | 2375 | 17,9 | 2351 | 17,9 | 2378 | 17,9 | 2366 | 17,9 | 2051 | 17,9 | 2012 | 17,9 | 2021 | 17,9 | 1967 | 17,9 |
| 47 | 1909 | 17,9 | 2601 | 17,9 | 2645 | 17,9 | 1853 | 18,0 | 2523 | 17,9 | 2515 | 17,9 | 2144 | 17,9 | 2107 | 17,9 | 2021 | 17,9 | 1959 | 17,9 |
| 48 | 1686 | 17,9 | 2662 | 17,9 | 2830 | 17,9 | 2835 | 18,0 | 2971 | 17,9 | 2585 | 17,9 | 2162 | 17,9 | 2125 | 17,9 | 2021 | 17,9 | 1941 | 17,9 |
| 49 | 869 | 17,9 | 1857 | 17,9 | 1214 | 17,9 | 1743 | 18,0 | 1745 | 17,9 | 2556 | 18,0 | 2144 | 17,8 | 2108 | 17,8 | 2029 | 17,8 | 1948 | 17,9 |

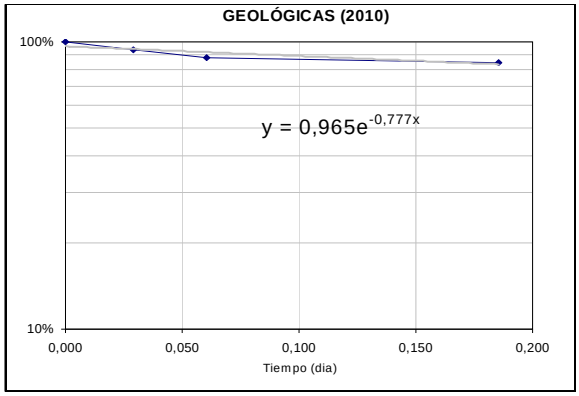
**Piezometro ANSELMO CLAVÉ (2012)**

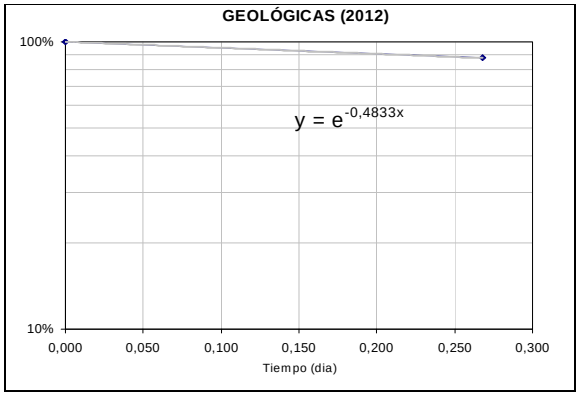
| | PERFIL PREVIO | 1er PERFIL | 2º PERFIL | 3er PERFIL | 4º PERFIL | 5º PERFIL | 6º PERFIL | 7º PERFIL | 8º PERFIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fecha | 24-abr-12 | 24-abr-12 | 24-abr-12 | 24-abr-12 | 25-abr-12 | 25-abr-12 | 25-abr-12 | 25-abr-12 | 26-abr-12 |
| H. inicio | 13:17 | 13:49 | 16:51 | 19:04 | 10:40 | 13:25 | 16:25 | 18:30 | 10:05 |
| Hora fin | 13:32 | 14:04 | 17:06 | 19:19 | 10:54 | 13:40 | 16:40 | 18:44 | 10:20 |
| n.p. | 17,95 | 17,95 | 17,95 | 17,95 | 17,95 | 17,95 | 17,95 | 17,95 | 17,95 |

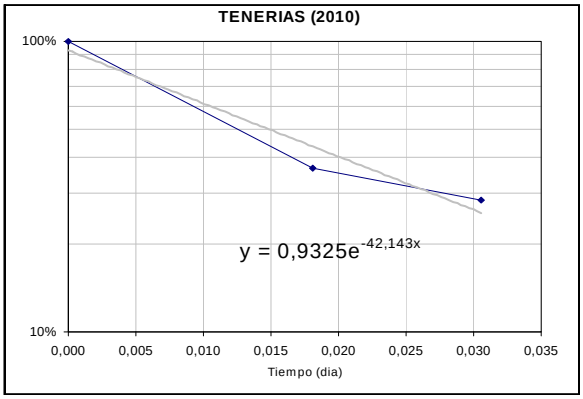
| PROF. | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª | CE | Tª |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC | µS/cm | ºC |
| 18,0 | 1348 | 17,94 | 3234 | 17,86 | 2603 | 17,1 | 2227 | 16,75 | 1612 | 16,74 | 1582 | 16,75 | 1567 | 16,77 | 1540 | 16,77 | 1583 | 16,75 |
| 18 | 1349 | 17,92 | 3235 | 17,83 | 2596 | 17,0 | 2225 | 16,75 | 1611 | 16,74 | 1582 | 16,75 | 1564 | 16,76 | 1541 | 16,76 | 1584 | 16,75 |
| 19 | 1348 | 17,84 | 2853 | 17,75 | 2438 | 17,0 | 2136 | 16,74 | 1590 | 16,74 | 1554 | 16,75 | 1530 | 16,76 | 1520 | 16,76 | 1579 | 16,75 |
| 20 | 1356 | 17,66 | 2524 | 17,62 | 2223 | 17,0 | 1962 | 16,74 | 1544 | 16,74 | 1512 | 16,75 | 1490 | 16,76 | 1481 | 16,76 | 1573 | 16,74 |
| 21 | 1366 | 17,42 | 2098 | 17,43 | 1960 | 17,0 | 1841 | 16,74 | 1505 | 16,73 | 1476 | 16,75 | 1452 | 16,75 | 1446 | 16,75 | 1535 | 16,74 |
| 22 | 1332 | 17,31 | 1723 | 17,30 | 1784 | 17,0 | 1647 | 16,74 | 1436 | 16,73 | 1417 | 16,74 | 1405 | 16,75 | 1399 | 16,75 | 1489 | 16,74 |
| 23 | 1312 | 17,27 | 1651 | 17,25 | 1709 | 17,0 | 1580 | 16,74 | 1398 | 16,73 | 1382 | 16,74 | 1360 | 16,75 | 1357 | 16,75 | 1447 | 16,74 |
| 24 | 1308 | 17,26 | 1626 | 17,26 | 1688 | 16,9 | 1560 | 16,74 | 1386 | 16,73 | 1375 | 16,74 | 1353 | 16,74 | 1370 | 16,74 | 1445 | 16,74 |
| 25 | 1313 | 17,25 | 1637 | 17,25 | 1693 | 16,9 | 1566 | 16,74 | 1402 | 16,73 | 1385 | 16,74 | 1371 | 16,74 | 1371 | 16,74 | 1475 | 16,74 |
| 26 | 1308 | 17,23 | 1678 | 17,22 | 1689 | 16,9 | 1577 | 16,74 | 1407 | 16,72 | 1406 | 16,74 | 1377 | 16,74 | 1377 | 16,74 | 1481 | 16,74 |
| 27 | 1299 | 17,19 | 1761 | 17,20 | 1668 | 16,9 | 1561 | 16,74 | 1395 | 16,72 | 1379 | 16,74 | 1368 | 16,74 | 1370 | 16,74 | 1445 | 16,74 |
| 28 | 1288 | 17,16 | 2037 | 17,15 | 1614 | 16,9 | 1519 | 16,74 | 1375 | 16,72 | 1362 | 16,74 | 1350 | 16,74 | 1357 | 16,74 | 1428 | 16,74 |
| 29 | 1269 | 17,11 | 1729 | 17,11 | 1504 | 16,9 | 1450 | 16,74 | 1329 | 16,72 | 1309 | 16,74 | 1308 | 16,74 | 1305 | 16,74 | 1393 | 16,73 |
| 30 | 1270 | 17,08 | 1804 | 17,09 | 1508 | 16,9 | 1424 | 16,73 | 1344 | 16,72 | 1348 | 16,74 | 1322 | 16,74 | 1327 | 16,74 | 1434 | 16,73 |
| 31 | 1280 | 17,00 | 2321 | 17,01 | 1668 | 16,9 | 1556 | 16,73 | 1682 | 16,71 | 1655 | 16,73 | 1611 | 16,73 | 1572 | 16,74 | 1579 | 16,73 |
| 32 | 1282 | 16,95 | 2321 | 16,96 | 2053 | 16,9 | 1823 | 16,73 | 1727 | 16,71 | 1685 | 16,73 | 1643 | 16,73 | 1610 | 16,74 | 1599 | 16,73 |
| 33 | 1283 | 16,90 | 2283 | 16,92 | 2127 | 16,9 | 1940 | 16,73 | 1718 | 16,71 | 1678 | 16,73 | 1636 | 16,73 | 1609 | 16,73 | 1604 | 16,73 |
| 34 | 1291 | 16,87 | 2132 | 16,88 | 2100 | 16,9 | 1942 | 16,72 | 1709 | 16,71 | 1665 | 16,73 | 1629 | 16,73 | 1604 | 16,73 | 1598 | 16,72 |
| 35 | 1304 | 16,85 | 1836 | 16,86 | 2063 | 16,9 | 1934 | 16,72 | 1682 | 16,71 | 1674 | 16,73 | 1615 | 16,73 | 1588 | 16,73 | 1593 | 16,72 |
| 36 | 1303 | 16,83 | 1857 | 16,84 | 2080 | 16,8 | 1913 | 16,72 | 1657 | 16,71 | 1615 | 16,73 | 1597 | 16,73 | 1561 | 16,73 | 1577 | 16,72 |
| 37 | 1296 | 16,81 | 2063 | 16,82 | 2054 | 16,8 | 1857 | 16,71 | 1603 | 16,71 | 1571 | 16,73 | 1541 | 16,73 | 1516 | 16,73 | 1557 | 16,72 |
| 38 | 1289 | 16,79 | 2210 | 16,81 | 2016 | 16,8 | 1794 | 16,71 | 1547 | 16,70 | 1506 | 16,74 | 1492 | 16,73 | 1477 | 16,73 | 1522 | 16,72 |
| 39 | 1288 | 16,79 | 2261 | 16,79 | 1957 | 16,8 | 1750 | 16,71 | 1479 | 16,70 | 1451 | 16,74 | 1430 | 16,73 | 1424 | 16,73 | 1479 | 16,72 |
| 40 | 1290 | 16,78 | 2259 | 16,78 | 1868 | 16,8 | 1673 | 16,71 | 1449 | 16,70 | 1419 | 16,75 | 1408 | 16,73 | 1398 | 16,73 | 1457 | 16,72 |
| 41 | 1308 | 16,77 | 2139 | 16,77 | 1746 | 16,8 | 1606 | 16,70 | 1421 | 16,70 | 1401 | 16,75 | 1389 | 16,73 | 1374 | 16,73 | 1454 | 16,72 |
| 42 | 1362 | 16,76 | 1904 | 16,75 | 1699 | 16,8 | 1584 | 16,70 | 1528 | 16,70 | 1518 | 16,76 | 1481 | 16,73 | 1481 | 16,73 | 1604 | 16,73 |
| 43 | 1446 | 16,74 | 1626 | 16,74 | 1684 | 16,7 | 1610 | 16,70 | 1574 | 16,70 | 1576 | 16,76 | 1570 | 16,73 | 1562 | 16,74 | 1712 | 16,73 |
| 44 | 1471 | 16,73 | 1602 | 16,74 | 1688 | 16,7 | 1610 | 16,70 | 1575 | 16,70 | 1582 | 16,77 | 1574 | 16,74 | 1565 | 16,74 | 1716 | 16,73 |
| 45 | 1481 | 16,71 | 1544 | 16,73 | 1685 | 16,74 | 1611 | 16,70 | 1578 | 16,70 | 1581 | 16,77 | 1576 | 16,75 | 1568 | 16,76 | 1721 | 16,73 |
| 46 | 1485 | 16,70 | 1470 | 16,74 | 1674 | 16,74 | 1594 | 16,70 | 1581 | 16,70 | 1584 | 16,78 | 1580 | 16,76 | 1566 | 16,77 | 1723 | 16,74 |
| 47 | 1485 | 16,68 | 1027 | 16,74 | 1641 | 16,79 | 1027 | 16,70 | 1581 | 16,70 | 1594 | 16,78 | 1580 | 16,77 | 1572 | 16,78 | 1722 | 16,74 |

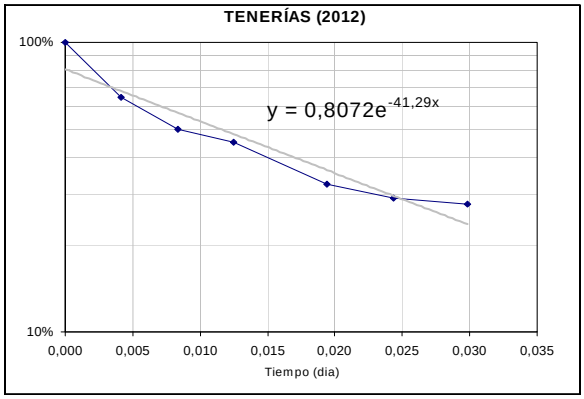
## INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS

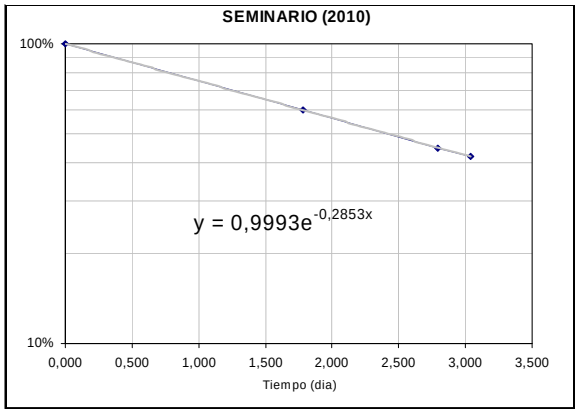
Bajo este epígrafe se incluye los gráficos semilogarítmicos de la evolución en el tiempo de la variación relativa del incremento de medio de conductividad ($\Delta C_t/(\Delta C_0)$ en cada pozo producido por el marcado de la columna. También se muestra la recta de tendencia, en realidad una función exponencial en la que el coeficiente del exponente, **α**, es el coeficiente angular (dividido por log e) de la recta en que se convierte dicha función en una representación semilogaritmica. **α** es el coeficiente de dilución, cuyo valor caracteriza la velocidad con la que el flujo subterráneo entra en el sondeo.

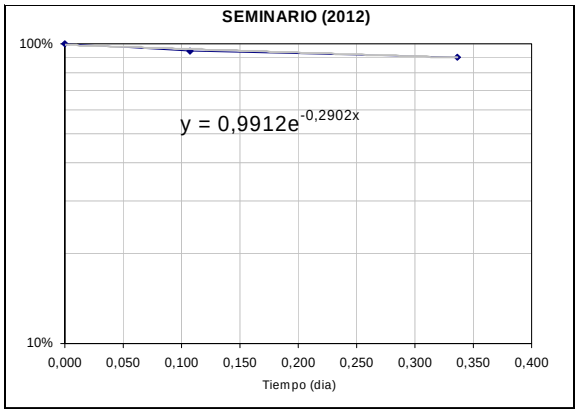


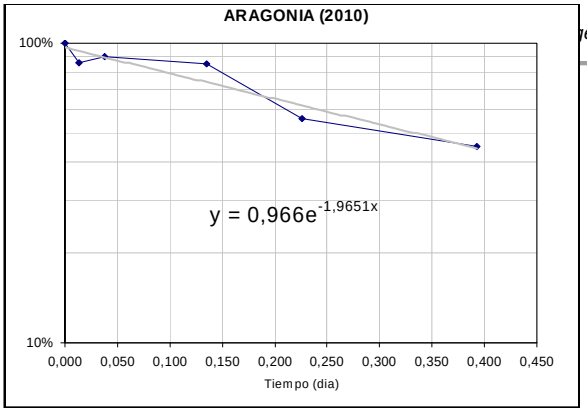



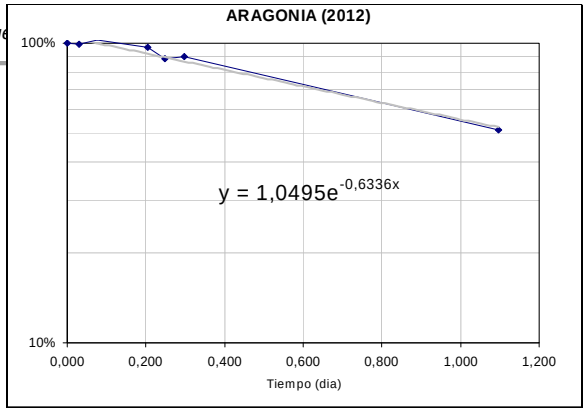



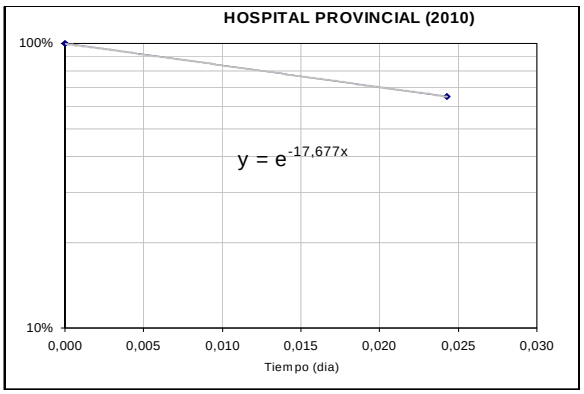



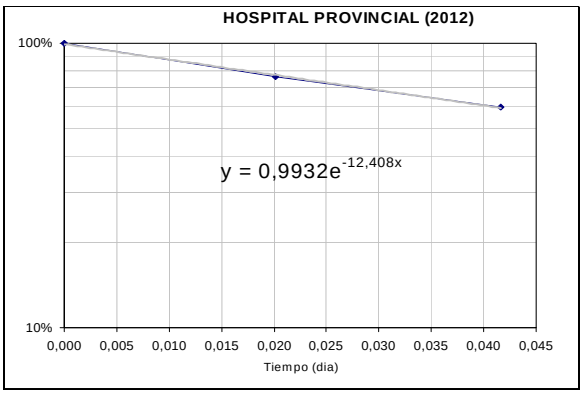



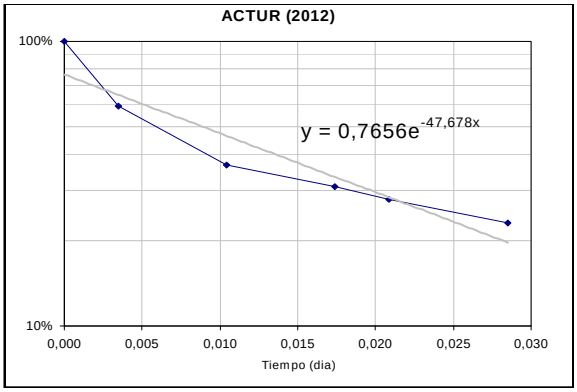



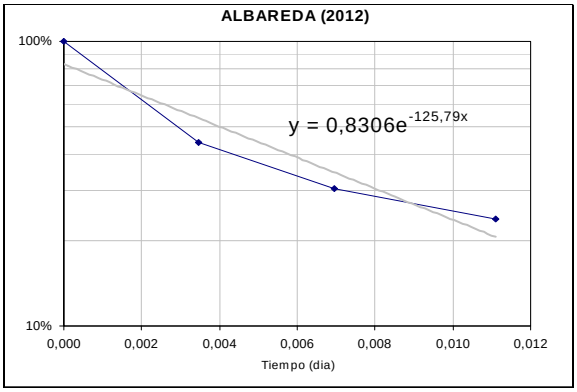

ARAGONIA (2010)
100%
10%
y = 0,966e-1,9651x
0,000 0,050 0,100 0,150 0,200 0,250 0,300 0,350 0,400 0,450
Tiempo (dia)

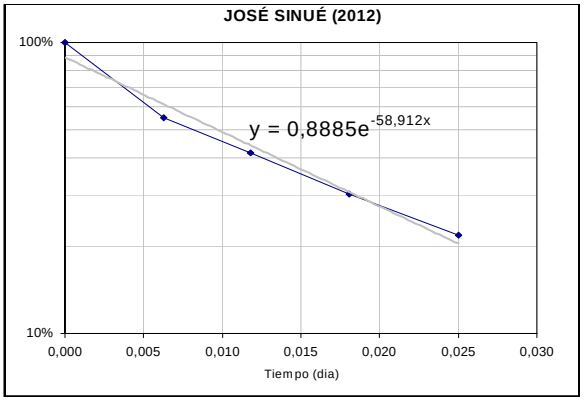

ARAGONIA (2012)
100%
10%
y = 1,0495e-0,6336x
0,000 0,200 0,400 0,600 0,800 1,000 1,200
Tiempo (dia)

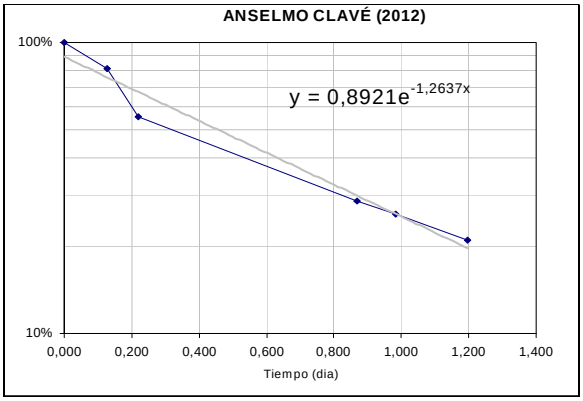

HOSPITAL PROVINCIAL (2010)
100%
10%
y = e-17,677x
0,000 0,005 0,010 0,015 0,020 0,025 0,030
Tiempo (dia)


HOSPITAL PROVINCIAL (2012)
100%
10%
y = 0,9932e-12,408x
0,000 0,005 0,010 0,015 0,020 0,025 0,030 0,035 0,040 0,045
Tiempo (dia)

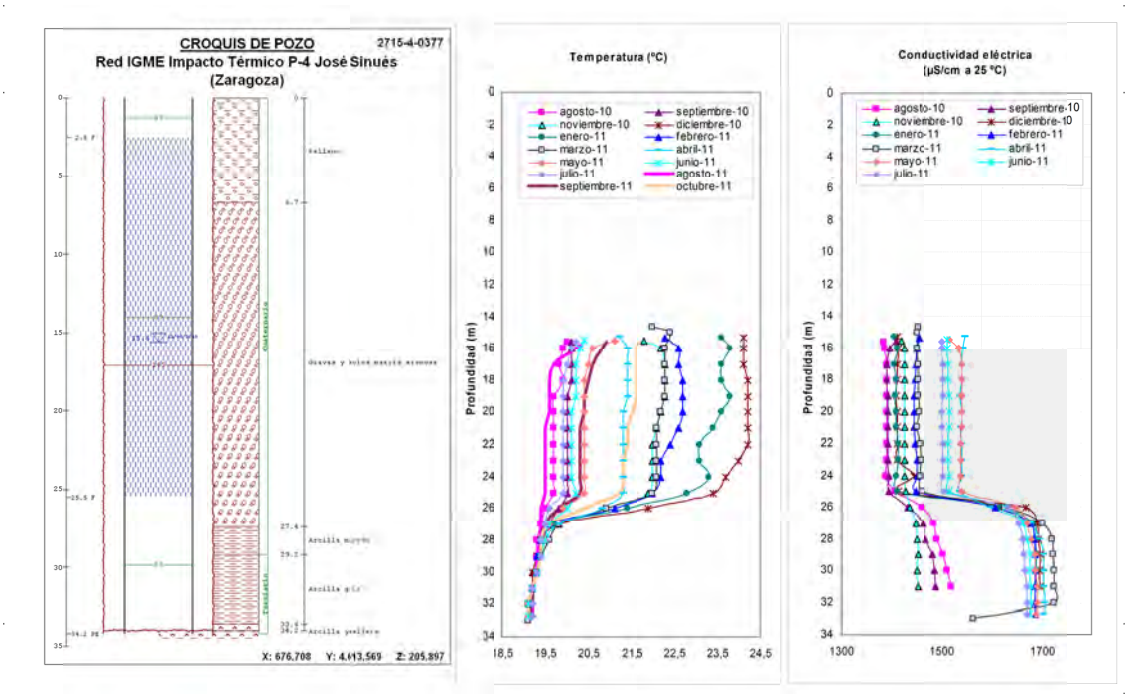

ACTUR (2012)
100%
10%
y = 0,7656e-47,678x
0,000 0,005 0,010 0,015 0,020 0,025 0,030
Tiempo (dia)


ALBAREDA (2012)
100%
10%
y = 0,8306e-125,79x
0,000 0,002 0,004 0,006 0,008 0,010 0,012
Tiempo (dia)


JOSÉ SINUÉ (2012)
100%
10%
y = 0,8885e-58,912x
0,000 0,005 0,010 0,015 0,020 0,025 0,030
Tiempo (dia)

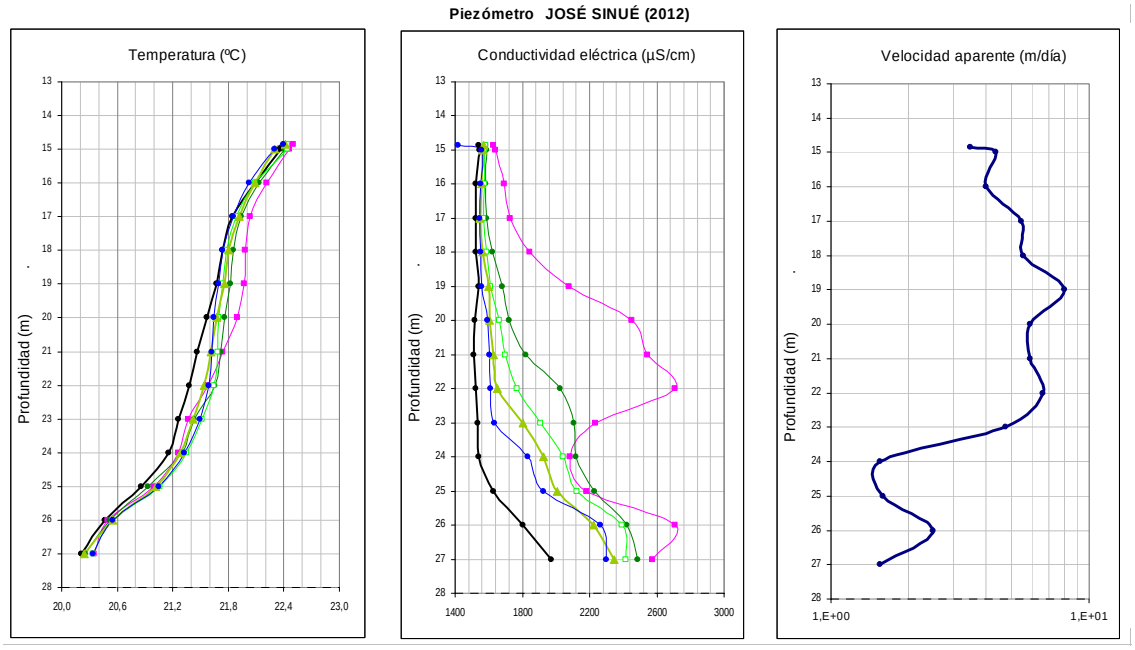

ANSELMO CLAVÉ (2012)
100%
10%
y = 0,8921e-1,2637x
0,000 0,200 0,400 0,600 0,800 1,000 1,200 1,400
Tiempo (dia)

## Piezómetro P-4 José Sinués



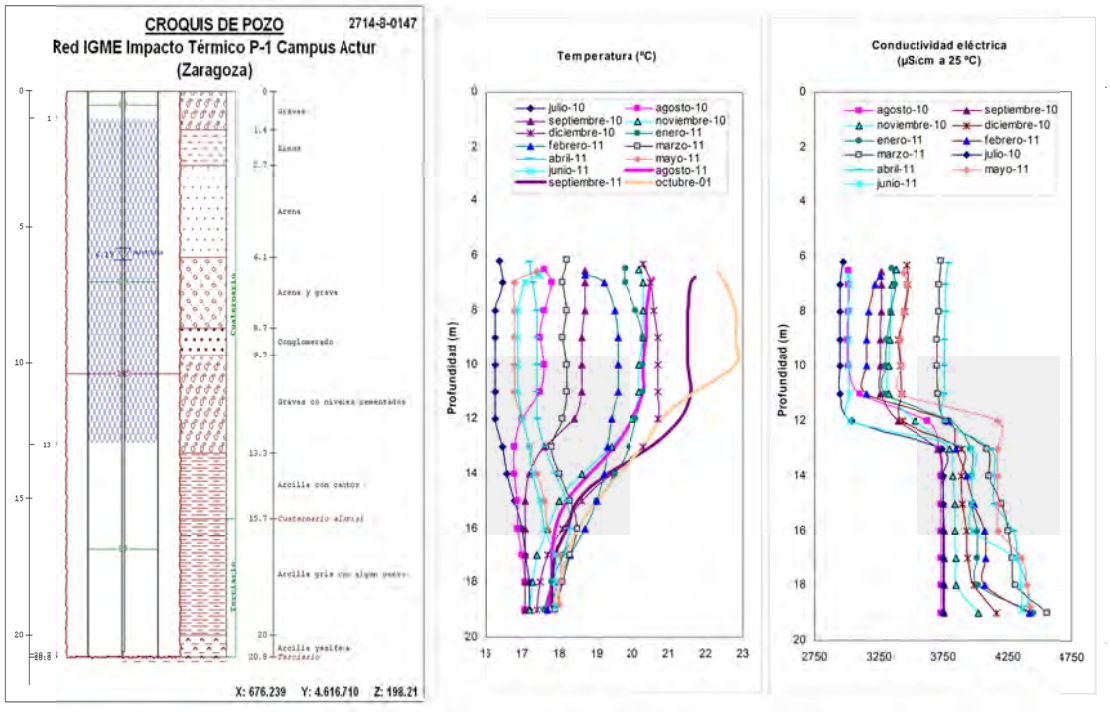

Los perfiles de conductividad y temperatura previos al ensayo son coherentes con el acabado y la columna litológica conocida y sugiere la existencia de un tramo que se extiende hasta el metro 25, puesta de manifiesto por variaciones interanuales superiores a 4°C. Por debajo de 27 m de profundidad, la temperatura permanece prácticamente constante, en tanto que el tramo entre 25 y 27 m se puede considerar como una zona de transición y/o mezcla. Los perfiles de conductividad permite identificar esta zonación mediante el incremento de su valor entre 25 y 27 m, que varia según los perfiles entre un 5% y 18%.

El ensayo ha consistido en la realización de siete perfiles tras el marcado de la columna de agua entre los metros 14,85 y 27 m. Para la interpretación se ha considerado los perfiles nº 2, 3, 4 y 5. El perfil nº 1 se ha descartado en previsión de minimizar posible velocidad aparente debida a la difusión molecular ($v_d$) y deficiente homogeneización ($v_h$), y los perfiles nº 6 y 7 por existir tramos que ya habían recuperado los niveles iniciales, por lo que su consideración daría lugar a una infravaloración de la velocidad de flujo.




La interpretación pone de manifiesto una velocidad de flujo en el sondeo ($v_s$) superior a 4 m/d, hasta el metro 23. Por debajo, la permeabilidad desciende apreciablemente, si bien se detecta una aparente de flujo que debe estar originada por la difusión molecular proveniente del sector no filtrante del sondeo; de hecho, los metros 26 y 27, son ciegos.

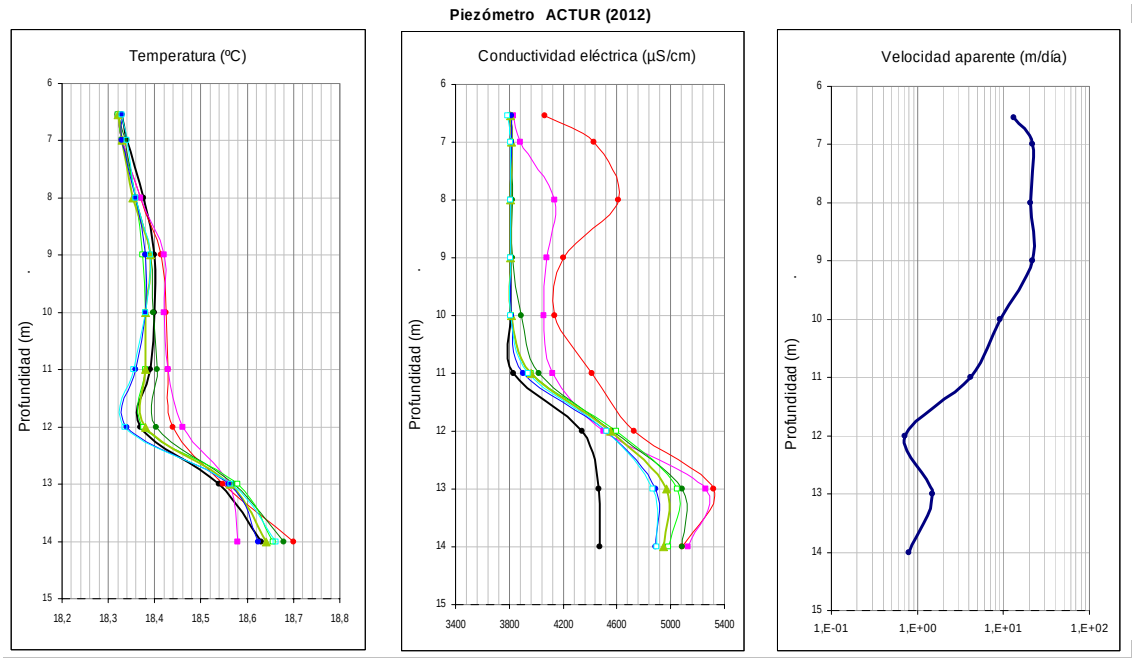
## Piezómetro P-1 Campus Actur




Los primeros 13,3 metros corresponden a arenas y gravas que intercala niveles de conglomerados cementados. Desde 13,3 a 20 metros de profundidad dominan arcillas grises con cantos dispersos, y por debajo del metro 20 se atraviesa arcillas con yesos que marcan el tránsito al terciario. La rejilla se sitúa entre los metros 1 y 13.

Los perfiles de conductividad y temperatura disponibles previos a la realización del ensayo son coherentes con el comportamiento hidrogeológico que cabe atribuir a la columna litológica atravesada.

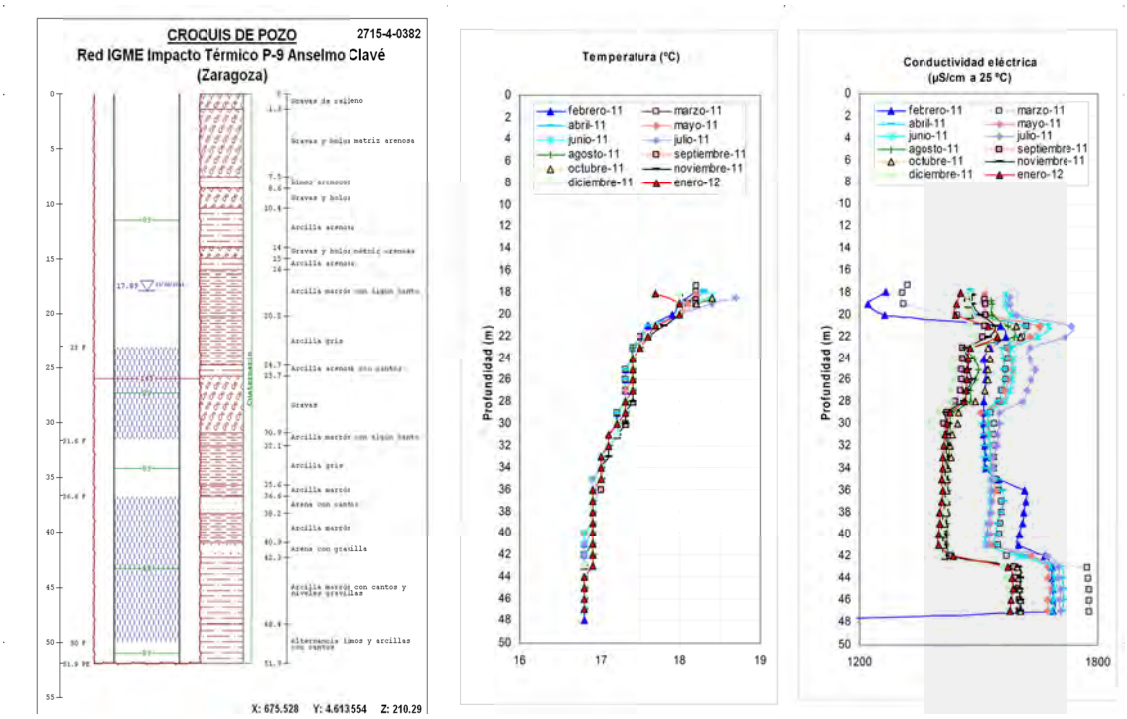
Tras el marcado de la columna se realizaron trece perfiles, aunque la interpretación se ha basado en los siete primeros.




La tinción resultó aceptable, aunque más intensa en profundidad. El incremento de la conductividad osciló entre 7% y 21%, y la evolución de los sucesivos perfiles no detecta flujos verticales significativos.

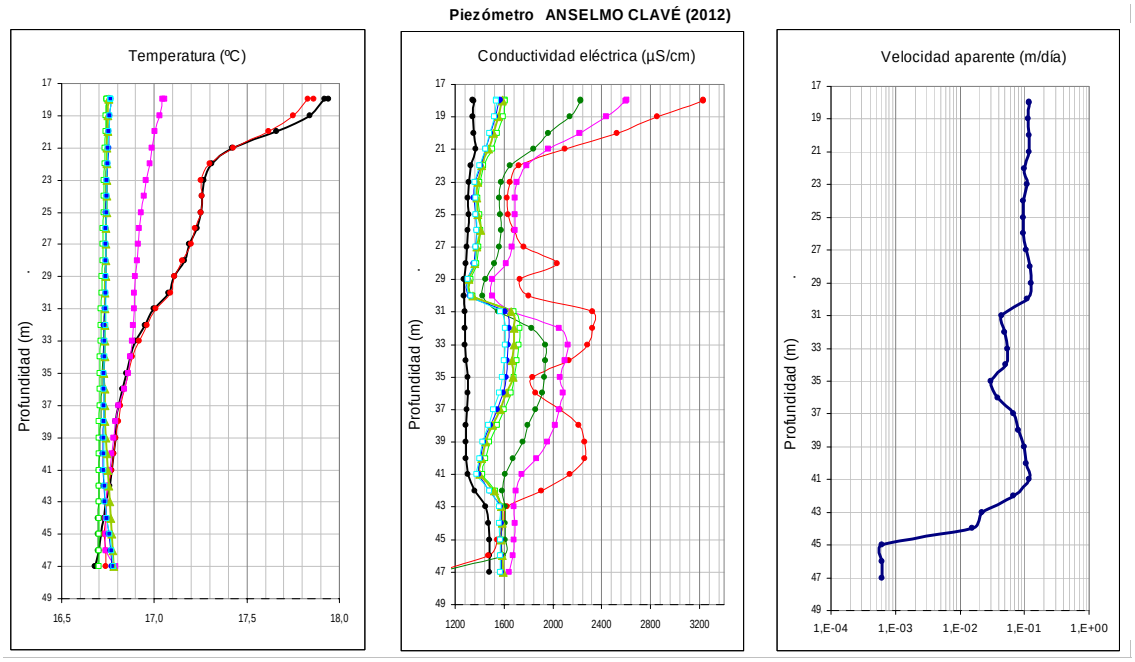
Los resultados obtenidos ponen de manifiesto elevada velocidad de flujo hacia el techo del acuífero, que desciende progresivamente a partir de metro 9, coincidiendo con la aparición de conglomerados y paquetes cementados.

## Piezómetro P-9 Anselmo Clavé




Tiene una profundidad de 51,9 metros y atraviesa una serie lutítica que incluye un paquete de gravas entre 25,7 y 30,9 metros de profundidad y eventuales niveles arenosos de poco espesor (24,7 a 25,7 m, 35,6 a 38,2 m y 40,9 a 42,3 m). El nivel piezométrico en la fecha del ensayo se situaba a 17,95 m de profundidad. La rejilla se sitúa en dos tramos, entre 23 y 31,6 m y 36,5 y 50 m de profundidad.

De los perfiles de conductividad disponibles previos al ensayo resulta difícil identificar los tramos litológicos descritos, excepto el tramo lutítico existente a partir del metro 42,3. A destacar que la amplitud del rango de variación de la conductividad a una determinada profundidad es ligeramente mayor en las zonas con rejilla enfrentadas a las litologías detríticas más gruesas y la existencia de un apreciable incremento de la conductividad en todos los perfiles a una profundidad de 21-22 m de difícil justificación, puesto que coincide con una zona no filtrante inmediatamente por encima de la rejilla superior. En el perfil previo al ensayo también se detecta ese incremento aunque más atenuado.

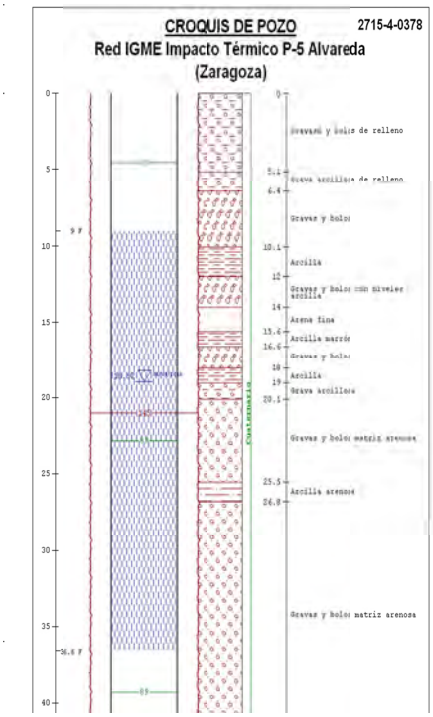


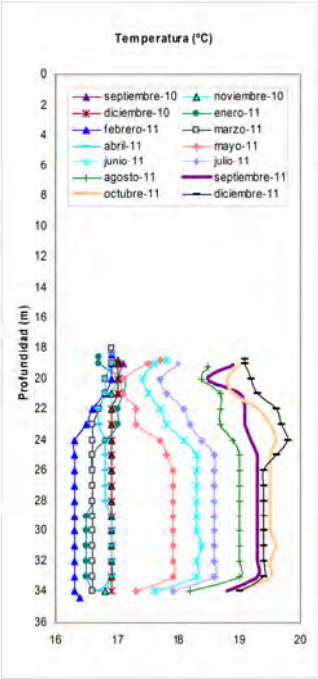

La tinción de la columna supuso un incremento en promedio de la conductividad de un 55%, que resulto mucho más intenso hacia el techo (140%) que hacia el muro (14%). Se realizaron en total diez perfiles en tres días consecutivos de los cuales se desecharon los tres del último día.

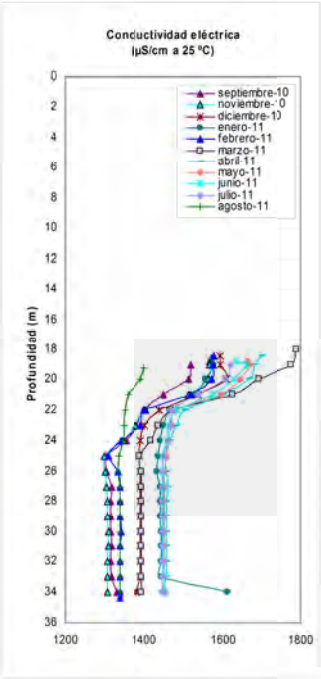
Se detecta el tramo ciego existente entre los metros 31,6 y 36,6, así como el paquete arcilloso que se desarrolla a partir del metro 42. Ambos tramos se ponen de manifiesto por una progresiva diminución de la velocidad de flujo en relación con los sectores adyacente, si bien la velocidad de flujo es muy superior a la que cabría esperar de un sector ciego –en teoría, nula- lo cual debe atribuido tanto a la difusión molecular como al flujo a través del espacio anular.

En contraposición, no se detecta el tramo ciego existente encima de la primera rejilla y ambos tramos muestran similar velocidad de flujo, lo cual tiene difícil explicación.

## Piezómetro P-5 Albareda



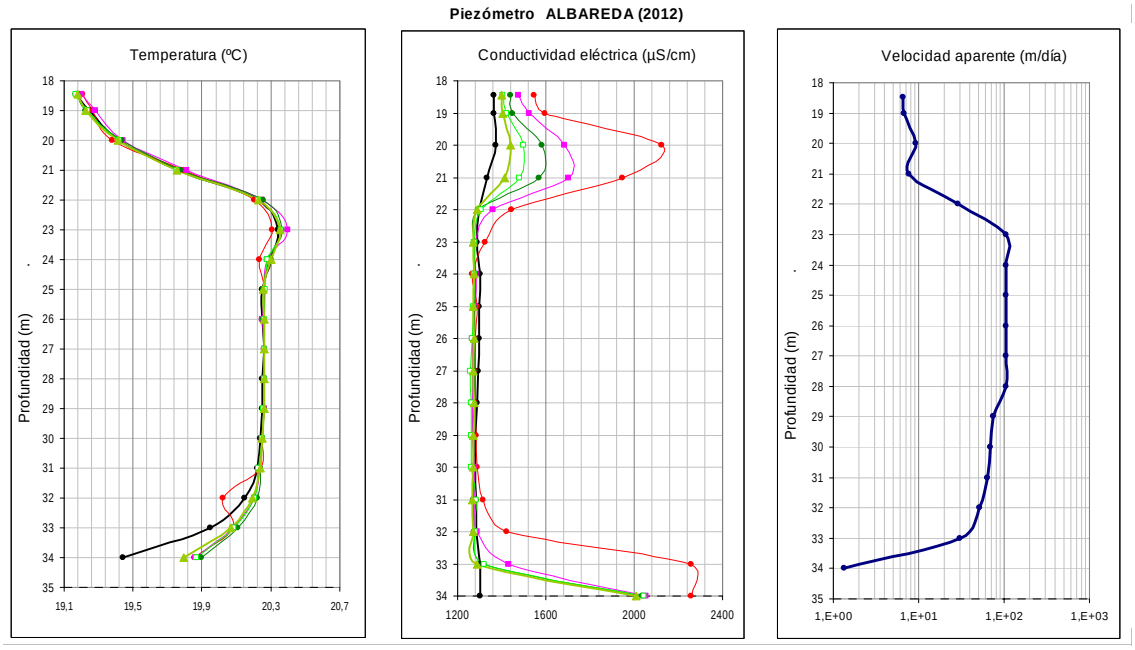




Tiene una profundidad de 42,6 metros. Atraviesa en zona saturada una serie detrítica gruesa compuesta mayoritariamente por grava y bolos en matriz arenosa. La zona filtrante se dispone entre los metros 9 y 36,6. El nivel piezométrico se sitúa a 18,46 metros de profundidad. El sondeo no llegó a cortar el sustrato lutítico mioceno.

Los perfiles de conductividad y temperatura previos al ensayo ponen de manifiesto un tramo uniforme en todos los perfiles que se extiende entre los metros 22 a 26 y 33, según los perfiles, coincidente en gran parte con un nivel de gravas y bolos, franqueado a techo y muro por sendos tramos en los que la uniformidad de T y CE se altera.

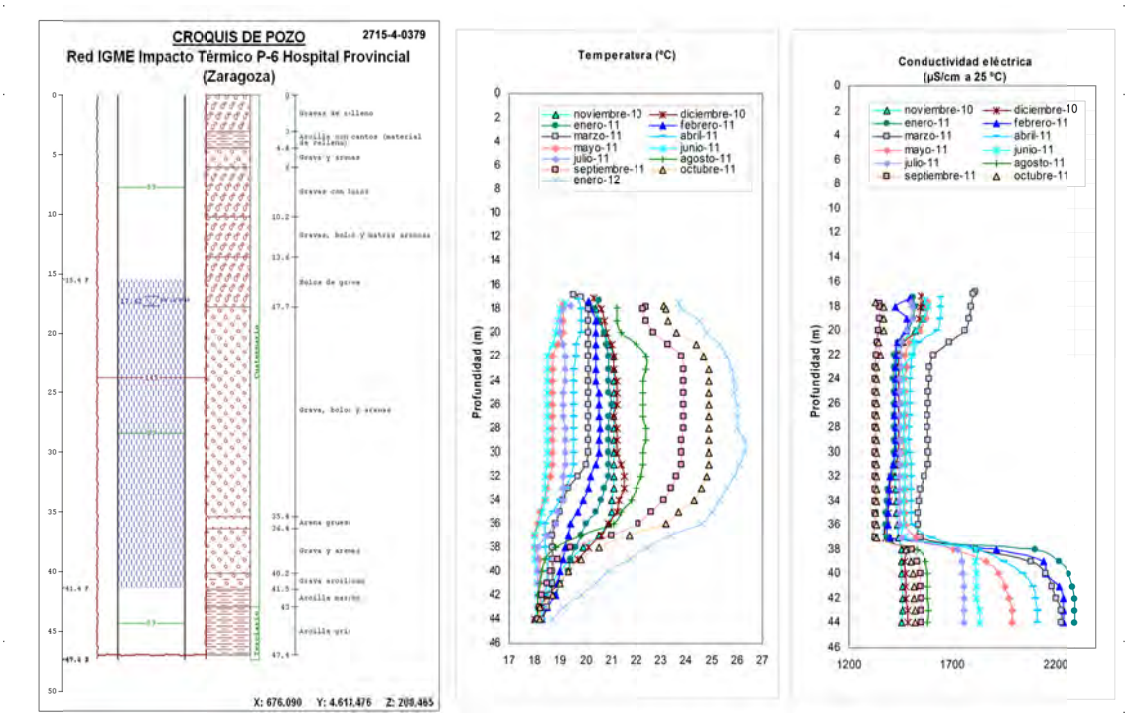
El marcado de la columna resultó excesivamente débil, lo cual pudiera ser debido a que la tinción realizada fue rápidamente levigada por el flujo de agua subterránea, de manera que el tramo comprendido entre los metros 24 y 29 recuperó la conductividad inicial antes de realizar el primer perfil, por lo que el marcado pasó en gran medida indadvertido. El tramo comprendido entre los metros 23 y 32 había recuperado la conductividad natural antes de cuarto perfil, 20 minutos después de la tinción. Debido

a esta causa no se ha considerado para la interpretación los tres últimos perfiles de los siete realizados.




Los resultados obtenidos ponen de manifiesto muy alta velocidad de flujo en el interior del sondeo en un tramo comprendido entre los metros 23 y 33.

## Piezómetro P-6 Hospital Provincial

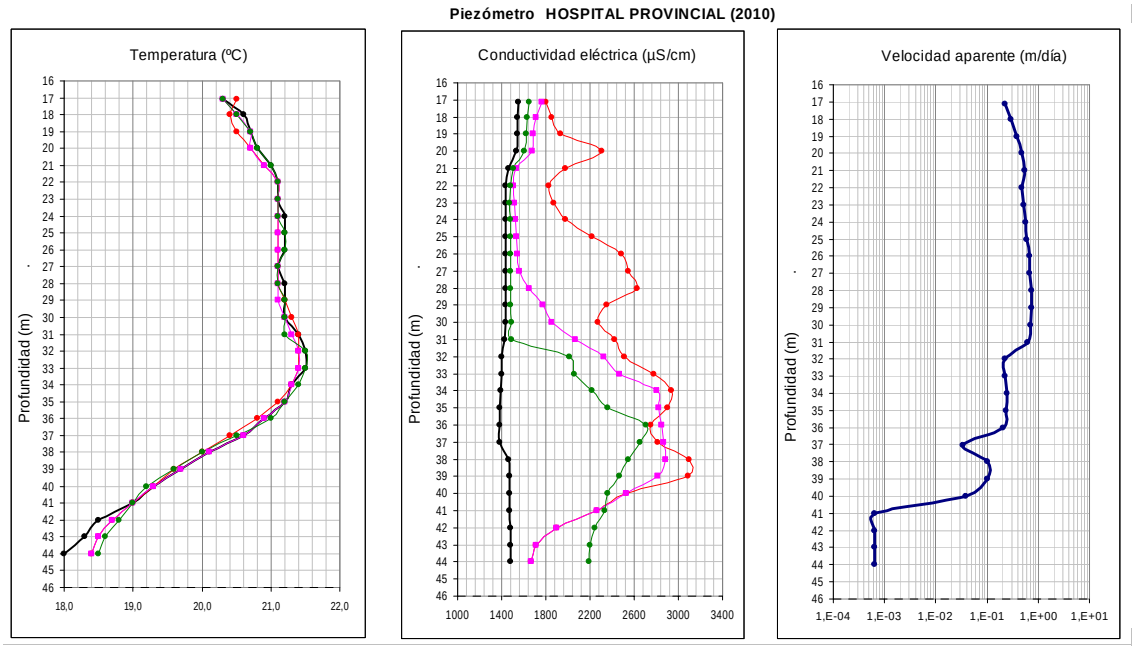



Tienen una profundidad de 42,6 metros, y atraviesa una serie detrítica gruesa de gravas, bolos y arenas hasta el metro 41,5 a partir del cual se corta arcillas marrones y grises. El nivel piezométrico está a 17,10 metros de profundidad, y la zona filtrante se sitúa entre los metros 15,4 y 41,4.

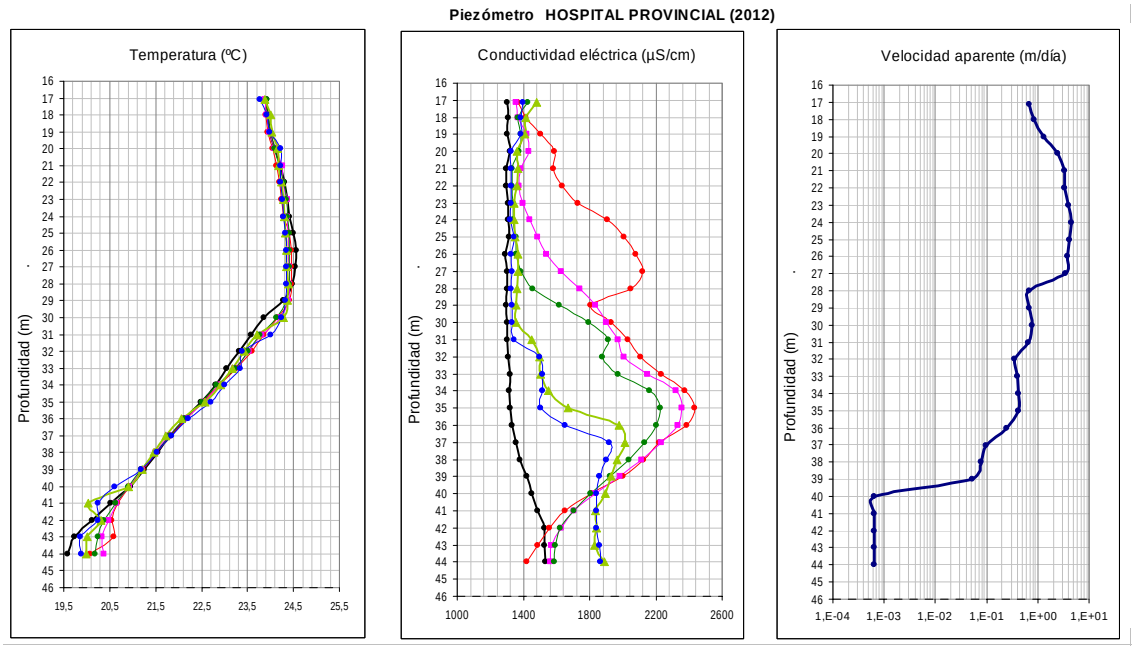
Los perfiles previos de conductividad y temperatura ponen de manifiesto tres tramos bien diferenciados; el primero, hasta el metro 22; el segundo hasta el metro 37 m, y el último, caracterizado por un brusco incremento de la conductividad mientras que la temperatura tiende a disminuir gradualmente con la profundidad. Ninguno de estos cambios coincide con los cambios litológicos descritos.

Se dispone de dos ensayos de dilución realizados en diciembre de 2010 y mayo de 2012.

En el primer ensayo la tinción supuso un incremento medio de la conductividad del 62% y se consideraron para la interpretación cuatro de los cinco perfiles realizados. El tramo más transmisivo es el comprendido entre 20 y 31 metros de profundidad, en tanto que la velocidad de flujo es lenta por debajo del metro 40, coincidente con la aparición de un tramo de gravas arcillosas y arcillas.

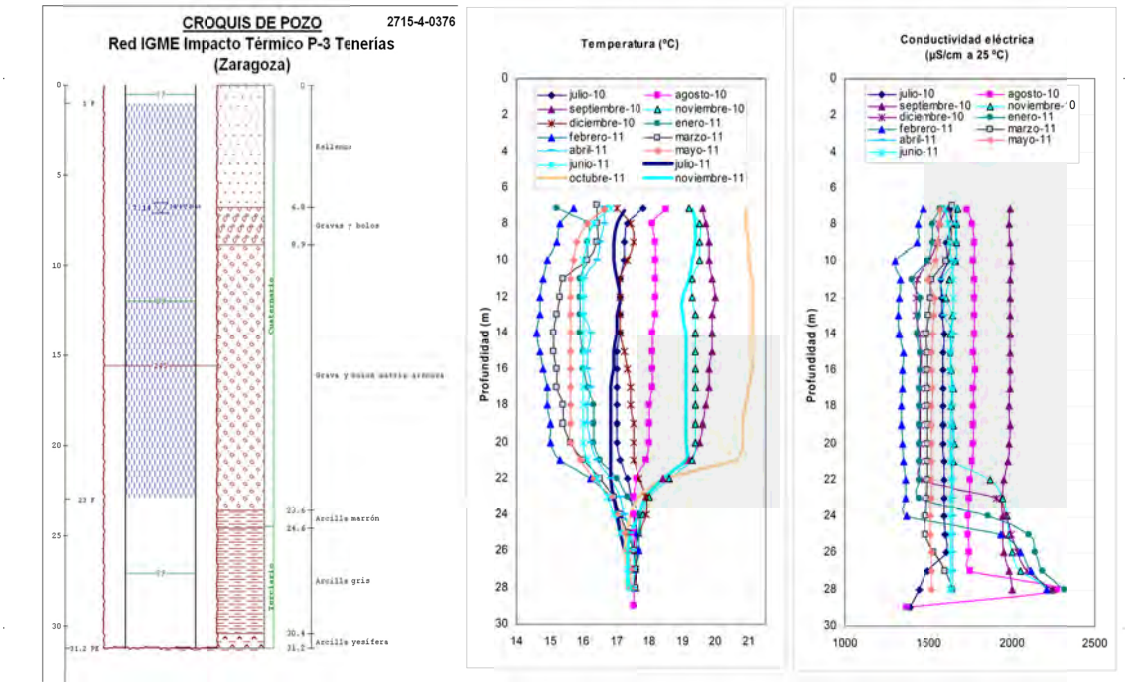



En el segundo ensayo se realizaron ocho perfiles, si bien la interpretación se baso en los seis primeros. La tinción supuso un incremento de la conductividad del 40%.




Los resultados son similares y coinciden en asignar mayor velocidad de flujo al tramo comprendido a la mitad superior del sondeo y detectan una progresiva disminución de la productividad de la columna litológica entre los metros 32 y 40.

## Piezómetro P-3 Tenerías

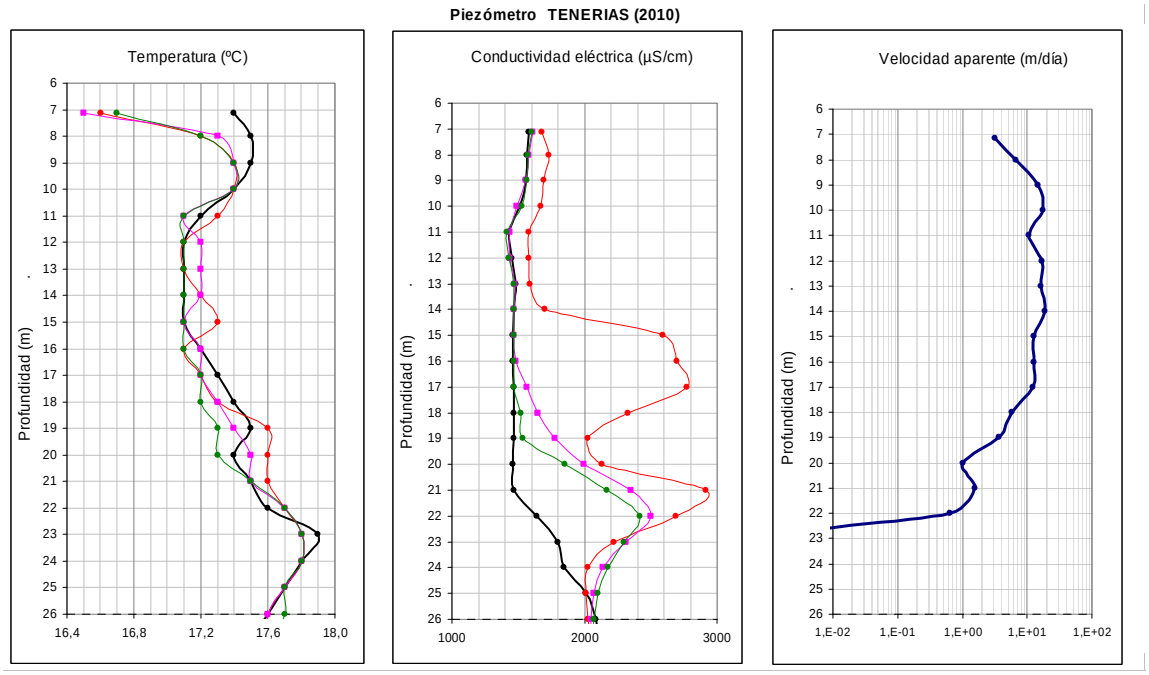


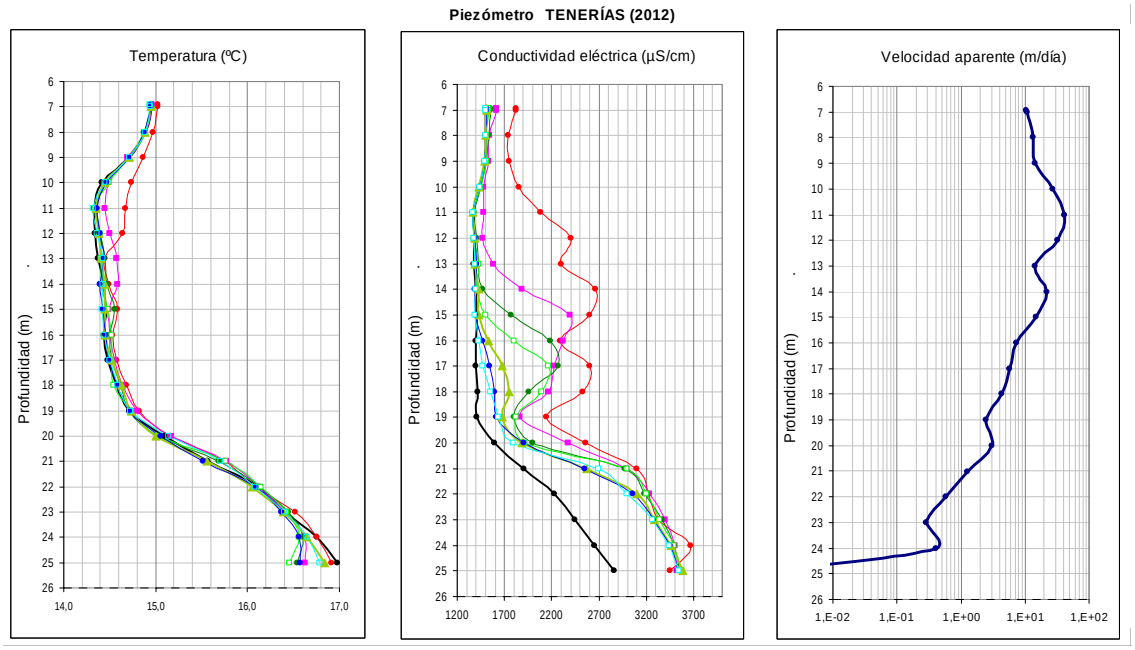

Tiene 31,2 metros de profundidad y está situado a unos 45 metros de la orilla sur del río Ebro. Atraviesa, tras un relleno antrópico de 6,8 metros, una serie detrítica gruesa compuesta por gravas y bolos que en sus dos primeros metros están especialmente lavadas y hacia el muro presentan matriz arenosa. A 23,6 m se cortan arcillas, que en el metro 30,4 ya son inequívocamente terciarias y contienen yesos.

La rejilla se sitúa en el tramo comprendido entre 1 y 23 metros de profundidad y el nivel piezométrico oscila entorno a 7 metros. El nivel del agua responde rápidamente a las variaciones de nivel del río Ebro.

El conjunto de perfiles de conductividad y temperatura reflejan la serie descrita, con la salvedad que el tramo más permeable parece acabar dos metros antes de lo que indica la descripción litológica.

El piezómetro fue ensayado en dos campañas (2010 y 2012). En la primera se observó al realizar el tercer perfil que la conductividad había recuperado el valor inicial en parte de los puntos situados entre 10 y 14 metros de profundidad, por lo que se dio por terminado el ensayo. El incremento de conductividad producido por la tinción varió según la profundidad entre 6 y 99 por ciento, con un valor medio del 30%.

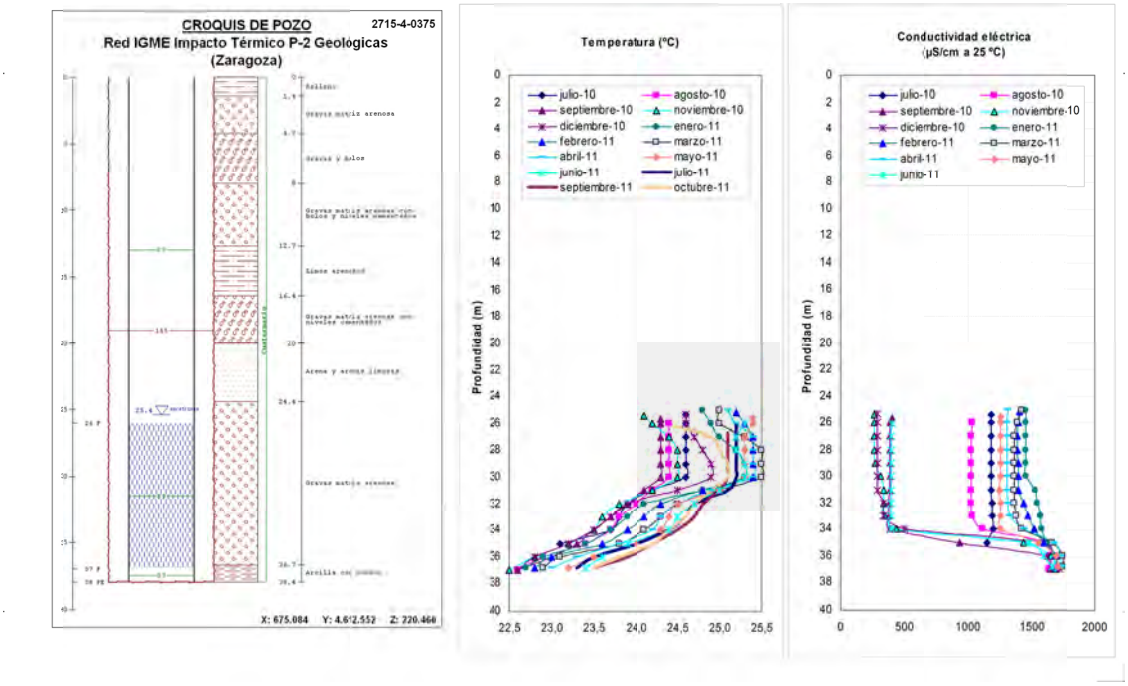



Los resultados obtenidos en ambos ensayos son similares y muestran que la mitad superior del sondeo es la más transmisiva. Por debajo de 16-17 metros la velocidad disminuye progresivamente más de un orden de magnitud.

Llama la atención lo diferente que resultan los perfiles de temperatura de ambos ensayos. Se estima que la causa puede estar motivada por la estrecha relación del piezómetro con el río Ebro y que el ensayo de 2010 coincidió con una avenida ordinaria.

## Piezómetro P-2 Geológicas




El piezómetro se sitúa en el interior del Campus Plaza de San Francisco, próximo a la facultad de Ciencias Geológicas. Su profundidad es de 38,4 metros.

El nivel piezométrico oscila entorno a 25,5 metros y su zona filtrante se sitúa entre 26 y 37 metros enfrentada a un paquete de gravas con matriz arenosa que yace a 36,7 metros sobre arcillas con cantos.

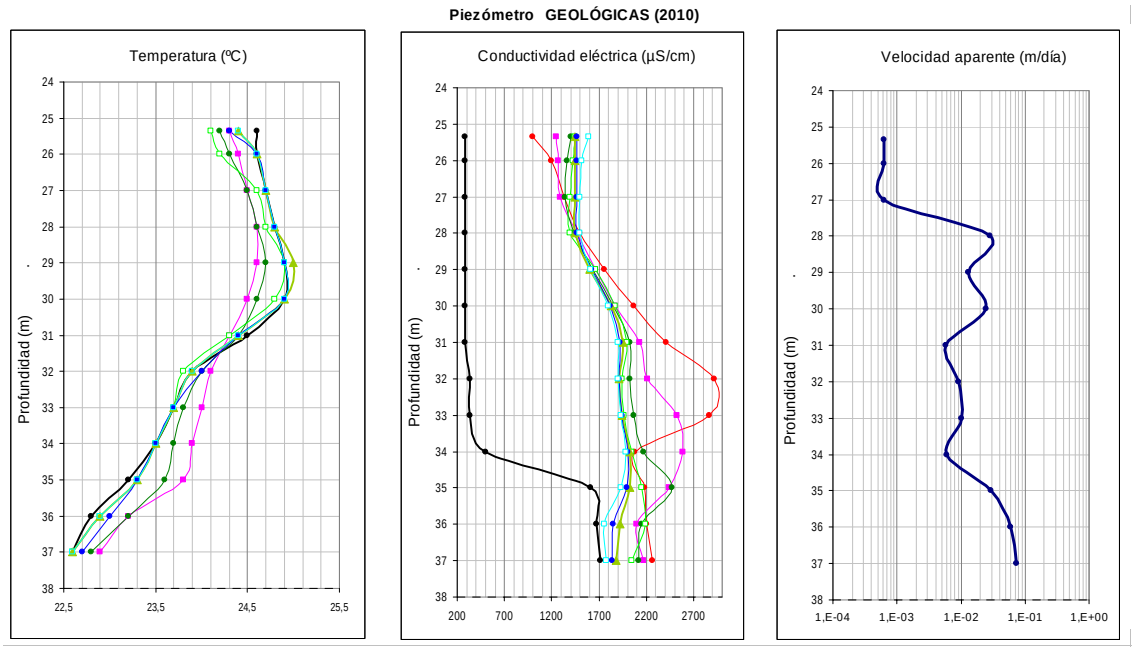
Los perfiles de conductividad siguen dos modelos de comportamiento. Un grupo de ellos presenta valores de conductividad inferiores a 400 µS/cm, extraordinariamente bajos, no solo para el acuífero aluvial del Ebro sino para la totalidad de las aguas conocidas en Zaragoza, incluidas la aguas distribuidas por la red de abastecimiento urbano de la ciudad. El otro grupo de perfiles, más numerosos, muestran valores comprendidos entre 1.000 y 1.500 µS/cm más acordes con el contexto hidrogeológico. A partir del metro 34 se observa un brusco incremento de la conductividad que converge en valores variables entre 1.700-1.900 µS/cm. Los perfiles de temperatura suelen mostrar una temperatura constante hasta el metro 30, para disminuir progresivamente a continuación.

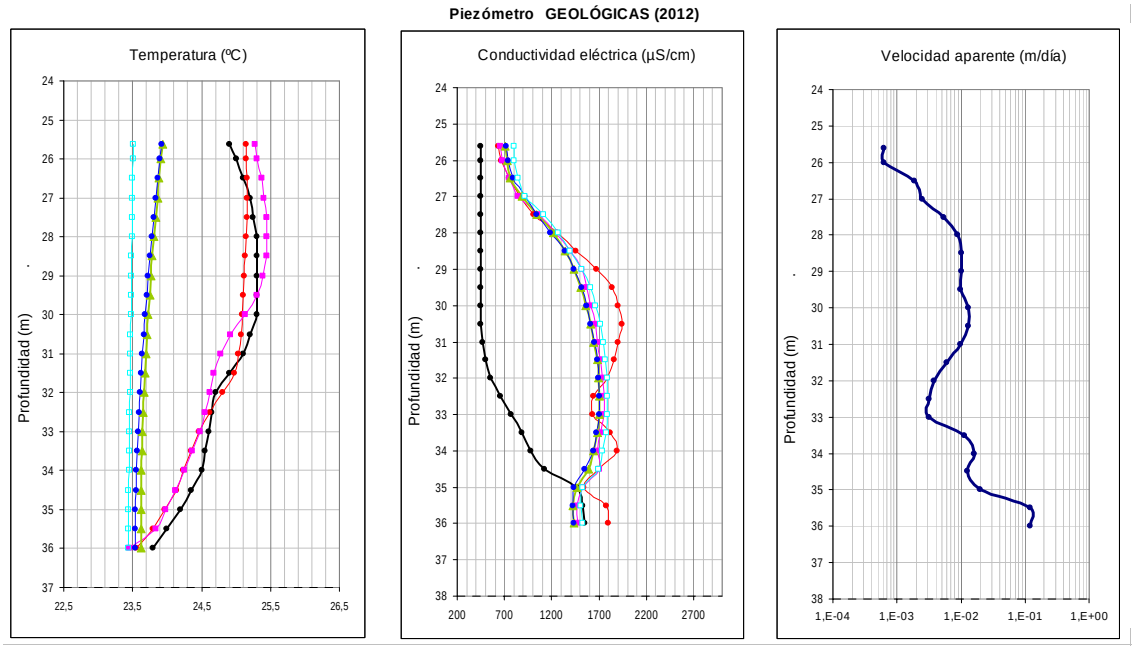
Se desconoce el origen de la baja conductividad detectada, que resulta sorprendente para el contexto del acuífero aluvial del Ebro. El fenómeno tiene carácter esporádico, aunque frecuente pero podría coincidir con las etapas iniciales de puesta en funcionamiento del nuevo abastecimiento de agua a Zaragoza con aguas de baja mineralización que tuvieron carácter intermitente en sus comienzos, por lo que estos valores en agua subterránea serían sintomáticos de una importante fuga local procedente de las redes de conducción (abastecimiento y/o saneamiento).

El incremento detectado a 34 metros podría responder a un cambio de las características hidrodinámicas del acuífero que no es reflejada por la descripción litológica disponible.

Se realizaron ensayos  en diciembre de 2010 y mayo de 2012

Llama la atención en ambos ensayos que la línea base a la que tiende la conductividad tras la tinción son muy asimilares entre sí y difieren notablemente de la conductividad media medida en el perfil previo realizado antes de realizar el marcado de la columna. Ello sugiere que el agua contenida en el sondeo es ajena al acuífero y llega al sondeo por mecanismos desconocidos o bien no es representativa del mismo por modificaciones causadas por algún proceso químico no conocido de carácter local y esporádico.






En el ensayo realizado en 2010 se hicieron ocho perfiles, si bien para la cuantificación de la velocidad aparente de flujo en el sondeo se ha utilizado sólo los tres primeros perfiles. El marcado de la columna resultó muy irregular provocando un incremento de la conductividad inicial variable entre el 32% -en los metros inferiores- y 770 %, con un valor medio del 400%.

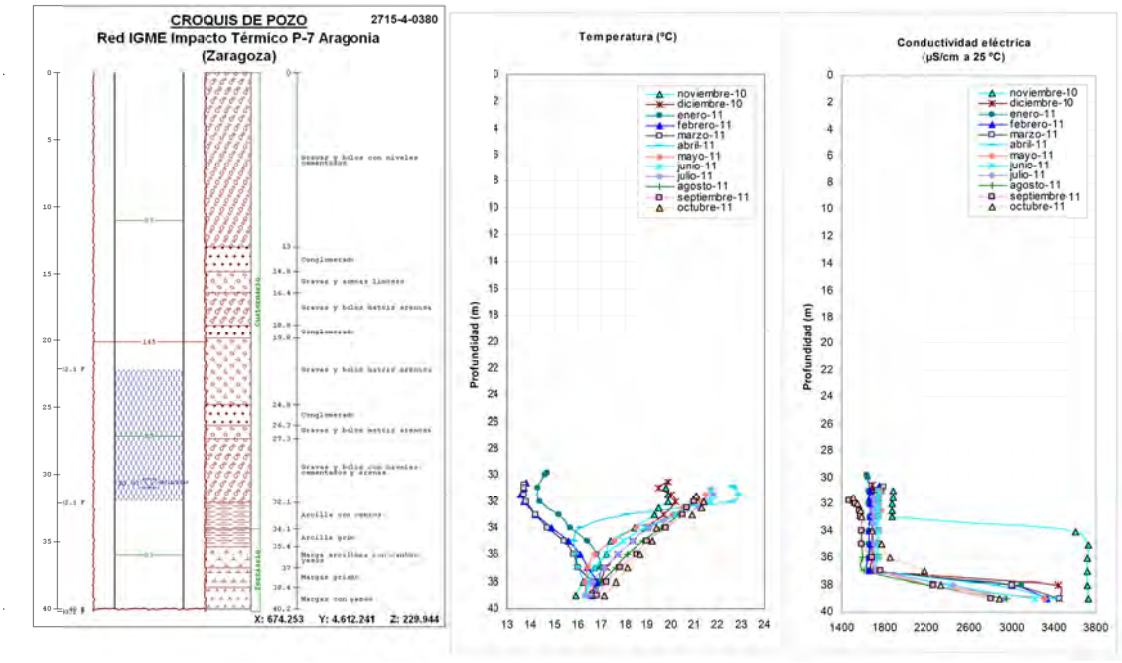
El ensayo realizado en 2012 consistió en trece perfiles en total, si bien para la interpretación cuantitativa se usaron los ocho primeros. La tinción provocó un incremento medio de la conductividad del 153% que resultó igualmente muy irregular ya que en el tramo inferior sólo se midió un incremento del 17%. Cabe la posibilidad que la menor tinción de los metros inferiores en ambos ensayos sea debido a que parte del trazador añadido ya había sido levigado cuando se realizó el primer perfil, señal sintomática de mayor velocidad de flujo en esos metros.

Los resultados cualitativos obtenidos son similares en los dos ensayos, detectándose en ambos casos un incremento de conductividad por encima del nivel inicial de tinción en los metros superiores (25-28 m); igual sucede en el tramo 32-33 metros del primer ensayo, y 34-35 metros del segundo, lo que implicaría la existencia de un tramo situado hacia 29-31 m de profundidad con mayor carga hidráulica que las tramos productivos supra e infrayacentes que propicia el flujo vertical ascendente y descendente detectado.

También en ambos ensayos se detecta que en los metros inferiores (35 a 37 m) el levigado de la tinción es muy rápida, lo que sugiere para ese tramo una relativamente alta velocidad horizontal de flujo.

Hay que hacer mención que los tramos del sondeo receptores de flujo vertical aparecen con una velocidad horizontal aparentemente muy baja ya que el levigado por el flujo subterráneo no compensa el incremento de salinidad que aporta el flujo vertical, lo cual puede llevar al equívoco de atribuirle muy baja permeabilidad. En tal caso, el perfil de velocidades obtenido en el pozo responde a una velocidad de flujo aparente que carece de significado real.

## Piezómetro P-7 Aragonia



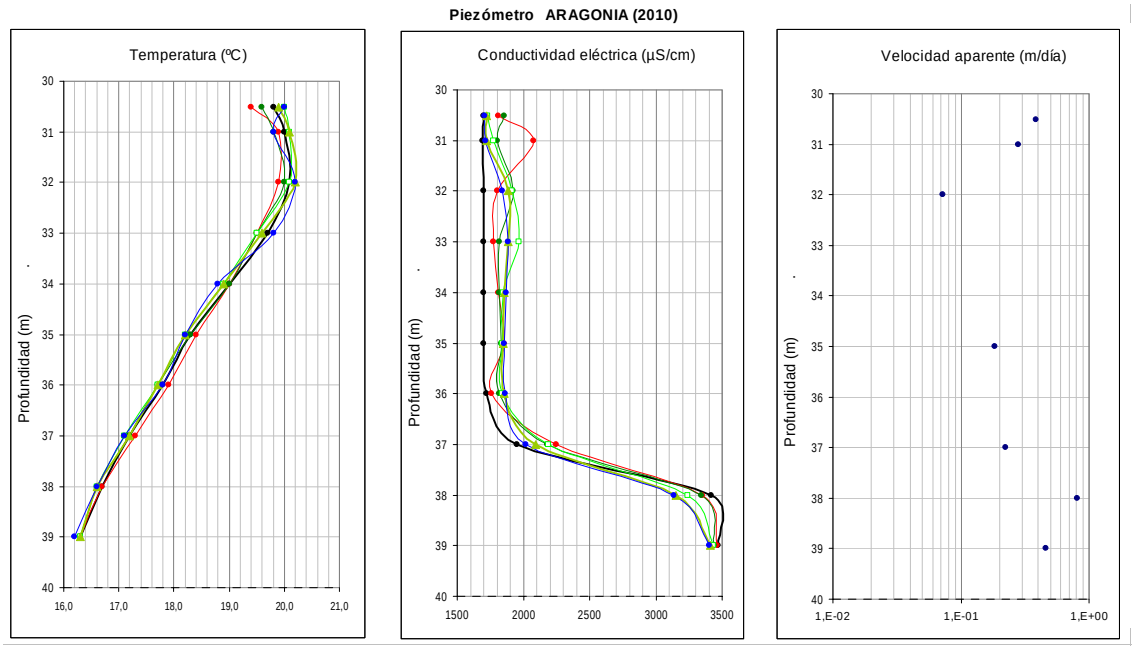

El piezómetro se sitúa a unos 27 metros de uno de los pozos de inyección del centro comercial Aragonia. Tiene una profundidad de 40,2 metros y el nivel piezométrico se sitúa a 30,7 metros. La zona filtrante se sitúa entre 22,1 y 32,1 metros, enfrentada a bolos y gravas con matriz arenosa y eventuales niveles cementados que descansan sobre arcillas con cantos. A partir de 35,4 metros se corta margas y arcillas con evaporitas.

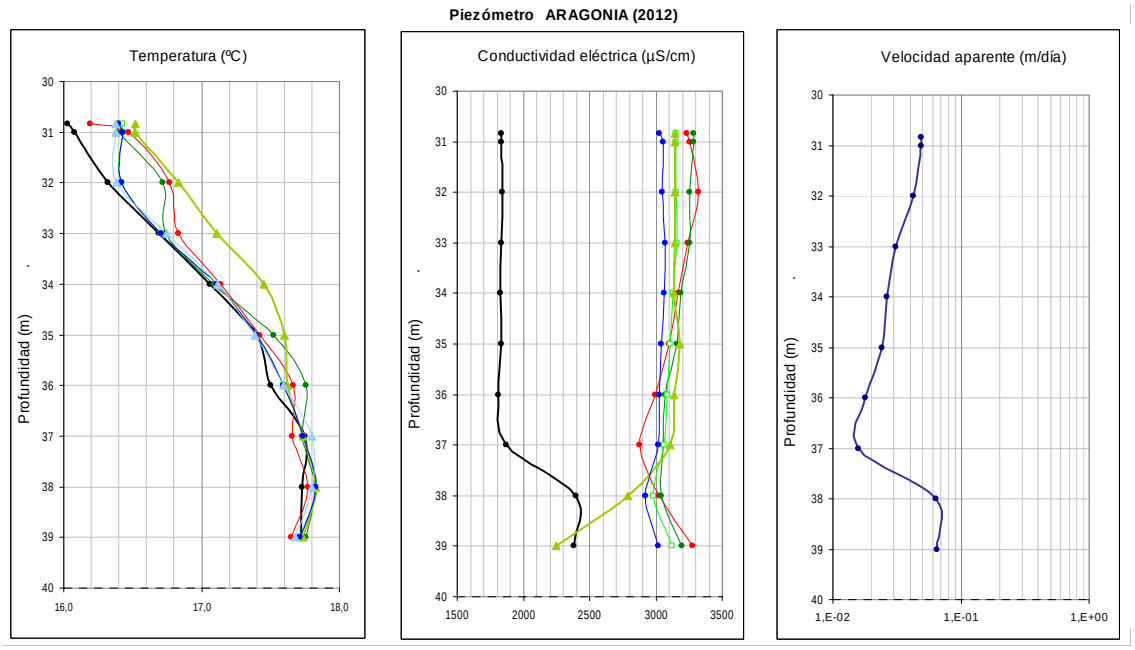
A destacar que el nivel piezómetrico se sitúa muy cerca del muro del paquete litológico que a priori cabe asignarle el papel de acuífero, por lo que la mayor parte de la zona filtrante se sitúa en zona no saturada y el teórico espesor de la zona productiva sería inferior a 1,6 metros.

Lo perfiles de conductividad disponibles –excepto el primero- no concuerdan con la disposición anterior y muestra un importante incremento de la conductividad a partir del metro 37 de difícil justificación pues, teóricamente, se trata de una zona ciega.

El ensayo realizado en 2010 resultó parcialmente fallido, posiblemente debido a la baja intensidad de la tinción realizada, lo que propició que la evolución de la conductividad fuera anómala a todas las profundidades, por lo que no fue posible obtener un perfil completo de velocidades, aunque se detecta que los principales horizontes

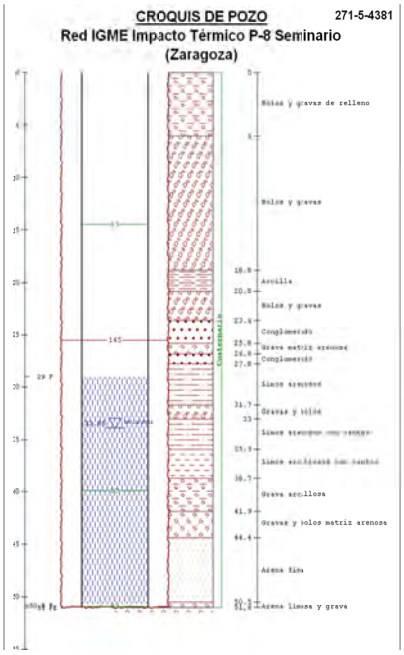
productivos se sitúan en los dos primeros metros del sondeo, así como en los dos últimos.

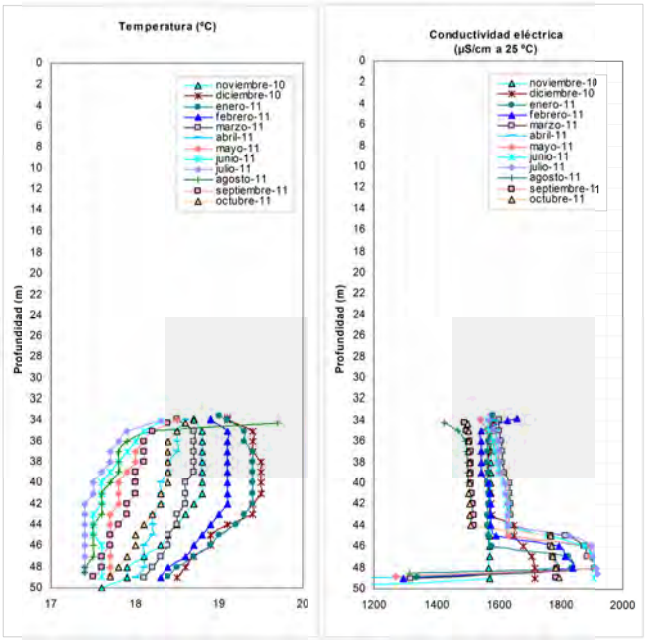



El ensayo de 2012 redunda en lo puesto de manifiesto en el ensayo anterior y revela que los dos últimos metros del sondeo (38-39 m) son los que presentan mayor flujo subterráneo. Este hecho entra en conflicto con la litología y el teórico acabado del sondeo.

## Piezómetro P-8 Seminario



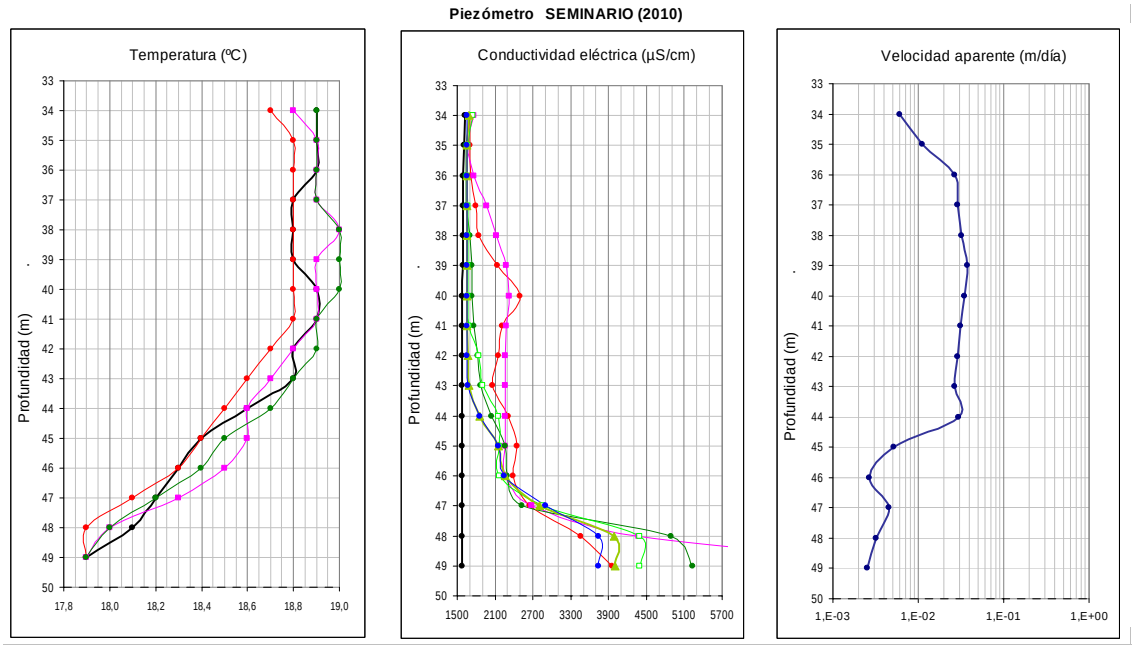

El piezómetro tiene 51,6 metros de profundidad y su zona filtrante se sitúa entre 29 y 50,6 metros. El nivel piezométrico se sitúa en torno a 33,9 metros de profundidad.

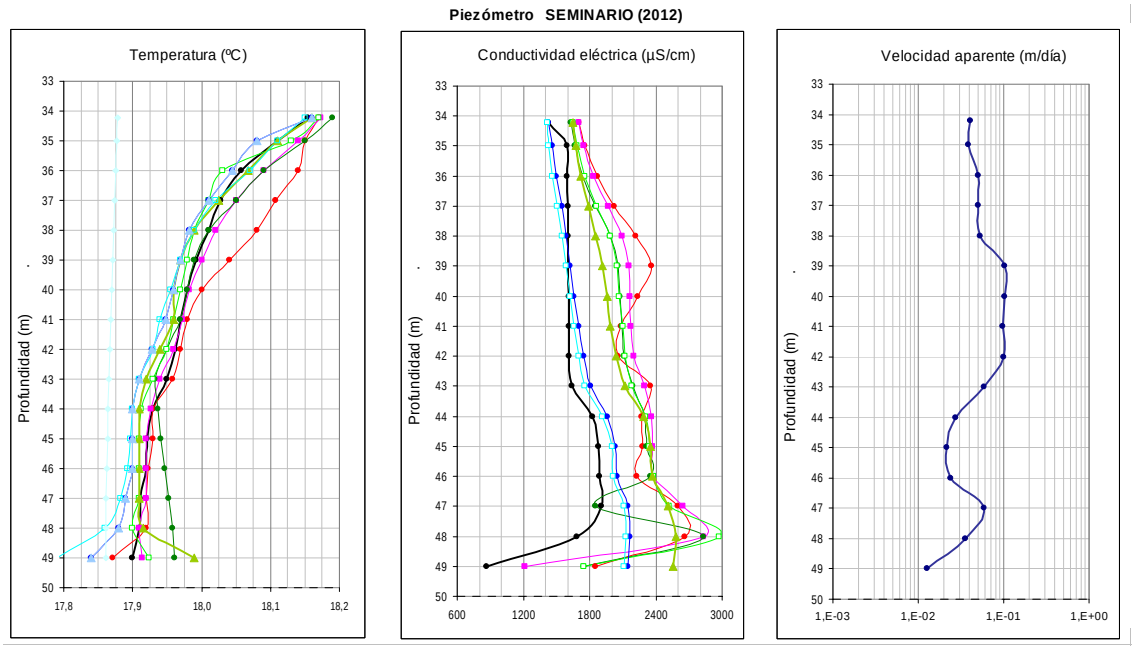
La descripción de la columna litológica pone de manifiesto una serie detrítica cuaternaria en la que las granulometrías gruesas se encuentran por encima de la zona saturada. Por debajo la serie es más lutítica, aunque aparecen niveles detríticos gruesos entre los metros 38,7 y 44,4, que contienen matriz arenosa y limosa. El sondeo finaliza en arenas limosa y gravas. No se llegó a cortar el sustrato evaporítico.

Los perfiles de conductividad y temperatura sugieren cambios en el comportamiento hidrogeológico a partir del metro 44, coincidente con el techo del paquete de arenas finas. También se detecta un cambio a características más propicias al finalizar dicho paquete, a partir del metro 48, donde la conductividad desciende apreciablemente. El sondeo apenas profundiza en este nivel.

Se dispone de dos ensayos de marcado de la columna realizados en noviembre de 2010 y abril de 2012, que resultaron sumamente problemáticos de interpretar, pues en ambos es frecuente que en determinados horizontes se registre incremento de la conductividad a lo largo del tiempo por encima del nivel inicial de la tinción, señal inequívoca de flujos verticales. En el ensayo de 2010 se realizaron ocho perfiles,

aunque hubo que prescindir de los más anómalos (2, 7 y 8). El resultado obtenido pone de manifiesto que el principal aporte de agua al sondeo se sitúa por encima del metro 44, lo que resulta coherente con la litología atravesada.




El ensayo realizado en 2012, igualmente problemático, constó de 9 perfiles realizados durante tres días. Los resultados obtenidos difieren ligeramente del ensayo anterior en su aspecto cuantitativo, si bien desde el punto de vista cualitativo confirman la apreciación que el aparente flujo horizontal es mayor en la mitad superior. No obstante, en ambos ensayos se detecta un crecimiento anómalo de la conductividad

en los últimos 2-3 metros, así como en el tramo de 34 a 36 metros que resulta difícil de explicar y que hace que la velocidad de flujo en ese tramo esté presumiblemente infravalorada.

## TABLAS DE RESULTADOS

| Hospital Provincial (2012) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 17,10 | 10,8 | 0,679 |
| 18 | 13,6 | 0,852 |
| 19 | 20,7 | 1,300 |
| 20 | 38,3 | 2,406 |
| 21 | 52,4 | 3,290 |
| 22 | 52,9 | 3,326 |
| 23 | 63,1 | 3,967 |
| 24 | 71,3 | 4,482 |
| 25 | 65,1 | 4,090 |
| 26 | 59,7 | 3,754 |
| 27 | 54,8 | 3,445 |
| 28 | 11,0 | 0,689 |
| 29 | 10,8 | 0,680 |
| 30 | 12,2 | 0,766 |
| 31 | 10,4 | 0,655 |
| 32 | 5,7 | 0,358 |
| 33 | 6,4 | 0,401 |
| 34 | 6,76 | 0,425 |
| 35 | 6,63 | 0,417 |
| 36 | 3,91 | 0,246 |
| 37 | 1,57 | 0,099 |
| 38 | 1,22 | 0,077 |
| 39 | 0,83 | 0,052 |
| 40 | 0,01 | 0,001 |
| 41 | 0,01 | 0,001 |
| 42 | 0,01 | 0,001 |
| 43 | 0,01 | 0,001 |
| 44 | 0,01 | 0,001 |

| TENERÍAS (2010) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| | | |
| 7,13 | 50,8 | 3,2 |
| 8 | 107,1 | 6,7 |
| 9 | 234,0 | 14,7 |
| 10 | 280,0 | 17,6 |
| 11 | 170,0 | 10,7 |
| 12 | 267,0 | 16,8 |
| 13 | 255,0 | 16,0 |
| 14 | 302,0 | 19,0 |
| 15 | 202,0 | 12,69 |
| 16 | 199,0 | 12,50 |
| 17 | 194,00 | 12,19 |
| 18 | 91,56 | 5,75 |
| 19 | 59,30 | 3,73 |
| 20 | 16,20 | 1,02 |
| 21 | 24,80 | 1,56 |
| 22 | 10,07 | 0,633 |
| 23 | 0,01 | 0,001 |
| 24 | 0,01 | 0,001 |
| 25 | 0,01 | 0,001 |

| TENERÍAS (2012) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 6,92 | 169,0 | 10,6 |
| 7 | 172,0 | 10,8 |
| 8 | 211,7 | 13,3 |
| 9 | 226,1 | 14,2 |
| 10 | 437,0 | 27,5 |
| 11 | 655,7 | 41,2 |
| 12 | 510,3 | 32,1 |
| 13 | 226,8 | 14,25 |
| 14 | 348,7 | 21,91 |
| 15 | 236,39 | 14,85 |
| 16 | 117,48 | 7,38 |
| 17 | 92,56 | 5,82 |
| 18 | 68,99 | 4,33 |
| 19 | 39,20 | 2,46 |
| 20 | 47,99 | 3,02 |
| 21 | 20,16 | 1,27 |
| 22 | 9,13 | 0,57 |
| 23 | 4,48 | 0,28 |
| 24 | 6,36 | 0,40 |
| 25 | 0,01 | 0,00 |

| Geológicas (2010) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 25,35 | 0,010 | 0,001 |
| 26,0 | 0,010 | 0,001 |
| 27,0 | 0,010 | 0,001 |
| 28,0 | 0,45 | 0,028 |
| 29,0 | 0,21 | 0,013 |
| 30,0 | 0,40 | 0,025 |
| 31,0 | 0,09 | 0,006 |
| 32,0 | 0,14 | 0,01 |
| 33,0 | 0,16 | 0,01 |
| 34,0 | 0,10 | 0,01 |
| 35,0 | 0,47 | 0,03 |
| 36,0 | 0,94 | 0,06 |
| 37,0 | 1,16 | 0,07 |

| Geolócicas (2012) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 25,62 | 0,010 | 0,001 |
| 26,0 | 0,010 | 0,001 |
| 26,5 | 0,030 | 0,002 |
| 27,0 | 0,04 | 0,003 |
| 27,5 | 0,085 | 0,005 |
| 28,0 | 0,140 | 0,009 |
| 28,5 | 0,16 | 0,010 |
| 29,0 | 0,16 | 0,010 |
| 29,5 | 0,16 | 0,010 |
| 30,0 | 0,21 | 0,013 |
| 30,5 | 0,21 | 0,013 |
| 31,0 | 0,16 | 0,010 |
| 31,5 | 0,10 | 0,006 |
| 32,0 | 0,06 | 0,004 |
| 32,5 | 0,050 | 0,003 |
| 33,0 | 0,050 | 0,003 |
| 33,5 | 0,18 | 0,011 |
| 34,0 | 0,26 | 0,016 |
| 34,5 | 0,200 | 0,013 |
| 35,0 | 0,32 | 0,020 |
| 35,5 | 1,9 | 0,122 |
| 36,0 | 1,9 | 0,122 |

| JOSÉ SINUÉ (2012) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 14,9 | 55,4 | 3,5 |
| 15 | 69,1 | 4,3 |
| 16 | 63,5 | 4,0 |
| 17 | 86,7 | 5,4 |
| 18 | 88,7 | 5,6 |
| 19 | 128,2 | 8,1 |
| 20 | 94,3 | 5,9 |
| 21 | 94,1 | 5,9 |
| 22 | 105,3 | 6,6 |
| 23 | 75,8 | 4,8 |
| 24 | 24,7 | 1,5 |
| 25 | 25,4 | 1,6 |
| 26 | 39,5 | 2,5 |
| 27 | 24,7 | 1,6 |

| ACTUR (2012) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 6,5 | 209,2 | 13 |
| 7,0 | 343,7 | 22 |
| 8,0 | 326,0 | 20 |
| 9,0 | 342,4 | 22 |
| 10,0 | 146,7 | 9,2 |
| 11,0 | 66,8 | 4,2 |
| 12,0 | 11,3 | 0,7 |
| 13,0 | 23,7 | 1,49 |
| 14,0 | 12,8 | 0,80 |

| ANSELMO CLAVÉ | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 17,95 | 1,9 | 0,12 |
| 18 | 1,9 | 0,12 |
| 19 | 1,8 | 0,11 |
| 20 | 1,9 | 0,12 |
| 21 | 1,9 | 0,12 |
| 22 | 1,6 | 0,10 |
| 23 | 1,7 | 0,11 |
| 24 | 1,5 | 0,10 |
| 25 | 1,5 | 0,10 |
| 26 | 1,53 | 0,10 |
| 27 | 1,71 | 0,11 |
| 28 | 1,95 | 0,12 |
| 29 | 2,00 | 0,13 |
| 30 | 1,78 | 0,11 |
| 31 | 0,71 | 0,04 |
| 32 | 0,78 | 0,05 |
| 33 | 0,87 | 0,05 |
| 34 | 0,82 | 0,05 |
| 35 | 0,48 | 0,03 |
| 36 | 0,60 | 0,04 |
| 37 | 1,06 | 0,07 |
| 38 | 1,28 | 0,08 |
| 39 | 1,58 | 0,10 |
| 40 | 1,70 | 0,11 |
| 41 | 1,88 | 0,12 |
| 42 | 1,06 | 0,07 |
| 43 | 0,35 | 0,02 |
| 44 | 0,25 | 0,02 |
| 45 | 0,01 | 0,00 |
| 46 | 0,01 | 0,00 |
| 47 | 0,01 | 0,00 |

| ALBAREDA (2012) | | |
|---|---|---|
| Prof. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 18,46 | 105 | 6,62 |
| 19 | 108 | 6,79 |
| 20 | 148 | 9,3 |
| 21 | 121 | 7,60 |
| 22 | 459 | 28,8 |
| 23 | 1690 | 106 |
| 24 | 1700 | 107 |
| 25 | 1695 | 106,5 |
| 26 | 1690 | 106,2 |
| 27 | 1690 | 106,2 |
| 28 | 1690 | 106,2 |
| 29 | 1200 | 75,4 |
| 30 | 1100 | 69,1 |
| 31 | 1009 | 63,4 |
| 32 | 821 | 51,6 |
| 33 | 481 | 30,2 |
| 34 | 22 | 1,35 |

| Hospital Provincial (2010) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 17,10 | 3,6 | 0,228 |
| 18 | 4,7 | 0,297 |
| 19 | 6,1 | 0,383 |
| 20 | 7,5 | 0,471 |
| 21 | 8,7 | 0,545 |
| 22 | 7,6 | 0,480 |
| 23 | 8,3 | 0,525 |
| 24 | 9,0 | 0,568 |
| 25 | 9,7 | 0,607 |
| 26 | 10,6 | 0,664 |
| 27 | 11,0 | 0,690 |
| 28 | 11,9 | 0,747 |
| 29 | 11,9 | 0,748 |
| 30 | 11,2 | 0,704 |
| 31 | 10,0 | 0,628 |
| 32 | 3,5 | 0,221 |
| 33 | 3,7 | 0,230 |
| 34 | 3,86 | 0,243 |
| 35 | 3,74 | 0,235 |
| 36 | 3,21 | 0,202 |
| 37 | 0,54 | 0,034 |
| 38 | 1,60 | 0,101 |
| 39 | 1,65 | 0,104 |
| 40 | 0,62 | 0,039 |
| 41 | 0,00 | 0,000 |
| 42 | 0,00 | 0,000 |
| 43 | 0,00 | 0,000 |
| 44 | 0,00 | 0,000 |

| Aragonia (2010) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 30,52 | 6,163 | 0,387 |
| 31,0 | 4,464 | 0,280 |
| 32,0 | 1,140 | 0,072 |
| 33,0 | 0,01 | 0,001 |
| 34,0 | 0,01 | 0,001 |
| 35,0 | 2,90 | 0,182 |
| 36,0 | 0,01 | 0,001 |
| 37,0 | 3,54 | 0,22 |
| 38,0 | 12,86 | 0,81 |
| 39,0 | 7,29 | 0,46 |

| Aragonia (2012) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 30,83 | 0,775 | 0,049 |
| 31,0 | 0,785 | 0,049 |
| 32,0 | 0,678 | 0,043 |
| 33,0 | 0,49 | 0,031 |
| 34,0 | 0,421 | 0,026 |
| 35,0 | 0,382 | 0,024 |
| 36,0 | 0,29 | 0,018 |
| 37,0 | 0,25 | 0,016 |
| 38,0 | 1,01 | 0,063 |
| 39,0 | 1,04 | 0,065 |

| Seminario (2010) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 34 | 0,095 | 0,006 |
| 35 | 0,178 | 0,011 |
| 36 | 0,427 | 0,027 |
| 37 | 0,45 | 0,029 |
| 38 | 0,51 | 0,032 |
| 39 | 0,59 | 0,037 |
| 40 | 0,55 | 0,035 |
| 41 | 0,50 | 0,031 |
| 42 | 0,46 | 0,029 |
| 43 | 0,42 | 0,026 |
| 44 | 0,48 | 0,030 |
| 45 | 0,08 | 0,005 |
| 46 | 0,04 | 0,003 |
| 47 | 0,07 | 0,005 |
| 48 | 0,05 | 0,003 |
| 49 | 0,04 | 0,003 |

| Seminario (2012) | | |
|---|---|---|
| Profund. (m) | α | V.flujo (m/día) |
| 34,21 | 0,650 | 0,041 |
| 35 | 0,610 | 0,038 |
| 36 | 0,790 | 0,050 |
| 37 | 0,79 | 0,050 |
| 38 | 0,84 | 0,053 |
| 39 | 1,65 | 0,104 |
| 40 | 1,63 | 0,102 |
| 41 | 1,57 | 0,10 |
| 42 | 1,60 | 0,10 |
| 43 | 0,93 | 0,06 |
| 44 | 0,44 | 0,03 |
| 45 | 0,08 | 0,01 |
| 46 | 0,38 | 0,02 |
| 47 | 0,94 | 0,06 |
| 48 | 0,56 | 0,04 |
| 49 | 0,20 | 0,01 |

*

# IV.iii. ENSAYOS DE INYECCIÓN

## METODOLOGIA Y FUNDAMENTOS

La inyección se realizó por vaciado de un depósito troncocónico de poliéster previamente tarado, de 47 cm de diámetro superior, 42 cm de diámetro inferior y 66 cm de altura, provisto de una válvula que permitía su rápido vaciado, aunque no instantáneo. El caudal de inyección disminuye de manera notoria a medida que la cuba se vacía y requiere ser conocido para interpretar el ascenso y posterior abatimiento del nivel de agua como si de un bombeo (negativo) de muy corta duración se tratase. Para ello se introdujo en el interior de la cuba un diver programado para la toma de datos cada segundo, obteniéndose así la altura de la lámina de agua en la cuba en cada instante; de ahí la curva de vaciado de la cuba (Figura IV.7) y por derivación de la misma el caudal de descarga en cada instante (Figura IV.8). Ello permite discretizar la curva de caudal de descarga versus tiempo en varios intervalos de caudal constante para así abordar la simulación de la inyección como sí de un bombeo (negativo) escalonado se tratase (Figura IV.8). En los gráficos siguientes se muestran las típicas curvas de volumen vaciado y caudal de descarga obtenidas con este proceso, así como el régimen de caudales escalonados al que se asimila la inyección realizada.

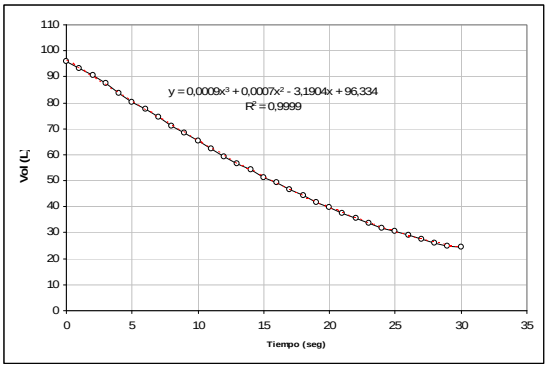



Figura IV.7. Curva de vaciado

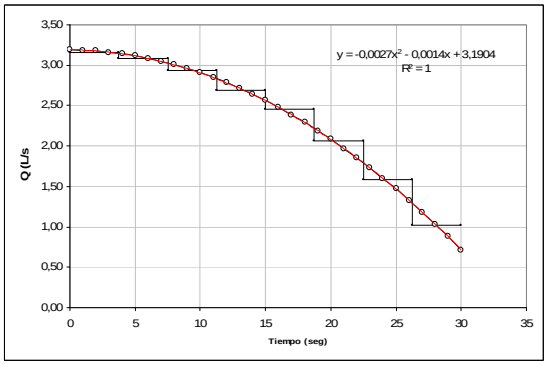



Figura IV6.8. Caudal de descarga

La interpretación de la recuperación de la inyección se puede hacer como si de un slug test se tratase, utilizando los métodos de Bouwer-Rice (1976), Hvorslev (1951), Lefranc (1936) y Cooper *et al.* (1967). Los tres primeros citados presuponen régimen

estacionario, permiten evaluar directamente la conductividad hidráulica, están basados en la conocida expresión de Thiem, y únicamente difieren entre sí en el método de cálculo del Factor de Forma. Este factor contempla las características constructivas del sondeo ensayado y su relación con el acuífero. De hecho, la determinación del mismo es la única diferencia sustancial entre los tres métodos, siendo la metodología empleada por Lefranc la más simple y la de Bouwer-Rice, la más compleja.

La conductividad hidráulica (K) en esos tres métodos se obtiene de la misma expresión:

$$K = 2{,}3\pi.R_A^2 Log\frac{\left(\frac{H_0}{H_t}\right)}{(tF)} \qquad (7)$$

donde $R_A$ es el radio eficaz, $H_0$ la elevación del nivel dinámico sobre el nivel de equilibrio en el momento inicial, $H_t$ la elevación remanente en el tiempo t y F un Factor de Forma dependiente de las características constructivas del sondeo ensayado en relación con el acuífero (penetración parcial, situación de la rejilla, etc.).

La interpretación por estos métodos requiere representar a escala semilogarítmica el ascenso residual relativo $H_t/H_0$ en función del tiempo, que teóricamente sería una recta de pendiente m, $m=Log(H_t/H_0)/t$, que introducida en (7) simplificaría esa expresión que quedaría:

$$K = \frac{7{,}23m.R_A^2}{F} \qquad (8)$$

El método de Hvorslev introduce la pendiente de la recta de manera indirecta, mediante el parámetro $t_{37}$, que es el tiempo requerido para que el ascenso residual ($H_t$) sea el 37% del inicial ($H_0$), dando lugar a una expresión aparentemente diferente. Es fácil demostrar que la pendiente, m, es igual a $(2{,}3.\ t_{37})^{-1}$.

En acuíferos libres es normal que la representación Log ($H_t/H_0$) versus t de lugar a dos o más líneas rectas, por lo que es importante elegir bien el tramo recto que se considera representativo del acuífero. Esto es debido a que la primera recta puede

corresponder a la saturación o desaturación del espacio anular, esté o no engravillado, lo que origina el "*double stright-line effect*" y en tal caso debe ser desechada.

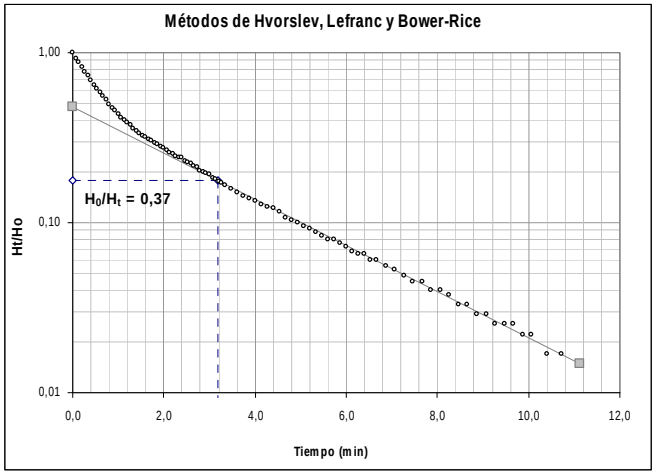



Figura IV.9. Gráfica Log ($H_t/H_0$) versus t, requerida en los métodos de Hvorslev (1951), Lefranc (1936) y Bower-Rice (1976)

El método de Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos (1967) es conceptualmente diferente pues considera régimen transitorio y pozos totalmente penetrantes en un acuífero de tipo confinado. Se trata de un método de superposición en el que se requiere una representación de $H_t/H_0$ versus Log (t) que debe superponerse a una de las curvas del conjunto de curvas patrón que representan los valores de la Función de Pozo, $F(\alpha,\beta)$, versus el tiempo adimensional β. Una vez lograda la superposición se elige un par de valores coincidentes de β y t en ambos gráficos, que una vez introducidos en la expresión $\beta = \frac{Tt}{R_A^2}$, permite obtener la transmisividad (T).

$$T = R_A^2 \frac{\beta}{t} \tag{9}$$

En los gráficos de las figuras IV.10 y IV.11 se muestra la familia de curvas $F(\alpha,\beta)$ y un ejemplo de superposición. En color rojo se muestra la curva patrón elegida, en gris los datos de campo, y en negro estos datos desplazados horizontalmente hasta conseguir la superposición. Es fácil demostrar que la relación entre el valor de la abscisa (t) de cualquier punto del gráfico desplazado con respecto al original coincide con el valor de β/t, por lo que basta multiplicar ese valor (expresado en días) por el cuadrado del radio de la entubación para obtener la transmisividad en el entorno del piezómetro.

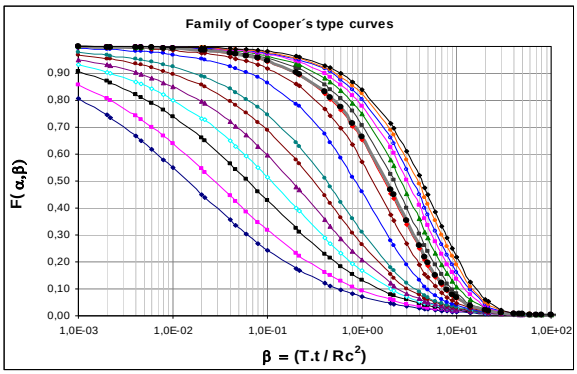



Figura IV.10. Familia de Curvas Tipo (Cooper *et al*. 1967)

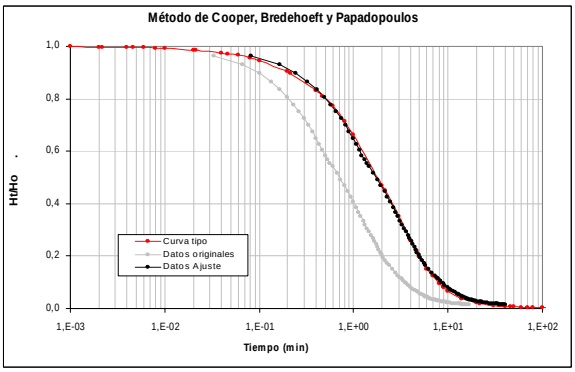



Figura IV.11. Ejemplo de ajuste

El uso en este trabajo del método de Cooper et al., desarrollado para acuíferos confinados, puede resultar llamativo, pero se ha considerado interesante su inclusión con objeto de contrastar el error cometido cuando existe incertidumbre sobre la tipología del acuífero. Por otra parte, el error cometido es poco significativo si la perturbación originada, $H_0$, es poco relevante en relación con el espesor saturado.

La otra alternativa para interpretar el ensayo de inyección realizado es considerarlo como una recarga de escasos segundos de duración y su consiguiente recuperación, susceptibles ambos procesos de ser interpretados de acuerdo con las soluciones analíticas habituales propias de hidráulica de captaciones.

Una vez obtenida el régimen de caudales escalonados de recarga se aplicó el programa MABE (Azcón, 2005), en el que las funciones de pozo que proceda considerar -W(u) o W(u, r/B)- forman parte de una sencilla expresión analítica que determina el descenso en el pozo tomando en consideración la capacidad de almacenamiento del mismo, que en un caso como el que nos ocupa debe ser tenida en cuenta. La expresión utilizada es:

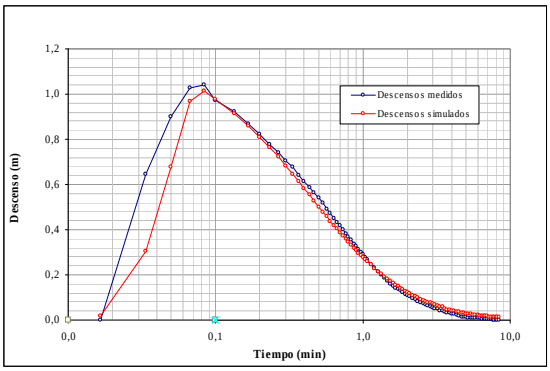
$$\Delta = \frac{Q.t.W(u)}{\pi.R_A^2.W(u) + 4.\pi.t.T} \qquad (10)$$

donde Δ= Descenso, W(u)= Función de pozo elegida (Theis, Hantush), $R_A$=Radio entubación, T=Transmisividad, t= Tiempo.

Esta expresión es la solución de un sistema de ecuaciones que expresa que el caudal de bombeo (Q) es la suma del proporcionado por el acuífero ($Q_A$) y por el almacenamiento en el pozo ($Q_P$). De la misma es fácil intuir que transcurrido un periodo de tiempo, el valor del descenso en el pozo converge con el que se obtiene

con las expresiones clásicas de Theis o Hantush, según proceda. En tanto que esto sucede, los descensos determinados por esa expresión simulan mucho mejor los descensos experimentales, lo que es especialmente útil cuando el almacenamiento es significativo en relación a los volúmenes bombeados o introducidos, como es el caso de los ensayos realizados.

En las Figuras IV.12 y IV.13 se muestra un ejemplo de los dos tipos de gráficos obtenidos en los ensayos de inyección. El primero representa la evolución de los niveles medidos (azul) y simulados (rojo) del ensayo, mientras que el segundo es una representación de la recuperación en función del tiempo adimensional $(t_b+t_r)/t_r$, que a efectos de calibración resulta especialmente adecuada.



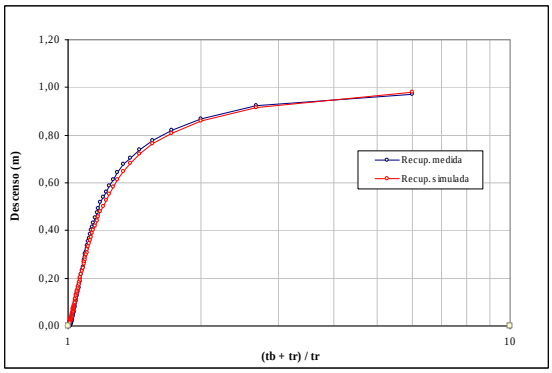




Figura IV.12 y IV.13 Ejemplos de la curva experimental (azul) y la curva simulada (rojo) de un ensayo de inyección (IV.12) y de la recuperación en función del tiempo adimensional (IV.13)

# ANEXO V

REGISTROS EN PIEZÓMETROS

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE · CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

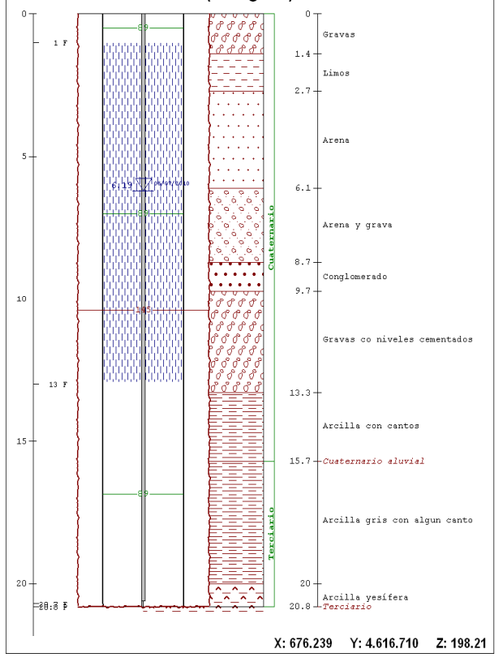
# RED DE CONTROL DE GEOTERMIA

## REGISTROS VERTICALES EN PIEZOMETROS DE CONTROL

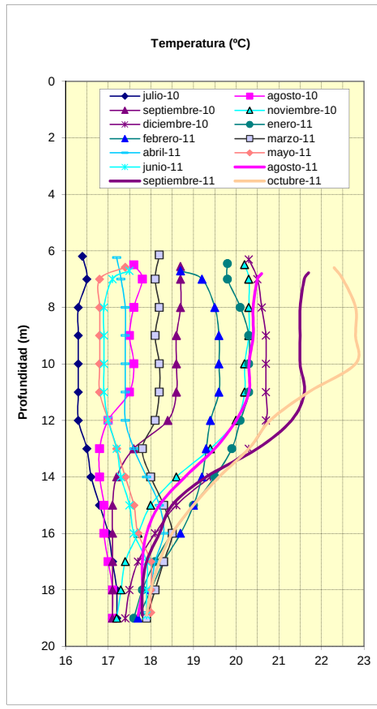
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD · Instituto Geológico y Minero de España

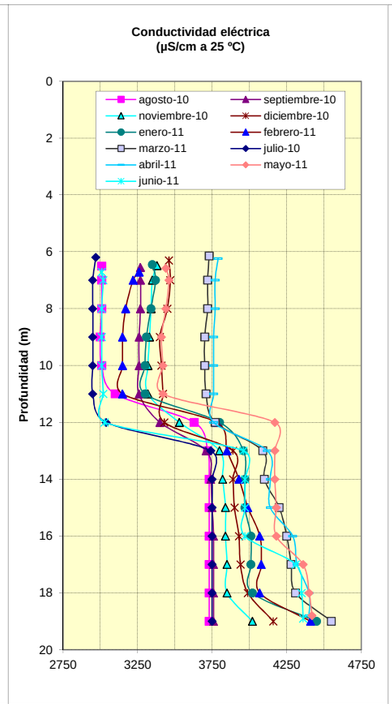
### CROQUIS DE POZO — 2714-8-0147

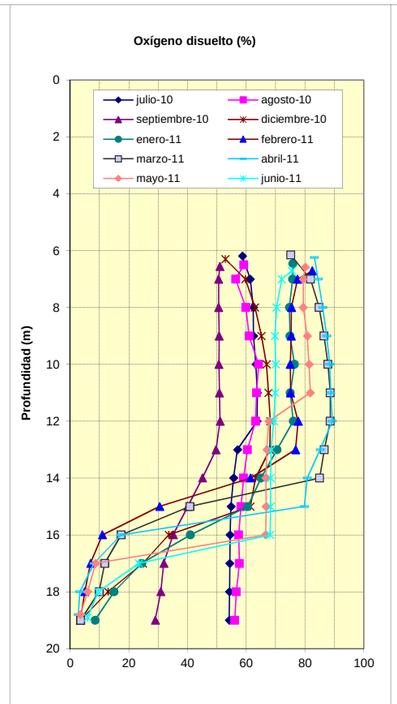
**Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur (Zaragoza)**

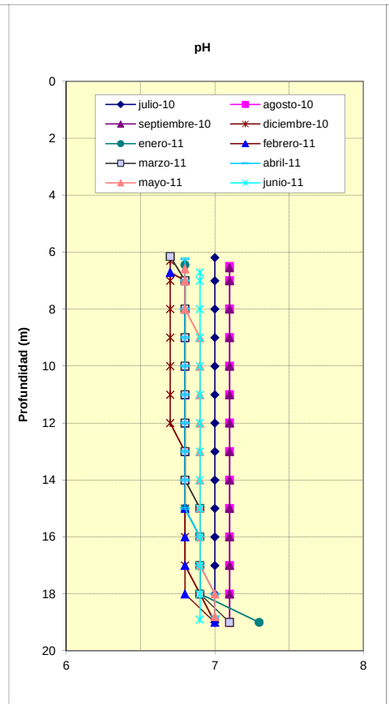


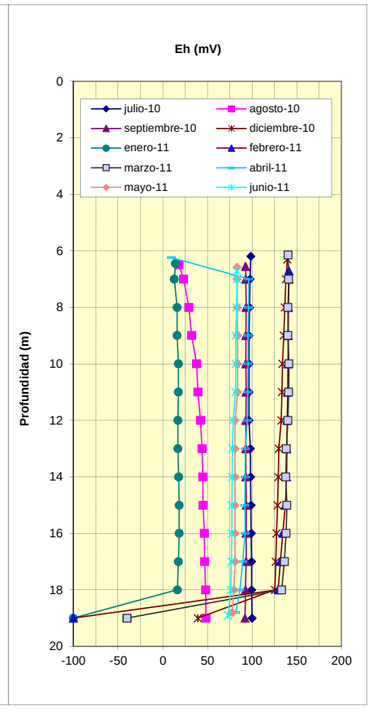

X: 676.239 Y: 4.616.710 Z: 198.21



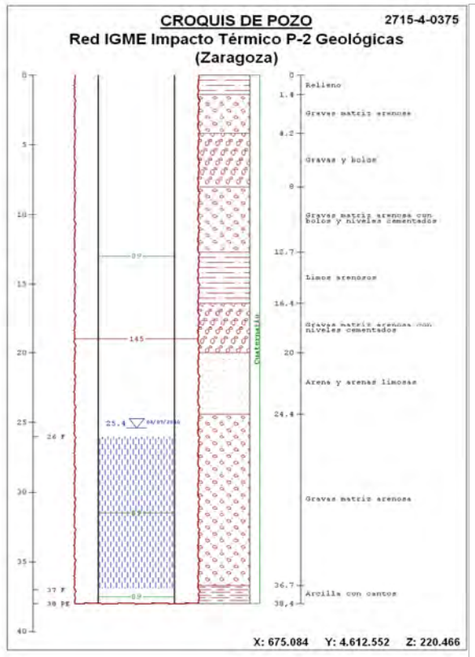



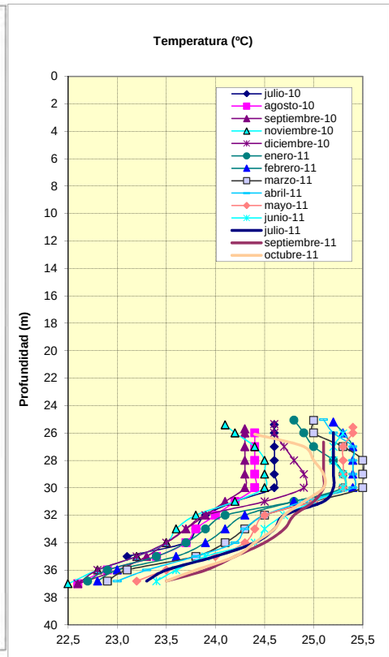



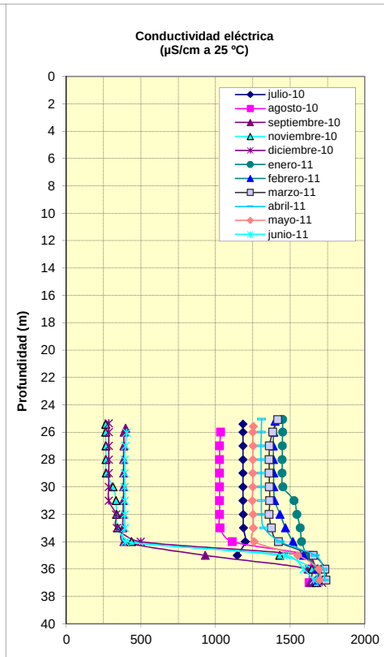

### CROQUIS DE POZO — 2715-4-0375

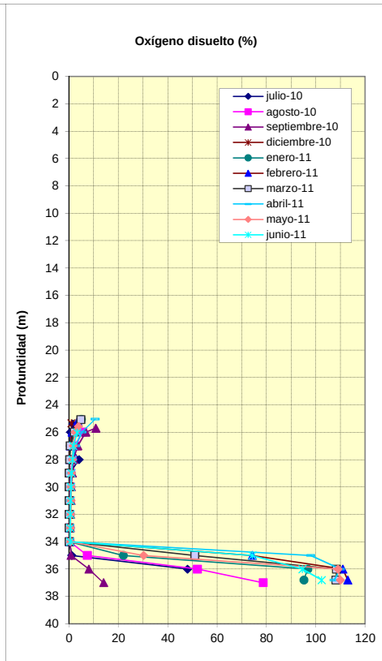
**Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas (Zaragoza)**

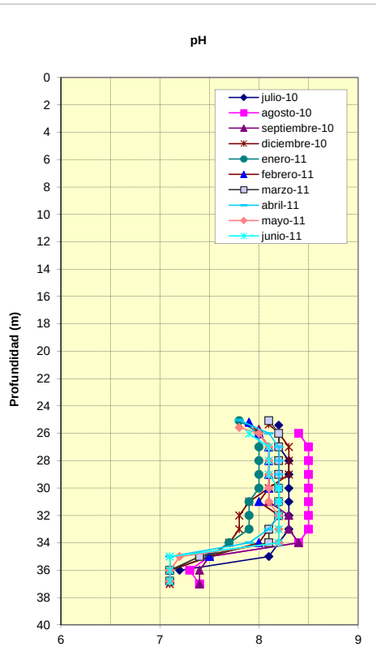


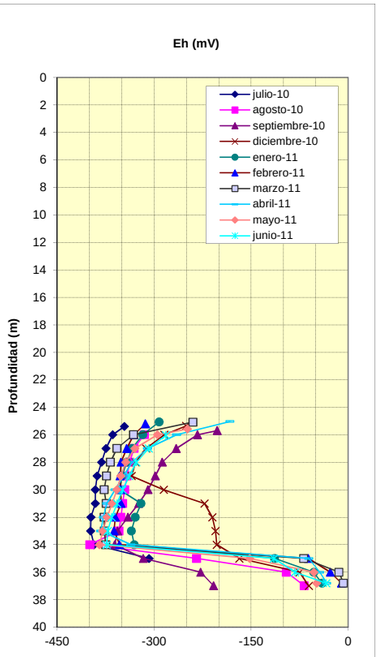

X: 675.084 Y: 4.612.552 Z: 220.466



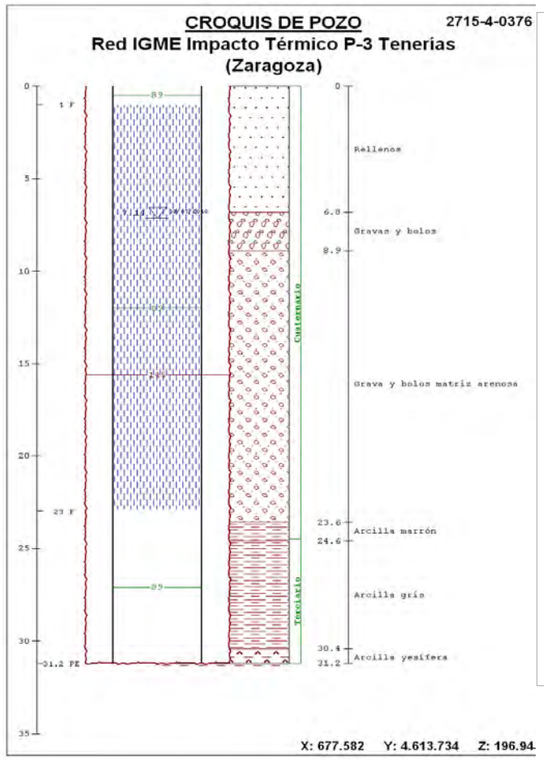



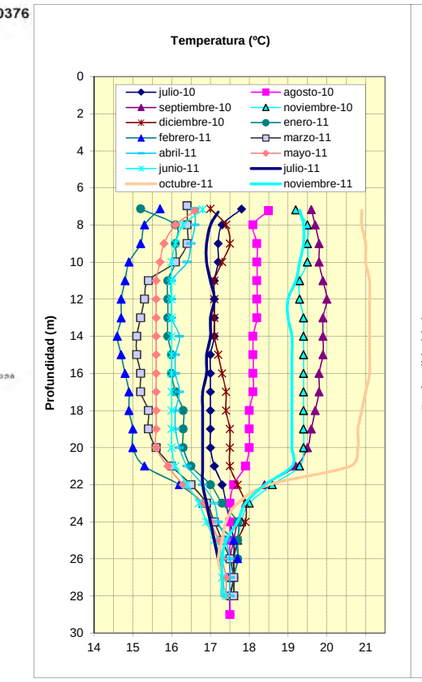
GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE · CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

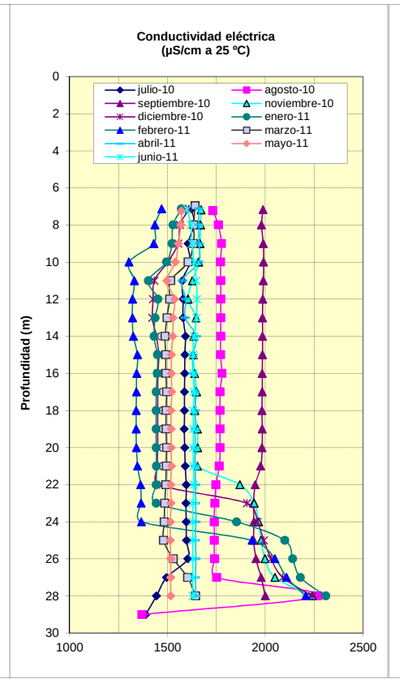
# RED DE CONTROL DE GEOTERMIA

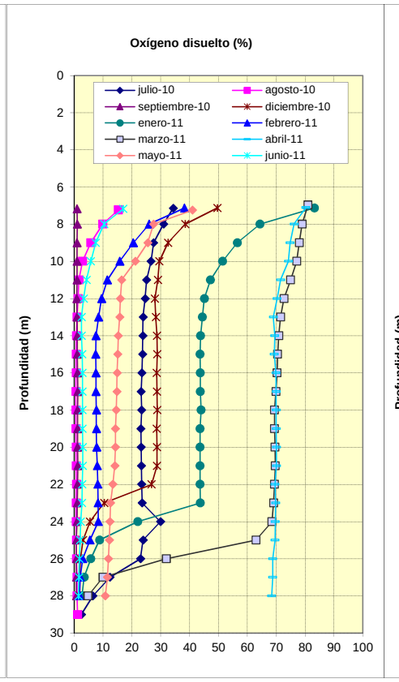
## REGISTROS VERTICALES EN PIEZOMETROS DE CONTROL

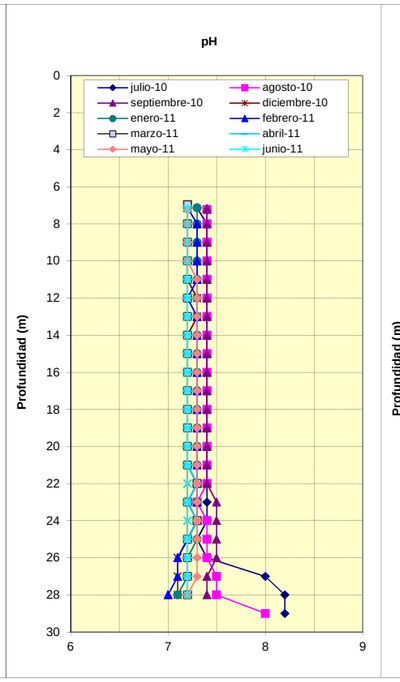
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD · Instituto Geológico y Minero de España

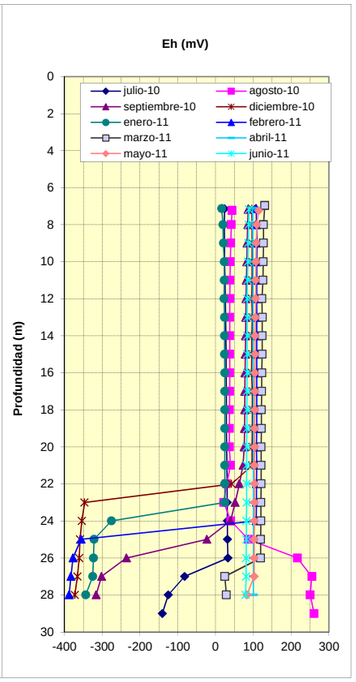


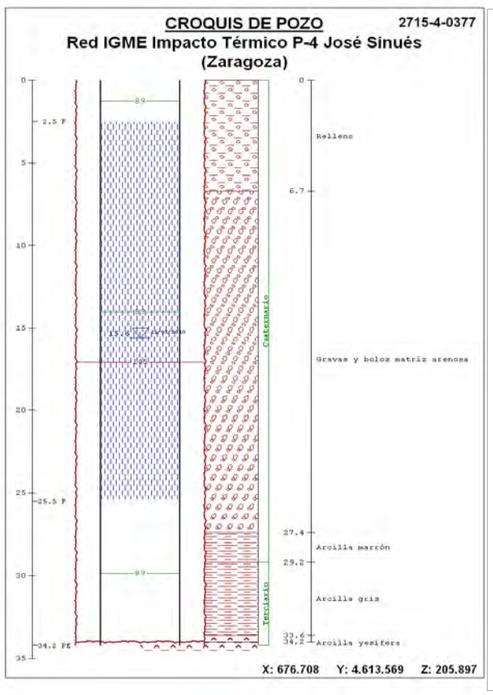



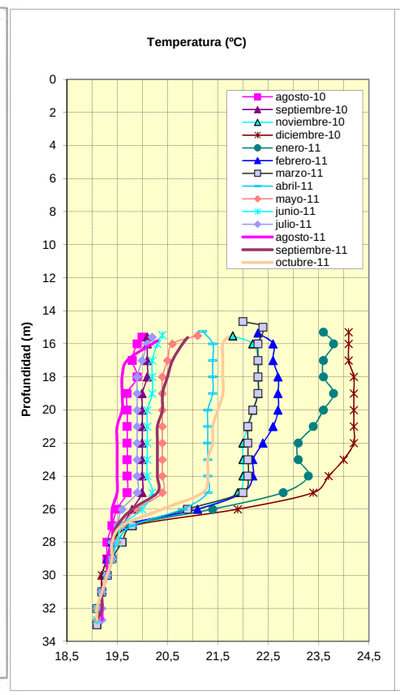



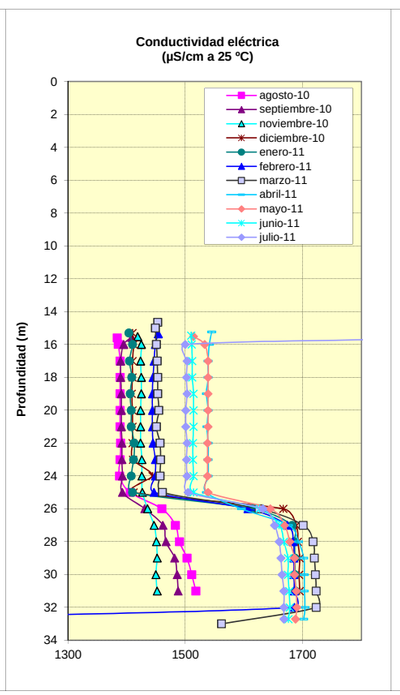



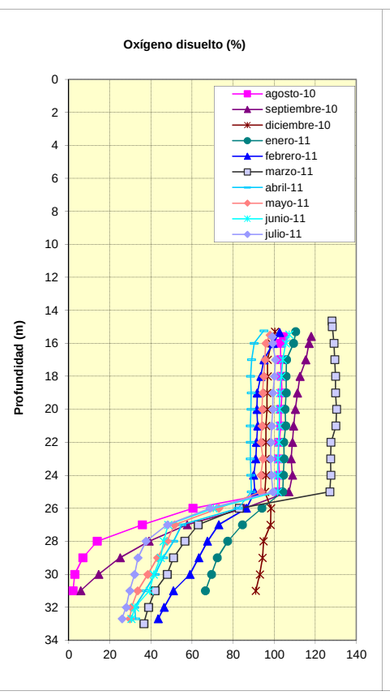



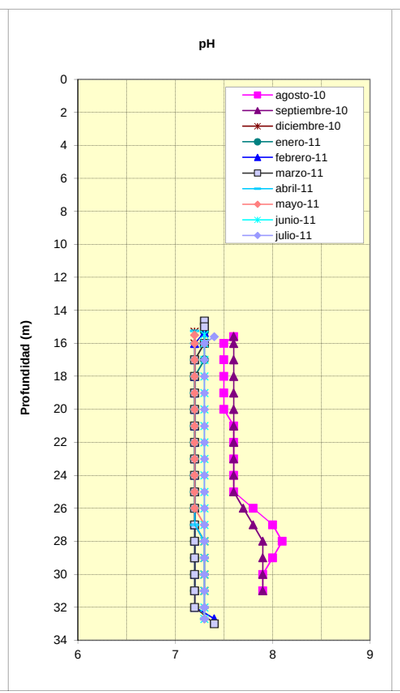



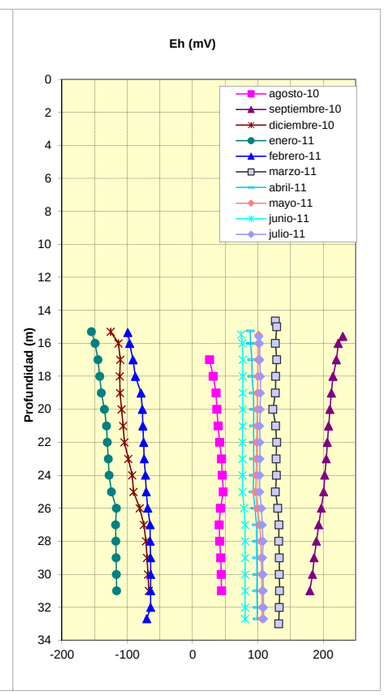



GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE · CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

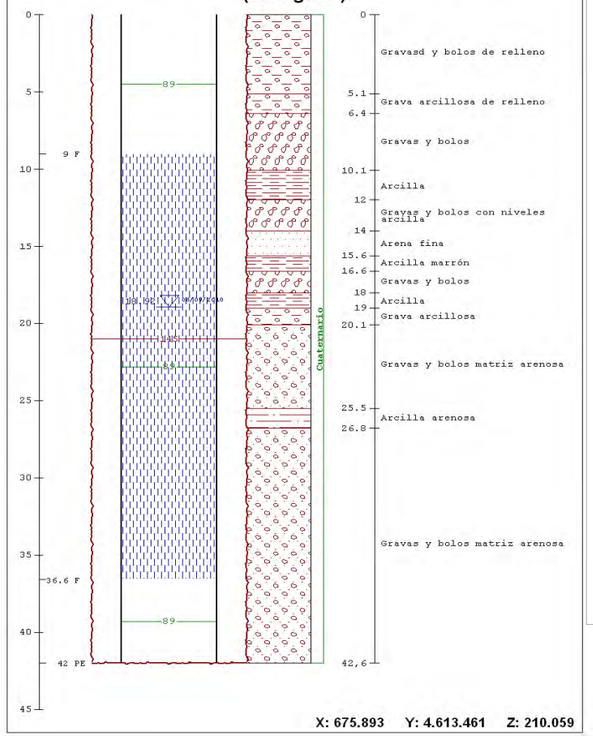
# RED DE CONTROL DE GEOTERMIA

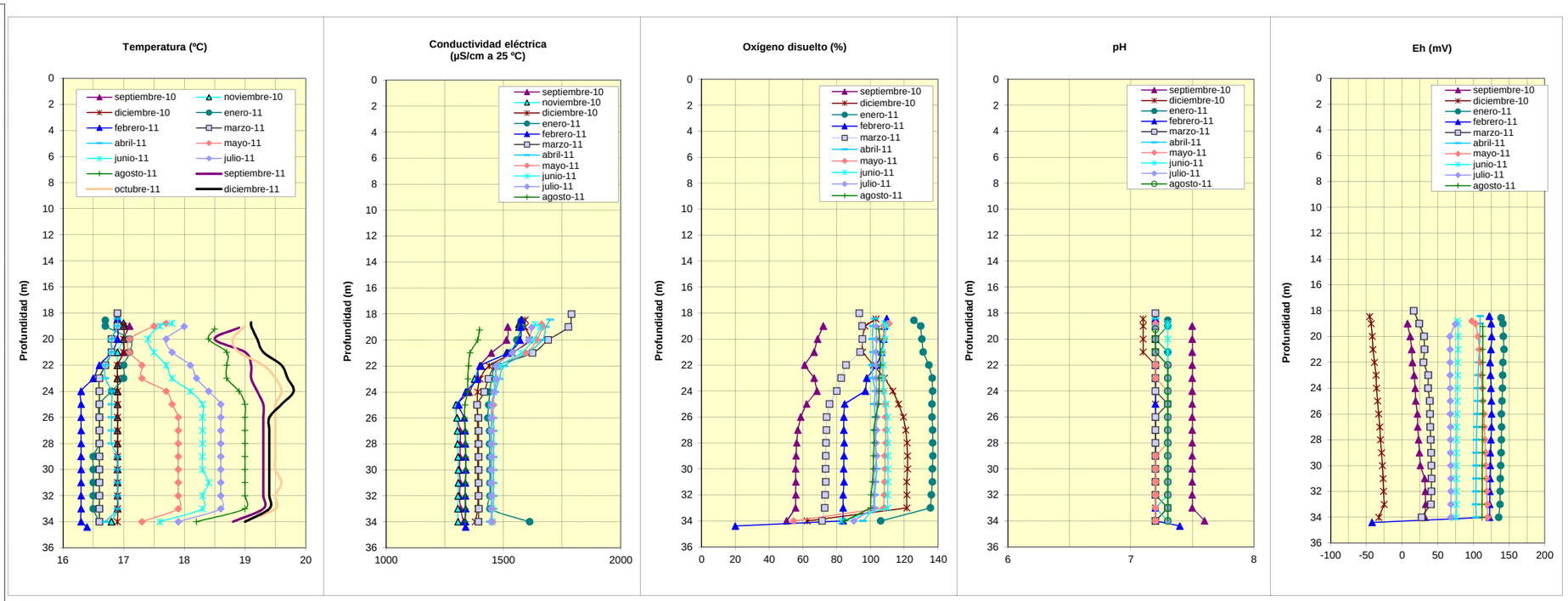
## REGISTROS VERTICALES EN PIEZOMETROS DE CONTROL

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD · Instituto Geológico y Minero de España

### CROQUIS DE POZO — 2715-4-0378

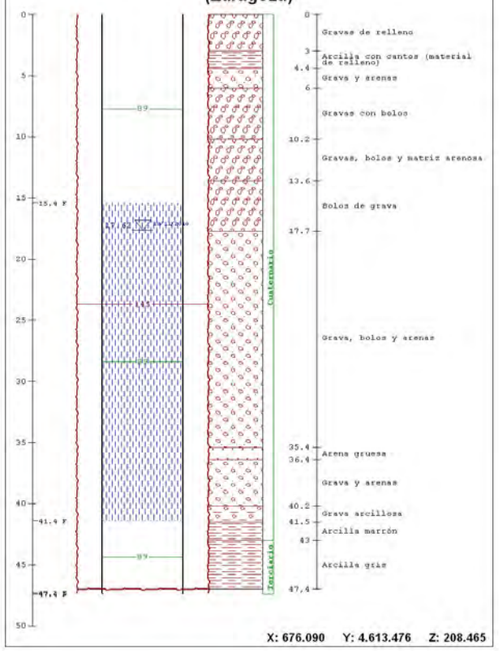
**Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda (Zaragoza)**

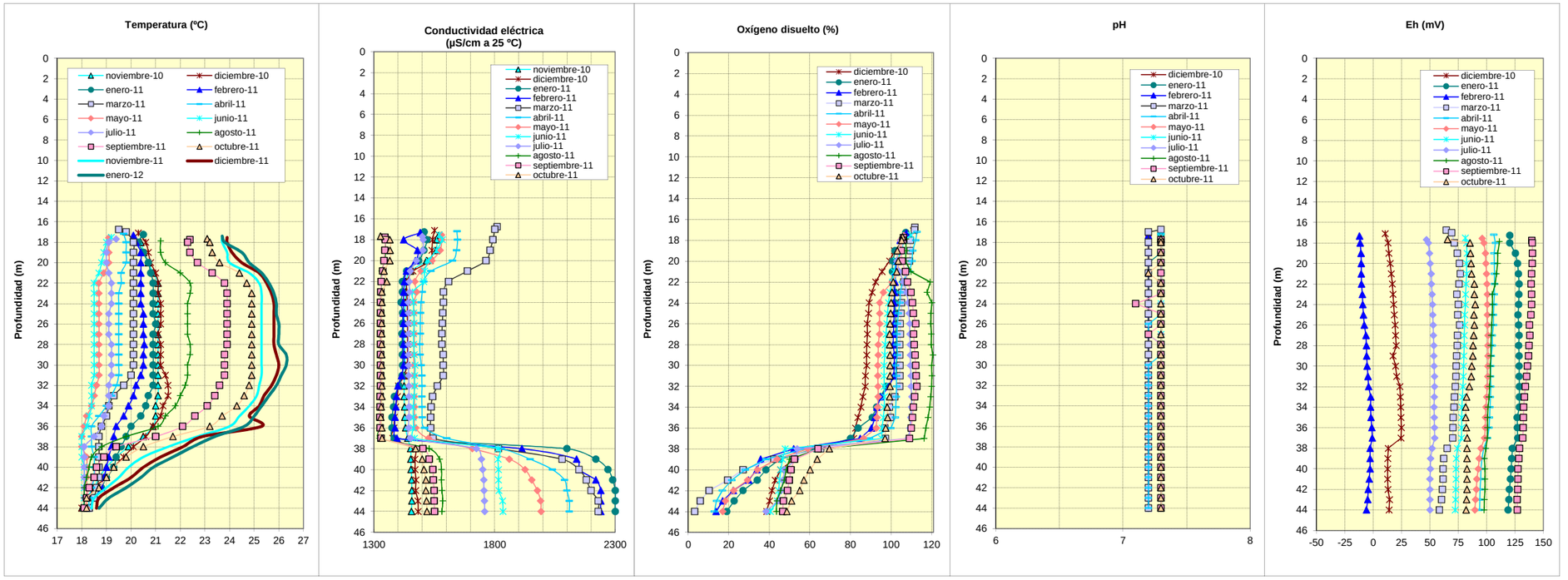



### CROQUIS DE POZO — 2715-4-0379

**Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial (Zaragoza)**



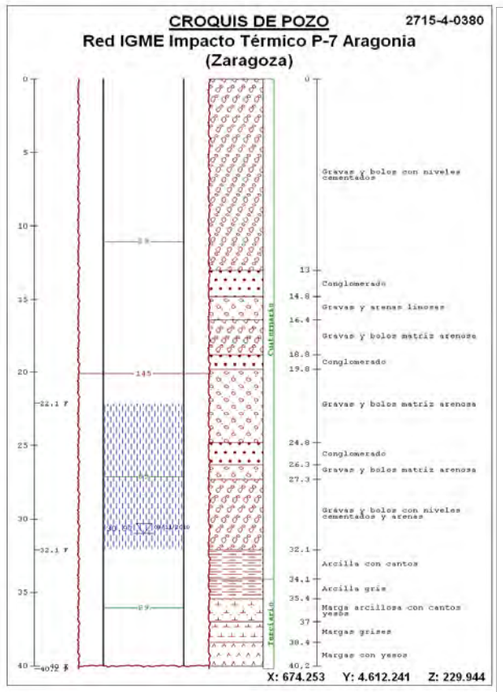



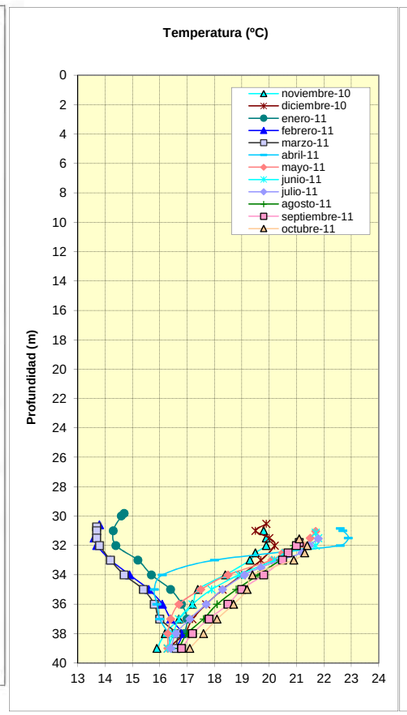
GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE · CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

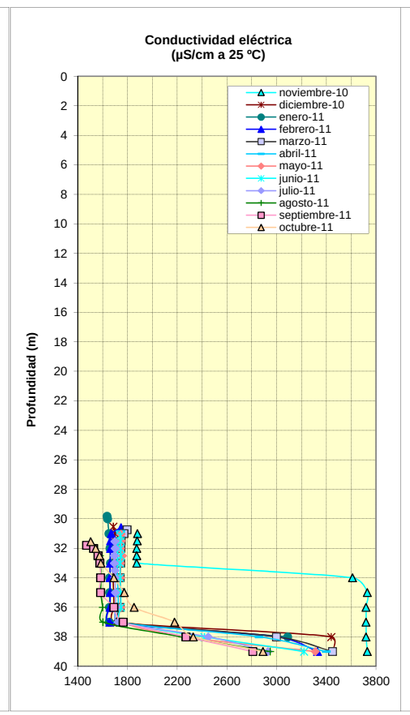
# RED DE CONTROL DE GEOTERMIA

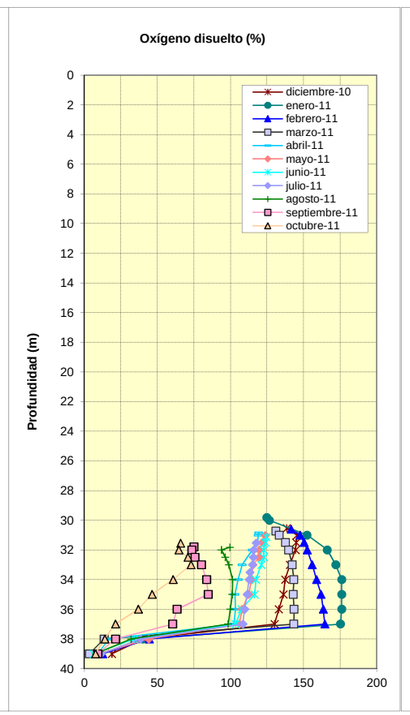
## REGISTROS VERTICALES EN PIEZOMETROS DE CONTROL

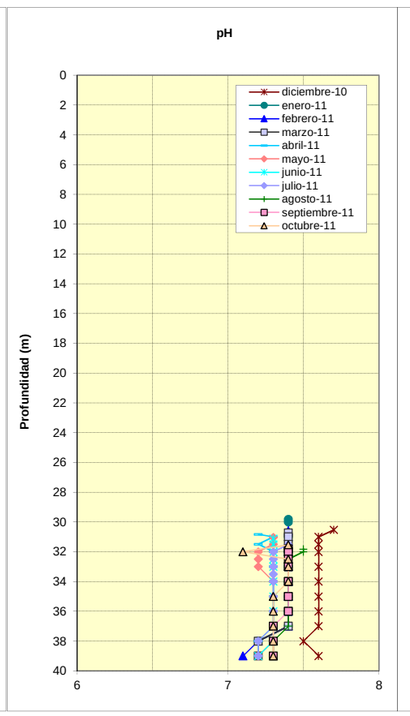
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD · Instituto Geológico y Minero de España

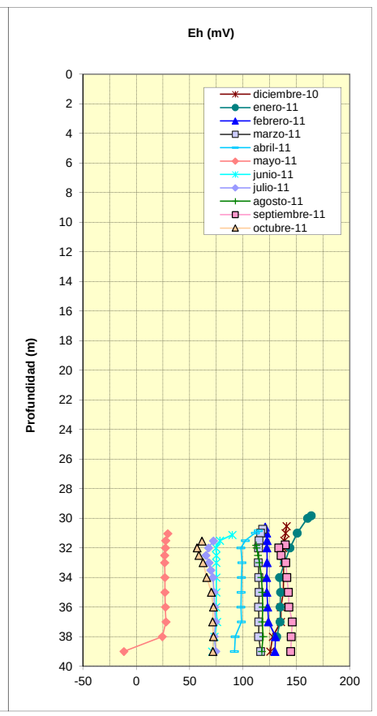


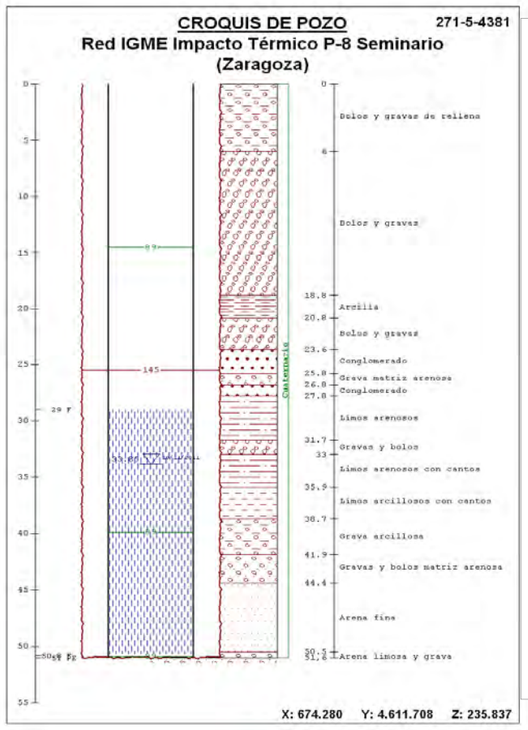



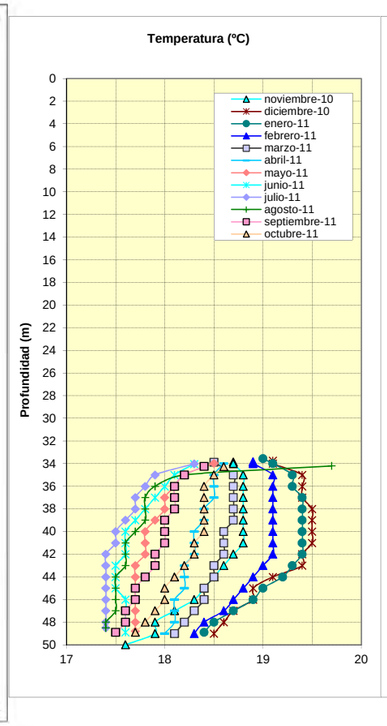



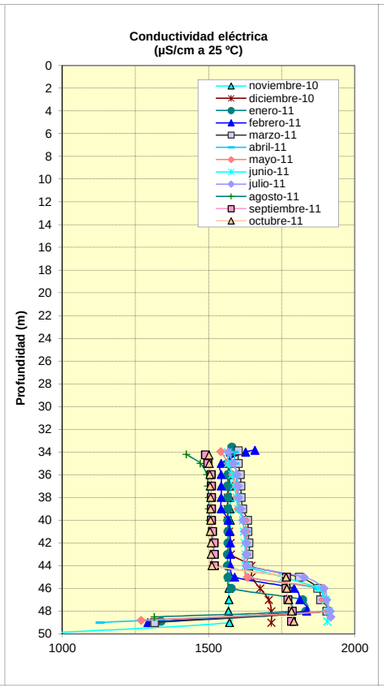



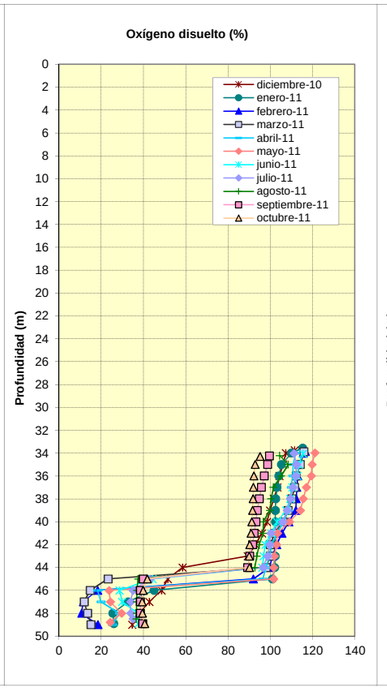



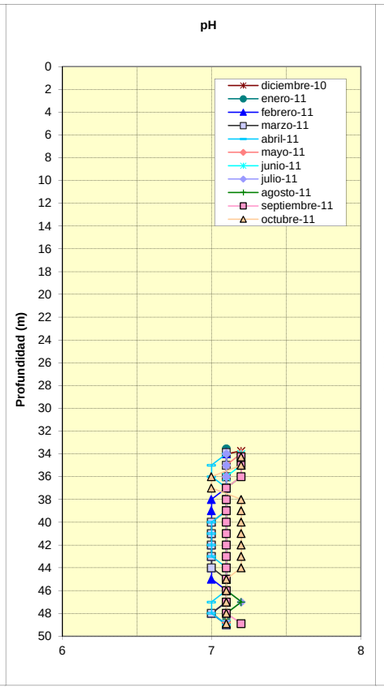



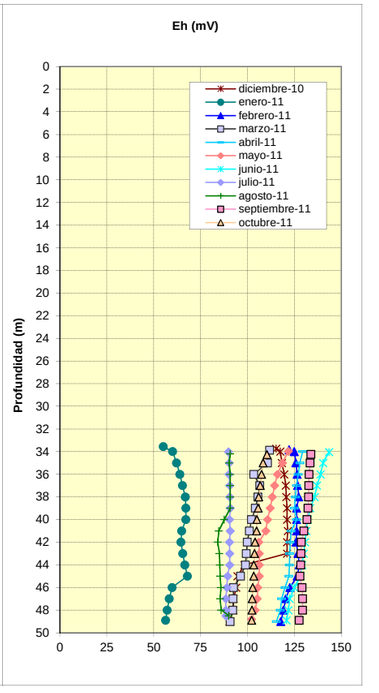



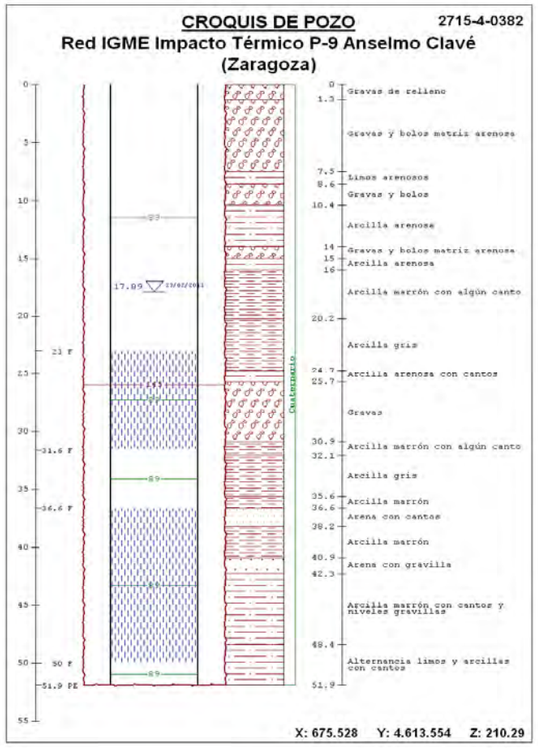



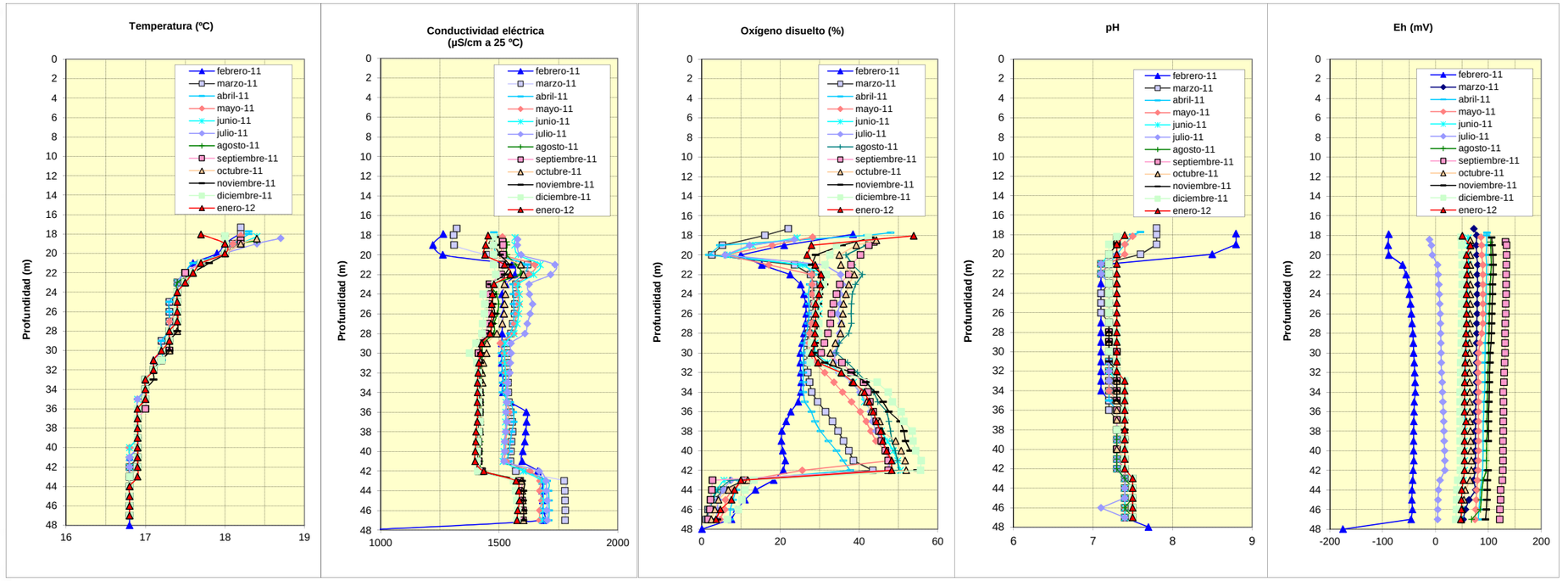



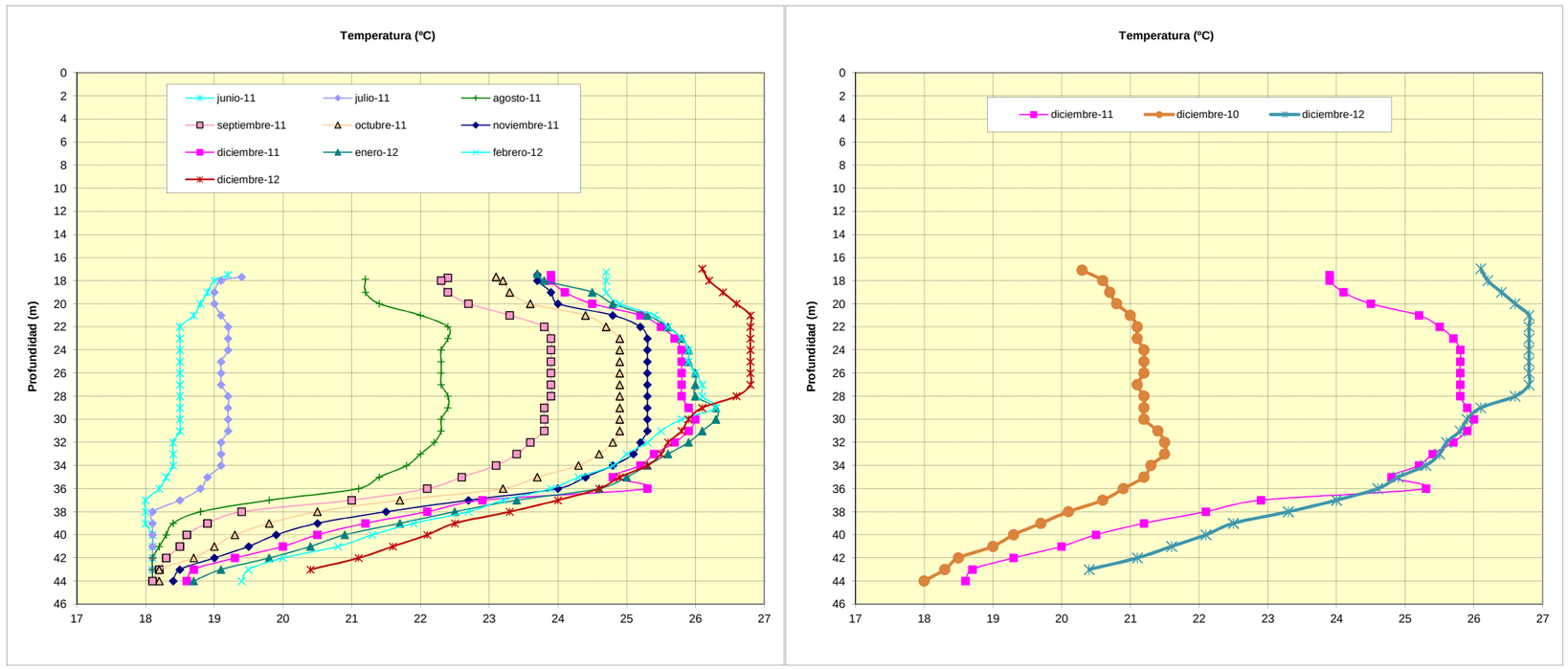
# RED DE CONTROL DE GEOTERMIA

## REGISTROS VERTICALES EN PIEZOMETROS DE CONTROL




Hospital Provincial



| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-10** | 6,19 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,19 | 2970 | 16,4 | 5,2 | 58,7 | 98,7 | 7,0 | |
| 7 | 2950 | 16,5 | 5,4 | 61,4 | 97,9 | 7,0 | |
| 8 | 2950 | 16,3 | 5,5 | 62,4 | 97,1 | 7,0 | |
| 9 | 2950 | 16,3 | 5,6 | 62,5 | 96,7 | 7,0 | |
| 10 | 2950 | 16,3 | 5,6 | 63,3 | 96,5 | 7,0 | |
| 11 | 2950 | 16,3 | 5,7 | 63,8 | 96,5 | 7,0 | |
| 12 | 3040 | 16,3 | 5,7 | 63,7 | 96,7 | 7,0 | |
| 13 | 3740 | 16,5 | 5,1 | 57,0 | 98,1 | 7,0 | |
| 14 | 3750 | 16,6 | 4,9 | 55,7 | 98,5 | 7,0 | |
| 15 | 3750 | 16,8 | 4,8 | 54,8 | 98,8 | 7,0 | |
| 16 | 3750 | 17,0 | 4,8 | 54,5 | 99,1 | 7,0 | |
| 17 | 3750 | 17,1 | 4,8 | 54,4 | 99,4 | 7,0 | |
| 18 | 3750 | 17,2 | 4,7 | 54,3 | 99,6 | 7,0 | |
| 19 | 3750 | 17,2 | 4,7 | 54,2 | 100,0 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-10** | 6,50 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,5 | 3010 | 17,6 | 4,6 | 59,2 | 18,3 | 7,1 | |
| 7 | 3010 | 17,8 | 4,9 | 56,4 | 23,4 | 7,1 | |
| 8 | 3010 | 17,6 | 5,2 | 59,9 | 29,2 | 7,1 | |
| 9 | 3000 | 17,5 | 5,3 | 61,0 | 32,4 | 7,1 | |
| 10 | 3010 | 17,6 | 5,5 | 64,2 | 38,0 | 7,1 | |
| 11 | 3100 | 17,5 | 5,5 | 63,5 | 39,5 | 7,1 | |
| 12 | 3630 | 17,0 | 5,5 | 63,2 | 42,4 | 7,1 | |
| 13 | 3720 | 16,8 | 5,4 | 60,4 | 43,9 | 7,1 | |
| 14 | 3730 | 16,8 | 5,2 | 59,1 | 45,0 | 7,1 | |
| 15 | 3730 | 16,9 | 5,1 | 58,2 | 45,2 | 7,1 | |
| 16 | 3730 | 16,9 | 5,0 | 57,4 | 46,7 | 7,1 | |
| 17 | 3730 | 17,0 | 5,0 | 57,7 | 47,0 | 7,1 | |
| 18 | 3730 | 17,1 | 4,9 | 56,6 | 48,0 | 7,1 | |
| 19 | 3730 | 17,1 | 4,9 | 56,1 | 48,5 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-10** | 6,55 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,55 | 3270 | 18,7 | 4,3 | 51,0 | 92,9 | 7,1 | |
| 7 | 3270 | 18,7 | 4,3 | 50,6 | 93,0 | 7,1 | |
| 8 | 3270 | 18,7 | 4,3 | 50,6 | 93,3 | 7,1 | |
| 9 | 3260 | 18,6 | 4,3 | 50,8 | 93,2 | 7,1 | |
| 10 | 3260 | 18,6 | 4,3 | 50,7 | 93,2 | 7,1 | |
| 11 | 3260 | 18,6 | 4,3 | 50,9 | 93,3 | 7,1 | |
| 12 | 3400 | 18,4 | 4,4 | 51,1 | 93,2 | 7,1 | |
| 13 | 3710 | 17,6 | 4,4 | 49,7 | 93,0 | 7,1 | |
| 14 | 3740 | 17,2 | 4,0 | 45,1 | 93,1 | 7,1 | |
| 15 | 3750 | 17,1 | 3,4 | 40,1 | 93,7 | 7,1 | |
| 16 | 3760 | 17,1 | 3,1 | 35,1 | 93,3 | 7,1 | |
| 17 | 3760 | 17,1 | 2,8 | 31,9 | 93,3 | 7,1 | |
| 18 | 3760 | 17,1 | 2,7 | 30,9 | 92,7 | 7,1 | |
| 19 | 3760 | 17,1 | 2,5 | 29,0 | 92,3 | 7,1 | |

| **Fecha** noviembre-10 | **Nivel** 6,49 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 6,49 | 3380 | 20,2 | | | | | Sonda Seba |
| 7 | 3350 | 20,3 | | | | | |
| 8 | 3340 | 20,3 | | | | | |
| 9 | 3330 | 20,3 | | | | | |
| 10 | 3320 | 20,2 | | | | | |
| 11 | 3320 | 20,2 | | | | | |
| 12 | 3530 | 20,0 | | | | | |
| 13 | 3800 | 19,4 | | | | | |
| 14 | 3820 | 18,6 | | | | | |
| 15 | 3840 | 18,0 | | | | | |
| 16 | 3840 | 17,7 | | | | | |
| 17 | 3850 | 17,4 | | | | | |
| 18 | 3850 | 17,3 | | | | | |
| 19 | 4020 | 17,2 | | | | | |

| **Fecha** diciembre-10 | **Nivel** 6,30 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 6,3 | 3460 | 20,3 | 4,2 | 52,9 | 139,6 | 6,7 | Sonda Seba |
| 7 | 3470 | 20,5 | 4,9 | 59,7 | 137,9 | 6,7 | |
| 8 | 3450 | 20,6 | 5,1 | 63,0 | 136,8 | 6,7 | |
| 9 | 3400 | 20,7 | 5,3 | 65,2 | 135,6 | 6,7 | |
| 10 | 3410 | 20,7 | 5,4 | 66,9 | 134,2 | 6,7 | |
| 11 | 3420 | 20,7 | 5,5 | 67,6 | 133,5 | 6,7 | |
| 12 | 3430 | 20,7 | 5,6 | 68,2 | 132,8 | 6,7 | |
| 13 | 3890 | 20,3 | 5,7 | 68,0 | 130,0 | 6,8 | |
| 14 | 3890 | 19,4 | 5,4 | 63,2 | 129,4 | 6,8 | |
| 15 | 3900 | 18,6 | 5,3 | 61,4 | 128,6 | 6,8 | |
| 16 | 3930 | 18,1 | 2,9 | 33,6 | 127,4 | 6,8 | |
| 17 | 3940 | 17,7 | 2,2 | 24,8 | 126,6 | 6,8 | |
| 18 | 3990 | 17,5 | 1,2 | 12,9 | 125,6 | 6,9 | |
| 19 | 4160 | 17,4 | 0,3 | 3,6 | 39,5 | 7,0 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-11 | 6,45 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 6,45 | 3350 | 19,8 | 6,3 | 75,9 | 14,4 | 6,8 | |
| 7 | 3370 | 19,8 | 6,3 | 75,8 | 12,9 | 6,8 | |
| 8 | 3340 | 20,1 | 6,2 | 74,7 | 16,1 | 6,8 | |
| 9 | 3310 | 20,3 | 6,2 | 74,9 | 16,0 | 6,8 | |
| 10 | 3300 | 20,3 | 6,2 | 76,4 | 17,6 | 6,8 | |
| 11 | 3300 | 20,3 | 6,2 | 75,0 | 17,6 | 6,8 | |
| 12 | 3800 | 20,1 | 6,3 | 76,0 | 16,9 | 6,8 | |
| 13 | 3960 | 19,9 | 6,0 | 70,5 | 17,0 | 6,8 | |
| 14 | 3970 | 19,5 | 5,5 | 65,0 | 17,9 | 6,8 | |
| 15 | 3970 | 19,0 | 5,1 | 60,5 | 18,5 | 6,8 | |
| 16 | 4010 | 18,5 | 3,5 | 41,0 | 18,4 | 6,9 | |
| 17 | 4010 | 18,1 | 2,2 | 24,4 | 17,5 | 6,9 | |
| 18 | 4020 | 17,8 | 1,3 | 15,0 | 16,4 | 6,9 | |
| 19 | 4450 | 17,6 | 0,8 | 8,5 | -100,0 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-11 | 6,71 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 6,71 | 3260 | 18,7 | 7,0 | 82,5 | 141,5 | 6,7 | |
| 7 | 3220 | 19,2 | 6,5 | 77,5 | 141,4 | 6,8 | |
| 8 | 3170 | 19,5 | 6,3 | 75,4 | 140,8 | 6,8 | |
| 9 | 3150 | 19,6 | 6,3 | 75,3 | 140,5 | 6,8 | |
| 10 | 3150 | 19,6 | 6,2 | 75,0 | 140,2 | 6,8 | |
| 11 | 3150 | 19,6 | 6,3 | 75,1 | 139,9 | 6,8 | |
| 12 | 3780 | 19,4 | 6,5 | 77,7 | 139,3 | 6,8 | |
| 13 | 3850 | 19,3 | 6,5 | 76,8 | 139,0 | 6,8 | |
| 14 | 3930 | 19,2 | 5,2 | 61,5 | 138,7 | 6,8 | |
| 15 | 3990 | 19,0 | 2,6 | 30,5 | 137,2 | 6,8 | |
| 16 | 4070 | 18,7 | 1,0 | 11,0 | 134,5 | 6,8 | |
| 17 | 4080 | 18,3 | 0,6 | 7,0 | 131,7 | 6,8 | |
| 18 | 4070 | 18,0 | 0,4 | 5,0 | 129,2 | 6,8 | |
| 19 | 4410 | 17,7 | 0,3 | 3,5 | -100,0 | 7,0 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-11 | 6,15 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 6,15 | 3730 | 18,2 | 6,4 | 75,2 | 140,6 | 6,7 | |
| 7 | 3720 | 18,1 | 7,0 | 81,9 | 141,1 | 6,8 | |
| 8 | 3720 | 18,2 | 7,3 | 84,8 | 140,2 | 6,8 | |
| 9 | 3700 | 18,1 | 7,4 | 86,5 | 140,3 | 6,8 | |
| 10 | 3700 | 18,2 | 7,5 | 87,8 | 141,4 | 6,8 | |
| 11 | 3710 | 18,2 | 7,6 | 88,6 | 141,1 | 6,8 | |
| 12 | 3770 | 18,1 | 7,6 | 88,6 | 140,2 | 6,8 | |
| 13 | 4090 | 17,8 | 7,5 | 86,6 | 138,5 | 6,8 | |
| 14 | 4100 | 18,0 | 7,3 | 85,0 | 138,0 | 6,8 | |
| 15 | 4200 | 18,3 | 3,9 | 40,8 | 139,0 | 6,9 | |
| 16 | 4250 | 18,5 | 1,5 | 17,4 | 138,3 | 6,9 | |
| 17 | 4280 | 18,3 | 1,0 | 11,8 | 136,3 | 6,9 | |
| 18 | 4310 | 18,1 | 0,8 | 9,9 | 133,2 | 6,9 | |
| 19 | 4550 | 17,9 | 0,3 | 3,6 | -40,0 | 7,1 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-11 | 6,24 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 6,24 | 3790 | 17,2 | 7,3 | 83,2 | 9,8 | 6,8 | |
| 7 | 3770 | 17,3 | 7,4 | 84,5 | 96,2 | 6,8 | |
| 8 | 3770 | 17,4 | 7,5 | 86,1 | 96,1 | 6,8 | |
| 9 | 3760 | 17,4 | 7,6 | 87,4 | 95,6 | 6,8 | |
| 10 | 3760 | 17,4 | 7,7 | 88,5 | 95,5 | 6,8 | |
| 11 | 3760 | 17,4 | 7,7 | 88,8 | 95,3 | 6,8 | |
| 12 | 3760 | 17,4 | 7,8 | 89,3 | 94,9 | 6,8 | |
| 13 | 4120 | 17,6 | 7,4 | 85,2 | 92,7 | 6,8 | |
| 14 | 4140 | 17,9 | 7,0 | 80,8 | 92,4 | 6,8 | |
| 15 | 4140 | 18,2 | 6,9 | 79,8 | 92,1 | 6,8 | |
| 16 | 4290 | 18,3 | 1,5 | 17,3 | 92,4 | 6,9 | |
| 17 | 4320 | 18,1 | 0,7 | 8,2 | 89,7 | 6,9 | |
| 18 | 4400 | 18,0 | 0,3 | 3,3 | 86,4 | 7,0 | |
| 18,8 | 4400 | 17,9 | 0,2 | 2,8 | 81,8 | 7,0 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-11 | 6,58 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,58 | 3440 | 17,4 | 7,1 | 80,1 | 83,2 | 6,8 | |
| 7 | 3460 | 16,8 | 7,0 | 79,4 | 83,2 | 6,8 | |
| 8 | 3440 | 16,8 | 7,0 | 79,4 | 83,6 | 6,8 | |
| 9 | 3410 | 16,8 | 7,1 | 80,8 | 83,9 | 6,9 | |
| 10 | 3420 | 16,8 | 7,2 | 81,4 | 83,8 | 6,9 | |
| 11 | 3420 | 16,8 | 7,2 | 81,8 | 83,8 | 6,9 | |
| 12 | 4170 | 17,0 | 5,9 | 67,7 | 81,0 | 6,9 | |
| 13 | 4170 | 17,2 | 5,9 | 67,0 | 81,0 | 6,9 | |
| 14 | 4170 | 17,4 | 5,8 | 66,7 | 80,9 | 6,9 | |
| 15 | 4180 | 17,6 | 5,8 | 66,8 | 80,9 | 6,9 | |
| 16 | 4180 | 17,7 | 5,8 | 66,6 | 81,0 | 6,9 | |
| 17 | 4360 | 18,0 | 0,8 | 8,7 | 80,9 | 6,9 | |
| 18 | 4400 | 18,0 | 0,5 | 6,0 | 79,8 | 7,0 | |
| 18,8 | 4420 | 18,0 | 0,3 | 3,5 | 77,7 | 7,0 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-11 | 6,71 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,71 | 3010 | 17,5 | 6,4 | 75,5 | 82,9 | 6,9 | |
| 7 | 3020 | 17,1 | 6,3 | 72,1 | 83,2 | 6,9 | |
| 8 | 3010 | 16,9 | 6,2 | 70,3 | 82,6 | 6,9 | |
| 9 | 3010 | 16,9 | 6,1 | 69,8 | 81,9 | 6,9 | |
| 10 | 3010 | 16,9 | 6,1 | 70,0 | 81,8 | 6,9 | |
| 11 | 3020 | 16,9 | 6,2 | 69,9 | 81,5 | 6,9 | |
| 12 | 3030 | 17,0 | 6,1 | 69,4 | 78,8 | 6,9 | |
| 13 | 3960 | 17,2 | 6,0 | 68,5 | 78,1 | 6,9 | |
| 14 | 3970 | 17,3 | 6,0 | 68,3 | 77,8 | 6,9 | |
| 15 | 3970 | 17,5 | 5,9 | 68,3 | 77,5 | 6,9 | |
| 16 | 3970 | 17,6 | 5,9 | 68,1 | 77,5 | 6,9 | |
| 17 | 4310 | 17,9 | 2,0 | 23,5 | 76,9 | 6,9 | |
| 18 | 4350 | 17,9 | 0,8 | 9,6 | 76,3 | 6,9 | |
| 18,9 | 4360 | 17,9 | 0,5 | 6,0 | 73,0 | 6,9 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-11 | 6,81 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,81 | 3290 | 20,6 | 3,7 | 45,4 | 109,5 | 6,8 | |
| 7 | 3300 | 20,5 | 3,2 | 38,6 | 110,5 | 6,8 | |
| 8 | 3300 | 20,4 | 3,1 | 37,3 | 110,8 | 6,9 | |
| 9 | 3300 | 20,4 | 3,0 | 37,1 | 110,9 | 6,9 | |
| 10 | 3300 | 20,3 | 3,1 | 37,2 | 110,7 | 6,9 | |
| 11 | 3300 | 20,3 | 3,1 | 37,3 | 110,7 | 6,9 | |
| 12 | 3720 | 20,0 | 3,5 | 42,7 | 109,9 | 6,9 | |
| 13 | 3790 | 19,5 | 3,8 | 45,3 | 109,2 | 6,9 | |
| 14 | 3810 | 18,8 | 3,9 | 45,7 | 108,9 | 6,9 | |
| 15 | 3860 | 18,2 | 3,1 | 36,3 | 108,2 | 6,9 | |
| 16 | 3980 | 17,9 | 1,4 | 16,0 | 105,4 | 7,0 | |
| 17 | 3980 | 17,8 | 1,2 | 14,0 | 102,0 | 7,0 | |
| 18 | 3990 | 17,8 | 1,1 | 12,7 | 101,7 | 7,0 | |
| 18,9 | 4150 | 17,7 | 0,5 | 6,3 | 100,2 | 7,0 | |

| **Fecha** septiembre-11 | **Nivel** 6,78 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 6,78 | 3590 | 21,7 | 2,9 | 35,9 | 4,3 | 6,7 | |
| 7 | 3590 | 21,6 | 2,5 | 31,6 | 10,2 | 6,8 | |
| 8 | 3580 | 21,5 | 2,5 | 30,8 | 11,1 | 6,8 | |
| 9 | 3590 | 21,5 | 2,5 | 31,0 | 11,4 | 6,8 | |
| 10 | 3600 | 21,5 | 2,5 | 31,4 | 11,7 | 6,8 | |
| 11 | 3590 | 21,6 | 2,5 | 31,7 | 12,0 | 6,8 | |
| 12 | 3700 | 21,3 | 2,9 | 36,4 | 11,7 | 6,9 | |
| 13 | 3800 | 20,5 | 3,1 | 37,7 | 11,7 | 6,9 | |
| 14 | 3870 | 19,3 | 2,7 | 32,7 | 11,4 | 6,9 | |
| 15 | 3950 | 18,5 | 1,8 | 21,4 | 11,7 | 7,0 | |
| 16 | 4020 | 18,2 | 0,7 | 8,6 | 11,4 | 7,0 | |
| 17 | 4030 | 17,9 | 0,5 | 5,4 | 10,3 | 7,0 | |
| 18 | 4030 | 17,8 | 0,3 | 3,9 | 9,7 | 7,0 | |
| 18,9 | 4030 | 17,8 | 0,2 | 2,7 | 9,0 | 7,0 | |

| **Fecha** octubre-11 | **Nivel** 6,60 | Hora 11:00 aprox | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 6,6 | 2560 | 22,3 | | | | | |
| 7 | 2550 | 22,5 | | | | | |
| 8 | 2550 | 22,8 | | | | | |
| 9 | 2550 | 22,8 | | | | | |
| 10 | 2550 | 22,8 | | | | | |
| 11 | 3280 | 21,7 | | | | | |
| 12 | 3710 | 20,8 | | | 88,5 | 6,9 | |
| 13 | 3850 | 20,3 | | 40,0 | | 6,9 | |
| 14 | 3920 | 19,6 | | | | 7,0 | |
| 15 | 3960 | 19,0 | | | | 7,0 | |
| 16 | 4010 | 18,5 | | | | 7,0 | |
| 17 | 4020 | 18,2 | | | | | |
| 18 | 4020 | 18,0 | | | 85,9 | | |
| 18,9 | 4040 | 17,9 | | | | | |

| **Fecha** noviembre-11 | **Nivel** 6,51 | Hora 11:00 aprox | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 6,51 | 2290 | 22,1 | 4,5 | 57,2 | 107,5 | 6,9 | |
| 7 | 2290 | 22,2 | | | | 7,0 | |
| 8 | 2260 | 22,5 | | 54,3 | 106,3 | | |
| 9 | 2240 | 22,5 | | | | | |
| 10 | 2240 | 22,5 | 4,4 | 55,0 | | 7,0 | |
| 11 | 3140 | 20,8 | | | | | |
| 12 | 3640 | 20,2 | | | | | |
| 13 | 3840 | 19,9 | | | | 7,0 | |
| 14 | 3910 | 19,6 | | | | 7,0 | |
| 15 | 3980 | 19,1 | | | | | |
| 16 | 4020 | 18,7 | 0,7 | 8,8 | 102,0 | 7,0 | |
| 17 | 4020 | 18,4 | | | | | |
| 18 | 4030 | 18,1 | | | | | |
| 18,9 | 4060 | 18,0 | | | | | |

| **Fecha** diciembre-11 | **Nivel** 6,69 | Hora 11:58 aprox | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 6,69 | 2170 | 21,1 | 4,1 | 49,7 | 84,1 | 7,0 | |
| 7 | 2150 | 21,5 | 4,3 | 53,3 | 83,3 | 7,0 | |
| 8 | 2130 | 21,6 | 4,4 | 55,4 | 81,2 | 7,1 | |
| 9 | 2130 | 21,7 | 4,5 | 56,7 | 80,9 | 7,1 | |
| 10 | 2140 | 21,7 | 4,6 | 57,3 | 80,4 | 7,1 | |
| 11 | 3030 | 21,1 | 4,6 | 57,0 | 79,8 | 7,0 | |
| 12 | 3620 | 20,7 | 4,4 | 54,4 | 80,3 | 6,9 | |
| 13 | 3890 | 20,2 | 2,3 | 27,8 | 79,5 | 7,0 | |
| 14 | 3940 | 19,7 | 1,4 | 16,6 | 77,2 | 7,0 | |
| 15 | 3970 | 19,2 | 0,8 | 9,4 | 75,7 | 7,0 | |
| 16 | 4020 | 18,8 | 0,5 | 4,0 | 73,6 | 7,0 | |
| 17 | 4030 | 18,6 | 0,4 | 4,0 | 71,8 | 7,1 | |
| 18 | 4030 | 18,3 | 0,3 | 3,5 | 70,1 | 7,1 | |
| 18,9 | 2480 | 18,0 | 0,2 | 2,0 | -90,8 | 7,4 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-12** | 6,70 | 9:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,7 | 2490 | 20,3 | 4,2 | 51,1 | 78,0 | 7,0 | |
| 7 | 2470 | 20,9 | 4,0 | 49,5 | 80,0 | 7,0 | |
| 8 | 2450 | 21,0 | 4,1 | 50,0 | 80,0 | 7,0 | |
| 9 | 2460 | 21,1 | 4,1 | 50,5 | 79,1 | 7,1 | |
| 10 | 2460 | 21,1 | 4,1 | 51,0 | 78,6 | 7,1 | |
| 11 | 3600 | 21,3 | 4,1 | 51,3 | 78,6 | 7,0 | |
| 12 | 3740 | 21,1 | 4,2 | 52,6 | 79,9 | 6,9 | |
| 13 | 3910 | 20,5 | 1,7 | 20,7 | 78,4 | 7,0 | |
| 14 | 3950 | 20,0 | 1,1 | 13,5 | 74,8 | 7,0 | |
| 15 | 3990 | 19,5 | 0,7 | 9,0 | 72,8 | 7,0 | |
| 16 | 4030 | 19,1 | 0,6 | 7,3 | 71,2 | 7,1 | |
| 17 | 4050 | 18,7 | 0,5 | 6,0 | 69,6 | 7,1 | |
| 18 | 4050 | 18,4 | 0,4 | 5,3 | 68,6 | 7,1 | |
| 18,9 | 4100 | 18,2 | 0,4 | 4,0 | -100,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-12** | 6,64 | 10:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,64 | 2850 | 19,7 | 5,5 | 66,8 | 48,0 | 7,0 | |
| 7 | 2830 | 20,0 | 5,3 | 64,3 | 54,4 | 7,0 | |
| 8 | 2780 | 20,1 | 5,2 | 62,9 | 55,2 | 7,0 | |
| 9 | 2780 | 20,2 | 5,2 | 63,2 | 56,1 | 7,0 | |
| 10 | 2780 | 20,2 | 5,2 | 63,5 | 56,4 | 7,0 | |
| 11 | 2790 | 20,2 | 5,2 | 63,5 | 56,9 | 7,0 | |
| 12 | 3740 | 20,5 | 5,2 | 63,7 | 58,2 | 7,0 | |
| 13 | 3930 | 20,3 | 4,5 | 56,9 | 57,2 | 7,0 | |
| 14 | 3990 | 19,9 | 1,1 | 13,7 | 54,7 | 7,1 | |
| 15 | 4020 | 19,6 | 0,7 | 9,2 | 47,1 | 7,1 | |
| 16 | 4070 | 19,6 | 0,6 | 7,1 | 44,7 | 7,1 | |
| 17 | 4080 | 18,9 | 0,5 | 5,6 | 43,5 | 7,1 | |
| 18 | 4070 | 18,6 | 0,4 | 4,4 | 42,7 | 7,1 | |
| 18,9 | 4210 | 18,4 | 0,2 | 2,7 | -200,0 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-12** | 6,75 | 12:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,75 | 3540 | 19,3 | 3,9 | 47,1 | 53,4 | 6,9 | |
| 7 | 3540 | 19,3 | 4,0 | 48,1 | 55,9 | 6,9 | |
| 8 | 3520 | 19,4 | 4,3 | 51,3 | 57,5 | 6,9 | |
| 9 | 3520 | 19,4 | 4,5 | 54,3 | 60,5 | 7,0 | |
| 10 | 3520 | 19,5 | 4,7 | 55,8 | 62,0 | 7,0 | |
| 11 | 3520 | 19,5 | 4,8 | 57,4 | 63,9 | 7,0 | |
| 12 | 3620 | 19,4 | 4,8 | 57,6 | 65,8 | 7,0 | |
| 13 | 4020 | 19,5 | 3,6 | 52,1 | 67,8 | 7,0 | |
| 14 | 4030 | 19,5 | 2,4 | 29,0 | 68,6 | 7,1 | |
| 15 | 4070 | 19,5 | 1,7 | 20,9 | 63,4 | 7,1 | |
| 16 | 4090 | 19,3 | 1,4 | 15,2 | 61,0 | 7,1 | |
| 17 | 4100 | 19,0 | 1,0 | 11,4 | 59,6 | 7,1 | |
| 18 | 4130 | 18,8 | 0,7 | 8,5 | 55,2 | 7,2 | |
| 18,9 | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-12** | 6,65 | 13:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,65 | 3580 | 18,8 | 5,2 | 60,9 | 28,3 | 7,0 | |
| 7 | 3590 | 18,6 | 5,1 | 59,7 | 30,9 | 7,0 | |
| 8 | 3580 | 18,6 | 5,2 | 60,9 | 32,2 | 7,0 | |
| 9 | 3580 | 18,7 | 5,3 | 62,3 | 33,1 | 7,0 | |
| 10 | 3580 | 18,7 | 5,4 | 63,2 | 34,1 | 7,0 | |
| 11 | 3580 | 18,7 | 5,4 | 64,0 | 35,6 | 7,0 | |
| 12 | 4080 | 18,6 | 5,0 | 59,3 | 36,3 | 7,0 | |
| 13 | 4140 | 18,7 | 4,6 | 54,9 | 36,6 | 7,0 | |
| 14 | 4150 | 18,8 | 4,6 | 54,9 | 38,9 | 7,0 | |
| 15 | 4160 | 18,9 | 4,5 | 53,5 | 38,9 | 7,0 | |
| 16 | 4150 | 19,0 | 2,2 | 26,0 | 31,5 | 7,1 | |
| 17 | 4150 | 19,0 | 1,2 | 14,1 | 27,1 | 7,2 | |
| 18 | 4140 | 18,8 | 0,8 | 9,1 | 24,0 | 7,2 | |
| 18,9 | 4300 | 18,6 | 0,5 | 5,5 | -190,0 | 7,4 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-12** | 6,41 | 12:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,41 | 3600 | 18,4 | 4,6 | 54,6 | 32,5 | 7,0 | |
| 7 | 3610 | 18,3 | 5,0 | 58,5 | 32,5 | 7,0 | |
| 8 | 3610 | 18,1 | 5,2 | 60,6 | 33,3 | 7,0 | |
| 9 | 3620 | 18,2 | 5,3 | 61,8 | 33,8 | 7,0 | |
| 10 | 3620 | 18,1 | 5,5 | 63,9 | 34,2 | 7,0 | |
| 11 | 3620 | 18,1 | 5,6 | 64,8 | 34,4 | 7,0 | |
| 12 | 4070 | 18,1 | 5,3 | 61,5 | 35,6 | 7,0 | |
| 13 | 4240 | 18,2 | 4,5 | 52,6 | 34,4 | 7,1 | |
| 14 | 4240 | 18,4 | 4,0 | 46,9 | 34,4 | 7,0 | |
| 15 | 4260 | 18,6 | 4,2 | 49,8 | 37,2 | 7,0 | |
| 16 | 4310 | 18,7 | 2,6 | 30,8 | 35,9 | 7,0 | |
| 17 | 4390 | 18,8 | 1,2 | 13,8 | -192,6 | 7,4 | |
| 18 | 4400 | 18,7 | | | | | |
| 18,9 | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-12** | 6,74 | 10:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,74 | 3580 | 18,7 | 5,9 | 68,8 | -7,3 | 7,0 | |
| 7 | 3610 | 18,0 | 6,3 | 73,8 | -5,2 | 7,0 | |
| 8 | 3620 | 17,9 | 6,6 | 76,6 | -1,1 | 7,0 | |
| 9 | 3620 | 18,0 | 6,7 | 78,3 | 1,8 | 7,0 | |
| 10 | 3620 | 18,0 | 6,7 | 78,4 | 3,0 | 7,0 | |
| 11 | 3620 | 18,0 | 6,8 | 78,4 | 4,7 | 7,0 | |
| 12 | 3620 | 18,0 | 6,7 | 78,2 | 6,2 | 7,0 | |
| 13 | 4010 | 18,1 | 5,2 | 61,3 | 5,9 | 7,1 | |
| 14 | 4020 | 18,3 | 5,2 | 60,5 | 10,3 | 7,0 | |
| 15 | 4030 | 18,4 | 5,1 | 60,1 | 11,9 | 7,0 | |
| 16 | 4030 | 18,5 | 5,1 | 59,7 | 13,8 | 7,0 | |
| 17 | 4330 | 18,7 | 2,6 | 30,7 | 11,6 | 7,0 | |
| 18 | 4330 | 18,6 | 2,1 | 24,0 | 13,7 | 7,0 | |
| 18,9 | 4350 | 18,6 | 1,6 | 19,3 | -190,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-12** | 6,96 | 13:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,96 | 3730 | 18,8 | 4,3 | 51,3 | -39,1 | 6,9 | |
| 8 | 3740 | 18,4 | 3,4 | 39,5 | -30,4 | 6,9 | |
| 9 | 3660 | 18,5 | 3,5 | 41,5 | -24,8 | 7,0 | |
| 10 | 3660 | 18,5 | 3,8 | 44,7 | -20,2 | 7,0 | |
| 11 | 3660 | 18,5 | 3,9 | 45,3 | -12,5 | 7,0 | |
| 12 | 3770 | 18,5 | 4,0 | 46,7 | -11,1 | 7,0 | |
| 13 | 4090 | 18,4 | 3,9 | 45,5 | -4,0 | 7,1 | |
| 14 | 4090 | 18,4 | 3,9 | 45,1 | 1,8 | 7,0 | |
| 15 | 4090 | 18,4 | 3,9 | 45,2 | 4,1 | 7,0 | |
| 16 | 4090 | 18,5 | 3,9 | 45,3 | 6,0 | 7,0 | |
| 17 | 4200 | 18,5 | 3,1 | 36,5 | 6,1 | 7,0 | |
| 18 | 4340 | 18,6 | 2,0 | 22,8 | 10,3 | 7,1 | |
| 18,9 | 4340 | 18,5 | 1,1 | 12,8 | 7,9 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-12** | 6,96 | 14:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,96 | 3820 | 20,0 | 2,7 | 32,9 | -69,5 | 7,0 | |
| 8 | 3810 | 19,7 | 2,4 | 28,9 | -66,4 | 7,0 | |
| 9 | 3810 | 19,5 | 2,3 | 27,8 | -64,6 | 7,0 | |
| 10 | 3820 | 19,4 | 2,2 | 26,6 | -62,5 | 7,0 | |
| 11 | 3820 | 19,4 | 2,2 | 26,2 | -61,1 | 7,0 | |
| 12 | 3810 | 19,3 | 2,1 | 25,6 | -59,1 | 7,0 | |
| 13 | 4090 | 18,8 | 2,6 | 30,8 | -59,3 | 7,1 | |
| 14 | 4110 | 18,7 | 2,8 | 33,3 | -52,2 | 7,1 | |
| 15 | 4150 | 18,6 | 2,8 | 32,2 | -51,4 | 7,1 | |
| 16 | 4170 | 18,5 | 2,5 | 30,0 | -51,2 | 7,1 | |
| 17 | 4240 | 18,5 | 1,3 | 16,0 | -55,8 | 7,0 | |
| 18 | 4250 | 18,5 | 0,9 | 10,5 | -57,6 | 7,1 | |
| 18,9 | 4380 | 18,4 | 0,6 | 7,5 | -71,8 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-12** | 7,18 | 12:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,18 | 2780 | 20,5 | 2,3 | 27,7 | 75,4 | 6,9 | |
| 8 | 3800 | 20,0 | 2,2 | 27,1 | 77,3 | 6,9 | |
| 9 | 3820 | 20,1 | 2,2 | 27,0 | 77,2 | 7,0 | |
| 10 | 3820 | 20,1 | 2,3 | 27,4 | 77,5 | 7,0 | |
| 11 | 4020 | 20,2 | 2,2 | 26,9 | 76,9 | 7,0 | |
| 12 | 4230 | 20,6 | 2,0 | 24,8 | 76,6 | 7,0 | |
| 13 | 4330 | 20,3 | 1,9 | 23,2 | 75,0 | 7,1 | |
| 14 | 4340 | 19,6 | 1,7 | 20,8 | 76,5 | 7,0 | |
| 15 | 4340 | 19,1 | 1,6 | 19,7 | 77,0 | 7,0 | |
| 16 | 4350 | 18,8 | 1,5 | 18,8 | 77,7 | 7,1 | |
| 17 | 4360 | 18,6 | 1,5 | 17,6 | 76,6 | 7,0 | |
| 18 | 4360 | 18,5 | 1,4 | 16,8 | 76,9 | 7,0 | |
| 18,9 | 4490 | 18,4 | 1,2 | 14,7 | -50,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda CE y pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-12** | 6,92 | 11:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,92 | 3720 | 20,6 | 3,0 | 37,2 | 107,0 | 6,6 | |
| 7 | 3710 | 20,7 | 2,9 | 35,8 | 106,1 | 6,6 | |
| 8 | 3690 | 20,7 | 2,9 | 35,1 | 104,1 | 6,7 | |
| 9 | 3660 | 20,5 | 3,1 | 37,5 | 101,7 | 6,7 | |
| 10 | 3660 | 20,5 | 3,1 | 37,8 | 101,1 | 6,7 | |
| 11 | 3670 | 20,4 | 3,1 | 37,7 | 100,5 | 6,7 | |
| 12 | 4110 | 20,3 | 2,8 | 33,5 | 100,2 | 6,7 | |
| 13 | 4540 | 20,2 | 2,2 | 26,0 | 98,8 | 6,7 | |
| 14 | 4570 | 19,9 | 1,8 | 22,5 | 97,9 | 6,7 | |
| 15 | 4580 | 19,4 | 1,7 | 20,9 | 97,6 | 6,7 | |
| 16 | 4580 | 19,0 | 1,7 | 20,3 | 97,3 | 6,7 | |
| 17 | 4580 | 18,8 | 1,6 | 19,4 | 97,0 | 6,7 | |
| 18 | 4580 | 18,6 | 1,6 | 18,7 | 92,6 | 6,7 | |
| 18,9 | 4560 | 18,5 | 1,2 | 13,4 | -62,5 | 6,8 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **noviembre-12** | 6,61 | 13:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,61 | 3660 | 21,4 | 2,2 | 27,7 | 92,6 | 6,6 | |
| 7 | 3650 | 21,3 | 1,9 | 24,1 | 91,7 | 6,6 | |
| 8 | 3600 | 21,5 | 1,8 | 23,0 | 89,1 | 6,7 | |
| 9 | 3530 | 21,3 | 1,9 | 23,6 | 88,8 | 6,7 | |
| 10 | 3500 | 21,1 | 2,0 | 24,5 | 88,5 | 6,7 | |
| 11 | 3590 | 20,2 | 2,2 | 26,0 | 87,5 | 6,7 | |
| 12 | 3560 | 20,3 | 2,2 | 26,9 | 87,9 | 6,7 | |
| 13 | 4680 | 20,7 | 1,8 | 22,3 | 87,4 | 6,7 | |
| 14 | 4740 | 20,2 | 1,5 | 18,0 | 87,0 | 6,7 | |
| 15 | 4730 | 19,8 | 1,3 | 15,2 | 86,5 | 6,7 | |
| 16 | 4740 | 19,3 | 1,2 | 14,4 | 86,5 | 6,7 | |
| 17 | 4750 | 19,0 | 1,2 | 13,9 | 86,4 | 6,7 | |
| 18 | 4760 | 18,7 | 1,0 | 12,4 | 86,2 | 6,7 | |
| 18,9 | 4740 | 18,5 | 0,9 | 10,4 | 85,9 | 6,8 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **diciembre-12** | 6,50 | 12:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,5 | 3750 | 21,7 | 1,8 | 22,7 | 109,2 | 6,6 | |
| 7 | 3750 | 21,7 | 1,7 | 21,7 | 109,8 | 6,6 | |
| 8 | 3760 | 21,9 | 1,6 | 20,2 | 109,6 | 6,6 | |
| 9 | 3740 | 21,8 | 1,6 | 19,8 | 109,2 | 6,6 | |
| 10 | 3660 | 21,4 | 1,7 | 20,7 | 107,9 | 6,6 | |
| 11 | 3610 | 21,1 | 1,8 | 22,8 | 107,6 | 6,7 | |
| 12 | 3680 | 20,6 | 1,9 | 23,3 | 107,6 | 6,7 | |
| 13 | 4670 | 20,5 | 1,9 | 23,2 | 107,3 | 6,7 | |
| 14 | 4640 | 20,3 | 1,5 | 18,6 | 106,0 | 6,7 | |
| 15 | 4640 | 19,8 | 1,1 | 13,9 | 104,6 | 6,8 | |
| 16 | 4640 | 19,5 | 1,1 | 12,7 | 103,2 | 6,8 | |
| 17 | 4690 | 19,2 | 1,0 | 11,9 | 103,5 | 6,8 | |
| 18 | 4670 | 18,8 | 0,9 | 10,2 | 102,5 | 6,8 | |
| 18,9 | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | Punta riada en río Gállego llega el 23 por la tarde | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-13** | 6,49 | 12:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,49 | 3630 | 20,9 | 2,6 | 32,3 | 112,7 | 6,6 | Cambio Diver |
| 7 | 3650 | 20,7 | 2,6 | 31,8 | 113,5 | 6,6 | Riada |
| 8 | 3620 | 20,9 | 2,4 | 30,2 | 113,7 | 6,6 | |
| 9 | 3620 | 21,1 | 2,4 | 29,4 | 114,0 | 6,6 | |
| 10 | 3610 | 21,1 | 2,4 | 29,1 | 113,6 | 6,7 | |
| 11 | 3590 | 20,9 | 2,3 | 28,7 | 112,8 | 6,6 | |
| 12 | 3830 | 20,0 | 2,4 | 28,7 | 112,5 | 6,7 | |
| 13 | 4790 | 19,8 | 2,3 | 28,5 | 111,1 | 6,7 | |
| 14 | 4830 | 19,8 | 1,7 | 20,4 | 110,4 | 6,8 | |
| 15 | 4830 | 19,7 | 1,4 | 17,2 | 109,6 | 6,8 | |
| 16 | 4820 | 19,5 | 1,3 | 15,5 | 109,3 | 6,8 | |
| 17 | 4790 | 19,2 | 1,0 | 12,6 | 109,3 | 6,8 | |
| 18 | 4760 | 19,0 | 0,7 | 9,1 | 108,7 | 6,8 | |
| 18,9 | 4720 | 18,8 | 0,5 | 5,5 | 107,8 | 6,8 | |
| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
| **febrero-13** | 5,21 | 10:03 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 5,21 | 3490 | 19,3 | 3,1 | 37,0 | 74,8 | 6,7 | |
| 6 | 3490 | 19,3 | 3,1 | 36,7 | 76,3 | 6,7 | |
| 7 | 3480 | 19,4 | 3,2 | 37,6 | 76,5 | 6,8 | |
| 8 | 3480 | 19,3 | 3,4 | 40,5 | 76,6 | 6,8 | |
| 9 | 3480 | 19,4 | 3,6 | 43,3 | 76,5 | 6,8 | |
| 10 | 3480 | 19,4 | 3,9 | 46,9 | 77,1 | 6,8 | |
| 11 | 3500 | 19,4 | 4,1 | 48,5 | 77,7 | 6,8 | |
| 12 | 3490 | 19,4 | 4,1 | 49,5 | 78,4 | 6,8 | |
| 13 | 4680 | 19,4 | 1,8 | 21,6 | 75,4 | 6,8 | Baja 02 |
| 14 | 4700 | 19,4 | 1,4 | 17,3 | 74,6 | 6,8 | Baja 02 |
| 15 | 4700 | 19,4 | 1,1 | 13,0 | 74,0 | 6,8 | |
| 16 | 4710 | 19,3 | 0,8 | 9,8 | 66,3 | 6,8 | |
| 17 | 4670 | 19,2 | 0,6 | 8,1 | -60,1 | 6,8 | |
| 18 | 4800 | 19,0 | 0,3 | 3,1 | -219,5 | 7,1 | |
| 18,9 | 4830 | 18,8 | 0,3 | 2,3 | -229,7 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-13** | 5,24 | 12:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 5,24 | 3370 | 18,7 | 2,4 | 28,6 | 75,3 | 6,7 | |
| 9 | 3330 | 18,9 | 2,9 | 33,9 | 76,0 | 6,8 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-13** | 5,04 | 12:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 5,04 | 3260 | 18,2 | 2,5 | 29,0 | 91,5 | 6,8 | |
| 9 | 3220 | 18,5 | 2,5 | 28,6 | 96,7 | 6,8 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-13** | 5,33 | 11:40 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 5,33 | 3190 | 18,3 | 1,6 | 18,3 | 96,5 | 6,7 | |
| 9 | 3150 | 18,4 | 1,8 | 21,3 | 98,2 | 6,7 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-13** | 5,15 | 11:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 5,15 | 3250 | 18,4 | 2,2 | 26,8 | 89,4 | 6,7 | Riadas |
| 9 | 3240 | 18,5 | 2,1 | 24,7 | 61,3 | 6,7 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-13** | 5,50 | 12:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 5,50 | 3330 | 19,1 | 3,5 | 41,9 | 106,0 | 6,7 | |
| 9 | 3340 | 18,6 | 4,0 | 46,6 | 106,0 | 6,7 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-13** | 5,82 | 10:55 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 5,82 | 3200 | 19,3 | 2,3 | 26,9 | 55,6 | 6,7 | |
| 9 | 3200 | 19,0 | 2,5 | 29,8 | 60,8 | 6,7 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-13** | 6,00 | 12:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,00 | 3310 | 20,2 | 2,5 | 30,2 | 129,5 | 6,7 | |
| 9 | 3330 | 19,9 | 2,6 | 31,8 | 131,8 | 6,6 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-13** | 6,04 | 11:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,04 | 3400 | 20,8 | 1,1 | 12,9 | 55,3 | 6,6 | |
| 9 | 3400 | 20,6 | 1,2 | 14,6 | 57,9 | 6,6 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-14** | 6,10 | 12:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,10 | 3610 | 19,6 | 1,8 | 21,7 | -10,0 | 6,7 | |
| 9 | 3640 | 20,1 | 2,2 | 26,5 | -3,0 | 6,7 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| julio-10 | 25,40 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2 %** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 25,4 | 1183 | 24,6 | 0,1 | 1,5 | -346,0 | 8,2 | |
| 26 | 1184 | 24,6 | 0,0 | 0,6 | -364,0 | 8,2 | |
| 27 | 1184 | 24,6 | 0,0 | 0,5 | -374,4 | 8,2 | |
| 28 | 1184 | 24,6 | 0,0 | 4,0 | -381,1 | 8,3 | |
| 29 | 1184 | 24,6 | 0,0 | 0,3 | -388,0 | 8,3 | |
| 30 | 1184 | 24,6 | 0,0 | 0,2 | -390,7 | 8,3 | |
| 31 | 1183 | 24,2 | 0,0 | 0,3 | -391,0 | 8,3 | |
| 32 | 1186 | 23,9 | 0,0 | 0,2 | -397,7 | 8,3 | |
| 33 | 1187 | 23,8 | 0,0 | 0,1 | -398,0 | 8,3 | |
| 34 | 1199 | 23,7 | 0,0 | 0,2 | -393,0 | 8,2 | |
| 35 | 1146 | 23,1 | 0,9 | 1,1 | -307,7 | 8,1 | |
| 36 | 1616 | 22,9 | 3,8 | 48,0 | -49,0 | 7,2 | Aterrado a 37 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-10 | 25,75 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 26 | 1035 | 24,4 | 0,4 | 5,5 | -315,0 | 8,4 | |
| 27 | 1028 | 24,4 | 0,2 | 2,4 | -331,0 | 8,5 | |
| 28 | 1028 | 24,4 | 0,1 | 1,2 | -337,8 | 8,5 | |
| 29 | 1028 | 24,4 | 0,1 | 0,7 | -341,9 | 8,5 | |
| 30 | 1028 | 24,4 | 0,0 | 0,5 | -345,4 | 8,5 | |
| 31 | 1027 | 24,2 | 0,0 | 0,4 | -348,6 | 8,5 | |
| 32 | 1028 | 24,0 | 0,0 | 0,3 | -351,3 | 8,5 | |
| 33 | 1030 | 23,8 | 0,0 | 0,2 | -354,4 | 8,5 | |
| 34 | 1112 | 23,7 | 0,0 | 0,3 | -399,2 | 8,4 | |
| 35 | 1628 | 23,4 | 0,6 | 7,4 | -234,4 | 7,5 | |
| 36 | 1629 | 22,9 | 4,0 | 52,0 | -95,4 | 7,3 | |
| 37 | 1628 | 22,6 | 6,2 | 78,7 | -68,0 | 7,4 | Aterrado a 37,2 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| septiembre-10 | 25,70 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 25,7 | 398 | 24,3 | 0,8 | 10,9 | -202,2 | 8,0 | |
| 26 | 388 | 24,3 | 0,4 | 6,8 | -232,9 | 8,0 | |
| 27 | 385 | 24,3 | 0,3 | 3,5 | -265,8 | 8,1 | |
| 28 | 384 | 24,3 | 0,1 | 1,8 | -287,2 | 8,1 | |
| 29 | 384 | 24,3 | 0,1 | 1,3 | -298,0 | 8,1 | |
| 30 | 384 | 24,3 | 0,0 | 0,9 | -309,5 | 8,1 | |
| 31 | 382 | 24,1 | 0,0 | 0,8 | -323,7 | 8,1 | |
| 32 | 380 | 23,9 | 0,0 | 0,6 | -340,3 | 8,3 | |
| 33 | 379 | 23,7 | 0,0 | 0,5 | -356,5 | 8,3 | |
| 34 | 385 | 23,5 | 0,0 | 0,5 | -360,8 | 8,4 | |
| 35 | 931 | 23,3 | 0,1 | 0,8 | -316,4 | 7,5 | |
| 36 | 1622 | 23,0 | 0,6 | 8,0 | -228,0 | 7,4 | |
| 37 | 1636 | 22,6 | 1,1 | 14,0 | -207,7 | 7,4 | Aterrado a 37,2 |

| **Fecha** noviembre-10 | **Nivel** 25,42 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,42 | 264 | 24,1 | | | | | Sonda Seba |
| 26 | 263 | 24,2 | | | | | |
| 27 | 265 | 24,4 | | | | | |
| 28 | 265 | 24,5 | | | | | |
| 29 | 268 | 24,5 | | | | | |
| 30 | 313 | 24,5 | | | | | |
| 31 | 333 | 24,2 | | | | | |
| 32 | 337 | 23,8 | | | | | |
| 33 | 343 | 23,6 | | | | | |
| 34 | 437 | 23,5 | | | | | |
| 35 | 1431 | 23,2 | | | | | |
| 36 | 1646 | 22,8 | | | | | |
| 37 | 1677 | 22,5 | | | | | Aterrado a 37,18 |

| **Fecha** diciembre-10 | **Nivel** 25,35 | **O, Eh y pH tomados el 17/12/10 tras ensayo dilución** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,35 | 284 | 24,6 | 0,9 | 12,3 | -250,4 | 8,1 | Sonda Seba |
| 26 | 284 | 24,6 | 0,4 | 5,1 | -284,0 | 8,2 | |
| 27 | 284 | 24,7 | 0,2 | 2,4 | -312,0 | 8,3 | |
| 28 | 284 | 24,8 | 0,1 | 1,0 | -328,5 | 8,3 | |
| 29 | 284 | 24,9 | 0,0 | 0,5 | -334,5 | 8,3 | |
| 30 | 284 | 24,9 | 0,0 | 0,3 | -285,0 | 8,1 | |
| 31 | 284 | 24,5 | 0,0 | 0,2 | -222,0 | 7,9 | |
| 32 | 334 | 23,9 | 0,0 | 0,2 | -210,0 | 7,8 | |
| 33 | 339 | 23,7 | 0,0 | 0,2 | -205,0 | 7,8 | |
| 34 | 498 | 23,5 | 0,0 | 0,2 | -203,0 | 7,7 | |
| 35 | 1610 | 23,2 | 0,0 | 0,3 | -168,0 | 7,5 | |
| 36 | 1669 | 22,8 | 6,3 | 84,0 | -75,0 | 7,1 | |
| 37 | 1714 | 22,6 | 6,4 | 81,0 | -60,8 | 7,1 | Aterrado a 37,18 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-11 | 25,07 | Se ha realizado ensayo dilución el 17/12/2010 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 25,07 | 1450 | 24,8 | 0,4 | 5 | -292,2 | 7,8 | Sonda Seba |
| 26 | 1449 | 24,9 | 0,2 | 2,3 | -317,5 | 8,0 | |
| 27 | 1448 | 25,0 | 0,1 | 0,8 | -333,7 | 8,0 | |
| 28 | 1447 | 25,2 | 0,0 | 0,2 | -342,2 | 8,0 | |
| 29 | 1447 | 25,3 | 0,0 | 0,1 | -349,7 | 8,0 | Muestra |
| 30 | 1452 | 25,3 | 0,0 | 0,0 | -353,0 | 8,0 | |
| 31 | 1527 | 24,8 | 0,0 | 0,1 | -320,0 | 7,9 | |
| 32 | 1545 | 24,1 | 0,0 | 0,2 | -329,0 | 7,9 | |
| 33 | 1568 | 23,9 | 0,0 | 0,1 | -335,0 | 7,9 | |
| 34 | 1577 | 23,7 | 0,0 | 0,2 | -330,5 | 7,7 | |
| 35 | 1614 | 23,4 | 1,6 | 22,0 | -113,5 | 7,5 | |
| 36 | 1684 | 22,9 | 7,7 | 96,8 | -53,2 | 7,1 | |
| 36,8 | 1685 | 22,7 | 7,5 | 95,2 | -40,0 | 7,1 | Aterrado a 36,8 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-11 | 25,20 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 25,2 | 1399 | 25,2 | 0,3 | 3,5 | -313,5 | 7,9 | Sonda Seba |
| 26 | 1390 | 25,3 | 0,1 | 1,2 | -331,6 | 8,0 | |
| 27 | 1387 | 25,4 | 0,0 | 0,5 | -342,4 | 8,1 | |
| 28 | 1389 | 25,4 | 0,0 | 0,2 | -351,0 | 8,1 | |
| 29 | 1390 | 25,4 | 0,0 | 0,0 | -352,5 | 8,1 | |
| 30 | 1390 | 25,4 | 0,0 | 0,0 | -352,0 | 8,1 | |
| 31 | 1396 | 24,8 | 0,0 | 0,0 | -351,0 | 8,0 | |
| 32 | 1433 | 24,3 | 0,0 | 0,0 | -359,9 | 8,2 | |
| 33 | 1469 | 24,1 | 0,0 | 0,1 | -362,0 | 8,1 | |
| 34 | 1520 | 23,9 | 0,0 | 0,1 | -353,3 | 8,0 | |
| 35 | 1590 | 23,6 | 5,8 | 74,3 | -61,4 | 7,5 | |
| 36 | 1685 | 23,0 | 8,7 | 111,0 | -27,5 | 7,1 | |
| 36,8 | 1686 | 22,8 | 8,8 | 113,0 | -10,2 | 7,1 | Aterrado a 36,8 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-11 | 25,08 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 25,08 | 1417 | 25,0 | 0,4 | 4,8 | -239,9 | 8,1 | Sonda Seba |
| 26 | 1384 | 25,0 | 0,2 | 2,1 | -331,9 | 8,2 | |
| 27 | 1361 | 25,3 | 0,0 | 0,5 | -357,7 | 8,2 | |
| 28 | 1360 | 25,5 | 0,0 | 0,2 | -367,6 | 8,2 | |
| 29 | 1360 | 25,5 | 0,0 | 0,0 | -373,4 | 8,2 | |
| 30 | 1361 | 25,5 | 0,0 | 0,0 | -377,3 | 8,2 | |
| 31 | 1363 | 25,0 | 0,0 | 0,0 | -374,0 | 8,2 | |
| 32 | 1360 | 24,5 | 0,0 | 0,0 | -377,0 | 8,2 | |
| 33 | 1375 | 24,3 | 0,0 | 0,0 | -376,7 | 8,1 | |
| 34 | 1422 | 24,1 | 0,0 | 0,0 | -374,9 | 8,1 | |
| 35 | 1655 | 23,8 | 3,9 | 51,0 | -68,8 | 7,4 | |
| 36 | 1734 | 23,1 | 8,4 | 108,4 | -14,0 | 7,1 | |
| 36,8 | 1740 | 22,9 | 8,5 | 108,2 | -7,4 | 7,1 | Aterrado a 36,8 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-11 | 25,04 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 25,04 | 1309 | 25,1 | 0,8 | 10,6 | -182,6 | 7,8 | |
| 26 | 1307 | 25,2 | 0,4 | 5,2 | -265,1 | 8,1 | |
| 27 | 1304 | 25,4 | 0,2 | 2,7 | -310,1 | 8,2 | |
| 28 | 1305 | 25,4 | 0,1 | 1,4 | -334,2 | 8,2 | |
| 29 | 1305 | 25,4 | 0,1 | 0,9 | -347,2 | 8,2 | |
| 30 | 1305 | 25,4 | 0,0 | 0,8 | -360,3 | 8,2 | |
| 31 | 1307 | 24,9 | 0,0 | 0,6 | -373,0 | 8,2 | |
| 32 | 1309 | 24,5 | 0,0 | 0,6 | -378,4 | 8,2 | |
| 33 | 1325 | 24,3 | 0,0 | 0,6 | -382,4 | 8,1 | |
| 34 | 1434 | 24,2 | 7,6 | 0,5 | -336,0 | 7,9 | |
| 35 | 1669 | 23,8 | 8,5 | 98,0 | -60,8 | 7,1 | |
| 36 | 1723 | 23,3 | 8,4 | 110,0 | -43,6 | 7,1 | |
| 36,8 | 1730 | 23,0 | 8,5 | 107,5 | -33,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-11** | 25,58 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 25,58 | 1253 | 25,4 | 0,3 | 3,8 | -248,3 | 7,8 | |
| 26 | 1250 | 25,4 | 0,2 | 2,5 | -295,0 | 8,0 | |
| 27 | 1251 | 25,3 | 0,1 | 1,6 | -329,8 | 8,1 | |
| 28 | 1250 | 25,3 | 0,1 | 1,3 | -343,8 | 8,1 | |
| 29 | 1250 | 25,3 | 0,1 | 1,0 | -351,3 | 8,1 | |
| 30 | 1250 | 25,3 | 0,1 | 0,8 | -357,7 | 8,1 | |
| 31 | 1246 | 25,0 | 0,1 | 0,8 | -364,7 | 8,1 | |
| 32 | 1251 | 24,5 | 0,1 | 0,7 | -372,8 | 8,2 | |
| 33 | 1254 | 24,4 | 0,0 | 0,6 | -379,3 | 8,2 | |
| 34 | 1258 | 24,3 | 0,0 | 0,6 | -384,4 | 8,2 | |
| 35 | 1550 | 24,0 | 2,3 | 30,2 | -152,3 | 7,2 | |
| 36 | 1691 | 23,5 | 8,4 | 109,0 | -53,2 | 7,1 | |
| 36,8 | 1696 | 23,2 | 8,6 | 110,0 | -48,6 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-11** | 26,03 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 26,03 | 404 | 25,3 | 0,2 | 3,3 | -281,7 | 7,9 | |
| 27 | 396 | 25,2 | 0,1 | 1,7 | -308,2 | 8,1 | |
| 28 | 391 | 25,2 | 0,1 | 1,4 | -327,6 | 8,1 | |
| 29 | 390 | 25,3 | 0,1 | 1,0 | -338,3 | 8,1 | |
| 30 | 390 | 25,3 | 0,1 | 0,8 | -348,5 | 8,2 | |
| 31 | 390 | 25,0 | 0,1 | 0,7 | -357,0 | 8,2 | |
| 32 | 391 | 24,7 | 0,0 | 0,6 | -365,5 | 8,2 | |
| 33 | 392 | 24,5 | 0,0 | 0,5 | -371,6 | 8,2 | |
| 34 | 395 | 24,4 | 0,0 | 0,5 | -373,1 | 8,2 | |
| 35 | 1475 | 23,9 | 7,5 | 74,3 | -114,6 | 7,1 | |
| 36 | 1591 | 23,6 | 7,7 | 94,6 | -82,3 | 7,1 | |
| 36,8 | 1659 | 23,4 | 7,9 | 102,4 | -33,6 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-11** | 25,98 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 25,98 | 382 | 25,2 | 0,2 | 2,4 | -253,6 | 7,8 | |
| 27 | 376 | 25,2 | 0,1 | 0,9 | -309,2 | 8,1 | |
| 28 | 374 | 25,2 | 0,1 | 0,7 | -327,6 | 8,1 | |
| 29 | 374 | 25,2 | 0,1 | 0,7 | -340,7 | 8,1 | |
| 30 | 374 | 25,2 | 0,0 | 0,7 | -348,5 | 8,2 | |
| 31 | 374 | 25,1 | 0,0 | 0,6 | -352,3 | 8,2 | |
| 32 | 374 | 24,7 | 0,0 | 0,6 | -359,1 | 8,2 | |
| 33 | 375 | 24,6 | 0,0 | 0,6 | -364,4 | 8,2 | |
| 34 | 441 | 24,4 | 0,0 | 0,5 | -374,9 | 8,3 | |
| 35 | 1561 | 24,0 | 5,7 | 74,8 | -71,9 | 7,1 | |
| 36 | 1596 | 23,5 | 8,0 | 103,1 | -32,5 | 7,1 | |
| 36,8 | 1637 | 23,3 | 8,3 | 106,7 | -28,3 | 7,1 | |

| Fecha septiembre-11 | Nivel 26,67 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 26,67 | 405 | 25,1 | 15,3 | 1,1 | -159,0 | 7,6 | |
| 27 | 403 | 25,1 | | | | 7,7 | |
| 28 | 402 | 25,1 | 4,0 | 0,2 | -322,0 | 7,9 | |
| 29 | 402 | 25,1 | 1,0 | 0,1 | -340,6 | 7,9 | |
| 30 | 402 | 25,1 | 0,8 | 0,1 | -347,6 | 7,9 | |
| 31 | 403 | 25,0 | 0,8 | 0,1 | -365,5 | 8,0 | |
| 32 | 403 | 24,8 | 0,8 | 0,1 | -373,8 | 8,0 | |
| 33 | 404 | 24,7 | 0,7 | 0,1 | -378,3 | 8,0 | |
| 34 | 403 | 24,5 | 0,7 | 0,1 | -379,0 | 8,0 | |
| 35 | 1368 | 24,2 | | | | 7,2 | |
| 36 | 1492 | 23,9 | | | | 7,1 | |
| 36,8 | 1519 | 23,5 | | | | 7,1 | |

| Fecha octubre-11 | Nivel 26,09 | Hora 13:36 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 26,09 | 422 | 24,4 | | | -223,0 | 7,6 | |
| 27 | 418 | 24,9 | | | -274,0 | 7,8 | |
| 28 | 417 | 25,0 | | | -291,0 | 7,9 | |
| 29 | 417 | 25,1 | | | | | |
| 30 | 417 | 25,1 | | | | | |
| 31 | 417 | 24,9 | | | | | |
| 32 | 417 | 24,7 | | | | | |
| 33 | 460 | 24,6 | | | | 8,1 | |
| 34 | 1075 | 24,4 | | | | 8,3 | |
| 35 | 1378 | 24,2 | 0,1 | 0,7 | -340,0 | 7,6 | |
| 36 | 1507 | 23,8 | Sube | | -223,0 | | |
| 36,8 | 1517 | 23,5 | | | | | |

| Fecha noviembre-11 | Nivel 25,69 | Hora 13:05 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,69 | 422 | 24,5 | | | -217,9 | 7,7 | |
| 26 | 423 | 24,6 | | | -258,0 | 7,8 | |
| 27 | 421 | 24,9 | | | -307,0 | 7,9 | |
| 28 | 421 | 24,9 | 0,2 | 2,1 | -327,0 | 7,9 | |
| 29 | 421 | 25,0 | | | | | |
| 30 | 421 | 25,1 | | | | | |
| 31 | 420 | 24,9 | | | | | |
| 32 | 426 | 24,6 | | | | | |
| 33 | 902 | 24,5 | | | | | |
| 34 | 930 | 24,3 | | | | | |
| 35 | 1447 | 24,1 | | | | | |
| 36 | 1515 | 23,8 | | | | 7,3 | |
| 36,8 | 1515 | 23,5 | | | | | |

| Fecha diciembre-11 | Nivel 25,61 | Hora 13:45 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,61 | 432 | 24,2 | 0,5 | 7 | -281,6 | 7,8 | |
| 26 | 431 | 24,5 | 0,5 | 5,8 | -302,1 | 7,8 | |
| 27 | 429 | 24,8 | 0,2 | 2,2 | -331,3 | 8,0 | |
| 28 | 428 | 25,0 | 0,2 | 2,8 | -342,4 | 8,0 | |
| 29 | 429 | 25,0 | 0,1 | 2,0 | -344,5 | 8,0 | |
| 30 | 428 | 25,1 | 0,1 | 1,5 | -343,8 | 8,0 | |
| 31 | 428 | 24,9 | 0,1 | 0,5 | -346,3 | 8,0 | |
| 32 | 531 | 24,5 | 0,1 | 1,3 | -353,8 | 8,2 | |
| 33 | 803 | 24,5 | 0,1 | 1,4 | -377,8 | 8,6 | |
| 34 | 939 | 24,3 | 0,1 | 1,2 | -381,4 | 8,8 | |
| 35 | 1431 | 24,0 | 3,9 | 50,8 | -124,5 | 7,2 | |
| 36 | 1522 | 23,7 | 6,2 | 79,3 | -97,0 | 7,2 | |
| 36,8 | 1534 | 23,4 | 7,6 | 100,0 | -80,7 | 7,1 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-12 | 25,50 | 13:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,5 | 429 | 24,7 | 0,4 | 5,7 | -268,7 | 7,8 | |
| 26 | 430 | 24,8 | 0,3 | 3,6 | -281,0 | 7,8 | |
| 27 | 430 | 25,1 | 0,1 | 1,9 | -326,4 | 8,0 | |
| 28 | 431 | 25,1 | 0,1 | 1,2 | -333,3 | 8,0 | |
| 29 | 431 | 25,2 | 0,1 | 0,9 | -336,6 | 8,0 | |
| 30 | 431 | 25,2 | 0,1 | 0,8 | -336,9 | 8,0 | |
| 31 | 428 | 24,9 | 0,1 | 0,8 | -337,0 | 8,0 | |
| 32 | 539 | 24,6 | 0,1 | 0,8 | -358,0 | 8,3 | |
| 33 | 759 | 24,4 | 0,1 | 0,7 | -374,4 | 8,7 | |
| 34 | 934 | 24,3 | 0,1 | 0,7 | -381,3 | 8,9 | |
| 35 | 1503 | 24,0 | 5,6 | 72,2 | -74,5 | 7,2 | |
| 36 | 1534 | 23,7 | 6,3 | 81,7 | -67,0 | 7,2 | |
| 36,8 | 1548 | 23,4 | 7,0 | 89,8 | -54,0 | 7,2 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-12 | 25,48 | 9:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,48 | 440 | 24,8 | 0,6 | 7,7 | -237,0 | 7,7 | |
| 26 | 440 | 24,7 | 0,1 | 1,7 | ,282,5 | 7,9 | |
| 27 | 438 | 25,2 | 0,1 | 1,1 | -312,0 | 7,9 | |
| 28 | 438 | 25,3 | 0,1 | 0,9 | -326,4 | 8,0 | |
| 29 | 438 | 25,4 | 0,1 | 0,7 | -329,9 | 8,0 | |
| 30 | 437 | 25,4 | 0,1 | 0,7 | -329,0 | 8,0 | |
| 31 | 438 | 25,0 | 0,1 | 0,7 | -331,9 | 8,0 | |
| 32 | 437 | 24,6 | 0,1 | 0,7 | -332,6 | 7,9 | |
| 33 | 760 | 24,4 | 0,0 | 0,6 | -388,6 | 8,8 | |
| 34 | 918 | 24,3 | 0,0 | 0,6 | -377,0 | 8,9 | |
| 35 | 1500 | 24,0 | 5,5 | 72,4 | -68,4 | 7,2 | |
| 36 | 1540 | 23,6 | 7,4 | 96,3 | -53,0 | 7,2 | |
| 36,8 | 1560 | 23,4 | 8,3 | 107,3 | -47,0 | 7,2 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-12 | 27,57 | 13:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| | | | | | | | |
| 27,57 | 441 | 24,9 | 1,0 | 13,3 | -246,9 | 7,8 | |
| 28 | 442 | 25,4 | 0,4 | 5,8 | -271,5 | 7,9 | |
| 29 | 440 | 25,5 | 0,1 | 1,0 | -312,3 | 7,9 | |
| 30 | 440 | 25,5 | 0,1 | 0,7 | -320,3 | 7,9 | |
| 31 | 440 | 25,1 | 0,1 | 0,7 | -323,4 | 7,9 | |
| 32 | 464 | 24,7 | 0,1 | 0,6 | -329,0 | 8,0 | |
| 33 | 682 | 24,6 | 0,0 | 0,6 | -384,5 | 8,7 | |
| 34 | 882 | 24,4 | 0,0 | 0,5 | -387,4 | 8,9 | |
| 35 | 1506 | 24,1 | 5,5 | 72,0 | -45,8 | 7,3 | |
| 36 | 1525 | 23,7 | 5,9 | 77,4 | -36,3 | 7,3 | |
| 36,8 | 1558 | 23,5 | 6,4 | 82,9 | -31,3 | 7,2 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-12 | 25,62 | 10:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,62 | 455 | 24,9 | 1,2 | 15,5 | -265,1 | 7,8 | |
| 26 | 454 | 24,8 | 0,4 | 5,3 | -292,1 | 7,9 | |
| 27 | 452 | 25,2 | 0,2 | 2,0 | -326,1 | 8,0 | |
| 28 | 453 | 25,4 | 0,1 | 1,0 | -340,4 | 7,9 | |
| 29 | 453 | 25,4 | 0,1 | 0,8 | -347,5 | 7,9 | |
| 30 | 453 | 25,4 | 0,1 | 0,8 | -349,8 | 8,0 | |
| 31 | 452 | 25,0 | 0,1 | 0,7 | -355,9 | 8,0 | |
| 32 | 463 | 24,7 | 0,1 | 0,8 | -370,7 | 8,1 | |
| 33 | 626 | 24,6 | 0,1 | 0,8 | -419,0 | 8,8 | |
| 34 | 891 | 24,4 | 0,1 | 0,7 | -419,2 | 8,9 | |
| 35 | 1501 | 24,2 | 2,8 | 40,5 | -57,9 | 7,3 | |
| 36 | 1534 | 23,7 | 4,8 | 60,4 | -32,4 | 7,3 | |
| 36,8 | 1550 | 23,5 | 5,6 | 71,8 | -19,9 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | Hora | Realizados ensayos de dilución a partir del 23 ?? de abril | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-12 | 25,69 | 13:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,69 | 1150 | 24,9 | 0,6 | 7,5 | -269,4 | 7,7 | |
| 26 | 1150 | 25,0 | 0,4 | 5,7 | -282,9 | 7,8 | |
| 27 | 1148 | 25,2 | 0,3 | 3,4 | -319,0 | 7,9 | |
| 28 | 1147 | 25,3 | 0,2 | 2,2 | -330,2 | 7,9 | |
| 29 | 1147 | 25,3 | 0,1 | 1,7 | -338,0 | 8,0 | |
| 30 | 1430 | 25,3 | 0,1 | 1,4 | -361,4 | 8,2 | |
| 31 | 1558 | 25,1 | 0,1 | 0,9 | -379,0 | 8,5 | |
| 32 | 1607 | 24,7 | 0,1 | 0,7 | -389,0 | 8,7 | |
| 33 | 1628 | 24,6 | 0,1 | 0,7 | -385,0 | 8,7 | |
| 34 | 1637 | 24,5 | 0,0 | 0,6 | -379,0 | 8,7 | |
| 35 | 1555 | 24,2 | 2,2 | 28,3 | -127,6 | 7,5 | |
| 36 | 1517 | 23,8 | 5,0 | 65,0 | -68,3 | 7,3 | |
| 36,8 | 1537 | 23,5 | 4,7 | 62,8 | -45,3 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | Hora | Realizados ensayos de dilución a partir del 23 ?? de abril | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-12 | 25,90 | 11:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,9 | 1267 | 24,9 | 0,5 | 6,5 | -312,4 | 7,7 | |
| 27 | 1263 | 25,1 | 0,2 | 2,8 | -343,1 | 7,9 | |
| 28 | 1263 | 25,1 | 0,1 | 1,8 | -352,8 | 7,9 | |
| 29 | 1263 | 25,1 | 0,1 | 0,8 | -354,4 | 7,9 | |
| 30 | 1293 | 25,1 | 0,0 | 0,4 | -357,1 | 7,9 | |
| 31 | 1495 | 24,9 | 0,0 | 0,3 | -423,1 | 8,7 | |
| 32 | 1498 | 24,7 | 0,0 | 0,2 | -423,1 | 8,9 | |
| 33 | 1501 | 24,6 | 0,0 | 0,2 | -421,1 | 8,9 | |
| 34 | 1502 | 24,4 | 0,0 | 0,2 | -420,0 | 8,9 | |
| 35 | 1500 | 24,2 | 6,7 | 87,5 | -31,5 | 7,3 | |
| 36 | 1502 | 23,7 | 8,3 | 106,9 | -19,2 | 7,3 | |
| 36,8 | 1520 | 23,5 | 9,0 | 116,6 | -10,6 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | Hora | Fuerte tromba agua el 18-6-12 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| julio-12 | 26,42 | 13:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 26,42 | 1365 | 24,9 | 1,8 | 25,1 | -247,8 | 7,9 | |
| 27 | 1363 | 24,9 | 0,8 | 10,8 | -306,0 | 8,1 | |
| 28 | 1364 | 24,9 | 0,4 | 5,6 | -324,0 | 8,1 | |
| 29 | 1364 | 24,9 | 0,2 | 3,4 | -338,7 | 8,1 | |
| 30 | 1364 | 24,9 | 0,1 | 1,9 | -342,9 | 8,1 | |
| 31 | 1363 | 24,9 | 0,1 | 1,5 | -346,2 | 8,1 | |
| 32 | 1361 | 24,7 | 0,1 | 1,2 | -352,7 | 8,2 | |
| 33 | 1361 | 24,6 | 0,1 | 1,1 | -354,1 | 8,2 | |
| 34 | 1362 | 24,4 | 0,1 | 1,0 | -352,3 | 8,1 | |
| 35 | 1496 | 24,2 | 3,5 | 39,5 | -78,1 | 7,4 | |
| 36 | 1505 | 23,8 | 6,6 | 86,6 | -34,8 | 7,3 | |
| 36,8 | 1520 | 23,6 | 7,7 | 98,9 | -23,9 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-12 | 27,00 | 18:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 27 | 1334 | 24,8 | 1,9 | 25,8 | -272,5 | 8,0 | |
| 28 | 1333 | 24,7 | 0,9 | 11,6 | -314,2 | 8,2 | |
| 29 | 1333 | 24,7 | 0,5 | 7,3 | -329,1 | 8,2 | |
| 30 | 1333 | 24,7 | 0,3 | 4,0 | -333,3 | 8,2 | |
| 31 | 1333 | 24,7 | 0,2 | 2,6 | -334,9 | 8,2 | |
| 32 | 1333 | 24,6 | 0,1 | 2,0 | -335,5 | 8,2 | |
| 33 | 1333 | 24,5 | 0,1 | 1,6 | -339,9 | 8,2 | |
| 34 | 1333 | 24,3 | 0,1 | 1,4 | -343,3 | 8,3 | |
| 35 | 1485 | 24,1 | 3,8 | 49,4 | -79,1 | 7,4 | |
| 36 | 1496 | 23,8 | 7,1 | 92,9 | -28,1 | 7,3 | |
| 36,8 | 1516 | 23,6 | 8,4 | 109,3 | -15,8 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| septiembre-12 | 26,69 | 12:34 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 26,69 | 1326 | 24,5 | | | | 8,1 | |
| 27 | 1321 | 24,5 | | | | 8,1 | |
| 28 | 1319 | 24,5 | | | | 8,2 | |
| 29 | 1319 | 24,5 | | | | 8,2 | |
| 30 | 1319 | 24,5 | | | | 8,2 | |
| 31 | 1321 | 24,5 | | | | 8,2 | |
| 32 | 1322 | 24,4 | | | | 8,2 | |
| 33 | 1325 | 24,3 | | | | 8,3 | |
| 34 | 1321 | 24,2 | | | | 8,3 | |
| 35 | 1359 | 24,1 | | | | 8,1 | |
| 36 | 1504 | 23,8 | | | | 7,6 | |
| 36,8 | 1527 | 23,5 | | | | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | Hora | Se ha calibrado sonda CE y pH | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| octubre-12 | 26,40 | 13:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 26,4 | 1313 | 24,3 | 1,5 | 20,1 | -257,5 | 7,7 | |
| 27 | 1313 | 24,3 | 0,9 | 11,2 | -319,5 | 7,9 | |
| 28 | 1312 | 24,5 | 0,6 | 8,1 | -348,2 | 7,9 | |
| 29 | 1311 | 24,5 | 0,4 | 5,1 | -368,7 | 8,0 | |
| 30 | 1311 | 24,5 | 0,2 | 2,7 | -373,1 | 8,0 | |
| 31 | 1310 | 24,4 | 0,1 | 2,0 | -377,3 | 8,0 | |
| 32 | 1312 | 24,3 | 0,1 | 1,1 | -381,4 | 8,0 | |
| 33 | 1314 | 24,2 | 0,1 | 0,9 | -384,7 | 8,0 | |
| 34 | 1317 | 24,1 | 0,0 | 0,6 | -387,0 | 8,0 | |
| 35 | 1511 | 23,9 | 2,3 | 29,7 | -51,8 | 7,1 | |
| 36 | 1562 | 23,5 | 4,8 | 62,7 | 5,7 | 7,0 | |
| 36,8 | 1567 | 23,3 | 5,6 | 71,4 | 15,7 | 7,0 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| noviembre-12 | 25,80 | 13:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,8 | 706 | 24,0 | 0,8 | 10,8 | -301,0 | 7,8 | |
| 26 | 703 | 23,8 | 0,5 | 6,3 | -315,5 | 7,9 | |
| 27 | 705 | 24,3 | 0,3 | 3,7 | -361,2 | 8,0 | |
| 28 | 703 | 24,5 | 0,1 | 1,4 | -371,6 | 8,1 | |
| 29 | 703 | 24,5 | 0,1 | 0,6 | -378,2 | 8,0 | |
| 30 | 704 | 24,5 | 0,1 | 0,6 | -385,1 | 8,1 | |
| 31 | 704 | 24,4 | 0,0 | 0,4 | -387,9 | 8,1 | |
| 32 | 706 | 24,2 | 0,0 | 0,4 | -386,9 | 8,1 | |
| 33 | 709 | 24,0 | 0,0 | 0,4 | -389,5 | 8,1 | |
| 34 | 712 | 23,9 | 0,0 | 0,4 | -387,7 | 8,1 | |
| 35 | 1523 | 23,7 | 3,7 | 48,3 | 0,9 | 7,0 | |
| 36 | 1572 | 23,4 | 4,4 | 56,2 | 18,5 | 7,0 | |
| 36,8 | 1576 | 23,2 | 4,8 | 61,4 | 28,9 | 7,0 | |

| Fecha | Nivel | Hora | Se ha calibrado pH | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| diciembre-12 | 25,53 | 11:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,53 | 656 | 24,3 | 0,6 | 8,1 | -281,1 | 7,8 | |
| 26 | 655 | 23,8 | 0,3 | 3,7 | -316,0 | 8,0 | |
| 27 | 655 | 24,3 | 0,2 | 2,3 | -354,7 | 8,0 | |
| 28 | 653 | 24,5 | 0,1 | 1,4 | -378,1 | 8,1 | |
| 29 | 653 | 24,7 | 0,1 | 0,7 | -381,1 | 8,1 | |
| 30 | 653 | 24,7 | 0,0 | 0,5 | -391,5 | 8,1 | |
| 31 | 654 | 24,5 | 0,0 | 0,3 | -393,3 | 8,1 | |
| 32 | 655 | 24,2 | 0,0 | 0,1 | -397,0 | 8,1 | |
| 33 | 659 | 24,1 | 0,0 | 0,1 | -400,1 | 8,1 | |
| 34 | 689 | 23,9 | 0,0 | 0,1 | -412,0 | 8,2 | |
| 35 | 1513 | 23,7 | 4,0 | 55,2 | 30,0 | 7,1 | |
| 36 | 1561 | 23,3 | 5,2 | 68,0 | 45,0 | 7,0 | |
| 36,8 | 1571 | 23,2 | 5,1 | 65,1 | 54,3 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | Punta riada el 22 noche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-13** | 25,33 | **12:41** | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 25,33 | 641 | 24,3 | 1,1 | 15,2 | -265,8 | 7,9 | Avenida Ebro |
| 26 | 640 | 24,4 | 0,7 | 9,7 | -314,1 | 8,0 | |
| 27 | 637 | 24,8 | 0,4 | 5,5 | -348,8 | 8,1 | |
| 28 | 636 | 24,9 | 0,2 | 3,4 | -361,4 | 8,2 | |
| 29 | 636 | 25,0 | 0,2 | 1,9 | -363,4 | 8,2 | |
| 30 | 636 | 25,0 | 0,1 | 1,1 | -378,3 | 8,2 | |
| 31 | 636 | 24,7 | 0,0 | 1,0 | -387,1 | 8,1 | |
| 32 | 636 | 24,3 | 0,0 | 0,0 | -389,8 | 8,2 | |
| 33 | 638 | 24,1 | 0,0 | 0,0 | -391,0 | 8,2 | |
| 34 | 742 | 23,9 | 0,0 | 0,0 | -420,5 | 8,4 | |
| 35 | 1534 | 23,6 | 3,0 | 40,7 | -19,8 | 7,0 | |
| 36 | 1589 | 23,4 | 4,7 | 60,8 | 20,7 | 7,1 | |
| 36,8 | 1615 | 23,2 | 4,9 | 63,3 | 25,8 | 7,1 | |
| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | CE agua potable: 600 µS/cm | | | | |
| **febrero-13** | 24,57 | **14:10** | pH agua potable: 7,8 | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 24,57 | 618 | 24,5 | 2,2 | 29,2 | -210,3 | 7,9 | |
| 25 | 621 | 24,6 | 1,3 | 18,2 | -295,2 | 8,0 | |
| 26 | 618 | 24,9 | 0,3 | 3,5 | -348,8 | 8,2 | |
| 27 | 617 | 25,0 | 0,1 | 1,3 | -368,7 | 8,2 | |
| 28 | 617 | 25,0 | 0,1 | 0,7 | -373,4 | 8,2 | |
| 29 | 617 | 25,1 | 0,0 | 0,5 | -374,3 | 8,2 | |
| 30 | 617 | 25,1 | 0,0 | 0,3 | -377,3 | 8,2 | |
| 31 | 617 | 24,8 | 0,0 | 0,3 | -378,1 | 8,2 | |
| 32 | 618 | 24,3 | 0,0 | 0,3 | -378,7 | 8,2 | |
| 33 | 678 | 24,1 | 0,0 | 0,0 | -395,8 | 8,5 | |
| 34 | 1053 | 23,9 | 0,0 | 0,0 | -382,5 | 8,1 | |
| 35 | 1448 | 23,6 | 0,5 | 8,0 | -190,5 | 7,4 | O2 Eh subiendo |
| 36 | 1576 | 23,3 | 2,8 | 41,8 | -103,7 | 7,2 | O2 Eh subiendo |
| 36,8 | 1607 | 23,2 | 4,3 | 55,5 | -50,8 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | CE agua potable: 600 µS/cm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-13** | 24,48 | 13:55 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 24,48 | 618 | 24,9 | 0,5 | 7,3 | -23,1 | 7,7 | |
| 30 | 616 | 25,0 | 0,8 | 11,5 | -347,5 | 8,1 | |
| 36 | 1561 | 23,4 | 2,8 | 35,3 | 17,6 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-13** | 24,32 | 10:40 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 24,32 | 678 | 24,6 | 0,9 | 12,0 | -280,0 | 8,0 | |
| 30 | 677 | 25,4 | 0,2 | 3,3 | -358,8 | 8,2 | |
| 36 | 1570 | 23,4 | 2,9 | 38,0 | 20,4 | 7,0 | |
| Agua grifo | 758 | 17,2 | 3,6 | 41,0 | 142,3 | 7,9 | |
| Aspersor riego | 1623 | 17,8 | 3,7 | 42,0 | -23,7 | 7,8 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-13** | 24,64 | 14:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 24,64 | 613 | 24,9 | 0,4 | 5,5 | -259,9 | 8,1 | |
| 30 | 611 | 25,3 | 0,1 | 0,8 | -350,3 | 8,3 | |
| 36 | 1565 | 23,4 | 3,4 | 43,5 | 13,4 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-13** | 24,70 | 13:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 24,70 | 585 | 25,0 | 0,8 | 10,2 | -239,0 | 8,2 | |
| 30 | 584 | 25,3 | 0,1 | 1,8 | -299,0 | 8,4 | |
| 36 | 1556 | 23,4 | 3,7 | 47,0 | 10,3 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** |
|---|---|---|

| julio-13 | 27,50 | 13:45 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 27,50 | 574 | 25,2 | 0,2 | 2,6 | -368,0 | 8,2 | |
| 30 | 572 | 25,1 | 0,1 | 0,7 | -306,8 | 8,4 | |
| 36 | 1537 | 23,5 | 7,1 | 90,6 | 34,7 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-13** | 26,50 | 12:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 26,50 | 583 | 25,1 | 0,3 | 3,5 | -240,0 | 8,0 | |
| 30 | 579 | 25,0 | 0,1 | 1,3 | -290,0 | 8,2 | |
| 36 | 1522 | 23,6 | 5,1 | 67,6 | 41,5 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-13** | 26,24 | 13:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 26,24 | 612 | 24,8 | 1,5 | 22,0 | -233,0 | 7,7 | |
| 30 | 608 | 24,9 | 0,3 | 4,0 | -352,0 | 8,0 | |
| 36 | 1543 | 23,3 | 4,9 | 63,9 | 65,8 | 6,8 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-13** | 25,95 | 9:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,95 | 622 | 24,4 | 0,9 | 12,0 | -248,0 | 7,8 | |
| 30 | 618 | 24,8 | 0,3 | 3,4 | -343,0 | 7,8 | |
| 36 | 1549 | 23,4 | 2,0 | 25,3 | 18,3 | 6,9 | |

| **Fecha** | **Nivel** | **Hora** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-14** | 25,34 | 14:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 25,34 | 631 | 24,3 | 0,1 | 1,9 | -314,0 | 7,9 | |
| 30 | 630 | 24,6 | 0,0 | 0,0 | -360,0 | 8,1 | Diver roto |
| 36 | 1564 | 23,2 | 4,1 | 52,3 | 4,0 | 7,0 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| julio-10 | 7,14 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,14 | 1624 | 17,8 | 2,9 | 34,3 | 24,0 | 7,3 | |
| 8 | 1636 | 17,3 | 2,5 | 31,0 | 23,3 | 7,4 | |
| 9 | 1605 | 17,2 | 2,4 | 27,5 | 23,6 | 7,4 | |
| 10 | 1615 | 17,2 | 2,3 | 26,6 | 24,2 | 7,4 | |
| 11 | 1576 | 17,1 | 2,2 | 25,1 | 25,1 | 7,4 | |
| 12 | 1580 | 17,1 | 2,2 | 24,6 | 26,0 | 7,4 | |
| 13 | 1580 | 17,1 | 2,1 | 23,9 | 26,6 | 7,4 | |
| 14 | 1592 | 17,1 | 2,1 | 23,8 | 27,4 | 7,4 | |
| 15 | 1589 | 17,0 | 2,1 | 23,7 | 27,8 | 7,4 | |
| 16 | 1588 | 17,0 | 2,1 | 23,5 | 28,1 | 7,4 | |
| 17 | 1587 | 17,0 | 2,1 | 23,2 | 28,6 | 7,4 | |
| 18 | 1587 | 17,0 | 2,0 | 23,4 | 28,9 | 7,4 | |
| 19 | 1586 | 17,0 | 2,0 | 23,1 | 29,0 | 7,4 | |
| 20 | 1588 | 17,0 | 2,0 | 23,2 | 29,6 | 7,4 | |
| 21 | 1591 | 17,1 | 2,0 | 23,3 | 30,0 | 7,4 | |
| 22 | 1596 | 17,3 | 2,1 | 23,4 | 30,6 | 7,4 | |
| 23 | 1595 | 17,4 | 2,1 | 23,6 | 30,7 | 7,4 | |
| 24 | 1596 | 17,5 | 2,1 | 29,9 | 31,2 | 7,4 | |
| 25 | 1597 | 17,6 | 2,1 | 23,9 | 31,6 | 7,3 | |
| 26 | 1604 | 17,6 | 1,8 | 23,0 | 32,7 | 7,4 | |
| 27 | 1495 | 17,6 | 1,4 | 12,4 | -81,7 | 8,0 | |
| 28 | 1444 | 17,5 | 0,5 | 6,5 | -125,4 | 8,2 | |
| 29 | 1389 | 17,5 | 0,2 | 2,5 | -140,9 | 8,2 | Aterrado a 29,5 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-10 | 7,23 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,23 | 1732 | 18,5 | 1,2 | 15,3 | 43,8 | 7,4 | |
| 8 | 1760 | 18,1 | 0,7 | 9,9 | 41,5 | 7,4 | |
| 9 | 1776 | 18,2 | 0,5 | 5,8 | 40,4 | 7,4 | |
| 10 | 1771 | 18,2 | 0,2 | 2,9 | 39,2 | 7,4 | |
| 11 | 1772 | 18,2 | 0,1 | 1,7 | 38,6 | 7,4 | |
| 12 | 1772 | 18,2 | 0,1 | 1,4 | 38,0 | 7,4 | |
| 13 | 1772 | 18,2 | 0,1 | 1,0 | 37,7 | 7,4 | |
| 14 | 1772 | 18,1 | 0,1 | 0,8 | 37,6 | 7,4 | |
| 15 | 1771 | 18,1 | 0,1 | 0,7 | 37,6 | 7,4 | |
| 16 | 1779 | 18,1 | 0,1 | 0,7 | 37,6 | 7,4 | |
| 17 | 1769 | 18,1 | 0,0 | 0,6 | 37,6 | 7,4 | |
| 18 | 1769 | 18,0 | 0,1 | 0,6 | 37,2 | 7,4 | |
| 19 | 1769 | 18,0 | 0,1 | 0,6 | 37,1 | 7,4 | |
| 20 | 1769 | 18,0 | 0,1 | 0,7 | 36,6 | 7,4 | |
| 21 | 1765 | 17,9 | 0,1 | 0,7 | 39,4 | 7,4 | |
| 22 | 1748 | 17,6 | 0,1 | 0,8 | 29,1 | 7,4 | |
| 23 | 1742 | 17,5 | 0,1 | 0,7 | 21,6 | 7,3 | |
| 24 | 1739 | 17,5 | 0,1 | 0,7 | 40,1 | 7,4 | |
| 25 | 1740 | 17,5 | 0,1 | 0,8 | 87,1 | 7,4 | |
| 26 | 1741 | 17,5 | 0,1 | 0,8 | 217,0 | 7,4 | |
| 27 | 1751 | 17,5 | 0,1 | 1,0 | 255,1 | 7,5 | |
| 28 | 2270 | 17,5 | 0,1 | 1,0 | 250,4 | 7,5 | |
| 29 | 1370 | 17,5 | 0,1 | 1,2 | 261,0 | 8,0 | Aterrado a 29,5 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| septiembre-10 | 7,17 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,17 | 1989 | 19,6 | 0,1 | 1,0 | 86,5 | 7,4 | |
| 8 | 1981 | 19,7 | 0,1 | 1,1 | 85,4 | 7,4 | |
| 9 | 1990 | 19,8 | 0,1 | 1,0 | 83,8 | 7,4 | |
| 10 | 1992 | 19,8 | 0,1 | 1,0 | 83,0 | 7,4 | |
| 11 | 1990 | 19,9 | 0,1 | 1,0 | 81,8 | 7,4 | |
| 12 | 1987 | 20,0 | 0,1 | 0,9 | 80,9 | 7,4 | |
| 13 | 1986 | 19,9 | 0,1 | 1,0 | 80,1 | 7,4 | |
| 14 | 1986 | 19,9 | 0,1 | 1,1 | 79,5 | 7,4 | |
| 15 | 1986 | 19,9 | 0,1 | 1,1 | 78,6 | 7,4 | |
| 16 | 1985 | 19,8 | 0,1 | 1,2 | 78,3 | 7,4 | |
| 17 | 1985 | 19,8 | 0,1 | 1,3 | 77,7 | 7,4 | |
| 18 | 1983 | 19,7 | 0,1 | 1,2 | 77,4 | 7,4 | |
| 19 | 1985 | 19,6 | 0,1 | 1,2 | 76,8 | 7,4 | |
| 20 | 1984 | 19,5 | 0,1 | 1,2 | 76,4 | 7,4 | |
| 21 | 1977 | 19,2 | 0,1 | 1,3 | 73,0 | 7,4 | |
| 22 | 1949 | 18,4 | 0,1 | 1,2 | 63,2 | 7,4 | |
| 23 | 1940 | 17,9 | 0,1 | 1,1 | 52,2 | 7,5 | |
| 24 | 1942 | 17,7 | 0,1 | 1,0 | 39,5 | 7,5 | |
| 25 | 1941 | 17,6 | 0,1 | 0,8 | -23,0 | 7,5 | |
| 26 | 1953 | 17,5 | 0,1 | 0,8 | -236,1 | 7,5 | |
| 27 | 1979 | 17,5 | 0,1 | 0,8 | -301,5 | 7,4 | |
| 28 | 2000 | 17,5 | 0,1 | 0,8 | -316,2 | 7,4 | |
| 29 | | | | | | | Aterrado a 28,5 |

| Fecha noviembre-10 | Nivel 7,18 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,18 | 1672 | 19,2 | | | | | Sonda Seba |
| 8 | 1669 | 19,5 | | | | | |
| 9 | 1667 | 19,5 | | | | | |
| 10 | 1660 | 19,5 | | | | | |
| 11 | 1628 | 19,3 | | | | | |
| 12 | 1606 | 19,3 | | | | | |
| 13 | 1646 | 19,4 | | | | | |
| 14 | 1634 | 19,4 | | | | | |
| 15 | 1632 | 19,4 | | | | | |
| 16 | 1639 | 19,4 | | | | | |
| 17 | 1649 | 19,4 | | | | | |
| 18 | 1640 | 19,4 | | | | | |
| 19 | 1653 | 19,4 | | | | | |
| 20 | 1654 | 19,4 | | | | | |
| 21 | 1653 | 19,3 | | | | | |
| 22 | 1871 | 18,6 | | | | | |
| 23 | 1944 | 18,0 | | | | | |
| 24 | 1966 | 17,8 | | | | | |
| 25 | 1979 | 17,7 | | | | | |
| 26 | 1999 | 17,6 | | | | | |
| 27 | 2050 | 17,5 | | | | | |
| 28 | 2240 | 17,5 | | | | | |
| 29 | | | | | | | Aterrado a 28,5 |

| Fecha diciembre-10 | Nivel 7,13 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,13 | 1610 | 17,0 | 4,3 | 49,6 | 96,2 | 7,2 | Sonda Seba |
| 8 | 1564 | 17,4 | 3,5 | 38,5 | 96,5 | 7,2 | |
| 9 | 1555 | 17,5 | 2,9 | 32,5 | 96,5 | 7,2 | |
| 10 | 1501 | 17,3 | 2,7 | 29,5 | 96,5 | 7,2 | |
| 11 | 1433 | 17,1 | 2,5 | 29,0 | 96,8 | 7,2 | |
| 12 | 1427 | 17,1 | 2,5 | 28,0 | 95,9 | 7,3 | |
| 13 | 1423 | 17,1 | 2,5 | 28,3 | 97,3 | 7,3 | |
| 14 | 1443 | 17,1 | 2,5 | 28,7 | 95,8 | 7,2 | |
| 15 | 1456 | 17,2 | 2,5 | 28,8 | 96,4 | 7,2 | |
| 16 | 1452 | 17,3 | 2,5 | 28,6 | 95,7 | 7,2 | |
| 17 | 1450 | 17,4 | 2,5 | 28,7 | 97,5 | 7,2 | |
| 18 | 1450 | 17,4 | 2,5 | 28,8 | 97,3 | 7,2 | |
| 19 | 1450 | 17,5 | 2,5 | 28,6 | 97,3 | 7,2 | |
| 20 | 1450 | 17,5 | 2,5 | 28,7 | 97,1 | 7,2 | |
| 21 | 1450 | 17,5 | 2,5 | 28,7 | 96,8 | 7,2 | |
| 22 | 1458 | 17,7 | 2,5 | 26,8 | 42,6 | 7,2 | |
| 23 | 1907 | 17,9 | 1,0 | 10,4 | -346,8 | 7,2 | |
| 24 | 1960 | 17,9 | 0,4 | 5,5 | -354,2 | 7,2 | |
| 25 | 1993 | 17,7 | 0,3 | 3,1 | -359,0 | 7,2 | |
| 26 | 2030 | 17,6 | 0,2 | 2,2 | -360,8 | 7,1 | |
| 27 | 2090 | 17,6 | 0,2 | 1,9 | -365,8 | 7,1 | |
| 28 | 2240 | 17,5 | 0,2 | 1,8 | -372,8 | 7,1 | |
| 29 | | | | | | | Aterrado a 28,5 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-11 | 7,13 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 7,13 | 1571 | 15,2 | 7,1 | 83,2 | 16,4 | 7,3 | |
| 8 | 1528 | 16,1 | 5,8 | 64,4 | 19,6 | 7,3 | |
| 9 | 1523 | 16,1 | 5,1 | 56,5 | 20,8 | 7,3 | |
| 10 | 1495 | 16,1 | 4,6 | 51,4 | 23,5 | 7,3 | |
| 11 | 1403 | 15,9 | 4,3 | 47,2 | 23,3 | 7,3 | |
| 12 | 1451 | 15,9 | 4,1 | 45,1 | 22,5 | 7,3 | |
| 13 | 1437 | 15,9 | 4,0 | 44,4 | 24,0 | 7,3 | |
| 14 | 1432 | 15,9 | 4,0 | 43,8 | 24,0 | 7,3 | |
| 15 | 1449 | 16,0 | 3,9 | 43,6 | 24,2 | 7,3 | |
| 16 | 1448 | 16,0 | 3,9 | 43,7 | 24,3 | 7,3 | |
| 17 | 1442 | 16,1 | 3,9 | 43,7 | 24,5 | 7,3 | |
| 18 | 1443 | 16,3 | 3,9 | 44,0 | 24,6 | 7,3 | |
| 19 | 1443 | 16,3 | 3,9 | 43,6 | 24,6 | 7,3 | |
| 20 | 1443 | 16,3 | 3,9 | 43,6 | 24,8 | 7,3 | |
| 21 | 1444 | 16,5 | 3,9 | 43,6 | 24,8 | 7,3 | |
| 22 | 1443 | 17,0 | 3,8 | 43,6 | 24,8 | 7,3 | |
| 23 | 1442 | 17,3 | 3,8 | 43,7 | 24,9 | 7,3 | |
| 24 | 1854 | 17,7 | 2,0 | 22,0 | -276,0 | 7,3 | |
| 25 | 2100 | 17,7 | 0,8 | 8,8 | -322,0 | 7,3 | |
| 26 | 2140 | 17,7 | 0,5 | 5,8 | -322,8 | 7,2 | |
| 27 | 2180 | 17,6 | 0,3 | 3,5 | -325,2 | 7,2 | |
| 28 | 2310 | 17,6 | 0,2 | 2,7 | -344,0 | 7,1 | |
| 29 | | | | | | | Aterrado a 28,5 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-11 | 7,13 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 7,13 | 1470 | 15,7 | 3,5 | 38,2 | 107,5 | 7,2 | |
| 8 | 1436 | 15,3 | 2,4 | 26,0 | 108,7 | 7,3 | |
| 9 | 1430 | 15,2 | 2,0 | 20,5 | 109,6 | 7,3 | |
| 10 | 1303 | 14,9 | 1,5 | 15,8 | 109,0 | 7,3 | |
| 11 | 1331 | 14,8 | 1,1 | 11,5 | 109,0 | 7,3 | |
| 12 | 1322 | 14,7 | 0,9 | 9,5 | 109,2 | 7,2 | |
| 13 | 1321 | 14,7 | 0,8 | 8,5 | 109,2 | 7,3 | |
| 14 | 1326 | 14,6 | 0,7 | 7,6 | 109,0 | 7,3 | |
| 15 | 1347 | 14,7 | 0,7 | 7,5 | 109,2 | 7,3 | |
| 16 | 1343 | 14,8 | 0,7 | 7,6 | 109,2 | 7,3 | |
| 17 | 1341 | 14,9 | 0,7 | 7,6 | 109,0 | 7,3 | |
| 18 | 1340 | 14,9 | 0,7 | 7,7 | 108,9 | 7,3 | |
| 19 | 1340 | 15,0 | 0,7 | 7,7 | 109,0 | 7,3 | |
| 20 | 1342 | 15,0 | 0,7 | 7,8 | 108,7 | 7,3 | |
| 21 | 1347 | 15,3 | 0,7 | 8,0 | 108,9 | 7,3 | |
| 22 | 1363 | 16,2 | 0,7 | 8,2 | 108,7 | 7,3 | |
| 23 | 1365 | 16,8 | 0,7 | 8,3 | 108,4 | 7,3 | |
| 24 | 1367 | 17,1 | 0,7 | 8,4 | 107,8 | 7,3 | |
| 25 | 1933 | 17,6 | 0,5 | 5,5 | -356,0 | 7,2 | |
| 26 | 2050 | 17,7 | 0,3 | 3,0 | -377,5 | 7,1 | |
| 27 | 2110 | 17,6 | 0,2 | 2,1 | -383,1 | 7,1 | |
| 28 | 2207 | 17,6 | 0,2 | 1,9 | -388,0 | 7,0 | |
| 29 | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-11 | 6,96 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 6,96 | 1641 | 16,4 | 7,2 | 81,0 | 130,7 | 7,2 | |
| 8 | 1635 | 16,4 | 7,0 | 79,0 | 126,9 | 7,2 | |
| 9 | 1633 | 16,4 | 7,0 | 78,0 | 126,8 | 7,2 | |
| 10 | 1605 | 16,1 | 6,9 | 77,1 | 126,2 | 7,2 | |
| 11 | 1517 | 15,4 | 6,9 | 75,0 | 125,6 | 7,2 | |
| 12 | 1511 | 15,3 | 6,6 | 72,7 | 123,1 | 7,2 | |
| 13 | 1498 | 15,2 | 6,5 | 71,5 | 123,9 | 7,2 | |
| 14 | 1488 | 15,1 | 6,5 | 70,9 | 123,4 | 7,2 | |
| 15 | 1491 | 15,1 | 6,5 | 70,5 | 123,6 | 7,2 | |
| 16 | 1492 | 15,2 | 6,4 | 70,3 | 122,5 | 7,2 | |
| 17 | 1495 | 15,2 | 6,4 | 69,9 | 122,2 | 7,2 | |
| 18 | 1493 | 15,4 | 6,3 | 69,4 | 121,5 | 7,2 | |
| 19 | 1493 | 15,4 | 6,3 | 69,4 | 121,5 | 7,2 | |
| 20 | 1495 | 15,6 | 6,3 | 69,6 | 120,9 | 7,2 | |
| 21 | 1494 | 16,0 | 6,3 | 69,7 | 120,7 | 7,2 | |
| 22 | 1492 | 16,5 | 6,2 | 69,4 | 120,6 | 7,3 | |
| 23 | 1486 | 16,9 | 6,1 | 69,1 | 119,8 | 7,2 | |
| 24 | 1484 | 17,1 | 6,0 | 68,5 | 119,8 | 7,3 | |
| 25 | 1480 | 17,3 | 5,5 | 63,0 | 119,5 | 7,2 | |
| 26 | 1530 | 17,5 | 2,8 | 31,9 | 119,5 | 7,2 | |
| 27 | 1603 | 17,6 | 0,9 | 10,0 | 24,6 | 7,2 | |
| 28 | 1644 | 17,6 | 0,4 | 4,8 | 29,0 | 7,2 | |
| 29 | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-11 | 7,11 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,11 | 1661 | 16,6 | 7,1 | 80,3 | 98,2 | 7,2 | |
| 8 | 1660 | 16,6 | 6,6 | 76,2 | 98,4 | 7,2 | |
| 9 | 1661 | 16,5 | 6,6 | 74,8 | 99,1 | 7,2 | |
| 10 | 1660 | 16,4 | 6,6 | 74,2 | 99,6 | 7,2 | |
| 11 | 1576 | 16,0 | 6,4 | 71,5 | 99,6 | 7,2 | |
| 12 | 1594 | 16,0 | 6,3 | 70,3 | 99,7 | 7,2 | |
| 13 | 1591 | 16,0 | 6,2 | 69,0 | 99,7 | 7,2 | |
| 14 | 1648 | 16,2 | 6,2 | 69,5 | 99,9 | 7,2 | |
| 15 | 1630 | 16,1 | 6,2 | 69,3 | 99,6 | 7,2 | |
| 16 | 1631 | 16,1 | 6,2 | 69,9 | 99,9 | 7,2 | |
| 17 | 1642 | 16,2 | 6,3 | 70,0 | 99,9 | 7,2 | |
| 18 | 1642 | 16,1 | 6,2 | 70,0 | 99,9 | 7,2 | |
| 19 | 1642 | 16,1 | 6,3 | 70,0 | 100,0 | 7,2 | |
| 20 | 1642 | 16,2 | 6,3 | 70,1 | 100,2 | 7,2 | |
| 21 | 1642 | 16,4 | 6,2 | 70,1 | 100,3 | 7,2 | |
| 22 | 1644 | 16,8 | 6,1 | 69,6 | 100,0 | 7,3 | |
| 23 | 1644 | 17,1 | 6,1 | 69,8 | 100,2 | 7,2 | |
| 24 | 1645 | 17,2 | 6,1 | 69,7 | 100,2 | 7,3 | |
| 25 | 1643 | 17,4 | 6,1 | 69,6 | 100,2 | 7,2 | |
| 26 | 1645 | 17,5 | 6,0 | 68,8 | 100,2 | 7,2 | |
| 27 | 1643 | 17,5 | 6,0 | 68,8 | 100,2 | 7,2 | |
| 28 | 1645 | 17,5 | 5,9 | 68,4 | 100,2 | 7,2 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-11 | 7,24 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,24 | 1571 | 16,6 | 3,5 | 41,0 | 114,0 | 7,2 | |
| 8 | 1569 | 16,1 | 2,5 | 27,5 | 109,0 | 7,2 | |
| 9 | 1555 | 15,8 | 2,3 | 25,5 | 108,0 | 7,2 | |
| 10 | 1541 | 15,7 | 1,9 | 21,2 | 107,2 | 7,2 | |
| 11 | 1497 | 15,6 | 1,5 | 16,5 | 106,4 | 7,3 | |
| 12 | 1536 | 15,6 | 1,5 | 16,0 | 106,1 | 7,3 | |
| 13 | 1529 | 15,6 | 1,4 | 15,8 | 105,5 | 7,3 | |
| 14 | 1527 | 15,6 | 1,4 | 15,3 | 105,1 | 7,3 | |
| 15 | 1520 | 15,6 | 1,4 | 15,1 | 104,9 | 7,3 | |
| 16 | 1520 | 15,6 | 1,3 | 14,9 | 104,6 | 7,3 | |
| 17 | 1522 | 15,6 | 1,3 | 14,8 | 104,3 | 7,3 | |
| 18 | 1518 | 15,6 | 1,3 | 14,6 | 104,0 | 7,3 | |
| 19 | 1519 | 15,6 | 1,3 | 14,3 | 103,8 | 7,3 | |
| 20 | 1519 | 15,6 | 1,3 | 14,3 | 103,7 | 7,3 | |
| 21 | 1520 | 15,9 | 1,2 | 14,1 | 103,2 | 7,3 | |
| 22 | 1516 | 16,3 | 1,2 | 13,4 | 103,2 | 7,3 | |
| 23 | 1518 | 16,8 | 1,1 | 12,6 | 103,2 | 7,3 | |
| 24 | 1515 | 17,0 | 1,1 | 12,4 | 103,1 | 7,3 | |
| 25 | 1514 | 17,2 | 1,1 | 12,2 | 102,2 | 7,3 | |
| 26 | 1516 | 17,3 | 1,0 | 11,9 | 102,3 | 7,3 | |
| 27 | 1516 | 17,4 | 1,0 | 11,5 | 102,0 | 7,3 | |
| 28 | 1517 | 17,4 | 1,0 | 10,8 | 83,0 | 7,2 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-11 | 7,17 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,17 | 1601 | 16,8 | 1,5 | 17,0 | 88,5 | 7,2 | |
| 8 | 1620 | 16,3 | 0,9 | 10,4 | 87,8 | 7,2 | |
| 9 | 1626 | 16,1 | 0,7 | 7,5 | 86,5 | 7,2 | |
| 10 | 1635 | 16,0 | 0,5 | 5,8 | 85,9 | 7,2 | |
| 11 | 1648 | 16,0 | 0,4 | 4,3 | 84,7 | 7,2 | |
| 12 | 1651 | 16,0 | 0,3 | 3,3 | 83,6 | 7,2 | |
| 13 | 1649 | 16,0 | 0,2 | 2,6 | 83,8 | 7,2 | |
| 14 | 1637 | 16,0 | 0,2 | 2,6 | 83,8 | 7,2 | |
| 15 | 1631 | 16,0 | 0,2 | 2,8 | 83,8 | 7,2 | |
| 16 | 1633 | 16,0 | 0,3 | 2,9 | 83,5 | 7,2 | |
| 17 | 1636 | 16,0 | 0,3 | 2,9 | 83,0 | 7,2 | |
| 18 | 1632 | 16,0 | 0,3 | 2,9 | 82,9 | 7,2 | |
| 19 | 1632 | 16,0 | 0,3 | 2,9 | 82,7 | 7,2 | |
| 20 | 1632 | 16,0 | 0,3 | 3,0 | 82,6 | 7,2 | |
| 21 | 1633 | 16,1 | 0,3 | 3,0 | 82,4 | 7,2 | |
| 22 | 1635 | 16,4 | 0,3 | 2,8 | 82,3 | 7,2 | |
| 23 | 1631 | 16,7 | 0,2 | 2,7 | 82,1 | 7,2 | |
| 24 | 1629 | 16,9 | 0,2 | 2,3 | 81,6 | 7,2 | |
| 25 | 1630 | 17,1 | 0,2 | 2,1 | 81,3 | 7,2 | |
| 26 | 1629 | 17,3 | 0,2 | 1,8 | 80,9 | 7,2 | |
| 27 | 1629 | 17,3 | 0,1 | 1,7 | 81,0 | 7,2 | |
| 28 | 1629 | 17,4 | 0,1 | 1,5 | 79,5 | 7,2 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| julio-11 | 7,30 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,3 | 1775 | 17,2 | 1,3 | 14,4 | 119,3 | 7,2 | |
| 8 | 1784 | 17,0 | 0,7 | 8,1 | 118,1 | 7,2 | |
| 9 | 1801 | 16,9 | 0,5 | 4,5 | 116,3 | 7,2 | |
| 10 | 1839 | 16,9 | 0,2 | 2,8 | 114,6 | 7,2 | |
| 11 | 1856 | 17,0 | 0,2 | 1,9 | 113,4 | 7,2 | |
| 12 | 1857 | 17,1 | 0,1 | 1,2 | 112,4 | 7,2 | |
| 13 | 1855 | 17,0 | 0,1 | 1,1 | 111,6 | 7,2 | |
| 14 | 1848 | 17,0 | 0,1 | 1,1 | 111,1 | 7,2 | |
| 15 | 1832 | 16,9 | 0,1 | 1,1 | 111,0 | 7,2 | |
| 16 | 1834 | 16,9 | 0,1 | 1,1 | 110,5 | 7,2 | |
| 17 | 1835 | 16,8 | 0,1 | 1,3 | 110,2 | 7,2 | |
| 18 | 1836 | 16,8 | 0,1 | 1,2 | 109,8 | 7,2 | |
| 19 | 1833 | 16,8 | 0,1 | 1,3 | 109,3 | 7,2 | |
| 20 | 1834 | 16,8 | 0,1 | 1,3 | 109,2 | 7,2 | |
| 21 | 1828 | 16,8 | 0,1 | 1,3 | 108,9 | 7,2 | |
| 22 | 1828 | 16,8 | 0,1 | 1,5 | 108,2 | 7,2 | |
| 23 | 1826 | 16,9 | 0,1 | 1,5 | 107,6 | 7,2 | |
| 24 | 1822 | 17,0 | 0,1 | 1,5 | 107,3 | 7,2 | |
| 25 | 1820 | 17,1 | 0,1 | 1,7 | 106,7 | 7,2 | |
| 26 | 1819 | 17,2 | 0,1 | 1,7 | 106,1 | 7,2 | |
| 27 | 1817 | 17,3 | 0,1 | 1,6 | -312,3 | 7,2 | |
| 28 | 1820 | 17,3 | 0,1 | 1,4 | -303,3 | 7,2 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| octubre-11 | 7,21 | 12:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,21 | 1972 | 20,9 | 1,8 | 22,2 | 77,8 | 7,2 | |
| 8 | 1975 | 20,9 | 1,1 | 14,1 | 76,9 | 7,2 | |
| 9 | 1978 | 21,0 | 0,7 | 8,7 | 75,0 | 7,2 | |
| 10 | 1974 | 21,0 | 0,5 | 5,7 | 73,0 | 7,3 | |
| 11 | 1958 | 21,1 | 0,3 | 4,0 | 71,5 | 7,3 | |
| 12 | 1955 | 21,1 | 0,3 | 3,4 | 70,5 | 7,3 | |
| 13 | 1951 | 21,1 | 0,2 | 3,0 | 69,9 | 7,3 | |
| 14 | 1950 | 21,1 | 0,2 | 2,8 | 69,2 | 7,3 | |
| 15 | 1960 | 21,1 | 0,2 | 2,4 | 68,6 | 7,3 | |
| 16 | 1964 | 21,1 | 0,2 | 2,4 | 68,4 | 7,3 | |
| 17 | 1960 | 21,0 | 0,2 | 2,4 | 68,0 | 7,3 | |
| 18 | 1963 | 20,9 | 0,2 | 2,3 | 67,3 | 7,3 | |
| 19 | 1964 | 20,8 | 0,2 | 2,3 | 66,6 | 7,3 | |
| 20 | 1964 | 20,8 | 0,2 | 2,1 | 64,8 | 7,3 | |
| 21 | 1964 | 20,6 | 0,2 | 2,1 | 62,6 | 7,3 | |
| 22 | 2210 | 18,5 | 0,2 | 1,9 | -337,8 | 7,2 | |
| 23 | 2280 | 17,7 | 0,2 | 1,8 | -348,2 | 7,2 | |
| 24 | 2320 | 17,4 | 0,2 | 1,8 | -350,6 | 7,2 | |
| 25 | 2350 | 17,3 | 0,2 | 1,8 | -352,3 | 7,2 | |
| 26 | 2360 | 17,2 | 0,2 | 1,8 | -352,0 | 7,2 | |
| 27 | 2360 | 17,3 | 0,1 | 1,7 | -352,1 | 7,2 | |
| 28 | 2600 | 17,3 | 0,1 | 1,7 | -357,5 | 7,1 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| noviembre-11 | 7,21 | 12:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,21 | 1633 | 19,3 | 1,0 | 12,1 | 97,8 | 7,3 | |
| 8 | 1633 | 19,4 | 0,6 | 6,8 | 943,0 | 7,3 | |
| 9 | 1636 | 19,4 | 0,4 | 4,2 | 93,6 | 7,3 | |
| 10 | 1622 | 19,3 | | | | | |
| 11 | 1539 | 19,2 | 0,2 | 2,0 | 90,8 | 7,4 | |
| 12 | 1545 | 19,0 | | | | | |
| 13 | 1555 | 19,0 | | 1,0 | | | |
| 14 | 1580 | 19,1 | 0,1 | 1,0 | 88,9 | 7,4 | |
| 15 | 1571 | 19,1 | | | | | |
| 16 | 1571 | 19,1 | | | | | |
| 17 | 1573 | 19,1 | | | | | |
| 18 | 1572 | 19,1 | | | | | |
| 19 | 1572 | 19,1 | | | | | |
| 20 | 1575 | 19,1 | | | 87,0 | | |
| 21 | 1573 | 19,1 | | | 86,0 | | |
| 22 | 2180 | 18,4 | 0,1 | 1,1 | -361,7 | 7,2 | |
| 23 | 2270 | 17,9 | 0,1 | 1,3 | -368,8 | 7,2 | |
| 24 | 2310 | 17,7 | 0,1 | 1,6 | -371,3 | 7,2 | |
| 25 | 2360 | 17,4 | | | | | |
| 26 | 2410 | 17,3 | | | | 7,1 | |
| 27 | 2420 | 17,3 | 0,2 | 2,4 | | 7,1 | |
| 28 | 2430 | 17,3 | | | | | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| diciembre-11 | 7,20 | 13:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,20 | 1547 | 17,9 | 0,6 | 6,5 | -255,6 | 7,4 | |
| 8 | 1547 | 17,8 | 0,4 | 4,6 | -261,3 | 7,4 | |
| 9 | 1549 | 17,9 | 0,2 | 2,9 | -264,4 | 7,4 | |
| 10 | 1541 | 17,8 | 0,2 | 2,7 | -265,8 | 7,4 | |
| 11 | 1520 | 17,6 | 0,2 | 2,4 | -265,8 | 7,4 | |
| 12 | 1523 | 17,5 | 0,2 | 2,1 | -267,0 | 7,4 | |
| 13 | 1526 | 17,4 | 0,2 | 2,0 | -267,1 | 7,4 | |
| 14 | 1535 | 17,6 | 0,2 | 1,9 | -267,3 | 7,4 | |
| 15 | 1529 | 17,4 | 0,2 | 1,9 | -267,7 | 7,4 | |
| 16 | 1527 | 17,4 | 0,2 | 1,9 | -268,2 | 7,4 | |
| 17 | 1531 | 17,6 | 0,2 | 1,8 | -268,2 | 7,4 | |
| 18 | 1529 | 17,8 | 0,2 | 1,8 | -268,0 | 7,4 | |
| 19 | 1530 | 17,8 | 0,2 | 1,7 | -268,3 | 7,4 | |
| 20 | 1532 | 17,8 | 0,2 | 1,7 | -307,1 | 7,4 | |
| 21 | 1667 | 17,8 | 0,1 | 1,7 | -339,5 | 7,4 | |
| 22 | 2080 | 17,8 | 0,1 | 1,5 | -358,0 | 7,2 | |
| 23 | 2210 | 17,8 | 0,2 | 1,7 | -365,3 | 7,2 | |
| 24 | 2290 | 17,7 | 0,2 | 1,7 | -368,5 | 7,2 | |
| 25 | 2340 | 17,6 | 0,2 | 1,8 | -371,1 | 7,2 | |
| 26 | 2380 | 17,4 | 0,2 | 1,9 | -372,2 | 7,2 | |
| 27 | 2410 | 17,4 | 0,2 | 2,0 | -372,0 | 7,1 | |
| 28 | 2420 | 17,3 | 0,2 | 2,0 | -371,7 | 7,1 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-12 | 7,21 | 9:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,21 | 1431 | 16,5 | 0,6 | 6,7 | 74,8 | 7,4 | |
| 8 | 1423 | 16,4 | 0,3 | 3,7 | 78,4 | 7,4 | |
| 9 | 1421 | 16,3 | 0,3 | 3,0 | 77,8 | 7,4 | |
| 10 | 1411 | 16,3 | 0,2 | 2,3 | 77,4 | 7,4 | |
| 11 | 1339 | 15,9 | 0,2 | 1,8 | 77,1 | 7,4 | |
| 12 | 1337 | 15,8 | 0,2 | 1,6 | 76,8 | 7,4 | |
| 13 | 1330 | 15,7 | 0,1 | 1,5 | 76,8 | 7,4 | |
| 14 | 1358 | 15,8 | 0,1 | 1,5 | 76,9 | 7,4 | |
| 15 | 1406 | 16,1 | 0,1 | 1,5 | 77,1 | 7,4 | |
| 16 | 1392 | 16,2 | 0,1 | 1,5 | 77,1 | 7,4 | |
| 17 | 1386 | 16,2 | 0,1 | 1,5 | 77,1 | 7,4 | |
| 18 | 1383 | 16,3 | 0,1 | 1,5 | 77,1 | 7,4 | |
| 19 | 1385 | 16,3 | 0,1 | 1,5 | 77,1 | 7,4 | |
| 20 | 1393 | 16,3 | 0,1 | 1,6 | 77,1 | 7,4 | |
| 21 | 1394 | 16,5 | 0,2 | 1,7 | 76,8 | 7,4 | |
| 22 | 1397 | 16,9 | 0,2 | 1,8 | -302,7 | 7,4 | |
| 23 | 1975 | 17,4 | 0,2 | 2,2 | -360,9 | 7,3 | |
| 24 | 2230 | 17,6 | 0,2 | 2,3 | -386,2 | 7,2 | |
| 25 | 2320 | 17,6 | 0,2 | 2,4 | -394,7 | 7,2 | |
| 26 | 2350 | 17,5 | 0,2 | 2,6 | -396,2 | 7,2 | |
| 27 | 2390 | 17,4 | 0,2 | 2,8 | -396,0 | 7,1 | |
| 28 | 2510 | 17,4 | 0,3 | 3,0 | -399,4 | 7,2 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-12 | 7,16 | 12:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,16 | 1449 | 15,5 | 3,8 | 42,2 | 16,7 | 7,4 | |
| 8 | 1442 | 15,2 | 3,2 | 35,9 | 17,8 | 7,4 | |
| 9 | 1443 | 15,1 | 3,1 | 32,8 | 18,7 | 7,4 | |
| 10 | 1433 | 14,9 | 2,7 | 29,7 | 19,3 | 7,4 | |
| 11 | 1365 | 14,8 | 2,5 | 27,8 | 19,8 | 7,4 | |
| 12 | 1337 | 14,4 | 2,4 | 25,4 | 19,8 | 7,5 | |
| 13 | 1337 | 14,3 | 2,2 | 23,8 | 20,2 | 7,5 | |
| 14 | 1379 | 14,5 | 2,2 | 23,2 | 20,8 | 7,5 | |
| 15 | 1404 | 14,6 | 2,1 | 23,4 | 21,4 | 7,5 | |
| 16 | 1388 | 14,6 | 2,2 | 23,5 | 21,6 | 7,5 | |
| 17 | 1381 | 14,7 | 2,2 | 23,3 | 21,9 | 7,5 | |
| 18 | 1381 | 14,8 | 2,1 | 22,9 | 22,2 | 7,5 | |
| 19 | 1384 | 14,8 | 2,1 | 22,9 | 22,3 | 7,5 | |
| 20 | 1385 | 14,9 | 2,1 | 22,8 | 22,7 | 7,5 | |
| 21 | 1391 | 15,4 | 2,1 | 22,7 | 22,8 | 7,5 | |
| 22 | 1389 | 16,1 | 2,0 | 22,8 | 21,7 | 7,4 | |
| 23 | 1387 | 16,6 | 2,0 | 22,5 | 18,5 | 7,4 | |
| 24 | 2010 | 17,3 | 0,6 | 7,1 | -327,2 | 7,2 | |
| 25 | 2260 | 17,5 | 0,5 | 5,4 | -341,2 | 7,2 | |
| 26 | 2300 | 17,5 | 0,4 | 4,6 | -344,5 | 7,2 | |
| 27 | 2360 | 17,5 | 0,4 | 4,2 | -348,5 | 7,2 | |
| 28 | 2530 | 17,4 | 0,4 | 4,1 | -353,6 | 7,2 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-12 | 7,20 | 11:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,20 | 1363 | 14,4 | 2,4 | 16,6 | 21,9 | 7,5 | |
| 8 | 1363 | 14,3 | 1,0 | 11,0 | 26,9 | 7,4 | |
| 9 | 1330 | 14,2 | 0,7 | 7,0 | 29,6 | 7,5 | |
| 10 | 1310 | 13,7 | 0,6 | 6,5 | 29,8 | 7,5 | |
| 11 | 1249 | 13,6 | 0,4 | 4,6 | 29,5 | 7,5 | |
| 12 | 1247 | 13,6 | 0,4 | 4,0 | 29,8 | 7,5 | |
| 13 | 1250 | 13,6 | 0,3 | 3,0 | 30,1 | 7,5 | |
| 14 | 1252 | 13,6 | 0,3 | 3,0 | 30,0 | 7,5 | |
| 15 | 1306 | 13,9 | 0,3 | 2,8 | 30,6 | 7,5 | |
| 16 | 1300 | 13,9 | 0,3 | 3,2 | 30,6 | 7,5 | |
| 17 | 1292 | 14,0 | 0,3 | 3,3 | 30,6 | 7,5 | |
| 18 | 1286 | 14,0 | 0,3 | 3,4 | 30,7 | 7,5 | |
| 19 | 1282 | 14,0 | 0,3 | 3,4 | 30,9 | 7,5 | |
| 20 | 1284 | 14,1 | 0,3 | 3,2 | 30,9 | 7,5 | |
| 21 | 1285 | 14,5 | 0,3 | 3,2 | 30,6 | 7,5 | |
| 22 | 1285 | 15,6 | 0,3 | 3,3 | 29,3 | 7,5 | |
| 23 | 1290 | 16,2 | 0,3 | 3,0 | 29,5 | 7,5 | |
| 24 | 1290 | 16,7 | 0,2 | 2,7 | -250,0 | 7,5 | |
| 25 | 1709 | 17,2 | 0,2 | 2,6 | -357,0 | 7,4 | |
| 26 | 2290 | 17,4 | 0,2 | 2,6 | -391,0 | 7,2 | |
| 27 | 2300 | 17,5 | 0,2 | 2,7 | -400,5 | 7,2 | |
| 28 | 2310 | 17,5 | 0,3 | 2,9 | -406,1 | 7,2 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-12 | 7,60 | 14:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,20 | 1434 | 14,7 | 3,2 | 35,0 | -3,6 | 7,5 | |
| 8 | 1429 | 14,6 | 2,9 | 31,8 | -1,2 | 7,5 | |
| 9 | 1429 | 14,5 | 2,8 | 30,5 | -0,2 | 7,5 | |
| 10 | 1429 | 14,4 | 2,7 | 29,4 | 0,9 | 7,5 | |
| 11 | 1324 | 14,0 | 2,4 | 26,0 | 1,4 | 7,5 | |
| 12 | 1344 | 13,9 | 2,1 | 22,3 | 2,1 | 7,5 | |
| 13 | 1337 | 13,9 | 1,9 | 20,6 | 2,7 | 7,5 | |
| 14 | 1369 | 14,0 | 1,9 | 20,4 | 3,8 | 7,5 | |
| 15 | 1383 | 14,1 | 2,0 | 21,4 | 4,9 | 7,5 | |
| 16 | 1384 | 14,1 | 2,0 | 21,8 | 5,5 | 7,5 | |
| 17 | 1389 | 14,2 | 2,1 | 22,1 | 6,4 | 7,5 | |
| 18 | 1394 | 14,2 | 2,1 | 22,3 | 7,0 | 7,5 | |
| 19 | 1392 | 14,2 | 2,1 | 22,8 | 7,6 | 7,5 | |
| 20 | 1402 | 14,3 | 2,2 | 23,2 | 8,4 | 7,4 | |
| 21 | 1405 | 14,7 | 2,2 | 23,6 | 8,8 | 7,5 | |
| 22 | 1413 | 15,5 | 2,1 | 23,5 | 8,8 | 7,4 | |
| 23 | 1413 | 16,1 | 2,1 | 23,1 | 8,5 | 7,5 | |
| 24 | 1407 | 16,5 | 2,0 | 22,7 | 8,,1 | 7,4 | |
| 25 | 1408 | 16,8 | 1,9 | 22,1 | 6,8 | 7,5 | |
| 26 | 2010 | 17,3 | 0,7 | 7,9 | -396,0 | 7,3 | |
| 27 | 2100 | 17,4 | 0,4 | 5,0 | -403,5 | 7,3 | |
| 28 | 2310 | 17,4 | 0,3 | 3,9 | -417,0 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-12 | 7,16 | 13:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,16 | 1499 | 15,4 | 4,8 | 53,1 | -10,3 | 7,4 | |
| 8 | 1495 | 15,3 | 4,8 | 51,2 | -7,3 | 7,5 | |
| 9 | 1490 | 15,3 | 4,7 | 51,3 | -7,1 | 7,5 | |
| 10 | 1468 | 15,2 | 4,6 | 51,1 | -6,4 | 7,5 | |
| 11 | 1353 | 14,8 | 4,0 | 43,3 | -6,4 | 7,5 | |
| 12 | 1448 | 15,0 | 3,8 | 41,1 | -3,5 | 7,5 | |
| 13 | 1433 | 15,0 | 3,8 | 41,5 | -3,5 | 7,5 | |
| 14 | 1419 | 14,9 | 3,7 | 40,9 | -3,0 | 7,5 | |
| 15 | 1432 | 15,0 | 3,7 | 40,2 | -2,7 | 7,5 | |
| 16 | 1428 | 15,0 | 3,7 | 40,2 | -1,4 | 7,5 | |
| 17 | 1419 | 14,9 | 3,6 | 39,8 | -0,6 | 7,5 | |
| 18 | 1425 | 14,9 | 3,6 | 39,6 | 0,3 | 7,5 | |
| 19 | 1427 | 15,0 | 3,6 | 39,5 | 0,6 | 7,5 | |
| 20 | 1435 | 15,0 | 3,6 | 39,6 | 1,7 | 7,5 | |
| 21 | 2140 | 15,6 | 2,1 | 23,0 | 1,8 | 7,4 | CE variable2120-2 |
| 22 | 2670 | 16,1 | 1,9 | 17,5 | -0,9 | 7,4 | |
| 23 | 2910 | 16,4 | 1,1 | 13,5 | -3,2 | 7,4 | |
| 24 | 3020 | 16,7 | 0,8 | 9,5 | -4,0 | 7,4 | |
| 25 | 3030 | 17,0 | 0,4 | 4,8 | -7,3 | 7,4 | |
| 26 | 3030 | 17,1 | 0,3 | 4,1 | -9,1 | 7,4 | |
| 27 | 3040 | 17,2 | 0,3 | 3,9 | -20,0 | 7,4 | Eh bajando |
| 28 | 3030 | 17,2 | 0,2 | 2,6 | -30,0 | 7,4 | Eh bajando |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-12 | 7,25 | 13:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,25 | 1394 | 16,0 | 2,4 | 27,0 | -24,3 | 7,5 | |
| 8 | 1397 | 15,6 | 1,3 | 14,3 | -20,1 | 7,5 | |
| 9 | 1389 | 15,6 | 1,0 | 12,2 | -13,8 | 7,5 | |
| 10 | 1370 | 15,5 | 0,7 | 8,1 | -11,6 | 7,4 | |
| 11 | 1359 | 15,4 | 0,4 | 4,0 | -10,8 | 7,4 | |
| 12 | 1366 | 15,3 | 0,3 | 3,5 | -9,9 | 7,4 | |
| 13 | 1365 | 15,3 | 0,2 | 2,8 | -9,7 | 7,5 | |
| 14 | 1361 | 15,3 | 0,2 | 2,2 | -8,8 | 7,4 | |
| 15 | 1380 | 15,4 | 0,2 | 2,0 | -7,6 | 7,4 | |
| 16 | 1383 | 15,3 | 0,2 | 1,9 | -6,8 | 7,4 | |
| 17 | 1369 | 15,3 | 0,2 | 1,8 | -6,2 | 7,5 | |
| 18 | 1379 | 15,3 | 0,2 | 1,7 | -4,9 | 7,4 | |
| 19 | 1380 | 15,3 | 0,1 | 1,7 | -5,2 | 7,5 | |
| 20 | 1380 | 15,3 | 0,1 | 1,7 | -2,9 | 7,4 | |
| 21 | 1382 | 15,3 | 0,1 | 1,5 | -2,7 | 7,5 | CE variable2120-2 |
| 22 | 2580 | 16,1 | 0,1 | 1,4 | -1,7 | 7,3 | |
| 23 | 2590 | 16,4 | 0,1 | 0,8 | -2,4 | 7,4 | |
| 24 | 2590 | 16,6 | 0,1 | 0,6 | -2,4 | 7,4 | |
| 25 | 2590 | 16,8 | 0,1 | 0,7 | -2,9 | 7,4 | |
| 26 | 2590 | 17,0 | 0,0 | 0,5 | -3,8 | 7,4 | |
| 27 | 2590 | 17,1 | 0,0 | 0,4 | -4,9 | 7,4 | Eh bajando |
| 28 | 2590 | 17,2 | 0,0 | 0,3 | -5,9 | 7,4 | Eh bajando |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-12** | 7,30 | 13:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,30 | 1701 | 16,6 | 1,7 | 18,9 | 60,4 | 7,4 | |
| 8 | 1710 | 16,5 | 0,5 | 5,9 | 56,6 | 7,4 | |
| 9 | 1716 | 16,3 | 0,3 | 3,1 | 55,6 | 7,4 | |
| 10 | 1757 | 16,3 | 0,2 | 1,9 | 54,9 | 7,4 | |
| 11 | 1771 | 16,4 | 0,1 | 1,5 | 53,8 | 7,4 | |
| 12 | 1754 | 16,4 | 0,1 | 1,1 | 53,2 | 7,4 | |
| 13 | 1747 | 16,4 | 0,1 | 1,1 | 52,5 | 7,4 | |
| 14 | 1753 | 16,4 | 0,1 | 1,1 | 52,0 | 7,4 | |
| 15 | 1747 | 16,4 | 0,1 | 1,1 | 51,4 | 7,4 | |
| 16 | 1727 | 16,4 | 0,1 | 1,3 | 51,7 | 7,4 | |
| 17 | 1733 | 16,3 | 0,1 | 1,3 | 51,2 | 7,4 | |
| 18 | 1732 | 16,3 | 0,1 | 1,4 | 51,1 | 7,4 | |
| 19 | 1727 | 16,2 | 0,1 | 1,5 | 50,0 | 7,4 | |
| 20 | 1721 | 16,2 | 0,1 | 1,6 | 50,2 | 7,4 | |
| 21 | 1735 | 16,2 | 0,2 | 1,7 | 28,4 | 7,4 | |
| 22 | 2400 | 16,4 | 0,2 | 1,8 | -320,9 | 7,5 | |
| 23 | 2410 | 16,4 | 0,2 | 1,9 | -328,9 | 7,5 | |
| 24 | 2410 | 16,7 | 0,2 | 1,9 | -330,8 | 7,5 | |
| 25 | 2410 | 16,8 | 0,2 | 1,9 | -333,6 | 7,5 | |
| 26 | 2420 | 17,0 | 0,2 | 2,0 | -335,2 | 7,5 | |
| 27 | 2420 | 17,1 | 0,2 | 2,0 | -337,1 | 7,5 | |
| 28 | 2420 | 17,1 | 0,2 | 2,0 | -338,1 | 7,5 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-12** | 7,30 | 13:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,30 | 2080 | 20,0 | 1,8 | 21,8 | 35,3 | 7,4 | |
| 8 | 2090 | 19,8 | 1,0 | 11,7 | 35,6 | 7,4 | |
| 9 | 2090 | 19,6 | 0,7 | 8,4 | 35,6 | 7,4 | |
| 10 | 2080 | 20,6 | 0,3 | 3,4 | 35,8 | 7,4 | |
| 11 | 2080 | 20,1 | 0,2 | 3,0 | 35,7 | 7,4 | |
| 12 | 2090 | 19,8 | 0,3 | 3,3 | 34,4 | 7,4 | |
| 13 | 2090 | 19,8 | 0,2 | 3,1 | 33,8 | 7,4 | |
| 14 | 2090 | 19,8 | 0,2 | 2,5 | 33,9 | 7,4 | |
| 15 | 2090 | 19,8 | 0,2 | 2,4 | 34,4 | 7,3 | |
| 16 | 2090 | 19,8 | 0,2 | 2,2 | 34,7 | 7,4 | |
| 17 | 2090 | 19,6 | 0,2 | 2,1 | 34,7 | 7,4 | |
| 18 | 2090 | 19,5 | 0,2 | 2,0 | 34,7 | 7,4 | |
| 19 | 2090 | 19,5 | 0,2 | 1,9 | 34,8 | 7,4 | |
| 20 | 2090 | 19,5 | 0,2 | 1,9 | 35,6 | 7,4 | |
| 21 | 2090 | 19,4 | 0,1 | 1,7 | 35,0 | 7,4 | |
| 22 | 2290 | 17,3 | 0,1 | 1,5 | -374,0 | 7,5 | |
| 23 | 2380 | 16,8 | 0,1 | 1,1 | -389,0 | 7,6 | |
| 24 | 2380 | 16,8 | 0,1 | 1,0 | -393,0 | 7,6 | |
| 25 | 2380 | 16,9 | 0,1 | 0,9 | -397,0 | 7,6 | |
| 26 | 2380 | 17,0 | 0,1 | 0,9 | -399,1 | 7,6 | |
| 27 | 2380 | 17,0 | 0,1 | 0,8 | -397,0 | 7,6 | |
| 28 | 2380 | 17,1 | 0,1 | 0,7 | -399,0 | 7,6 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-12** | 7,31 | 13:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,31 | 2240 | 22,0 | 1,5 | 19,2 | 55,2 | 7,4 | |
| 8 | 2250 | 21,9 | 1,0 | 12,8 | 54,4 | 7,4 | |
| 9 | 2250 | 21,9 | 0,5 | 6,0 | 54,1 | 7,4 | |
| 10 | 2260 | 21,9 | 0,2 | 3,1 | 52,8 | 7,3 | |
| 11 | 2230 | 22,0 | 0,1 | 1,7 | 52,9 | 7,4 | |
| 12 | 2240 | 22,0 | 0,1 | 1,4 | 52,6 | 7,4 | |
| 13 | 2230 | 22,1 | 0,1 | 1,3 | 52,0 | 7,4 | |
| 14 | 2240 | 22,1 | 0,1 | 1,0 | 52,0 | 7,4 | |
| 15 | 2240 | 22,1 | 0,1 | 0,9 | 51,7 | 7,4 | |
| 16 | 2240 | 22,0 | 0,1 | 0,9 | 51,7 | 7,4 | |
| 17 | 2240 | 21,8 | 0,1 | 0,9 | 51,7 | 7,4 | |
| 18 | 2240 | 21,7 | 0,1 | 0,8 | 51,8 | 7,4 | |
| 19 | 2240 | 21,7 | 0,1 | 0,7 | 51,7 | 7,4 | |
| 20 | 2240 | 21,4 | 0,1 | 0,7 | 52,3 | 7,4 | |
| 21 | 2240 | 20,5 | 0,0 | 0,5 | -164,5 | 7,4 | |
| 22 | 2310 | 17,7 | 0,0 | 0,5 | -329,6 | 7,4 | |
| 23 | 2330 | 17,2 | 0,0 | 0,4 | -339,0 | 7,4 | |
| 24 | 2340 | 17,1 | 0,0 | 0,3 | -344,0 | 7,5 | |
| 25 | 2350 | 17,0 | 0,0 | 0,2 | -347,0 | 7,5 | |
| 26 | 2350 | 17,0 | 0,0 | 0,1 | -350,0 | 7,5 | |
| 27 | 2350 | 17,0 | 0,0 | 0,1 | -351,0 | 7,5 | |
| 28 | 2350 | 17,0 | 0,0 | 0,1 | -353,0 | 7,5 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | Se ha calibrado sonda CE y pH | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| octubre-12 | 7,22 | 12:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,22 | 1986 | 21,2 | 2,4 | 30,1 | 52,0 | 7,1 | |
| 8 | 1991 | 21,2 | 1,0 | 11,9 | 50,8 | 7,1 | |
| 9 | 1990 | 21,2 | 0,4 | 5,1 | 49,7 | 7,1 | |
| 10 | 1980 | 21,2 | 0,2 | 3,0 | 49,0 | 7,1 | |
| 11 | 1927 | 21,2 | 0,2 | 2,0 | 48,7 | 7,2 | |
| 12 | 1932 | 21,1 | 0,1 | 1,4 | 48,3 | 7,2 | |
| 13 | 1939 | 21,1 | 0,1 | 1,2 | 48,2 | 7,2 | |
| 14 | 1944 | 21,1 | 0,1 | 1,0 | 48,2 | 7,1 | |
| 15 | 1942 | 21,1 | 0,1 | 0,9 | 48,0 | 7,1 | |
| 16 | 1949 | 21,1 | 0,1 | 0,9 | 47,9 | 7,1 | |
| 17 | 1952 | 21,1 | 0,1 | 0,7 | 47,8 | 7,1 | |
| 18 | 1948 | 21,0 | 0,1 | 0,7 | 47,9 | 7,1 | |
| 19 | 1949 | 21,0 | 0,1 | 0,6 | 47,7 | 7,1 | |
| 20 | 1950 | 21,0 | 0,0 | 0,5 | 47,4 | 7,1 | |
| 21 | 1962 | 20,6 | 0,0 | 0,4 | -193,2 | 7,1 | |
| 22 | 2300 | 18,2 | 0,0 | 0,3 | -321,5 | 7,1 | |
| 23 | 2320 | 17,7 | 0,0 | 0,2 | -336,1 | 7,1 | |
| 24 | 2340 | 17,2 | 0,0 | 0,1 | -341,6 | 7,1 | |
| 25 | 2340 | 17,1 | 0,0 | 0,0 | -349,5 | 7,1 | |
| 26 | 2350 | 17,1 | 0,0 | 0,0 | -353,8 | 7,1 | |
| 27 | 2350 | 17,1 | 0,0 | 0,0 | -359,4 | 7,1 | |
| 28 | 2350 | 17,1 | 0,0 | 0,0 | -361,5 | 7,1 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| noviembre-12 | 7,18 | 12:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 7,18 | 1575 | 19,5 | 1,2 | 13,8 | 79,4 | 7,2 | |
| 8 | 1571 | 19,6 | 0,8 | 9,4 | 77,7 | 7,2 | |
| 9 | 1576 | 19,6 | 0,4 | 5,4 | 79,5 | 7,2 | |
| 10 | 1557 | 19,5 | 0,3 | 3,0 | 78,8 | 7,2 | |
| 11 | 1520 | 19,4 | 0,1 | 1,5 | 78,0 | 7,2 | |
| 12 | 1507 | 19,3 | 0,1 | 1,1 | 77,6 | 7,2 | |
| 13 | 1506 | 19,3 | 0,1 | 0,9 | 77,8 | 7,2 | |
| 14 | 1509 | 19,3 | 0,1 | 0,8 | 78,0 | 7,2 | |
| 15 | 1524 | 19,3 | 0,1 | 0,7 | 77,8 | 7,2 | |
| 16 | 1534 | 19,4 | 0,1 | 0,6 | 78,3 | 7,2 | |
| 17 | 1531 | 19,4 | 0,1 | 0,6 | 78,3 | 7,2 | |
| 18 | 1529 | 19,4 | 0,0 | 0,5 | 78,4 | 7,2 | |
| 19 | 1528 | 19,4 | 0,0 | 0,4 | 78,6 | 7,2 | |
| 20 | 1530 | 19,4 | 0,0 | 0,5 | 78,4 | 7,2 | |
| 21 | 1545 | 19,3 | 0,0 | 4,0 | -51,1 | 7,2 | |
| 22 | 2240 | 18,0 | 0,0 | 0,1 | -388,1 | 7,1 | |
| 23 | 2280 | 17,9 | 0,0 | 0,1 | -393,7 | 7,1 | |
| 24 | 2320 | 17,5 | 0,0 | 0,1 | -397,4 | 7,1 | |
| 25 | 2330 | 17,3 | 0,0 | 0,1 | -402,1 | 7,1 | |
| 26 | 2340 | 17,2 | 0,0 | 0,0 | -404,3 | 7,2 | |
| 27 | 2340 | 17,2 | 0,0 | 0,0 | -406,8 | 7,2 | |
| 28 | 2330 | 17,2 | 0,0 | 0,0 | -402,4 | 7,2 | |
| | | | | | | | Aterrado a 28,2 |

| Fecha | Nivel | Hora | Se ha calibrado sonda pH | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| diciembre-12 | 6,80 | 13:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 6,80 | 1444 | 17,8 | 1,6 | 18,7 | 86,7 | 7,3 | |
| 7 | 1442 | 17,8 | 0,7 | 8,4 | 87,3 | 7,3 | |
| 8 | 1440 | 17,7 | 0,5 | 5,2 | 87,4 | 7,3 | |
| 9 | 1439 | 17,7 | 0,3 | 3,4 | 87,3 | 7,3 | |
| 10 | 1431 | 17,7 | 0,2 | 2,6 | 87,4 | 7,3 | |
| 11 | 1338 | 17,2 | 0,2 | 1,9 | 87,1 | 7,3 | |
| 12 | 1338 | 17,1 | 0,1 | 1,3 | 86,5 | 7,3 | |
| 13 | 1348 | 17,1 | 0,1 | 1,2 | 86,7 | 7,3 | |
| 14 | 1389 | 17,2 | 0,1 | 1,2 | 87,0 | 7,3 | |
| 15 | 1363 | 17,2 | 0,1 | 1,1 | 86,2 | 7,3 | |
| 16 | 1362 | 17,3 | 0,1 | 1,1 | 86,2 | 7,3 | |
| 17 | 1360 | 17,3 | 0,1 | 1,0 | 85,9 | 7,3 | |
| 18 | 1359 | 17,4 | 0,1 | 1,0 | 86,1 | 7,3 | |
| 19 | 1358 | 17,4 | 0,1 | 0,9 | 86,1 | 7,3 | |
| 20 | 1360 | 17,4 | 0,1 | 0,8 | 86,2 | 7,3 | |
| 21 | 1586 | 17,5 | 0,0 | 0,6 | -200,0 | 7,3 | |
| 22 | 2100 | 17,8 | 0,0 | 0,3 | -325,6 | 7,1 | |
| 23 | 2190 | 17,7 | 0,0 | 0,0 | -357,0 | 7,2 | |
| 24 | 2240 | 17,6 | 0,0 | 0,0 | -368,4 | 7,2 | |
| 25 | 2270 | 17,4 | 0,0 | 0,0 | -373,2 | 7,2 | |
| 26 | 2280 | 17,3 | 0,0 | 0,0 | -376,9 | 7,2 | |
| 27 | 2290 | 17,2 | 0,0 | 0,0 | -380,8 | 7,2 | |
| 27,9 | 2350 | 17,2 | 0,0 | 0,0 | -396,5 | 7,2 | Aterrado a 27,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | Punta riada el 22 noche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-13** | 4,31 | 13:25 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 4,31 | 4160 | 18,5 | 4,5 | 52,7 | 106,4 | 7,1 | Riada extraordinaria |
| 5 | 4170 | 18,2 | 4,4 | 52,1 | 108,1 | 7,1 | |
| 6 | 4220 | 18,3 | 4,3 | 50,3 | 108,4 | 7,1 | |
| 7 | 4150 | 18,2 | 4,2 | 48,6 | 108,7 | 7,0 | |
| 8 | 2750 | 16,3 | 4,2 | 47,4 | 108,6 | 7,2 | |
| 9 | 2420 | 15,2 | 3,1 | 34,9 | 109,3 | 7,1 | |
| 10 | 1834 | 15,8 | 2,6 | 30,0 | 109,8 | 7,1 | |
| 11 | 3220 | 16,6 | 2,4 | 26,9 | 111,6 | 7,0 | |
| 12 | 3210 | 16,6 | 2,5 | 27,7 | 112,4 | 7,0 | |
| 13 | 3200 | 16,6 | 2,5 | 27,5 | 112,5 | 7,0 | |
| 14 | 3190 | 16,6 | 2,4 | 27,6 | 112,7 | 7,0 | |
| 15 | 3190 | 16,6 | 2,4 | 27,5 | 113,0 | 7,0 | |
| 16 | 3180 | 16,6 | 2,4 | 27,5 | 113,0 | 7,0 | |
| 17 | 3210 | 16,6 | 2,4 | 27,3 | 113,1 | 7,0 | |
| 18 | 3200 | 16,6 | 2,4 | 27,5 | 113,3 | 7,0 | |
| 19 | 3140 | 16,6 | 2,4 | 27,5 | 113,3 | 7,1 | |
| 20 | 3120 | 16,5 | 2,4 | 27,3 | 113,3 | 7,1 | |
| 21 | 3110 | 16,5 | 2,4 | 26,8 | 112,2 | 7,1 | |
| 22 | 2980 | 16,8 | 2,1 | 26,8 | 90,3 | 7,1 | |
| 23 | 2890 | 17,2 | 1,5 | 16,6 | 14,3 | 7,1 | |
| 24 | 2820 | 17,3 | 1,3 | 15,4 | -6,0 | 7,1 | |
| 25 | 2770 | 17,3 | 1,0 | 11,4 | -16,0 | 7,1 | |
| 26 | 2720 | 17,3 | 0,7 | 8,6 | -26,8 | 7,1 | |
| 27 | 2700 | 17,3 | 0,6 | 6,3 | -34,5 | 7,1 | |
| 28 | 2700 | 17,3 | 0,4 | 4,8 | -98,0 | 7,1 | Aterrado a 28,4 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-13** | 5,53 | 13:02 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 5,53 | 3590 | 15,1 | 4,5 | 49,7 | 65,7 | 7,1 | |
| 6 | 3590 | 15,0 | 4,4 | 48,0 | 67,3 | 7,1 | |
| 7 | 3190 | 14,7 | 3,8 | 42,0 | 68,1 | 7,1 | CE entre 2900-3400 |
| 8 | 2390 | 13,8 | 3,4 | 36,0 | 67,3 | 7,2 | |
| 9 | 2390 | 13,6 | 3,3 | 34,8 | 68,0 | 7,2 | |
| 10 | 2440 | 13,5 | 3,1 | 33,0 | 69,0 | 7,2 | |
| 11 | 2430 | 13,4 | 3,0 | 32,0 | 69,2 | 7,2 | |
| 12 | 2430 | 13,4 | 3,0 | 31,6 | 69,5 | 7,2 | |
| 13 | 2400 | 13,4 | 2,9 | 31,2 | 69,6 | 7,2 | |
| 14 | 2390 | 13,4 | 2,9 | 30,8 | 70,0 | 7,2 | |
| 15 | 2550 | 13,5 | 2,9 | 30,8 | 70,7 | 7,2 | |
| 16 | 2510 | 13,6 | 2,9 | 30,7 | 71,0 | 7,2 | |
| 17 | 2490 | 13,6 | 2,9 | 30,9 | 71,2 | 7,2 | |
| 18 | 2480 | 13,6 | 2,9 | 30,7 | 71,6 | 7,2 | |
| 19 | 2490 | 13,7 | 2,9 | 30,7 | 71,8 | 7,2 | |
| 20 | 2490 | 13,8 | 2,9 | 30,5 | 72,0 | 7,2 | |
| 21 | 2500 | 13,8 | 2,9 | 30,5 | 72,4 | 7,2 | |
| 22 | 3410 | 16,0 | 1,5 | 16,0 | 74,7 | 7,0 | |
| 23 | 3410 | 16,3 | 1,3 | 15,0 | 77,1 | 7,1 | |
| 24 | 3410 | 16,7 | 1,2 | 13,7 | 77,8 | 7,1 | |
| 25 | 3420 | 17,0 | 1,2 | 13,4 | 78,6 | 7,1 | |
| 26 | 3930 | 17,3 | 0,9 | 10,0 | 78,0 | 7,0 | |
| 27 | 3930 | 17,3 | 0,4 | 5,0 | -310,0 | 7,0 | |
| 28 | 4610 | 17,3 | 0,3 | 3,0 | -406,0 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-13** | 6,08 | 13:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,08 | 2120 | 16,2 | 3,0 | 34,0 | 55,0 | 7,2 | |
| 20 | 1773 | 15,8 | 2,8 | 31,6 | 31,6 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-13** | 6,88 | 13:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,88 | 1509 | 16,9 | 2,8 | 31,8 | 70,5 | 7,3 | |
| 20 | 1801 | 16,3 | 1,6 | 17,6 | 78,9 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-13** | 6,65 | 12:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,65 | 1520 | 17,9 | 2,5 | 29,4 | 81,0 | 7,2 | |
| 20 | 1519 | 16,8 | 2,0 | 23,1 | 81,3 | 7,1 | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-13** | 6,66 | 12:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,66 | 1503 | 18,1 | 3,2 | 36,8 | 58,1 | 7,2 | Riadas |
| 20 | 1876 | 16,8 | 2,2 | 24,9 | 64,2 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-13** | 7,01 | 12:47 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,01 | 1677 | 18,7 | 4,9 | 57,3 | 97,0 | 7,1 | |
| 20 | 1608 | 17,5 | 5,2 | 60,2 | 102,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-13** | 7,14 | 11:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,14 | 1605 | 18,3 | 2,6 | 30,4 | 53,6 | 7,1 | |
| 20 | 1574 | 17,7 | 1,4 | 16,4 | 60,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-13** | 7,27 | 12:55 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,27 | 1683 | 19,0 | 0,8 | 9,5 | 114,6 | 7,1 | |
| 20 | 1727 | 18,6 | 0,1 | 1,2 | 114,8 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-13** | 7,17 | 11:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 7,17 | 1697 | 19,6 | 0,9 | 10,9 | 52,5 | 7,0 | |
| 20 | 1739 | 19,2 | 0,1 | 1,5 | 48,2 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-14** | 6,85 | 12:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 6,85 | 1472 | 16,8 | 3,1 | 34,5 | -21,6 | 7,3 | |
| 20 | 1308 | 16,6 | 2,5 | 28,5 | -15,2 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-10 | 15,60 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,6 | 1384 | 20,0 | 9,0 | 104,5 | | 7,6 | |
| 16 | 1386 | 19,9 | 8,6 | 103,0 | | 7,5 | |
| 17 | 1389 | 19,8 | 8,6 | 103,2 | 26,1 | 7,5 | |
| 18 | 1389 | 19,9 | 8,6 | 103,4 | 31,5 | 7,5 | |
| 19 | 1389 | 19,7 | 8,5 | 103,8 | 36,0 | 7,5 | |
| 20 | 1389 | 19,7 | 8,5 | 103,3 | 37,1 | 7,5 | |
| 21 | 1389 | 19,7 | 8,5 | 103,3 | 39,1 | 7,6 | |
| 22 | 1390 | 19,7 | 8,5 | 102,3 | 41,4 | 7,6 | |
| 23 | 1389 | 19,7 | 8,5 | 102,1 | 44,2 | 7,6 | |
| 24 | 1388 | 19,7 | 8,5 | 102,6 | 45,6 | 7,6 | |
| 25 | 1406 | 19,7 | 8,5 | 102,4 | 47,1 | 7,6 | |
| 26 | 1460 | 19,5 | 5,4 | 60,4 | 42,6 | 7,8 | |
| 27 | 1483 | 19,4 | 2,8 | 35,8 | 40,9 | 8,0 | |
| 28 | 1490 | 19,3 | 1,1 | 13,8 | 41,5 | 8,1 | |
| 29 | 1503 | 19,3 | 0,5 | 6,9 | 43,0 | 8,0 | |
| 30 | 1511 | 19,3 | 0,2 | 2,9 | 44,1 | 7,9 | |
| 31 | 1518 | 19,2 | 0,2 | 2,1 | 44,2 | 7,9 | Tope a 31,4 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| septiembre-10 | 15,57 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,57 | 1409 | 20,1 | 9,8 | 118,0 | 230,2 | 7,6 | |
| 16 | 1395 | 20,1 | 9,6 | 117,0 | 223,2 | 7,6 | |
| 17 | 1390 | 20,1 | 9,4 | 115,4 | 220,4 | 7,6 | |
| 18 | 1390 | 20,1 | 9,3 | 112,6 | 215,4 | 7,6 | |
| 19 | 1391 | 20,0 | 9,3 | 111,4 | 212,7 | 7,6 | |
| 20 | 1391 | 20,0 | 9,1 | 110,3 | 210,6 | 7,6 | |
| 21 | 1391 | 20,0 | 9,0 | 109,5 | 208,4 | 7,6 | |
| 22 | 1392 | 20,0 | 9,0 | 108,9 | 206,5 | 7,6 | |
| 23 | 1392 | 20,0 | 8,9 | 108,3 | 204,9 | 7,6 | |
| 24 | 1393 | 20,0 | 8,9 | 108,9 | 202,7 | 7,6 | |
| 25 | 1393 | 20,0 | 8,9 | 107,2 | 201,0 | 7,6 | |
| 26 | 1431 | 19,8 | 8,4 | 85,5 | 197,2 | 7,7 | |
| 27 | 1462 | 19,6 | 5,2 | 57,6 | 193,4 | 7,8 | |
| 28 | 1467 | 19,4 | 3,0 | 39,1 | 189,7 | 7,9 | |
| 29 | 1482 | 19,3 | 2,3 | 25,0 | 186,4 | 7,9 | |
| 30 | 1486 | 19,2 | 1,1 | 14,6 | 183,7 | 7,9 | |
| 31 | 1488 | 19,2 | 0,6 | 5,8 | 179,7 | 7,9 | Tope a 31,4 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| noviembre-10 | 15,52 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,52 | 1419 | 21,8 | | | | | |
| 16 | 1425 | 22,2 | | | | | |
| 17 | 1424 | 22,3 | | | | | |
| 18 | 1425 | 22,3 | | | | | |
| 19 | 1425 | 22,3 | | | | | |
| 20 | 1424 | 22,2 | | | | | |
| 21 | 1424 | 22,1 | | | | | |
| 22 | 1424 | 22,0 | | | | | |
| 23 | 1426 | 22,0 | | | | | |
| 24 | 1426 | 22,0 | | | | | |
| 25 | 1427 | 21,9 | | | | | |
| 26 | 1436 | 21,1 | | | | | |
| 27 | 1447 | 19,8 | | | | | |
| 28 | 1451 | 19,5 | | | | | |
| 29 | 1452 | 19,3 | | | | | |
| 30 | 1450 | 19,3 | | | | | |
| 31 | 1452 | 19,2 | | | | | Tope a 31,4 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **diciembre-10** | 15,30 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,3 | 1410 | 24,1 | 7,7 | 100,3 | -125,4 | 7,2 | |
| 16 | 1412 | 24,1 | 7,6 | 98,7 | -113,5 | 7,2 | |
| 17 | 1410 | 24,1 | 7,4 | 96,8 | -110,5 | 7,2 | |
| 18 | 1410 | 24,2 | 7,4 | 96,8 | -111,4 | 7,2 | |
| 19 | 1409 | 24,2 | 7,4 | 96,5 | -111,1 | 7,2 | |
| 20 | 1410 | 24,2 | 7,4 | 96,5 | -108,6 | 7,2 | |
| 21 | 1410 | 24,2 | 7,3 | 96,0 | -106,4 | 7,2 | |
| 22 | 1410 | 24,2 | 7,4 | 96,0 | -104,3 | 7,2 | |
| 23 | 1411 | 24,0 | 7,4 | 95,8 | -98,5 | 7,2 | |
| 24 | 1444 | 23,7 | 7,4 | 96,0 | -92,5 | 7,2 | |
| 25 | 1412 | 23,4 | 7,4 | 95,5 | -90,5 | 7,2 | |
| 26 | 1667 | 21,9 | 7,9 | 98,4 | -81,0 | 7,2 | |
| 27 | 1689 | 19,8 | 8,1 | 98,2 | -74,5 | 7,2 | |
| 28 | 1692 | 19,4 | 7,9 | 94,8 | -71,5 | 7,3 | |
| 29 | 1695 | 19,3 | 7,9 | 94,3 | -69,9 | 7,3 | |
| 30 | 1694 | 19,2 | 7,8 | 93,0 | -68,3 | 7,3 | |
| 31 | 1695 | 19,2 | 7,7 | 91,0 | -67,0 | 7,3 | Tope a 31,4 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-11** | 15,30 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,3 | 1404 | 23,6 | 8,5 | 110,5 | -154,8 | 7,3 | |
| 16 | 1410 | 23,8 | 8,6 | 109,5 | -149,1 | 7,3 | |
| 17 | 1405 | 23,6 | 8,2 | 106,0 | -144,7 | 7,3 | |
| 18 | 1409 | 23,6 | 8,2 | 105,8 | -142,0 | 7,2 | |
| 19 | 1406 | 23,8 | 8,1 | 105,9 | -139,6 | 7,2 | |
| 20 | 1408 | 23,6 | 8,1 | 105,3 | -135,0 | 7,2 | |
| 21 | 1408 | 23,4 | 8,2 | 105,6 | -131,7 | 7,2 | |
| 22 | 1413 | 23,1 | 8,2 | 104,7 | -130,4 | 7,2 | |
| 23 | 1412 | 23,1 | 8,1 | 104,8 | -128,8 | 7,2 | |
| 24 | 1408 | 23,3 | 8,1 | 104,5 | -127,9 | 7,2 | |
| 25 | 1410 | 22,8 | 8,2 | 104,2 | -124,2 | 7,2 | |
| 26 | 1616 | 21,4 | 7,6 | 94,0 | -116,8 | 7,2 | |
| 27 | 1682 | 19,7 | 7,2 | 84,5 | -118,0 | 7,2 | |
| 28 | 1686 | 19,4 | 6,5 | 77,4 | -117,5 | 7,2 | |
| 29 | 1687 | 19,4 | 6,1 | 72,3 | -117,2 | 7,2 | |
| 30 | 1687 | 19,3 | 5,9 | 69,5 | -116,8 | 7,2 | |
| 31 | 1688 | 19,2 | 5,6 | 66,5 | -116,3 | 7,2 | Tope a 31,4 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-11** | 15,34 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,34 | 1454 | 22,3 | 8,1 | 102,6 | -99,1 | 7,3 | |
| 16 | 1449 | 22,6 | 7,8 | 99,5 | -96,2 | 7,2 | |
| 17 | 1447 | 22,6 | 7,5 | 95,0 | -91,2 | 7,2 | |
| 18 | 1445 | 22,7 | 7,3 | 93,5 | -87,7 | 7,2 | |
| 19 | 1444 | 22,7 | 7,2 | 91,8 | -79,0 | 7,2 | |
| 20 | 1444 | 22,7 | 7,2 | 91,6 | -77,0 | 7,2 | |
| 21 | 1444 | 22,6 | 7,2 | 92,0 | -76,0 | 7,2 | |
| 22 | 1445 | 22,4 | 7,2 | 91,4 | -75,0 | 7,2 | |
| 23 | 1449 | 22,2 | 7,2 | 91,0 | -74,0 | 7,2 | |
| 24 | 1449 | 22,2 | 7,2 | 90,0 | -72,0 | 7,2 | |
| 25 | 1447 | 22,0 | 7,2 | 90,5 | -71,0 | 7,2 | |
| 26 | 1607 | 21,1 | 7,1 | 86,5 | -68,6 | 7,2 | |
| 27 | 1674 | 19,6 | 6,1 | 73,0 | -64,9 | 7,2 | |
| 28 | 1684 | 19,4 | 5,6 | 67,5 | -64,9 | 7,2 | |
| 29 | 1685 | 19,3 | 5,3 | 63,3 | -64,3 | 7,2 | |
| 30 | 1685 | 19,3 | 5,0 | 59,0 | -64,0 | 7,2 | |
| 31 | 1686 | 19,2 | 4,3 | 51,0 | -64,0 | 7,2 | Reborde 31,4 |
| 32 | 1686 | 19,1 | 3,9 | 46,4 | -64,0 | 7,2 | |
| 32,7 | 981 | 19,1 | 3,7 | 43,5 | -70,0 | 7,4 | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-11** | 14,65 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 14,65 | 1453 | 22,0 | 10,1 | 128,1 | 127,0 | 7,3 | |
| 15 | 1449 | 22,4 | 10,1 | 128,3 | 129,1 | 7,3 | |
| 16 | 1451 | 22,3 | 10,2 | 129,1 | 127,0 | 7,3 | |
| 17 | 1452 | 22,3 | 10,2 | 129,5 | 129,1 | 7,2 | |
| 18 | 1453 | 22,3 | 10,3 | 129,9 | 127,6 | 7,2 | |
| 19 | 1453 | 22,3 | 10,3 | 129,9 | 127,1 | 7,2 | |
| 20 | 1455 | 22,2 | 10,3 | 130,4 | 123,1 | 7,2 | |
| 21 | 1451 | 22,1 | 10,3 | 130,1 | 127,6 | 7,2 | |
| 22 | 1457 | 22,1 | 10,1 | 127,7 | 128,8 | 7,2 | |
| 23 | 1458 | 22,1 | 10,1 | 127,5 | 128,2 | 7,2 | |
| 24 | 1457 | 22,1 | 10,1 | 127,6 | 128,7 | 7,2 | |
| 25 | 1461 | 22,0 | 10,1 | 127,1 | 127,0 | 7,2 | |
| 26 | 1626 | 20,9 | 6,8 | 83,0 | 130,7 | 7,2 | |
| 27 | 1701 | 19,8 | 5,2 | 63,0 | 132,4 | 7,2 | |
| 28 | 1718 | 19,6 | 4,7 | 56,5 | 132,3 | 7,2 | |
| 29 | 1720 | 19,4 | 4,2 | 51,0 | 133,0 | 7,2 | |
| 30 | 1722 | 19,3 | 4,0 | 47,9 | 133,0 | 7,2 | |
| 31 | 1723 | 19,2 | 3,5 | 42,0 | 133,3 | 7,2 | Reborde 31,4 |
| 32 | 1723 | 19,1 | 3,2 | 38,8 | 132,9 | 7,2 | |
| 33 | 1562 | 19,1 | 3,1 | 36,5 | 132,0 | 7,4 | Aterrado 32,75 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-11 | 15,24 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,24 | 1545 | 21,2 | 7,6 | 95,0 | 88,3 | 7,2 | |
| 16 | 1541 | 21,4 | 7,3 | 90,3 | 89,0 | 7,2 | |
| 17 | 1539 | 21,4 | 7,2 | 89,0 | 90,8 | 7,2 | |
| 18 | 1539 | 21,4 | 7,1 | 88,5 | 91,2 | 7,2 | |
| 19 | 1536 | 21,4 | 7,1 | 88,8 | 93,2 | 7,2 | |
| 20 | 1539 | 21,3 | 7,1 | 88,7 | 93,8 | 7,2 | |
| 21 | 1537 | 21,3 | 7,1 | 88,4 | 93,5 | 7,2 | |
| 22 | 1539 | 21,3 | 7,1 | 88,4 | 93,8 | 7,2 | |
| 23 | 1539 | 21,3 | 7,1 | 88,4 | 93,8 | 7,2 | |
| 24 | 1539 | 21,3 | 7,1 | 88,6 | 93,8 | 7,2 | |
| 25 | 1536 | 21,3 | 7,1 | 88,9 | 92,7 | 7,2 | |
| 26 | 1596 | 20,8 | 6,7 | 82,5 | 95,5 | 7,2 | |
| 27 | 1676 | 19,8 | 4,6 | 55,0 | 97,9 | 7,2 | |
| 28 | 1693 | 19,5 | 4,3 | 51,0 | 98,2 | 7,3 | |
| 29 | 1702 | 19,4 | 3,9 | 46,0 | 98,4 | 7,3 | |
| 30 | 1703 | 19,3 | 3,5 | 42,0 | 98,7 | 7,3 | |
| 31 | 1703 | 19,2 | 3,1 | 37,2 | 98,4 | 7,3 | |
| 32 | 1704 | 19,1 | 2,7 | 32,0 | 99,3 | 7,3 | Reborde 31,4 |
| 32,7 | 1702 | 19,1 | 2,7 | 32,5 | 99,1 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado 32,75 |
| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
| **mayo-11** | 15,50 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,5 | 1514 | 21,1 | 8,1 | 97,9 | 101,1 | 7,2 | |
| 16 | 1533 | 20,6 | 7,8 | 95,9 | 100,6 | 7,2 | |
| 17 | 1539 | 20,5 | 7,8 | 95,5 | 100,5 | 7,2 | |
| 18 | 1539 | 20,4 | 7,9 | 94,9 | 100,0 | 7,2 | |
| 19 | 1539 | 20,4 | 7,7 | 94,4 | 99,6 | 7,2 | |
| 20 | 1539 | 20,4 | 7,7 | 94,1 | 99,3 | 7,2 | |
| 21 | 1539 | 20,4 | 7,7 | 94,0 | 99,0 | 7,2 | |
| 22 | 1538 | 20,4 | 7,7 | 93,5 | 98,5 | 7,2 | |
| 23 | 1538 | 20,4 | 7,7 | 94,6 | 98,1 | 7,2 | |
| 24 | 1538 | 20,4 | 7,8 | 93,5 | 97,5 | 7,2 | |
| 25 | 1539 | 20,4 | 7,7 | 93,6 | 96,8 | 7,2 | |
| 26 | 1645 | 19,9 | 6,0 | 73,0 | 99,4 | 7,2 | |
| 27 | 1669 | 19,6 | 4,4 | 51,5 | 102,6 | 7,3 | |
| 28 | 1678 | 19,5 | 4,0 | 47,8 | 104,8 | 7,3 | |
| 29 | 1686 | 19,4 | 3,6 | 43,2 | 105,1 | 7,3 | |
| 30 | 1686 | 19,3 | 3,2 | 38,5 | 105,8 | 7,3 | |
| 31 | 1689 | 19,2 | 2,8 | 33,5 | 106,3 | 7,3 | |
| 32 | 1690 | 19,1 | 2,6 | 30,5 | 106,9 | 7,3 | Reborde 31,4 |
| 32,7 | 1688 | 19,1 | 2,5 | 29,7 | 106,7 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-11 | 15,46 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,46 | 1510 | 20,4 | 8,8 | 107,3 | 74,6 | 7,3 | |
| 16 | 1511 | 20,3 | 8,7 | 105,6 | 76,6 | 7,3 | |
| 17 | 1512 | 20,2 | 8,6 | 104,2 | 76,8 | 7,3 | |
| 18 | 1512 | 20,2 | 8,5 | 103,5 | 76,9 | 7,3 | |
| 19 | 1514 | 20,2 | 8,5 | 102,7 | 76,9 | 7,3 | |
| 20 | 1514 | 20,1 | 8,4 | 102,5 | 76,9 | 7,3 | |
| 21 | 1514 | 20,1 | 8,4 | 102,5 | 76,8 | 7,3 | |
| 22 | 1513 | 20,1 | 8,4 | 102,2 | 76,6 | 7,3 | |
| 23 | 1513 | 20,1 | 8,4 | 101,8 | 76,6 | 7,3 | |
| 24 | 1514 | 20,1 | 8,4 | 101,8 | 76,6 | 7,3 | |
| 25 | 1514 | 20,2 | 8,4 | 101,7 | 76,5 | 7,3 | |
| 26 | 1627 | 20,0 | 5,8 | 70,4 | 79,1 | 7,3 | |
| 27 | 1660 | 19,6 | 4,0 | 48,4 | 80,4 | 7,3 | |
| 28 | 1668 | 19,5 | 3,9 | 46,2 | 80,4 | 7,3 | |
| 29 | 1675 | 19,4 | 3,7 | 44,7 | 80,4 | 7,3 | |
| 30 | 1675 | 19,3 | 3,4 | 41,4 | 80,6 | 7,3 | |
| 31 | 1677 | 19,2 | 3,3 | 39,3 | 80,6 | 7,3 | |
| 32 | 1678 | 19,1 | 2,7 | 32,2 | 80,6 | 7,3 | Reborde 31,4 |
| 32,7 | 1676 | 19,1 | 2,5 | 30,5 | 80,7 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** julio-11 | **Nivel** 15,60 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 15,6 | 2000 | 20,2 | 8,1 | 99,1 | 101,4 | 7,4 | |
| 16 | 1500 | 20,1 | 8,3 | 99,2 | 102,8 | 7,3 | |
| 17 | 1503 | 20,0 | 8,3 | 100,6 | 103,2 | 7,3 | |
| 18 | 1502 | 19,9 | 8,3 | 100,1 | 104,0 | 7,3 | |
| 19 | 1503 | 19,9 | 8,3 | 99,4 | 104,0 | 7,3 | |
| 20 | 1501 | 19,9 | 8,2 | 99,3 | 103,4 | 7,3 | |
| 21 | 1501 | 19,9 | 8,2 | 98,8 | 102,9 | 7,3 | |
| 22 | 1503 | 19,9 | 8,2 | 98,4 | 103,2 | 7,3 | |
| 23 | 1502 | 19,9 | 8,1 | 98,3 | 103,1 | 7,3 | |
| 24 | 1503 | 19,9 | 8,2 | 98,7 | 102,9 | 7,3 | |
| 25 | 1505 | 19,9 | 8,2 | 99,4 | 102,9 | 7,3 | |
| 26 | 1632 | 19,6 | 6,1 | 68,7 | 105,5 | 7,3 | |
| 27 | 1652 | 19,5 | 3,9 | 48,0 | 106,7 | 7,3 | |
| 28 | 1660 | 19,4 | 3,2 | 37,6 | 107,8 | 7,3 | |
| 29 | 1663 | 19,4 | 2,9 | 33,7 | 107,2 | 7,3 | |
| 30 | 1665 | 19,3 | 2,7 | 32,0 | 107,9 | 7,3 | |
| 31 | 1668 | 19,2 | 2,5 | 29,7 | 108,4 | 7,3 | |
| 32 | 1668 | 19,2 | 2,4 | 27,9 | 108,6 | 7,3 | Reborde 31,4 |
| 32,7 | 1668 | 19,2 | 2,3 | 25,9 | 108,7 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** agosto-11 | **Nivel** 15,80 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 15,8 | 1433 | 20,3 | 9,3 | 113,4 | 87,6 | 7,4 | |
| 16 | 1435 | 20,2 | 9,3 | 113,0 | 88,2 | 7,4 | |
| 17 | 1446 | 19,7 | 9,3 | 112,5 | 88,6 | 7,4 | |
| 18 | 1448 | 19,6 | 9,2 | 110,7 | 89,2 | 7,3 | |
| 19 | 1450 | 19,6 | 9,0 | 108,2 | 89,5 | 7,3 | |
| 20 | 1444 | 19,6 | 8,9 | 106,5 | 89,7 | 7,3 | |
| 21 | 1430 | 19,5 | 8,7 | 104,9 | 88,8 | 7,3 | |
| 22 | 1433 | 19,5 | 8,4 | 100,3 | 87,4 | 7,3 | |
| 23 | 1428 | 19,5 | 8,3 | 100,1 | 85,3 | 7,3 | |
| 24 | 1429 | 19,5 | 8,3 | 99,7 | 84,7 | 7,3 | |
| 25 | 1439 | 19,5 | 8,4 | 100,0 | 85,1 | 7,3 | |
| 26 | 1503 | 19,4 | 5,5 | 65,5 | 87,4 | 7,3 | |
| 27 | 1522 | 19,4 | 3,9 | 46,3 | 89,4 | 7,3 | |
| 28 | 1530 | 19,4 | 3,2 | 38,7 | 90,6 | 7,3 | |
| 29 | 1532 | 19,3 | 2,9 | 34,7 | 91,5 | 7,3 | |
| 30 | 1532 | 19,3 | 2,8 | 33,2 | 92,0 | 7,3 | |
| 31 | 1533 | 19,2 | 2,8 | 33,2 | 92,3 | 7,3 | |
| 32 | 1533 | 19,2 | 2,4 | 28,9 | 92,6 | 7,3 | Reborde 31,4 |
| 32,7 | 1532 | 19,2 | 2,4 | 28,2 | 92,9 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** septiembre-11 | **Nivel** 15,61 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 15,61 | 1384 | 20,9 | 9,1 | 112,4 | 55,9 | 7,4 | |
| 16 | 1384 | 20,8 | 9,2 | 111,5 | 53,8 | 7,4 | |
| 17 | 1385 | 20,6 | 9,1 | 111,2 | 53,7 | 7,4 | |
| 18 | 1386 | 20,5 | 9,1 | 110,9 | 53,4 | 7,4 | |
| 19 | 1387 | 20,4 | 9,1 | 110,6 | 53,2 | 7,4 | |
| 20 | 1388 | 20,4 | 9,0 | 110,2 | 52,3 | 7,4 | |
| 21 | 1389 | 20,3 | 9,0 | 109,8 | 50,6 | 7,4 | |
| 22 | 1389 | 20,3 | 9,0 | 109,2 | 49,6 | 7,4 | |
| 23 | 1389 | 20,3 | 8,9 | 108,9 | 49,3 | 7,4 | |
| 24 | 1387 | 20,3 | 8,9 | 108,9 | 49,3 | 7,4 | |
| 25 | 1388 | 20,3 | 9,0 | 108,9 | 49,3 | 7,4 | |
| 26 | 1494 | 19,8 | 5,1 | 62,2 | 51,1 | 7,3 | |
| 27 | 1515 | 19,5 | 3,3 | 40,1 | 52,0 | 7,3 | |
| 28 | 1520 | 19,4 | 3,0 | 36,1 | 51,2 | 7,3 | |
| 29 | 1519 | 19,4 | 2,9 | 35,0 | 51,5 | 7,3 | |
| 30 | 1520 | 19,3 | 2,9 | 34,7 | 52,6 | 7,3 | |
| 31 | 1520 | 19,2 | 2,9 | 34,6 | 52,8 | 7,3 | |
| 32 | 1521 | 19,2 | 2,7 | 32,7 | 52,8 | 7,3 | Reborde 31,4 |
| 32,7 | 1521 | 19,1 | 2,7 | 31,8 | 52,8 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| octubre-11 | 15,58 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,58 | 1391 | 21,7 | 9,0 | 112,8 | -104,0 | 7,4 | |
| 16 | 1365 | 21,6 | 8,9 | 111,6 | -101,0 | 7,4 | |
| 17 | 1397 | 21,6 | | | | | |
| 18 | 1397 | 21,6 | | | | | |
| 19 | 1398 | 21,6 | | | -95,0 | | |
| 20 | 1398 | 21,5 | | | | 7,4 | |
| 21 | 1398 | 21,4 | 8,8 | 109,8 | -92,0 | 7,2 | |
| 22 | 1398 | 21,4 | | | | 7,4 | |
| 23 | 1398 | 21,3 | | | -90,5 | | |
| 24 | 1398 | 21,3 | 8,8 | 109,2 | | | |
| 25 | 1399 | 21,2 | | | | | |
| 26 | 1482 | 20,4 | | | | | |
| 27 | 1502 | 19,6 | | | -90,5 | 7,4 | |
| 28 | 1507 | 19,4 | | | | | |
| 29 | 1509 | 19,4 | | | | | |
| 30 | 1509 | 19,3 | | | | | |
| 31 | 1510 | 19,2 | | | | | |
| 32 | 1510 | 19,1 | 3,0 | 3,0 | -93,0 | 7,4 | Reborde 31,4 |
| 32,7 | 1510 | 19,1 | | | | | Aterrado 32,75 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| noviembre-11 | 15,36 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,36 | 1430 | 22,5 | 7,8 | 100,1 | 80,0 | 7,3 | |
| 16 | 1425 | 23,1 | 7,6 | 97,9 | | | |
| 17 | 1422 | 23,2 | | | | | |
| 18 | 1422 | 23,3 | 7,6 | | | | |
| 19 | 1420 | 23,3 | | | | | |
| 20 | 1422 | 23,2 | | | | | |
| 21 | 1421 | 23,1 | | | | | |
| 22 | 1422 | 23,1 | 7,4 | 96,2 | | 7,3 | |
| 23 | 1422 | 23,0 | | | | | |
| 24 | 1423 | 23,0 | | | | | |
| 25 | 1421 | 22,8 | | | | | |
| 26 | 1474 | 21,6 | 6,6 | 80,4 | 80,0 | 7,3 | |
| 27 | 1494 | 19,9 | | | | | |
| 28 | 1498 | 19,5 | | | | | |
| 29 | 1502 | 19,4 | | | | | |
| 30 | 1502 | 19,3 | | | 81,9 | 7,4 | |
| 31 | 1504 | 19,2 | | | | | |
| 32 | 1503 | 19,2 | | | | | |
| 32,7 | 1503 | 19,1 | | | | | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| diciembre-11 | 15,50 | 13:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,50 | 1499 | 22,2 | 6,8 | 86,0 | -121,2 | 7,4 | |
| 16 | 1498 | 21,9 | 6,8 | 85,1 | -120,0 | 7,4 | |
| 17 | 1503 | 22,2 | 6,6 | 83,7 | -119,8 | 7,4 | |
| 18 | 1511 | 22,4 | 6,6 | 83,4 | -118,7 | 7,4 | |
| 19 | 1509 | 22,3 | 6,6 | 83,4 | -118,1 | 7,4 | |
| 20 | 1508 | 22,3 | 6,6 | 83,5 | -117,4 | 7,4 | |
| 21 | 1509 | 22,2 | 6,6 | 83,5 | -115,7 | 7,4 | |
| 22 | 1509 | 22,1 | 6,6 | 83,6 | -114,9 | 7,4 | |
| 23 | 1507 | 22,1 | 6,6 | 83,4 | -114,0 | 7,4 | |
| 24 | 1507 | 22,1 | 6,6 | 83,4 | -113,4 | 7,3 | |
| 25 | 1508 | 22,0 | 6,6 | 83,7 | -111,0 | 7,3 | |
| 26 | 2050 | 21,3 | 6,7 | 72,4 | -105,2 | 7,3 | |
| 27 | 2060 | 19,7 | 6,6 | 80,5 | -102,3 | 7,4 | |
| 28 | 2070 | 19,5 | 6,6 | 79,2 | -100,8 | 7,4 | |
| 29 | 2070 | 19,4 | 6,6 | 78,4 | -99,1 | 7,4 | |
| 30 | 2070 | 19,3 | 6,5 | 76,9 | -98,5 | 7,4 | |
| 31 | 2070 | 19,2 | 6,3 | 75,4 | -98,2 | 7,4 | |
| 32 | 2070 | 19,2 | 6,2 | 73,1 | -97,9 | 7,4 | |
| 32,7 | 2070 | 19,2 | 6,0 | 71,7 | -97,1 | 7,4 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-12** | 15,39 | 12:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,39 | 1554 | 23,4 | 5,7 | 74,2 | 62,0 | 7,7 | |
| 16 | 1456 | 23,5 | 5,7 | 74,0 | 62,8 | 7,5 | |
| 17 | 1462 | 23,6 | 5,7 | 73,8 | 63,2 | 7,4 | |
| 18 | 1462 | 23,6 | 5,7 | 74,0 | 62,9 | 7,4 | |
| 19 | 1463 | 23,6 | 5,7 | 74,1 | 62,5 | 7,4 | |
| 20 | 1463 | 23,5 | 5,7 | 74,1 | 61,7 | 7,4 | |
| 21 | 1463 | 23,3 | 5,7 | 73,8 | 61,4 | 7,4 | |
| 22 | 1461 | 23,0 | 5,7 | 73,5 | 61,0 | 7,4 | |
| 23 | 1463 | 23,0 | 5,7 | 73,5 | 60,7 | 7,4 | |
| 24 | 1462 | 22,9 | 5,7 | 73,4 | 61,0 | 7,4 | |
| 25 | 1464 | 23,0 | 5,7 | 73,2 | 63,3 | 7,4 | |
| 26 | 1932 | 21,8 | 5,7 | 72,6 | 64,6 | 7,3 | |
| 27 | 2040 | 20,1 | 5,8 | 69,4 | 65,4 | 7,3 | |
| 28 | 2060 | 19,6 | 5,4 | 65,1 | 66,0 | 7,3 | |
| 29 | 2060 | 19,5 | 5,1 | 61,2 | 66,7 | 7,4 | |
| 30 | 2060 | 19,3 | 4,9 | 58,9 | 66,9 | 7,4 | |
| 31 | 2060 | 19,2 | 4,6 | 55,2 | 67,3 | 7,4 | |
| 32 | 2060 | 19,2 | 4,5 | 53,6 | 67,7 | 7,4 | Reborde 31,4 |
| 32,8 | 2060 | 19,1 | 4,4 | 52,1 | 67,8 | 7,4 | |
| | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-12** | 15,24 | 13:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,24 | 1411 | 23,9 | 6,5 | 84,6 | -131,5 | 7,4 | |
| 16 | 1413 | 23,8 | 6,4 | 83,7 | -126,5 | 7,4 | |
| 17 | 1409 | 23,9 | 6,4 | 82,3 | -124,5 | 7,4 | |
| 18 | 1410 | 24,0 | 6,3 | 82,1 | -119,5 | 7,4 | |
| 19 | 1408 | 24,1 | 6,3 | 82,0 | -116,2 | 7,4 | |
| 20 | 1409 | 23,9 | 6,3 | 81,8 | -116,3 | 7,4 | |
| 21 | 1410 | 23,8 | 6,3 | 81,9 | -114,3 | 7,4 | |
| 22 | 1410 | 23,5 | 6,3 | 81,6 | -111,6 | 7,4 | |
| 23 | 1411 | 23,5 | 6,3 | 81,5 | -108,2 | 7,4 | |
| 24 | 1411 | 23,3 | 6,3 | 81,5 | -106,4 | 7,4 | |
| 25 | 1413 | 23,1 | 6,3 | 81,4 | -104,0 | 7,4 | |
| 26 | 1802 | 21,9 | 5,9 | 74,5 | -98,8 | 7,4 | |
| 27 | 1995 | 20,0 | 5,7 | 69,8 | -93,5 | 7,4 | |
| 28 | 2020 | 19,6 | 5,4 | 64,6 | -92,3 | 7,4 | |
| 29 | 2040 | 19,5 | 4,5 | 535,0 | -91,8 | 7,4 | |
| 30 | 2040 | 19,4 | 4,4 | 51,7 | -90,9 | 7,4 | |
| 31 | 2040 | 19,2 | 4,2 | 50,0 | -90,2 | 7,4 | |
| 32 | 2050 | 19,2 | 4,0 | 45,4 | -89,9 | 7,4 | Reborde 31,4 |
| 32,8 | 2050 | 19,1 | 3,7 | 43,9 | -89,9 | 7,4 | Aterrado 32,74 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-12** | 15,42 | 12:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,42 | 1474 | 22,5 | 5,4 | 69,0 | -33,5 | 7,4 | |
| 16 | 1483 | 22,5 | 5,2 | 66,0 | 5,0 | 7,4 | |
| 17 | 1489 | 22,7 | 5,0 | 64,3 | 5,5 | 7,4 | |
| 18 | 1485 | 22,7 | 5,0 | 64,2 | 5,6 | 7,4 | |
| 19 | 1485 | 22,6 | 5,0 | 64,2 | 5,8 | 7,4 | |
| 20 | 1489 | 22,7 | 5,0 | 64,1 | 6,1 | 7,4 | |
| 21 | 1489 | 22,6 | 5,0 | 64,0 | 6,2 | 7,4 | |
| 22 | 1489 | 22,5 | 5,0 | 64,0 | 6,2 | 7,4 | |
| 23 | 1481 | 22,3 | 5,0 | 63,8 | 5,5 | 7,4 | |
| 24 | 1482 | 22,3 | 5,0 | 63,6 | 5,6 | 7,4 | |
| 25 | 1487 | 22,2 | 5,0 | 63,6 | 6,2 | 7,4 | |
| 26 | 1722 | 21,4 | 4,8 | 60,2 | 6,4 | 7,4 | |
| 27 | 1949 | 19,8 | 4,1 | 49,0 | 13,8 | 7,4 | |
| 28 | 1999 | 19,6 | 3,8 | 45,6 | 19,0 | 7,4 | |
| 29 | 2020 | 19,5 | 3,5 | 42,7 | 20,5 | 7,4 | |
| 30 | 2030 | 19,4 | 3,4 | 40,0 | 21,7 | 7,4 | |
| 31 | 2030 | 19,3 | 3,1 | 37,5 | 22,7 | 7,4 | Reborde 31,4 |
| 32 | 2030 | 19,2 | 3,0 | 35,0 | 23,6 | 7,4 | |
| 32,8 | 2030 | 19,1 | 2,9 | 34,0 | 24,5 | 7,4 | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-12** | 15,08 | 15:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,08 | 1424 | 22,4 | 7,3 | 92,3 | -119,6 | 7,5 | |
| 16 | 1424 | 22,5 | 7,2 | 91,5 | -117,1 | 7,4 | |
| 17 | 1423 | 22,5 | 7,1 | 90,5 | -114,0 | 7,4 | |
| 18 | 1422 | 22,4 | 7,1 | 90,6 | -111,6 | 7,4 | |
| 19 | 1422 | 22,5 | 7,1 | 90,6 | -110,2 | 7,4 | |
| 20 | 1422 | 22,3 | 7,2 | 90,8 | -108,1 | 7,4 | |
| 21 | 1422 | 22,2 | 7,4 | 90,5 | -106,5 | 7,4 | |
| 22 | 1423 | 22,2 | 7,1 | 90,3 | -103,2 | 7,4 | |
| 23 | 1423 | 22,2 | 7,1 | 90,0 | -99,9 | 7,4 | |
| 24 | 1423 | 22,2 | 7,1 | 89,3 | -91,0 | 7,4 | |
| 25 | 1423 | 22,1 | 7,1 | 89,9 | -89,1 | 7,4 | |
| 26 | 1751 | 21,5 | 6,8 | 83,0 | -84,5 | 7,4 | |
| 27 | 1920 | 20,0 | 6,4 | 76,8 | -81,9 | 7,4 | |
| 28 | 1986 | 19,6 | 5,7 | 67,3 | -81,6 | 7,4 | |
| 29 | 2010 | 19,5 | 5,0 | 60,0 | -82,3 | 7,4 | |
| 30 | 2010 | 19,4 | 4,6 | 54,6 | -83,0 | 7,4 | |
| 31 | 2010 | 19,3 | 4,2 | 49,9 | -84,1 | 7,4 | Reborde 31,4 |
| 32 | 2010 | 19,2 | 4,2 | 47,5 | -84,2 | 7,4 | |
| 32,8 | 2010 | 19,1 | 3,9 | 45,5 | -85,1 | 7,4 | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-12** | 15,31 | 14:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,31 | 1453 | 22,1 | 7,2 | 90,9 | 24,8 | 7,5 | |
| 16 | 1450 | 22,1 | 7,1 | 90,2 | 25,5 | 7,5 | |
| 17 | 1452 | 22,1 | 7,1 | 89,7 | 25,5 | 7,4 | |
| 18 | 1455 | 22,1 | 7,1 | 89,3 | 27,2 | 7,4 | |
| 19 | 1454 | 22,1 | 7,1 | 89,0 | 26,9 | 7,4 | |
| 20 | 1455 | 22,0 | 7,0 | 88,8 | 27,1 | 7,4 | |
| 21 | 1454 | 22,0 | 7,0 | 88,4 | 24,8 | 7,4 | |
| 22 | 1452 | 21,9 | 7,0 | 88,2 | 25,1 | 7,4 | |
| 23 | 1455 | 21,9 | 7,0 | 88,3 | 24,9 | 7,4 | |
| 24 | 1456 | 21,9 | 7,0 | 88,3 | 23,9 | 7,4 | |
| 25 | 1455 | 21,9 | 7,0 | 88,2 | 24,8 | 7,4 | |
| 26 | 2000 | 21,4 | 6,1 | 76,0 | 25,7 | 7,3 | |
| 27 | 2040 | 20,0 | 5,7 | 69,0 | 27,8 | 7,4 | |
| 28 | 2050 | 19,7 | 5,1 | 62,0 | 29,2 | 7,4 | |
| 29 | 2050 | 19,5 | 4,9 | 59,0 | 30,4 | 7,4 | |
| 30 | 2050 | 19,4 | 4,7 | 57,0 | 30,7 | 7,4 | |
| 31 | 2050 | 19,3 | 4,7 | 56,0 | 31,8 | 7,4 | Reborde 31,4 |
| 32 | 2050 | 19,2 | 4,7 | 55,6 | 32,8 | 7,4 | |
| 32,8 | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-12** | 15,57 | 13:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,57 | 1478 | 21,1 | 8,1 | 100,1 | 14,3 | 7,5 | |
| 16 | 1483 | 21,0 | 8,2 | 100,6 | 16,4 | 7,5 | |
| 17 | 1486 | 21,0 | 8,3 | 102,0 | 17,5 | 7,5 | |
| 18 | 1487 | 21,0 | 8,2 | 103,0 | 18,9 | 7,4 | |
| 19 | 1488 | 20,9 | 8,3 | 102,0 | 20,7 | 7,5 | |
| 20 | 1490 | 20,9 | 8,3 | 105,6 | 22,0 | 7,4 | |
| 21 | 1491 | 20,9 | 8,3 | 102,5 | 22,5 | 7,4 | |
| 22 | 1491 | 20,9 | 8,3 | 102,7 | 23,3 | 7,4 | |
| 23 | 1491 | 20,9 | 8,3 | 102,3 | 23,6 | 7,4 | |
| 24 | 1491 | 20,9 | 8,3 | 102,4 | 23,3 | 7,4 | |
| 25 | 1488 | 20,9 | 8,3 | 102,5 | 24,5 | 7,4 | |
| 26 | 1830 | 20,6 | 7,0 | 86,0 | 25,5 | 7,4 | |
| 27 | 1999 | 19,8 | 6,0 | 72,0 | 30,4 | 7,4 | |
| 28 | 2010 | 19,6 | 5,5 | 66,0 | 33,9 | 7,4 | |
| 29 | 2030 | 19,5 | 5,2 | 62,8 | 36,6 | 7,4 | |
| 30 | 2030 | 19,4 | 5,0 | 60,1 | 37,7 | 7,4 | |
| 31 | 2040 | 19,3 | 4,9 | 58,6 | 39,5 | 7,4 | Reborde 31,4 |
| 32 | 2040 | 19,2 | 4,7 | 56,7 | 41,5 | 7,4 | |
| 32,8 | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-12** | 15,66 | 12:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 15,66 | 1452 | 20,9 | 9,0 | 111,5 | -40,5 | 7,5 | |
| 16 | 1450 | 20,8 | 8,9 | 109,8 | -38,0 | 7,5 | |
| 17 | 1453 | 20,5 | 8,9 | 108,5 | -35,6 | 7,5 | |
| 18 | 1452 | 20,4 | 8,9 | 108,0 | -33,8 | 7,5 | |
| 19 | 1454 | 20,4 | 8,8 | 107,0 | -29,6 | 7,4 | |
| 20 | 1454 | 20,3 | 8,6 | 104,4 | -26,9 | 7,5 | |
| 21 | 1449 | 20,3 | 8,5 | 102,8 | -25,2 | 7,5 | |
| 22 | 1444 | 20,3 | 8,3 | 100,4 | -23,1 | 7,4 | |
| 23 | 1442 | 20,3 | 8,2 | 99,9 | -20,8 | 7,4 | |
| 24 | 1442 | 20,2 | 8,1 | 98,9 | -19,6 | 7,5 | |
| 25 | 1447 | 20,3 | 8,2 | 98,6 | -18,5 | 7,5 | |
| 26 | 1800 | 20,1 | 7,3 | 87,5 | -15,4 | 7,4 | |
| 27 | 1966 | 19,6 | 6,2 | 73,7 | -12,0 | 7,4 | |
| 28 | 1990 | 19,5 | 5,5 | 64,9 | -7,8 | 7,4 | |
| 29 | 2010 | 19,5 | 4,9 | 58,7 | -5,8 | 7,4 | |
| 30 | 2020 | 19,4 | 4,5 | 53,7 | -3,0 | 7,4 | |
| 31 | 2020 | 19,3 | 4,3 | 50,7 | -0,2 | 7,4 | Reborde 31,4 |
| 32 | 2020 | 19,2 | 4,1 | 48,6 | 2,0 | 7,4 | |
| 32,8 | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-12** | 15,73 | 13:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 15,73 | 1399 | 20,7 | 7,3 | 88,9 | 11,9 | 7,6 | |
| 16 | 1406 | 20,5 | 7,3 | 89,5 | 14,7 | 7,6 | |
| 17 | 1409 | 20,3 | 7,4 | 89,6 | 17,2 | 7,6 | |
| 18 | 1412 | 20,2 | 7,3 | 89,6 | 19,5 | 7,6 | |
| 19 | 1416 | 20,1 | 7,3 | 88,7 | 22,2 | 7,6 | |
| 20 | 1415 | 20,1 | 7,2 | 87,6 | 22,8 | 7,6 | |
| 21 | 1414 | 20,1 | 7,2 | 87,1 | 23,1 | 7,6 | |
| 22 | 1414 | 20,0 | 7,0 | 84,2 | 24,6 | 7,6 | |
| 23 | 1412 | 20,0 | 6,8 | 82,7 | 26,1 | 7,5 | |
| 24 | 1413 | 20,0 | 6,8 | 82,1 | 26,5 | 7,6 | |
| 25 | 1414 | 20,0 | 6,9 | 82,4 | 28,8 | 7,6 | |
| 26 | 1798 | 19,8 | 5,2 | 64,1 | 31,9 | 7,5 | |
| 27 | 1931 | 19,6 | 4,5 | 53,1 | 36,8 | 7,5 | |
| 28 | 1942 | 19,5 | 4,0 | 47,6 | 39,9 | 7,5 | |
| 29 | 1979 | 19,5 | 3,8 | 42,0 | 42,0 | 7,5 | |
| 30 | 1974 | 19,4 | 3,5 | 41,8 | 43,4 | 7,5 | |
| 31 | 1978 | 19,3 | 3,4 | 40,3 | 45,3 | 7,5 | Reborde 31,4 |
| 32 | 1982 | 19,2 | 3,2 | 38,2 | 47,3 | 7,5 | |
| 32,8 | 1979 | 19,2 | 3,0 | 35,5 | 48,7 | 7,5 | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-12** | 15,68 | 16:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 15,68 | 1456 | 21,2 | 6,1 | 75,4 | -35,7 | 7,6 | |
| 16 | 1457 | 21,1 | 6,1 | 75,7 | -28,4 | 7,5 | |
| 17 | 1456 | 20,9 | 6,1 | 75,9 | -24,8 | 7,6 | |
| 18 | 1457 | 20,8 | 6,1 | 75,5 | -20,0 | 7,5 | |
| 19 | 1455 | 20,7 | 6,1 | 74,4 | -16,3 | 7,5 | |
| 20 | 1455 | 20,7 | 6,0 | 73,9 | -14,6 | 7,5 | |
| 21 | 1454 | 20,6 | 6,0 | 73,7 | -12,5 | 7,5 | |
| 22 | 1455 | 20,6 | 5,9 | 72,6 | -10,8 | 7,5 | |
| 23 | 1455 | 20,6 | 5,9 | 72,5 | -8,7 | 7,5 | |
| 24 | 1455 | 20,6 | 5,9 | 72,8 | -8,0 | 7,5 | |
| 25 | 1454 | 20,5 | 5,9 | 72,0 | -5,1 | 7,4 | |
| 26 | 1833 | 20,2 | 4,4 | 54,3 | -0,7 | 7,5 | |
| 27 | 1935 | 19,6 | 3,7 | 43,9 | 3,3 | 7,5 | |
| 28 | 1966 | 19,5 | 3,2 | 38,5 | 6,5 | 7,5 | |
| 29 | 1990 | 19,5 | 3,0 | 35,4 | 8,5 | 7,5 | |
| 30 | 1994 | 19,4 | 2,8 | 33,6 | 10,2 | 7,4 | |
| 31 | 1995 | 19,3 | 2,7 | 32,0 | 12,1 | 7,4 | Reborde 31,4 |
| 32 | 1995 | 19,2 | 2,6 | 31,6 | 13,4 | 7,5 | |
| 32,4 | 1988 | 19,2 | 2,5 | 29,8 | 26,8 | 7,5 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda CE y pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-12** | 15,56 | 13:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 15,56 | 1458 | 22,5 | 6,8 | 86,1 | -52,5 | 7,2 | |
| 16 | 1468 | 22,4 | 6,8 | 86,8 | -47,3 | 7,1 | |
| 17 | 1469 | 22,4 | 6,8 | 87,0 | -44,4 | 7,1 | |
| 18 | 1469 | 22,4 | 6,8 | 86,9 | -40,3 | 7,2 | |
| 19 | 1470 | 22,4 | 6,8 | 87,1 | -36,7 | 7,2 | |
| 20 | 1470 | 22,3 | 6,9 | 87,0 | -33,6 | 7,2 | |
| 21 | 1471 | 22,2 | 6,9 | 86,5 | -30,2 | 7,2 | |
| 22 | 1472 | 22,2 | 6,9 | 86,7 | -27,1 | 7,2 | |
| 23 | 1472 | 22,1 | 6,9 | 86,9 | -24,8 | 7,2 | |
| 24 | 1472 | 22,1 | 6,9 | 86,9 | -23,0 | 7,2 | |
| 25 | 1473 | 22,0 | 6,9 | 86,6 | -20,8 | 7,2 | |
| 26 | 1769 | 21,1 | 4,9 | 60,8 | -17,5 | 7,2 | |
| 27 | 1894 | 19,9 | 4,2 | 50,2 | -14,0 | 7,1 | |
| 28 | 1932 | 19,6 | 3,8 | 46,2 | -11,4 | 7,1 | |
| 29 | 1937 | 19,5 | 3,6 | 43,8 | -10,9 | 7,1 | |
| 30 | 1940 | 19,4 | 3,5 | 41,3 | -10,3 | 7,1 | |
| 31 | 1944 | 19,3 | 3,4 | 40,6 | -9,7 | 7,1 | Reborde 31,4 |
| 32 | 1943 | 19,2 | 3,3 | 39,6 | -8,4 | 7,1 | |
| 32,75 | 1930 | 19,2 | 3,1 | 37,0 | -3,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **noviembre-12** | 15,39 | 13:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 15,39 | 1488 | 24,1 | 3,2 | 41,7 | 55,8 | 7,1 | |
| 16 | 1498 | 24,0 | 3,2 | 41,6 | 61,7 | 7,1 | |
| 17 | 1498 | 24,2 | 3,2 | 41,7 | 64,6 | 7,1 | |
| 18 | 1498 | 24,3 | 3,2 | 41,8 | 65,5 | 7,1 | |
| 19 | 1496 | 24,2 | 3,2 | 42,2 | 65,8 | 7,1 | |
| 20 | 1496 | 24,2 | 3,3 | 42,6 | 64,9 | 7,1 | |
| 21 | 1496 | 24,2 | 3,3 | 43,1 | 63,2 | 7,1 | |
| 22 | 1497 | 24,1 | 3,3 | 43,4 | 62,6 | 7,1 | |
| 23 | 1499 | 24,1 | 3,4 | 43,8 | 60,1 | 7,1 | |
| 24 | 1500 | 24,1 | 3,4 | 44,2 | 59,4 | 7,1 | |
| 25 | 1497 | 23,9 | 3,4 | 44,5 | 60,4 | 7,1 | |
| 26 | 1706 | 22,6 | 3,1 | 39,4 | 65,5 | 7,1 | |
| 27 | 1886 | 19,9 | 2,5 | 30,4 | 72,4 | 7,1 | |
| 28 | 1906 | 19,7 | 2,3 | 27,6 | 78,3 | 7,1 | |
| 29 | 1914 | 19,6 | 2,2 | 26,6 | 80,9 | 7,1 | |
| 30 | 1916 | 19,5 | 2,1 | 25,5 | 82,6 | 7,1 | |
| 31 | 1918 | 19,3 | 2,1 | 24,7 | 84,2 | 7,1 | Reborde 31,4 |
| 32 | 1921 | 19,2 | 2,1 | 24,5 | 85,6 | 7,1 | |
| 32,75 | 1916 | 19,2 | 1,9 | 23,1 | 87,3 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **diciembre-12** | 14,87 | 14:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 14,87 | 1492 | 25,0 | 4,5 | 59,7 | -20,1 | 7,1 | |
| 15 | 1493 | 25,0 | 4,4 | 57,6 | -16,7 | 7,1 | |
| 16 | 1496 | 24,8 | 4,2 | 55,7 | -7,4 | 7,1 | |
| 17 | 1494 | 24,9 | 4,1 | 54,8 | -4,0 | 7,1 | |
| 18 | 1493 | 24,9 | 4,1 | 55,0 | -1,1 | 7,1 | |
| 19 | 1493 | 24,9 | 4,2 | 55,3 | 1,1 | 7,1 | |
| 20 | 1497 | 24,9 | 4,2 | 55,2 | 3,3 | 7,1 | |
| 21 | 1495 | 24,8 | 4,2 | 55,3 | 4,1 | 7,1 | |
| 22 | 1496 | 24,7 | 4,2 | 55,5 | 5,5 | 7,1 | |
| 23 | 1495 | 24,7 | 4,2 | 55,5 | 7,0 | 7,1 | |
| 24 | 1497 | 24,6 | 4,2 | 55,4 | 7,0 | 7,1 | |
| 25 | 1497 | 24,5 | 4,2 | 55,3 | 8,1 | 7,1 | |
| 26 | 1700 | 23,2 | 3,9 | 50,3 | 11,6 | 7,1 | |
| 27 | 1840 | 20,3 | 3,0 | 36,1 | 15,4 | 7,1 | |
| 28 | 1863 | 19,8 | 2,8 | 34,0 | 21,1 | 7,1 | |
| 29 | 1874 | 19,6 | 2,7 | 32,6 | 23,0 | 7,1 | |
| 30 | 1879 | 19,4 | 2,6 | 31,5 | 24,5 | 7,1 | Reborde 31,4 |
| 31 | 1878 | 19,3 | 2,5 | 30,5 | 26,1 | 7,1 | |
| 32 | 1878 | 19,2 | 2,5 | 29,4 | 26,8 | 7,1 | |
| 32,75 | 1878 | 19,2 | 2,4 | 28,7 | 27,2 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | Punta riada el 22 noche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-13** | 13,63 | 10:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 13,63 | 1541 | 23,0 | 2,9 | 37,7 | 97,1 | 7,1 | Riada extraordinaria |
| 14 | 1532 | 23,4 | 3,0 | 38,6 | 97,9 | 7,3 | |
| 15 | 1573 | 23,5 | 2,9 | 37,6 | 102,9 | 7,1 | |
| 16 | 1557 | 23,6 | 2,9 | 37,7 | 104,8 | 7,2 | |
| 17 | 1537 | 23,6 | 2,9 | 37,9 | 104,1 | 7,1 | |
| 18 | 1521 | 23,0 | 2,9 | 37,3 | 102,8 | 7,1 | |
| 19 | 1505 | 22,6 | 2,8 | 35,6 | 101,4 | 7,1 | |
| 20 | 1496 | 22,5 | 2,8 | 35,1 | 100,5 | 7,1 | |
| 21 | 1485 | 22,1 | 2,8 | 35,1 | 99,3 | 7,1 | |
| 22 | 1482 | 21,9 | 2,8 | 35,3 | 99,3 | 7,1 | |
| 23 | 1484 | 21,6 | 2,9 | 35,8 | 99,6 | 7,1 | |
| 24 | 1486 | 21,5 | 2,9 | 36,2 | 100,0 | 7,1 | |
| 25 | 1486 | 21,3 | 2,9 | 36,6 | 101,1 | 7,2 | |
| 26 | 1689 | 20,9 | 2,8 | 34,3 | 102,5 | 7,1 | |
| 27 | 1846 | 20,3 | 2,3 | 28,2 | 104,6 | 7,1 | |
| 28 | 1887 | 19,9 | 2,1 | 25,5 | 106,4 | 7,1 | |
| 29 | 1898 | 19,6 | 1,9 | 22,8 | 107,3 | 7,1 | |
| 30 | 1900 | 19,5 | 1,8 | 21,6 | 108,4 | 7,1 | |
| 31 | 1901 | 19,4 | 1,8 | 24,0 | 109,5 | 7,1 | |
| 32 | 1902 | 19,3 | 1,7 | 20,4 | 110,1 | 7,1 | Reborde 31,4 |
| | | | | | | | Aterrado 32,75 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-13** | 13,21 | 13:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 13,21 | 1594 | 22,9 | 4,8 | 61,3 | -47,7 | 7,3 | |
| 14 | 1595 | 22,9 | 4,7 | 60,7 | -38,2 | 7,3 | |
| 15 | 1593 | 22,8 | 4,7 | 60,4 | -33,3 | 7,2 | |
| 16 | 1595 | 22,8 | 4,7 | 60,5 | -28,7 | 7,2 | |
| 17 | 1595 | 22,8 | 4,8 | 61,0 | -23,0 | 7,2 | |
| 18 | 1595 | 22,8 | 4,8 | 61,2 | -17,8 | 7,2 | |
| 19 | 1592 | 22,8 | 4,8 | 61,2 | -13,8 | 7,2 | |
| 20 | 1592 | 22,8 | 4,8 | 61,5 | -11,9 | 7,2 | |
| 21 | 1593 | 22,7 | 4,8 | 61,7 | -9,6 | 7,2 | |
| 22 | 1592 | 22,7 | 4,8 | 61,9 | -7,1 | 7,2 | |
| 23 | 1591 | 22,7 | 4,9 | 62,1 | -4,4 | 7,2 | |
| 24 | 1594 | 22,7 | 4,9 | 62,3 | -2,0 | 7,2 | |
| 25 | 1598 | 22,7 | 4,9 | 62,3 | -0,6 | 7,2 | |
| 26 | 1686 | 21,9 | 4,1 | 52,1 | 5,0 | 7,2 | |
| 27 | 1802 | 20,6 | 3,5 | 43,5 | 7,8 | 7,2 | |
| 28 | 1835 | 20,1 | 3,3 | 40,3 | 10,6 | 7,2 | O2 baja |
| 29 | 1843 | 19,9 | 3,1 | 37,4 | 12,0 | 7,2 | |
| 30 | 1857 | 19,6 | 2,9 | 35,0 | 13,2 | 7,2 | |
| 31 | 1858 | 19,4 | 2,8 | 33,5 | 14,6 | 7,2 | |
| 32 | 1862 | 19,3 | 2,7 | 32,6 | 15,7 | 7,2 | Reborde 31,4 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-13** | 13,82 | 13:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 13,82 | 1601 | 22,2 | 3,1 | 39,5 | 70,1 | 7,2 | |
| 20 | 1600 | 22,1 | 3,2 | 40,4 | 72,1 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-13** | 14,45 | 14:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 14,45 | 1604 | 21,5 | 2,8 | 34,7 | 68,1 | 7,3 | |
| 20 | 1613 | 21,2 | 2,7 | 33,4 | 74,2 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-13** | 14,53 | 12:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 14,53 | 1572 | 20,3 | 2,7 | 32,5 | 72,2 | 7,2 | |
| 20 | 1563 | 20,3 | 2,5 | 30,2 | 31,8 | 7,1 | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-13** | 14,45 | 13:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 14,45 | 1521 | 20,2 | 4,0 | 48,1 | 50,5 | 7,2 | |
| 20 | 1528 | 20,2 | 3,6 | 44,3 | 61,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-13** | 15,11 | 13:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,11 | 1355 | 19,8 | 6,1 | 73,7 | 90,0 | 7,2 | |
| 20 | 1375 | 19,5 | 5,4 | 64,9 | 94,7 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-13** | 15,47 | 12:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,47 | 1310 | 19,5 | 4,7 | 55,0 | 32,3 | 7,3 | |
| 20 | 1349 | 19,3 | 4,1 | 48,8 | 52,9 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-13** | 15,62 | 13:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,62 | 1337 | 19,6 | 6,0 | 73,5 | 111,4 | 7,3 | |
| 20 | 1353 | 19,4 | 5,4 | 64,9 | 108,0 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-13** | 15,50 | 8:40 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,50 | 1480 | 21,0 | 2,2 | 26,5 | 51,1 | 7,1 | |
| 20 | 1526 | 20,6 | 2,3 | 28,0 | 54,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-14** | 14,97 | 13:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 14,97 | 1456 | 22,7 | 4,4 | 56,3 | -12,5 | 7,2 | |
| 20 | 1459 | 23,4 | 4,2 | 54,3 | -7,0 | 7,1 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| septiembre-10 | 18,92 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | 1519 | 17,1 | 6,3 | 72,1 | 7,6 | 7,5 | |
| 20 | 1513 | 17,0 | 6,0 | 68,7 | 11,4 | 7,5 | |
| 21 | 1449 | 17,0 | 5,8 | 66,6 | 13,5 | 7,5 | |
| 22 | 1400 | 16,9 | 5,8 | 61,0 | 14,6 | 7,5 | |
| 23 | 1380 | 16,9 | 5,9 | 66,7 | 16,9 | 7,5 | |
| 24 | 1354 | 16,9 | 5,7 | 68,4 | 18,5 | 7,5 | |
| 25 | 1303 | 16,9 | 5,3 | 62,2 | 19,3 | 7,5 | |
| 26 | 1303 | 16,9 | 5,1 | 58,7 | 21,6 | 7,5 | |
| 27 | 1316 | 16,9 | 5,0 | 57,0 | 21,9 | 7,5 | |
| 28 | 1315 | 16,9 | 5,0 | 56,3 | 23,1 | 7,5 | |
| 29 | 1315 | 16,9 | 4,9 | 56,0 | 24,3 | 7,5 | |
| 30 | 1313 | 16,9 | 4,9 | 55,7 | 25,7 | 7,5 | |
| 31 | 1316 | 16,9 | 4,9 | 55,8 | 31,8 | 7,5 | Reborde a 30,7 |
| 32 | 1313 | 16,9 | 4,9 | 55,8 | 32,7 | 7,5 | |
| 33 | 1318 | 16,9 | 4,9 | 55,7 | 33,1 | 7,5 | |
| 34 | 1330 | 16,8 | 4,3 | 50,4 | 32,1 | 7,6 | Aterrado 34,4<br>Tope a 35 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| noviembre-10 | 18,78 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,78 | 1567 | 17,0 | | | | | |
| 19 | 1567 | 17,0 | | | | | |
| 20 | 1565 | 17,0 | | | | | |
| 21 | 1513 | 16,9 | | | | | |
| 22 | 1405 | 16,9 | | | | | |
| 23 | 1377 | 16,9 | | | | | |
| 24 | 1345 | 16,9 | | | | | |
| 25 | 1298 | 16,9 | | | | | |
| 26 | 1302 | 16,9 | | | | | |
| 27 | 1304 | 16,9 | | | | | |
| 28 | 1305 | 16,9 | | | | | |
| 29 | 1307 | 16,9 | | | | | |
| 30 | 1308 | 16,9 | | | | | |
| 31 | 1308 | 16,9 | | | | | Reborde a 30,7 |
| 32 | 1307 | 16,9 | | | | | |
| 33 | 1306 | 16,9 | | | | | |
| 34 | 1307 | 16,8 | | | | | Aterrado 34,4<br>Tope a 35 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| diciembre-10 | 18,45 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,45 | 1593 | 16,9 | 9,1 | 103,2 | -45,5 | 7,1 | |
| 19 | 1592 | 17,0 | 8,5 | 96,8 | -43,2 | 7,1 | |
| 20 | 1610 | 17,0 | 8,4 | 95,0 | -41,7 | 7,1 | |
| 21 | 1537 | 17,0 | 8,4 | 95,3 | -40,7 | 7,1 | |
| 22 | 1439 | 16,9 | 8,7 | 101,7 | -38,5 | 7,2 | |
| 23 | 1401 | 16,9 | 9,5 | 108,2 | -36,5 | 7,2 | |
| 24 | 1390 | 16,9 | 10,0 | 113,2 | -35,7 | 7,2 | |
| 25 | 1389 | 16,9 | 10,2 | 116,6 | -34,1 | 7,2 | |
| 26 | 1390 | 16,9 | 10,5 | 119,4 | -32,7 | 7,2 | |
| 27 | 1390 | 16,9 | 10,6 | 120,9 | -31,3 | 7,2 | |
| 28 | 1390 | 16,9 | 10,7 | 121,6 | -30,3 | 7,2 | |
| 29 | 1391 | 16,9 | 10,7 | 121,9 | -28,6 | 7,2 | |
| 30 | 1390 | 16,9 | 10,7 | 121,9 | -27,5 | 7,2 | |
| 31 | 1391 | 16,9 | 10,7 | 121,4 | -26,5 | 7,2 | Reborde a 30,7 |
| 32 | 1391 | 16,9 | 10,7 | 121,5 | -26,0 | 7,2 | |
| 33 | 1390 | 16,9 | 10,7 | 121,5 | -25,1 | 7,2 | |
| 34 | 1380 | 16,9 | 5,6 | 62,5 | -32,5 | 7,2 | Aterrado 34,4<br>Tope a 35 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-11** | 18,56 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,56 | 1575 | 16,7 | 11,2 | 125,7 | 139,1 | 7,3 | |
| 19 | 1578 | 16,7 | 11,5 | 129,7 | 141,4 | 7,3 | |
| 20 | 1557 | 17,1 | 11,4 | 130,3 | 142,1 | 7,2 | |
| 21 | 1530 | 17,1 | 11,5 | 131,2 | 143,1 | 7,3 | |
| 22 | 1466 | 17,0 | 11,8 | 134,5 | 141,5 | 7,3 | |
| 23 | 1450 | 17,0 | 12,0 | 136,5 | 141,2 | 7,3 | |
| 24 | 1442 | 16,8 | 12,1 | 136,7 | 140,9 | 7,3 | |
| 25 | 1437 | 16,6 | 12,1 | 136,4 | 140,2 | 7,3 | |
| 26 | 1434 | 16,6 | 12,1 | 136,4 | 139,3 | 7,3 | |
| 27 | 1441 | 16,6 | 12,1 | 136,8 | 139,6 | 7,3 | |
| 28 | 1441 | 16,6 | 12,1 | 136,8 | 139,3 | 7,3 | |
| 29 | 1442 | 16,5 | 12,1 | 136,9 | 139,0 | 7,3 | |
| 30 | 1443 | 16,5 | 12,1 | 136,6 | 138,5 | 7,3 | |
| 31 | 1443 | 16,5 | 12,1 | 136,6 | 137,7 | 7,3 | Reborde a 30,7 |
| 32 | 1443 | 16,5 | 12,1 | 136,0 | 137,6 | 7,3 | |
| 33 | 1443 | 16,5 | 12,0 | 135,5 | 137,4 | 7,3 | |
| 34 | 1612 | 16,6 | 9,4 | 106,0 | 135,5 | 7,2 | Aterrado 34,4 |
| | | | | | | | Tope a 35 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-11** | 18,43 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,43 | 1576 | 16,9 | 9,6 | 109,7 | 122,5 | 7,2 | |
| 19 | 1574 | 16,9 | 9,5 | 108,1 | 125,0 | 7,2 | |
| 20 | 1571 | 16,9 | 9,5 | 107,7 | 125,7 | 7,2 | |
| 21 | 1519 | 16,8 | 9,4 | 106,7 | 124,7 | 7,2 | |
| 22 | 1402 | 16,6 | 9,3 | 103,9 | 123,4 | 7,2 | |
| 23 | 1390 | 16,5 | 8,7 | 97,8 | 124,2 | 7,2 | |
| 24 | 1340 | 16,3 | 8,7 | 97,0 | 124,8 | 7,2 | |
| 25 | 1310 | 16,3 | 7,5 | 84,7 | 125,3 | 7,2 | |
| 26 | 1333 | 16,3 | 7,5 | 84,2 | 125,6 | 7,2 | |
| 27 | 1337 | 16,3 | 7,5 | 84,2 | 125,3 | 7,2 | |
| 28 | 1338 | 16,3 | 7,5 | 84,5 | 124,7 | 7,2 | |
| 29 | 1339 | 16,3 | 7,5 | 84,3 | 124,0 | 7,2 | |
| 30 | 1340 | 16,3 | 7,5 | 84,1 | 123,9 | 7,2 | |
| 31 | 1338 | 16,3 | 7,5 | 84,3 | 123,4 | 7,2 | Reborde a 30,7 |
| 32 | 1338 | 16,3 | 7,5 | 83,9 | 123,3 | 7,2 | |
| 33 | 1339 | 16,3 | 7,5 | 83,8 | 123,0 | 7,2 | |
| 34 | 1338 | 16,3 | 7,5 | 83,8 | 122,7 | 7,2 | Aterrado 34,4 |
| 34,4 | 1339 | 16,4 | 2,0 | 20,0 | -42,0 | 7,4 | Tope a 35 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-11** | 18,02 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,02 | 1790 | 16,9 | 8,2 | 93,4 | 16,4 | 7,2 | |
| 19 | 1777 | 16,9 | 8,4 | 95,0 | 24,2 | 7,2 | |
| 20 | 1691 | 16,8 | 8,4 | 95,2 | 30,9 | 7,2 | |
| 21 | 1624 | 16,8 | 8,3 | 93,9 | 31,5 | 7,2 | |
| 22 | 1472 | 16,7 | 7,5 | 85,5 | 29,9 | 7,2 | |
| 23 | 1436 | 16,6 | 7,3 | 82,7 | 36,9 | 7,2 | |
| 24 | 1419 | 16,6 | 7,1 | 80,0 | 36,6 | 7,2 | |
| 25 | 1388 | 16,6 | 6,7 | 75,8 | 38,8 | 7,3 | |
| 26 | 1393 | 16,6 | 6,6 | 74,1 | 39,2 | 7,2 | |
| 27 | 1394 | 16,6 | 6,6 | 73,9 | 39,7 | 7,2 | |
| 28 | 1394 | 16,6 | 6,5 | 73,7 | 40,3 | 7,2 | |
| 29 | 1394 | 16,6 | 6,5 | 73,5 | 40,7 | 7,2 | |
| 30 | 1394 | 16,6 | 6,5 | 73,4 | 41,0 | 7,2 | |
| 31 | 1394 | 16,6 | 6,6 | 73,6 | 41,4 | 7,2 | Reborde a 30,7 |
| 32 | 1394 | 16,6 | 6,5 | 73,1 | 41,0 | 7,2 | |
| 33 | 1395 | 16,6 | 6,5 | 72,9 | 40,6 | 7,3 | |
| 34 | 1393 | 16,6 | 6,3 | 71,3 | 27,4 | 7,2 | Aterrado 34,4 |
| 34,4 | | | | | | | Tope a 35 |

El 23 de marzo de 2011 se inaugura la reforma del Museo Pablo Serrano

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-11** | 18,43 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,43 | 1700 | 16,9 | 9,0 | 102,6 | 109,6 | 7,2 | |
| 19 | 1681 | 16,9 | 8,9 | 101,4 | 109,5 | 7,2 | |
| 20 | 1666 | 16,8 | 8,9 | 101,1 | 109,3 | 7,2 | |
| 21 | 1600 | 16,8 | 8,9 | 101,6 | 108,4 | 7,2 | |
| 22 | 1504 | 16,7 | 8,9 | 100,8 | 107,2 | 7,3 | |
| 23 | 1483 | 16,7 | 8,9 | 101,3 | 106,7 | 7,3 | |
| 24 | 1465 | 16,8 | 9,0 | 102,9 | 106,1 | 7,3 | |
| 25 | 1456 | 16,8 | 9,0 | 102,1 | 106,1 | 7,3 | |
| 26 | 1457 | 16,8 | 9,1 | 102,9 | 105,2 | 7,3 | |
| 27 | 1459 | 16,8 | 9,0 | 102,7 | 104,8 | 7,3 | |
| 28 | 1458 | 16,8 | 9,1 | 102,9 | 104,3 | 7,3 | |
| 29 | 1458 | 16,9 | 9,1 | 103,1 | 104,1 | 7,3 | |
| 30 | 1458 | 16,9 | 9,1 | 103,8 | 103,8 | 7,3 | |
| 31 | 1458 | 16,9 | 9,1 | 103,0 | 103,7 | 7,3 | |
| 32 | 1458 | 16,9 | 9,0 | 102,6 | 103,4 | 7,3 | |
| 33 | 1457 | 16,9 | 9,0 | 102,3 | 103,2 | 7,2 | |
| 34 | 1443 | 16,7 | 8,3 | 95,6 | 104,1 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-11 | 18,80 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 18,8 | 1663 | 17,7 | 9,6 | 110,9 | 97,8 | 7,2 | |
| 19 | 1666 | 17,5 | 9,5 | 107,5 | 103,1 | 7,2 | |
| 20 | 1643 | 17,1 | 9,4 | 108,2 | 106,6 | 7,2 | |
| 21 | 1596 | 17,1 | 9,4 | 107,0 | 108,7 | 7,2 | |
| 22 | 1478 | 17,3 | 9,3 | 106,9 | 109,8 | 7,2 | |
| 23 | 1471 | 17,3 | 9,3 | 107,2 | 111,0 | 7,2 | |
| 24 | 1460 | 17,7 | 9,3 | 107,6 | 112,4 | 7,3 | |
| 25 | 1457 | 17,8 | 9,4 | 108,7 | 113,4 | 7,3 | |
| 26 | 1452 | 17,9 | 9,4 | 108,9 | 114,8 | 7,3 | |
| 27 | 1451 | 17,9 | 9,4 | 109,0 | 115,2 | 7,3 | |
| 28 | 1451 | 17,9 | 9,4 | 109,1 | 116,2 | 7,3 | |
| 29 | 1451 | 17,9 | 9,4 | 108,5 | 117,2 | 7,2 | |
| 30 | 1451 | 17,9 | 9,4 | 108,6 | 117,5 | 7,2 | |
| 31 | 1451 | 17,9 | 9,3 | 108,3 | 118,3 | 7,2 | |
| 32 | 1451 | 17,9 | 9,3 | 108,2 | 118,7 | 7,2 | |
| 33 | 1452 | 17,9 | 9,3 | 107,9 | 119,5 | 7,2 | |
| 34 | 1454 | 17,3 | 4,7 | 54,5 | 119,8 | 7,2 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-11 | 18,79 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 18,79 | 1634 | 17,8 | 9,3 | 108,2 | 77,5 | 7,3 | |
| 19 | 1658 | 17,6 | 9,5 | 109,2 | 78,8 | 7,3 | |
| 20 | 1628 | 17,4 | 9,5 | 108,6 | 78,8 | 7,3 | |
| 21 | 1575 | 17,5 | 9,3 | 107,1 | 78,8 | 7,3 | |
| 22 | 1485 | 17,7 | 9,3 | 107,7 | 78,3 | 7,3 | |
| 23 | 1463 | 17,8 | 9,3 | 107,5 | 78,0 | 7,3 | |
| 24 | 1460 | 18,1 | 9,3 | 108,0 | 77,7 | 7,3 | |
| 25 | 1448 | 18,3 | 9,3 | 109,1 | 77,4 | 7,3 | |
| 26 | 1449 | 18,3 | 9,4 | 110,1 | 77,1 | 7,3 | |
| 27 | 1450 | 18,3 | 9,4 | 110,1 | 76,8 | 7,3 | |
| 28 | 1450 | 18,3 | 9,4 | 110,3 | 76,8 | 7,3 | |
| 29 | 1450 | 18,3 | 9,4 | 110,4 | 76,6 | 7,3 | |
| 30 | 1450 | 18,3 | 9,4 | 110,3 | 76,5 | 7,3 | |
| 31 | 1450 | 18,4 | 9,4 | 110,4 | 76,5 | 7,3 | |
| 32 | 1450 | 18,3 | 9,4 | 110,2 | 76,5 | 7,3 | |
| 33 | 1451 | 18,3 | 9,4 | 110,1 | 76,5 | 7,3 | |
| 34 | 1452 | 17,6 | 7,2 | 82,5 | 76,0 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| julio-11 | 19,03 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 19,03 | 1620 | 18,0 | 8,9 | 103,3 | 74,9 | 7,2 | |
| 20 | 1607 | 17,7 | 8,9 | 103,6 | 66,9 | 7,2 | |
| 21 | 1537 | 17,8 | 8,9 | 103,3 | 67,3 | 7,2 | |
| 22 | 1468 | 18,1 | 8,9 | 103,4 | 67,2 | 7,3 | |
| 23 | 1469 | 18,2 | 8,9 | 103,4 | 67,2 | 7,3 | |
| 24 | 1462 | 18,4 | 8,8 | 103,6 | 67,3 | 7,3 | |
| 25 | 1449 | 18,6 | 8,8 | 103,8 | 67,5 | 7,3 | |
| 26 | 1448 | 18,6 | 8,8 | 103,7 | 67,8 | 7,3 | |
| 27 | 1447 | 18,6 | 8,8 | 103,5 | 68,0 | 7,3 | |
| 28 | 1448 | 18,6 | 8,8 | 103,1 | 68,1 | 7,3 | |
| 29 | 1448 | 18,6 | 8,7 | 103,6 | 68,1 | 7,3 | |
| 30 | 1448 | 18,6 | 8,7 | 102,5 | 68,4 | 7,3 | |
| 31 | 1447 | 18,6 | 8,7 | 102,2 | 68,6 | 7,3 | |
| 32 | 1448 | 18,6 | 8,7 | 102,0 | 68,6 | 7,3 | |
| 33 | 1448 | 18,6 | 8,7 | 101,8 | 68,7 | 7,3 | |
| 34 | 1448 | 17,9 | 7,8 | 90,1 | 68,6 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-11 | 19,23 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 19,23 | 1398 | 18,5 | 8,9 | 105,0 | 113,0 | 7,2 | |
| 20 | 1390 | 18,4 | 9,0 | 105,5 | 113,3 | 7,2 | |
| 21 | 1358 | 18,7 | 9,0 | 105,8 | 113,0 | 7,2 | |
| 22 | 1352 | 18,7 | 8,9 | 105,8 | 113,3 | 7,3 | |
| 23 | 1348 | 18,7 | 8,9 | 105,1 | 113,1 | 7,3 | |
| 24 | 1347 | 18,9 | 8,9 | 105,1 | 113,1 | 7,3 | |
| 25 | 1336 | 19,0 | 8,9 | 104,8 | 113,4 | 7,3 | |
| 26 | 1334 | 19,0 | 8,7 | 103,0 | 113,1 | 7,3 | |
| 27 | 1337 | 19,0 | 8,6 | 101,9 | 112,8 | 7,3 | |
| 28 | 1339 | 19,0 | 8,6 | 102,2 | 112,7 | 7,3 | |
| 29 | 1339 | 19,0 | 8,6 | 101,8 | 112,7 | 7,3 | |
| 30 | 1339 | 19,0 | 8,6 | 101,6 | 112,5 | 7,3 | |
| 31 | 1338 | 19,0 | 8,5 | 101,2 | 112,4 | 7,3 | |
| 32 | 1337 | 19,0 | 8,4 | 100,3 | 112,4 | 7,3 | |
| 33 | 1337 | 19,0 | 8,4 | 100,1 | 112,2 | 7,3 | |
| 34 | 1338 | 18,2 | 7,3 | 85,0 | 112,0 | 7,3 | |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-11** | 19,12 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 19,12 | 1425 | 18,9 | 8,8 | 103,8 | 136,4 | 7,3 | |
| 20 | 1436 | 18,5 | 8,6 | 101,5 | 136,7 | 7,3 | |
| 21 | 1405 | 19,0 | 8,5 | 100,7 | 136,2 | 7,3 | |
| 22 | 1353 | 19,1 | 8,3 | 99,4 | 135,5 | 7,3 | |
| 23 | 1352 | 19,1 | 8,3 | 99,4 | 135,5 | 7,3 | |
| 24 | 1343 | 19,2 | 8,3 | 99,2 | 135,3 | 7,3 | |
| 25 | 1329 | 19,3 | 8,3 | 98,4 | 135,6 | 7,3 | |
| 26 | 1333 | 19,3 | 8,1 | 96,8 | 135,0 | 7,3 | |
| 27 | 1332 | 19,3 | 8,0 | 95,2 | 134,1 | 7,3 | |
| 28 | 1329 | 19,3 | 7,9 | 94,6 | 133,8 | 7,3 | |
| 29 | 1329 | 19,3 | 7,9 | 94,2 | 133,8 | 7,3 | |
| 30 | 1329 | 19,3 | 7,9 | 93,9 | 133,6 | 7,3 | |
| 31 | 1331 | 19,3 | 7,9 | 93,8 | 133,3 | 7,3 | |
| 32 | 1331 | 19,3 | 7,8 | 93,7 | 133,3 | 7,3 | |
| 33 | 1331 | 19,3 | 7,9 | 93,8 | 133,2 | 7,3 | |
| 34 | 1337 | 18,8 | 7,9 | 93,2 | 132,9 | 7,3 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-11** | 18,99 | 10:30 aprox | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,99 | 1406 | 19,0 | 8,4 | 99,4 | 63,7 | 7,3 | |
| 20 | 1409 | 18,8 | 8,1 | 96,3 | 63,4 | 7,3 | |
| 21 | 1388 | 18,9 | 8,0 | 94,8 | 62,8 | 7,3 | |
| 22 | 1354 | 19,3 | 7,9 | 94,6 | 62,6 | 7,3 | |
| 23 | 1345 | 19,5 | 7,9 | 94,7 | 62,3 | 7,3 | |
| 24 | 1263 | 19,6 | 7,8 | 94,2 | 62,8 | 7,3 | |
| 25 | 1288 | 19,5 | 7,2 | 86,0 | 63,9 | 7,2 | CE variable |
| 26 | 1306 | 19,5 | 7,1 | 85,0 | 64,9 | 7,3 | |
| 27 | 1308 | 19,5 | 7,0 | 84,4 | 65,1 | 7,3 | |
| 28 | 1308 | 19,5 | 7,0 | 84,3 | 65,2 | 7,3 | |
| 29 | 1308 | 19,5 | 7,0 | 84,1 | 65,4 | 7,3 | |
| 30 | 1308 | 19,5 | 7,0 | 83,4 | 65,4 | 7,3 | |
| 31 | 1308 | 19,6 | 7,0 | 83,8 | 65,4 | 7,3 | |
| 32 | 1308 | 19,5 | 7,0 | 83,5 | 65,8 | 7,3 | |
| 33 | 1308 | 19,5 | 6,9 | 83,3 | 65,8 | 7,3 | |
| 34 | 1325 | 19,0 | 6,2 | 73,2 | 65,7 | 7,3 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **noviembre-11** | 18,84 | 12:33 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,84 | 1405 | 19,1 | 7,5 | 89,8 | 34,5 | 7,3 | |
| 19 | 1406 | 19,0 | 7,4 | 88,0 | 38,2 | 7,3 | |
| 20 | 1410 | 19,0 | 7,2 | 85,8 | 42,0 | 7,3 | |
| 21 | 1391 | 19,2 | 7,1 | 84,8 | 44,5 | 7,3 | |
| 22 | 1359 | 19,6 | 7,0 | 84,4 | 45,2 | 7,3 | |
| 23 | 1352 | 19,8 | 7,1 | 85,1 | 47,4 | 7,3 | |
| 24 | 1347 | 20,0 | 7,0 | 85,3 | 50,0 | 7,3 | |
| 25 | 1328 | 19,8 | 7,0 | 84,0 | 51,4 | 7,3 | |
| 26 | 1329 | 19,8 | 6,8 | 81,7 | 52,8 | 7,3 | |
| 27 | 1331 | 19,8 | 6,7 | 80,6 | 54,7 | 7,3 | |
| 28 | 1331 | 19,8 | 6,7 | 79,9 | 55,6 | 7,3 | |
| 29 | 1332 | 19,8 | 6,6 | 79,5 | 57,0 | 7,3 | |
| 30 | 1332 | 19,8 | 6,6 | 79,3 | 57,8 | 7,3 | |
| 31 | 1330 | 19,8 | 6,6 | 79,1 | 58,4 | 7,3 | |
| 32 | 1332 | 19,8 | 6,5 | 78,7 | 59,1 | 7,3 | |
| 33 | 1332 | 19,8 | 6,5 | 78,7 | 59,7 | 7,3 | |
| 34 | 1331 | 19,1 | 6,6 | 78,3 | 60,5 | 7,3 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **diciembre-11** | 18,72 | 12:25 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,72 | 1382 | 19,1 | 7,4 | 89,5 | 47,1 | 7,3 | |
| 19 | 1379 | 19,1 | 7,1 | 84,2 | 45,8 | 7,3 | |
| 20 | 1381 | 19,2 | 7,0 | 83,2 | 45,6 | 7,3 | |
| 21 | 1361 | 19,3 | 6,8 | 81,6 | 45,5 | 7,3 | |
| 22 | 1329 | 19,6 | 6,6 | 80,0 | 44,5 | 7,3 | |
| 23 | 1319 | 19,7 | 6,3 | 76,1 | 44,7 | 7,3 | |
| 24 | 1302 | 19,8 | 4,3 | 51,5 | 44,5 | 7,3 | |
| 25 | 1281 | 19,6 | 4,8 | 58,1 | 47,1 | 7,3 | |
| 26 | 1275 | 19,4 | 5,0 | 60,4 | 47,4 | 7,3 | |
| 27 | 1273 | 19,4 | 5,0 | 60,0 | 47,3 | 7,3 | |
| 28 | 1271 | 19,4 | 5,1 | 60,6 | 47,6 | 7,3 | |
| 29 | 1272 | 19,4 | 5,1 | 60,8 | 47,6 | 7,3 | |
| 30 | 1272 | 19,4 | 5,1 | 60,8 | 47,7 | 7,3 | |
| 31 | 1273 | 19,4 | 5,1 | 61,6 | 47,7 | 7,3 | |
| 32 | 1273 | 19,4 | 5,1 | 61,6 | 47,7 | 7,3 | |
| 33 | 1272 | 19,4 | 5,1 | 61,4 | 47,7 | 7,3 | |
| 34 | 1330 | 19,0 | 5,0 | 61,3 | 47,9 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-12 | 18,69 | 11:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,69 | 1445 | 18,7 | 5,9 | 70,4 | -45,0 | 7,1 | |
| 19 | 1441 | 18,8 | 5,6 | 66,8 | -38,5 | 7,1 | |
| 20 | 1446 | 18,9 | 5,5 | 64,6 | -37,1 | 7,3 | |
| 21 | 1426 | 18,9 | 5,4 | 63,7 | -35,0 | 7,3 | |
| 22 | 1339 | 18,7 | 5,2 | 61,9 | -34,1 | 7,3 | |
| 23 | 1327 | 18,6 | 5,1 | 60,0 | -33,3 | 7,3 | |
| 24 | 1302 | 18,4 | 4,7 | 55,0 | -32,4 | 7,3 | |
| 25 | 1279 | 18,0 | 4,5 | 52,1 | -30,6 | 7,3 | |
| 26 | 1285 | 18,1 | 4,3 | 50,5 | -29,0 | 7,3 | |
| 27 | 1287 | 18,0 | 4,3 | 50,5 | -27,1 | 7,3 | |
| 28 | 1286 | 18,0 | 4,3 | 50,2 | -26,5 | 7,3 | |
| 29 | 1286 | 18,0 | 4,3 | 49,8 | -25,5 | 7,3 | |
| 30 | 1287 | 18,0 | 4,3 | 49,8 | -24,9 | 7,3 | |
| 31 | 1287 | 18,0 | 4,3 | 49,6 | -24,5 | 7,3 | |
| 32 | 1287 | 18,0 | 4,3 | 49,5 | -23,6 | 7,3 | |
| 33 | 1287 | 18,0 | 4,3 | 49,7 | -22,8 | 7,3 | |
| 34 | 1288 | 18,1 | 4,3 | 49,9 | -22,2 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-12 | 18,57 | 10:40 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,57 | 1388 | 18,5 | 7,8 | 90,7 | -48,7 | 7,4 | |
| 19 | 1389 | 18,6 | 7,6 | 89,7 | -45,6 | 7,4 | |
| 20 | 1426 | 18,7 | 7,6 | 89,2 | -43,3 | 7,4 | |
| 21 | 1407 | 18,8 | 7,5 | 89,5 | -41,5 | 7,4 | |
| 22 | 1369 | 18,9 | 7,9 | 93,4 | -39,7 | 7,4 | |
| 23 | 1359 | 19,0 | 8,1 | 96,1 | -34,4 | 7,4 | |
| 24 | 1352 | 19,0 | 8,3 | 98,0 | -30,6 | 7,4 | |
| 25 | 1352 | 18,9 | 8,2 | 97,6 | -26,6 | 7,4 | |
| 26 | 1352 | 18,8 | 8,3 | 98,0 | -25,7 | 7,4 | |
| 27 | 1352 | 18,8 | 8,3 | 98,0 | -24,8 | 7,4 | |
| 28 | 1353 | 18,8 | 8,3 | 98,3 | -24,0 | 7,4 | |
| 29 | 1353 | 18,8 | 8,3 | 98,6 | -23,1 | 7,4 | |
| 30 | 1353 | 18,8 | 8,3 | 98,6 | -22,5 | 7,4 | |
| 31 | 1353 | 18,8 | 8,3 | 98,3 | -21,7 | 7,4 | |
| 32 | 1353 | 18,8 | 8,3 | 98,3 | -21,3 | 7,4 | |
| 33 | 1353 | 18,8 | 8,3 | 98,1 | -20,8 | 7,4 | |
| 34 | 1347 | 18,5 | 3,0 | 35,0 | -251,9 | 7,4 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-12 | 18,73 | 12:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,73 | 1417 | 18,9 | 7,3 | 86,5 | -110,0 | 7,5 | |
| 19 | 1416 | 18,9 | 7,2 | 84,8 | -106,0 | 7,4 | |
| 20 | 1436 | 19,0 | 6,9 | 82,3 | -95,5 | 7,4 | |
| 21 | 1410 | 19,1 | 6,9 | 82,0 | -93,8 | 7,4 | |
| 22 | 1373 | 19,4 | 6,9 | 82,5 | -92,7 | 7,4 | |
| 23 | 1369 | 19,5 | 6,9 | 83,0 | -90,9 | 7,4 | |
| 24 | 1361 | 19,5 | 7,0 | 87,0 | -86,0 | 7,4 | |
| 25 | 1358 | 19,5 | 7,0 | 83,9 | -87,0 | 7,4 | |
| 26 | 1358 | 19,5 | 7,0 | 84,0 | -85,7 | 7,4 | |
| 27 | 1358 | 19,5 | 7,0 | 84,0 | -84,4 | 7,4 | |
| 28 | 1358 | 19,5 | 7,0 | 84,0 | -83,3 | 7,4 | |
| 29 | 1358 | 19,5 | 7,0 | 84,0 | -82,3 | 7,4 | |
| 30 | 1358 | 19,5 | 7,0 | 84,0 | -81,5 | 7,4 | |
| 31 | 1358 | 19,5 | 7,0 | 84,0 | -80,6 | 7,4 | |
| 32 | 1359 | 19,5 | 7,0 | 83,6 | -80,0 | 7,4 | |
| 33 | 1359 | 19,5 | 7,0 | 83,4 | -79,0 | 7,4 | |
| 34 | 1355 | 18,8 | 6,0 | 72,0 | -79,5 | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-12 | 18,46 | 10:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,46 | 1415 | 19,3 | 6,7 | 80,1 | 70,4 | 7,4 | |
| 19 | 1415 | 19,3 | 6,6 | 79,2 | 69,8 | 7,4 | |
| 20 | 1438 | 19,2 | 6,6 | 79,6 | 69,2 | 7,4 | |
| 21 | 1417 | 19,3 | 6,5 | 77,8 | 68,7 | 7,4 | |
| 22 | 1368 | 19,8 | 6,3 | 76,0 | 67,3 | 7,4 | |
| 23 | 1355 | 20,3 | 6,1 | 73,5 | 66,4 | 7,4 | |
| 24 | 1345 | 20,4 | 6,1 | 73,9 | 66,3 | 7,4 | |
| 25 | 1339 | 20,2 | 6,1 | 73,5 | 66,4 | 7,4 | |
| 26 | 1343 | 20,2 | 6,0 | 72,7 | 66,0 | 7,4 | |
| 27 | 1346 | 20,2 | 6,0 | 72,8 | 65,8 | 7,4 | |
| 28 | 1347 | 20,2 | 6,0 | 73,4 | 65,5 | 7,4 | |
| 29 | 1347 | 20,2 | 6,1 | 73,6 | 65,4 | 7,4 | |
| 30 | 1347 | 20,2 | 6,1 | 73,7 | 65,1 | 7,4 | |
| 31 | 1347 | 20,2 | 6,1 | 73,6 | 64,8 | 7,4 | |
| 32 | 1347 | 20,2 | 6,1 | 73,5 | 64,8 | 7,4 | |
| 33 | 1,347 | 20,2 | 6,0 | 73,4 | 64,5 | 7,4 | |
| 34 | 1357 | 19,6 | 5,4 | 63,2 | 64,5 | 7,4 | |

| Fecha | Nivel | Hora | Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-12 | 18,65 | 12:00 | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 18,65 | 1462 | 19,9 | 8,3 | 100,0 | 49,0 | 7,4 | |
| 19 | 1462 | 19,9 | 8,5 | 102,7 | 51,1 | 7,4 | |
| 20 | 1462 | 19,9 | 8,6 | 103,8 | 51,8 | 7,4 | |
| 21 | 1436 | 20,3 | 8,6 | 105,3 | 52,0 | 7,4 | |
| 22 | 1410 | 21,0 | 8,6 | 106,2 | 52,8 | 7,4 | |
| 23 | 1403 | 21,3 | 8,7 | 108,5 | 52,6 | 7,4 | |
| 24 | 1408 | 21,7 | 8,8 | 109,7 | 53,1 | 7,4 | |
| 25 | 1397 | 21,9 | 8,8 | 110,5 | 53,7 | 7,4 | |
| 26 | 1398 | 21,9 | 8,9 | 111,4 | 53,2 | 7,4 | |
| 27 | 1399 | 21,9 | 8,9 | 111,5 | 54,0 | 7,4 | |
| 28 | 1399 | 21,9 | 9,0 | 111,9 | 53,8 | 7,4 | |
| 29 | 1399 | 21,9 | 8,9 | 111,7 | 54,7 | 7,4 | |
| 30 | 1399 | 21,9 | 8,9 | 111,7 | 54,9 | 7,4 | |
| 31 | 1399 | 21,9 | 8,9 | 112,6 | 55,2 | 7,4 | |
| 32 | 1399 | 21,9 | 8,9 | 111,5 | 55,9 | 7,4 | |
| 33 | 1399 | 21,9 | 8,8 | 111,2 | 55,9 | 7,4 | |
| 34 | 1704 | 20,8 | 5,6 | 68,3 | -87,3 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | Hora | Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-12 | 18,96 | 12:10 | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 18,96 | 1450 | 20,7 | 9,0 | 110,0 | -4,4 | 7,4 | |
| 20 | 1438 | 20,7 | 9,5 | 116,1 | 3,8 | 7,5 | |
| 21 | 1428 | 21,0 | 9,6 | 119,6 | 6,2 | 7,4 | |
| 22 | 1403 | 22,2 | 9,9 | 124,4 | 18,5 | 7,4 | |
| 23 | 1406 | 22,5 | 10,0 | 127,0 | 22,5 | 7,4 | |
| 24 | 1403 | 22,5 | 10,2 | 129,1 | 26,7 | 7,4 | |
| 25 | 1402 | 22,5 | 10,2 | 129,6 | 27,5 | 7,4 | |
| 26 | 1404 | 22,6 | 10,2 | 130,0 | 27,8 | 7,4 | |
| 27 | 1404 | 22,6 | 10,2 | 130,2 | 29,8 | 7,4 | |
| 28 | 1404 | 22,6 | 10,3 | 130,8 | 31,0 | 7,4 | |
| 29 | 1404 | 22,6 | 10,3 | 130,5 | 31,2 | 7,4 | |
| 30 | 1404 | 22,6 | 10,2 | 130,5 | 34,1 | 7,4 | |
| 31 | 1404 | 22,6 | 10,2 | 130,2 | 38,0 | 7,4 | |
| 32 | 1403 | 22,6 | 10,2 | 128,7 | 38,6 | 7,4 | |
| 33 | 1403 | 22,6 | 10,1 | 128,4 | 39,7 | 7,4 | |
| 34 | 1454 | 21,9 | 4,2 | 50,0 | 40,0 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| julio-12 | 19,12 | 13:00 | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 19,12 | 1456 | 21,5 | 8,3 | 103,7 | -27,8 | 7,4 | |
| 20 | 1442 | 21,6 | 8,4 | 105,2 | -17,6 | 7,4 | |
| 21 | 1455 | 21,5 | 8,6 | 106,1 | -13,4 | 7,4 | |
| 22 | 1414 | 21,9 | 8,5 | 106,7 | -8,4 | 7,4 | |
| 23 | 1398 | 22,1 | 8,3 | 105,2 | -5,6 | 7,4 | |
| 24 | 1391 | 22,2 | 8,2 | 103,7 | -3,6 | 7,4 | |
| 25 | 1384 | 22,2 | 8,1 | 102,4 | -1,1 | 7,4 | |
| 26 | 1385 | 22,2 | 8,1 | 101,9 | 0,6 | 7,4 | |
| 27 | 1388 | 22,2 | 8,0 | 101,3 | 3,6 | 7,4 | |
| 28 | 1389 | 22,2 | 8,0 | 101,2 | 5,4 | 7,4 | |
| 29 | 1389 | 22,2 | 8,1 | 101,7 | 6,7 | 7,4 | |
| 30 | 1387 | 22,1 | 8,1 | 101,2 | 8,8 | 7,4 | |
| 31 | 1384 | 22,0 | 8,0 | 100,7 | 10,3 | 7,4 | |
| 32 | 1381 | 21,9 | 8,0 | 100,6 | 11,1 | 7,4 | |
| 33 | 1377 | 21,2 | 8,0 | 100,3 | 12,9 | 7,4 | |
| 34 | 1417 | 20,1 | 4,0 | 49,0 | | 7,4 | |

| Fecha | Nivel | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-12 | 19,24 | 12:15 | | | | | |
| PROFUNDIDAD | CE | Tª | O2 | O2 | Eh | pH | Observaciones |
| m | µS/cm | ºC | mg/l | % | mV | | |
| 19,24 | 1403 | 21,6 | 6,7 | 83,2 | 44,9 | 7,4 | |
| 20 | 1405 | 21,5 | 6,7 | 83,4 | 46,7 | 7,5 | |
| 21 | 1405 | 21,4 | 6,7 | 83,8 | 47,3 | 7,5 | |
| 22 | 1381 | 21,7 | 6,7 | 84,0 | 47,6 | 7,5 | |
| 23 | 1379 | 21,8 | 6,6 | 82,5 | 47,4 | 7,5 | |
| 24 | 1379 | 21,8 | 6,6 | 82,4 | 47,9 | 7,5 | |
| 25 | 1379 | 21,8 | 6,5 | 82,5 | 47,6 | 7,5 | |
| 26 | 1379 | 21,8 | 6,5 | 81,9 | 48,7 | 7,5 | |
| 27 | 1380 | 21,8 | 6,5 | 81,6 | 49,7 | 7,5 | |
| 28 | 1380 | 21,8 | 6,5 | 81,6 | 49,7 | 7,5 | |
| 29 | 1380 | 21,8 | 6,5 | 81,7 | 49,7 | 7,5 | |
| 30 | 1380 | 21,8 | 6,5 | 81,8 | 50,6 | 7,5 | |
| 31 | 1380 | 21,8 | 6,5 | 81,7 | 50,8 | 7,5 | |
| 32 | 1380 | 21,8 | 6,5 | 81,8 | 50,8 | 7,5 | |
| 33 | 1378 | 21,7 | 6,5 | 81,6 | 51,4 | 7,5 | |
| 34 | 1393 | 19,9 | 2,9 | 36,2 | 41,8 | 7,5 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda CE y pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-12** | 19,02 | 12:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 19,02 | 1449 | 21,0 | 5,4 | 66,5 | 66,9 | 7,1 | |
| 20 | 1449 | 21,1 | 5,2 | 64,3 | 69,2 | 7,1 | |
| 21 | 1427 | 21,4 | 5,0 | 62,1 | 68,4 | 7,1 | |
| 22 | 1394 | 21,8 | 4,9 | 61,1 | 69,5 | 7,0 | |
| 23 | 1383 | 21,9 | 4,8 | 60,6 | 69,9 | 7,1 | |
| 24 | 1372 | 21,9 | 4,7 | 59,6 | 70,8 | 7,1 | |
| 25 | 1321 | 21,7 | 4,3 | 53,4 | 71,5 | 7,1 | |
| 26 | 1337 | 21,7 | 4,2 | 52,4 | 71,6 | 7,1 | |
| 27 | 1338 | 21,7 | 4,2 | 52,1 | 71,9 | 7,1 | |
| 28 | 1336 | 21,7 | 4,1 | 51,9 | 72,1 | 7,1 | |
| 29 | 1344 | 21,7 | 4,2 | 52,2 | 72,4 | 7,1 | |
| 30 | 1342 | 21,7 | 4,2 | 53,0 | 72,5 | 7,1 | |
| 31 | 1341 | 21,7 | 4,2 | 52,9 | 72,8 | 7,1 | |
| 32 | 1341 | 21,7 | 4,2 | 53,1 | 73,1 | 7,1 | |
| 33 | 1338 | 20,4 | 4,2 | 52,6 | 73,3 | 7,1 | |
| 34 | 1389 | 20,4 | 2,0 | 24,1 | 69,3 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **noviembre-12** | 18,76 | 12:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,76 | 1470 | 20,9 | 3,3 | 40,8 | 34,8 | 7,1 | |
| 20 | 1450 | 21,1 | 3,3 | 40,8 | 35,3 | 7,1 | |
| 21 | 1424 | 21,4 | 3,4 | 42,9 | 46,8 | 7,1 | |
| 22 | 1399 | 21,9 | 3,5 | 43,7 | 52,1 | 7,1 | |
| 23 | 1393 | 22,2 | 3,5 | 44,9 | 59,4 | 7,1 | |
| 24 | 1374 | 22,4 | 3,6 | 45,6 | 60,5 | 7,1 | |
| 25 | 1385 | 22,1 | 3,7 | 46,4 | 61,3 | 7,1 | |
| 26 | 1386 | 22,1 | 3,7 | 46,7 | 61,7 | 7,1 | |
| 27 | 1390 | 22,2 | 3,7 | 47,3 | 61,9 | 7,1 | |
| 28 | 1389 | 22,2 | 3,8 | 47,6 | 62,2 | 7,1 | |
| 29 | 1389 | 22,2 | 3,8 | 48,0 | 62,2 | 7,1 | |
| 30 | 1389 | 22,2 | 3,8 | 48,4 | 62,3 | 7,1 | |
| 31 | 1390 | 22,2 | 3,9 | 49,1 | 63,9 | 7,1 | |
| 32 | 1390 | 22,2 | 3,9 | 49,6 | 64,5 | 7,1 | |
| 33 | 1389 | 22,2 | 3,9 | 49,7 | 64,5 | 7,1 | |
| 34 | 1389 | 20,6 | 3,7 | 45,1 | 65,2 | 7,1 | |
| 34,35 | 1388 | 20,5 | 3,6 | 43,2 | 65,4 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **diciembre-12** | 18,34 | 10:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,34 | 1475 | 21,1 | 3,1 | 38,7 | 42,9 | 7,0 | |
| 19 | 1472 | 21,2 | 3,2 | 38,9 | 39,1 | 7,1 | |
| 20 | 1457 | 21,3 | 3,2 | 39,2 | 39,4 | 7,1 | |
| 21 | 1420 | 21,6 | 3,2 | 39,6 | 41,7 | 7,0 | |
| 22 | 1382 | 22,0 | 3,2 | 39,9 | 45,2 | 7,1 | |
| 23 | 1371 | 22,2 | 3,2 | 40,1 | 49,4 | 7,0 | |
| 24 | 1365 | 22,0 | 3,2 | 40,1 | 53,7 | 7,1 | |
| 25 | 1328 | 21,4 | 3,0 | 36,8 | 54,9 | 7,1 | |
| 26 | 1329 | 21,4 | 2,9 | 36,2 | 57,5 | 7,1 | |
| 27 | 1334 | 21,3 | 2,9 | 36,1 | 60,1 | 7,1 | |
| 28 | 1337 | 21,4 | 2,9 | 36,1 | 62,2 | 7,1 | |
| 29 | 1337 | 21,4 | 2,9 | 36,3 | 63,2 | 7,1 | |
| 30 | 1337 | 21,4 | 2,9 | 36,5 | 65,1 | 7,1 | |
| 31 | 1337 | 21,4 | 3,0 | 36,9 | 67,0 | 7,1 | |
| 32 | 1337 | 21,4 | 3,0 | 37,2 | 68,9 | 7,1 | |
| 33 | 1337 | 21,4 | 3,0 | 37,2 | 69,9 | 7,1 | |
| 34 | 1364 | 20,7 | 2,9 | 36,2 | 71,0 | 7,1 | |
| 34,35 | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | Punta riada el 22 noche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-13** | 17,52 | 12:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,52 | 1904 | 20,6 | 3,7 | 45,0 | 90,5 | 7,0 | Riada Ebro |
| 18 | 1940 | 20,8 | 3,6 | 44,7 | 87,9 | 7,0 | |
| 19 | 1882 | 20,8 | 3,6 | 44,1 | 86,4 | 6,9 | |
| 20 | 1873 | 21,0 | 3,6 | 44,2 | 86,4 | 7,0 | |
| 21 | 1749 | 21,3 | 3,6 | 44,5 | 85,1 | 7,0 | |
| 22 | 1554 | 21,8 | 3,6 | 44,7 | 83,2 | 7,1 | |
| 23 | 1456 | 21,9 | 3,5 | 44,1 | 83,0 | 7,1 | |
| 24 | 1357 | 21,7 | 3,4 | 43,2 | 83,6 | 7,1 | |
| 25 | 1345 | 21,1 | 3,3 | 41,3 | 85,0 | 7,1 | |
| 26 | 1368 | 21,1 | 3,2 | 40,0 | 85,3 | 7,1 | |
| 27 | 1370 | 21,1 | 3,2 | 39,5 | 85,6 | 7,1 | |
| 28 | 1372 | 21,1 | 3,2 | 39,4 | 86,1 | 7,1 | |
| 29 | 1375 | 21,1 | 3,2 | 39,6 | 86,2 | 7,1 | |
| 30 | 1378 | 21,1 | 3,2 | 39,6 | 86,5 | 7,1 | |
| 31 | 1379 | 21,1 | 3,2 | 39,9 | 87,0 | 7,1 | |
| 32 | 1377 | 21,1 | 3,2 | 40,0 | 87,1 | 7,1 | |
| 33 | 1375 | 21,1 | 3,2 | 40,0 | 87,4 | 7,1 | |
| 34 | 1385 | 20,9 | 3,2 | 39,8 | 87,7 | 7,1 | |
| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
| **febrero-13** | 16,65 | 11:25 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 16,65 | 1862 | 20,9 | 4,9 | 60,9 | 63,2 | 7,0 | Riada Ebro |
| 17 | 1870 | 20,9 | 4,9 | 60,0 | 62,2 | 7,0 | |
| 18 | 1891 | 20,9 | 4,8 | 59,7 | 62,3 | 7,0 | |
| 19 | 1885 | 20,9 | 4,8 | 59,5 | 64,0 | 7,0 | |
| 20 | 1888 | 20,9 | 4,8 | 59,6 | 65,2 | 7,0 | |
| 21 | 1840 | 21,0 | 4,8 | 59,9 | 65,7 | 7,0 | |
| 22 | 1616 | 21,6 | 4,9 | 61,0 | 63,9 | 7,0 | |
| 23 | 1521 | 21,9 | 5,1 | 63,9 | 63,9 | 7,1 | |
| 24 | 1417 | 22,0 | 4,9 | 64,5 | 64,2 | 7,2 | |
| 25 | 1432 | 21,9 | 4,8 | 60,0 | 65,7 | 7,2 | |
| 26 | 1425 | 21,8 | 4,7 | 59,3 | 66,7 | 7,1 | |
| 27 | 1427 | 21,8 | 4,8 | 59,7 | 67,2 | 7,1 | |
| 28 | 1431 | 21,8 | 4,8 | 60,3 | 67,7 | 7,1 | |
| 29 | 1430 | 21,8 | 4,8 | 60,4 | 68,1 | 7,1 | |
| 30 | 1433 | 21,8 | 4,8 | 60,6 | 68,6 | 7,1 | |
| 31 | 1434 | 21,8 | 4,8 | 60,8 | 68,9 | 7,1 | |
| 32 | 1433 | 21,8 | 4,9 | 61,0 | 69,8 | 7,1 | |
| 33 | 1427 | 21,8 | 4,9 | 60,8 | 69,8 | 7,1 | |
| 34 | 1441 | 20,9 | 4,8 | 59,6 | 69,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-13** | 17,14 | 12:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,14 | 1684 | 20,9 | 3,1 | 38,6 | 43,2 | 7,1 | |
| 30 | 1403 | 22,9 | 3,2 | 40,9 | 47,2 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-13** | 17,52 | 13:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,52 | 1527 | 21,7 | 2,9 | 35,6 | 86,5 | 7,2 | |
| 30 | 1382 | 26,0 | 2,7 | 36,4 | 86,4 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-13** | 17,82 | 11:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,82 | 1398 | 23,7 | 2,2 | 28,3 | 88,5 | 7,1 | |
| 30 | 1277 | 26,0 | 2,1 | 27,9 | 86,1 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-13** | 17,73 | 10:40 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,73 | 1472 | 22,7 | 2,7 | 34,7 | 41,5 | 7,0 | |
| 30 | 1370 | 26,1 | 2,8 | 38,1 | 44,1 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-13** | 18,42 | 11:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,42 | 1409 | 25,3 | 5,6 | 74,7 | 33,0 | 7,1 | |
| 30 | 1362 | 28,3 | 5,4 | 75,6 | 74,0 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora |
|---|---|---|

| **agosto-13** | 18,86 | 10:25 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,42 | 1395 | 26,2 | 3,4 | 45,9 | 33,9 | 7,2 | |
| 30 | 1353 | 28,7 | 3,3 | 46,8 | 38,2 | 7,0 | |

| **Fecha septiembre-13** | **Nivel** 19,04 | Hora 11:45 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 19,04 | 1379 | 26,5 | 4,7 | 64,9 | 119,6 | 7,1 | |
| 30 | 1276 | 28,4 | 4,2 | 60,2 | 125,7 | 7,0 | |

| **Fecha octubre-13** | **Nivel** 18,92 | Hora 9:00 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,92 | 1390 | 26,1 | 2,0 | 27,3 | 53,1 | 6,9 | |
| 30 | 1292 | 27,3 | 2,0 | 27,5 | 56,1 | 7,0 | |

| **Fecha enero-14** | **Nivel** 18,27 | Hora 11:30 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,27 | 1460 | 24,6 | 3,3 | 44,0 | -29,0 | 7,0 | |
| 30 | 1366 | 20,6 | 3,2 | 39,0 | -16,4 | 7,2 | |

| Fecha noviembre-10 | Nivel 17,62 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,62 | 1567 | 20,1 | | | | | |
| 18 | 1560 | 20,4 | | | | | |
| 19 | 1558 | 20,5 | | | | | |
| 20 | 1518 | 20,7 | | | | | |
| 21 | 1452 | 20,9 | | | | | |
| 22 | 1432 | 21,1 | | | | | |
| 23 | 1432 | 21,1 | | | | | |
| 24 | 1430 | 21,1 | | | | | |
| 25 | 1427 | 21,1 | | | | | |
| 26 | 1423 | 21,1 | | | | | |
| 27 | 1424 | 21,1 | | | | | |
| 28 | 1427 | 21,1 | | | | | |
| 29 | 1428 | 21,1 | | | | | |
| 30 | 1429 | 21,1 | | | | | |
| 31 | 1427 | 21,1 | | | | | |
| 32 | 1425 | 21,1 | | | | | |
| 33 | 1425 | 21,1 | | | | | |
| 34 | 1427 | 21,0 | | | | | |
| 35 | 1428 | 21,0 | | | | | |
| 36 | 1431 | 20,9 | | | | | |
| 37 | 1440 | 20,5 | | | | | |
| 38 | 1452 | 19,9 | | | | | |
| 39 | 1453 | 19,4 | | | | | |
| 40 | 1454 | 19,0 | | | | | |
| 41 | 1456 | 18,7 | | | | | |
| 42 | 1457 | 18,5 | | | | | |
| 43 | 1457 | 18,2 | | | | | |
| 44 | 1455 | 18,0 | | | | | |
| 45 | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha diciembre-10 | Nivel 17,10 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,1 | 1551 | 20,3 | 9,1 | 111,0 | 10,6 | 7,2 | |
| 18 | 1543 | 20,6 | 8,7 | 106,0 | 13,1 | 7,2 | |
| 19 | 1540 | 20,7 | 8,3 | 101,7 | 14,0 | 7,2 | |
| 20 | 1533 | 20,8 | 8,1 | 99,3 | 15,1 | 7,2 | |
| 21 | 1462 | 21,0 | 7,8 | 95,6 | 16,1 | 7,2 | |
| 22 | 1437 | 21,1 | 7,5 | 92,4 | 16,9 | 7,2 | |
| 23 | 1436 | 21,1 | 7,4 | 90,7 | 17,5 | 7,2 | |
| 24 | 1438 | 21,2 | 7,3 | 89,2 | 18,1 | 7,2 | |
| 25 | 1438 | 21,2 | 7,2 | 88,9 | 18,7 | 7,2 | |
| 26 | 1439 | 21,2 | 7,2 | 88,3 | 19,5 | 7,2 | |
| 27 | 1439 | 21,1 | 7,2 | 88,4 | 19,8 | 7,2 | |
| 28 | 1439 | 21,2 | 7,2 | 88,1 | 20,4 | 7,2 | |
| 29 | 1439 | 21,2 | 7,1 | 88,0 | 17,5 | 7,2 | |
| 30 | 1437 | 21,2 | 7,1 | 88,0 | 19,9 | 7,2 | |
| 31 | 1424 | 21,4 | 7,1 | 87,4 | 20,8 | 7,2 | |
| 32 | 1402 | 21,5 | 7,1 | 87,3 | 23,7 | 7,2 | |
| 33 | 1397 | 21,5 | 7,0 | 86,1 | 24,0 | 7,2 | |
| 34 | 1390 | 21,3 | 6,9 | 85,2 | 24,3 | 7,2 | |
| 35 | 1385 | 21,2 | 6,8 | 83,7 | 24,5 | 7,2 | |
| 36 | 1383 | 20,9 | 6,7 | 82,5 | 24,9 | 7,2 | |
| 37 | 1378 | 20,6 | 6,7 | 81,5 | 24,5 | 7,2 | |
| 38 | 1466 | 20,1 | 5,5 | 63,8 | 13,4 | 7,2 | |
| 39 | 1470 | 19,7 | 4,5 | 52,3 | 12,9 | 7,2 | |
| 40 | 1471 | 19,3 | 3,9 | 45,6 | 12,8 | 7,2 | |
| 41 | 1474 | 19,0 | 3,7 | 42,9 | 12,8 | 7,2 | |
| 42 | 1473 | 18,5 | 3,5 | 41,3 | 13,1 | 7,2 | |
| 43 | 1482 | 18,3 | 3,4 | 40,1 | 14,4 | 7,2 | |
| 44 | 1483 | 18,0 | 3,3 | 38,7 | 14,1 | 7,2 | |
| 45 | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-11 | 17,25 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,25 | 1508 | 20,5 | 8,8 | 107,3 | 120,5 | 7,3 | |
| 18 | 1520 | 20,3 | 8,8 | 106,3 | 120,4 | 7,3 | |
| 19 | 1507 | 20,5 | 8,4 | 102,0 | 125,3 | 7,3 | |
| 20 | 1485 | 20,7 | 8,2 | 100,9 | 127,3 | 7,2 | |
| 21 | 1436 | 20,8 | 8,2 | 100,7 | 128,0 | 7,2 | |
| 22 | 1418 | 20,9 | 8,2 | 100,8 | 128,6 | 7,2 | |
| 23 | 1418 | 20,9 | 8,3 | 102,0 | 128,5 | 7,2 | |
| 24 | 1412 | 20,9 | 8,3 | 101,9 | 128,2 | 7,2 | |
| 25 | 1419 | 20,9 | 8,3 | 102,4 | 127,7 | 7,2 | |
| 26 | 1419 | 21,0 | 8,3 | 102,5 | 128,2 | 7,2 | |
| 27 | 1416 | 20,9 | 8,3 | 102,5 | 128,6 | 7,2 | |
| 28 | 1418 | 20,9 | 8,3 | 102,9 | 128,3 | 7,2 | |
| 29 | 1418 | 20,9 | 8,3 | 102,7 | 128,6 | 7,2 | |
| 30 | 1419 | 20,9 | 8,3 | 102,9 | 128,6 | 7,2 | |
| 31 | 1417 | 20,9 | 8,3 | 102,6 | 128,6 | 7,2 | |
| 32 | 1403 | 20,9 | 8,1 | 97,6 | 128,8 | 7,2 | |
| 33 | 1385 | 20,7 | 7,8 | 95,0 | 128,9 | 7,2 | |
| 34 | 1381 | 20,6 | 7,6 | 92,9 | 128,9 | 7,2 | |
| 35 | 1375 | 20,4 | 7,5 | 90,8 | 126,9 | 7,2 | |
| 36 | 1375 | 20,0 | 6,9 | 83,8 | 127,1 | 7,2 | |
| 37 | 1384 | 19,8 | 6,7 | 80,1 | 127,4 | 7,2 | |
| 38 | 2100 | 19,6 | 5,4 | 62,5 | 122,7 | 7,2 | |
| 39 | 2220 | 19,4 | 3,8 | 45,2 | 122,2 | 7,2 | |
| 40 | 2270 | 19,3 | 3,2 | 38,3 | 121,6 | 7,2 | |
| 41 | 2290 | 19,0 | 2,9 | 34,0 | 121,0 | 7,2 | |
| 42 | 2300 | 18,8 | 2,3 | 27,0 | 120,0 | 7,2 | |
| 43 | 2300 | 18,5 | 1,9 | 22,7 | 119,6 | 7,2 | |
| 44 | 2300 | 18,3 | 1,6 | 19,0 | 119,0 | 7,2 | |
| 45 | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-11 | 17,32 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,32 | 1492 | 20,1 | 8,9 | 107,6 | -11,9 | 7,2 | |
| 18 | 1423 | 20,2 | 8,6 | 104,6 | -11,3 | 7,2 | |
| 19 | 1480 | 20,4 | 8,6 | 103,9 | -10,6 | 7,2 | |
| 20 | 1472 | 20,4 | 8,4 | 102,7 | -10,5 | 7,2 | |
| 21 | 1435 | 20,4 | 8,4 | 102,3 | -10,5 | 7,2 | |
| 22 | 1426 | 20,4 | 8,4 | 102,0 | -10,2 | 7,2 | |
| 23 | 1423 | 20,4 | 8,4 | 101,8 | -9,4 | 7,2 | |
| 24 | 1422 | 20,4 | 8,3 | 101,5 | -9,1 | 7,2 | |
| 25 | 1421 | 20,5 | 8,3 | 101,6 | -8,5 | 7,2 | |
| 26 | 1422 | 20,5 | 8,3 | 101,4 | -7,8 | 7,2 | |
| 27 | 1420 | 20,5 | 8,3 | 101,2 | -6,3 | 7,2 | |
| 28 | 1422 | 20,5 | 8,3 | 101,1 | -5,9 | 7,2 | |
| 29 | 1423 | 20,5 | 8,3 | 101,7 | -5,6 | 7,2 | |
| 30 | 1423 | 20,5 | 8,3 | 101,6 | -5,2 | 7,2 | |
| 31 | 1414 | 20,4 | 8,3 | 101,4 | -4,6 | 7,2 | |
| 32 | 1399 | 20,2 | 8,2 | 99,1 | -4,0 | 7,2 | |
| 33 | 1393 | 20,1 | 7,8 | 95,0 | -2,1 | 7,2 | |
| 34 | 1391 | 19,9 | 7,8 | 93,1 | -2,3 | 7,2 | |
| 35 | 1387 | 19,7 | 7,6 | 92,1 | -1,8 | 7,2 | |
| 36 | 1387 | 19,4 | 7,5 | 90,4 | -1,2 | 7,2 | |
| 37 | 1395 | 19,3 | 7,1 | 84,8 | -0,8 | 7,2 | |
| 38 | 1914 | 19,2 | 4,4 | 52,0 | -2,6 | 7,2 | |
| 39 | 2140 | 19,1 | 3,0 | 35,8 | -2,7 | 7,2 | |
| 40 | 2150 | 19,0 | 2,8 | 33,8 | -2,7 | 7,2 | |
| 41 | 2220 | 18,9 | 2,6 | 29,8 | -3,3 | 7,2 | |
| 42 | 2240 | 18,8 | 1,9 | 22,2 | -4,4 | 7,2 | |
| 43 | 2240 | 18,5 | 1,5 | 17,0 | -4,7 | 7,2 | |
| 44 | 2240 | 18,3 | 1,2 | 13,7 | -5,8 | 7,2 | |
| 45 | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha marzo-11 | Nivel 16,75 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 16,75 | 1811 | 19,5 | 9,3 | 111,8 | 64,6 | 7,3 | |
| 17 | 1801 | 19,8 | 9,1 | 111,6 | 69,3 | 7,2 | |
| 18 | 1793 | 20,1 | 9,1 | 109,6 | 71,6 | 7,2 | |
| 19 | 1781 | 20,1 | 8,9 | 109,6 | 74,3 | 7,2 | |
| 20 | 1764 | 20,1 | 9,0 | 109,1 | 76,2 | 7,2 | |
| 21 | 1687 | 20,1 | 8,9 | 107,1 | 76,8 | 7,2 | |
| 22 | 1609 | 20,1 | 8,8 | 106,4 | 75,7 | 7,2 | |
| 23 | 1588 | 20,1 | 8,7 | 105,4 | 73,9 | 7,2 | |
| 24 | 1588 | 20,1 | 8,7 | 105,2 | 75,1 | 7,2 | |
| 25 | 1585 | 20,1 | 8,6 | 105,0 | 74,6 | 7,2 | |
| 26 | 1583 | 20,1 | 8,6 | 104,6 | 76,3 | 7,2 | |
| 27 | 1582 | 20,1 | 8,6 | 104,7 | 74,4 | 7,2 | |
| 28 | 1582 | 20,1 | 8,6 | 104,3 | 74,2 | 7,2 | |
| 29 | 1587 | 20,1 | 8,6 | 104,3 | 73,6 | 7,2 | |
| 30 | 1587 | 20,1 | 8,6 | 104,5 | 73,3 | 7,2 | |
| 31 | 1587 | 20,0 | 8,6 | 104,4 | 73,0 | 7,2 | |
| 32 | 1563 | 19,7 | 8,7 | 104,3 | 72,5 | 7,2 | |
| 33 | 1543 | 19,3 | 8,5 | 101,9 | 71,8 | 7,2 | |
| 34 | 1537 | 19,1 | 8,4 | 99,2 | 71,3 | 7,2 | |
| 35 | 1535 | 19,0 | 8,3 | 99,8 | 70,7 | 7,2 | |
| 36 | 1535 | 18,8 | 8,2 | 97,0 | 70,5 | 7,2 | |
| 37 | 1545 | 18,7 | 8,3 | 97,3 | 70,2 | 7,2 | |
| 38 | 1816 | 18,7 | 5,7 | 65,4 | 65,2 | 7,2 | |
| 39 | 2080 | 18,7 | 3,6 | 42,3 | 62,3 | 7,2 | |
| 40 | 2150 | 18,7 | 2,3 | 27,0 | 61,7 | 7,2 | |
| 41 | 2180 | 18,7 | 1,6 | 19,5 | 61,6 | 7,2 | |
| 42 | 2200 | 18,6 | 0,9 | 10,3 | 61,1 | 7,2 | |
| 43 | 2230 | 18,5 | 0,5 | 5,9 | 60,4 | 7,2 | |
| 44 | 2230 | 18,3 | 0,3 | 3,2 | 58,4 | 7,2 | |
| 45 | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha abril-11 | Nivel 17,19 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,19 | 1644 | 19,7 | 9,4 | 112,9 | 106,4 | 7,3 | |
| 18 | 1646 | 19,8 | 9,3 | 112,2 | 107,8 | 7,3 | |
| 19 | 1642 | 19,8 | 9,2 | 110,7 | 106,6 | 7,3 | |
| 20 | 1625 | 19,8 | 9,2 | 110,4 | 106,7 | 7,3 | |
| 21 | 1536 | 19,6 | 9,1 | 109,1 | 107,0 | 7,3 | |
| 22 | 1506 | 19,6 | 8,8 | 105,7 | 107,0 | 7,3 | |
| 23 | 1500 | 19,5 | 8,7 | 104,6 | 106,7 | 7,3 | |
| 24 | 1495 | 19,5 | 8,7 | 104,4 | 106,3 | 7,3 | |
| 25 | 1493 | 19,5 | 8,6 | 103,6 | 106,0 | 7,3 | |
| 26 | 1492 | 19,5 | 8,6 | 103,2 | 106,1 | 7,2 | |
| 27 | 1492 | 19,5 | 8,6 | 103,0 | 105,1 | 7,2 | |
| 28 | 1490 | 19,5 | 8,6 | 103,0 | 105,1 | 7,3 | |
| 29 | 1491 | 19,5 | 8,6 | 103,2 | 104,1 | 7,3 | |
| 30 | 1496 | 19,5 | 8,5 | 102,3 | 103,7 | 7,2 | |
| 31 | 1498 | 19,5 | 8,6 | 102,7 | 103,5 | 7,2 | |
| 32 | 1499 | 19,4 | 8,6 | 102,8 | 103,8 | 7,2 | |
| 33 | 1498 | 19,2 | 8,6 | 102,6 | 103,4 | 7,2 | |
| 34 | 1499 | 19,0 | 8,6 | 102,4 | 102,9 | 7,2 | |
| 35 | 1500 | 18,7 | 8,7 | 102,2 | 102,6 | 7,2 | |
| 36 | 1510 | 18,4 | 8,6 | 100,0 | 102,2 | 7,2 | |
| 37 | 1601 | 18,4 | 7,5 | 89,4 | 100,8 | 7,2 | |
| 38 | 1828 | 18,4 | 4,5 | 57,0 | 97,5 | 7,2 | |
| 39 | 1948 | 18,5 | 3,3 | 38,3 | 95,9 | 7,2 | |
| 40 | 2040 | 18,5 | 2,4 | 28,1 | 94,9 | 7,2 | |
| 41 | 2090 | 18,5 | 1,8 | 21,5 | 94,7 | 7,2 | |
| 42 | 2100 | 18,4 | 1,4 | 16,8 | 94,3 | 7,2 | |
| 43 | 2110 | 18,3 | 1,2 | 14,0 | 94,1 | 7,2 | |
| 44 | 2110 | 18,3 | 1,1 | 12,9 | 93,8 | 7,2 | |
| | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha mayo-11 | Nivel 17,55 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,55 | 1580 | 19,1 | 8,9 | 106,3 | 96,1 | 7,3 | |
| 18 | 1581 | 19,1 | 8,8 | 104,7 | 97,6 | 7,3 | |
| 19 | 1574 | 19,1 | 8,8 | 104,6 | 99,0 | 7,3 | |
| 20 | 1540 | 19,1 | 8,8 | 104,2 | 99,4 | 7,3 | |
| 21 | 1495 | 18,9 | 8,7 | 102,8 | 99,9 | 7,3 | |
| 22 | 1470 | 18,7 | 8,5 | 100,5 | 100,3 | 7,3 | |
| 23 | 1477 | 18,7 | 8,1 | 96,2 | 100,6 | 7,3 | |
| 24 | 1465 | 18,7 | 8,0 | 94,4 | 100,6 | 7,3 | |
| 25 | 1466 | 18,7 | 8,0 | 94,4 | 100,6 | 7,3 | |
| 26 | 1466 | 18,7 | 8,0 | 94,4 | 100,9 | 7,3 | |
| 27 | 1467 | 18,7 | 8,0 | 94,3 | 101,3 | 7,3 | |
| 28 | 1466 | 18,7 | 7,9 | 93,7 | 101,1 | 7,3 | |
| 29 | 1465 | 18,7 | 7,9 | 93,7 | 101,3 | 7,3 | |
| 30 | 1466 | 18,7 | 7,9 | 93,5 | 101,1 | 7,3 | |
| 31 | 1467 | 18,7 | 7,9 | 93,5 | 101,1 | 7,3 | |
| 32 | 1467 | 18,6 | 8,0 | 93,6 | 100,6 | 7,3 | |
| 33 | 1467 | 18,5 | 8,0 | 93,7 | 100,0 | 7,3 | |
| 34 | 1468 | 18,4 | 8,0 | 93,4 | 99,3 | 7,3 | |
| 35 | 1468 | 18,2 | 8,0 | 93,1 | 99,0 | 7,3 | |
| 36 | 1473 | 18,1 | 7,9 | 92,7 | 98,8 | 7,3 | |
| 37 | 1526 | 18,0 | 7,4 | 86,4 | 98,2 | 7,3 | |
| 38 | 1708 | 18,0 | 5,1 | 59,0 | 94,9 | 7,3 | |
| 39 | 1861 | 18,2 | 3,8 | 43,8 | 93,5 | 7,3 | |
| 40 | 1926 | 18,2 | 2,9 | 34,2 | 92,6 | 7,3 | |
| 41 | 1954 | 18,2 | 2,5 | 29,3 | 91,4 | 7,3 | |
| 42 | 1977 | 18,2 | 1,9 | 22,4 | 90,9 | 7,3 | |
| 43 | 1991 | 18,2 | 1,6 | 18,3 | 90,2 | 7,3 | |
| 44 | 1992 | 18,2 | 1,0 | 17,0 | 89,7 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha junio-11 | Nivel 17,51 | El nuevo sistema de climatización comineza a funcionar este mes | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,51 | 1571 | 19,2 | 9,2 | 109,8 | 81,3 | 7,3 | |
| 18 | 1583 | 19,0 | 9,0 | 106,2 | 82,4 | 7,3 | |
| 19 | 1559 | 18,9 | 9,0 | 105,5 | 82,7 | 7,3 | |
| 20 | 1526 | 18,8 | 8,7 | 102,5 | 82,3 | 7,3 | |
| 21 | 1510 | 18,7 | 8,6 | 101,5 | 82,4 | 7,3 | |
| 22 | 1506 | 18,5 | 8,6 | 100,7 | 81,9 | 7,3 | |
| 23 | 1460 | 18,5 | 8,5 | 99,5 | 81,5 | 7,3 | |
| 24 | 1464 | 18,5 | 8,4 | 98,8 | 81,3 | 7,3 | |
| 25 | 1465 | 18,5 | 8,4 | 98,3 | 80,7 | 7,3 | |
| 26 | 1466 | 18,5 | 8,3 | 98,0 | 80,6 | 7,3 | |
| 27 | 1464 | 18,5 | 8,3 | 97,6 | 80,3 | 7,3 | |
| 28 | 1465 | 18,5 | 8,3 | 97,1 | 80,3 | 7,3 | |
| 29 | 1467 | 18,5 | 8,2 | 96,9 | 80,0 | 7,3 | |
| 30 | 1471 | 18,5 | 8,2 | 96,6 | 79,8 | 7,3 | |
| 31 | 1469 | 18,5 | 8,2 | 96,6 | 79,5 | 7,3 | |
| 32 | 1469 | 18,4 | 8,3 | 96,7 | 79,2 | 7,3 | |
| 33 | 1466 | 18,4 | 8,3 | 96,8 | 78,6 | 7,3 | |
| 34 | 1463 | 18,4 | 8,2 | 96,7 | 78,3 | 7,3 | |
| 35 | 1463 | 18,3 | 8,3 | 96,3 | 78,1 | 7,3 | |
| 36 | 1464 | 18,2 | 8,2 | 95,6 | 78,0 | 7,3 | |
| 37 | 1468 | 18,0 | 8,2 | 95,4 | 77,8 | 7,3 | |
| 38 | 1814 | 18,0 | 4,1 | 47,8 | 74,2 | 7,3 | |
| 39 | 1814 | 18,0 | 4,0 | 46,5 | 73,3 | 7,3 | |
| 40 | 1816 | 18,1 | 3,9 | 45,7 | 73,1 | 7,3 | |
| 41 | 1816 | 18,1 | 3,9 | 45,1 | 73,0 | 7,3 | |
| 42 | 1818 | 18,1 | 3,8 | 44,6 | 72,8 | 7,3 | |
| 43 | 1833 | 18,1 | 3,8 | 44,0 | 72,7 | 7,3 | |
| 44 | 1835 | 18,1 | 3,5 | 40,5 | 72,4 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha julio-11 | Nivel 17,68 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,68 | 1500 | 19,4 | 8,9 | 106,0 | 47,1 | 7,3 | |
| 18 | 1504 | 19,1 | 8,8 | 105,0 | 48,7 | 7,3 | |
| 19 | 1503 | 19,0 | 8,7 | 103,7 | 49,7 | 7,3 | |
| 20 | 1476 | 19,0 | 8,7 | 103,0 | 50,3 | 7,3 | |
| 21 | 1451 | 19,1 | 8,8 | 104,2 | 51,2 | 7,3 | |
| 22 | 1446 | 19,2 | 8,9 | 106,3 | 51,4 | 7,3 | |
| 23 | 1447 | 19,2 | 9,1 | 107,8 | 52,0 | 7,3 | |
| 24 | 1442 | 19,2 | 9,1 | 108,5 | 52,3 | 7,3 | |
| 25 | 1443 | 19,1 | 9,1 | 108,9 | 52,6 | 7,3 | |
| 26 | 1443 | 19,1 | 9,3 | 109,2 | 52,9 | 7,3 | |
| 27 | 1443 | 19,1 | 9,2 | 109,3 | 53,2 | 7,3 | |
| 28 | 1443 | 19,2 | 9,2 | 109,5 | 53,4 | 7,3 | |
| 29 | 1443 | 19,2 | 9,2 | 109,6 | 53,5 | 7,3 | |
| 30 | 1443 | 19,2 | 9,2 | 109,6 | 53,7 | 7,3 | |
| 31 | 1444 | 19,2 | 9,2 | 109,9 | 54,0 | 7,3 | |
| 32 | 1445 | 19,1 | 9,2 | 109,9 | 54,0 | 7,3 | |
| 33 | 1445 | 19,1 | 9,3 | 110,3 | 53,8 | 7,3 | |
| 34 | 1445 | 19,1 | 9,3 | 110,1 | 53,7 | 7,3 | |
| 35 | 1445 | 18,9 | 9,2 | 109,8 | 53,8 | 7,3 | |
| 36 | 1444 | 18,8 | 9,3 | 109,4 | 54,0 | 7,3 | |
| 37 | 1451 | 18,5 | 9,2 | 108,5 | 54,3 | 7,3 | |
| 38 | 1725 | 18,1 | 4,6 | 53,8 | 52,0 | 7,3 | |
| 39 | 1745 | 18,1 | 4,5 | 53,0 | 50,6 | 7,3 | |
| 40 | 1751 | 18,1 | 4,1 | 47,6 | 50,5 | 7,3 | |
| 41 | 1755 | 18,1 | 4,0 | 46,8 | 50,0 | 7,3 | |
| 42 | 1756 | 18,1 | 3,9 | 45,8 | 50,0 | 7,3 | |
| 43 | 1758 | 18,1 | 3,8 | 44,3 | 50,0 | 7,3 | |
| 44 | 1759 | 18,1 | 3,3 | 38,3 | 50,0 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha agosto-11 | Nivel 17,87 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,87 | 1346 | 21,2 | 8,7 | 107,4 | 111,3 | 7,3 | |
| 19 | 1348 | 21,2 | 8,6 | 107,5 | 109,8 | 7,3 | |
| 20 | 1344 | 21,4 | 8,6 | 107,2 | 109,6 | 7,3 | |
| 21 | 1332 | 22,0 | 8,7 | 109,9 | 108,7 | 7,3 | |
| 22 | 1331 | 22,4 | 9,4 | 119,4 | 107,5 | 7,3 | |
| 23 | 1329 | 22,4 | 9,5 | 117,8 | 105,0 | 7,3 | |
| 24 | 1328 | 22,3 | 9,5 | 120,2 | 105,2 | 7,3 | |
| 25 | 1329 | 22,3 | 9,5 | 119,7 | 104,9 | 7,3 | |
| 26 | 1329 | 22,3 | 9,4 | 119,6 | 104,4 | 7,3 | |
| 27 | 1327 | 22,3 | 9,5 | 119,9 | 104,1 | 7,3 | |
| 28 | 1327 | 22,4 | 9,5 | 119,8 | 103,8 | 7,3 | |
| 29 | 1328 | 22,4 | 9,5 | 120,7 | 103,7 | 7,3 | |
| 30 | 1327 | 22,3 | 9,5 | 120,1 | 103,2 | 7,3 | |
| 31 | 1328 | 22,3 | 9,5 | 120,2 | 103,1 | 7,3 | |
| 32 | 1327 | 22,2 | 9,5 | 120,1 | 102,6 | 7,3 | |
| 33 | 1328 | 22,0 | 9,5 | 119,6 | 102,2 | 7,3 | |
| 34 | 1328 | 21,8 | 9,5 | 119,1 | 101,3 | 7,3 | |
| 35 | 1326 | 21,4 | 9,5 | 118,3 | 100,9 | 7,3 | |
| 36 | 1326 | 21,1 | 9,5 | 117,2 | 100,8 | 7,3 | |
| 37 | 1322 | 19,8 | 9,5 | 116,4 | 100,6 | 7,3 | |
| 38 | 1529 | 18,8 | 5,4 | 64,5 | 99,4 | 7,3 | |
| 39 | 1572 | 18,4 | 4,3 | 50,0 | 98,1 | 7,3 | |
| 40 | 1580 | 18,3 | 4,1 | 48,4 | 98,5 | 7,3 | |
| 41 | 1580 | 18,2 | 4,0 | 47,4 | 98,5 | 7,3 | |
| 42 | 1582 | 18,1 | 3,9 | 45,6 | 98,5 | 7,3 | |
| 43 | 1585 | 18,1 | 3,8 | 43,7 | 98,1 | 7,3 | |
| 44 | 1582 | 18,1 | 3,7 | 43,5 | 97,9 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha septiembre-11 | Nivel 17,76 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,76 | 1345 | 22,4 | 8,4 | 106,1 | 139,8 | 7,3 | |
| 18 | 1347 | 22,3 | 8,4 | 105,9 | 140,3 | 7,3 | |
| 19 | 1345 | 22,4 | 8,3 | 105,1 | 140,5 | 7,3 | |
| 20 | 1342 | 22,7 | 8,3 | 105,5 | 140,3 | 7,3 | |
| 21 | 1336 | 23,3 | 8,2 | 107,2 | 139,7 | 7,3 | |
| 22 | 1330 | 23,8 | 8,3 | 108,2 | 139,3 | 7,3 | |
| 23 | 1328 | 23,9 | 8,4 | 109,9 | 139,6 | 7,3 | |
| 24 | 1327 | 23,9 | 8,5 | 110,6 | 139,6 | 7,1 | |
| 25 | 1327 | 23,9 | 8,5 | 111,1 | 139,0 | 7,3 | |
| 26 | 1327 | 23,9 | 8,5 | 112,2 | 137,7 | 7,3 | |
| 27 | 1327 | 23,9 | 8,5 | 111,2 | 138,2 | 7,2 | |
| 28 | 1327 | 23,9 | 8,6 | 111,5 | 137,3 | 7,3 | |
| 29 | 1327 | 23,8 | 8,7 | 111,9 | 137,0 | 7,3 | |
| 30 | 1327 | 23,8 | 8,6 | 112,2 | 136,1 | 7,3 | |
| 31 | 1327 | 23,8 | 8,6 | 112,4 | 135,3 | 7,3 | |
| 32 | 1327 | 23,6 | 8,6 | 112,8 | 134,2 | 7,3 | |
| 33 | 1326 | 23,4 | 8,6 | 111,7 | 133,3 | 7,3 | |
| 34 | 1326 | 23,1 | 8,6 | 111,0 | 132,7 | 7,3 | |
| 35 | 1325 | 22,6 | 8,7 | 110,6 | 132,4 | 7,3 | |
| 36 | 1326 | 22,1 | 8,7 | 110,0 | 132,3 | 7,3 | |
| 37 | 1329 | 21,0 | 8,9 | 109,1 | 131,8 | 7,3 | |
| 38 | 1503 | 19,4 | 5,3 | 64,1 | 129,1 | 7,3 | |
| 39 | 1529 | 18,9 | 4,4 | 52,4 | 128,5 | 7,3 | |
| 40 | 1544 | 18,6 | 4,3 | 50,7 | 127,7 | 7,3 | |
| 41 | 1546 | 18,5 | 4,2 | 49,8 | 127,6 | 7,3 | |
| 42 | 1549 | 18,3 | 4,2 | 49,0 | 127,4 | 7,3 | |
| 43 | 1549 | 18,2 | 4,0 | 46,9 | 126,9 | 7,3 | |
| 44 | 1551 | 18,1 | 4,0 | 46,6 | 127,1 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha octubre-11 | Nivel 17,67 | Hora 9:40 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,67 | 1327 | 23,1 | 8,2 | 105,7 | 65,7 | 7,3 | |
| 18 | 1366 | 23,2 | 8,2 | 105,3 | 85,5 | 7,3 | |
| 19 | 1367 | 23,3 | 8,0 | 103,2 | 85,9 | 7,3 | |
| 20 | 1366 | 23,6 | 8,0 | 103,6 | 86,4 | 7,3 | |
| 21 | 1342 | 24,4 | 7,9 | 102,9 | 86,7 | 7,2 | |
| 22 | 1353 | 24,7 | 7,6 | 101,1 | 89,2 | 7,3 | |
| 23 | 1333 | 24,9 | 7,6 | 100,5 | 89,2 | 7,3 | |
| 24 | 1333 | 24,9 | 7,5 | 100,1 | 90,0 | 7,3 | |
| 25 | 1332 | 24,9 | 7,5 | 99,9 | 88,9 | 7,3 | |
| 26 | 1332 | 24,9 | 7,5 | 99,6 | 89,2 | 7,3 | |
| 27 | 1332 | 24,9 | 7,4 | 99,3 | 88,6 | 7,3 | |
| 28 | 1332 | 24,9 | 7,5 | 99,3 | 88,2 | 7,3 | |
| 29 | 1332 | 24,9 | 7,5 | 99,5 | 87,9 | 7,3 | |
| 30 | 1332 | 24,9 | 7,5 | 99,5 | 87,0 | 7,3 | |
| 31 | 1333 | 24,9 | 7,5 | 99,5 | 86,5 | 7,3 | |
| 32 | 1333 | 24,8 | 7,5 | 99,5 | 84,8 | 7,3 | |
| 33 | 1333 | 24,6 | 7,5 | 99,3 | 82,4 | 7,3 | |
| 34 | 1330 | 24,3 | 7,5 | 98,2 | 81,6 | 7,3 | |
| 35 | 1328 | 23,7 | 7,6 | 98,4 | 81,6 | 7,3 | |
| 36 | 1333 | 23,2 | 7,6 | 97,4 | 82,3 | 7,3 | |
| 37 | 1334 | 21,7 | 7,7 | 97,1 | 82,9 | 7,3 | |
| 38 | 1472 | 20,5 | 5,7 | 69,6 | 82,7 | 7,3 | |
| 39 | 1500 | 19,8 | 5,3 | 63,7 | 82,7 | 7,3 | |
| 40 | 1507 | 19,3 | 5,0 | 60,1 | 82,7 | 7,3 | |
| 41 | 1515 | 19,0 | 4,8 | 57,0 | 82,7 | 7,3 | |
| 42 | 1515 | 18,7 | 4,6 | 55,0 | 82,7 | 7,3 | |
| 43 | 1518 | 18,2 | 4,4 | 51,0 | 82,4 | 7,3 | |
| 44 | 1520 | 18,2 | 4,1 | 48,6 | 82,1 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **noviembre-11** | 17,48 | 10:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,48 | 1413 | 23,7 | | | | | |
| 18 | 1419 | 23,7 | | | | | |
| 19 | 1410 | 23,9 | 7,1 | 93,2 | 112,7 | 7,3 | |
| 20 | 1404 | 24,0 | | | | | |
| 21 | 1370 | 24,8 | 6,7 | 89,4 | 111,4 | 7,3 | |
| 22 | 1359 | 25,2 | | | | | |
| 23 | 1355 | 25,3 | | | | | |
| 24 | 1355 | 25,3 | | | | | |
| 25 | 1354 | 25,3 | | | | | |
| 26 | 1355 | 25,3 | | | | | |
| 27 | 1356 | 25,3 | | | | | |
| 28 | 1358 | 25,3 | | | | | |
| 29 | 1359 | 25,3 | | 86,1 | | | |
| 30 | 1359 | 25,3 | | | | | |
| 31 | 1359 | 25,3 | | | | | |
| 32 | 1357 | 25,2 | | | 110,0 | | |
| 33 | 1355 | 25,1 | | | | | |
| 34 | 1355 | 24,8 | | | | | |
| 35 | 1357 | 24,4 | | | | | |
| 36 | 1352 | 24,0 | | | | | |
| 37 | 1357 | 22,7 | | | | | |
| 38 | 1448 | 21,5 | | | | | |
| 39 | 1476 | 20,5 | | | 108,0 | | |
| 40 | 1488 | 19,9 | | | | | |
| 41 | 1502 | 19,5 | | | | | |
| 42 | 1510 | 19,0 | | | | | |
| 43 | 1515 | 18,5 | | | | | |
| 44 | 1517 | 18,4 | | | | | |
| | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **diciembre-11** | 17,53 | 14:25 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,53 | 1390 | 23,9 | 6,9 | 89,6 | -77,7 | 7,4 | |
| 18 | 1387 | 23,9 | 6,7 | 87,4 | -73,3 | 7,3 | |
| 19 | 1388 | 24,1 | 6,4 | 83,3 | -73,1 | 7,3 | |
| 20 | 1386 | 24,5 | 6,3 | 83,0 | -70,0 | 7,3 | |
| 21 | 1369 | 25,2 | 6,1 | 82,3 | -69,3 | 7,3 | |
| 22 | 1361 | 25,5 | 6,1 | 81,6 | -69,5 | 7,3 | |
| 23 | 1358 | 25,7 | 6,0 | 81,5 | -69,2 | 7,3 | |
| 24 | 1358 | 25,8 | 6,0 | 81,2 | -68,7 | 7,3 | |
| 25 | 1358 | 25,8 | 6,0 | 81,1 | -68,6 | 7,3 | |
| 26 | 1359 | 25,8 | 6,0 | 81,4 | -68,3 | 7,3 | |
| 27 | 1359 | 25,8 | 6,0 | 81,4 | -67,8 | 7,3 | |
| 28 | 1360 | 25,8 | 6,0 | 81,4 | -67,3 | 7,3 | |
| 29 | 1360 | 25,9 | 6,0 | 81,6 | -66,7 | 7,3 | |
| 30 | 1358 | 26,0 | 6,0 | 81,9 | -66,1 | 7,3 | |
| 31 | 1349 | 25,9 | 6,0 | 82,4 | -65,5 | 7,3 | |
| 32 | 1335 | 25,7 | 6,2 | 83,4 | -64,6 | 7,3 | |
| 33 | 1333 | 25,4 | 6,4 | 86,4 | -59,4 | 7,3 | |
| 34 | 1329 | 25,2 | 6,5 | 86,7 | -58,4 | 7,3 | |
| 35 | 1327 | 24,8 | 6,6 | 86,3 | -57,2 | 7,3 | |
| 36 | 1332 | 25,3 | 6,5 | 85,9 | -56,1 | 7,3 | |
| 37 | 1352 | 22,9 | 3,8 | 48,5 | -56,7 | 7,3 | |
| 38 | 1439 | 22,1 | 3,9 | 49,5 | -57,6 | 7,3 | |
| 39 | 1469 | 21,2 | 4,1 | 50,4 | -55,9 | 7,3 | |
| 40 | 1484 | 20,5 | 4,1 | 50,0 | -55,0 | 7,3 | |
| 41 | 1500 | 20,0 | 4,0 | 48,7 | -54,3 | 7,3 | |
| 42 | 1520 | 19,3 | 3,7 | 45,6 | -53,7 | 7,3 | |
| 43 | 1526 | 18,7 | 3,4 | 42,2 | -53,2 | 7,3 | |
| 44 | 1529 | 18,6 | 2,3 | 37,4 | -53,1 | 7,3 | |
| | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-12** | 17,39 | 10:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,39 | 1440 | 23,7 | 6,1 | 79,0 | -94,1 | 7,4 | |
| 18 | 1436 | 23,8 | 5,8 | 76,3 | -89,1 | 7,3 | |
| 19 | 1426 | 24,5 | 5,5 | 77,3 | -87,0 | 7,3 | |
| 20 | 1416 | 24,8 | 5,4 | 72,2 | -85,0 | 7,3 | |
| 21 | 1309 | 25,3 | 5,4 | 72,2 | -84,6 | 7,3 | |
| 22 | 1381 | 25,6 | 5,4 | 72,3 | -84,2 | 7,2 | |
| 23 | 1378 | 25,8 | 5,3 | 72,3 | -82,4 | 7,3 | |
| 24 | 1375 | 25,9 | 5,4 | 71,5 | -79,5 | 7,3 | |
| 25 | 1376 | 25,9 | 5,4 | 72,5 | -77,5 | 7,3 | |
| 26 | 1375 | 26,0 | 5,4 | 78,8 | -78,0 | 7,3 | |
| 27 | 1376 | 26,0 | 5,4 | 73,1 | -76,6 | 7,3 | |
| 28 | 1376 | 26,0 | 5,4 | 73,3 | -75,4 | 7,3 | |
| 29 | 1375 | 26,3 | 5,4 | 73,5 | -74,2 | 7,3 | |
| 30 | 1371 | 26,3 | 5,4 | 73,8 | -71,9 | 7,3 | |
| 31 | 1346 | 26,1 | 5,4 | 73,7 | -71,0 | 7,3 | |
| 32 | 1365 | 25,9 | 5,4 | 73,3 | -69,5 | 7,3 | |
| 33 | 1344 | 25,6 | 5,4 | 72,8 | -67,3 | 7,3 | |
| 34 | 1343 | 25,3 | 5,4 | 72,1 | -65,1 | 7,3 | |
| 35 | 1344 | 25,0 | 5,3 | 71,3 | -63,5 | 7,3 | |
| 36 | 1342 | 24,6 | 5,2 | 68,9 | -62,2 | 7,3 | |
| 37 | 1338 | 23,4 | 4,3 | 56,1 | -61,1 | 7,3 | |
| 38 | 1437 | 22,5 | 3,8 | 47,8 | -57,6 | 7,3 | |
| 39 | 1467 | 21,7 | 3,4 | 41,9 | -57,6 | 7,3 | |
| 40 | 1487 | 20,9 | 3,2 | 39,8 | -57,3 | 7,3 | |
| 41 | 1502 | 20,4 | 2,9 | 35,3 | -56,6 | 7,3 | |
| 42 | 1544 | 19,8 | 2,5 | 30,3 | -56,6 | 7,3 | |
| 43 | 1596 | 19,1 | 2,2 | 26,9 | -57,6 | 7,3 | |
| 44 | 1548 | 18,7 | 2,1 | 24,5 | -57,9 | 7,3 | |
| 45 | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-12** | 17,24 | 11:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,24 | 1382 | 24,7 | 6,5 | 85,5 | -66,6 | 7,4 | |
| 18 | 1381 | 24,7 | 6,4 | 85,9 | -62,5 | 7,3 | |
| 19 | 1380 | 24,7 | 6,4 | 84,3 | -60,2 | 7,3 | |
| 20 | 1378 | 24,9 | 6,3 | 83,7 | -54,4 | 7,3 | |
| 21 | 1358 | 25,4 | 6,2 | 83,7 | -53,2 | 7,3 | |
| 22 | 1350 | 25,6 | 6,2 | 85,1 | -54,0 | 7,3 | |
| 23 | 1347 | 25,8 | 6,2 | 84,2 | -52,6 | 7,3 | |
| 24 | 1345 | 25,9 | 6,2 | 84,2 | -51,2 | 7,3 | |
| 25 | 1347 | 25,9 | 6,2 | 84,1 | -51,2 | 7,3 | |
| 26 | 1346 | 26,0 | 6,2 | 84,1 | -51,2 | 7,3 | |
| 27 | 1347 | 26,1 | 6,2 | 84,5 | -51,2 | 7,3 | |
| 28 | 1347 | 26,1 | 6,2 | 84,8 | -50,9 | 7,3 | |
| 29 | 1345 | 26,3 | 6,2 | 85,0 | -50,6 | 7,3 | |
| 30 | 1339 | 25,8 | 6,3 | 85,4 | -49,4 | 7,3 | |
| 31 | 1340 | 25,5 | 6,3 | 85,2 | -48,2 | 7,3 | |
| 32 | 1341 | 25,3 | 6,3 | 84,8 | -47,1 | 7,3 | |
| 33 | 1341 | 25,0 | 6,4 | 85,0 | -46,1 | 7,3 | |
| 34 | 1341 | 24,8 | 6,3 | 83,6 | -44,7 | 7,3 | |
| 35 | 1344 | 24,3 | 6,2 | 82,2 | -43,2 | 7,3 | |
| 36 | 1344 | 23,9 | 6,1 | 79,3 | -41,4 | 7,3 | |
| 37 | 1362 | 23,2 | 5,1 | 65,1 | -38,0 | 7,4 | |
| 38 | 1429 | 22,7 | 4,1 | 52,2 | -36,3 | 7,4 | |
| 39 | 1475 | 21,9 | 3,9 | 48,7 | -35,3 | 7,3 | |
| 40 | 1500 | 21,3 | 3,0 | 37,0 | -34,8 | 7,3 | |
| 41 | 1541 | 20,8 | 2,6 | 31,8 | -35,1 | 7,4 | |
| 42 | 1569 | 20,0 | 1,5 | 18,8 | -36,0 | 7,4 | |
| 43 | 1579 | 19,5 | 1,5 | 17,5 | -36,9 | 7,4 | |
| 44 | 1581 | 19,4 | 1,4 | 16,5 | -36,9 | 7,4 | |
| 45 | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-12** | 17,40 | 13:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,40 | 1395 | 24,3 | 6,0 | 78,5 | -109,3 | 7,4 | |
| 18 | 1404 | 24,3 | 5,7 | 75,2 | -92,0 | 7,3 | |
| 19 | 1404 | 24,4 | 5,7 | 75,0 | -89,0 | 7,3 | |
| 20 | 1395 | 24,5 | 5,7 | 75,7 | -87,0 | 7,3 | |
| 21 | 1369 | 24,8 | 5,7 | 75,8 | -85,7 | 7,3 | |
| 22 | 1371 | 24,9 | 5,7 | 75,6 | -83,9 | 7,3 | |
| 23 | 1359 | 25,0 | 5,7 | 75,5 | -82,3 | 7,3 | |
| 24 | 1357 | 25,0 | 5,7 | 75,7 | -81,2 | 7,3 | |
| 25 | 1357 | 25,1 | 5,7 | 75,5 | -79,8 | 7,3 | |
| 26 | 1357 | 25,2 | 5,6 | 75,3 | -78,8 | 7,3 | |
| 27 | 1358 | 25,2 | 5,6 | 75,3 | -76,9 | 7,3 | |
| 28 | 1359 | 25,2 | 5,6 | 75,5 | -75,9 | 7,3 | |
| 29 | 1359 | 25,2 | 5,7 | 75,5 | -74,8 | 7,3 | |
| 30 | 1355 | 25,1 | 5,7 | 75,4 | -73,7 | 7,3 | |
| 31 | 1346 | 24,9 | 5,7 | 75,3 | -72,4 | 7,3 | |
| 32 | 1345 | 24,5 | 5,6 | 74,4 | -71,2 | 7,3 | |
| 33 | 1345 | 24,3 | 5,6 | 73,2 | -69,9 | 7,3 | |
| 34 | 1356 | 25,0 | 5,6 | 72,6 | -68,6 | 7,3 | |
| 35 | 1356 | 23,7 | 5,5 | 71,4 | -66,7 | 7,3 | |
| 36 | 1359 | 23,1 | 5,2 | 65,5 | -65,2 | 7,4 | |
| 37 | 1370 | 22,5 | 4,3 | 55,0 | -63,5 | 7,4 | |
| 38 | 1437 | 22,2 | 4,1 | 52,0 | -60,4 | 7,4 | |
| 39 | 1481 | 21,6 | 3,0 | 37,7 | -59,7 | 7,3 | |
| 40 | 1518 | 21,3 | 2,7 | 33,2 | -60,5 | 7,3 | |
| 41 | 1552 | 21,0 | 2,3 | 28,1 | -60,7 | 7,4 | |
| 42 | 1572 | 20,3 | 1,7 | 21,5 | -62,2 | 7,4 | |
| 43 | 1578 | 19,8 | 1,4 | 16,5 | -63,0 | 7,4 | |
| 44 | 1581 | 19,6 | 1,1 | 13,0 | -64,0 | 7,4 | |
| 45 | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-12** | 17,10 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,10 | 1371 | 23,8 | 5,3 | 68,7 | -11,9 | 7,4 | |
| 18 | 1365 | 23,9 | 5,1 | 67,3 | -9,9 | 7,3 | |
| 19 | 1367 | 23,9 | 5,1 | 66,7 | -9,0 | 7,4 | |
| 20 | 1362 | 24,0 | 5,1 | 66,4 | -7,6 | 7,3 | |
| 21 | 1359 | 24,1 | 5,1 | 66,5 | -5,9 | 7,4 | |
| 22 | 1356 | 24,2 | 5,1 | 66,7 | -4,7 | 7,4 | |
| 23 | 1355 | 24,3 | 5,1 | 66,9 | -3,0 | 7,4 | |
| 24 | 1355 | 24,4 | 5,1 | 66,9 | -1,5 | 7,3 | |
| 25 | 1355 | 24,4 | 5,1 | 67,0 | -0,5 | 7,4 | |
| 26 | 1355 | 24,5 | 5,1 | 67,1 | 0,6 | 7,4 | |
| 27 | 1355 | 24,5 | 5,1 | 66,7 | 1,7 | 7,3 | |
| 28 | 1355 | 24,5 | 5,1 | 67,1 | 2,6 | 7,4 | |
| 29 | 1355 | 24,5 | 5,1 | 67,3 | 3,6 | 7,4 | |
| 30 | 1354 | 24,3 | 5,0 | 66,7 | 4,9 | 7,4 | |
| 31 | 1354 | 23,7 | 5,0 | 64,7 | 5,5 | 7,4 | |
| 32 | 1356 | 23,4 | 5,0 | 64,2 | 6,1 | 7,4 | |
| 33 | 1357 | 23,2 | 5,0 | 63,8 | 7,1 | 7,4 | |
| 34 | 1356 | 23,1 | 4,9 | 63,3 | 8,2 | 7,4 | |
| 35 | 1357 | 22,8 | 4,9 | 62,7 | 9,6 | 7,4 | |
| 36 | 1356 | 22,3 | 4,7 | 60,1 | 10,6 | 7,4 | |
| 37 | 1363 | 22,1 | 4,6 | 58,0 | 12,0 | 7,4 | |
| 38 | 1433 | 21,8 | 3,3 | 41,0 | 14,0 | 7,4 | |
| 39 | 1439 | 21,5 | 2,6 | 32,5 | 15,4 | 7,4 | |
| 40 | 1509 | 21,2 | 2,2 | 27,7 | 16,0 | 7,4 | |
| 41 | 1534 | 20,9 | 1,7 | 20,4 | 15,7 | 7,4 | |
| 42 | 1565 | 20,5 | 1,0 | 12,2 | 15,2 | 7,4 | |
| 43 | 1570 | 20,0 | 0,7 | 7,8 | 14,9 | 7,4 | |
| 44 | 1570 | 19,5 | 0,4 | 4,8 | -4,3 | 7,4 | |
| 45 | | | | | | | Aterrado a 44,5 |

| Fecha | Nivel | hora | Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-12 | 17,31 | 11:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,31 | 1489 | 23,3 | 6,6 | 84,6 | 34,7 | 7,4 | |
| 18 | 1493 | 23,5 | 6,7 | 86,1 | 36,6 | 7,4 | |
| 19 | 1484 | 23,6 | 6,7 | 87,0 | 37,6 | 7,4 | |
| 20 | 1460 | 23,7 | 6,8 | 88,0 | 38,8 | 7,4 | |
| 21 | 1405 | 23,8 | 6,9 | 89,8 | 39,7 | 7,4 | |
| 22 | 1398 | 23,9 | 7,2 | 94,5 | 39,5 | 7,4 | |
| 23 | 1394 | 23,9 | 7,5 | 97,3 | 40,0 | 7,4 | |
| 24 | 1392 | 23,9 | 7,5 | 99,3 | 40,6 | 7,4 | |
| 25 | 1392 | 23,9 | 7,6 | 98,8 | 40,9 | 7,4 | |
| 26 | 1392 | 23,9 | 7,7 | 99,2 | 41,2 | 7,4 | |
| 27 | 1392 | 23,9 | 7,6 | 99,7 | 41,4 | 7,4 | |
| 28 | 1392 | 23,9 | 7,7 | 100,0 | 41,8 | 7,4 | |
| 29 | 1392 | 23,9 | 7,7 | 100,0 | 41,7 | 7,4 | |
| 30 | 1391 | 23,9 | 7,7 | 100,0 | 41,6 | 7,4 | |
| 31 | 1388 | 23,9 | 7,7 | 100,4 | 42,7 | 7,4 | |
| 32 | 1385 | 23,8 | 7,8 | 100,5 | 42,6 | 7,4 | |
| 33 | 1386 | 23,5 | 7,7 | 100,1 | 43,0 | 7,4 | |
| 34 | 1381 | 23,2 | 7,6 | 97,0 | 43,8 | 7,4 | |
| 35 | 1376 | 22,7 | 7,5 | 95,0 | 43,8 | 7,4 | |
| 36 | 1376 | 22,3 | 7,3 | 93,0 | 44,8 | 7,4 | |
| 37 | 1461 | 21,6 | 7,2 | 90,0 | 44,8 | 7,4 | |
| 38 | 1640 | 21,4 | 5,9 | 74,0 | 44,2 | 7,4 | |
| 39 | 1726 | 21,1 | 3,8 | 48,0 | 45,5 | 7,4 | |
| 40 | 1744 | 21,0 | 3,6 | 44,0 | 46,2 | 7,4 | |
| 41 | 1756 | 20,7 | 3,4 | 42,0 | 46,7 | 7,4 | |
| 42 | 1761 | 20,4 | 3,4 | 41,3 | 45,5 | 7,4 | |
| 43 | 1766 | 20,0 | 3,3 | 39,7 | 44,5 | 7,4 | |
| 43,8 | 1762 | 19,8 | 2,7 | 32,3 | 49,1 | 7,4 | Aterrado a 44 |

| Fecha | Nivel | hora | Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-12 | 17,62 | 11:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,62 | 1406 | 23,3 | 8,1 | 104,0 | 21,6 | 7,4 | |
| 18 | 1414 | 23,3 | 8,3 | 105,8 | 24,9 | 7,4 | |
| 19 | 1410 | 23,4 | 8,4 | 108,0 | 28,4 | 7,4 | |
| 20 | 1395 | 23,6 | 8,4 | 108,7 | 30,4 | 7,4 | |
| 21 | 1387 | 23,8 | 8,7 | 113,8 | 33,9 | 7,4 | |
| 22 | 1372 | 23,9 | 9,1 | 118,1 | 34,7 | 7,4 | |
| 23 | 1372 | 23,9 | 9,3 | 121,7 | 35,4 | 7,3 | |
| 24 | 1371 | 23,9 | 9,3 | 122,4 | 36,8 | 7,4 | |
| 25 | 1371 | 23,9 | 9,4 | 122,6 | 37,1 | 7,4 | |
| 26 | 1371 | 23,9 | 9,4 | 123,0 | 37,4 | 7,4 | |
| 27 | 1371 | 23,9 | 9,5 | 123,4 | 36,8 | 7,4 | |
| 28 | 1372 | 23,9 | 9,5 | 123,5 | 36,5 | 7,4 | |
| 29 | 1371 | 23,9 | 9,5 | 123,8 | 36,6 | 7,4 | |
| 30 | 1371 | 23,9 | 9,4 | 123,4 | 36,9 | 7,4 | |
| 31 | 1372 | 23,9 | 9,5 | 123,8 | 36,6 | 7,4 | |
| 32 | 1371 | 23,7 | 9,5 | 123,7 | 36,8 | 7,4 | |
| 33 | 1370 | 23,3 | 9,5 | 122,5 | 36,6 | 7,4 | |
| 34 | 1371 | 23,0 | 9,5 | 122,5 | 37,2 | 7,4 | |
| 35 | 1372 | 22,4 | 9,6 | 122,2 | 37,4 | 7,4 | |
| 36 | 1370 | 22,2 | 9,6 | 120,8 | 38,3 | 7,4 | |
| 37 | 1389 | 21,6 | 9,6 | 120,4 | 38,5 | 7,4 | |
| 38 | 1609 | 21,2 | 5,8 | 72,5 | 38,2 | 7,4 | |
| 39 | 1629 | 21,0 | 5,6 | 69,0 | 41,2 | 7,4 | |
| 40 | 1691 | 20,8 | 5,0 | 61,0 | 42,1 | 7,4 | |
| 41 | 1707 | 20,6 | 4,3 | 53,0 | 42,6 | 7,4 | |
| 42 | 1719 | 20,3 | 3,9 | 47,0 | 40,9 | 7,4 | |
| 43 | 1723 | 19,9 | 3,3 | 40,0 | 41,4 | 7,4 | |
| 43,8 | 1721 | 19,7 | 2,7 | 32,0 | 46,2 | 7,4 | Aterrado a 44 |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-12** | 17,78 | 12:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,78 | 1375 | 23,9 | 8,1 | 105,4 | -28,4 | 7,4 | |
| 18 | 1375 | 23,9 | 8,1 | 104,9 | -25,4 | 7,4 | |
| 19 | 1375 | 23,9 | 8,1 | 106,3 | -20,7 | 7,4 | |
| 20 | 1372 | 24,1 | 8,2 | 107,5 | -15,2 | 7,4 | |
| 21 | 1365 | 24,4 | 8,5 | 112,9 | -10,5 | 7,3 | |
| 22 | 1366 | 24,6 | 8,8 | 115,8 | -7,9 | 7,4 | |
| 23 | 1367 | 24,6 | 8,9 | 118,0 | -5,2 | 7,4 | |
| 24 | 1363 | 24,6 | 9,0 | 118,7 | -1,8 | 7,4 | |
| 25 | 1364 | 24,6 | 9,0 | 119,0 | 0,2 | 7,4 | |
| 26 | 1363 | 24,6 | 9,0 | 119,5 | 1,4 | 7,4 | |
| 27 | 1364 | 24,6 | 9,1 | 120,1 | 3,4 | 7,4 | |
| 28 | 1365 | 24,6 | 9,1 | 119,4 | 4,4 | 7,4 | |
| 29 | 1364 | 24,6 | 9,1 | 120,2 | 6,1 | 7,4 | |
| 30 | 1366 | 24,6 | 9,1 | 119,7 | 7,3 | 7,4 | |
| 31 | 1364 | 24,6 | 9,1 | 119,8 | 8,8 | 7,4 | |
| 32 | 1363 | 24,4 | 9,1 | 120,1 | 9,7 | 7,4 | |
| 33 | 1363 | 24,3 | 9,1 | 120,2 | 10,6 | 7,4 | |
| 34 | 1363 | 24,0 | 9,1 | 117,9 | 11,9 | 7,3 | |
| 35 | 1366 | 23,4 | 9,1 | 118,7 | 12,8 | 7,4 | |
| 36 | 1369 | 22,9 | 9,1 | 116,3 | 15,1 | 7,4 | |
| 37 | 1427 | 21,9 | 8,4 | 105,0 | 17,3 | 7,4 | |
| 38 | 1555 | 21,2 | 6,7 | 84,2 | 19,9 | 7,4 | |
| 39 | 1605 | 20,9 | 5,4 | 67,4 | 23,4 | 7,4 | |
| 40 | 1630 | 20,7 | 4,9 | 60,4 | 25,7 | 7,4 | |
| 41 | 1342 | 20,5 | 4,5 | 54,7 | 27,2 | 7,4 | |
| 42 | 1650 | 20,2 | 3,8 | 46,0 | 26,8 | 7,4 | |
| 43 | 1652 | 20,0 | 3,4 | 41,6 | 28,0 | 7,4 | |
| 43,8 | 1652 | 19,9 | 3,2 | 38,3 | 46,5 | 7,3 | Aterrado a 43,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-12** | 17,87 | 11:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,87 | 1371 | 24,6 | 6,6 | 86,8 | 45,3 | 7,4 | |
| 18 | 1374 | 24,5 | 6,6 | 87,1 | 46,2 | 7,5 | |
| 19 | 1368 | 24,8 | 6,6 | 87,7 | 46,2 | 7,4 | |
| 20 | 1368 | 25,0 | 6,8 | 89,7 | 46,8 | 7,4 | |
| 21 | 1360 | 25,4 | 6,9 | 9,9 | 47,1 | 7,4 | |
| 22 | 1357 | 25,7 | 7,2 | 97,2 | 48,2 | 7,4 | |
| 23 | 1358 | 25,7 | 7,3 | 98,8 | 48,0 | 7,4 | |
| 24 | 1359 | 25,7 | 7,4 | 99,4 | 47,6 | 7,5 | |
| 25 | 1357 | 25,6 | 7,4 | 99,8 | 48,0 | 7,4 | |
| 26 | 1359 | 25,6 | 7,4 | 99,1 | 54,0 | 7,4 | |
| 27 | 1358 | 25,6 | 7,5 | 100,5 | 58,4 | 7,4 | |
| 28 | 1359 | 25,6 | 7,5 | 101,4 | 60,2 | 7,4 | |
| 29 | 1359 | 25,6 | 7,6 | 102,0 | 61,4 | 7,4 | |
| 30 | 1359 | 25,6 | 7,6 | 102,5 | 61,7 | 7,4 | |
| 31 | 1359 | 25,6 | 7,5 | 101,8 | 59,9 | 7,4 | |
| 32 | 1359 | 25,6 | 7,6 | 102,0 | 59,7 | 7,4 | |
| 33 | 1358 | 25,3 | 7,6 | 101,9 | 58,1 | 7,5 | |
| 34 | 1355 | 25,0 | 7,6 | 101,2 | 58,4 | 7,4 | |
| 35 | 1354 | 24,4 | 7,6 | 100,7 | 57,5 | 7,5 | |
| 36 | 1357 | 23,8 | 7,7 | 100,2 | 57,9 | 7,5 | |
| 37 | 1358 | 22,4 | 7,8 | 98,9 | 58,4 | 7,4 | |
| 38 | 1561 | 21,6 | 5,1 | 63,4 | 60,5 | 7,5 | |
| 39 | 1587 | 21,1 | 4,6 | 56,7 | 61,9 | 7,5 | |
| 40 | 1602 | 20,8 | 4,2 | 52,4 | 63,2 | 7,5 | |
| 41 | 1611 | 20,6 | 3,8 | 46,2 | 64,2 | 7,5 | |
| 42 | 1612 | 20,3 | 3,2 | 39,5 | 63,2 | 7,5 | |
| 43 | 1612 | 19,9 | 2,7 | 32,1 | 64,0 | 7,5 | |
| 43,8 | 1613 | 19,7 | 2,3 | 28,1 | 64,6 | 7,4 | Aterrado a 43,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | **Se ha calibrado sonda CE y pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-12** | 17,69 | 11:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,69 | 1422 | 25,3 | 5,9 | 79,5 | 70,2 | 7,1 | |
| 18 | 1425 | 25,4 | 6,0 | 80,2 | 71,6 | 7,1 | |
| 19 | 1424 | 25,4 | 6,0 | 80,9 | 72,5 | 7,1 | |
| 20 | 1424 | 25,5 | 6,1 | 81,4 | 73,1 | 7,1 | |
| 21 | 1411 | 26,1 | 6,1 | 83,4 | 73,1 | 7,0 | |
| 22 | 1407 | 26,3 | 6,3 | 85,3 | 73,4 | 7,0 | |
| 23 | 1406 | 26,4 | 6,3 | 86,3 | 74,2 | 7,1 | |
| 24 | 1405 | 26,4 | 6,4 | 86,9 | 74,3 | 7,1 | |
| 25 | 1405 | 26,4 | 6,4 | 87,3 | 74,5 | 7,1 | |
| 26 | 1404 | 26,4 | 6,4 | 87,9 | 74,3 | 7,1 | |
| 27 | 1405 | 26,4 | 6,4 | 88,1 | 74,3 | 7,1 | |
| 28 | 1404 | 26,4 | 6,4 | 88,2 | 74,5 | 7,1 | |
| 29 | 1405 | 26,4 | 6,4 | 88,2 | 74,5 | 7,1 | |
| 30 | 1403 | 26,4 | 6,4 | 87,9 | 74,5 | 7,1 | |
| 31 | 1402 | 26,2 | 6,5 | 88,0 | 74,3 | 7,0 | |
| 32 | 1396 | 25,5 | 6,6 | 89,0 | 74,0 | 7,0 | |
| 33 | 1395 | 25,2 | 6,6 | 88,8 | 74,3 | 7,1 | |
| 34 | 1394 | 25,0 | 6,6 | 88,3 | 75,6 | 7,0 | |
| 35 | 1393 | 24,7 | 6,6 | 87,2 | 75,4 | 7,1 | |
| 36 | 1394 | 24,4 | 6,6 | 87,0 | 76,2 | 7,1 | |
| 37 | 1424 | 23,3 | 5,0 | 65,1 | 76,6 | 7,1 | |
| 38 | 1509 | 22,4 | 4,5 | 57,6 | 78,0 | 7,1 | |
| 39 | 1549 | 21,9 | 4,2 | 53,0 | 79,2 | 7,1 | |
| 40 | 1576 | 21,4 | 3,8 | 47,7 | 79,5 | 7,1 | |
| 41 | 1603 | 21,0 | 3,3 | 40,5 | 79,8 | 7,1 | |
| 42 | 1619 | 20,5 | 2,8 | 33,9 | 79,7 | 7,1 | |
| 43 | 1621 | 20,1 | 2,3 | 28,4 | 79,5 | 7,1 | Aterrado a 43,9 |
| 43,9 | 1622 | 20,0 | 2,1 | 25,5 | 79,5 | 7,1 | |

| Fecha noviembre-12 | Nivel 17,44 | hora 13.35 | **28/11/12 dejan de inyectar hasta finales de febrero** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,44 | 1479 | 25,2 | 5,3 | 70,7 | 74,3 | 7,1 | |
| 18 | 1487 | 24,7 | 5,4 | 71,7 | 75,6 | 7,1 | |
| 19 | 1470 | 25,5 | 5,4 | 72,1 | 77,8 | 7,1 | |
| 20 | 1457 | 25,7 | 5,4 | 73,1 | 78,3 | 7,1 | |
| 21 | 1427 | 26,2 | 5,4 | 73,4 | 78,6 | 7,1 | |
| 22 | 1421 | 26,3 | 5,4 | 73,6 | 78,9 | 7,0 | |
| 23 | 1418 | 26,4 | 5,4 | 74,2 | 79,5 | 7,0 | |
| 24 | 1417 | 26,4 | 5,5 | 74,9 | 80,3 | 7,1 | |
| 25 | 1416 | 26,5 | 5,5 | 75,6 | 80,1 | 7,1 | |
| 26 | 1417 | 26,5 | 5,6 | 76,0 | 79,8 | 7,1 | |
| 27 | 1417 | 26,5 | 5,6 | 76,2 | 79,4 | 7,1 | |
| 28 | 1416 | 26,5 | 5,6 | 76,5 | 78,9 | 7,1 | |
| 29 | 1417 | 26,5 | 5,6 | 76,7 | 78,1 | 7,1 | |
| 30 | 1420 | 26,5 | 5,7 | 77,5 | 77,4 | 7,1 | |
| 31 | 1411 | 26,3 | 5,7 | 77,8 | 77,1 | 7,1 | |
| 32 | 1400 | 26,1 | 6,1 | 82,6 | 79,7 | 7,1 | |
| 33 | 1399 | 25,9 | 6,1 | 83,0 | 79,8 | 7,1 | |
| 34 | 1397 | 25,6 | 6,1 | 82,8 | 80,1 | 7,1 | |
| 35 | 1398 | 25,3 | 6,1 | 82,4 | 80,6 | 7,1 | |
| 36 | 1399 | 25,1 | 6,1 | 71,3 | 81,0 | 7,1 | |
| 37 | 1426 | 24,0 | 4,8 | 62,5 | 81,9 | 7,1 | |
| 38 | 1517 | 23,2 | 4,2 | 53,4 | 83,2 | 7,1 | |
| 39 | 1559 | 22,3 | 3,6 | 45,1 | 84,1 | 7,1 | |
| 40 | 1580 | 21,7 | 3,2 | 39,1 | 84,5 | 7,1 | |
| 41 | 1600 | 21,4 | 2,9 | 36,0 | 84,7 | 7,1 | |
| 42 | 1625 | 20,8 | 2,4 | 29,4 | 84,4 | 7,1 | |
| 43 | 1628 | 20,3 | 2,1 | 25,2 | 84,2 | 7,1 | Aterrado a 43,9 |
| 43,9 | 1626 | 20,2 | 1,9 | 23,7 | 83,5 | 7,1 | |

| Fecha diciembre-12 | Nivel 16,96 | hora 11:00 | **Se ha calibrado sonda pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 16,96 | 1386 | 26,1 | 3,9 | 53,0 | 87,3 | 7,1 | |
| 18 | 1384 | 26,2 | 3,9 | 53,2 | 87,9 | 7,1 | |
| 19 | 1383 | 26,4 | 3,9 | 53,5 | 89,4 | 7,1 | |
| 20 | 1384 | 26,6 | 4,0 | 54,1 | 89,7 | 7,1 | |
| 21 | 1383 | 26,8 | 4,0 | 55,4 | 90,2 | 7,1 | |
| 22 | 1384 | 26,8 | 4,2 | 57,8 | 87,7 | 7,1 | |
| 23 | 1385 | 26,8 | 4,2 | 58,2 | 88,0 | 7,1 | |
| 24 | 1385 | 26,8 | 4,2 | 58,5 | 89,1 | 7,1 | |
| 25 | 1385 | 26,8 | 4,3 | 58,8 | 89,7 | 7,1 | |
| 26 | 1385 | 26,8 | 4,3 | 59,4 | 90,5 | 7,1 | |
| 27 | 1385 | 26,8 | 4,4 | 59,9 | 90,9 | 7,1 | |
| 28 | 1386 | 26,6 | 4,4 | 60,0 | 91,4 | 7,1 | |
| 29 | 1388 | 26,1 | 4,4 | 59,5 | 91,5 | 7,1 | |
| 30 | 1387 | 25,9 | 4,4 | 58,9 | 91,8 | 7,1 | |
| 31 | 1388 | 25,8 | 4,3 | 58,6 | 92,3 | 7,1 | |
| 32 | 1389 | 25,6 | 4,4 | 58,6 | 92,7 | 7,1 | |
| 33 | 1390 | 25,5 | 4,3 | 58,1 | 93,5 | 7,1 | |
| 34 | 1389 | 25,3 | 4,3 | 57,5 | 94,0 | 7,1 | |
| 35 | 1392 | 24,9 | 4,2 | 56,2 | 95,0 | 7,1 | |
| 36 | 1394 | 24,6 | 4,2 | 55,1 | 95,6 | 7,1 | |
| 37 | 1397 | 24,0 | 4,0 | 52,4 | 96,2 | 7,1 | |
| 38 | 1521 | 23,3 | 3,3 | 42,9 | 97,0 | 7,1 | O2 bajando |
| 39 | 1548 | 22,5 | 2,5 | 32,2 | 97,6 | 7,1 | |
| 40 | 1564 | 22,1 | 2,4 | 30,2 | 98,2 | 7,1 | |
| 41 | 1577 | 21,6 | 2,2 | 27,5 | 98,4 | 7,1 | |
| 42 | 1596 | 21,1 | 1,9 | 24,0 | 98,4 | 7,1 | |
| 43 | 1603 | 20,4 | 1,7 | 20,4 | 98,4 | 7,1 | Aterrado a 43,9 |
| 43,9 | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | Punta riada el 22 noche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-13** | 16,25 | 10:40 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 16,25 | 1418 | 25,6 | 3,8 | 50,4 | 92,9 | 7,2 | Riada Ebro |
| 17 | 1399 | 26,0 | 3,8 | 50,5 | 90,4 | 7,0 | Sistema parado |
| 18 | 1414 | 26,1 | 3,7 | 50,6 | 96,7 | 7,0 | hasta finales febrero |
| 19 | 1411 | 26,3 | 3,8 | 51,6 | 97,9 | 7,1 | |
| 20 | 1411 | 26,4 | 3,8 | 52,2 | 99,0 | 7,1 | |
| 21 | 1411 | 26,4 | 3,9 | 52,9 | 98,5 | 7,1 | |
| 22 | 1411 | 26,4 | 3,9 | 53,2 | 98,7 | 7,1 | |
| 23 | 1412 | 26,4 | 3,9 | 53,3 | 98,8 | 7,1 | |
| 24 | 1412 | 26,3 | 3,9 | 53,2 | 98,8 | 7,1 | |
| 25 | 1412 | 26,3 | 3,9 | 53,4 | 98,7 | 7,1 | |
| 26 | 1413 | 26,3 | 3,9 | 53,4 | 98,7 | 7,1 | |
| 27 | 1412 | 26,3 | 3,9 | 53,8 | 98,4 | 7,1 | |
| 28 | 1414 | 26,0 | 4,0 | 54,6 | 98,7 | 7,1 | |
| 29 | 1418 | 25,5 | 4,1 | 55,0 | 103,2 | 7,1 | |
| 30 | 1417 | 25,5 | 4,1 | 55,2 | 103,5 | 7,1 | |
| 31 | 1418 | 25,1 | 4,2 | 55,5 | 104,0 | 7,1 | |
| 32 | 1418 | 25,0 | 4,1 | 54,9 | 104,9 | 7,1 | |
| 33 | 1419 | 24,8 | 4,1 | 54,7 | 104,8 | 7,1 | |
| 34 | 1418 | 24,6 | 4,1 | 54,7 | 104,4 | 7,1 | |
| 35 | 1421 | 24,2 | 4,1 | 54,0 | 105,2 | 7,1 | |
| 36 | 1425 | 24,0 | 4,1 | 53,4 | 105,7 | 7,1 | |
| 37 | 1444 | 23,7 | 4,0 | 51,8 | 105,8 | 7,1 | |
| 38 | 1555 | 23,3 | 2,5 | 32,5 | 106,1 | 7,1 | |
| 39 | 1584 | 22,7 | 2,4 | 31,1 | 108,4 | 7,1 | |
| 40 | 1595 | 22,2 | 2,1 | 26,8 | 108,6 | 7,1 | |
| 41 | 1613 | 21,8 | 2,0 | 24,2 | 108,6 | 7,1 | |
| 42 | 1628 | 21,0 | 1,6 | 21,5 | 108,2 | 7,1 | |
| 43 | 1636 | 20,8 | 1,4 | 16,6 | 107,9 | 7,1 | |
| 44 | 1634 | 20,5 | 1,2 | 14,4 | 107,6 | 7,1 | Aterrado a 44,5 |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-13** | 15,26 | 11:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,26 | 2100 | 24,1 | 4,6 | 60,4 | 74,8 | 7,3 | Riada Ebro |
| 16 | 2200 | 24,5 | 4,6 | 61,0 | 76,9 | 7,1 | Sistema parado |
| 17 | 1994 | 24,5 | 4,7 | 62,1 | 79,1 | 7,1 | desde noviembre |
| 18 | 1985 | 24,5 | 4,7 | 62,2 | 80,1 | 7,2 | |
| 19 | 1985 | 24,6 | 4,7 | 62,6 | 80,9 | 7,1 | |
| 20 | 1990 | 24,6 | 4,8 | 63,1 | 81,2 | 7,1 | |
| 21 | 1971 | 24,7 | 4,8 | 63,5 | 81,8 | 7,1 | |
| 22 | 1957 | 24,7 | 4,8 | 64,0 | 81,9 | 7,1 | |
| 23 | 1953 | 24,8 | 4,8 | 64,1 | 81,5 | 7,1 | |
| 24 | 1951 | 24,8 | 4,9 | 64,7 | 81,3 | 7,1 | |
| 25 | 1952 | 24,8 | 4,9 | 65,1 | 81,8 | 7,1 | |
| 26 | 1952 | 24,8 | 4,9 | 65,5 | 81,5 | 7,1 | |
| 27 | 1949 | 24,8 | 4,9 | 65,7 | 81,6 | 7,1 | |
| 28 | 1947 | 24,8 | 5,0 | 65,8 | 81,6 | 7,1 | |
| 29 | 1950 | 24,8 | 5,0 | 65,8 | 81,3 | 7,1 | |
| 30 | 1957 | 24,8 | 5,0 | 66,2 | 81,0 | 7,1 | |
| 31 | 1955 | 24,8 | 5,0 | 66,3 | 80,7 | 7,1 | |
| 32 | 1942 | 24,7 | 5,0 | 66,4 | 80,1 | 7,1 | |
| 33 | 1913 | 24,5 | 5,1 | 67,2 | 79,7 | 7,1 | |
| 34 | 1879 | 24,2 | 5,2 | 67,7 | 79,8 | 7,1 | |
| 35 | 1860 | 24,0 | 5,2 | 67,3 | 79,8 | 7,1 | |
| 36 | 1860 | 23,7 | 5,2 | 67,1 | 80,4 | 7,1 | |
| 37 | 1848 | 23,0 | 4,9 | 63,9 | 81,0 | 7,1 | |
| 38 | 1845 | 22,7 | 4,7 | 60,3 | 81,3 | 7,1 | |
| 39 | 1849 | 22,4 | 4,4 | 56,5 | 81,9 | 7,1 | |
| 40 | 1830 | 22,0 | 4,1 | 52,3 | 83,0 | 7,1 | |
| 41 | 1821 | 21,7 | 3,9 | 48,7 | 84,1 | 7,1 | |
| 42 | 1810 | 21,4 | 3,9 | 48,5 | 84,5 | 7,1 | |
| 43 | 1810 | 20,9 | 3,9 | 44,2 | 84,8 | 7,1 | Aterrado a 43,8 |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-13** | 15,83 | 11:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 15,83 | 1693 | 24,8 | 3,2 | 42,5 | 38,5 | 7,2 | |
| 32 | 1427 | 22,8 | 3,2 | 41,4 | 43,9 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-13** | 16,28 | 12:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 16,28 | 1586 | 24,2 | 2,8 | 36,7 | 89,4 | 7,2 | |
| 32 | 1476 | 24,1 | 2,9 | 37,9 | 89,7 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-13** | 16,55 | 13:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 16,55 | 1491 | 23,6 | 2,8 | 36,8 | 66,3 | 7,1 | |
| 32 | 1403 | 21,7 | 2,6 | 32,5 | 70,4 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-13** | 17,40 | 10:25 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,40 | 1455 | 23,1 | 2,7 | 34,4 | 33,8 | 7,2 | |
| 32 | 1418 | 23,1 | 2,8 | 36,6 | 42,3 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-13** | 17,15 | 10:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,15 | 1404 | 23,1 | 6,3 | 81,2 | 80,3 | 7,2 | |
| 32 | 1382 | 23,6 | 6,5 | 85,0 | 96,5 | 7,1 | CE del CTD averiado |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-13** | 17,54 | 10:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,54 | 1383 | 23,9 | 2,8 | 36,3 | 23,1 | 7,1 | |
| 32 | 1370 | 24,9 | 3,2 | 41,8 | 28,7 | 7,1 | CE del CTD averiado |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-13** | 17,71 | 11:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,71 | 1369 | 25,1 | 4,7 | 62,5 | 122,6 | 7,1 | |
| 32 | 1352 | 26,1 | 4,7 | 64,4 | 121,8 | 7,0 | CE del CTD averiado |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-13** | 17,60 | 9:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,60 | 1365 | 25,7 | 2,3 | 31,4 | 53,4 | 7,1 | |
| 32 | 1350 | 26,3 | 2,2 | 29,8 | 60,7 | 7,0 | CE del CTD averiado |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-14** | 16,93 | 10:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 16,93 | 1370 | 26,0 | 2,8 | 37,5 | -9,0 | 7,2 | |
| 32 | 1371 | 25,8 | 2,8 | 37,7 | 4,9 | 7,1 | Diver roto |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-11 | 29,82 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 29,82 | 1636 | 14,7 | 11,5 | 124,9 | 164,0 | 7,4 | |
| 30 | 1641 | 14,6 | 11,7 | 126,7 | 160,5 | 7,4 | |
| 31 | 1651 | 14,3 | 14,1 | 152,4 | 151,0 | 7,4 | |
| 32 | 1660 | 14,4 | 15,3 | 166,3 | 144,0 | 7,4 | |
| 33 | 1663 | 15,2 | 15,6 | 172,0 | 139,0 | 7,4 | |
| 34 | 1658 | 15,7 | 15,9 | 176,1 | 134,4 | 7,4 | |
| 35 | 1658 | 16,4 | 15,7 | 176,1 | 135,2 | 7,4 | |
| 36 | 1655 | 16,8 | 15,5 | 176,1 | 134,9 | 7,4 | |
| 37 | 1653 | 17,0 | 15,5 | 175,3 | 134,8 | 7,4 | |
| 38 | 3090 | 16,9 | 3,5 | 40,0 | 131,7 | 7,2 | |
| 39 | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-11 | 30,60 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,6 | 1750 | 13,8 | 13,2 | 141,5 | 120,9 | 7,4 | |
| 31 | 1670 | 13,7 | 13,9 | 147,5 | 122,2 | 7,4 | |
| 31,5 | 1664 | 13,6 | 14,2 | 150,5 | 122,7 | 7,4 | |
| 32 | 1664 | 13,7 | 14,4 | 152,5 | 122,5 | 7,4 | |
| 33 | 1661 | 14,2 | 14,6 | 156,0 | 122,7 | 7,4 | |
| 34 | 1660 | 14,9 | 14,6 | 158,9 | 122,1 | 7,4 | |
| 35 | 1662 | 15,6 | 14,6 | 162,0 | 122,5 | 7,4 | |
| 36 | 1659 | 16,1 | 14,6 | 163,5 | 123,1 | 7,4 | |
| 37 | 1658 | 16,4 | 14,6 | 164,6 | 123,9 | 7,4 | |
| 38 | 3000 | 16,8 | 4,0 | 44,5 | 130,4 | 7,2 | |
| 39 | 3330 | 16,6 | 1,1 | 12,5 | 130,0 | 7,1 | |
| 40 | | | | | | | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-11 | 30,73 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,73 | 1797 | 13,7 | 12,3 | 131,0 | 118,6 | 7,4 | |
| 31 | 1772 | 13,7 | 12,6 | 133,3 | 116,6 | 7,4 | |
| 31,5 | 1749 | 13,7 | 13,0 | 137,6 | 115,2 | 7,4 | |
| 32 | 1747 | 13,8 | 13,1 | 139,8 | 114,6 | 7,4 | |
| 33 | 1745 | 14,2 | 13,3 | 142,2 | 114,5 | 7,4 | |
| 34 | 1741 | 14,7 | 13,2 | 143,4 | 114,8 | 7,4 | |
| 35 | 1744 | 15,4 | 13,0 | 142,9 | 115,1 | 7,4 | |
| 36 | 1741 | 15,8 | 12,9 | 143,5 | 114,7 | 7,4 | |
| 37 | 1740 | 16,0 | 12,9 | 143,4 | 114,8 | 7,4 | |
| 38 | 3000 | 16,6 | 1,2 | 13,6 | 114,6 | 7,2 | |
| 39 | 3450 | 16,6 | 0,3 | 3,5 | 116,5 | 7,2 | |
| 40 | | | | | | | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-11 | 30,84 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,84 | 1746 | 22,6 | 9,4 | 119,4 | 114,5 | 7,2 | |
| 31 | 1744 | 22,7 | 9,3 | 119,0 | 111,6 | 7,3 | |
| 31,5 | 1743 | 22,9 | 9,3 | 118,5 | 102,2 | 7,2 | |
| 32 | 1720 | 22,6 | 9,3 | 114,9 | 98,2 | 7,3 | |
| 33 | 1722 | 18,0 | 9,3 | 108,0 | 99,0 | 7,3 | |
| 34 | 1720 | 16,1 | 9,5 | 105,3 | 98,5 | 7,3 | |
| 35 | 1725 | 15,8 | 9,3 | 103,1 | 98,4 | 7,3 | |
| 36 | 1725 | 15,9 | 9,2 | 103,4 | 98,2 | 7,3 | |
| 37 | 1724 | 16,0 | 9,1 | 102,3 | 98,7 | 7,3 | |
| 38 | 2860 | 16,3 | 1,5 | 17,2 | 92,7 | 7,2 | |
| 39 | 3400 | 16,4 | 0,8 | 8,9 | 92,0 | 7,2 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-11 | 31,03 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 31,03 | 1750 | 21,7 | 9,9 | 123,7 | 29,5 | 7,3 | |
| 31,5 | 1749 | 21,5 | 9,8 | 121,7 | 27,5 | 7,3 | |
| 32 | 1742 | 21,3 | 9,6 | 119,7 | 27,4 | 7,2 | |
| 32,5 | 1760 | 20,5 | 9,7 | 119,6 | 26,6 | 7,2 | |
| 33 | 1743 | 20,1 | 9,5 | 115,3 | 26,6 | 7,2 | |
| 34 | 1743 | 18,5 | 9,7 | 114,4 | 26,8 | 7,3 | |
| 35 | 1744 | 17,5 | 9,8 | 112,5 | 26,8 | 7,3 | |
| 36 | 1745 | 16,7 | 9,6 | 108,0 | 27,2 | 7,3 | |
| 37 | 1758 | 16,4 | 9,4 | 106,0 | 27,8 | 7,3 | |
| 38 | 2260 | 16,3 | 3,9 | 44,0 | 24,3 | 7,3 | |
| 39 | 3310 | 16,3 | 0,9 | 10,1 | -11,6 | 7,2 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-11 | 31,12 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 31,12 | 1742 | 21,7 | 9,9 | 124,5 | 90,0 | 7,3 | |
| 31,5 | 1745 | 21,8 | 9,9 | 123,9 | 78,3 | 7,3 | |
| 32 | 1744 | 21,7 | 9,8 | 122,8 | 74,8 | 7,3 | |
| 32,5 | 1748 | 20,6 | 10,0 | 122,9 | 75,0 | 7,3 | |
| 33 | 1741 | 20,2 | 10,0 | 121,1 | 75,0 | 7,3 | |
| 34 | 1741 | 18,9 | 9,9 | 117,4 | 75,0 | 7,3 | |
| 35 | 1746 | 17,9 | 10,0 | 116,5 | 75,0 | 7,3 | |
| 36 | 1747 | 17,2 | 9,4 | 107,6 | 74,8 | 7,3 | |
| 37 | 1753 | 16,7 | 9,1 | 103,5 | 75,7 | 7,3 | |
| 38 | 2420 | 16,5 | 3,0 | 34,1 | 73,4 | 7,3 | |
| 39 | 3220 | 16,3 | 0,6 | 6,5 | 71,0 | 7,2 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| julio-11 | 31,53 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 31,53 | 1699 | 21,8 | 9,4 | 117,5 | 72,2 | 7,4 | |
| 32 | 1702 | 21,5 | 9,2 | 115,8 | 67,7 | 7,3 | |
| 32,5 | 1694 | 21,2 | 9,4 | 115,6 | 65,2 | 7,3 | |
| 33 | 1694 | 20,4 | 9,4 | 115,1 | 68,3 | 7,3 | |
| 33,5 | 1699 | 19,7 | 9,4 | 113,3 | 69,8 | 7,3 | |
| 34 | 1699 | 19,1 | 9,4 | 112,7 | 71,8 | 7,3 | |
| 35 | 1704 | 18,3 | 9,5 | 111,4 | 72,7 | 7,3 | |
| 36 | 1708 | 17,7 | 9,5 | 109,7 | 73,4 | 7,3 | |
| 37 | 1727 | 17,1 | 9,5 | 108,5 | 74,2 | 7,3 | |
| 38 | 2450 | 16,6 | 3,4 | 38,4 | 73,0 | 7,2 | |
| 39 | 2930 | 16,4 | 1,0 | 11,6 | 74,5 | 7,2 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-11 | 31,83 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 31,83 | 1490 | 21,0 | 8,1 | 99,7 | 112,4 | 7,5 | |
| 32 | 1504 | 20,9 | 7,6 | 93,8 | 113,0 | 7,5 | |
| 32,5 | 1578 | 20,7 | 7,9 | 96,5 | 114,2 | 7,4 | |
| 33 | 1583 | 20,4 | 8,1 | 98,9 | 115,4 | 7,4 | |
| 34 | 1587 | 19,6 | 8,4 | 101,4 | 117,4 | 7,4 | |
| 35 | 1585 | 18,8 | 8,6 | 101,3 | 118,1 | 7,4 | |
| 36 | 1600 | 18,1 | 8,6 | 99,9 | 118,6 | 7,4 | |
| 37 | 1603 | 17,6 | 8,5 | 98,4 | 118,1 | 7,4 | |
| 38 | 2240 | 17,0 | 2,8 | 32,0 | 118,9 | 7,3 | |
| 39 | 2950 | 16,7 | 0,7 | 7,8 | 117,7 | 7,3 | |

| **Fecha** septiembre-11 | **Nivel** 31,79 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 31,79 | 1472 | 21,1 | 6,1 | 75,0 | 139,6 | 7,4 | |
| 32 | 1528 | 21,0 | 6,0 | 73,5 | 133,6 | 7,4 | |
| 32,5 | 1563 | 20,7 | 6,2 | 75,7 | 135,8 | 7,4 | |
| 33 | 1579 | 20,5 | 6,6 | 80,2 | 140,2 | 7,4 | |
| 34 | 1584 | 19,8 | 6,9 | 83,6 | 141,2 | 7,4 | |
| 35 | 1584 | 19,0 | 7,1 | 84,8 | 142,6 | 7,4 | |
| 36 | 1690 | 18,5 | 5,4 | 63,5 | 143,2 | 7,4 | |
| 37 | 1765 | 17,8 | 5,2 | 60,4 | 146,3 | 7,3 | |
| 38 | 2270 | 17,2 | 1,9 | 21,4 | 145,3 | 7,3 | |
| 39 | 2810 | 16,8 | 0,8 | 9,2 | 144,9 | 7,3 | |

| **Fecha** octubre-11 | **Nivel** 31,54 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 31,54 | 1505 | 21,1 | 5,3 | 66,0 | 61,6 | 7,4 | |
| 32 | 1545 | 21,4 | 5,2 | 64,6 | 57,0 | 7,1 | |
| 32,5 | 1576 | 21,3 | 5,7 | 70,8 | 58,7 | 7,4 | |
| 33 | 1586 | 20,9 | 5,9 | 73,0 | 62,5 | 7,4 | |
| 34 | 1690 | 19,4 | 5,0 | 60,7 | 66,0 | 7,4 | |
| 35 | 1775 | 19,2 | 3,9 | 46,3 | 70,4 | 7,3 | |
| 36 | 1853 | 18,7 | 3,1 | 36,9 | 72,2 | 7,3 | |
| 37 | 2180 | 18,1 | 1,8 | 21,3 | 71,5 | 7,3 | |
| 38 | 2330 | 17,6 | 1,2 | 14,0 | 72,2 | 7,3 | |
| 39 | 2890 | 17,1 | 0,7 | 7,6 | 71,9 | 7,3 | |

| **Fecha** noviembre-11 | **Nivel** 31,26 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 31,26 | 1492 | 22,2 | 5,5 | 70,2 | 67,5 | 7,4 | |
| 31,5 | 1502 | 22,0 | 4,9 | 61,3 | 55,3 | 7,4 | |
| 32 | 1563 | 22,3 | 4,7 | 58,9 | 54,3 | 7,4 | |
| 32,5 | 1589 | 22,0 | 4,9 | 62,0 | 57,6 | 7,4 | |
| 33 | 1623 | 21,5 | 5,0 | 62,7 | 59,9 | 7,4 | |
| 34 | 1707 | 20,5 | 4,6 | 56,8 | 61,9 | 7,4 | |
| 35 | 1825 | 19,6 | 3,1 | 37,2 | 62,9 | 7,3 | |
| 36 | 1912 | 19,1 | 2,6 | 30,9 | 65,2 | 7,3 | |
| 37 | 2160 | 18,5 | 2,0 | 23,3 | 64,3 | 7,3 | |
| 38 | 2440 | 17,8 | 0,9 | 11,0 | 64,3 | 7,3 | |
| 39 | 2570 | 17,4 | 0,6 | 7,0 | 65,2 | 7,3 | |

| **Fecha** diciembre-11 | **Nivel** 30,78 | Hora 10:50 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 30,78 | 1576 | 22,1 | 8,4 | 105,4 | 69,2 | 7,4 | |
| 31 | 1591 | 21,7 | 8,4 | 105,0 | 67,0 | 7,4 | |
| 31,5 | 1588 | 22,1 | 8,2 | 103,7 | 63,7 | 7,5 | |
| 32 | 1587 | 22,2 | 8,1 | 102,5 | 64,8 | 7,4 | |
| 32,5 | 1584 | 22,1 | 8,0 | 101,2 | 66,3 | 7,4 | |
| 33 | 1584 | 21,8 | 8,0 | 100,0 | 67,0 | 7,4 | |
| 34 | 1584 | 21,0 | 8,0 | 98,0 | 68,9 | 7,4 | |
| 35 | 1593 | 20,2 | 7,9 | 96,0 | 69,9 | 7,4 | |
| 36 | 1605 | 19,5 | 7,8 | 94,0 | 70,7 | 7,4 | |
| 37 | 1620 | 18,7 | 7,4 | 88,0 | 71,8 | 7,4 | |
| 38 | 2470 | 18,0 | 3,3 | 30,0 | 71,3 | 7,3 | |
| 39 | 2710 | 17,5 | 0,5 | 5,0 | 71,0 | 7,3 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-12** | 30,70 | 13:55 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,7 | 1559 | 20,2 | 8,5 | 103,3 | 47,9 | 7,5 | |
| 31 | 1572 | 19,9 | 8,6 | 104,5 | 51,2 | 7,5 | |
| 31,5 | 1559 | 20,2 | 8,6 | 104,9 | 51,2 | 7,4 | |
| 32 | 1561 | 20,3 | 8,6 | 105,2 | 51,2 | 7,5 | |
| 32,5 | 1562 | 20,4 | 8,6 | 105,6 | 51,1 | 7,4 | |
| 33 | 1562 | 20,5 | 8,7 | 105,8 | 51,2 | 7,4 | |
| 34 | 1560 | 20,5 | 8,7 | 105,8 | 52,1 | 7,4 | |
| 35 | 1561 | 20,2 | 8,7 | 105,2 | 53,4 | 7,4 | |
| 36 | 1562 | 19,7 | 8,7 | 104,2 | 54,6 | 7,4 | |
| 37 | 1562 | 19,1 | 8,7 | 102,8 | 56,1 | 7,4 | |
| 38 | 2420 | 18,5 | | | 56,4 | 7,3 | |
| 39 | 2570 | 17,5 | 1,0 | 10,0 | | 7,3 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-12** | 30,86 | 9:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,86 | 1560 | 16,2 | 8,6 | 96,6 | 33,1 | 7,6 | |
| 31 | 1560 | 16,1 | 8,6 | 96,1 | 32,8 | 7,6 | |
| 31,5 | 1559 | 16,1 | 8,7 | 97,8 | 36,7 | 7,6 | |
| 32 | 1564 | 16,3 | 8,8 | 92,6 | 32,0 | 7,6 | |
| 32,5 | 1563 | 16,6 | 8,8 | 99,4 | 33,1 | 7,6 | |
| 33 | 1567 | 16,9 | 8,8 | 100,2 | 34,1 | 7,5 | |
| 34 | 1564 | 17,7 | 8,7 | 100,9 | 35,4 | 7,6 | |
| 35 | 1562 | 18,2 | 8,7 | 101,9 | 36,6 | 7,5 | |
| 36 | 1561 | 18,6 | 8,8 | 102,9 | 37,6 | 7,5 | |
| 37 | 1559 | 18,7 | 8,8 | 103,2 | 38,9 | 7,5 | |
| 38 | 2400 | 18,4 | 1,4 | 16,6 | 42,0 | 7,4 | |
| 39 | 2710 | 17,9 | 0,3 | 3,5 | 31,3 | 7,4 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-12** | 30,98 | 12:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,98 | 1661 | 15,9 | 7,8 | 87,2 | -36,9 | 7,5 | |
| 31,5 | 1658 | 15,9 | 7,9 | 88,1 | -33,6 | 7,5 | |
| 32 | 1657 | 16,0 | 7,9 | 88,3 | -30,4 | 7,5 | |
| 32,5 | 1654 | 16,3 | 7,9 | 88,6 | -28,9 | 7,5 | |
| 33 | 1655 | 16,5 | 7,9 | 89,4 | -26,3 | 7,5 | |
| 34 | 1651 | 17,2 | 7,9 | 90,3 | -23,4 | 7,5 | |
| 35 | 1651 | 17,7 | 7,9 | 90,8 | -22,3 | 7,5 | |
| 36 | 1650 | 18,1 | 7,9 | 91,3 | -20,8 | 7,5 | |
| 37 | 1648 | 18,2 | 7,9 | 92,2 | -18,7 | 7,5 | |
| 38 | 2380 | 18,3 | 2,2 | 26,0 | -13,1 | 7,4 | |
| 39 | 2660 | 18,0 | 0,9 | 10,0 | -14,3 | 7,4 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-12** | 30,83 | 11:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,83 | 1715 | 16,2 | 7,0 | 78,6 | 51,5 | 7,5 | |
| 31 | 1716 | 16,1 | 6,9 | 77,2 | 47,2 | 7,5 | |
| 32 | 1720 | 16,2 | 6,8 | 76,2 | 39,1 | 7,5 | |
| 33 | 1725 | 16,4 | 6,7 | 75,5 | 35,0 | 7,5 | |
| 34 | 1726 | 16,8 | 6,7 | 75,6 | 35,3 | 7,5 | |
| 35 | 1722 | 17,2 | 6,5 | 74,8 | 37,6 | 7,5 | |
| 36 | 1720 | 17,5 | 6,6 | 75,5 | 40,7 | 7,5 | |
| 37 | 1721 | 17,7 | 6,6 | 75,9 | 41,8 | 7,5 | |
| 38 | 2310 | 18,0 | 3,5 | 40,0 | 44,8 | 7,4 | |
| 39 | 2500 | 17,9 | 1,7 | 19,4 | 45,6 | 7,4 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-12** | 31,35 | 9:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 31,35 | 1896 | 16,8 | 7,5 | 86,0 | 17,9 | 7,6 | |
| 32 | 1939 | 16,5 | 7,3 | 82,3 | 18,7 | 7,5 | |
| 32,5 | 1943 | 16,4 | 7,1 | 79,8 | 21,1 | 7,5 | |
| 33 | 1946 | 16,5 | 7,0 | 78,8 | 22,7 | 7,5 | |
| 34 | 1950 | 16,7 | 6,9 | 75,5 | 21,9 | 7,5 | |
| 35 | 1951 | 17,0 | 6,8 | 71,0 | 23,4 | 7,5 | |
| 36 | 1950 | 17,2 | 6,8 | 77,8 | 22,7 | 7,5 | |
| 37 | 2340 | 17,6 | 6,6 | 76,4 | 29,5 | 7,4 | |
| 38 | 2730 | 17,7 | 5,9 | 69,3 | 31,3 | 7,4 | oxígeno bajando |
| 39 | 2900 | 17,7 | 3,7 | 45,0 | 32,2 | 7,3 | oxígeno bajando |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-12** | 31,50 | 9:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 31,5 | 1613 | 17,9 | 8,0 | 92,6 | -41,7 | 7,6 | |
| 32 | 1615 | 17,9 | 8,3 | 96,6 | -34,5 | 7,5 | |
| 32,5 | 1772 | 17,5 | 8,1 | 93,2 | -27,8 | 7,5 | |
| 33 | 1987 | 17,2 | 6,9 | 78,5 | -24,6 | 7,5 | |
| 34 | 1997 | 17,1 | 6,5 | 74,1 | -16,3 | 7,6 | |
| 35 | 1998 | 17,2 | 6,3 | 72,1 | -12,5 | 7,5 | |
| 36 | 1999 | 17,3 | 6,2 | 71,4 | -10,5 | 7,5 | |
| 37 | 1999 | 17,3 | 6,2 | 71,5 | -8,5 | 7,5 | |
| 38 | 2700 | 17,6 | 5,4 | 62,9 | -5,5 | 7,5 | oxígeno bajando |
| 39 | 2910 | 17,6 | 1,0 | 10,0 | -2,7 | 7,5 | oxígeno bajando |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-12** | 31,76 | 13:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 31,76 | 1562 | 19,6 | 7,2 | 86,2 | 25,4 | 7,8 | |
| 32 | 1570 | 19,4 | 6,9 | 82,6 | 25,7 | 7,6 | |
| 33 | 1614 | 18,6 | 7,0 | 82,6 | 39,4 | 7,5 | |
| 34 | 1617 | 18,0 | 7,0 | 81,4 | 67,5 | 7,5 | |
| 35 | 1689 | 17,5 | 6,9 | 80,2 | 74,6 | 7,5 | |
| 36 | 1997 | 17,4 | 5,7 | 64,7 | 73,1 | 7,5 | |
| 37 | 2000 | 17,4 | 5,2 | 59,6 | 71,9 | 7,5 | |
| 38 | 2590 | 17,4 | 3,9 | 44,3 | 71,3 | 7,4 | |
| 39 | 2890 | 17,4 | 1,8 | 20,6 | 39,8 | 7,5 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-12** | 31,89 | 18:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 31,89 | 1530 | 20,2 | 8,9 | 108,8 | -50,5 | 7,6 | |
| 32 | 1574 | 19,6 | 7,9 | 95,8 | -35,4 | 7,6 | |
| 33 | 1608 | 19,2 | 7,5 | 89,2 | -15,8 | 7,5 | |
| 34 | 1648 | 18,6 | 6,9 | 81,6 | 47,4 | 7,5 | |
| 35 | 1653 | 18,1 | 6,7 | 77,9 | 71,2 | 7,5 | |
| 36 | 1838 | 17,8 | 5,2 | 60,3 | 65,1 | 7,4 | |
| 37 | 1996 | 17,6 | 5,0 | 57,4 | 57,0 | 7,5 | |
| 38 | 2630 | 17,5 | 4,2 | 45,5 | 33,8 | 7,5 | |
| 39 | 2840 | 17,4 | 2,0 | 23,0 | 32,8 | 7,5 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda CE y pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-12** | 31,78 | 10:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 31,78 | 1622 | 19,4 | 6,0 | 72,0 | 82,3 | 7,3 | |
| 32 | 1629 | 19,4 | 5,9 | 71,0 | 88,8 | 7,3 | |
| 33 | 1626 | 19,4 | 5,3 | 63,7 | 103,4 | 7,2 | |
| 34 | 1643 | 19,0 | 4,7 | 56,1 | 114,2 | 7,2 | |
| 35 | 1640 | 18,8 | 4,4 | 52,3 | 118,3 | 7,1 | |
| 36 | 1694 | 18,5 | 4,1 | 48,3 | 119,2 | 7,2 | |
| 37 | 1751 | 18,2 | 3,8 | 44,7 | 116,9 | 7,2 | |
| 38 | 2550 | 17,8 | 2,3 | 26,5 | 112,7 | 7,1 | |
| 39 | 2860 | 17,5 | 1,1 | 12,8 | 107,8 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **noviembre-12** | 31,29 | 14:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 31,29 | 1652 | 20,8 | 3,2 | 39,6 | 12,7 | 7,3 | |
| 32 | 1667 | 20,7 | 3,2 | 38,8 | 19,9 | 7,2 | |
| 33 | 1662 | 20,0 | 3,0 | 36,6 | 42,7 | 7,2 | |
| 34 | 1663 | 19,5 | 2,8 | 33,5 | 80,0 | 7,1 | |
| 35 | 1662 | 19,1 | 2,6 | 31,5 | 99,1 | 7,1 | |
| 36 | 1710 | 18,8 | 2,4 | 28,0 | 105,2 | 7,1 | |
| 37 | 1787 | 18,4 | 2,2 | 25,5 | 104,3 | 7,1 | |
| 38 | 2520 | 18,0 | 1,4 | 16,5 | 100,1 | 7,1 | |
| 39 | 2830 | 17,6 | 0,7 | 7,9 | 87,5 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **diciembre-12** | 30,82 | 9:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 30,82 | 1661 | 20,8 | 5,3 | 65,6 | 54,5 | 7,2 | |
| 31 | 1663 | 20,8 | 5,4 | 60,9 | 58,7 | 7,2 | |
| 31,5 | 1660 | 20,8 | 5,4 | 67,0 | 56,7 | 7,2 | |
| 32 | 1660 | 20,9 | 5,4 | 66,2 | 62,5 | 7,2 | |
| 32,5 | 1664 | 20,8 | 5,4 | 66,0 | 65,2 | 7,2 | |
| 33 | 1665 | 20,5 | 5,4 | 65,9 | 67,3 | 7,2 | |
| 34 | 1672 | 20,0 | 5,4 | 65,0 | 70,8 | 7,2 | |
| 35 | 1678 | 19,5 | 5,4 | 64,0 | 76,3 | 7,2 | |
| 36 | 1672 | 19,1 | 5,4 | 64,0 | 83,0 | 7,2 | |
| 37 | 1684 | 18,7 | 5,2 | 60,8 | 89,2 | 7,2 | |
| 38 | 2460 | 18,2 | 1,4 | 16,6 | 94,4 | 7,2 | |
| 39 | 2800 | 17,9 | 0,7 | 7,0 | 90,5 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | Punta riada el 22 noche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-13** | 30,52 | 9:55 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,52 | 1638 | 17,9 | 4,4 | 51,2 | 92,0 | 7,4 | Riada Ebro |
| 31 | 1639 | 17,8 | 4,5 | 51,6 | 90,9 | 7,3 | |
| 31,5 | 1640 | 17,9 | 4,5 | 52,0 | 91,4 | 7,3 | |
| 32 | 1637 | 18,1 | 4,5 | 52,4 | 91,1 | 7,3 | |
| 32,5 | 1642 | 18,4 | 4,5 | 52,9 | 91,8 | 7,3 | |
| 33 | 1642 | 18,6 | 4,5 | 53,4 | 92,7 | 7,3 | |
| 34 | 1641 | 18,9 | 4,6 | 54,0 | 94,1 | 7,3 | |
| 35 | 1638 | 19,2 | 4,6 | 54,1 | 95,0 | 7,3 | |
| 36 | 1638 | 19,2 | 4,6 | 54,3 | 96,7 | 7,3 | |
| 37 | 1645 | 18,9 | 4,6 | 54,3 | 98,4 | 7,3 | |
| 38 | 2470 | 18,5 | 2,9 | 33,0 | 100,5 | 7,1 | |
| 39 | 2800 | 18,1 | 1,0 | 12,0 | 100,6 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-13** | 30,54 | 10:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,54 | 1635 | 16,8 | 3,3 | 37,6 | 67,0 | 7,2 | Riada Ebro |
| 31 | 1633 | 16,6 | 3,4 | 38,0 | 63,9 | 7,2 | |
| 31,5 | 1642 | 16,7 | 3,4 | 38,8 | 60,6 | 7,2 | |
| 32 | 1641 | 17,2 | 3,4 | 39,4 | 58,1 | 7,3 | |
| 32,5 | 1642 | 17,8 | 3,5 | 40,4 | 57,5 | 7,3 | |
| 33 | 1637 | 18,3 | 3,5 | 41,2 | 62,3 | 7,3 | |
| 34 | 1637 | 18,2 | 3,6 | 41,8 | 65,8 | 7,3 | |
| 35 | 1639 | 18,3 | 3,6 | 42,1 | 66,1 | 7,3 | |
| 36 | 1640 | 18,6 | 3,6 | 42,5 | 65,5 | 7,3 | |
| 37 | 1639 | 18,6 | 3,6 | 42,6 | 67,5 | 7,3 | |
| 38 | 2450 | 18,5 | 1,2 | 14,5 | 69,3 | 7,2 | |
| 39 | 2680 | 18,2 | 0,9 | 9,7 | 70,8 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-13** | 30,46 | 10:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,46 | 1600 | 16,6 | 3,2 | 35,7 | 8,5 | 7,3 | |
| 32 | 1626 | 16,1 | 3,4 | 38,3 | 9,1 | 7,3 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-13** | 30,50 | 10:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,5 | 1812 | 15,7 | 2,9 | 32,7 | 88,9 | 7,2 | |
| 32 | 1818 | 15,6 | 2,9 | 32,0 | 85,9 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-13** | 30,47 | 10:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,47 | 1734 | 15,9 | 2,3 | 25,7 | 79,1 | 7,2 | |
| 32 | 1805 | 16,0 | 2,3 | 25,5 | 83,0 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-13** | 30,78 | 9:40 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,78 | 1674 | 16,5 | 2,3 | 25,7 | 18,8 | 7,2 | |
| 32 | 1829 | 16,5 | 2,2 | 24,7 | 0,6 | 7,1 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-13** | 30,99 | 10:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,99 | 1578 | 21,9 | 6,5 | 82,0 | 160,0 | 7,2 | |
| 32 | 1568 | 21,0 | 6,1 | 75,5 | 64,5 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-13** | 31,30 | 9:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 31,3 | 1508 | 23,4 | 2,2 | 28,3 | 20,2 | 7,4 | |
| 32 | 1520 | 23,1 | 2,1 | 27,5 | 23,9 | 7,3 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-13** | 31,52 | 10:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 31,52 | 1434 | 22,3 | 2,7 | 34,0 | 113,4 | 7,4 | |
| 32 | 1449 | 22,2 | 2,6 | 32,8 | 114,0 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-13** | 31,39 | 10:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 31,39 | 1421 | 21,5 | 1,8 | 22,2 | 16,1 | 7,3 | |
| 32 | 1514 | 21,6 | 1,7 | 21,5 | 18,5 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-14** | 30,75 | 9:40 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 30,75 | 1539 | 16,5 | 2,4 | 27,0 | 2,3 | 7,4 | |
| 32 | 1542 | 16,7 | 2,5 | 28,3 | 6,2 | 7,3 | |

| **Fecha** noviembre-10 | **Nivel** 33,85 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 33,85 | 1576 | 18,7 | | | | | |
| 34 | 1576 | 18,7 | | | | | |
| 35 | 1574 | 18,8 | | | | | |
| 36 | 1574 | 18,8 | | | | | |
| 37 | 1574 | 18,8 | | | | | |
| 38 | 1574 | 18,8 | | | | | |
| 39 | 1574 | 18,8 | | | | | |
| 40 | 1575 | 18,8 | | | | | |
| 41 | 1574 | 18,8 | | | | | |
| 42 | 1572 | 18,7 | | | | | |
| 43 | 1572 | 18,6 | | | | | |
| 44 | 1572 | 18,5 | | | | | |
| 45 | 1571 | 18,4 | | | | | |
| 46 | 1570 | 18,3 | | | | | |
| 47 | 1570 | 18,1 | | | | | |
| 48 | 1569 | 17,9 | | | | | |
| 49 | 1572 | 17,9 | | | | | |
| 50 | 896 | 17,6 | | | | | Aterrado a 49 |

El 16/11/2010 se realiza ensayo dilución

| **Fecha** diciembre-10 | **Nivel** 33,74 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 33,74 | 1579 | 19,1 | 9,4 | 111,5 | 115,3 | 7,2 | |
| 34 | 1582 | 19,1 | 9,2 | 107,3 | 117,5 | 7,1 | |
| 35 | 1572 | 19,4 | 8,9 | 106,0 | 118,4 | 7,1 | |
| 36 | 1570 | 19,4 | 8,8 | 104,3 | 119,6 | 7,1 | |
| 37 | 1570 | 19,4 | 8,6 | 103,3 | 120,4 | 7,1 | |
| 38 | 1566 | 19,5 | 8,5 | 101,6 | 120,7 | 7,1 | |
| 39 | 1565 | 19,5 | 8,4 | 99,9 | 121,1 | 7,1 | |
| 40 | 1566 | 19,5 | 8,2 | 98,4 | 121,2 | 7,1 | |
| 41 | 1570 | 19,5 | 8,1 | 96,0 | 121,5 | 7,1 | |
| 42 | 1576 | 19,4 | 7,8 | 93,0 | 121,2 | 7,1 | |
| 43 | 1577 | 19,4 | 7,5 | 89,3 | 121,1 | 7,1 | |
| 44 | 1647 | 19,1 | 4,9 | 58,5 | 98,5 | 7,1 | |
| 45 | 1647 | 18,9 | 4,5 | 51,5 | 94,7 | 7,1 | |
| 46 | 1677 | 18,9 | 4,1 | 48,5 | 94,0 | 7,1 | |
| 47 | 1706 | 18,7 | 3,7 | 42,8 | 92,7 | 7,1 | |
| 48 | 1715 | 18,6 | 3,3 | 38,0 | 92,5 | 7,1 | |
| 49 | 1715 | 18,5 | 3,0 | 34,7 | 90,5 | 7,1 | |
| 50 | | | | | | | Aterrado a 49 |

| Fecha enero-11 | Nivel 33,56 | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 33,56 | 1580 | 19,0 | 9,8 | 115,3 | 55,2 | 7,1 | |
| 34 | 1576 | 19,1 | 9,4 | 110,0 | 60,2 | 7,1 | |
| 35 | 1568 | 19,3 | 8,8 | 105,3 | 62,2 | 7,1 | |
| 36 | 1567 | 19,3 | 8,7 | 104,0 | 64,0 | 7,1 | |
| 37 | 1565 | 19,4 | 8,6 | 103,2 | 65,4 | 7,1 | |
| 38 | 1566 | 19,4 | 8,6 | 102,6 | 66,9 | 7,1 | |
| 39 | 1567 | 19,4 | 8,6 | 102,4 | 67,2 | 7,1 | |
| 40 | 1566 | 19,4 | 8,6 | 102,4 | 67,2 | 7,1 | |
| 41 | 1567 | 19,4 | 8,6 | 102,2 | 65,0 | 7,1 | |
| 42 | 1567 | 19,4 | 8,2 | 102,4 | 64,6 | 7,1 | |
| 43 | 1565 | 19,3 | 8,6 | 102,3 | 65,5 | 7,1 | |
| 44 | 1565 | 19,2 | 8,6 | 102,1 | 66,6 | 7,1 | |
| 45 | 1567 | 19,0 | 8,5 | 101,0 | 68,0 | 7,1 | |
| 46 | 1578 | 18,9 | 3,8 | 45,0 | 59,9 | 7,1 | |
| 47 | 1822 | 18,7 | 2,8 | 32,7 | 58,4 | 7,1 | |
| 48 | 1833 | 18,5 | 2,2 | 25,5 | 57,3 | 7,1 | |
| 48,9 | 1338 | 18,4 | 2,3 | 26,0 | 56,4 | 7,1 | Aterrado a 48,9 |
| 50 | | | | | | | |

| Fecha febrero-11 | Nivel 33,84 | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 33,84 | 1659 | 18,9 | 9,8 | 116,6 | 122,2 | 7,1 | |
| 34 | 1627 | 18,9 | 9,8 | 115,6 | 125,0 | 7,1 | |
| 35 | 1544 | 19,1 | 9,6 | 113,5 | 125,9 | 7,1 | |
| 36 | 1544 | 19,1 | 9,5 | 113,0 | 126,6 | 7,1 | |
| 37 | 1544 | 19,1 | 9,5 | 112,5 | 126,8 | 7,1 | |
| 38 | 1544 | 19,1 | 9,4 | 112,3 | 127,4 | 7,0 | |
| 39 | 1544 | 19,1 | 9,4 | 112,1 | 126,3 | 7,0 | |
| 40 | 1569 | 19,1 | 9,2 | 108,8 | 126,3 | 7,0 | |
| 41 | 1572 | 19,1 | 8,9 | 105,5 | 126,3 | 7,0 | |
| 42 | 1575 | 19,1 | 8,7 | 103,0 | 126,0 | 7,0 | |
| 43 | 1576 | 19,0 | 8,5 | 101,0 | 127,0 | 7,0 | |
| 44 | 1576 | 18,9 | 8,4 | 99,7 | 127,6 | 7,0 | |
| 45 | 1590 | 18,8 | 7,9 | 92,0 | 126,6 | 7,0 | |
| 46 | 1793 | 18,7 | 1,5 | 18,3 | 122,7 | 7,1 | |
| 47 | 1813 | 18,6 | 1,0 | 11,5 | 120,5 | 7,1 | |
| 48 | 1836 | 18,4 | 0,9 | 10,7 | 119,2 | 7,0 | |
| 49 | 1293 | 18,3 | 1,6 | 18,5 | 117,8 | 7,1 | Aterrado a 49 |
| 50 | | | | | | | |

| Fecha marzo-11 | Nivel 33,89 | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 33,89 | 1602 | 18,5 | 9,9 | 116,0 | 111,9 | 7,1 | |
| 35 | 1602 | 18,7 | 9,7 | 114,2 | 110,8 | 7,1 | |
| 36 | 1609 | 18,7 | 9,5 | 112,3 | 103,4 | 7,1 | |
| 37 | 1611 | 18,7 | 9,5 | 111,5 | 106,6 | 7,1 | |
| 38 | 1612 | 18,7 | 9,3 | 110,2 | 105,7 | 7,1 | |
| 39 | 1617 | 18,7 | 9,2 | 108,5 | 104,3 | 7,1 | |
| 40 | 1634 | 18,6 | 8,9 | 106,1 | 102,2 | 7,0 | |
| 41 | 1635 | 18,6 | 8,6 | 102,0 | 101,1 | 7,0 | |
| 42 | 1639 | 18,6 | 8,5 | 100,0 | 100,0 | 7,0 | |
| 43 | 1639 | 18,5 | 8,4 | 100,0 | 99,4 | 7,0 | |
| 44 | 1638 | 18,5 | 8,4 | 98,0 | 99,0 | 7,0 | |
| 45 | 1811 | 18,4 | 2,0 | 23,2 | 96,4 | 7,1 | |
| 46 | 1874 | 18,4 | 1,2 | 14,8 | 92,7 | 7,1 | |
| 47 | 1884 | 18,3 | 1,0 | 11,9 | 92,4 | 7,1 | |
| 48 | 1905 | 18,2 | 1,2 | 13,6 | 92,3 | 7,0 | |
| 49 | 1316 | 18,1 | 1,3 | 15,2 | 90,8 | 7,1 | Aterrado a 49 |
| 50 | | | | | | | |

| Fecha abril-11 | Nivel 33,91 | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 34 | 1589 | 18,6 | 9,5 | 112,0 | 129,4 | 7,1 | |
| 35 | 1590 | 18,5 | 9,5 | 110,9 | 128,0 | 7,0 | |
| 36 | 1596 | 18,5 | 9,4 | 110,6 | 127,1 | 7,0 | |
| 37 | 1596 | 18,5 | 9,4 | 109,9 | 126,2 | 7,1 | |
| 38 | 1600 | 18,4 | 9,3 | 109,7 | 125,6 | 7,1 | |
| 39 | 1604 | 18,4 | 9,3 | 108,5 | 125,0 | 7,1 | |
| 40 | 1624 | 18,3 | 9,2 | 106,4 | 126,3 | 7,0 | |
| 41 | 1630 | 18,3 | 8,8 | 103,1 | 123,3 | 7,0 | |
| 42 | 1631 | 18,3 | 8,6 | 100,7 | 122,8 | 7,0 | |
| 43 | 1632 | 18,2 | 8,4 | 99,7 | 122,5 | 7,0 | |
| 44 | 1632 | 18,2 | 8,4 | 97,9 | 122,4 | 7,1 | |
| 45 | 1636 | 18,2 | 8,3 | 96,5 | 122,1 | 7,1 | |
| 46 | 1875 | 18,1 | 1,6 | 18,3 | 120,0 | 7,1 | |
| 47 | 1893 | 18,1 | 1,7 | 19,9 | 118,3 | 7,0 | |
| 48 | 1905 | 18,1 | 2,5 | 28,6 | 117,5 | 7,0 | |
| 49 | 1129 | 18,0 | 2,1 | 25,3 | 115,5 | 7,1 | Aterrado a 49 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-11** | 33,96 | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,96 | 1542 | 18,5 | 10,3 | 121,1 | 121,8 | 7,2 | |
| 35 | 1568 | 18,2 | 10,3 | 119,7 | 118,6 | 7,1 | |
| 36 | 1583 | 18,1 | 10,2 | 119,4 | 116,0 | 7,1 | |
| 37 | 1595 | 18,0 | 10,1 | 117,0 | 114,5 | 7,1 | |
| 38 | 1598 | 18,0 | 10,0 | 115,6 | 113,3 | 7,1 | |
| 39 | 1601 | 17,9 | 9,9 | 114,2 | 112,2 | 7,1 | |
| 40 | 1626 | 17,8 | 9,4 | 109,1 | 110,7 | 7,1 | |
| 41 | 1628 | 17,8 | 8,9 | 103,4 | 109,8 | 7,1 | |
| 42 | 1630 | 17,8 | 8,9 | 102,9 | 106,1 | 7,1 | |
| 43 | 1632 | 17,7 | 8,8 | 101,9 | 106,4 | 7,1 | |
| 44 | 1632 | 17,7 | 8,8 | 101,6 | 106,3 | 7,1 | |
| 45 | 1633 | 17,7 | 8,8 | 101,6 | 106,4 | 7,1 | |
| 46 | 1890 | 17,7 | 2,1 | 23,8 | 105,5 | 7,1 | |
| 47 | 1891 | 17,7 | 2,1 | 24,3 | 105,2 | 7,1 | |
| 48 | 1908 | 17,7 | 2,6 | 29,7 | 104,1 | 7,1 | |
| 48,8 | 1270 | 17,7 | 2,1 | 24,2 | 102,2 | 7,1 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-11** | 34,03 | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,03 | 1566 | 18,3 | 9,9 | 115,5 | 143,5 | 7,2 | |
| 35 | 1567 | 18,1 | 9,7 | 113,5 | 140,3 | 7,2 | |
| 36 | 1581 | 18,0 | 9,7 | 112,8 | 139,0 | 7,1 | |
| 37 | 1587 | 17,9 | 9,5 | 110,4 | 137,0 | 7,1 | |
| 38 | 1596 | 17,8 | 9,4 | 109,4 | 135,8 | 7,1 | |
| 39 | 1601 | 17,7 | 9,3 | 107,5 | 133,5 | 7,1 | |
| 40 | 1617 | 17,6 | 9,0 | 103,2 | 132,0 | 7,1 | |
| 41 | 1621 | 17,6 | 8,7 | 100,5 | 131,4 | 7,1 | |
| 42 | 1624 | 17,6 | 8,5 | 97,6 | 130,7 | 7,1 | |
| 43 | 1627 | 17,5 | 8,4 | 96,8 | 130,0 | 7,1 | |
| 44 | 1627 | 17,5 | 8,4 | 96,2 | 129,1 | 7,1 | |
| 45 | 1755 | 17,5 | 3,8 | 44,3 | 128,2 | 7,1 | |
| 46 | 1876 | 17,6 | 2,5 | 28,7 | 125,0 | 7,1 | |
| 47 | 1900 | 17,6 | 2,6 | 29,9 | 122,5 | 7,1 | |
| 48 | 1911 | 17,6 | 3,2 | 37,3 | 121,8 | 7,1 | |
| 48,9 | 1906 | 17,6 | 3,3 | 37,5 | 120,9 | 7,1 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-11** | 34,01 | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,01 | 1568 | 18,3 | 9,5 | 111,1 | 89,9 | 7,1 | |
| 35 | 1585 | 17,9 | 9,7 | 112,4 | 90,3 | 7,1 | |
| 36 | 1598 | 17,8 | 9,7 | 112,1 | 90,2 | 7,1 | |
| 37 | 1601 | 17,7 | 9,6 | 110,6 | 90,6 | 7,1 | |
| 38 | 1603 | 17,7 | 9,5 | 109,5 | 90,6 | 7,1 | |
| 39 | 1610 | 17,6 | 9,3 | 107,9 | 90,8 | 7,1 | |
| 40 | 1617 | 17,5 | 9,1 | 105,9 | 90,5 | 7,1 | |
| 41 | 1623 | 17,5 | 8,7 | 100,2 | 90,8 | 7,1 | |
| 42 | 1628 | 17,4 | 8,8 | 99,6 | 90,5 | 7,1 | |
| 43 | 1628 | 17,4 | 8,6 | 98,7 | 90,6 | 7,1 | |
| 44 | 1629 | 17,4 | 8,4 | 96,5 | 90,6 | 7,1 | |
| 45 | 1827 | 17,4 | 3,7 | 43,2 | 89,4 | 7,1 | |
| 46 | 1895 | 17,4 | 3,0 | 35,1 | 89,1 | 7,1 | |
| 47 | 1904 | 17,4 | 2,9 | 33,9 | 88,5 | 7,2 | |
| 48 | 1916 | 17,4 | 2,9 | 33,9 | 88,5 | 7,1 | |
| 48,5 | 1918 | 17,4 | 3,0 | 35,0 | 88,5 | 7,1 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-11** | 34,21 | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,21 | 1424 | 19,7 | 8,7 | 104,4 | 90,8 | 7,2 | |
| 35 | 1472 | 18,2 | 9,3 | 108,5 | 90,3 | 7,2 | |
| 36 | 1494 | 17,9 | 9,0 | 105,1 | 90,9 | 7,2 | |
| 37 | 1498 | 17,8 | 8,9 | 101,5 | 90,8 | 7,1 | |
| 38 | 1501 | 17,8 | 8,7 | 100,4 | 90,8 | 7,1 | |
| 39 | 1501 | 17,8 | 8,6 | 99,8 | 90,8 | 7,1 | |
| 40 | 1504 | 17,7 | 8,4 | 96,7 | 87,7 | 7,1 | |
| 41 | 1509 | 17,6 | 8,3 | 96,6 | 84,8 | 7,1 | |
| 42 | 1515 | 17,6 | 8,2 | 94,8 | 84,2 | 7,1 | |
| 43 | 1518 | 17,6 | 8,1 | 93,6 | 85,0 | 7,1 | |
| 44 | 1519 | 17,5 | 8,1 | 92,7 | 85,3 | 7,1 | |
| 45 | 1765 | 17,5 | 3,2 | 37,4 | 85,4 | 7,1 | |
| 46 | 1767 | 17,5 | 3,2 | 36,9 | 85,9 | 7,1 | |
| 47 | 1771 | 17,5 | 3,2 | 36,8 | 85,5 | 7,2 | |
| 48 | 1784 | 17,4 | 3,5 | 36,7 | 86,0 | 7,1 | |
| 48,5 | 1315 | 17,4 | 3,5 | 36,5 | 90,0 | 7,1 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | |
|---|---|---|
| | | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. |

| **septiembre-11** | 34,25 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 34,25 | 1490 | 18,4 | 8,5 | 99,6 | 133,9 | 7,2 | |
| 35 | 1498 | 18,2 | 8,4 | 98,7 | 133,5 | 7,2 | |
| 36 | 1509 | 18,1 | 8,3 | 97,2 | 132,9 | 7,2 | |
| 37 | 1510 | 18,1 | 8,2 | 95,8 | 132,7 | 7,1 | |
| 38 | 1510 | 18,1 | 8,1 | 94,8 | 132,6 | 7,1 | |
| 39 | 1510 | 18,0 | 8,0 | 93,9 | 132,4 | 7,1 | |
| 40 | 1510 | 18,0 | 8,0 | 93,2 | 131,8 | 7,1 | |
| 41 | 1514 | 18,0 | 8,0 | 92,4 | 130,1 | 7,1 | |
| 42 | 1519 | 17,9 | 7,9 | 91,6 | 128,8 | 7,1 | |
| 43 | 1520 | 17,9 | 7,8 | 90,3 | 128,6 | 7,1 | |
| 44 | 1520 | 17,8 | 7,7 | 89,3 | 128,5 | 7,1 | |
| 45 | 1767 | 17,7 | 3,4 | 39,8 | 128,0 | 7,1 | |
| 46 | 1766 | 17,7 | 3,3 | 38,5 | 129,2 | 7,1 | |
| 47 | 1772 | 17,6 | 3,3 | 38,5 | 129,4 | 7,1 | |
| 48 | 1787 | 17,6 | 3,4 | 38,5 | 129,4 | 7,1 | |
| 48,9 | 1784 | 17,5 | 3,4 | 39,6 | 127,6 | 7,2 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha octubre-11** | **Nivel** 34,28 | Hora 9:00 aprox | Desde el 21 de diciembe se instala Diver a 40 m de prof. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 34,28 | 1502 | 18,6 | 8,1 | 95,2 | 110,5 | 7,2 | |
| 35 | 1503 | 18,5 | 7,9 | 92,8 | 108,4 | 7,2 | |
| 36 | 1505 | 18,4 | 7,9 | 92,2 | 107,6 | 7,0 | |
| 37 | 1506 | 18,4 | 7,8 | 92,0 | 106,9 | 7,0 | |
| 38 | 1507 | 18,4 | 7,8 | 91,9 | 106,1 | 7,2 | |
| 39 | 1507 | 18,4 | 7,8 | 91,6 | 105,8 | 7,2 | |
| 40 | 1507 | 18,4 | 7,8 | 91,3 | 105,1 | 7,2 | |
| 41 | 1506 | 18,3 | 7,8 | 90,9 | 104,9 | 7,2 | |
| 42 | 1509 | 18,3 | 7,7 | 90,3 | 104,1 | 7,2 | |
| 43 | 1509 | 18,2 | 7,7 | 90,0 | 103,8 | 7,2 | |
| 44 | 1512 | 18,1 | 7,7 | 90,1 | 103,5 | 7,2 | |
| 45 | 1766 | 18,0 | 3,6 | 41,8 | 103,4 | 7,1 | |
| 46 | 1768 | 18,0 | 3,4 | 39,8 | 102,9 | 7,1 | |
| 47 | 1774 | 17,9 | 3,4 | 39,3 | 102,6 | 7,1 | |
| 48 | 1784 | 17,8 | 3,4 | 39,4 | 102,5 | 7,1 | |
| 48,9 | 1792 | 17,7 | 3,5 | 40,6 | 102,3 | 7,1 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha noviembre-11** | **Nivel** 34,06 | Hora 9:17 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 34,06 | 1493 | 19,1 | 8,2 | 97,9 | 97,1 | 7,2 | |
| 35 | 1500 | 18,7 | 8,1 | 96,0 | 99,7 | 7,2 | |
| 36 | 1500 | 18,7 | 8,1 | 95,1 | 101,6 | 7,2 | |
| 37 | 1501 | 18,6 | 8,0 | 94,1 | 101,9 | 7,2 | |
| 38 | 1501 | 18,7 | 7,9 | 93,4 | 102,9 | 7,2 | |
| 39 | 1501 | 18,6 | 7,9 | 92,8 | 103,8 | 7,2 | |
| 40 | 1501 | 18,6 | 7,9 | 93,4 | 104,6 | 7,2 | |
| 41 | 1501 | 18,6 | 7,9 | 92,5 | 104,9 | 7,2 | |
| 42 | 1501 | 18,6 | 7,9 | 92,5 | 105,4 | 7,2 | |
| 43 | 1501 | 18,6 | 7,9 | 92,4 | 106,0 | 7,2 | |
| 44 | 1502 | 18,5 | 7,9 | 92,3 | 106,4 | 7,2 | |
| 45 | 1758 | 18,4 | 4,3 | 50,2 | 107,0 | 7,1 | |
| 46 | 1769 | 18,3 | 3,8 | 44,6 | 107,3 | 7,1 | |
| 47 | 1774 | 18,2 | 3,7 | 43,5 | 107,6 | 7,1 | |
| 48 | 1785 | 18,1 | 3,7 | 43,0 | 107,6 | 7,1 | |
| 48,9 | 1789 | 18,0 | 3,7 | 43,5 | 107,9 | 7,1 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha diciembre-11** | **Nivel** 34,11 | Hora 9:25 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 34,11 | 1486 | 18,4 | 6,6 | 79,8 | 77,5 | 7,3 | |
| 35 | 1485 | 18,7 | 6,3 | 74,1 | 80,0 | 7,2 | |
| 36 | 1484 | 18,8 | 6,2 | 78,5 | 81,8 | 7,2 | |
| 37 | 1485 | 18,8 | 6,1 | 72,3 | 82,3 | 7,2 | |
| 38 | 1485 | 18,9 | 6,1 | 72,2 | 82,3 | 7,2 | |
| 39 | 1485 | 18,9 | 6,1 | 72,0 | 82,3 | 7,2 | |
| 40 | 1484 | 18,9 | 6,1 | 72,2 | 82,4 | 7,2 | |
| 41 | 1485 | 18,9 | 6,1 | 72,1 | 82,7 | 7,2 | |
| 42 | 1485 | 18,9 | 6,1 | 72,0 | 81,9 | 7,2 | |
| 43 | 1485 | 18,9 | 6,1 | 72,0 | 81,8 | 7,2 | |
| 44 | 1485 | 18,8 | 6,1 | 71,8 | 81,8 | 7,2 | |
| 45 | 1740 | 18,7 | 3,2 | 37,2 | 81,9 | 7,2 | |
| 46 | 1770 | 18,5 | 3,0 | 35,3 | 83,0 | 7,1 | |
| 47 | 1776 | 18,4 | 3,0 | 35,0 | 83,2 | 7,2 | |
| 48 | 1783 | 18,3 | 3,0 | 35,6 | 83,5 | 7,2 | |
| 48,9 | 1703 | 18,2 | 3,1 | 36,6 | 84,4 | 7,2 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-12** | 33,87 | 13:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 33,87 | 1491 | 18,4 | 5,6 | 66,0 | 10,9 | 7,2 | |
| 34 | 1490 | 18,5 | 5,6 | 65,0 | 11,0 | 7,3 | |
| 35 | 1487 | 18,8 | 5,5 | 64,5 | 13,1 | 7,4 | |
| 36 | 1487 | 18,9 | 5,4 | 63,9 | 14,0 | 7,3 | |
| 37 | 1487 | 19,0 | 5,3 | 63,5 | 14,3 | 7,3 | |
| 38 | 1487 | 19,0 | 5,3 | 63,5 | 14,7 | 7,3 | |
| 39 | 1487 | 19,0 | 5,3 | 63,1 | 15,1 | 7,2 | |
| 40 | 1487 | 19,0 | 5,3 | 63,0 | 15,4 | 7,2 | |
| 41 | 1487 | 19,0 | 5,3 | 63,2 | 15,7 | 7,2 | |
| 42 | 1488 | 19,0 | 5,3 | 63,3 | 15,8 | 7,2 | |
| 43 | 1487 | 19,0 | 5,3 | 63,4 | 16,3 | 7,2 | |
| 44 | 1486 | 18,9 | 5,4 | 63,5 | 16,6 | 7,2 | |
| 45 | 1757 | 18,7 | 3,2 | 37,7 | 17,3 | 7,2 | |
| 46 | 1768 | 18,7 | 3,0 | 35,0 | 17,9 | 7,2 | |
| 47 | 1772 | 18,6 | 2,9 | 34,2 | 18,5 | 7,2 | |
| 48 | 1782 | 18,4 | 2,9 | 34,5 | 18,9 | 7,2 | Aterrado a 48,9 |
| 48,9 | 1610 | 18,3 | 3,0 | 34,8 | 32,2 | 7,2 | |
| 50 | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-12** | 34,04 | 9:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 34,04 | 1485 | 18,6 | 4,7 | 55,8 | 16,0 | 7,2 | |
| 35 | 1484 | 18,7 | 4,7 | 55,2 | 19,6 | 7,3 | |
| 36 | 1483 | 18,8 | 4,7 | 55,4 | 21,9 | 7,3 | |
| 37 | 1482 | 18,8 | 4,7 | 55,3 | 25,5 | 7,2 | |
| 38 | 1483 | 18,8 | 4,7 | 55,4 | 27,5 | 7,2 | |
| 39 | 1483 | 18,8 | 4,7 | 55,6 | 30,0 | 7,2 | |
| 40 | 1486 | 18,8 | 4,7 | 55,5 | 31,3 | 7,2 | |
| 41 | 1493 | 18,8 | 4,6 | 54,5 | 32,5 | 7,2 | |
| 42 | 1497 | 18,8 | 4,6 | 53,9 | 33,1 | 7,2 | |
| 43 | 1496 | 18,8 | 4,6 | 53,7 | 34,7 | 7,2 | |
| 44 | 1678 | 18,7 | 4,4 | 51,1 | 35,9 | 7,2 | |
| 45 | 1769 | 18,6 | 2,6 | 30,8 | 37,1 | 7,2 | |
| 46 | 1769 | 18,5 | 2,6 | 30,3 | 38,2 | 7,2 | |
| 47 | 1772 | 18,5 | 2,6 | 30,0 | 38,9 | 7,2 | |
| 48 | 1783 | 18,4 | 2,6 | 30,6 | 40,3 | 7,2 | Aterrado a 48,9 |
| 48,8 | 1792 | 18,3 | 2,7 | 31,8 | 41,8 | 7,2 | |
| 50 | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-12** | 34,15 | 12:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 34,15 | 1489 | 18,5 | 7,2 | 85,0 | -41,0 | 7,4 | |
| 35 | 1491 | 18,5 | 7,1 | 84,0 | -40,0 | 7,4 | |
| 36 | 1494 | 18,5 | 7,0 | 81,5 | -38,0 | 7,3 | |
| 37 | 1494 | 18,5 | 6,9 | 81,0 | -36,5 | 7,3 | |
| 38 | 1494 | 18,5 | 6,8 | 80,0 | -34,4 | 7,3 | |
| 39 | 1495 | 18,5 | 6,8 | 79,4 | -32,8 | 7,3 | |
| 40 | 1498 | 18,4 | 6,7 | 78,8 | -31,3 | 7,3 | |
| 41 | 1503 | 18,4 | 6,7 | 78,4 | -30,1 | 7,3 | |
| 42 | 1505 | 18,4 | 6,6 | 77,8 | -29,0 | 7,3 | |
| 43 | 1504 | 18,4 | 6,6 | 77,3 | -27,8 | 7,3 | |
| 44 | 1502 | 18,4 | 6,1 | 74,0 | -25,4 | 7,2 | |
| 45 | 1763 | 18,3 | 3,7 | 43,1 | -24,0 | 7,2 | |
| 46 | 1769 | 18,3 | 3,5 | 41,4 | -21,6 | 7,2 | |
| 47 | 1772 | 18,3 | 3,5 | 40,7 | -20,8 | 7,2 | |
| 48 | 1780 | 18,2 | 3,5 | 40,8 | -20,1 | 7,2 | Aterrado a 48,9 |
| 48,8 | 1791 | 18,2 | 3,6 | 42,5 | -19,2 | 7,2 | |
| 50 | | | | | | | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-12** | 34,21 | 9:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 34,21 | 1486 | 18,4 | 5,9 | 69,0 | -38,6 | 7,3 | |
| 35 | 1491 | 18,4 | 5,8 | 67,7 | -33,3 | 7,3 | |
| 36 | 1496 | 18,3 | 5,8 | 67,2 | -29,5 | 7,3 | |
| 37 | 1497 | 18,3 | 5,7 | 67,1 | -26,5 | 7,3 | |
| 38 | 1497 | 18,2 | 5,7 | 66,6 | -24,0 | 7,3 | |
| 39 | 1498 | 18,2 | 5,6 | 65,5 | -21,7 | 7,3 | |
| 40 | 1504 | 18,1 | 5,6 | 65,0 | -20,2 | 7,3 | |
| 41 | 1506 | 18,1 | 5,5 | 64,4 | -17,8 | 7,3 | |
| 42 | 1506 | 18,1 | 5,5 | 64,0 | -15,5 | 7,3 | |
| 43 | 1503 | 18,0 | 5,5 | 64,2 | -14,3 | 7,3 | |
| 44 | 1743 | 18,0 | 4,4 | 51,2 | -9,4 | 7,2 | |
| 45 | 1765 | 18,0 | 3,7 | 42,9 | -8,7 | 7,2 | |
| 46 | 1766 | 18,0 | 3,4 | 40,0 | -7,1 | 7,2 | |
| 47 | 1770 | 18,0 | 3,4 | 39,1 | -6,2 | 7,2 | |
| 48 | 1780 | 18,0 | 3,4 | 39,9 | -4,9 | 7,2 | Aterrado a 48,9 |
| 48,8 | 1780 | 18,0 | 3,4 | 38,1 | -5,3 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-12** | 34,27 | 9:35 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,27 | 1494 | 18,3 | 7,0 | 83,4 | -15,8 | 7,4 | |
| 35 | 1497 | 18,2 | 6,8 | 80,2 | 1,5 | 7,4 | |
| 36 | 1504 | 18,1 | 6,7 | 78,3 | 4,9 | 7,3 | |
| 37 | 1505 | 18,0 | 6,6 | 77,7 | 8,1 | 7,3 | |
| 38 | 1507 | 18,0 | 6,6 | 76,8 | 9,7 | 7,3 | |
| 39 | 1509 | 17,9 | 6,5 | 75,6 | 11,7 | 7,3 | |
| 40 | 1512 | 17,8 | 6,4 | 74,4 | 13,7 | 7,3 | |
| 41 | 1514 | 17,8 | 6,3 | 73,4 | 15,7 | 7,3 | |
| 42 | 1515 | 17,8 | 6,3 | 72,9 | 16,7 | 7,3 | |
| 43 | 1517 | 17,7 | 6,3 | 72,4 | 18,7 | 7,3 | |
| 44 | 1796 | 17,8 | 4,6 | 52,8 | 23,3 | 7,3 | |
| 45 | 1812 | 17,8 | 4,1 | 47,7 | 22,8 | 7,3 | |
| 46 | 1812 | 17,8 | 3,9 | 45,2 | 24,6 | 7,3 | |
| 47 | 1812 | 17,8 | 3,7 | 43,3 | 25,2 | 7,3 | |
| 48 | 1793 | 17,8 | 3,6 | 42,3 | 26,8 | 7,3 | Aterrado a 48,9 |
| 48,8 | 1799 | 17,8 | 3,6 | 41,8 | 28,9 | 7,3 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-12** | 34,29 | 9:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,29 | 1497 | 18,1 | 9,1 | 105,5 | -11,9 | 7,4 | |
| 35 | 1499 | 17,9 | 9,0 | 105,4 | -6,7 | 7,3 | |
| 36 | 1505 | 17,8 | 8,9 | 104,1 | -2,0 | 7,3 | |
| 37 | 1507 | 17,7 | 8,8 | 102,3 | 1,5 | 7,3 | |
| 38 | 1508 | 17,6 | 8,7 | 100,6 | 2,9 | 7,3 | |
| 39 | 1508 | 17,6 | 8,6 | 98,4 | 4,6 | 7,3 | |
| 40 | 1513 | 17,5 | 8,5 | 98,3 | 6,2 | 7,3 | |
| 41 | 1516 | 17,4 | 8,5 | 98,5 | 7,1 | 7,3 | |
| 42 | 1517 | 17,4 | 8,4 | 96,9 | 8,2 | 7,3 | |
| 43 | 1517 | 17,4 | 8,4 | 96,4 | 9,7 | 7,3 | |
| 44 | 1766 | 17,4 | 6,2 | 71,0 | 12,2 | 7,2 | |
| 45 | 1767 | 17,4 | 5,4 | 61,7 | 12,9 | 7,3 | |
| 46 | 1766 | 17,4 | 5,2 | 60,1 | 14,9 | 7,3 | |
| 47 | 1767 | 17,5 | 5,0 | 58,0 | 16,9 | 7,4 | |
| 48 | 1785 | 17,6 | 5,0 | 57,8 | 17,5 | 7,4 | Aterrado a 48,9 |
| 48,8 | 1799 | 17,6 | 4,9 | 57,0 | 18,4 | 7,2 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-12** | 34,25 | 9:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,25 | 1501 | 18,1 | 8,4 | 98,2 | -39,3 | 7,3 | |
| 35 | 1505 | 17,7 | 8,5 | 98,9 | -26,1 | 7,3 | |
| 36 | 1511 | 17,5 | 8,3 | 95,8 | -21,6 | 7,3 | |
| 37 | 1512 | 17,5 | 8,1 | 93,5 | -14,0 | 7,3 | |
| 38 | 1513 | 17,4 | 8,0 | 92,7 | -10,2 | 7,3 | |
| 39 | 1515 | 17,3 | 8,0 | 91,6 | -6,5 | 7,3 | |
| 40 | 1516 | 17,3 | 7,8 | 89,4 | -0,3 | 7,3 | |
| 41 | 1521 | 17,2 | 7,7 | 88,5 | 1,6 | 7,3 | |
| 42 | 1524 | 17,1 | 7,7 | 87,7 | 1,8 | 7,3 | |
| 43 | 1525 | 17,1 | 7,6 | 86,8 | 1,7 | 7,3 | |
| 44 | 1745 | 17,2 | 6,3 | 71,2 | 9,7 | 7,2 | |
| 45 | 1762 | 17,2 | 5,5 | 62,7 | 12,0 | 7,3 | |
| 46 | 1762 | 17,2 | 5,3 | 61,0 | 12,5 | 7,3 | |
| 47 | 1762 | 17,2 | 5,1 | 58,3 | 14,6 | 7,3 | |
| 48 | 1785 | 17,3 | 5,0 | 56,9 | 16,1 | 7,3 | |
| 48,8 | 1795 | 17,3 | 5,0 | 57,2 | 16,9 | 7,3 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-12** | 34,24 | 17:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,24 | 1452 | 19,5 | 8,1 | 97,7 | -43,7 | 7,3 | |
| 35 | 1499 | 17,5 | 9,0 | 103,1 | -31,2 | 7,3 | |
| 36 | 1502 | 17,4 | 8,9 | 102,1 | -26,6 | 7,3 | |
| 37 | 1513 | 17,3 | 8,6 | 97,4 | -22,5 | 7,3 | |
| 38 | 1513 | 17,2 | 8,4 | 96,5 | -16,7 | 7,3 | |
| 39 | 1514 | 17,2 | 8,3 | 95,1 | -16,1 | 7,3 | |
| 40 | 1523 | 17,0 | 8,1 | 92,4 | -12,5 | 7,3 | |
| 41 | 1530 | 17,0 | 7,9 | 89,5 | -9,4 | 7,3 | |
| 42 | 1528 | 17,0 | 7,8 | 88,8 | -7,8 | 7,3 | |
| 43 | 1529 | 17,0 | 7,7 | 87,8 | -4,2 | 7,3 | |
| 44 | 1757 | 17,0 | 6,3 | 71,1 | -2,0 | 7,3 | |
| 45 | 1761 | 17,0 | 5,7 | 65,1 | -0,9 | 7,3 | |
| 46 | 1765 | 17,1 | 5,4 | 61,8 | 1,1 | 7,3 | |
| 47 | 1770 | 17,1 | 5,3 | 60,8 | 2,5 | 7,4 | |
| 48 | 1786 | 17,1 | 5,3 | 60,2 | 3,5 | 7,2 | |
| 48,8 | 1796 | 17,2 | 5,3 | 60,4 | 4,4 | 7,3 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda CE y pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-12** | 34,48 | 9:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,48 | 1524 | 18,3 | 5,2 | 61,0 | 57,8 | 7,0 | |
| 35 | 1527 | 18,2 | 5,2 | 61,2 | 59,1 | 7,0 | |
| 36 | 1523 | 18,0 | 5,3 | 61,4 | 60,5 | 7,0 | |
| 37 | 1523 | 18,0 | 5,3 | 61,4 | 61,3 | 7,0 | |
| 38 | 1524 | 18,0 | 5,3 | 61,6 | 61,7 | 7,0 | |
| 39 | 1523 | 18,0 | 5,3 | 61,7 | 62,3 | 7,0 | |
| 40 | 1524 | 18,0 | 5,3 | 61,9 | 60,7 | 7,0 | |
| 41 | 1526 | 17,9 | 5,3 | 62,0 | 60,2 | 7,0 | |
| 42 | 1527 | 17,9 | 5,4 | 62,2 | 63,5 | 7,0 | |
| 43 | 1528 | 17,8 | 5,4 | 62,5 | 64,2 | 7,0 | |
| 44 | 1805 | 17,8 | 4,1 | 48,2 | 66,5 | 7,0 | |
| 45 | 1809 | 17,7 | 3,7 | 43,3 | 68,0 | 7,0 | |
| 46 | 1818 | 17,7 | 3,6 | 41,2 | 68,6 | 6,9 | |
| 47 | 1826 | 17,6 | 3,5 | 40,1 | 69,3 | 7,0 | |
| 48 | 1832 | 17,5 | 3,5 | 40,2 | 69,8 | 7,0 | |
| 48,8 | 1835 | 17,5 | 3,5 | 40,0 | 78,1 | 7,0 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **noviembre-12** | 34,10 | 11:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,1 | 1523 | 18,6 | 3,6 | 42,1 | 20,5 | 7,1 | |
| 35 | 1520 | 18,6 | 3,6 | 42,1 | 24,8 | 7,0 | |
| 36 | 1519 | 18,6 | 3,6 | 42,2 | 27,5 | 7,0 | |
| 37 | 1518 | 18,7 | 3,6 | 42,9 | 29,8 | 7,0 | |
| 38 | 1519 | 18,7 | 3,7 | 43,4 | 31,8 | 7,0 | |
| 39 | 1518 | 18,7 | 3,7 | 43,9 | 33,1 | 7,0 | |
| 40 | 1518 | 18,7 | 3,8 | 44,3 | 33,1 | 7,0 | |
| 41 | 1518 | 18,7 | 3,8 | 45,2 | 32,7 | 7,0 | |
| 42 | 1517 | 18,7 | 3,9 | 45,6 | 33,6 | 7,0 | |
| 43 | 1516 | 18,6 | 3,9 | 46,3 | 35,0 | 7,0 | |
| 44 | 1675 | 18,5 | 3,9 | 46,2 | 37,7 | 7,0 | |
| 45 | 1818 | 18,4 | 3,2 | 38,0 | 39,2 | 6,9 | |
| 46 | 1820 | 18,3 | 2,9 | 33,7 | 40,3 | 6,9 | |
| 47 | 1826 | 18,1 | 2,8 | 32,4 | 41,0 | 6,9 | |
| 48 | 1835 | 18,0 | 2,7 | 31,7 | 42,1 | 6,9 | |
| 48,8 | 1841 | 18,0 | 2,7 | 31,4 | 42,8 | 6,9 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | **Se ha calibrado sonda pH** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **diciembre-12** | 34,05 | 9:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,05 | 1508 | 18,9 | 3,8 | 44,9 | 25,7 | 6,9 | |
| 35 | 1500 | 19,0 | 3,7 | 44,0 | 32,2 | 7,1 | |
| 36 | 1499 | 19,0 | 3,7 | 43,6 | 39,2 | 7,0 | |
| 37 | 1500 | 19,0 | 3,7 | 43,8 | 42,1 | 7,0 | |
| 38 | 1500 | 19,0 | 3,7 | 44,0 | 46,7 | 7,0 | |
| 39 | 1500 | 19,0 | 3,7 | 44,4 | 48,2 | 7,0 | |
| 40 | 1500 | 19,1 | 3,8 | 45,3 | 49,4 | 7,0 | |
| 41 | 1499 | 19,1 | 3,8 | 45,5 | 49,6 | 7,0 | |
| 42 | 1500 | 19,0 | 3,9 | 45,7 | 50,5 | 7,0 | |
| 43 | 1500 | 19,0 | 3,9 | 45,7 | 52,1 | 7,0 | |
| 44 | 1503 | 18,9 | 3,9 | 45,6 | 54,1 | 7,0 | |
| 45 | 1802 | 18,7 | 2,9 | 33,9 | 59,7 | 7,0 | |
| 46 | 1807 | 18,6 | 2,8 | 33,0 | 60,5 | 7,0 | |
| 47 | 1811 | 18,4 | 2,8 | 32,4 | 61,7 | 7,0 | |
| 48 | 1821 | 18,3 | 2,8 | 32,6 | 62,6 | 7,0 | |
| 48,9 | 1830 | 18,1 | 2,8 | 33,1 | 64,5 | 7,0 | Aterrado a 48,9 |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | Punta riada el 22 noche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-13** | 33,79 | 9:23 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,79 | 1525 | 19,0 | 3,4 | 40,0 | 90,0 | 7,2 | Riada Ebro |
| 34 | 1522 | 19,1 | 3,3 | 39,4 | 91,2 | 7,1 | |
| 35 | 1517 | 19,2 | 3,2 | 38,7 | 94,0 | 7,0 | |
| 36 | 1516 | 19,2 | 3,2 | 38,7 | 94,0 | 7,0 | |
| 37 | 1517 | 19,2 | 3,2 | 38,6 | 93,3 | 7,0 | |
| 38 | 1517 | 19,2 | 3,3 | 38,9 | 92,7 | 7,0 | |
| 39 | 1517 | 19,2 | 3,3 | 39,0 | 94,1 | 7,0 | |
| 40 | 1517 | 19,3 | 3,3 | 39,2 | 92,9 | 7,0 | |
| 41 | 1519 | 19,3 | 3,3 | 39,5 | 90,2 | 7,0 | |
| 42 | 1522 | 19,3 | 3,3 | 39,5 | 88,9 | 7,0 | |
| 43 | 1521 | 19,2 | 3,3 | 39,5 | 90,8 | 7,0 | |
| 44 | 1522 | 19,1 | 3,3 | 39,6 | 92,7 | 7,0 | |
| 45 | 1849 | 19,0 | 3,0 | 36,0 | 95,2 | 7,0 | |
| 46 | 1851 | 18,8 | 2,5 | 30,0 | 96,8 | 6,9 | |
| 47 | 1852 | 18,6 | 2,3 | 27,6 | 98,1 | 6,9 | |
| 48 | 1864 | 18,4 | 2,3 | 27,3 | 99,3 | 6,9 | Aterrado a 48,9 |
| 48,7 | 1873 | 18,4 | 2,3 | 27,3 | 102,6 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **febrero-13** | 33,84 | 9:23 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,84 | 1523 | 19,1 | 5,6 | 67,0 | 52,3 | 7,1 | Riada Ebro |
| 34 | 1523 | 19,1 | 5,6 | 67,0 | 52,3 | 7,1 | |
| 35 | 1518 | 19,1 | 5,6 | 66,6 | 53,1 | 7,1 | |
| 36 | 1518 | 19,1 | 5,6 | 66,1 | 53,5 | 7,1 | |
| 37 | 1518 | 19,0 | 5,6 | 66,0 | 54,0 | 7,1 | |
| 38 | 1517 | 19,1 | 5,6 | 66,0 | 55,3 | 7,1 | |
| 39 | 1518 | 19,1 | 5,6 | 66,4 | 55,6 | 7,1 | |
| 40 | 1522 | 19,1 | 5,6 | 66,3 | 53,8 | 7,1 | |
| 41 | 1524 | 19,1 | 5,5 | 65,9 | 49,9 | 7,1 | |
| 42 | 1527 | 19,1 | 5,6 | 66,0 | 48,5 | 7,1 | |
| 43 | 1525 | 19,0 | 5,6 | 66,2 | 47,9 | 7,1 | |
| 44 | 1526 | 18,9 | 5,6 | 66,3 | 49,6 | 7,1 | |
| 45 | 1845 | 18,8 | 4,3 | 51,6 | 52,6 | 7,0 | |
| 46 | 1844 | 18,7 | 4,1 | 48,5 | 56,7 | 7,0 | |
| 47 | 1850 | 18,5 | 4,0 | 46,5 | 58,1 | 7,0 | |
| 48 | 1860 | 18,5 | 3,9 | 45,8 | 59,0 | 7,0 | Aterrado a 48,9 |
| 48,7 | 1870 | 18,4 | 3,9 | 45,5 | 60,0 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **marzo-13** | 33,77 | 12:25 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,77 | 1467 | 18,7 | 2,9 | 33,7 | 68,6 | 7,1 | |
| 40 | 1529 | 18,8 | 2,8 | 33,0 | 80,0 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril-13** | 33,85 | 9:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,85 | 1482 | 18,5 | 3,0 | 34,9 | 82,4 | 6,9 | |
| 40 | 1517 | 18,3 | 3,2 | 37,2 | 84,1 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **mayo-13** | 33,70 | 9:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,7 | 1447 | 18,6 | 2,2 | 25,5 | 77,1 | 7,0 | |
| 40 | 1521 | 17,9 | 2,1 | 24,3 | 79,7 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **junio-13** | 33,80 | 9:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,8 | 1389 | 18,7 | 2,1 | 24,3 | 15,6 | 7,1 | |
| 40 | 1498 | 17,6 | 2,1 | 24,3 | 24,3 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **julio-13** | 33,64 | 9:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,64 | 1396 | 18,9 | 4,0 | 47,3 | 58,0 | 7,1 | |
| 40 | 1501 | 17,2 | 4,1 | 46,7 | 83,8 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-13** | 33,75 | 9:12 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,75 | 1435 | 18,1 | 2,6 | 29,6 | 33,0 | 7,1 | |
| 40 | 1503 | 17,1 | 2,5 | 28,7 | 43,9 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-13** | 34,27 | 9:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 34,27 | 1465 | 18,0 | 2,3 | 26,4 | 47,4 | 7,1 | |
| 40 | 1512 | 17,7 | 2,1 | 24,8 | 33,0 | 6,9 | |

| **Fecha** | **Nivel** | Hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-14** | 33,85 | 9:10 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 33,85 | 1529 | 18,8 | 1,5 | 17,9 | 30,0 | 7,2 | |
| 40 | 1518 | 18,9 | 1,5 | 17,3 | 32,8 | 7,1 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-11 | 17,89 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,89 | 1265 | 18,2 | 3,3 | 38,5 | -88,2 | 8,8 | |
| 19 | 1221 | 18,0 | 1,8 | 21,0 | -89,7 | 8,8 | |
| 20 | 1263 | 17,9 | 0,9 | 10,0 | -88,2 | 8,5 | |
| 21 | 1555 | 17,6 | 1,3 | 15,3 | -62,0 | 7,2 | |
| 22 | 1567 | 17,5 | 1,9 | 22,5 | -55,5 | 7,1 | |
| 23 | 1528 | 17,4 | 2,2 | 25,2 | -51,0 | 7,1 | |
| 24 | 1512 | 17,4 | 2,3 | 26,0 | -49,1 | 7,1 | |
| 25 | 1518 | 17,3 | 2,3 | 26,5 | -47,1 | 7,1 | |
| 26 | 1518 | 17,3 | 2,3 | 26,6 | -45,5 | 7,1 | |
| 27 | 1514 | 17,3 | 2,3 | 26,4 | -44,2 | 7,1 | |
| 28 | 1513 | 17,3 | 2,3 | 26,0 | -42,7 | 7,1 | |
| 29 | 1511 | 17,2 | 2,2 | 25,5 | -42,0 | 7,1 | |
| 30 | 1511 | 17,2 | 2,2 | 25,1 | -41,5 | 7,1 | |
| 31 | 1511 | 17,1 | 2,2 | 25,1 | -40,3 | 7,1 | |
| 32 | 1515 | 17,1 | 2,2 | 25,2 | -39,5 | 7,1 | |
| 33 | 1517 | 17,0 | 2,2 | 25,3 | -38,6 | 7,1 | |
| 34 | 1517 | 17,0 | 2,2 | 25,2 | -38,0 | 7,1 | |
| 35 | 1549 | 17,0 | 2,2 | 24,6 | -40,1 | 7,2 | |
| 36 | 1615 | 16,9 | 2,0 | 22,7 | -40,7 | 7,3 | |
| 37 | 1616 | 16,9 | 1,9 | 21,5 | -41,0 | 7,3 | |
| 38 | 1612 | 16,9 | 1,8 | 20,4 | -41,4 | 7,3 | |
| 39 | 1608 | 16,9 | 1,8 | 20,3 | -41,4 | 7,3 | |
| 40 | 1600 | 16,9 | 1,8 | 20,6 | -41,2 | 7,3 | |
| 41 | 1597 | 16,8 | 1,9 | 21,3 | -41,0 | 7,3 | |
| 42 | 1663 | 16,8 | 1,8 | 20,8 | -42,1 | 7,4 | |
| 43 | 1682 | 16,8 | 1,6 | 18,3 | -42,9 | 7,4 | |
| 44 | 1682 | 16,8 | 1,2 | 13,7 | -44,1 | 7,4 | |
| 45 | 1684 | 16,8 | 1,0 | 11,0 | -44,8 | 7,4 | |
| 46 | 1685 | 16,8 | 0,8 | 8,9 | -43,5 | 7,4 | |
| 47 | 1685 | 16,8 | 0,7 | 7,6 | -46,1 | 7,4 | |
| 48 | 918 | 16,8 | 0,2 | 0,1 | -174,8 | 7,7 | Aterrado a 47,5 |
| 49 | | | | | | | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-11 | 17,32 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,32 | 1321 | 18,2 | 1,9 | 22,0 | 72,5 | 7,8 | |
| 18 | 1308 | 18,2 | 1,3 | 16,1 | 78,0 | 7,8 | |
| 19 | 1310 | 18,1 | 0,4 | 5,3 | 77,2 | 7,8 | |
| 20 | 1446 | 18,0 | 0,2 | 2,6 | 78,1 | 7,6 | |
| 21 | 1620 | 17,7 | 2,1 | 23,6 | 79,8 | 7,1 | |
| 22 | 1610 | 17,5 | 2,4 | 27,7 | 78,9 | 7,1 | |
| 23 | 1571 | 17,4 | 2,5 | 28,5 | 80,0 | 7,2 | |
| 24 | 1571 | 17,4 | 2,5 | 28,5 | 78,9 | 7,1 | |
| 25 | 1567 | 17,3 | 2,5 | 28,5 | 78,9 | 7,1 | |
| 26 | 1566 | 17,3 | 2,5 | 28,1 | 78,6 | 7,1 | |
| 27 | 1557 | 17,3 | 2,4 | 27,8 | 78,1 | 7,2 | |
| 28 | 1550 | 17,3 | 2,4 | 27,2 | 77,8 | 7,2 | |
| 29 | 1531 | 17,2 | 2,3 | 26,8 | 77,5 | 7,2 | |
| 30 | 1537 | 17,2 | 2,4 | 26,8 | 77,5 | 7,2 | |
| 31 | 1535 | 17,2 | 2,3 | 26,8 | 77,5 | 7,2 | |
| 32 | 1537 | 17,1 | 2,4 | 27,0 | 77,2 | 7,2 | |
| 33 | 1538 | 17,0 | 2,4 | 27,4 | 77,1 | 7,2 | |
| 34 | 1539 | 17,0 | 2,5 | 28,0 | 76,6 | 7,2 | |
| 35 | 1542 | 17,0 | 2,6 | 29,5 | 76,5 | 7,2 | |
| 36 | 1549 | 16,9 | 2,8 | 31,5 | 75,9 | 7,2 | |
| 37 | 1556 | 16,9 | 2,9 | 33,3 | 75,7 | 7,3 | |
| 38 | 1557 | 16,9 | 3,1 | 34,7 | 75,4 | 7,3 | |
| 39 | 1553 | 16,9 | 3,2 | 36,1 | 75,3 | 7,3 | |
| 40 | 1550 | 16,9 | 3,3 | 37,4 | 75,3 | 7,3 | |
| 41 | 1548 | 16,9 | 3,4 | 38,6 | 75,3 | 7,3 | |
| 42 | 1570 | 16,8 | 3,8 | 43,5 | 75,1 | 7,3 | |
| 43 | 1774 | 16,8 | 1,0 | 10,9 | 72,1 | 7,4 | |
| 44 | 1777 | 16,8 | 0,5 | 5,6 | 76,4 | 7,4 | |
| 45 | 1778 | 16,8 | 0,3 | 3,2 | 63,5 | 7,4 | |
| 46 | 1779 | 16,8 | 0,1 | 1,7 | 56,4 | 7,4 | |
| 47 | 1778 | 16,8 | 0,1 | 1,2 | 52,3 | 7,4 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-11 | 17,73 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,73 | 1478 | 18,3 | 4,1 | 48,0 | 97,3 | 7,6 | |
| 18 | 1479 | 18,3 | 3,6 | 42,0 | 96,8 | 7,5 | |
| 19 | 1478 | 18,1 | 0,4 | 4,7 | 97,0 | 7,4 | |
| 20 | 1498 | 18,0 | 0,2 | 1,9 | 95,6 | 7,3 | |
| 21 | 1615 | 17,6 | 2,3 | 26,4 | 96,7 | 7,2 | |
| 22 | 1599 | 17,5 | 2,5 | 28,4 | 96,1 | 7,1 | |
| 23 | 1559 | 17,4 | 2,4 | 27,5 | 95,8 | 7,2 | |
| 24 | 1561 | 17,4 | 2,4 | 27,1 | 95,3 | 7,2 | |
| 25 | 1561 | 17,3 | 2,4 | 27,3 | 95,2 | 7,2 | |
| 26 | 1563 | 17,3 | 2,4 | 27,4 | 95,0 | 7,2 | |
| 27 | 1560 | 17,3 | 2,4 | 27,1 | 94,7 | 7,2 | |
| 28 | 1546 | 17,3 | 2,3 | 26,7 | 94,4 | 7,2 | |
| 29 | 1513 | 17,2 | 2,3 | 26,0 | 93,8 | 7,2 | |
| 30 | 1510 | 17,2 | 2,3 | 25,9 | 93,8 | 7,2 | |
| 31 | 1513 | 17,2 | 2,3 | 25,9 | 93,5 | 7,2 | |
| 32 | 1513 | 17,1 | 2,3 | 25,8 | 93,3 | 7,2 | |
| 33 | 1515 | 17,0 | 2,3 | 25,8 | 93,3 | 7,2 | |
| 34 | 1514 | 17,0 | 2,3 | 25,8 | 93,0 | 7,2 | |
| 35 | 1547 | 16,9 | 2,3 | 26,2 | 91,8 | 7,2 | |
| 36 | 1560 | 16,9 | 2,4 | 27,9 | 91,2 | 7,3 | |
| 37 | 1562 | 16,9 | 2,5 | 28,8 | 90,6 | 7,3 | |
| 38 | 1553 | 16,9 | 2,7 | 30,2 | 90,2 | 7,3 | |
| 39 | 1547 | 16,9 | 2,8 | 32,2 | 90,2 | 7,3 | |
| 40 | 1543 | 16,8 | 3,0 | 34,3 | 89,9 | 7,3 | |
| 41 | 1541 | 16,8 | 3,2 | 36,0 | 89,5 | 7,3 | |
| 42 | 1613 | 16,8 | 3,3 | 37,8 | 89,1 | 7,3 | |
| 43 | 1703 | 16,8 | 0,9 | 9,7 | 87,7 | 7,4 | |
| 44 | 1708 | 16,8 | 0,8 | 8,8 | 84,5 | 7,4 | |
| 45 | 1710 | 16,8 | 0,7 | 8,0 | 83,6 | 7,4 | |
| 46 | 1711 | 16,8 | 0,6 | 7,3 | 82,1 | 7,4 | |
| 47 | 1709 | 16,8 | 0,6 | 7,2 | 81,0 | 7,4 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-11 | 18,17 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD m | CE µS/cm | Tª ºC | O2 mg/l | O2 % | Eh mV | pH | Observaciones |
| 18,17 | 1514 | 18,2 | 2,4 | 28,2 | 85,7 | 7,5 | |
| 19 | 1512 | 18,1 | 1,5 | 17,9 | 87,0 | 7,4 | |
| 20 | 1519 | 18,0 | 0,5 | 6,1 | 87,7 | 7,4 | |
| 21 | 1650 | 17,7 | 1,5 | 17,1 | 89,4 | 7,2 | |
| 22 | 1626 | 17,5 | 2,4 | 28,0 | 89,4 | 7,1 | |
| 23 | 1575 | 17,4 | 2,4 | 28,1 | 89,7 | 7,2 | |
| 24 | 1579 | 17,4 | 2,4 | 28,1 | 89,7 | 7,2 | |
| 25 | 1582 | 17,4 | 2,5 | 28,5 | 89,5 | 7,2 | |
| 26 | 1576 | 17,4 | 2,5 | 28,9 | 89,7 | 7,2 | |
| 27 | 1565 | 17,3 | 2,4 | 27,9 | 89,4 | 7,2 | |
| 28 | 1562 | 17,3 | 2,4 | 27,5 | 87,7 | 7,2 | |
| 29 | 1505 | 17,3 | 2,4 | 27,3 | 83,9 | 7,2 | |
| 30 | 1521 | 17,3 | 2,4 | 27,4 | 81,3 | 7,2 | |
| 31 | 1525 | 17,2 | 2,5 | 28,7 | 80,4 | 7,2 | |
| 32 | 1528 | 17,1 | 2,8 | 31,3 | 80,6 | 7,2 | |
| 33 | 1530 | 17,0 | 3,0 | 33,6 | 81,0 | 7,2 | |
| 34 | 1531 | 17,0 | 3,2 | 35,8 | 81,2 | 7,2 | |
| 35 | 1533 | 16,9 | 3,4 | 38,1 | 81,2 | 7,3 | |
| 36 | 1541 | 16,9 | 3,6 | 40,3 | 81,2 | 7,3 | |
| 37 | 1533 | 16,9 | 3,7 | 41,8 | 81,3 | 7,3 | |
| 38 | 1531 | 16,9 | 3,8 | 43,0 | 81,3 | 7,3 | |
| 39 | 1528 | 16,9 | 3,9 | 44,3 | 81,2 | 7,3 | |
| 40 | 1528 | 16,8 | 4,1 | 46,7 | 81,2 | 7,3 | |
| 41 | 1530 | 16,8 | 4,2 | 47,9 | 81,0 | 7,3 | |
| 42 | 1630 | 16,8 | 2,2 | 25,6 | 80,4 | 7,4 | |
| 43 | 1672 | 16,8 | 1,0 | 11,2 | 79,2 | 7,4 | |
| 44 | 1671 | 16,8 | 0,7 | 7,8 | 77,8 | 7,4 | |
| 45 | 1680 | 16,8 | 0,5 | 6,1 | 77,1 | 7,4 | |
| 46 | 1671 | 16,8 | 0,5 | 5,9 | 76,3 | 7,4 | |
| 47 | 1671 | 16,8 | 0,4 | 4,7 | 74,5 | 7,4 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-11 | 18,25 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD m | CE µS/cm | Tª ºC | O2 mg/l | O2 % | Eh mV | pH | Observaciones |
| 18,25 | 1567 | 18,4 | 2,1 | 24,3 | 61,7 | 7,3 | |
| 19 | 1566 | 18,2 | 1,1 | 13,0 | 61,9 | 7,3 | |
| 20 | 1581 | 18,0 | 0,6 | 6,5 | 61,6 | 7,2 | |
| 21 | 1673 | 17,7 | 2,2 | 25,0 | 62,5 | 7,1 | |
| 22 | 1645 | 17,5 | 2,7 | 31,5 | 61,1 | 7,1 | |
| 23 | 1581 | 17,4 | 2,6 | 30,1 | 60,5 | 7,2 | |
| 24 | 1585 | 17,4 | 2,6 | 29,9 | 60,4 | 7,2 | |
| 25 | 1586 | 17,4 | 2,6 | 29,9 | 59,9 | 7,2 | |
| 26 | 1582 | 17,4 | 2,6 | 29,9 | 59,4 | 7,2 | |
| 27 | 1576 | 17,4 | 2,5 | 29,4 | 58,8 | 7,2 | |
| 28 | 1563 | 17,3 | 2,5 | 29,0 | 58,1 | 7,2 | |
| 29 | 1525 | 17,3 | 2,5 | 28,8 | 56,9 | 7,2 | |
| 30 | 1523 | 17,3 | 2,5 | 28,9 | 55,9 | 7,2 | |
| 31 | 1524 | 17,2 | 2,8 | 32,0 | 54,7 | 7,2 | |
| 32 | 1527 | 17,1 | 3,1 | 35,2 | 54,6 | 7,2 | |
| 33 | 1528 | 17,0 | 3,4 | 38,6 | 54,6 | 7,3 | |
| 34 | 1528 | 17,0 | 3,5 | 40,4 | 54,6 | 7,3 | |
| 35 | 1529 | 16,9 | 3,6 | 41,3 | 54,6 | 7,3 | |
| 36 | 1528 | 16,9 | 3,8 | 43,4 | 54,3 | 7,3 | |
| 37 | 1527 | 16,9 | 3,6 | 44,7 | 54,4 | 7,3 | |
| 38 | 1528 | 16,9 | 4,0 | 45,6 | 54,6 | 7,3 | |
| 39 | 1521 | 16,9 | 4,2 | 47,2 | 54,7 | 7,3 | |
| 40 | 1520 | 16,8 | 4,3 | 48,7 | 54,7 | 7,3 | |
| 41 | 1517 | 16,8 | 4,4 | 49,8 | 55,0 | 7,3 | |
| 42 | 1602 | 16,8 | 4,4 | 50,5 | 54,9 | 7,3 | |
| 43 | 1680 | 16,8 | 0,5 | 5,7 | 52,8 | 7,4 | |
| 44 | 1687 | 16,8 | 0,3 | 3,7 | 50,6 | 7,4 | |
| 45 | 1687 | 16,8 | 0,2 | 2,7 | 49,7 | 7,4 | |
| 46 | 1685 | 16,8 | 0,2 | 2,0 | 49,0 | 7,4 | |
| 47 | 1682 | 16,8 | 0,1 | 1,6 | 47,0 | 7,4 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| julio-11 | 18,43 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD m | CE µS/cm | Tª ºC | O2 mg/l | O2 % | Eh mV | pH | Observaciones |
| 18,43 | 1578 | 18,7 | 2,0 | 23,5 | -11,4 | 7,3 | |
| 19 | 1577 | 18,4 | 1,0 | 12,2 | -7,9 | 7,3 | |
| 20 | 1593 | 18,0 | 0,5 | 6,0 | -6,2 | 7,3 | |
| 21 | 1735 | 17,7 | 2,7 | 31,3 | 4,1 | 7,1 | |
| 22 | 1717 | 17,5 | 3,1 | 35,3 | 5,3 | 7,1 | |
| 23 | 1626 | 17,4 | 3,1 | 35,8 | 6,5 | 7,2 | |
| 24 | 1628 | 17,4 | 3,1 | 35,2 | 7,4 | 7,2 | |
| 25 | 1641 | 17,4 | 3,1 | 35,2 | 8,2 | 7,2 | |
| 26 | 1631 | 17,4 | 3,1 | 34,5 | 8,8 | 7,2 | |
| 27 | 1619 | 17,4 | 3,1 | 35,4 | 9,3 | 7,2 | |
| 28 | 1608 | 17,3 | 3,0 | 35,0 | 9,7 | 7,2 | |
| 29 | 1550 | 17,3 | 3,0 | 34,5 | 10,0 | 7,2 | |
| 30 | 1551 | 17,3 | 2,9 | 33,9 | 10,5 | 7,2 | |
| 31 | 1547 | 17,2 | 3,0 | 33,7 | 10,8 | 7,2 | |
| 32 | 1545 | 17,1 | 3,1 | 34,8 | 11,3 | 7,2 | |
| 33 | 1536 | 17,0 | 3,4 | 38,2 | 12,5 | 7,2 | |
| 34 | 1535 | 17,0 | 3,6 | 40,2 | 13,2 | 7,3 | |
| 35 | 1531 | 16,9 | 3,7 | 42,0 | 14,0 | 7,3 | |
| 36 | 1529 | 16,9 | 3,8 | 42,9 | 14,7 | 7,3 | |
| 37 | 1531 | 16,9 | 3,8 | 43,4 | 15,5 | 7,3 | |
| 38 | 1527 | 16,9 | 3,9 | 44,3 | 15,8 | 7,3 | |
| 39 | 1523 | 16,9 | 4,0 | 45,7 | 16,6 | 7,3 | |
| 40 | 1523 | 16,9 | 4,2 | 47,2 | 17,3 | 7,3 | |
| 41 | 1520 | 16,8 | 4,2 | 48,0 | 17,8 | 7,3 | |
| 42 | 1669 | 16,8 | 4,2 | 47,4 | 17,6 | 7,3 | |
| 43 | 1697 | 16,8 | 0,6 | 7,5 | 8,5 | 7,4 | |
| 44 | 1699 | 16,8 | 0,5 | 5,4 | 5,6 | 7,4 | |
| 45 | 1703 | 16,8 | 0,4 | 4,3 | 4,9 | 7,4 | |
| 46 | 1701 | 16,8 | 0,4 | 4,0 | 4,3 | 7,1 | |
| 47 | 1703 | 16,8 | 0,3 | 3,8 | 3,8 | 7,4 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-11 | 18,70 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,7 | 1531 | 18,4 | 3,7 | 43,6 | 104,3 | 7,3 | |
| 19 | 1533 | 18,2 | 3,6 | 41,8 | 104,6 | 7,3 | |
| 20 | 1533 | 18,0 | 3,1 | 36,7 | 104,9 | 7,2 | |
| 21 | 1571 | 17,7 | 3,3 | 38,4 | 105,4 | 7,2 | |
| 22 | 1589 | 17,6 | 3,5 | 40,9 | 104,6 | 7,2 | |
| 23 | 1474 | 17,4 | 3,4 | 39,1 | 103,4 | 7,2 | |
| 24 | 1489 | 17,4 | 3,3 | 38,3 | 103,1 | 7,2 | |
| 25 | 1498 | 17,4 | 3,3 | 38,1 | 102,5 | 7,2 | |
| 26 | 1492 | 17,4 | 3,3 | 38,0 | 102,0 | 7,2 | |
| 27 | 1479 | 17,4 | 3,3 | 38,1 | 101,7 | 7,2 | |
| 28 | 1478 | 17,3 | 3,3 | 37,4 | 101,3 | 7,2 | |
| 29 | 1433 | 17,3 | 3,0 | 35,0 | 100,9 | 7,2 | |
| 30 | 1429 | 17,3 | 3,0 | 34,2 | 100,9 | 7,2 | |
| 31 | 1428 | 17,2 | 3,2 | 37,1 | 100,0 | 7,3 | |
| 32 | 1426 | 17,1 | 3,5 | 39,6 | 99,3 | 7,3 | |
| 33 | 1425 | 17,0 | 3,7 | 42,0 | 98,8 | 7,3 | |
| 34 | 1424 | 17,0 | 3,8 | 43,8 | 98,4 | 7,3 | |
| 35 | 1423 | 17,0 | 3,9 | 44,8 | 97,9 | 7,3 | |
| 36 | 1422 | 16,9 | 4,1 | 47,1 | 97,6 | 7,3 | |
| 37 | 1421 | 16,9 | 4,2 | 47,6 | 97,1 | 7,3 | |
| 38 | 1420 | 16,9 | 4,2 | 48,0 | 98,0 | 7,3 | |
| 39 | 1420 | 16,9 | 4,3 | 48,4 | 96,8 | 7,3 | |
| 40 | 1419 | 16,9 | 4,3 | 49,2 | 96,7 | 7,3 | |
| 41 | 1419 | 16,9 | 4,4 | 49,8 | 96,4 | 7,3 | |
| 42 | 1434 | 16,9 | 4,4 | 50,1 | 96,4 | 7,3 | |
| 43 | 1596 | 16,8 | 0,6 | 7,2 | 90,0 | 7,4 | |
| 44 | 1602 | 16,8 | 0,4 | 4,2 | 87,9 | 7,5 | |
| 45 | 1603 | 16,8 | 0,2 | 2,6 | 86,4 | 7,5 | |
| 46 | 1602 | 16,8 | 0,2 | 1,8 | 85,1 | 7,4 | |
| 47 | 1601 | 16,8 | 0,1 | 1,6 | 68,4 | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| septiembre-11 | 18,67 | | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,67 | 1515 | 18,2 | 3,8 | 43,8 | 132,4 | 7,3 | |
| 19 | 1517 | 18,2 | 3,6 | 42,5 | 134,5 | 7,3 | |
| 20 | 1517 | 18,0 | 3,5 | 40,4 | 134,4 | 7,2 | |
| 21 | 1514 | 17,7 | 3,3 | 38,0 | 134,1 | 7,2 | |
| 22 | 1509 | 17,5 | 3,2 | 37,4 | 133,8 | 7,2 | |
| 23 | 1459 | 17,5 | 3,0 | 35,1 | 133,5 | 7,2 | |
| 24 | 1460 | 17,4 | 3,0 | 34,3 | 133,5 | 7,2 | |
| 25 | 1458 | 17,4 | 2,9 | 33,5 | 133,0 | 7,2 | |
| 26 | 1458 | 17,4 | 2,9 | 33,0 | 132,7 | 7,2 | |
| 27 | 1453 | 17,4 | 2,8 | 32,7 | 132,1 | 7,2 | |
| 28 | 1442 | 17,3 | 2,8 | 32,1 | 131,7 | 7,2 | |
| 29 | 1419 | 17,3 | 2,7 | 31,2 | 131,5 | 7,2 | |
| 30 | 1413 | 17,3 | 2,6 | 30,4 | 131,4 | 7,3 | |
| 31 | 1415 | 17,2 | 3,1 | 35,7 | 130,6 | 7,3 | |
| 32 | 1417 | 17,1 | 3,3 | 38,0 | 129,8 | 7,3 | |
| 33 | 1418 | 17,0 | 3,6 | 41,2 | 129,5 | 7,3 | |
| 34 | 1418 | 17,0 | 3,7 | 42,3 | 128,3 | 7,3 | |
| 35 | 1418 | 17,0 | 3,8 | 42,8 | 128,8 | 7,3 | |
| 36 | 1418 | 17,0 | 3,8 | 43,6 | 128,5 | 7,3 | |
| 37 | 1418 | 16,9 | 3,9 | 44,4 | 128,3 | 7,3 | |
| 38 | 1417 | 16,9 | 4,0 | 45,1 | 128,3 | 7,3 | |
| 39 | 1413 | 16,9 | 4,0 | 45,7 | 128,0 | 7,4 | |
| 40 | 1414 | 16,9 | 4,1 | 46,7 | 127,9 | 7,3 | |
| 41 | 1414 | 16,9 | 4,2 | 47,4 | 127,9 | 7,4 | |
| 42 | 1428 | 16,9 | 4,2 | 47,4 | 127,6 | 7,4 | |
| 43 | 1589 | 16,8 | 0,2 | 2,8 | 126,6 | 7,5 | |
| 44 | 1591 | 16,8 | 0,2 | 2,6 | 123,3 | 7,5 | |
| 45 | 1597 | 16,8 | 0,2 | 2,3 | 123,1 | 7,5 | |
| 46 | 1601 | 16,8 | 0,2 | 2,1 | 122,1 | 7,5 | |
| 47 | 1601 | 16,8 | 0,2 | 1,7 | 121,5 | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| octubre-11 | 18,48 | 9:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,48 | 1470 | 18,4 | 3,8 | 44,4 | 65,8 | 7,3 | |
| 19 | 1473 | 18,2 | 3,4 | 39,3 | 65,7 | 7,3 | |
| 20 | 1477 | 18,0 | 3,0 | 35,0 | 65,7 | 7,2 | |
| 21 | 1592 | 17,7 | 3,1 | 35,4 | 66,0 | 7,2 | |
| 22 | 1603 | 17,6 | 3,4 | 38,8 | 66,0 | 7,2 | |
| 23 | 1522 | 17,5 | 3,3 | 37,4 | 65,8 | 7,3 | |
| 24 | 1527 | 17,4 | 3,2 | 36,7 | 65,7 | 7,2 | |
| 25 | 1523 | 17,4 | 3,1 | 36,1 | 65,7 | 7,2 | |
| 26 | 1521 | 17,4 | 3,1 | 35,9 | 65,5 | 7,2 | |
| 27 | 1514 | 17,4 | 3,1 | 35,6 | 65,5 | 7,2 | |
| 28 | 1491 | 17,4 | 3,1 | 35,3 | 65,1 | 7,2 | |
| 29 | 1449 | 17,3 | 3,0 | 34,0 | 64,5 | 7,2 | |
| 30 | 1447 | 17,3 | 2,8 | 32,7 | 64,5 | 7,2 | |
| 31 | 1434 | 17,2 | 2,9 | 33,4 | 64,2 | 7,3 | |
| 32 | 1429 | 17,1 | 3,2 | 35,6 | 64,3 | 7,3 | |
| 33 | 1430 | 17,0 | 3,4 | 38,3 | 64,8 | 7,3 | |
| 34 | 1423 | 17,0 | 3,6 | 40,7 | 64,9 | 7,3 | |
| 35 | 1421 | 17,0 | 3,7 | 42,0 | 65,2 | 7,3 | |
| 36 | 1419 | 16,9 | 3,8 | 43,1 | 65,5 | 7,3 | |
| 37 | 1421 | 16,9 | 4,0 | 45,3 | 65,5 | 7,3 | |
| 38 | 1420 | 16,9 | 4,1 | 45,8 | 66,1 | 7,4 | |
| 39 | 1415 | 16,9 | 4,3 | 49,3 | 66,6 | 7,4 | |
| 40 | 1413 | 16,9 | 4,5 | 50,7 | 67,2 | 7,3 | |
| 41 | 1411 | 16,9 | 4,6 | 51,7 | 67,8 | 7,4 | |
| 42 | 1414 | 16,9 | 4,6 | 52,0 | 68,0 | 7,4 | |
| 43 | 1595 | 16,8 | 1,0 | 11,8 | 65,4 | 7,5 | |
| 44 | 1598 | 16,8 | 0,6 | 6,8 | 56,3 | 7,5 | |
| 45 | 1600 | 16,8 | 0,4 | 4,3 | 54,0 | 7,5 | |
| 46 | 1603 | 16,8 | 0,3 | 3,4 | 50,9 | 7,5 | |
| 47 | 1604 | 16,8 | 0,2 | 2,5 | 49,0 | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | hora |
|---|---|---|

| **noviembre-11** | 18,21 | 11:15 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,21 | 1483 | 18,0 | 3,7 | 43,0 | 106,3 | 7,3 | |
| 19 | 1483 | 18,0 | 3,0 | 35,7 | 107,0 | 7,3 | |
| 20 | 1504 | 18,0 | 2,5 | 29,0 | 108,8 | 7,2 | |
| 21 | 1541 | 17,8 | 2,4 | 28,0 | 109,3 | 7,2 | |
| 22 | 1523 | 17,6 | 2,7 | 30,5 | 109,0 | 7,2 | |
| 23 | 1466 | 17,5 | 2,7 | 31,3 | 107,9 | 7,2 | |
| 24 | 1474 | 17,4 | 2,6 | 30,0 | 107,9 | 7,2 | |
| 25 | 1472 | 17,4 | 2,6 | 29,7 | 107,2 | 7,2 | |
| 26 | 1482 | 17,4 | 2,6 | 29,5 | 106,7 | 7,2 | |
| 27 | 1470 | 17,4 | 2,6 | 29,5 | 106,4 | 7,2 | |
| 28 | 1462 | 17,4 | 2,5 | 29,2 | 105,7 | 7,2 | |
| 29 | 1418 | 17,3 | 2,5 | 28,8 | 104,9 | 7,2 | |
| 30 | 1424 | 17,3 | 2,5 | 28,4 | 103,3 | 7,2 | |
| 31 | 1420 | 17,2 | 2,7 | 31,3 | 103,1 | 7,2 | |
| 32 | 1419 | 17,1 | 3,2 | 38,2 | 101,9 | 7,3 | |
| 33 | 1418 | 17,1 | 3,7 | 41,7 | 101,9 | 7,3 | |
| 34 | 1417 | 17,0 | 3,9 | 44,2 | 101,6 | 7,3 | |
| 35 | 1416 | 17,0 | 4,1 | 46,1 | 101,1 | 7,3 | |
| 36 | 1416 | 16,9 | 4,2 | 47,6 | 100,6 | 7,4 | |
| 37 | 1415 | 16,9 | 4,4 | 50,4 | 100,2 | 7,4 | |
| 38 | 1413 | 16,9 | 4,5 | 51,4 | 100,0 | 7,4 | |
| 39 | 1408 | 16,9 | 4,6 | 51,8 | 100,0 | 7,4 | |
| 40 | 1409 | 16,9 | | 53,0 | | | |
| 41 | 1409 | 16,9 | | | | | |
| 42 | 1418 | 16,9 | 4,8 | 54,7 | 99,6 | 7,4 | |
| 43 | 1597 | 16,8 | | | 98,1 | | |
| 44 | 1603 | 16,8 | | | 97,8 | 7,5 | |
| 45 | 1602 | 16,8 | | | 97,3 | 7,5 | |
| 46 | 1604 | 16,8 | | | 96,4 | 7,5 | |
| 47 | 1603 | 16,8 | 0,2 | 4,0 | 94,7 | 7,5 | |

| **Fecha diciembre-11** | **Nivel** 18,20 | hora 13:05 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,2 | 1475 | 18,0 | 3,7 | 42,4 | 48,3 | 7,3 | |
| 19 | 1476 | 18,0 | 2,9 | 34,3 | 49,6 | 7,2 | |
| 20 | 1476 | 18,0 | 2,7 | 32,6 | 49,9 | 7,2 | |
| 21 | 1477 | 17,7 | 2,7 | 31,4 | 50,3 | 7,2 | |
| 22 | 1486 | 17,6 | 2,8 | 31,7 | 50,3 | 7,2 | |
| 23 | 1483 | 17,5 | 2,7 | 31,0 | 50,3 | 7,2 | |
| 24 | 1432 | 17,4 | 2,7 | 29,7 | 49,9 | 7,2 | |
| 25 | 1440 | 17,4 | 2,5 | 29,1 | 49,6 | 7,2 | |
| 26 | 1438 | 17,4 | 2,5 | 29,1 | 49,2 | 7,2 | |
| 27 | 1430 | 17,4 | 2,5 | 29,8 | 49,1 | 7,2 | |
| 28 | 1428 | 17,3 | 2,5 | 29,8 | 49,0 | 7,3 | |
| 29 | 1403 | 17,3 | 2,3 | 27,9 | 49,0 | 7,3 | |
| 30 | 1376 | 17,2 | 2,4 | 27,4 | 49,0 | 7,2 | |
| 31 | 1406 | 17,2 | 2,4 | 27,6 | 47,6 | 7,3 | |
| 32 | 1412 | 17,1 | 3,2 | 35,3 | 47,4 | 7,3 | |
| 33 | 1412 | 17,0 | 3,9 | 44,6 | 47,4 | 7,4 | |
| 34 | 1413 | 17,0 | 4,2 | 47,4 | 46,8 | 7,4 | |
| 35 | 1413 | 17,0 | 4,3 | 48,5 | 46,7 | 7,4 | |
| 36 | 1414 | 16,9 | 4,5 | 50,7 | 46,7 | 7,4 | |
| 37 | 1418 | 16,9 | 4,5 | 51,4 | 46,7 | 7,4 | |
| 38 | 1414 | 16,9 | 4,7 | 53,5 | 46,7 | 7,3 | |
| 39 | 1410 | 16,9 | 4,7 | 53,7 | 46,8 | 7,4 | |
| 40 | 1407 | 16,9 | 4,8 | 54,4 | 47,0 | 7,4 | |
| 41 | 1406 | 16,9 | 4,9 | 55,8 | 47,1 | 7,4 | |
| 42 | 1410 | 16,9 | 4,9 | 55,6 | 47,1 | 7,4 | |
| 43 | 1561 | 16,8 | 1,2 | 13,3 | 42,3 | 7,5 | |
| 44 | 1569 | 16,8 | 1,0 | 11,0 | 40,6 | 7,5 | |
| 45 | 1575 | 16,8 | 0,9 | 10,3 | 40,0 | 7,5 | |
| 46 | 1579 | 16,8 | 0,8 | 9,3 | 39,5 | 7,5 | |
| 47 | 1576 | 16,8 | 0,6 | 6,6 | 38,6 | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-12 | 18,04 | 13:25 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,04 | 1454 | 17,7 | 4,7 | 53,9 | 51,1 | 7,4 | |
| 19 | 1443 | 18,0 | 2,4 | 27,9 | 66,1 | 7,3 | |
| 20 | 1441 | 18,0 | 2,3 | 26,8 | 59,0 | 7,3 | |
| 21 | 1523 | 17,7 | 2,5 | 28,9 | 59,7 | 7,3 | |
| 22 | 1547 | 17,6 | 2,7 | 30,4 | 59,6 | 7,3 | |
| 23 | 1479 | 17,5 | 2,6 | 30,2 | 59,3 | 7,3 | |
| 24 | 1472 | 17,4 | 2,6 | 29,8 | 59,0 | 7,3 | |
| 25 | 1469 | 17,4 | 2,5 | 29,0 | 58,8 | 7,3 | |
| 26 | 1470 | 17,4 | 2,5 | 29,0 | 58,7 | 7,3 | |
| 27 | 1466 | 17,4 | 2,5 | 29,0 | 58,7 | 7,3 | |
| 28 | 1462 | 17,3 | 2,5 | 28,8 | 57,9 | 7,3 | |
| 29 | 1427 | 17,3 | 2,5 | 28,7 | 57,6 | 7,3 | |
| 30 | 1421 | 17,2 | 2,5 | 28,0 | 57,3 | 7,3 | |
| 31 | 1415 | 17,1 | 2,6 | 29,6 | 56,4 | 7,3 | |
| 32 | 1412 | 17,1 | 3,1 | 35,5 | 56,1 | 7,3 | |
| 33 | 1409 | 17,0 | 3,4 | 38,6 | 55,3 | 7,4 | |
| 34 | 1409 | 17,0 | 3,6 | 41,4 | 55,2 | 7,4 | |
| 35 | 1408 | 17,0 | 3,8 | 42,6 | 55,0 | 7,4 | |
| 36 | 1410 | 16,9 | 3,8 | 43,6 | 54,9 | 7,4 | |
| 37 | 1408 | 16,9 | 3,9 | 44,4 | 57,9 | 7,4 | |
| 38 | 1403 | 16,9 | 4,0 | 45,5 | 55,0 | 7,4 | |
| 39 | 1402 | 16,9 | 4,0 | 46,0 | 54,9 | 7,4 | |
| 40 | 1400 | 16,9 | 4,2 | 47,0 | 55,0 | 7,4 | |
| 41 | 1399 | 16,9 | 4,3 | 48,3 | 55,0 | 7,4 | |
| 42 | 1435 | 16,9 | 4,2 | 48,3 | 54,9 | 7,4 | |
| 43 | 1572 | 16,9 | 0,9 | 10,0 | 52,8 | 7,5 | |
| 44 | 1583 | 16,8 | 0,7 | 8,4 | 49,6 | 7,5 | |
| 45 | 1586 | 16,8 | 0,7 | 7,6 | 49,3 | 7,5 | |
| 46 | 1579 | 16,8 | 0,4 | 4,8 | 49,1 | 7,5 | |
| 47 | 1576 | 16,8 | 0,3 | 3,7 | 48,0 | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-12 | 17,92 | 13:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,92 | 1459 | 18,5 | 5,3 | 62,3 | -78,9 | 7,6 | |
| 19 | 1460 | 18,3 | 2,6 | 30,0 | -74,2 | 7,5 | |
| 20 | 1477 | 18,1 | 2,4 | 28,1 | -68,3 | 7,3 | |
| 21 | 1703 | 17,8 | 2,6 | 27,9 | -65,5 | 7,3 | |
| 22 | 1674 | 17,6 | 3,5 | 40,7 | -61,4 | 7,3 | |
| 23 | 1572 | 17,5 | 3,6 | 41,2 | -60,1 | 7,3 | |
| 24 | 1569 | 17,4 | 3,5 | 40,7 | -59,1 | 7,3 | |
| 25 | 1581 | 17,4 | 3,5 | 40,3 | -58,4 | 7,3 | |
| 26 | 1565 | 17,4 | 3,5 | 40,0 | -57,6 | 7,3 | |
| 27 | 1562 | 17,4 | 3,5 | 39,7 | -57,2 | 7,3 | |
| 28 | 1554 | 17,3 | 3,4 | 39,5 | -56,7 | 7,3 | |
| 29 | 1512 | 17,3 | 3,4 | 39,1 | -56,7 | 7,3 | |
| 30 | 1499 | 17,3 | 3,4 | 38,5 | -56,3 | 7,3 | |
| 31 | 1466 | 17,2 | 3,4 | 38,4 | -56,4 | 7,3 | |
| 32 | 1452 | 17,1 | 3,5 | 39,2 | -50,3 | 7,3 | |
| 33 | 1440 | 17,0 | 3,6 | 40,7 | -55,9 | 7,3 | |
| 34 | 1438 | 17,0 | 3,9 | 44,1 | -54,7 | 7,4 | |
| 35 | 1429 | 17,0 | 4,0 | 45,6 | -54,0 | 7,4 | |
| 36 | 1425 | 16,9 | 4,1 | 46,8 | -53,4 | 7,4 | |
| 37 | 1416 | 16,9 | 4,2 | 47,7 | -52,9 | 7,4 | |
| 38 | 1413 | 16,9 | 4,3 | 48,8 | -52,3 | 7,4 | |
| 39 | 1407 | 16,9 | 4,4 | 50,3 | -51,5 | 7,4 | |
| 40 | 1404 | 16,9 | 4,5 | 51,4 | -50,9 | 7,4 | |
| 41 | 1399 | 16,9 | 4,6 | 52,7 | -50,2 | 7,4 | |
| 42 | 1401 | 16,9 | 4,6 | 54,1 | -49,4 | 7,4 | |
| 43 | 1601 | 16,8 | 1,0 | 11,1 | -52,0 | 7,5 | |
| 44 | 1606 | 16,8 | 0,9 | 10,2 | -68,7 | 7,5 | |
| 45 | 1607 | 16,8 | 0,8 | 9,3 | -69,3 | 7,5 | |
| 46 | 1602 | 16,8 | 0,7 | 7,9 | -70,1 | 7,5 | |
| 47 | 1599 | 16,8 | 0,5 | 6,5 | -71,3 | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-12 | 18,12 | 9:25 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,12 | 1469 | 18,2 | 3,1 | 36,2 | -16,1 | 7,5 | |
| 19 | 1471 | 18,1 | 2,7 | 31,4 | -10,8 | 7,5 | |
| 20 | 1499 | 18,0 | 2,5 | 29,4 | -7,6 | 7,5 | |
| 21 | 1512 | 17,7 | 2,4 | 27,7 | -6,8 | 7,4 | |
| 22 | 1516 | 17,6 | 2,4 | 28,0 | -6,2 | 7,4 | |
| 23 | 1467 | 17,5 | 2,3 | 26,8 | -6,2 | 7,3 | |
| 24 | 1453 | 17,4 | 2,2 | 25,9 | -5,9 | 7,3 | |
| 25 | 1455 | 17,4 | 2,2 | 25,1 | -5,3 | 7,3 | |
| 26 | 1460 | 17,4 | 2,2 | 24,8 | -4,9 | 7,3 | |
| 27 | 1453 | 17,3 | 2,1 | 24,6 | -4,6 | 7,3 | |
| 28 | 1449 | 17,3 | 2,1 | 24,1 | -4,4 | 7,3 | |
| 29 | 1426 | 17,2 | 2,1 | 24,1 | -4,3 | 7,3 | |
| 30 | 1409 | 17,2 | 2,1 | 24,4 | -3,6 | 7,3 | |
| 31 | 1406 | 17,1 | 3,2 | 36,7 | -4,0 | 7,4 | |
| 32 | 1408 | 17,1 | 3,3 | 37,8 | -1,7 | 7,4 | |
| 33 | 1408 | 17,0 | 3,4 | 39,0 | -1,2 | 7,4 | |
| 34 | 1409 | 17,0 | 3,5 | 39,9 | -0,8 | 7,4 | |
| 35 | 1408 | 17,0 | 3,6 | 41,1 | -0,3 | 7,4 | |
| 36 | 1408 | 16,9 | 3,7 | 41,8 | 0,2 | 7,5 | |
| 37 | 1409 | 16,9 | 3,8 | 42,7 | 0,5 | 7,4 | |
| 38 | 1410 | 16,9 | 3,8 | 43,4 | 1,2 | 7,4 | |
| 39 | 1404 | 16,9 | 3,9 | 43,9 | 1,7 | 7,4 | |
| 40 | 1404 | 16,9 | 3,9 | 44,8 | 2,1 | 7,5 | |
| 41 | 1404 | 16,9 | 4,0 | 45,0 | 2,6 | 7,5 | |
| 42 | 1485 | 16,9 | 4,0 | 45,3 | 2,7 | 7,5 | |
| 43 | 1613 | 16,8 | 1,1 | 12,7 | -0,8 | 7,5 | |
| 44 | 1611 | 16,8 | 0,9 | 10,5 | -0,9 | 7,6 | |
| 45 | 1612 | 16,8 | 0,6 | 7,1 | -0,8 | 7,5 | |
| 46 | 1614 | 16,8 | 0,5 | 6,3 | -1,1 | 7,5 | |
| 47 | 1614 | 16,8 | 0,4 | 5,0 | -1,2 | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-12 | 17,95 | | | | | | |
| PROFUNDIDAD m | CE µS/cm | Tª ºC | O2 mg/l | O2 % | Eh mV | pH | Observaciones |
| 17,95 | 1478 | 18,1 | 3,4 | 39,5 | 17,5 | 7,5 | |
| 18 | 1478 | 18,1 | 3,4 | 39,5 | 17,5 | 7,5 | |
| 19 | 1481 | 18,1 | 2,4 | 30,6 | 19,9 | 7,4 | |
| 20 | 1482 | 18,0 | 2,2 | 28,5 | 20,5 | 7,4 | |
| 21 | 1501 | 17,8 | 2,2 | 28,0 | 20,5 | 7,3 | |
| 22 | 1524 | 17,6 | 2,3 | 26,5 | 21,0 | 7,3 | |
| 23 | 1468 | 17,5 | 2,3 | 26,9 | 20,2 | 7,3 | |
| 24 | 1447 | 17,4 | 2,2 | 26,0 | 19,9 | 7,3 | |
| 25 | 1452 | 17,4 | 2,2 | 25,4 | 19,6 | 7,3 | |
| 26 | 1465 | 17,4 | 2,2 | 25,3 | 19,5 | 7,3 | |
| 27 | 1455 | 17,3 | 2,2 | 25,2 | 19,2 | 7,3 | |
| 28 | 1452 | 17,3 | 2,2 | 25,0 | 19,0 | 7,3 | |
| 29 | 1418 | 17,3 | 2,2 | 25,4 | 18,7 | 7,4 | |
| 30 | 1412 | 17,2 | 2,2 | 25,5 | 18,9 | 7,4 | |
| 31 | 1411 | 17,1 | 2,8 | 31,8 | 18,5 | 7,4 | |
| 32 | 1411 | 17,1 | 3,0 | 34,5 | 19,6 | 7,5 | |
| 33 | 1411 | 17,0 | 3,3 | 37,5 | 20,4 | 7,4 | |
| 34 | 1412 | 17,0 | 3,4 | 39,3 | 20,8 | 7,4 | |
| 35 | 1412 | 16,9 | 3,6 | 40,8 | 21,3 | 7,4 | |
| 36 | 1413 | 16,9 | 3,7 | 42,1 | 21,9 | 7,5 | |
| 37 | 1413 | 16,9 | 3,8 | 43,0 | 22,3 | 7,5 | |
| 38 | 1411 | 16,9 | 3,8 | 43,7 | 22,7 | 7,5 | |
| 39 | 1405 | 16,9 | 3,9 | 44,5 | 23,3 | 7,5 | |
| 40 | 1405 | 16,9 | 4,0 | 45,5 | 23,9 | 7,5 | |
| 41 | 1403 | 16,9 | 4,1 | 46,4 | 24,3 | 7,4 | |
| 42 | 1438 | 16,9 | 4,2 | 47,9 | 25,2 | 7,5 | |
| 43 | 1592 | 16,8 | 2,9 | 31,8 | 22,7 | 7,5 | |
| 44 | 1596 | 16,8 | 1,5 | 17,3 | 17,9 | 7,5 | |
| 45 | 1600 | 16,8 | 0,7 | 7,7 | 16,3 | 7,5 | |
| 46 | 1604 | 16,8 | 0,5 | 6,4 | 9,7 | 7,5 | |
| 47 | 1602 | 16,8 | 0,4 | 4,5 | 7,3 | 7,6 | |

| Fecha | Nivel | hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-12 | 18,03 | 12:45 | | | | | |
| PROFUNDIDAD m | CE µS/cm | Tª ºC | O2 mg/l | O2 % | Eh mV | pH | Observaciones |
| 18,03 | 1551 | 18,4 | 3,3 | 39,4 | 11,4 | 7,4 | |
| 19 | 1551 | 18,3 | 3,0 | 35,0 | 15,4 | 7,4 | |
| 20 | 1550 | 18,1 | 2,8 | 32,4 | 17,8 | 7,4 | |
| 21 | 1631 | 17,7 | 2,9 | 32,9 | 20,7 | 7,3 | |
| 22 | 1648 | 17,6 | 3,2 | 37,0 | 23,3 | 7,3 | |
| 23 | 1524 | 17,4 | 3,2 | 36,8 | 23,4 | 7,4 | |
| 24 | 1516 | 17,4 | 3,1 | 35,5 | 23,9 | 7,4 | |
| 25 | 1513 | 17,4 | 3,0 | 35,0 | 24,6 | 7,4 | |
| 26 | 1517 | 17,4 | 3,0 | 34,6 | 25,5 | 7,4 | |
| 27 | 1507 | 17,3 | 3,0 | 34,5 | 26,6 | 7,3 | |
| 28 | 1505 | 17,3 | 3,0 | 34,4 | 26,6 | 7,3 | |
| 29 | 1453 | 17,3 | 3,0 | 34,3 | 26,9 | 7,3 | |
| 30 | 1446 | 17,2 | 3,0 | 34,3 | 27,2 | 7,4 | |
| 31 | 1441 | 17,2 | 3,1 | 35,4 | 25,7 | 7,4 | |
| 32 | 1430 | 17,1 | 3,6 | 40,6 | 28,1 | 7,4 | |
| 33 | 1424 | 17,0 | 4,0 | 45,5 | 31,2 | 7,3 | |
| 34 | 1422 | 17,0 | 4,2 | 48,4 | 31,9 | 7,5 | |
| 35 | 1416 | 17,0 | 4,6 | 52,4 | 28,4 | 7,5 | |
| 36 | 1416 | 16,9 | 4,7 | 53,5 | 28,9 | 7,5 | |
| 37 | 1416 | 16,9 | 4,8 | 54,3 | 29,0 | 7,5 | |
| 38 | 1413 | 16,9 | 4,8 | 55,0 | 29,5 | 7,5 | |
| 39 | 1411 | 16,9 | 5,0 | 56,3 | 30,0 | 7,5 | |
| 40 | 1409 | 16,9 | 5,0 | 56,9 | 30,0 | 7,5 | |
| 41 | 1409 | 16,9 | 5,1 | 57,9 | 30,7 | 7,5 | |
| 42 | 1428 | 16,9 | 5,1 | 58,3 | 31,6 | 7,5 | |
| 43 | 1624 | 16,8 | 3,1 | 34,3 | 29,8 | 7,5 | |
| 44 | 1633 | 16,8 | 2,2 | 25,0 | 28,9 | 7,5 | |
| 45 | 1626 | 16,8 | 1,8 | 20,0 | 29,5 | 7,6 | |
| 46 | 1628 | 16,8 | 1,1 | 12,0 | 28,9 | 7,5 | |
| 47 | 1627 | 16,8 | 0,9 | 10,2 | 26,5 | 7,5 | |

| Fecha | Nivel | hora | **Realizados ensayos de dilución a partir del 23 de abril** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-12 | 18,40 | 10:25 | | | | | |
| PROFUNDIDAD m | CE µS/cm | Tª ºC | O2 mg/l | O2 % | Eh mV | pH | Observaciones |
| 18,4 | 1575 | 18,3 | 5,1 | 59,8 | -36,2 | 7,6 | |
| 19 | 1578 | 18,2 | 4,3 | 50,4 | -27,4 | 7,6 | |
| 20 | 1574 | 18,1 | 3,0 | 35,0 | -22,0 | 7,4 | |
| 21 | 1620 | 17,8 | 3,3 | 37,9 | -15,4 | 7,3 | |
| 22 | 1554 | 17,5 | 3,5 | 40,5 | -8,5 | 7,4 | |
| 23 | 1510 | 17,4 | 3,5 | 40,5 | -5,9 | 7,4 | |
| 24 | 1507 | 17,4 | 3,5 | 40,0 | -4,3 | 7,4 | |
| 25 | 1507 | 17,4 | 3,4 | 39,4 | -3,5 | 7,4 | |
| 26 | 1502 | 17,4 | 3,4 | 38,8 | -2,0 | 7,4 | |
| 27 | 1499 | 17,4 | 3,4 | 38,7 | 0,9 | 7,3 | |
| 28 | 1495 | 17,3 | 3,3 | 38,4 | 1,7 | 7,4 | |
| 29 | 1444 | 17,3 | 3,3 | 38,0 | 2,6 | 7,4 | |
| 30 | 1450 | 17,3 | 3,3 | 27,7 | 3,0 | 7,3 | |
| 31 | 1429 | 17,2 | 3,9 | 44,2 | 2,7 | 7,5 | |
| 32 | 1420 | 17,1 | 4,3 | 49,4 | 7,3 | 7,4 | |
| 33 | 1418 | 17,0 | 4,7 | 53,3 | 11,1 | 7,4 | |
| 34 | 1419 | 17,0 | 5,0 | 56,5 | 12,8 | 7,3 | |
| 35 | 1414 | 17,0 | 5,1 | 58,6 | 9,4 | 7,5 | |
| 36 | 1419 | 16,9 | 5,4 | 61,7 | 10,6 | 7,5 | |
| 37 | 1414 | 16,9 | 5,5 | 62,5 | 12,0 | 7,5 | |
| 38 | 1411 | 16,9 | 5,6 | 63,7 | 12,6 | 7,5 | |
| 39 | 1407 | 16,9 | 5,7 | 64,4 | 13,2 | 7,5 | |
| 40 | 1410 | 16,9 | 5,8 | 65,3 | 13,4 | 7,5 | |
| 41 | 1407 | 16,9 | 5,9 | 66,4 | 14,3 | 7,5 | |
| 42 | 1428 | 16,9 | 5,9 | 67,5 | 15,4 | 7,5 | |
| 43 | 1592 | 16,9 | 2,1 | 24,5 | 14,7 | 7,5 | |
| 44 | 1588 | 16,8 | 1,2 | 13,5 | 12,9 | 7,6 | |
| 45 | 1588 | 16,8 | 0,9 | 10,0 | 10,0 | 7,6 | |
| 46 | 1592 | 16,8 | 0,7 | 7,5 | 9,3 | 7,5 | |
| 47 | 1593 | 16,8 | 0,5 | 5,0 | 6,7 | 7,6 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| julio-12 | 18,65 | 9:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,65 | 1576 | 19,1 | 4,6 | 55,1 | -21,9 | 7,5 | |
| 19 | 1584 | 18,5 | 4,1 | 48,1 | -18,9 | 7,5 | |
| 20 | 1589 | 18,1 | 2,9 | 32,7 | -14,3 | 7,5 | |
| 21 | 1667 | 17,7 | 2,7 | 30,9 | -10,2 | 7,4 | |
| 22 | 1613 | 17,6 | 3,3 | 36,5 | -8,5 | 7,3 | |
| 23 | 1543 | 17,5 | 3,4 | 39,7 | -7,6 | 7,4 | |
| 24 | 1538 | 17,4 | 3,4 | 39,2 | -5,9 | 7,4 | |
| 25 | 1535 | 17,4 | 3,4 | 38,8 | -5,5 | 7,4 | |
| 26 | 1526 | 17,4 | 3,4 | 38,7 | -3,3 | 7,4 | |
| 27 | 1530 | 17,4 | 3,4 | 38,7 | -2,6 | 7,3 | |
| 28 | 1522 | 17,3 | 3,4 | 38,6 | -1,8 | 7,4 | |
| 29 | 1458 | 17,3 | 3,3 | 38,3 | -1,7 | 7,4 | |
| 30 | 1465 | 17,3 | 3,3 | 37,4 | -1,1 | 7,4 | |
| 31 | 1444 | 17,2 | 3,5 | 39,5 | -1,8 | 7,4 | |
| 32 | 1436 | 17,1 | 4,4 | 48,5 | 1,8 | 7,4 | |
| 33 | 1427 | 17,0 | 4,6 | 52,0 | 4,3 | 7,4 | |
| 34 | 1425 | 17,0 | 4,7 | 53,8 | 5,2 | 7,4 | |
| 35 | 1423 | 17,0 | 4,9 | 55,4 | 2,8 | 7,5 | |
| 36 | 1427 | 16,9 | 5,1 | 57,8 | 4,1 | 7,5 | |
| 37 | 1422 | 16,9 | 5,2 | 58,5 | 4,9 | 7,5 | |
| 38 | 1420 | 16,9 | 5,4 | 61,5 | 8,4 | 7,5 | |
| 39 | 1412 | 16,9 | 5,5 | 62,7 | 9,0 | 7,5 | |
| 40 | 1413 | 16,9 | 5,6 | 62,9 | 9,4 | 7,5 | |
| 41 | 1415 | 16,9 | 5,6 | 63,9 | 10,3 | 7,5 | |
| 42 | 1448 | 16,9 | 5,1 | 57,9 | 10,8 | 7,5 | |
| 43 | 1574 | 16,8 | 3,0 | 30,8 | 9,1 | 7,6 | |
| 44 | 1576 | 16,8 | 1,3 | 15,5 | 8,8 | 7,6 | |
| 45 | 1580 | 16,8 | 1,0 | 11,5 | 8,4 | 7,6 | |
| 46 | 1579 | 16,8 | 0,7 | 8,1 | 5,8 | 7,5 | |
| 47 | 1576 | 16,8 | 0,6 | 6,7 | 2,1 | 7,6 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| agosto-12 | 18,81 | 10:00 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,81 | 1553 | 18,7 | 2,1 | 24,0 | -14,1 | 7,5 | |
| 19 | 1553 | 18,6 | 1,7 | 19,9 | -11,9 | 7,5 | |
| 20 | 1607 | 18,1 | 0,9 | 9,9 | -8,1 | 7,4 | |
| 21 | 1766 | 17,8 | 1,2 | 15,3 | -5,6 | 7,4 | |
| 22 | 1711 | 17,6 | 2,6 | 30,3 | -1,9 | 7,4 | |
| 23 | 1608 | 17,4 | 2,8 | 32,4 | -1,7 | 7,4 | |
| 24 | 1611 | 17,4 | 2,9 | 33,2 | -0,6 | 7,4 | |
| 25 | 1611 | 17,4 | 3,0 | 33,9 | 1,7 | 7,4 | |
| 26 | 1599 | 17,4 | 3,0 | 34,1 | 3,0 | 7,4 | |
| 27 | 1587 | 17,4 | 2,9 | 33,8 | 6,5 | 7,4 | |
| 28 | 1580 | 17,3 | 2,9 | 33,7 | 9,3 | 7,4 | |
| 29 | 1509 | 17,3 | 2,8 | 31,9 | 9,1 | 7,4 | |
| 30 | 1511 | 17,3 | 2,7 | 30,6 | 9,7 | 7,5 | |
| 31 | 1479 | 17,2 | 2,7 | 30,9 | 9,3 | 7,5 | |
| 32 | 1462 | 17,1 | 3,2 | 36,9 | 12,7 | 7,5 | |
| 33 | 1452 | 17,1 | 3,4 | 38,8 | 15,4 | 7,4 | |
| 34 | 1443 | 17,0 | 3,5 | 40,0 | 15,4 | 7,4 | |
| 35 | 1439 | 17,0 | 3,7 | 41,5 | 14,7 | 7,5 | |
| 36 | 1433 | 16,9 | 3,9 | 43,9 | 16,1 | 7,5 | |
| 37 | 1431 | 16,9 | 3,9 | 44,6 | 16,9 | 7,6 | |
| 38 | 1426 | 16,9 | 3,9 | 44,6 | 17,0 | 7,6 | |
| 39 | 1421 | 16,9 | 4,0 | 45,6 | 17,5 | 7,6 | |
| 40 | 1419 | 16,9 | 4,1 | 46,0 | 17,9 | 7,6 | |
| 41 | 1419 | 16,9 | 4,2 | 47,0 | 19,0 | 7,6 | |
| 42 | 1462 | 16,9 | 4,0 | 46,5 | 19,8 | 7,6 | |
| 43 | 1574 | 16,9 | 1,8 | 20,5 | 18,4 | 7,7 | |
| 44 | 1580 | 16,8 | 1,0 | 10,7 | 17,3 | 7,7 | |
| 45 | 1583 | 16,8 | 0,7 | 8,0 | 16,9 | 7,6 | |
| 46 | 1584 | 16,8 | 0,5 | 6,2 | 16,3 | 7,6 | |
| 47 | 1582 | 16,8 | 0,4 | 4,6 | 15,8 | 7,6 | |

| Fecha | Nivel | hora | Se ha calibrado sonda CE y pH | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| octubre-12 | 18,61 | 9:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,61 | 1694 | 18,2 | 1,7 | 19,1 | 23,3 | 7,1 | |
| 19 | 1696 | 18,2 | 1,4 | 16,4 | 27,6 | 7,4 | |
| 20 | 1716 | 18,1 | 1,0 | 12,1 | 30,1 | 7,4 | |
| 21 | 1851 | 17,8 | 1,6 | 18,9 | 31,8 | 7,0 | |
| 22 | 1781 | 17,5 | 2,2 | 26,0 | 31,6 | 7,0 | |
| 23 | 1701 | 17,5 | 2,5 | 28,6 | 32,5 | 7,0 | |
| 24 | 1718 | 17,5 | 2,5 | 29,0 | 33,3 | 7,0 | |
| 25 | 1718 | 17,5 | 2,6 | 29,4 | 33,8 | 7,0 | |
| 26 | 1669 | 17,4 | 2,5 | 29,0 | 33,8 | 7,0 | |
| 27 | 1669 | 17,4 | 2,5 | 28,8 | 34,5 | 7,0 | |
| 28 | 1653 | 17,4 | 2,5 | 28,3 | 35,3 | 7,0 | |
| 29 | 1566 | 17,3 | 2,4 | 27,5 | 35,3 | 7,0 | |
| 30 | 1543 | 17,3 | 2,1 | 24,4 | 40,6 | 7,0 | |
| 31 | 1537 | 17,2 | 2,5 | 28,0 | 41,7 | 7,1 | |
| 32 | 1521 | 17,1 | 2,8 | 32,1 | 42,4 | 7,1 | |
| 33 | 1503 | 17,1 | 3,1 | 35,4 | 42,6 | 7,1 | |
| 34 | 1490 | 17,0 | 3,4 | 39,2 | 44,7 | 7,1 | |
| 35 | 1486 | 17,0 | 3,5 | 40,2 | 45,2 | 7,1 | |
| 36 | 1491 | 17,0 | 3,6 | 41,3 | 45,8 | 7,1 | |
| 37 | 1488 | 16,9 | 3,7 | 42,0 | 49,4 | 7,1 | |
| 38 | 1485 | 16,9 | 3,7 | 42,8 | 47,1 | 7,2 | |
| 39 | 1475 | 16,9 | 3,8 | 43,4 | 47,7 | 7,2 | |
| 40 | 1476 | 16,9 | 3,9 | 44,3 | 48,2 | 7,2 | |
| 41 | 1474 | 16,9 | 3,9 | 44,8 | 48,8 | 7,2 | |
| 42 | 1569 | 16,9 | 1,5 | 15,1 | 48,5 | 7,2 | |
| 43 | 1616 | 16,9 | 1,3 | 13,4 | 45,8 | 7,2 | |
| 44 | 1620 | 16,9 | 0,7 | 8,1 | 45,3 | 7,2 | |
| 45 | 1624 | 16,8 | 0,5 | 5,9 | 43,9 | 7,3 | |
| 46 | 1624 | 16,8 | 0,4 | 4,4 | 42,1 | 7,3 | |
| 47 | 1622 | 16,8 | 0,3 | 3,6 | 36,9 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| noviembre-12 | 18,19 | 13:45 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 18,19 | 1713 | 17,9 | 1,8 | 20,6 | 71,0 | 7,2 | |
| 19 | 1715 | 18,0 | 1,3 | 14,4 | 74,1 | 7,2 | |
| 20 | 1727 | 18,0 | 1,3 | 14,8 | 78,2 | 7,0 | |
| 21 | 1742 | 17,8 | 1,7 | 19,7 | 78,4 | 7,0 | |
| 22 | 1651 | 17,5 | 1,9 | 22,0 | 76,7 | 7,0 | |
| 23 | 1609 | 17,5 | 1,9 | 21,8 | 76,0 | 7,1 | |
| 24 | 1604 | 17,5 | 1,9 | 21,9 | 76,2 | 7,0 | |
| 25 | 1597 | 17,4 | 1,9 | 22,1 | 76,0 | 7,0 | |
| 26 | 1586 | 17,4 | 1,9 | 22,0 | 75,9 | 7,0 | |
| 27 | 1587 | 17,4 | 1,9 | 21,9 | 75,6 | 7,1 | |
| 28 | 1579 | 17,4 | 1,9 | 21,7 | 75,9 | 7,1 | |
| 29 | 1512 | 17,3 | 1,9 | 21,4 | 74,3 | 7,1 | |
| 30 | 1517 | 17,3 | 1,8 | 20,5 | 73,7 | 7,1 | |
| 31 | 1487 | 17,2 | 1,9 | 21,5 | 72,5 | 7,1 | |
| 32 | 1483 | 17,1 | 3,5 | 40,1 | 73,9 | 7,1 | |
| 33 | 1479 | 17,1 | 3,6 | 40,7 | 74,0 | 7,1 | |
| 34 | 1476 | 17,1 | 3,7 | 42,1 | 74,1 | 7,2 | |
| 35 | 1474 | 17,0 | 3,8 | 43,8 | 74,0 | 7,2 | |
| 36 | 1477 | 17,0 | 3,9 | 44,0 | 74,3 | 7,2 | |
| 37 | 1472 | 17,0 | 4,0 | 45,7 | 74,3 | 7,2 | |
| 38 | 1473 | 16,9 | 4,1 | 46,5 | 74,5 | 7,2 | |
| 39 | 1467 | 16,9 | 4,2 | 47,4 | 74,6 | 7,2 | |
| 40 | 1467 | 16,9 | 4,3 | 48,4 | 74,8 | 7,2 | |
| 41 | 1467 | 16,9 | 4,3 | 49,2 | 74,7 | 7,2 | |
| 42 | 1482 | 16,9 | 4,4 | 49,9 | 74,8 | 7,2 | |
| 43 | 1637 | 16,9 | 1,1 | 12,5 | 71,0 | 7,3 | |
| 44 | 1639 | 16,9 | 0,6 | 7,5 | 70,8 | 7,3 | |
| 45 | 1639 | 16,8 | 0,5 | 5,2 | 70,5 | 7,3 | |
| 46 | 1641 | 16,8 | 0,4 | 4,3 | 69,9 | 7,3 | |
| 47 | 1640 | 16,8 | 0,3 | 3,7 | 69,1 | 7,3 | |
| 47,5 | 1633 | 16,8 | 0,1 | 1,3 | 38,6 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | hora | Se ha calibrado sonda CE y pH | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| diciembre-12 | 17,69 | 12:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD m** | **CE µS/cm** | **Tª ºC** | **O2 mg/l** | **O2 %** | **Eh mV** | **pH** | **Observaciones** |
| 17,69 | 1680 | 18,0 | 3,1 | 36,2 | 49,3 | 7,2 | |
| 18 | 1689 | 17,9 | 2,5 | 28,9 | 53,7 | 7,2 | |
| 19 | 1690 | 18,1 | 1,8 | 21,1 | 56,4 | 7,1 | |
| 20 | 1688 | 18,0 | 1,6 | 19,2 | 59,1 | 7,1 | |
| 21 | 1709 | 17,8 | 1,8 | 23,3 | 61,0 | 7,0 | |
| 22 | 1683 | 17,6 | 1,9 | 21,3 | 61,1 | 7,0 | |
| 23 | 1586 | 17,5 | 1,9 | 21,5 | 61,3 | 7,0 | |
| 24 | 1581 | 17,4 | 1,7 | 19,5 | 61,7 | 7,1 | |
| 25 | 1579 | 17,4 | 1,7 | 19,1 | 61,9 | 7,1 | |
| 26 | 1570 | 17,4 | 1,6 | 18,9 | 62,2 | 7,1 | |
| 27 | 1559 | 17,4 | 1,6 | 18,6 | 62,3 | 7,1 | |
| 28 | 1556 | 17,4 | 1,6 | 18,3 | 62,5 | 7,1 | |
| 29 | 1506 | 17,3 | 1,6 | 18,1 | 62,5 | 7,1 | |
| 30 | 1504 | 17,3 | 1,5 | 17,5 | 62,8 | 7,1 | |
| 31 | 1483 | 17,2 | 2,2 | 24,1 | 63,4 | 7,1 | |
| 32 | 1475 | 17,1 | 2,6 | 30,1 | 65,1 | 7,1 | |
| 33 | 1467 | 17,1 | 2,8 | 31,4 | 65,7 | 7,1 | |
| 34 | 1463 | 17,0 | 3,0 | 33,8 | 66,3 | 7,2 | |
| 35 | 1461 | 17,0 | 3,1 | 35,4 | 66,4 | 7,2 | |
| 36 | 1458 | 16,9 | 3,3 | 37,2 | 67,3 | 7,2 | |
| 37 | 1458 | 16,9 | 3,3 | 37,7 | 67,8 | 7,2 | |
| 38 | 1458 | 16,9 | 3,4 | 39,0 | 68,4 | 7,2 | |
| 39 | 1457 | 16,9 | 3,5 | 40,2 | 68,9 | 7,2 | |
| 40 | 1457 | 16,9 | 3,6 | 42,0 | 69,5 | 7,2 | |
| 41 | 1453 | 16,9 | 3,6 | 41,3 | 70,1 | 7,2 | |
| 42 | 1481 | 16,9 | 2,8 | 31,4 | 69,5 | 7,2 | |
| 43 | 1590 | 16,9 | 1,7 | 18,6 | 66,1 | 7,3 | |
| 44 | 1606 | 16,9 | 0,9 | 10,0 | 65,2 | 7,3 | |
| 45 | 1608 | 16,8 | 0,3 | 4,0 | 59,6 | 7,3 | |
| 46 | 1609 | 16,8 | 0,3 | 3,1 | 58,2 | 7,3 | |
| 47 | 1608 | 16,8 | 0,2 | 2,6 | 57,8 | 7,3 | |
| 47,5 | | | | | | | |

| Fecha | Nivel | hora | Punta riada el 22 noche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero-13 | 17,13 | 10:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,13 | 1664 | 18,1 | 2,6 | 30,5 | 100,9 | 7,3 | Riada Ebro |
| 18 | 1667 | 18,2 | 2,5 | 29,9 | 104,8 | 7,2 | |
| 19 | 1669 | 18,1 | 2,1 | 22,6 | 106,7 | 7,1 | |
| 20 | 1670 | 18,1 | 1,6 | 18,4 | 108,1 | 7,1 | |
| 21 | 1713 | 17,8 | 1,5 | 17,4 | 109,8 | 7,1 | |
| 22 | 1715 | 17,6 | 1,5 | 17,5 | 110,4 | 7,1 | |
| 23 | 1605 | 17,5 | 1,4 | 16,6 | 109,9 | 7,1 | |
| 24 | 1604 | 17,5 | 1,4 | 15,5 | 110,1 | 7,1 | |
| 25 | 1600 | 17,4 | 1,3 | 15,1 | 110,1 | 7,1 | |
| 26 | 1608 | 17,4 | 1,3 | 14,8 | 110,2 | 7,1 | |
| 27 | 1590 | 17,4 | 1,3 | 14,5 | 110,1 | 7,1 | |
| 28 | 1589 | 17,3 | 1,2 | 14,3 | 109,9 | 7,1 | |
| 29 | 1559 | 17,3 | 1,2 | 14,1 | 109,8 | 7,1 | |
| 30 | 1552 | 17,3 | 1,2 | 13,8 | 109,8 | 7,1 | |
| 31 | 1540 | 17,2 | 1,0 | 14,0 | 109,5 | 7,1 | |
| 32 | 1528 | 17,1 | 1,6 | 18,4 | 109,0 | 7,1 | |
| 33 | 1518 | 17,1 | 1,7 | 20,2 | 108,9 | 7,1 | |
| 34 | 1509 | 17,0 | 2,0 | 23,1 | 108,2 | 7,1 | |
| 35 | 1511 | 17,0 | 2,2 | 25,5 | 108,1 | 7,1 | |
| 36 | 1506 | 17,0 | 2,3 | 26,5 | 107,6 | 7,2 | |
| 37 | 1502 | 17,0 | 2,4 | 27,4 | 107,6 | 7,2 | |
| 38 | 1500 | 16,9 | 2,5 | 28,3 | 107,3 | 7,2 | |
| 39 | 1497 | 16,9 | 2,6 | 28,9 | 107,2 | 7,2 | |
| 40 | 1494 | 16,9 | 2,6 | 29,7 | 107,3 | 7,2 | |
| 41 | 1494 | 16,9 | 2,6 | 29,9 | 107,3 | 7,2 | |
| 42 | 1496 | 16,9 | 2,6 | 29,7 | 107,2 | 7,2 | |
| 43 | 1639 | 16,9 | 1,4 | 14,9 | 104,9 | 7,2 | |
| 44 | 1646 | 16,9 | 1,0 | 11,3 | 104,1 | 7,3 | |
| 45 | 1644 | 16,9 | 0,7 | 7,6 | 103,8 | 7,3 | |
| 46 | 1644 | 16,8 | 0,4 | 4,2 | 103,4 | 7,2 | |
| 47 | 1645 | 16,8 | 0,2 | 2,8 | 100,5 | 7,2 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| febrero-13 | 16,15 | 10:50 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 16,15 | 1662 | 18,2 | 2,1 | 24,5 | 73,3 | 7,2 | |
| 17 | 1663 | 18,4 | 1,9 | 22,5 | 78,0 | 7,4 | |
| 18 | 1667 | 18,4 | 1,3 | 15,2 | 79,8 | 7,2 | |
| 19 | 1674 | 18,3 | 1,2 | 13,6 | 83,0 | 7,1 | |
| 20 | 1677 | 18,1 | 1,1 | 13,2 | 83,8 | 7,1 | |
| 21 | 1761 | 17,9 | 1,2 | 13,6 | 84,5 | 7,1 | |
| 22 | 1779 | 17,7 | 1,3 | 15,1 | 84,4 | 7,1 | |
| 23 | 1628 | 17,5 | 1,3 | 15,4 | 83,2 | 7,1 | |
| 24 | 1622 | 17,5 | 1,3 | 14,7 | 82,6 | 7,1 | |
| 25 | 1618 | 17,4 | 1,2 | 14,1 | 82,3 | 7,1 | |
| 26 | 1623 | 17,4 | 1,2 | 13,7 | 81,8 | 7,1 | |
| 27 | 1608 | 17,4 | 1,2 | 13,5 | 81,2 | 7,1 | |
| 28 | 1609 | 17,4 | 1,1 | 13,2 | 78,9 | 7,1 | |
| 29 | 1569 | 17,3 | 1,1 | 13,2 | 76,8 | 7,1 | |
| 30 | 1571 | 17,3 | 1,1 | 13,0 | 76,1 | 7,1 | |
| 31 | 1550 | 17,2 | 1,2 | 13,3 | 75,6 | 7,1 | |
| 32 | 1541 | 17,1 | 1,4 | 15,5 | 75,4 | 7,1 | |
| 33 | 1520 | 17,1 | 1,6 | 17,7 | 75,1 | 7,1 | |
| 34 | 1515 | 17,0 | 1,9 | 21,8 | 75,0 | 7,2 | |
| 35 | 1507 | 17,0 | 2,0 | 22,6 | 74,8 | 7,2 | |
| 36 | 1510 | 17,0 | 2,1 | 23,5 | 75,0 | 7,2 | |
| 37 | 1510 | 17,0 | 2,1 | 24,0 | 75,0 | 7,2 | |
| 38 | 1507 | 17,0 | 2,2 | 25,5 | 74,6 | 7,2 | |
| 39 | 1498 | 16,9 | 2,3 | 25,8 | 74,6 | 7,2 | |
| 40 | 1493 | 16,9 | 2,3 | 26,0 | 74,8 | 7,2 | |
| 41 | 1491 | 16,9 | 2,3 | 26,6 | 74,6 | 7,2 | |
| 42 | 1498 | 16,9 | 2,4 | 26,8 | 74,5 | 7,2 | |
| 43 | 1628 | 16,9 | 1,5 | 17,5 | 72,5 | 7,3 | |
| 44 | 1637 | 16,9 | 1,2 | 14,0 | 71,5 | 7,3 | |
| 45 | 1639 | 16,9 | 0,5 | 5,0 | 71,3 | 7,3 | |
| 46 | 1638 | 16,8 | 0,3 | 3,0 | 70,7 | 7,3 | |
| 47 | 1634 | 16,8 | 0,3 | 3,0 | 70,1 | 7,3 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| marzo-13 | 16,55 | 11:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 16,55 | 1662 | 18,4 | 1,3 | 15,0 | 29,2 | 7,3 | |
| 28 | 1558 | 17,4 | 0,7 | 8,2 | 17,0 | 7,1 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abril-13 | 16,81 | 11:30 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 16,81 | 1659 | 18,4 | 2,1 | 25,0 | 87,4 | 7,4 | |
| 28 | 1550 | 17,4 | 1,0 | 11,7 | 74,0 | 7,0 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mayo-13 | 17,19 | 10:40 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,19 | 1661 | 18,4 | 2,2 | 26,1 | 79,9 | 7,6 | |
| 28 | 1719 | 17,4 | 1,0 | 11,9 | 94,0 | 7,0 | |

| Fecha | Nivel | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| junio-13 | 17,04 | 10:05 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,04 | 1598 | 18,4 | 2,3 | 27,3 | 14,4 | 7,7 | |
| 28 | 1708 | 17,5 | 0,9 | 10,4 | 38,0 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **agosto-13** | 18,37 | 9:55 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,37 | 996 | 18,6 | 1,0 | 11,9 | -46,5 | 7,2 | |
| 28 | 1781 | 17,5 | 1,4 | 15,6 | 10,0 | 7,0 | |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **septiembre-13** | 18,56 | 11:15 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,56 | 1467 | 18,5 | 2,3 | 28,3 | 118,5 | 7,3 | |
| 28 | 1770 | 17,6 | 2,1 | 23,8 | 127,6 | 6,9 | |

| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **octubre-13** | 18,42 | 9:25 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 18,42 | 1528 | 18,7 | 1,6 | 19,0 | 60,5 | 7,4 | |
| 28 | 1772 | 17,6 | 1,4 | 15,5 | 71,5 | 7,0 | |

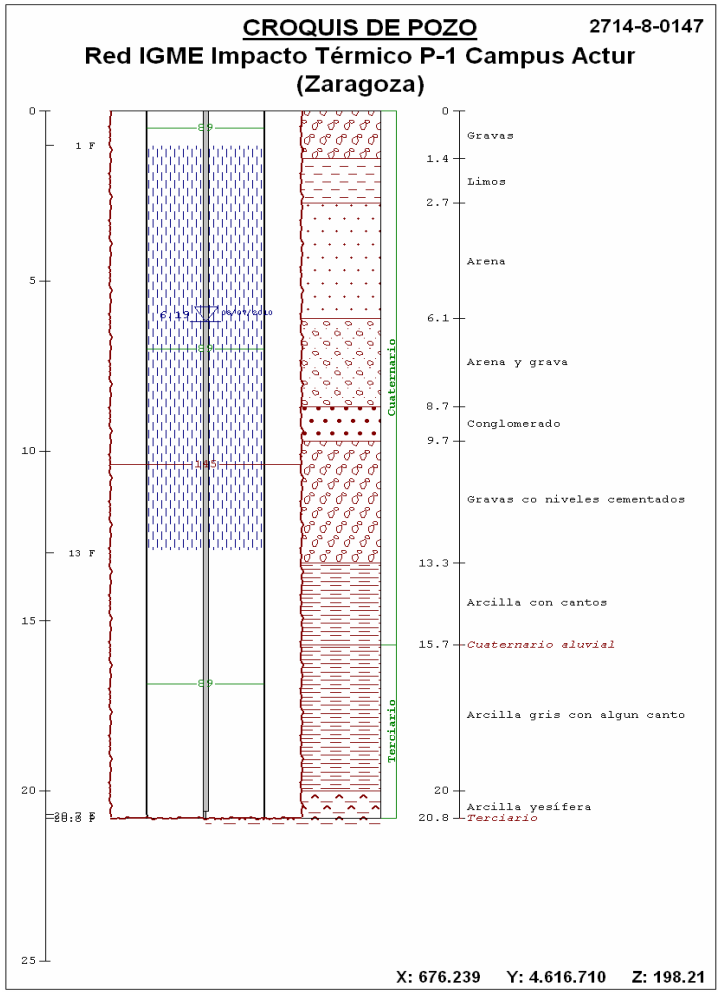
| **Fecha** | **Nivel** | hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enero-14** | 17,69 | 10:20 | | | | | |
| **PROFUNDIDAD** | **CE** | **Tª** | **O2** | **O2** | **Eh** | **pH** | **Observaciones** |
| **m** | **µS/cm** | **ºC** | **mg/l** | **%** | **mV** | | |
| 17,69 | 1608 | 17,8 | 2,2 | 26,2 | -8,5 | 7,6 | |
| 28 | 1618 | 17,5 | 1,1 | 12,8 | 9,6 | 7,1 | |

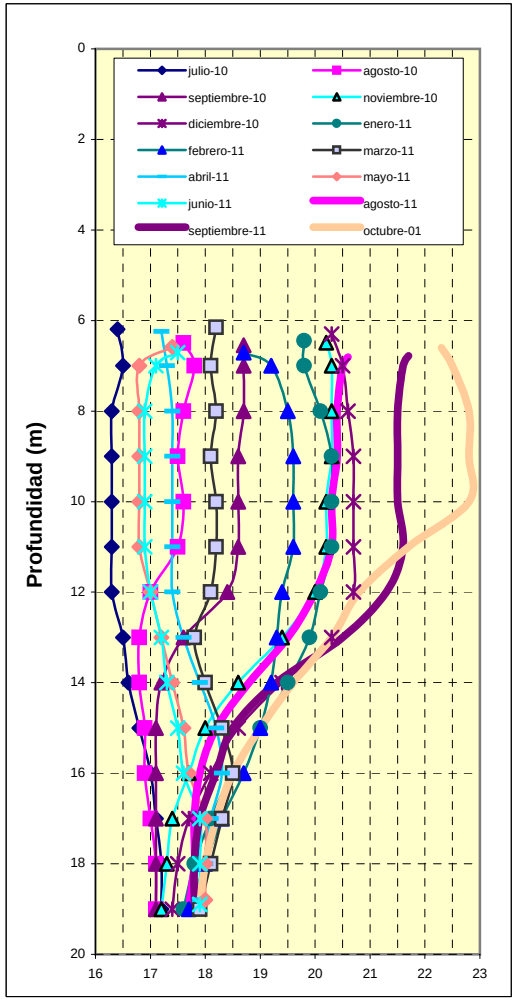
# ANEXO VI

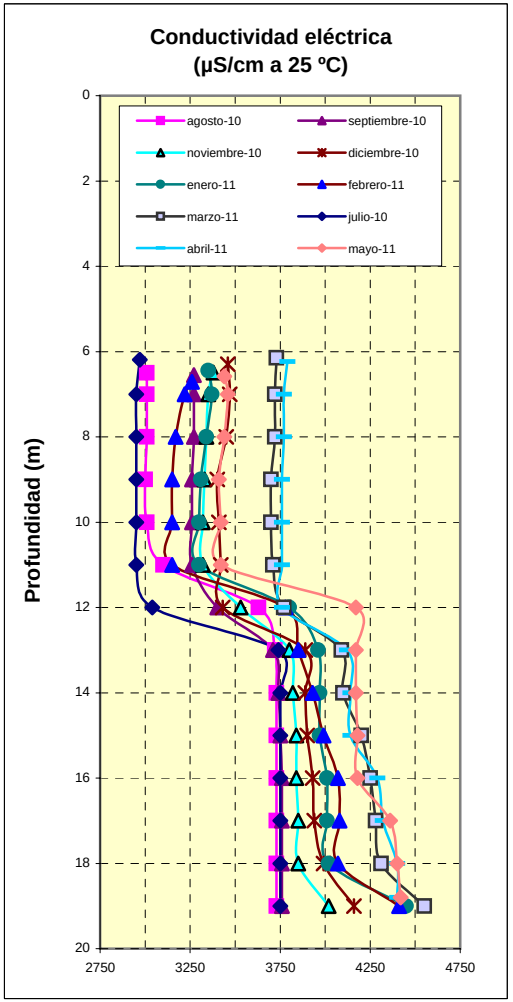
RED DE CONTROL GEOTÉRMICA. DATOS ANALÍTICOS

# RED DE CONTROL GEOTERMICA

| Nº Orden | 1 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur** |
| **Titular** | IGME |
| **X** | 676239 |
| **Y** | 4616710 |
| **Z** | 198,21 |
| **Nº de Registro** | 271480147 |
| **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 9 m profundidad |



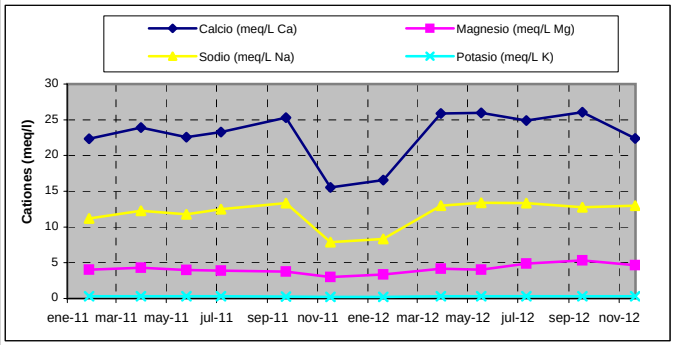



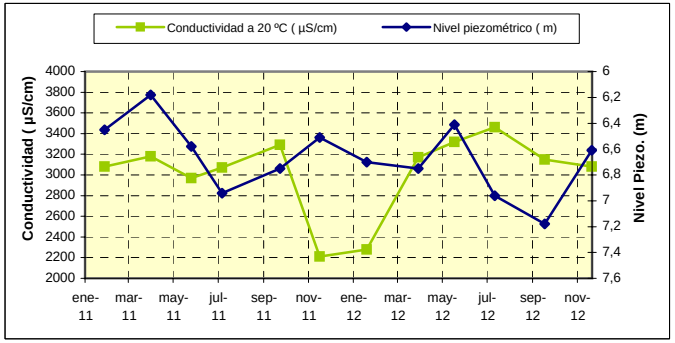



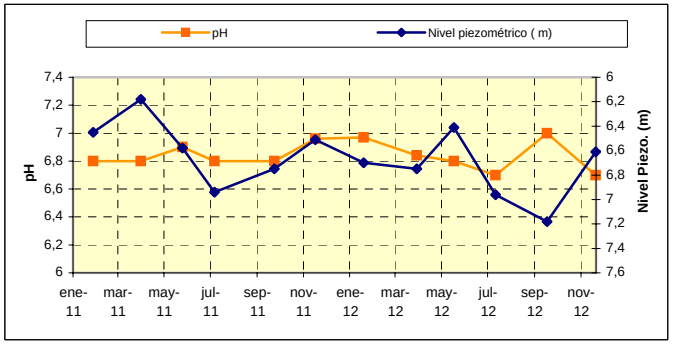
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

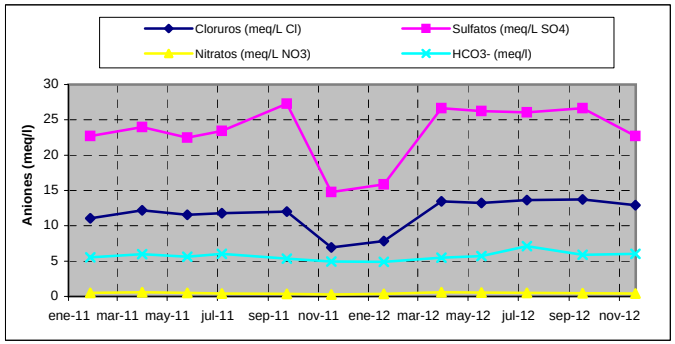
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 1 | **Nº de Registro** | 271480147 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

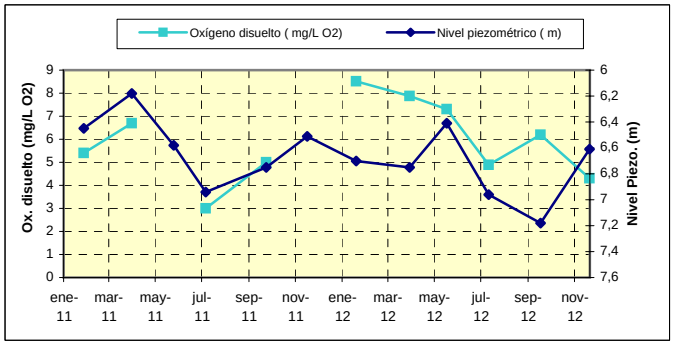
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

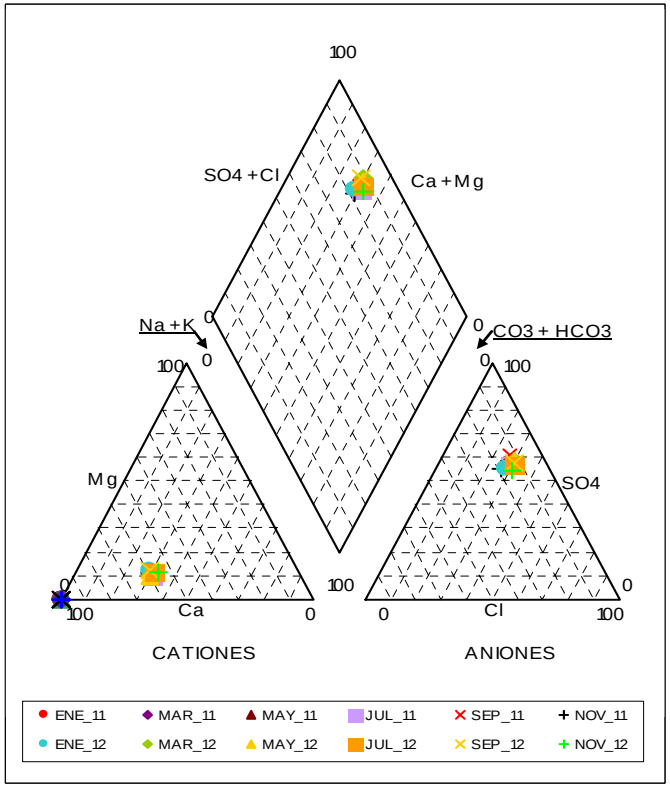


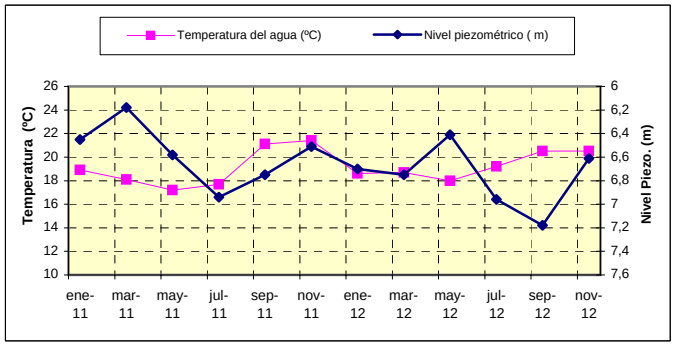



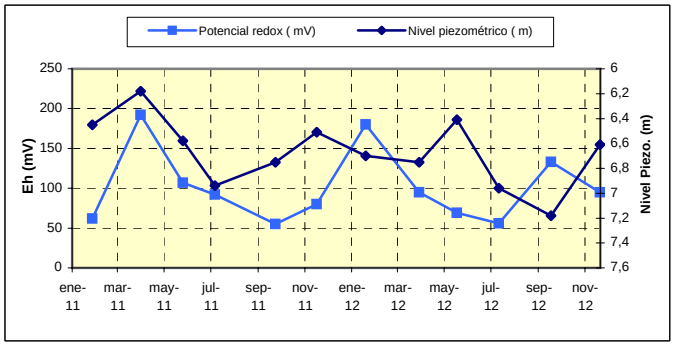




## PARÁMETROS IN SITU



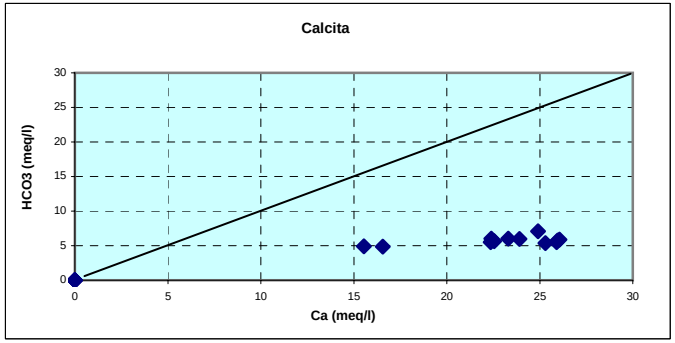



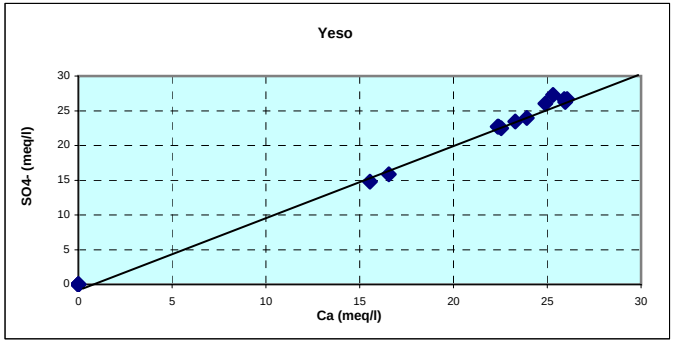
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

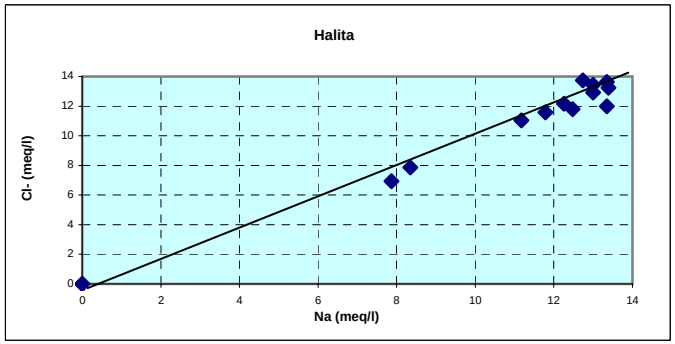


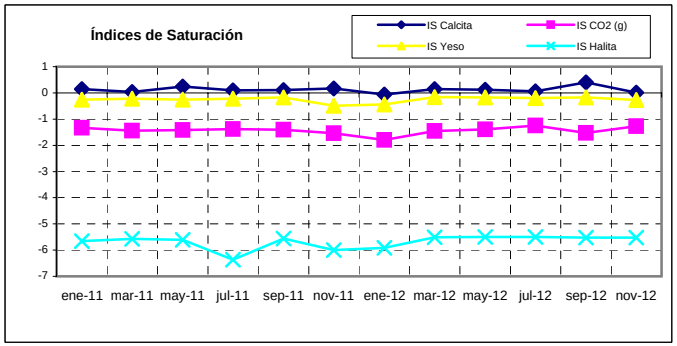
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 1 | **Nº de Registro** | 271480147 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

## RELACIONES IÓNICAS



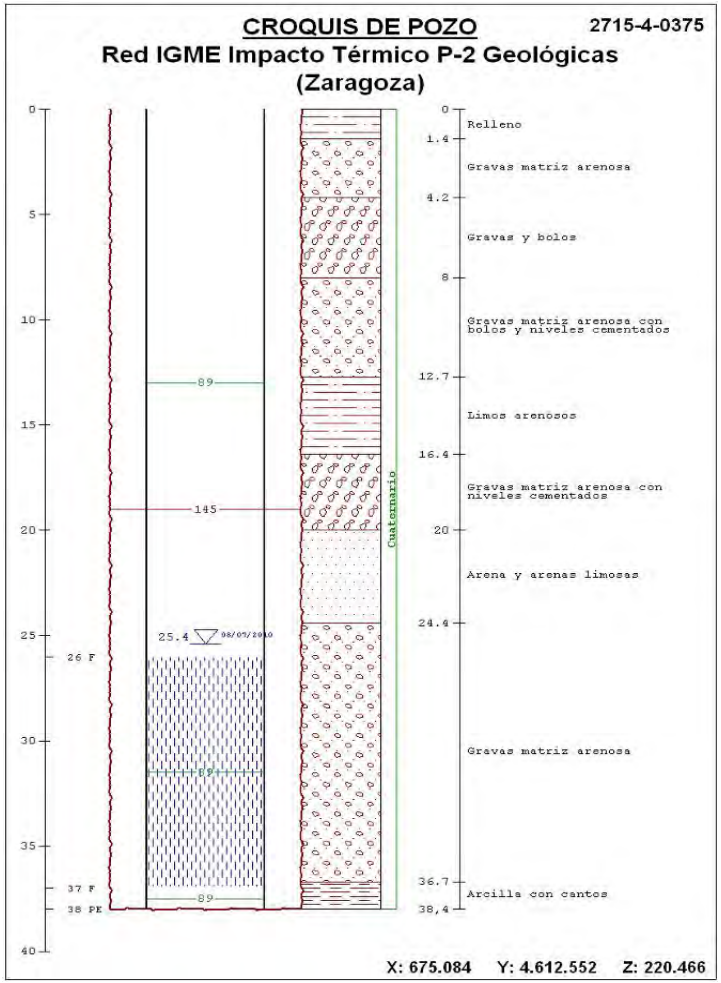



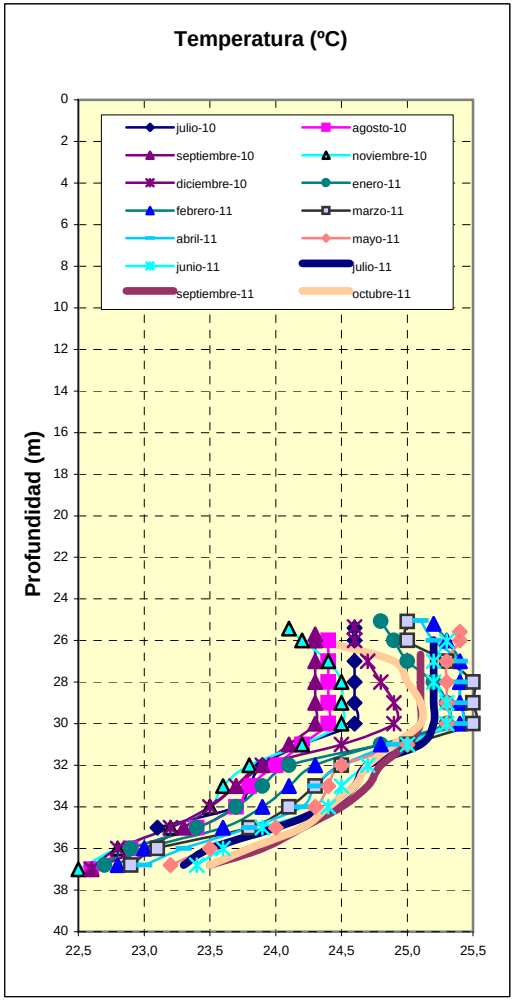



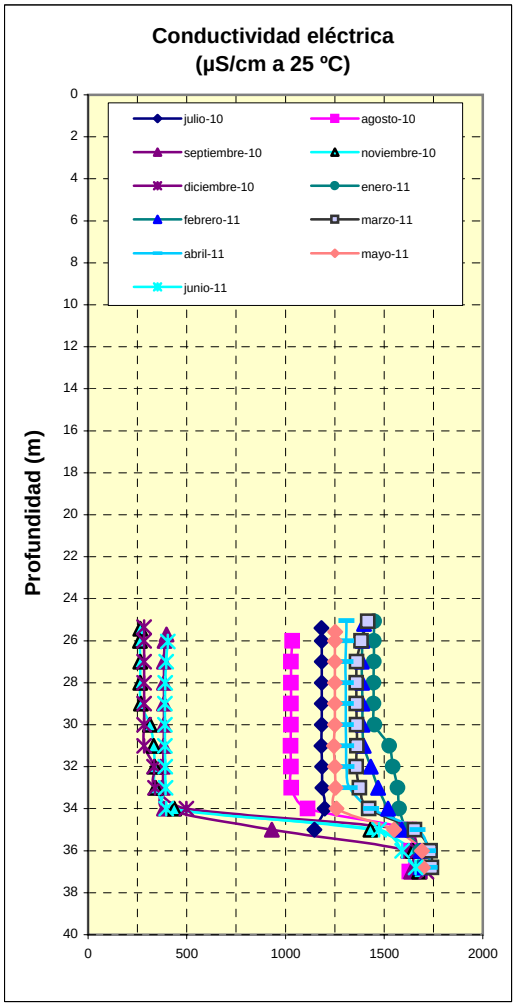



# RED DE CONTROL GEOTERMICA

| Nº Orden | 2 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas** |
| **Titular** | IGME |
| **X** | 675084 |
| **Y** | 4612552 |
| **Z** | 220,46 |
| **Nº de Registro** | 271540375 |
| **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 30 m profundidad |



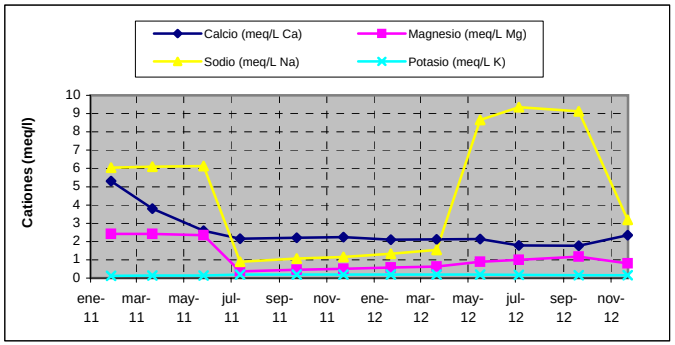



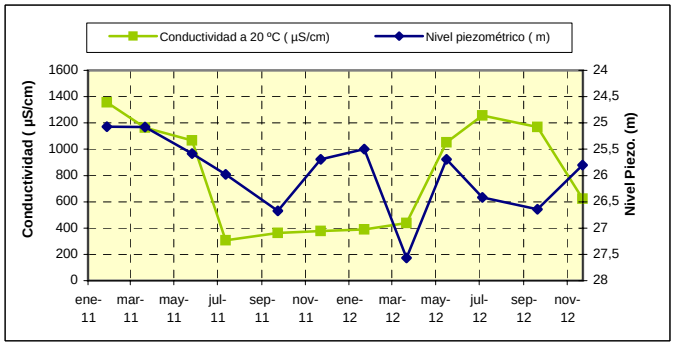



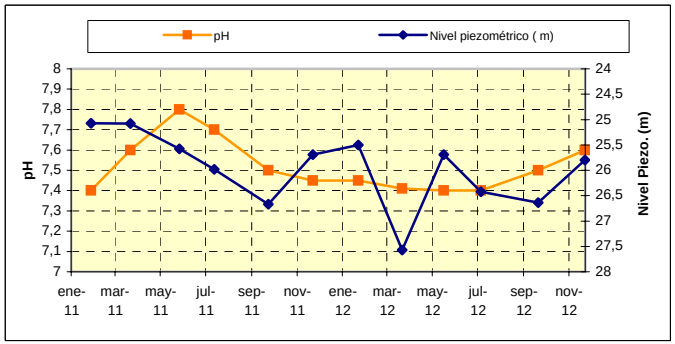
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

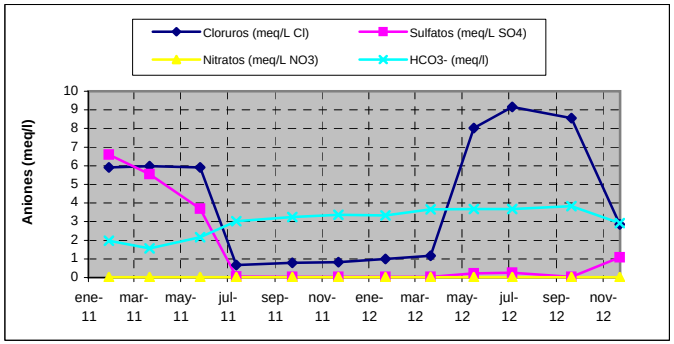
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 2 | **Nº de Registro** | 271540375 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

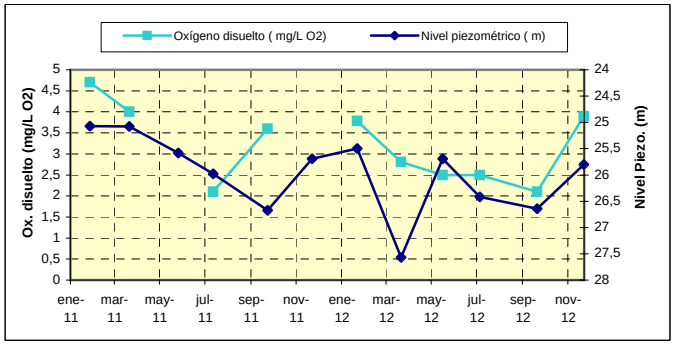
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

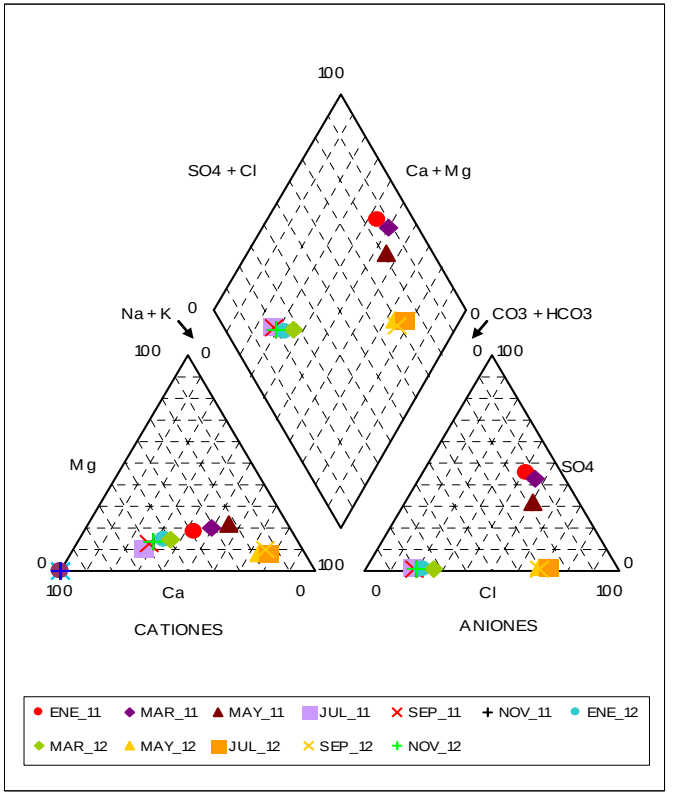


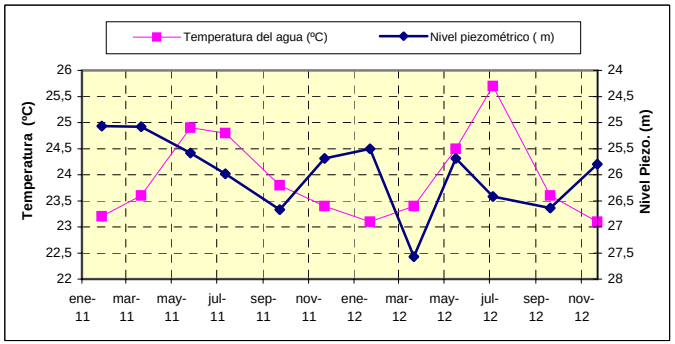



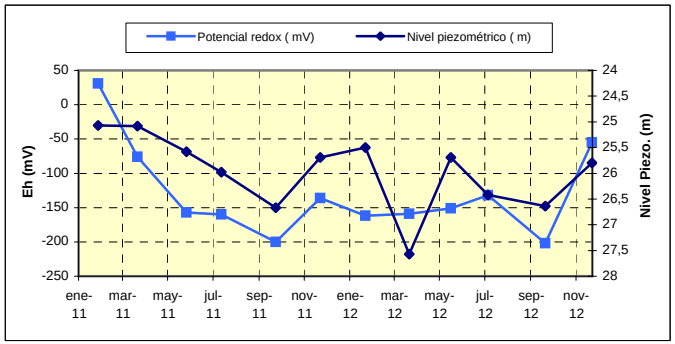




## PARÁMETROS IN SITU



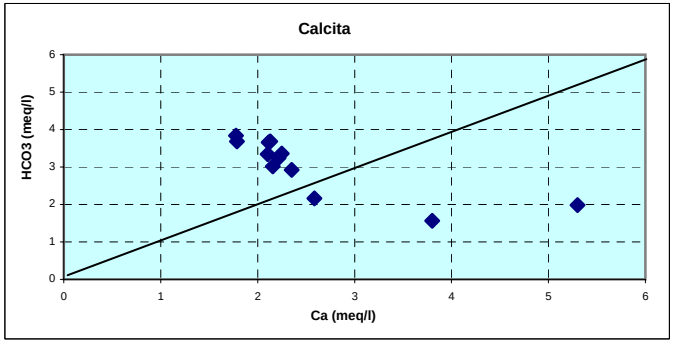



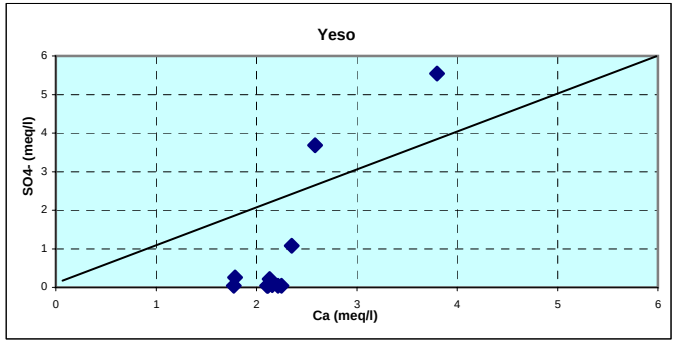
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

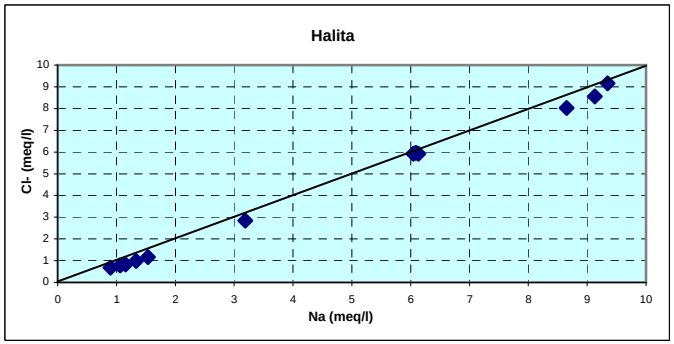


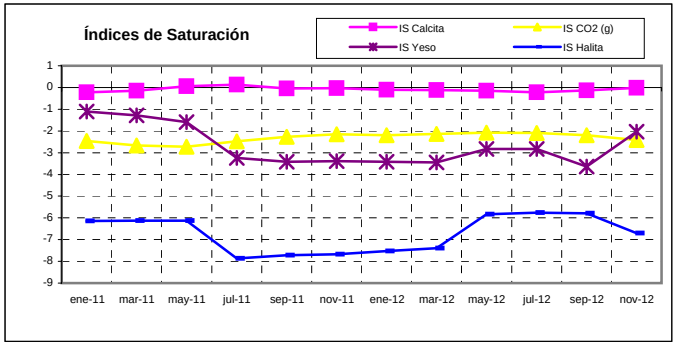
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 2 | **Nº de Registro** | 271540375 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

## RELACIONES IÓNICAS



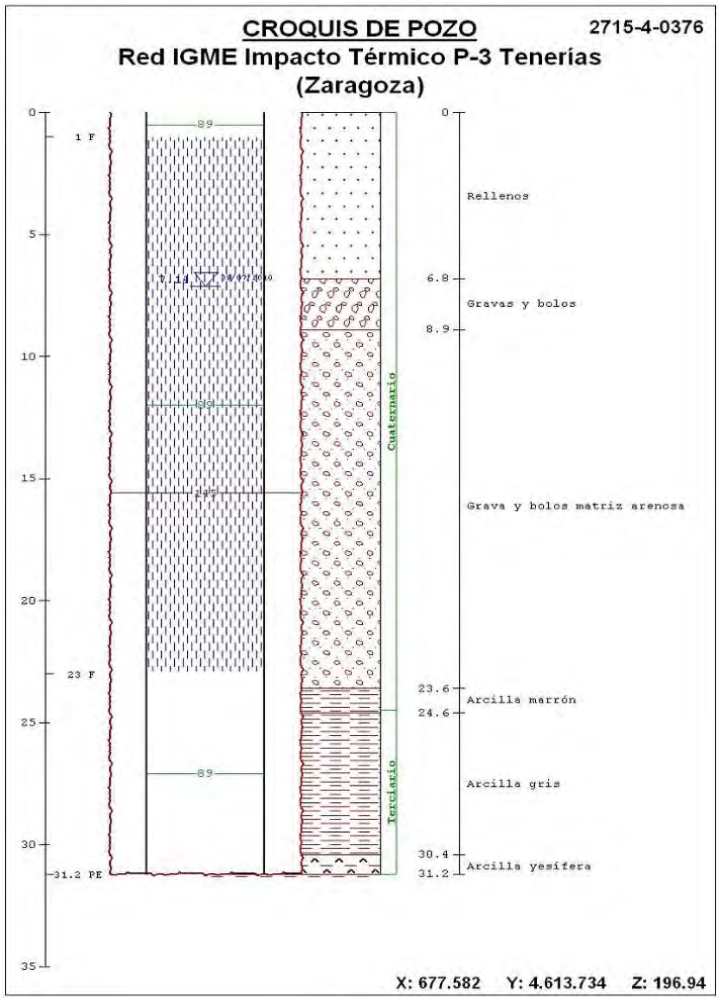



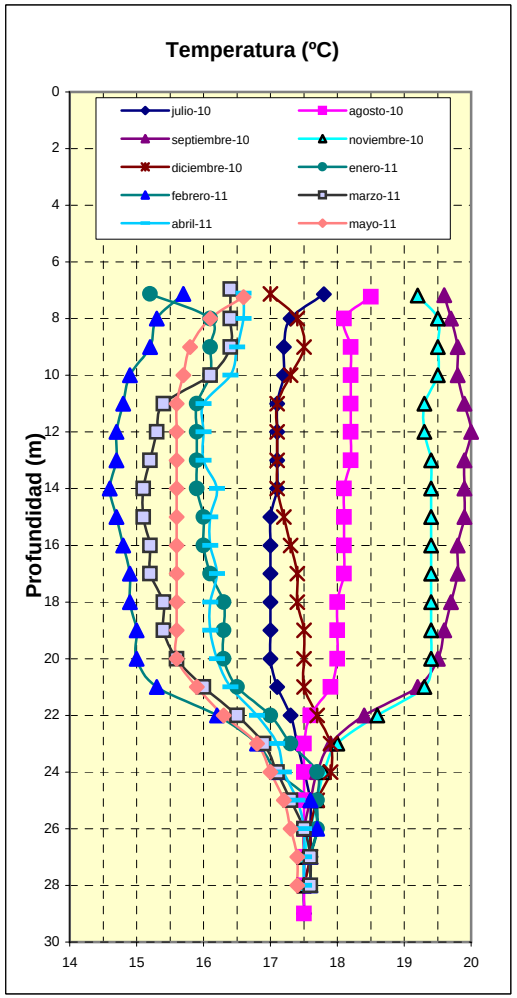



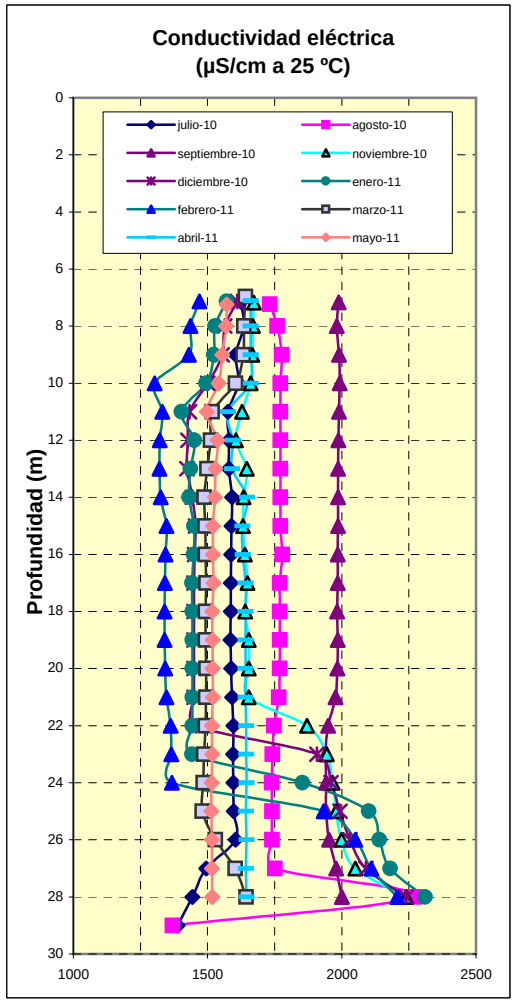
# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 3 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías** |
| **Titular** | IGME |
| **X** | 677588 |
| **Y** | 4613734 |
| **Z** | 196,94 |
| **Nº de Registro** | 271540376 |
| **Frecuencia** | Bimensual. NP-T-CE contiuo. Multi vertical mensual |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 20 m profundidad |



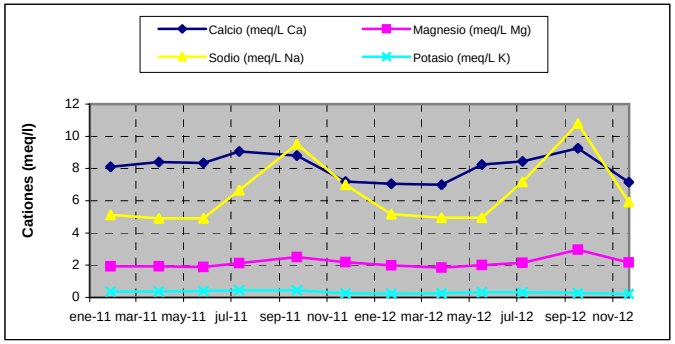



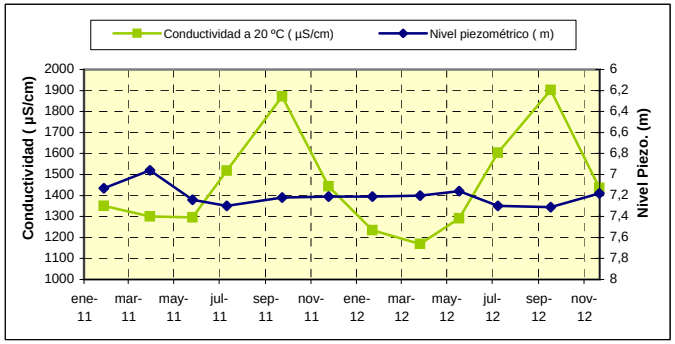



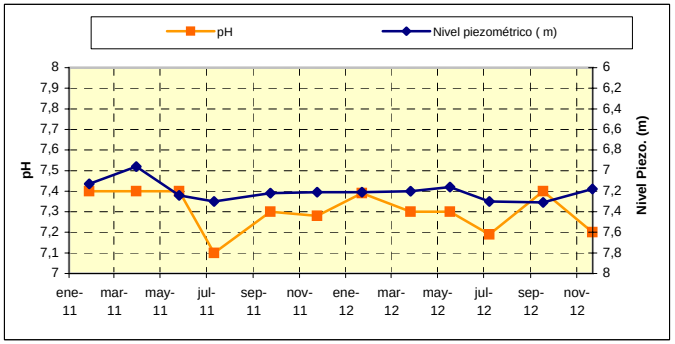
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

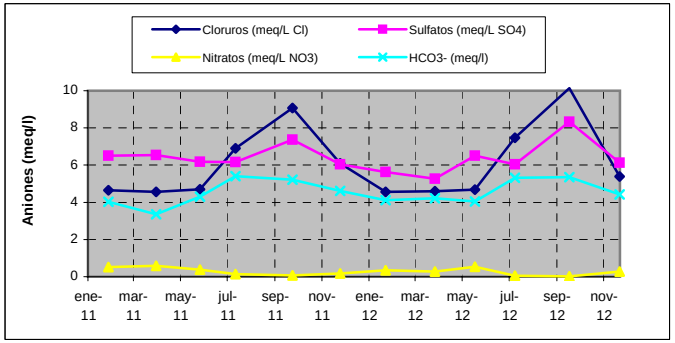
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 3 | **Nº de Registro** | 271540376 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T-CE contiuo. Multi vertical mensual |

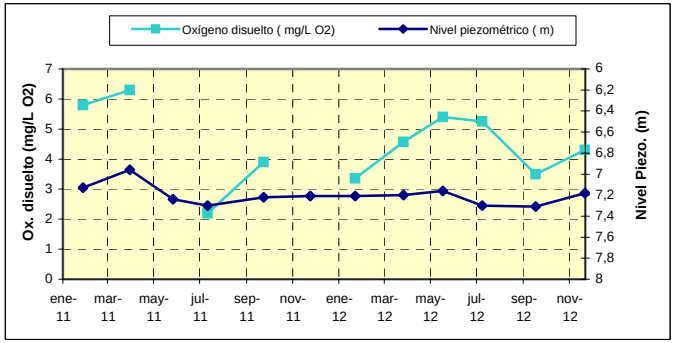
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

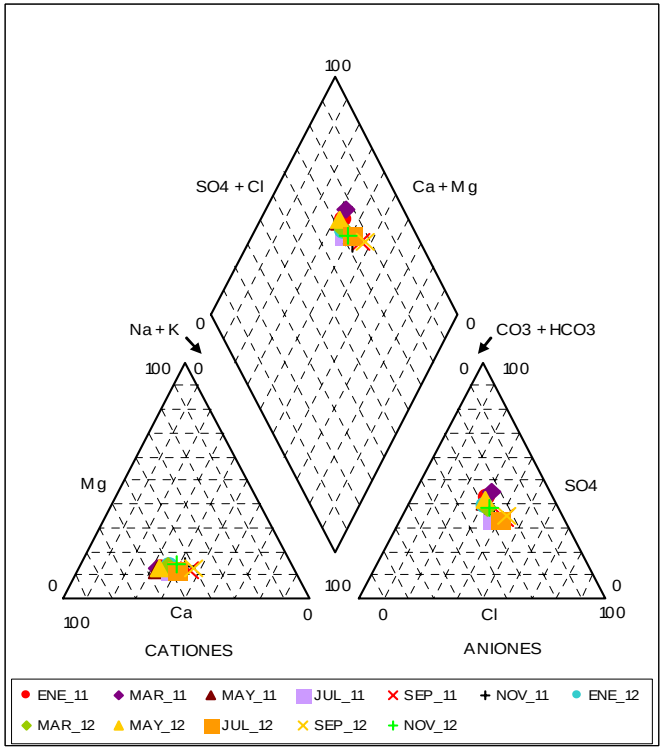


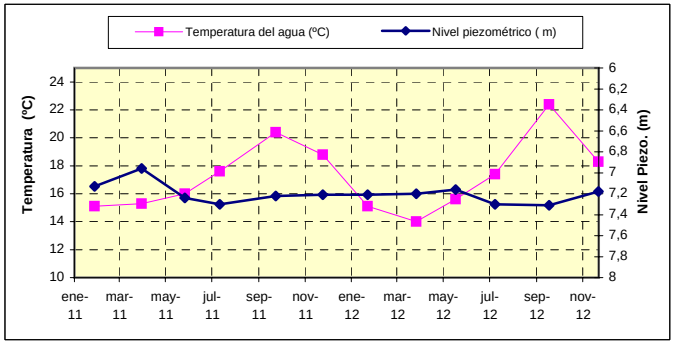



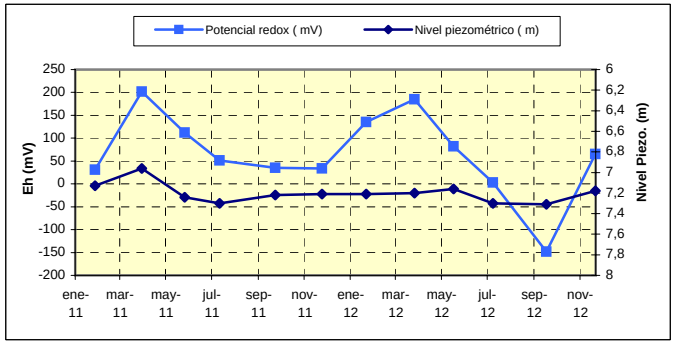




## PARÁMETROS IN SITU



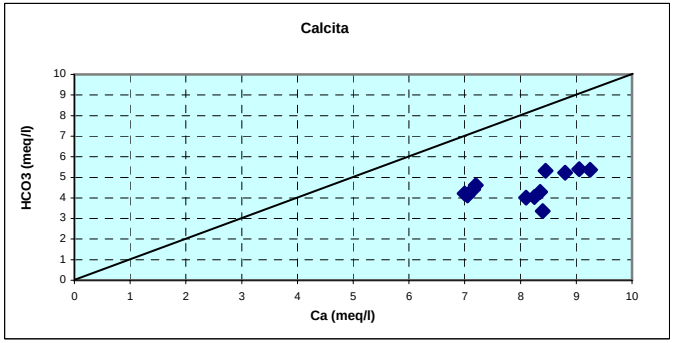



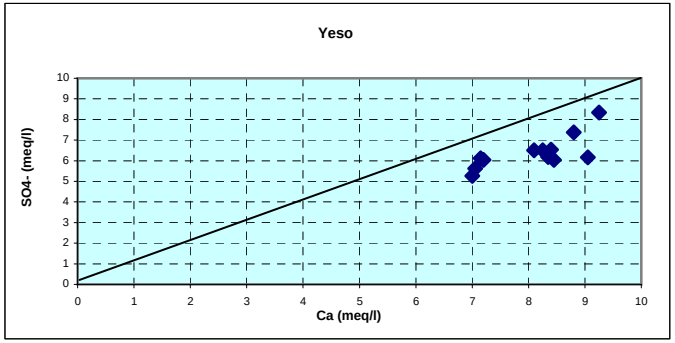
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

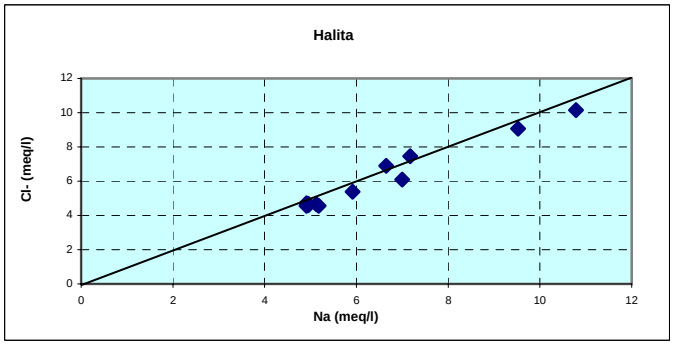


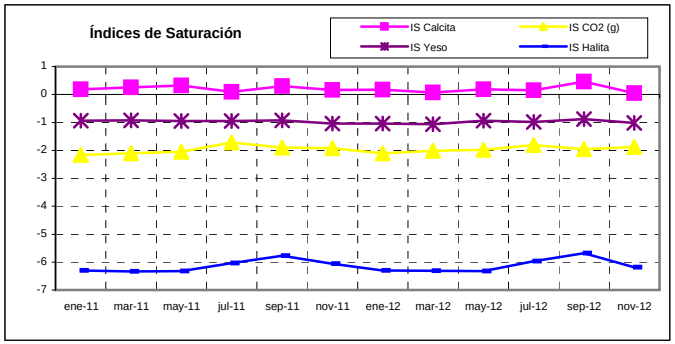
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 3 | **Nº de Registro** | 271540376 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T-CE contiuo. Multi vertical mensual |

## RELACIONES IÓNICAS



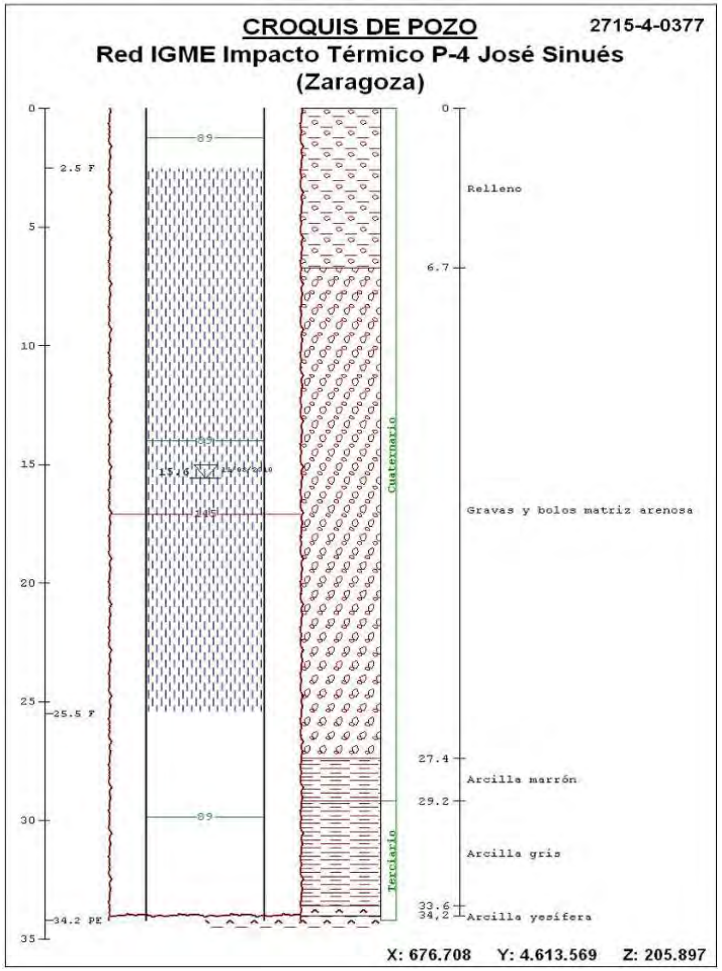



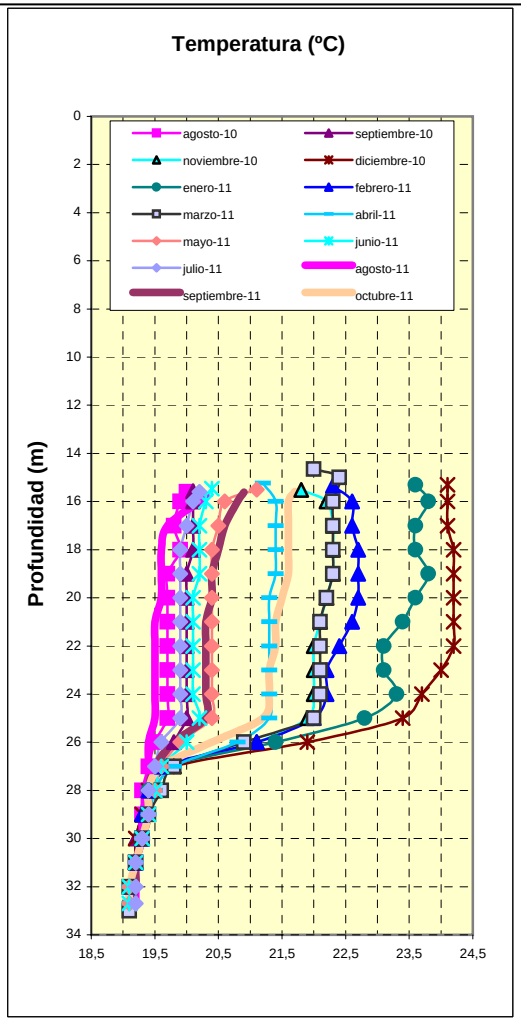



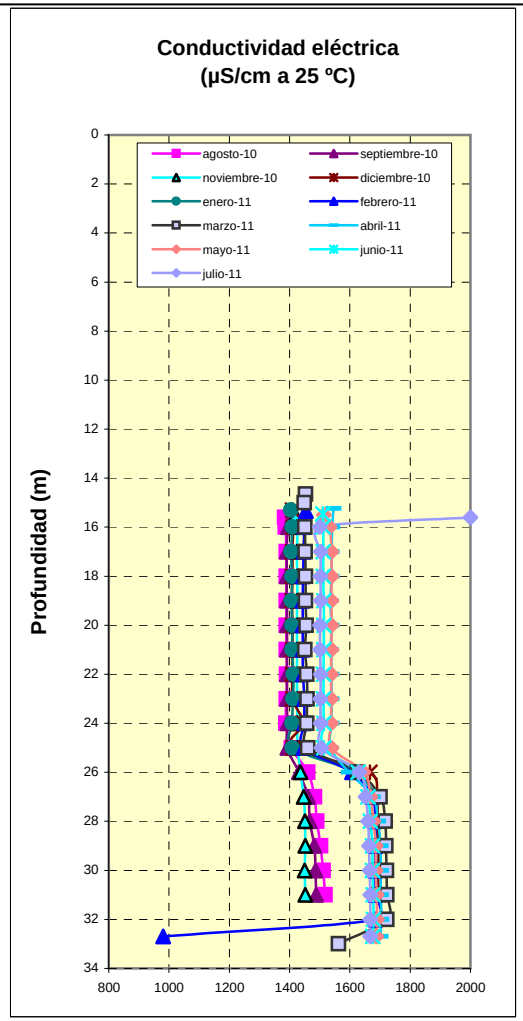



# RED DE CONTROL GEOTERMICA

| Nº Orden | 4 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués** |
| **Titular** | IGME |
| **X** | 676708 |
| **Y** | 4613569 |
| **Z** | 205,897 |
| **Nº de Registro** | 271540377 |
| **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 20 m profundidad |



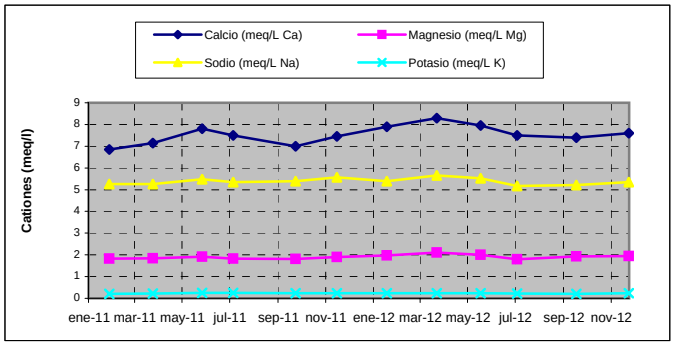



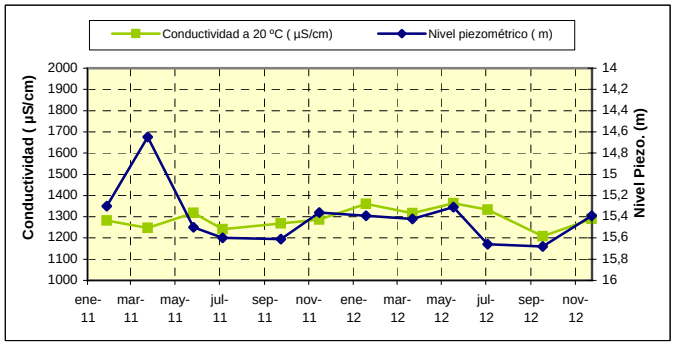



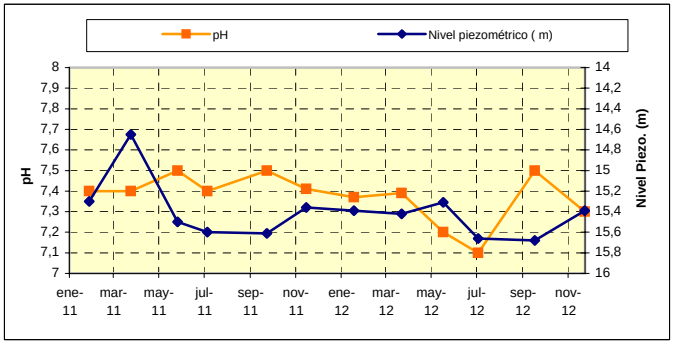
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

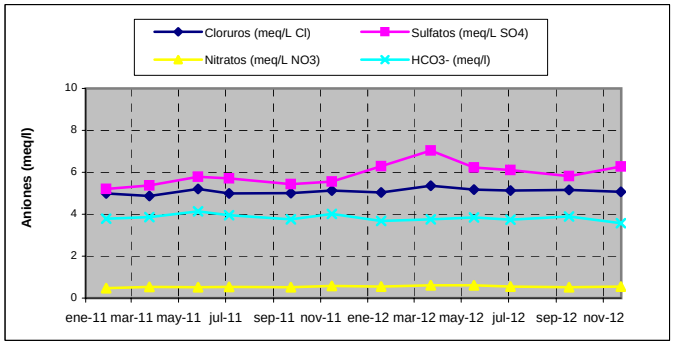
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 4 | **Nº de Registro** | 271540377 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

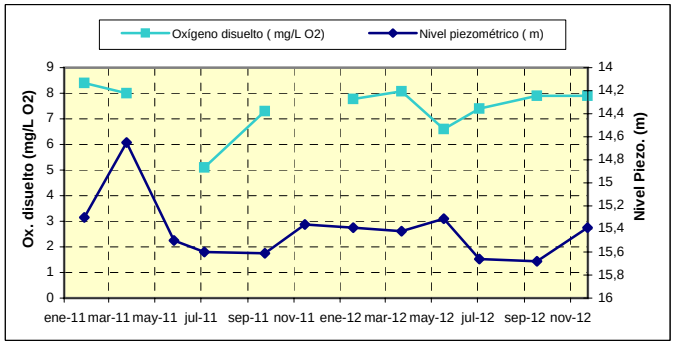
## ELEMENTOS MAYORITARIOS



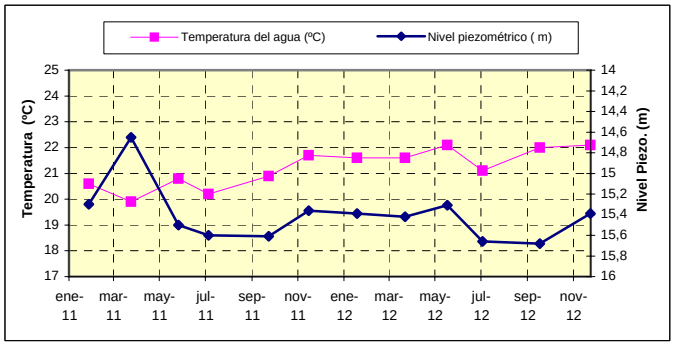



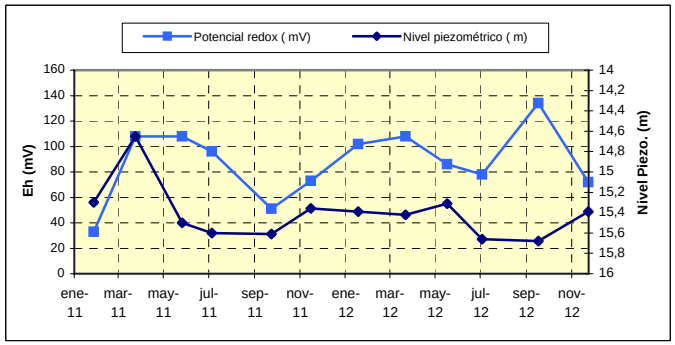



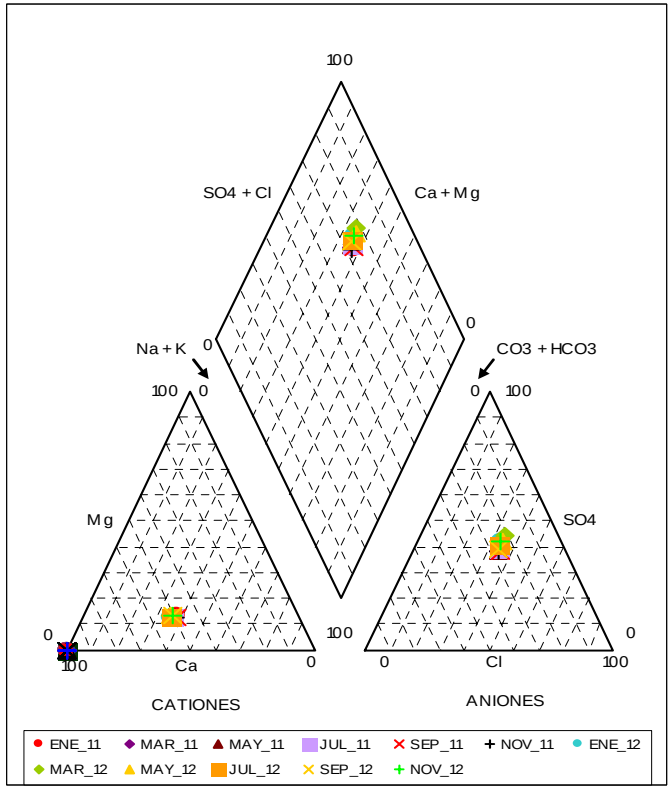




## PARÁMETROS IN SITU



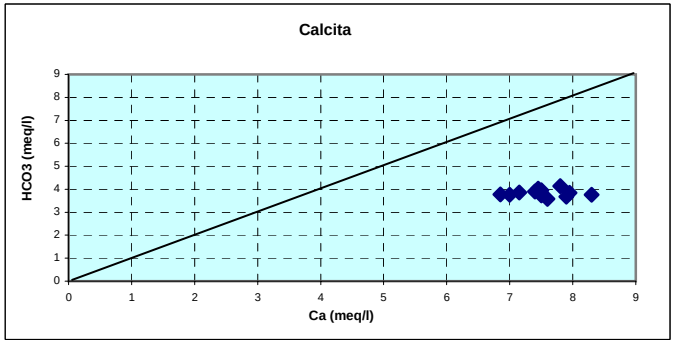



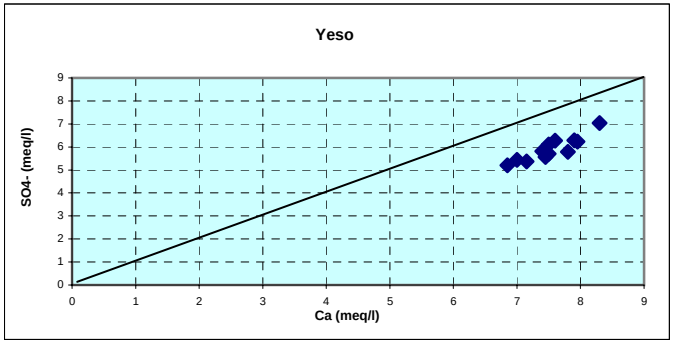
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

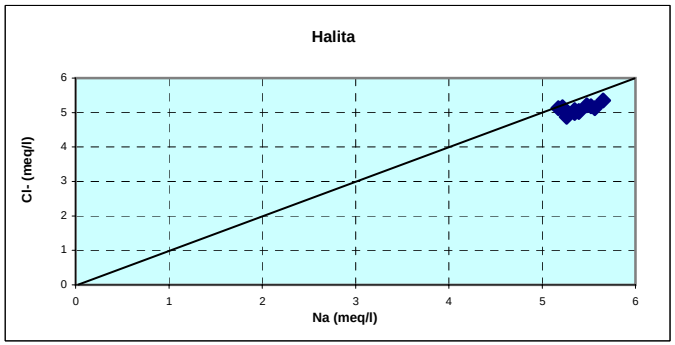


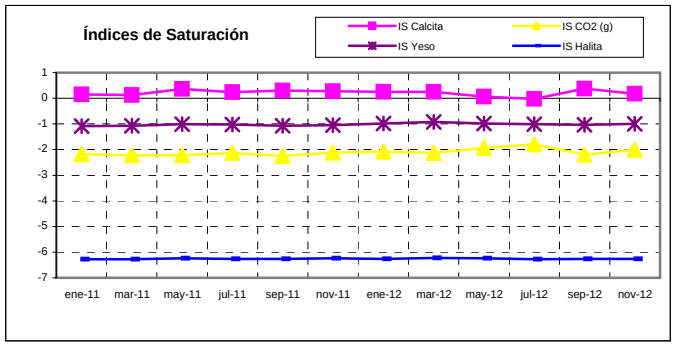
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 4 | **Nº de Registro** | 271540377 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

## RELACIONES IÓNICAS



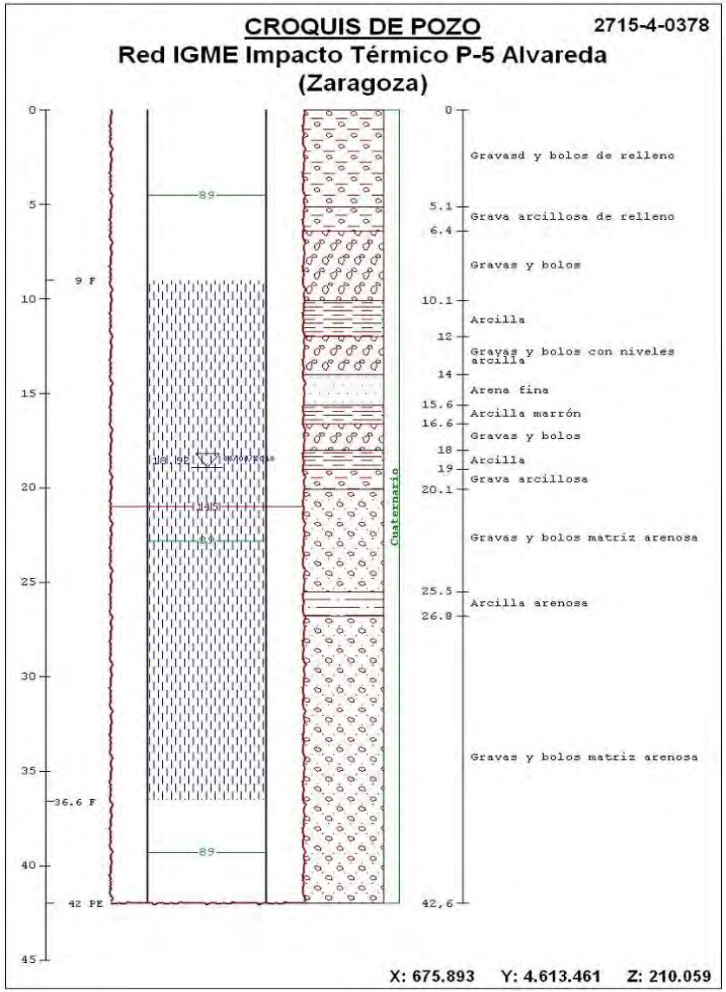



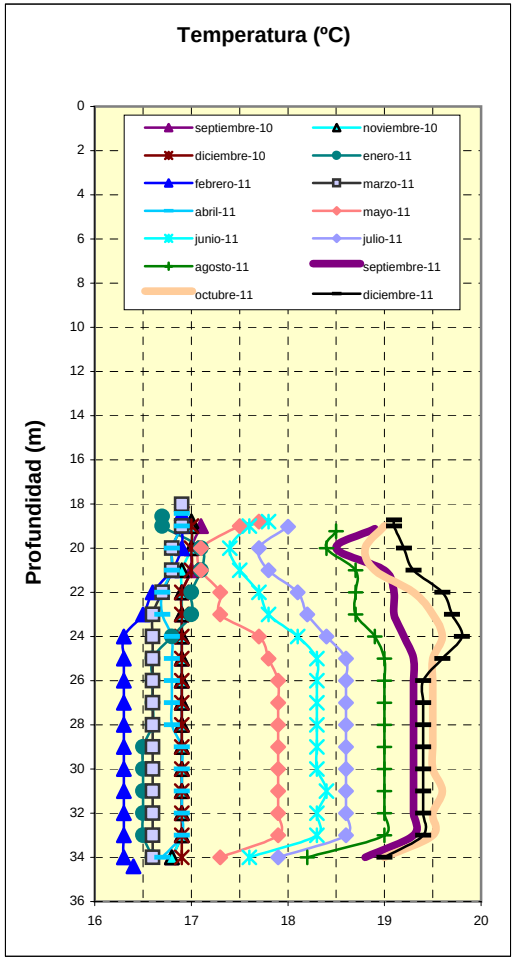



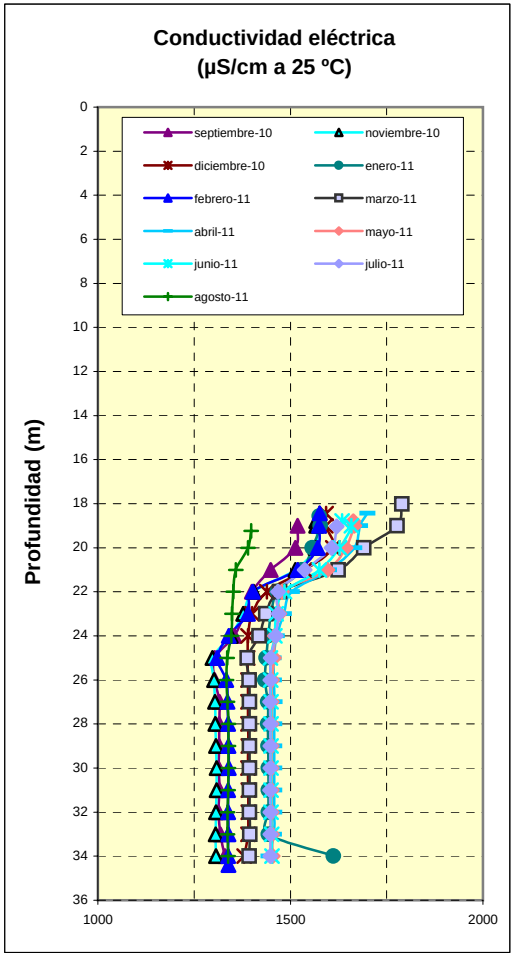
# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 5 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda** |
| **Titular** | IGME |
| **X** | 675897 |
| **Y** | 4613461 |
| **Z** | 210,059 |
| **Nº de Registro** | 271540378 |
| **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 30 m profundidad |



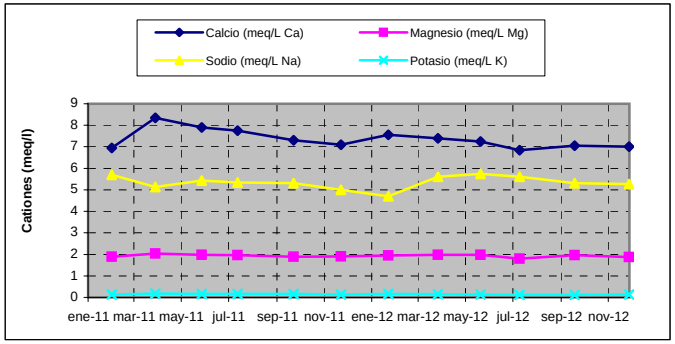



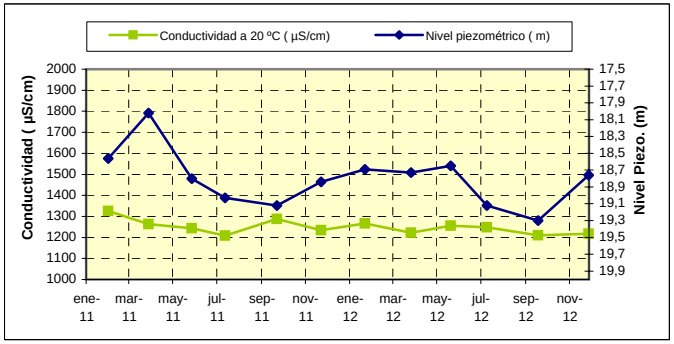



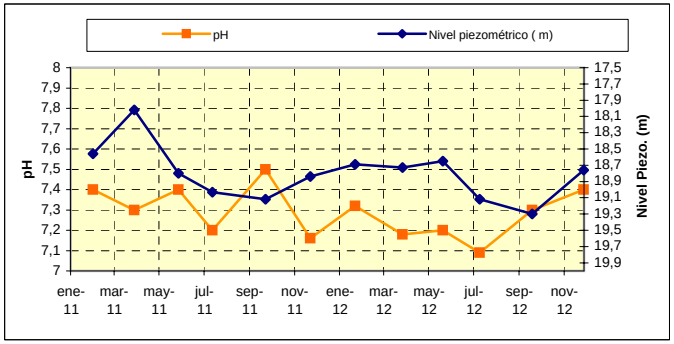
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

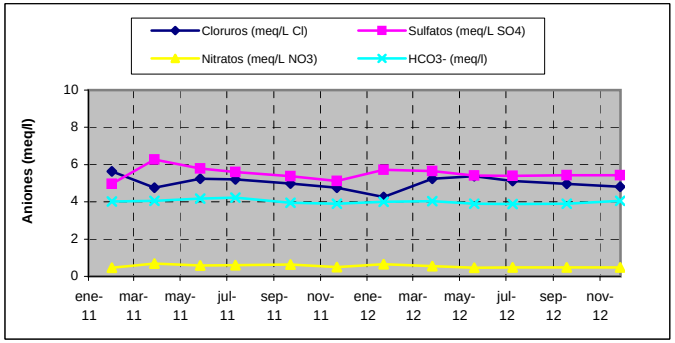
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 5 | **Nº de Registro** | 271540378 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

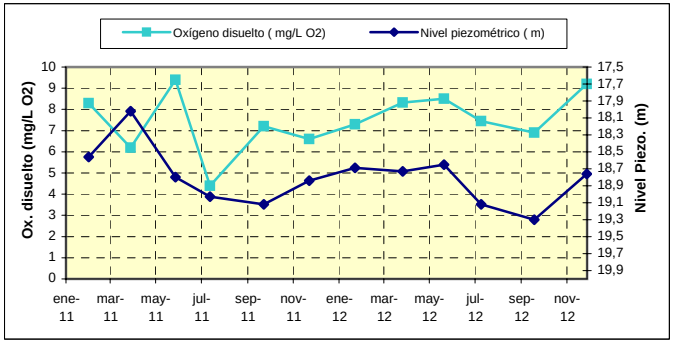
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

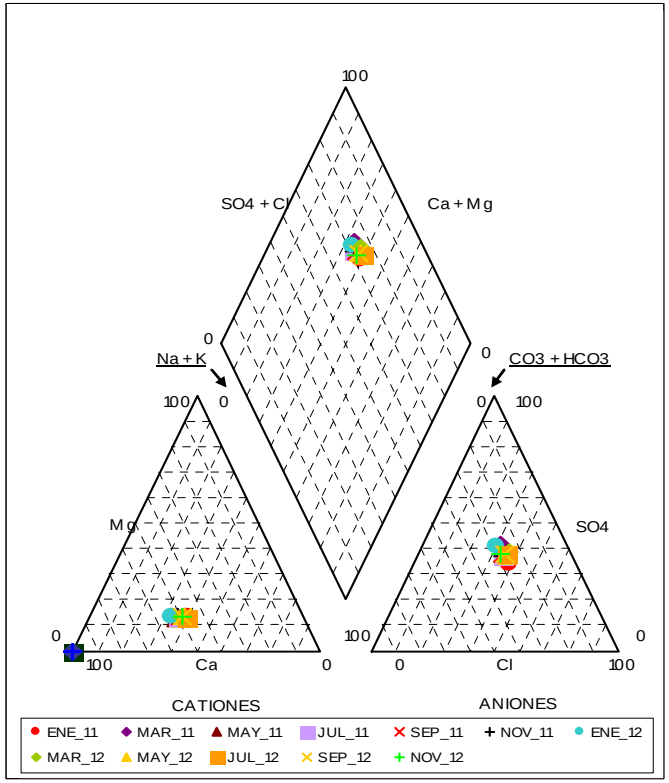


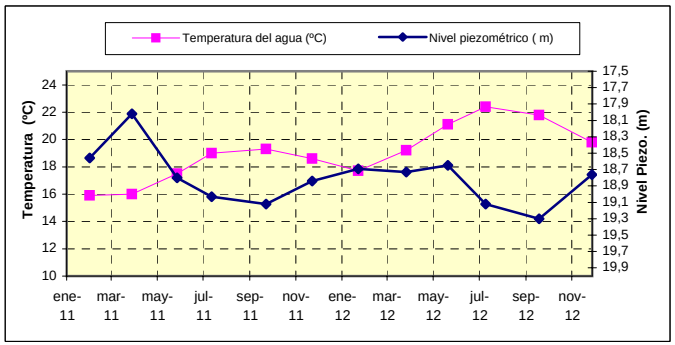



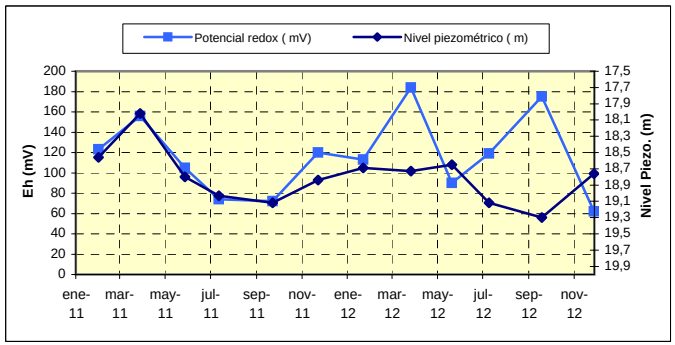




## PARÁMETROS IN SITU



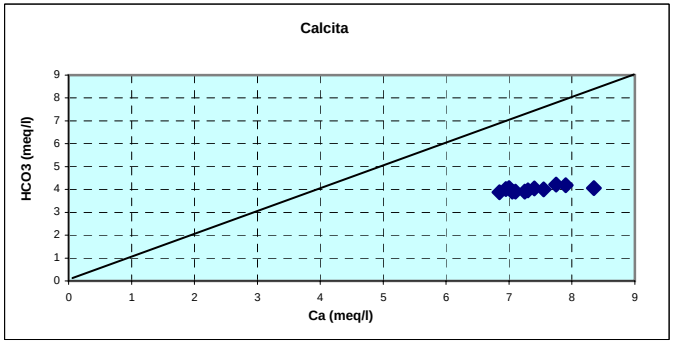



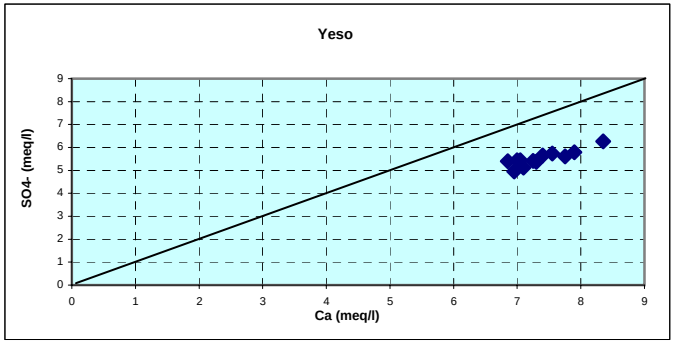
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

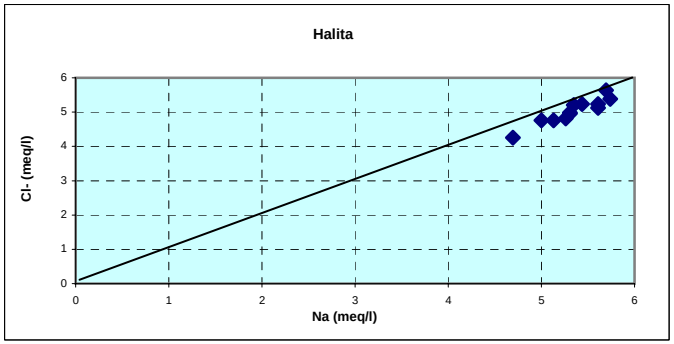


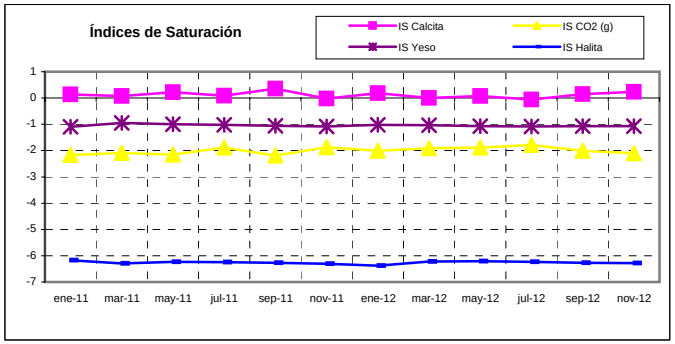
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 5 | **Nº de Registro** | 271540378 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

## RELACIONES IÓNICAS



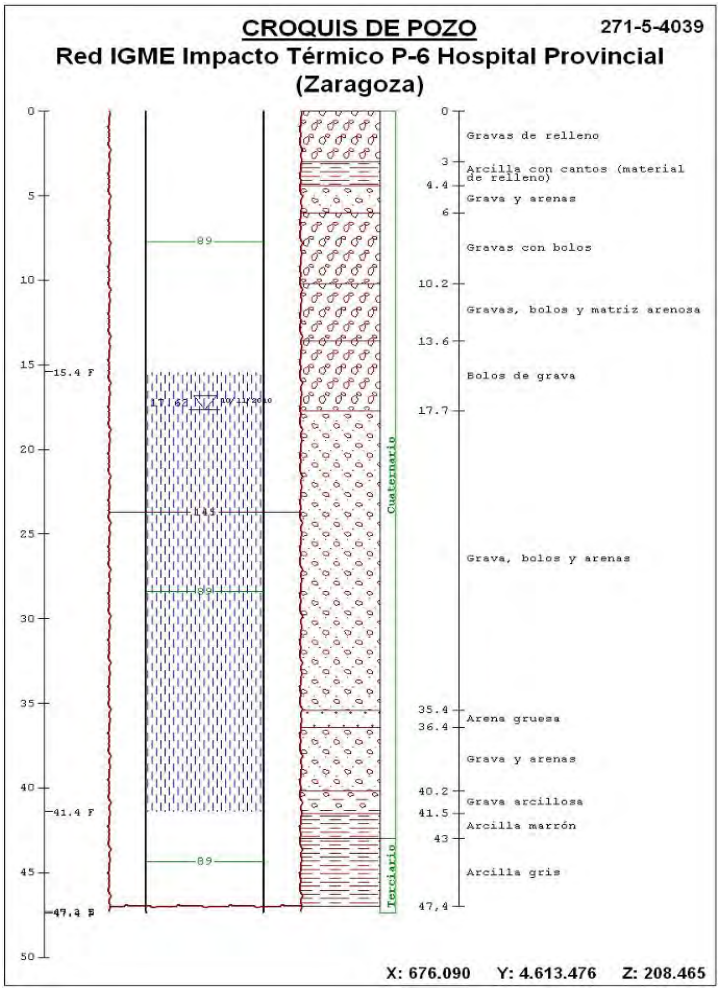



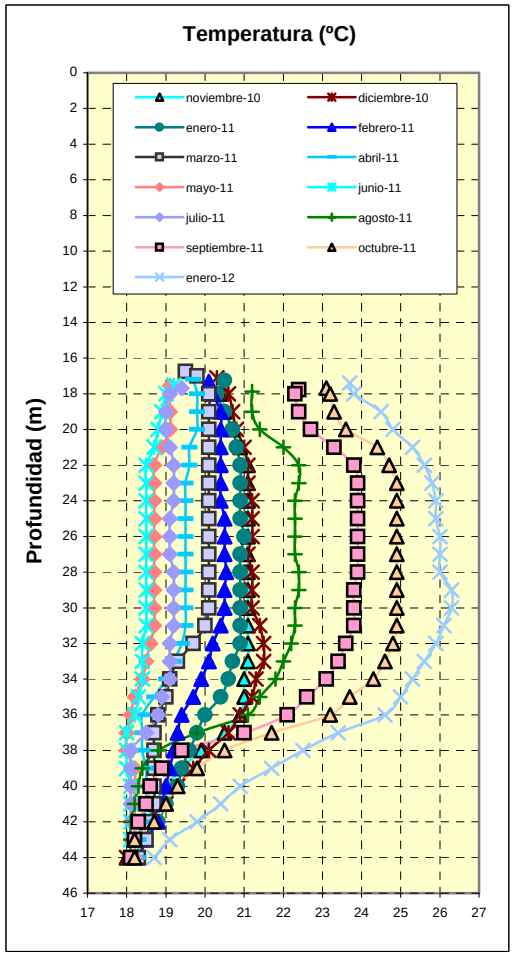



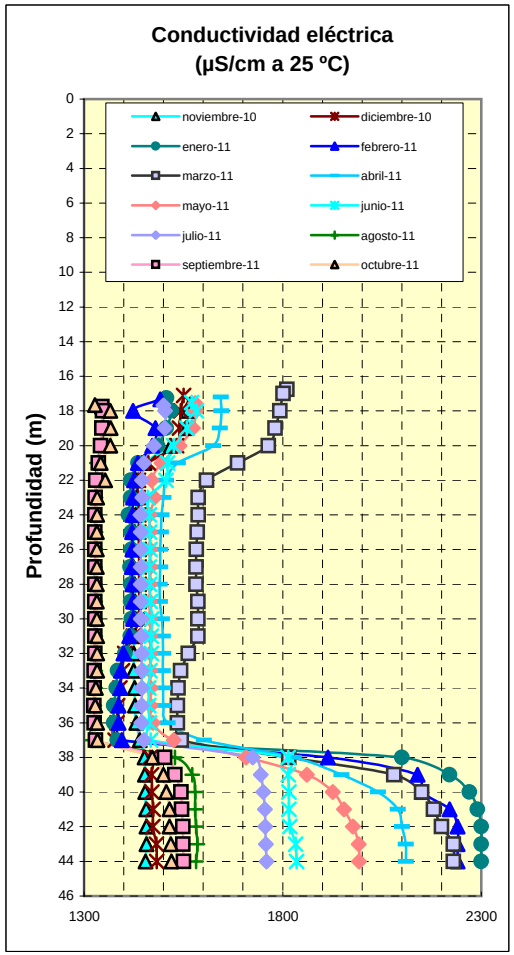
# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 6 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital** |
| **Titular** | IGME |
| **X** | 676090 |
| **Y** | 4613476 |
| **Z** | 208,465 |
| **Nº de Registro** | 271540379 |
| **Frecuencia** | Bimensual. NP-T-CE contiuo. Multi vertical mensual |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 32 m profundidad |



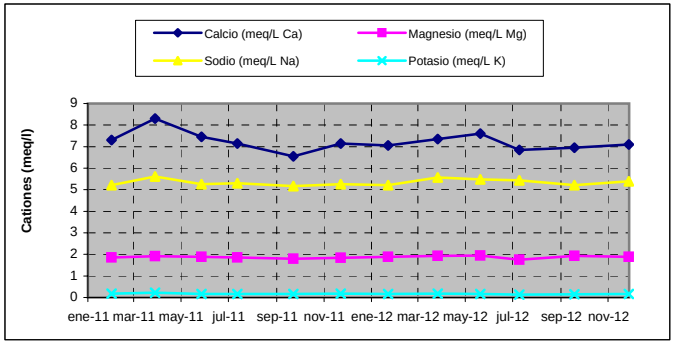



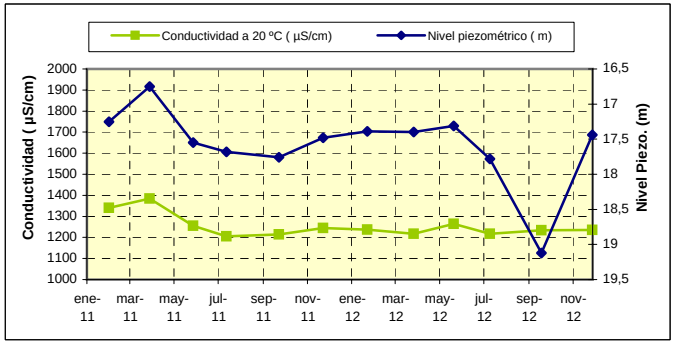



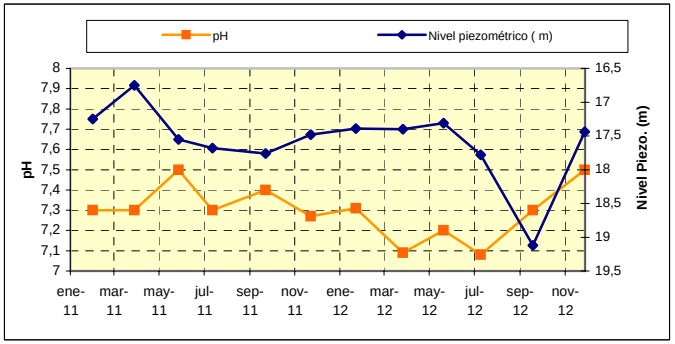
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

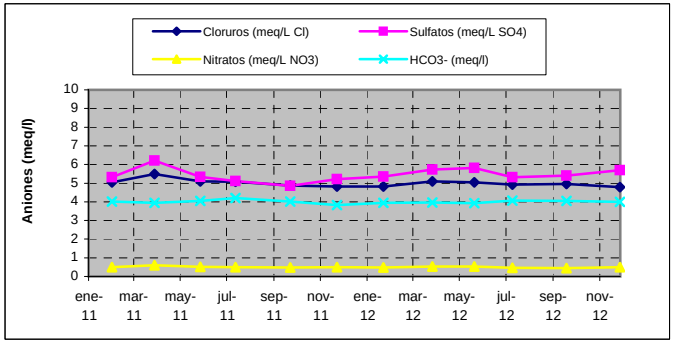
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 6 | **Nº de Registro** | 271540379 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T-CE contiuo. Multi vertical mensual |

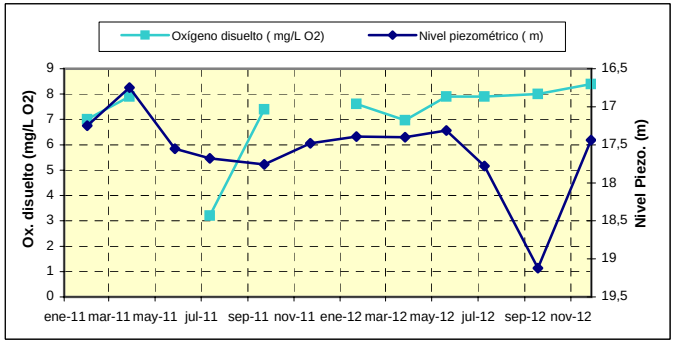
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

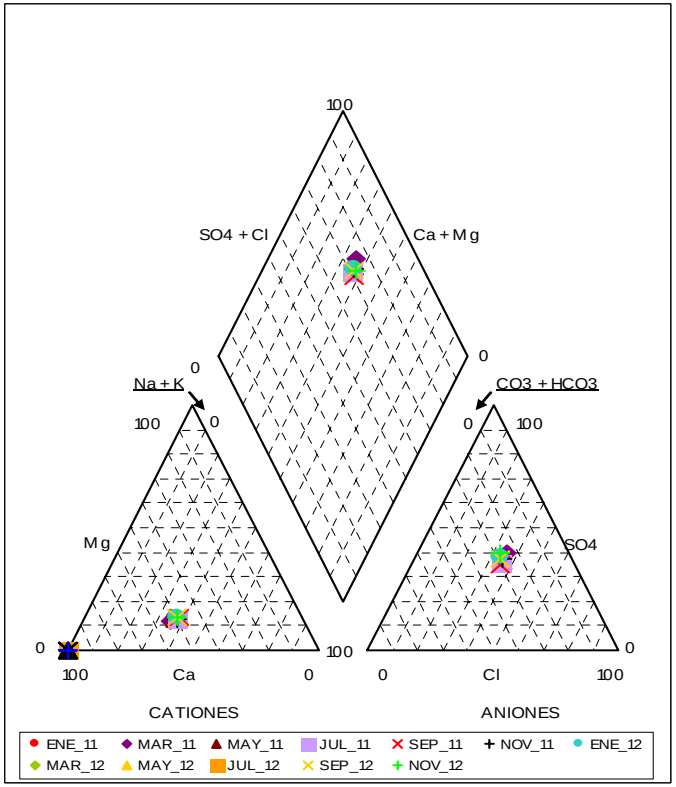


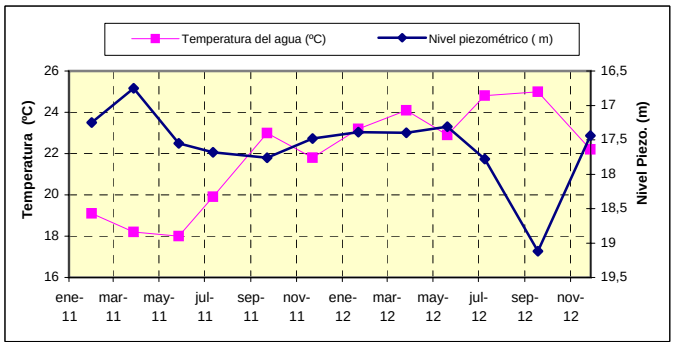



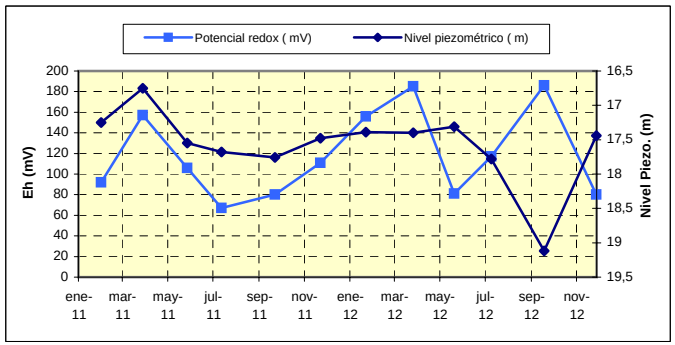




## PARÁMETROS IN SITU



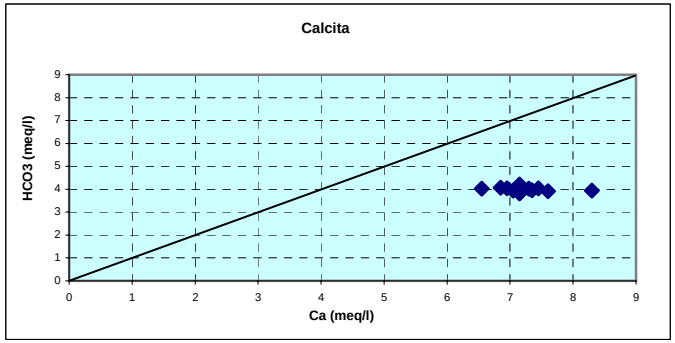



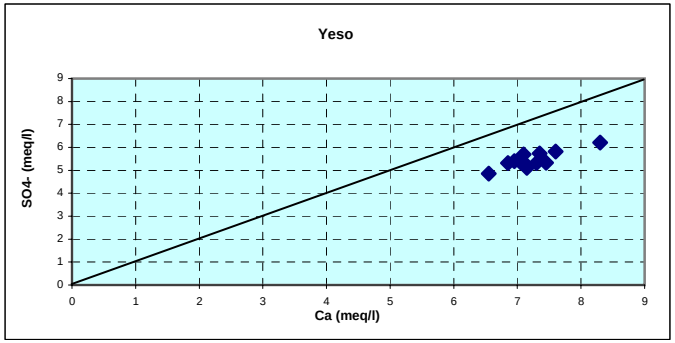
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

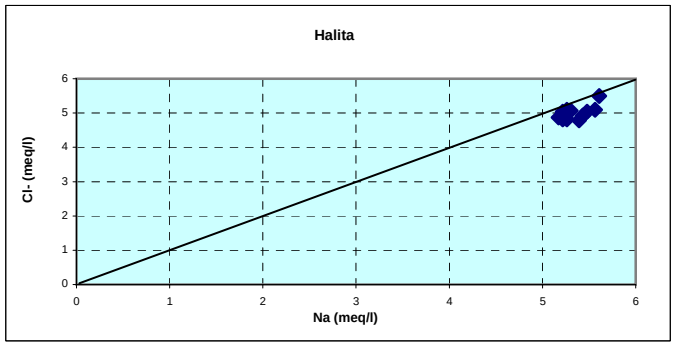


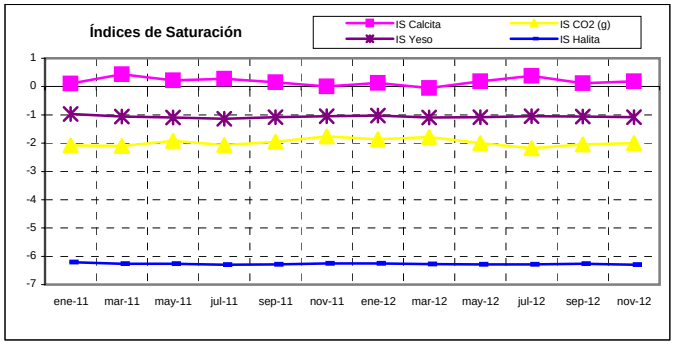
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 6 | **Nº de Registro** | 271540379 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T-CE contiuo. Multi vertical mensual |

## RELACIONES IÓNICAS



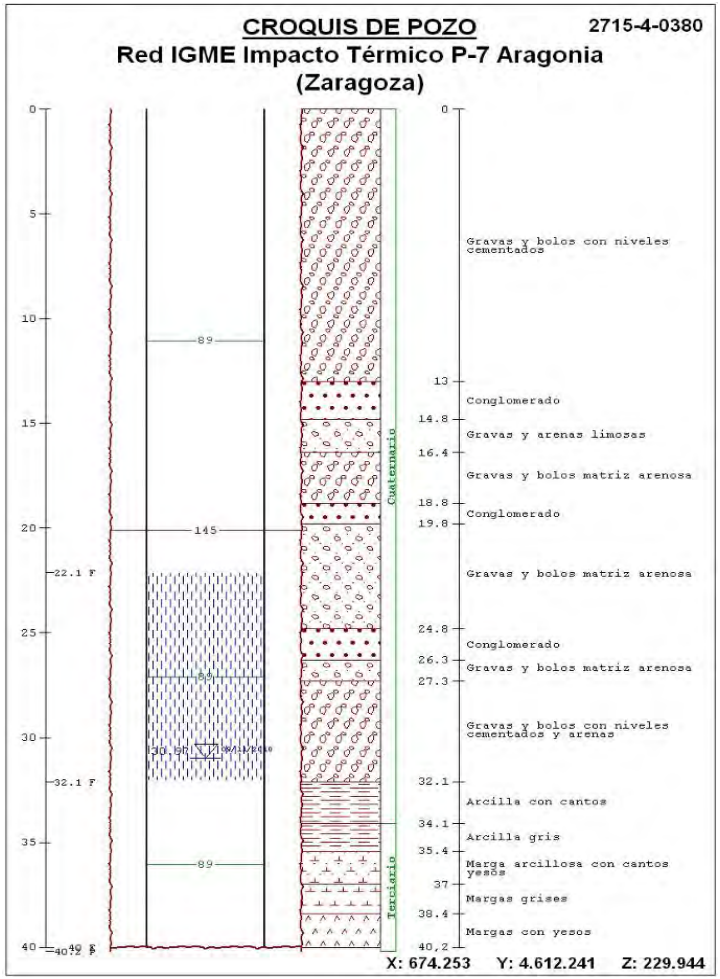



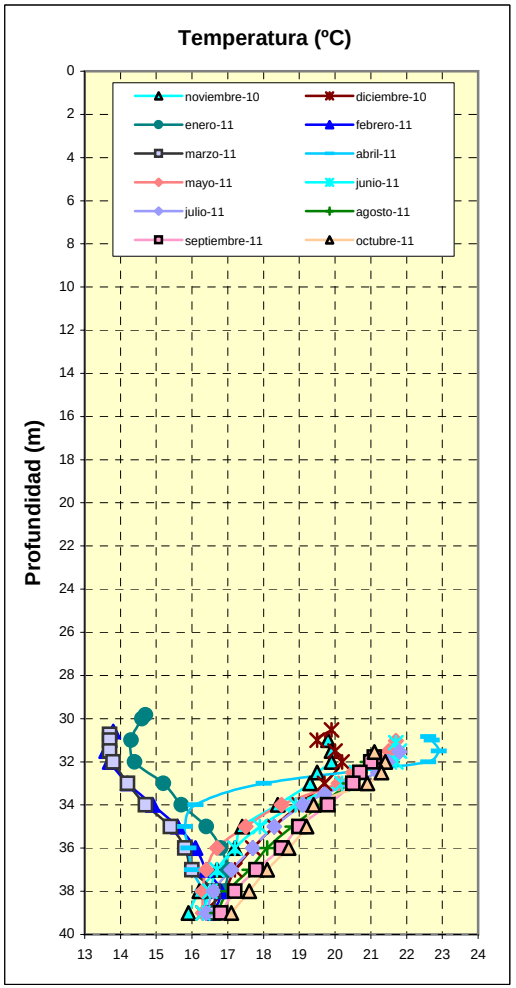



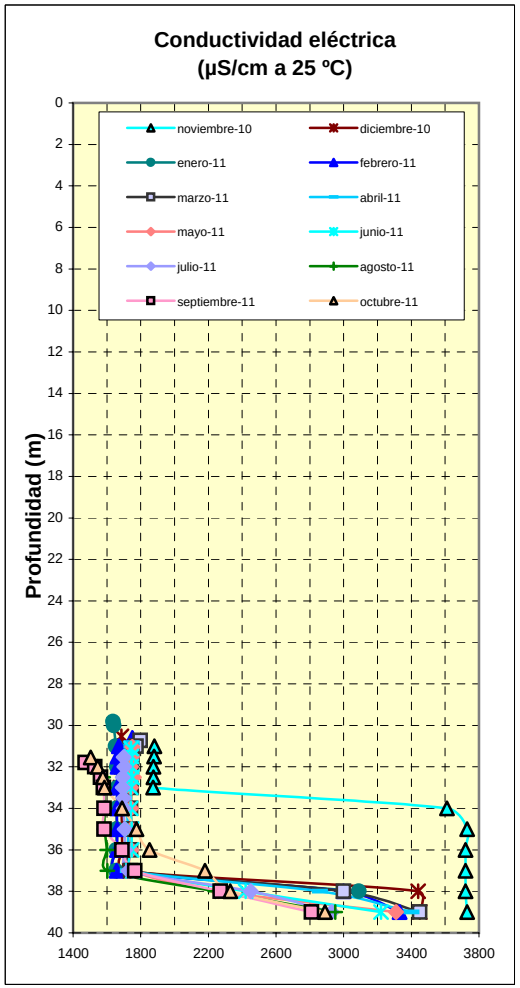



# RED DE CONTROL GEOTERMICA

| Nº Orden | 7 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia** |
| **Titular** | IGME |
| **X** | 674253 |
| **Y** | 4612241 |
| **Z** | 229,944 |
| **Nº de Registro** | 271540380 |
| **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 32 m profundidad |



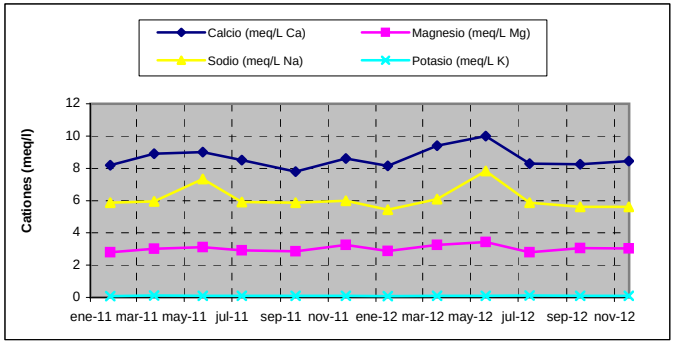



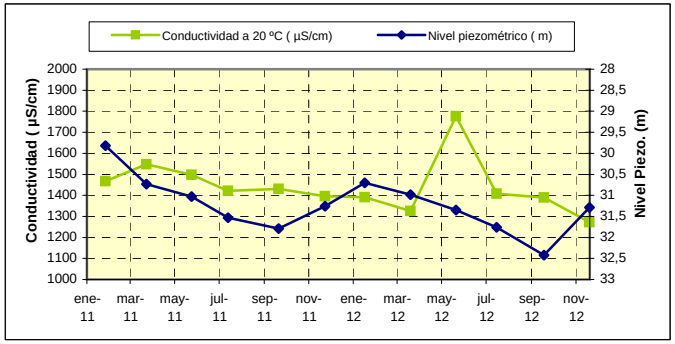



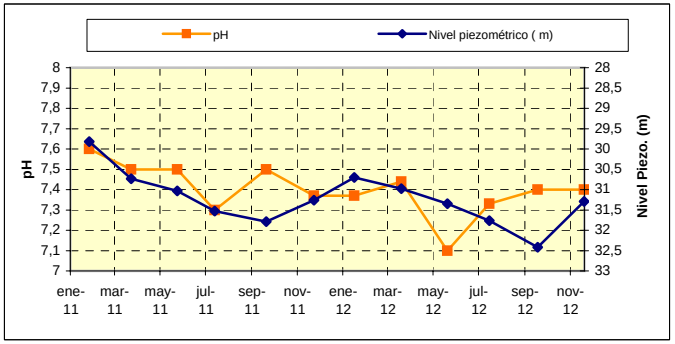
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

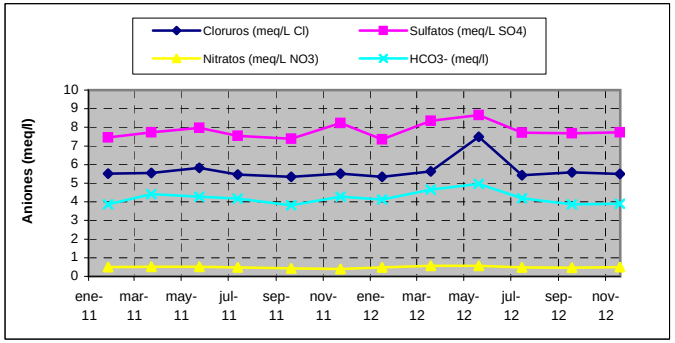
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 7 | **Nº de Registro** | 271540380 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

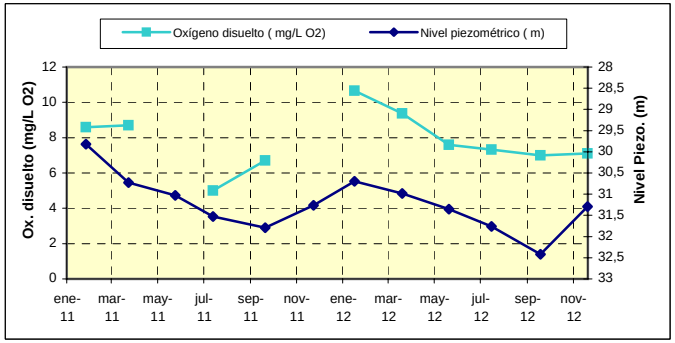
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

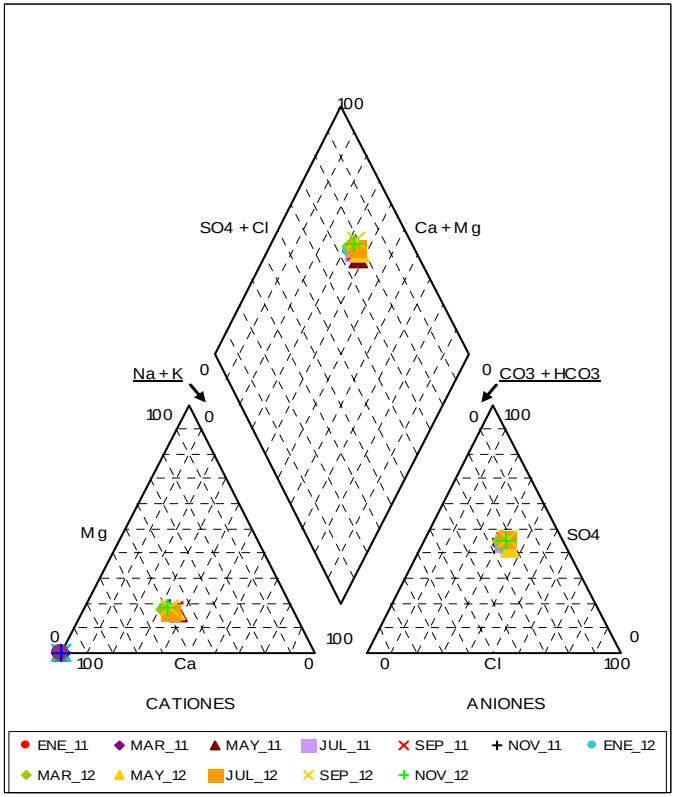


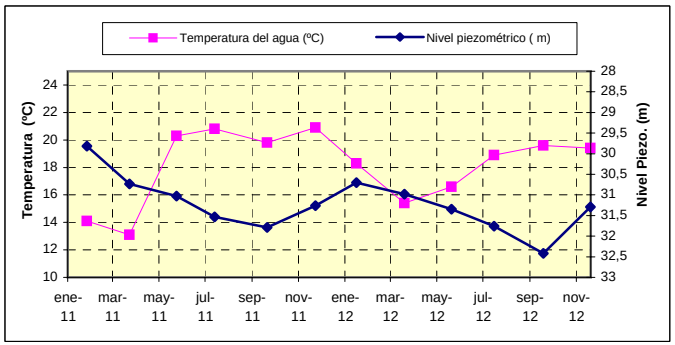



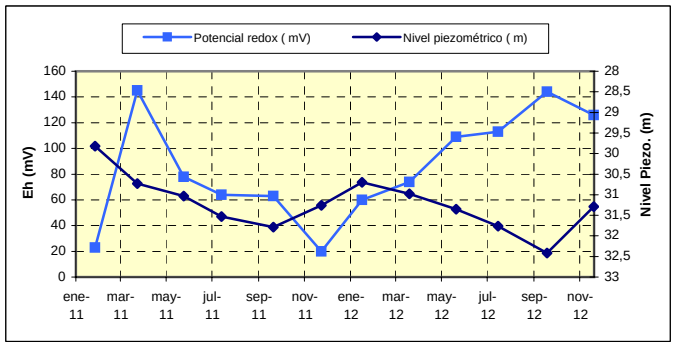




## PARÁMETROS IN SITU



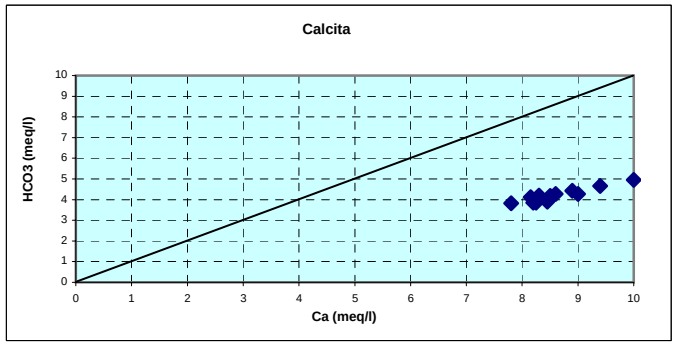



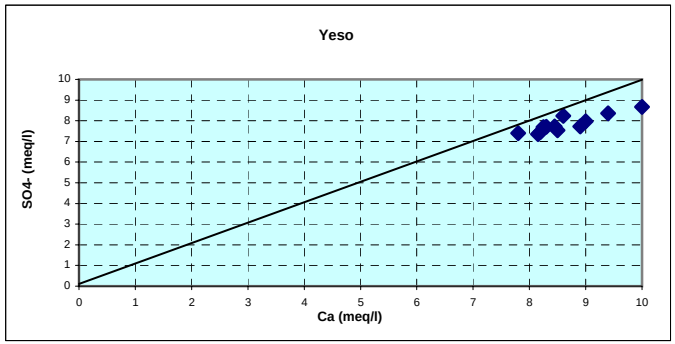
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

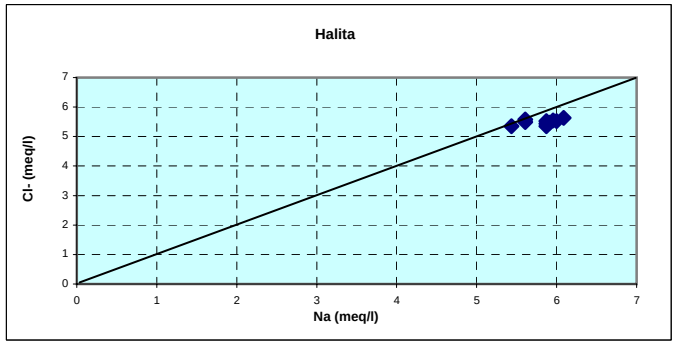


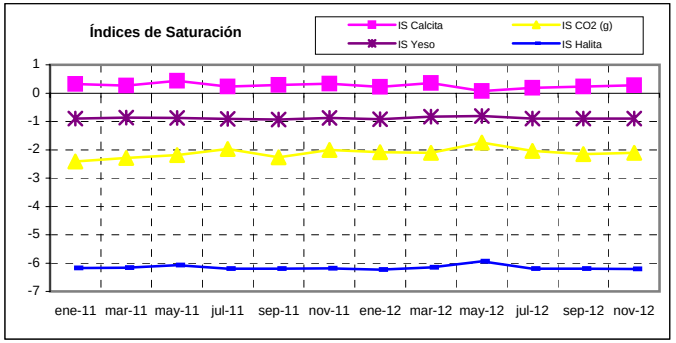
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 7 | **Nº de Registro** | 271540380 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

## RELACIONES IÓNICAS



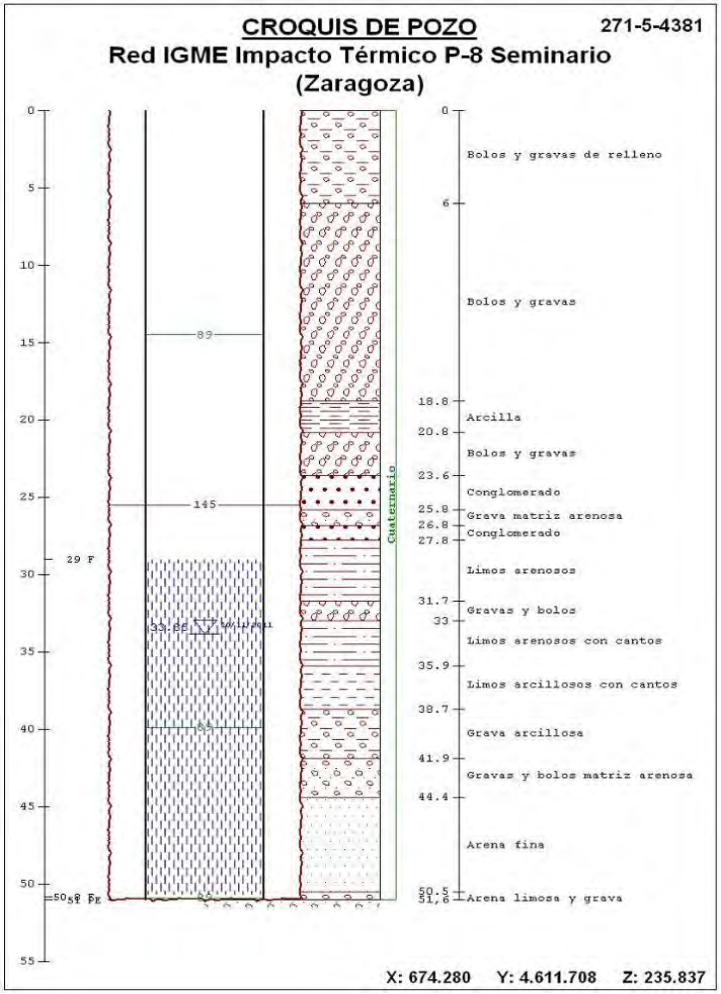



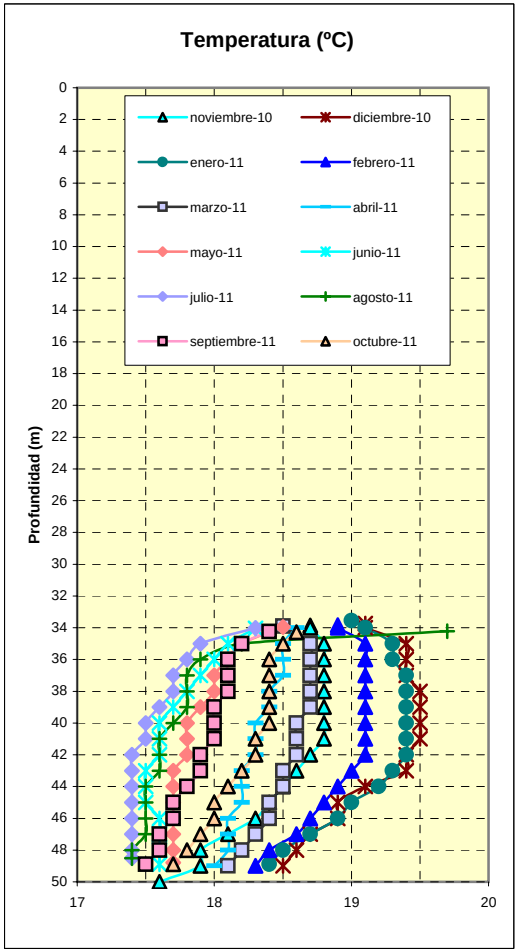



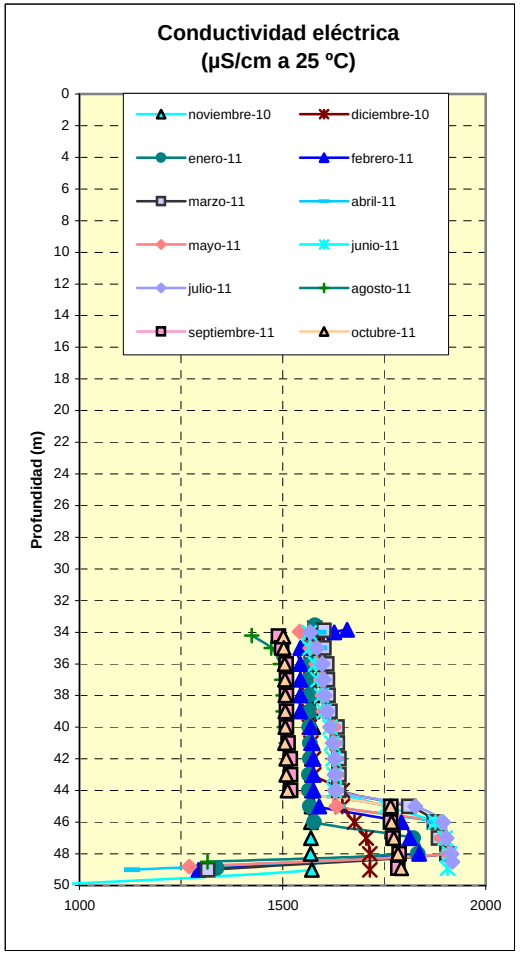
# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 8 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario** |
| **Titular** | IGME |
| **X** | 674280 |
| **Y** | 4611708 |
| **Z** | 235,837 |
| **Nº de Registro** | 271540381 |
| **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 40 m profundidad |



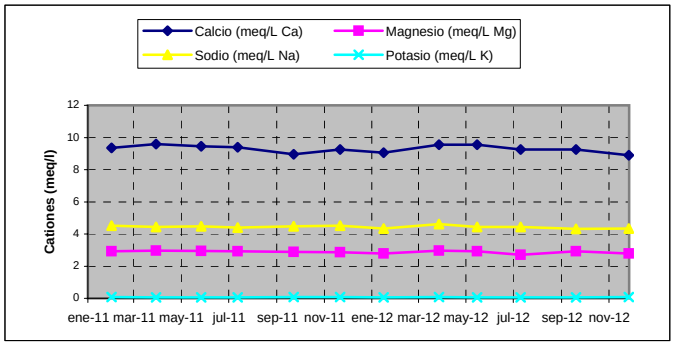



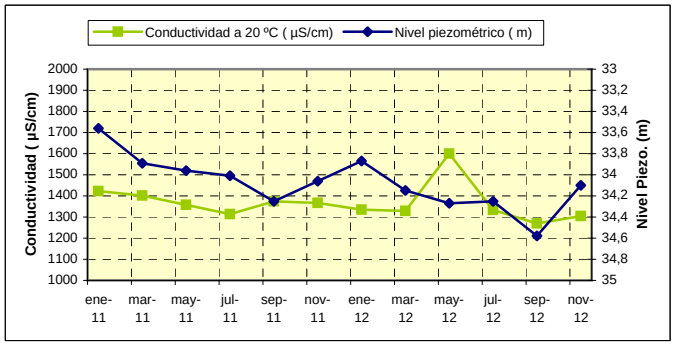



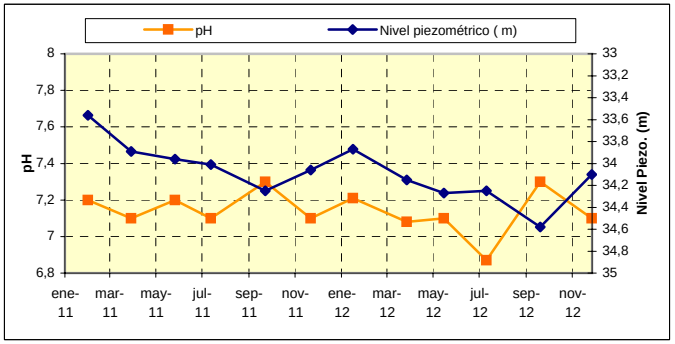
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

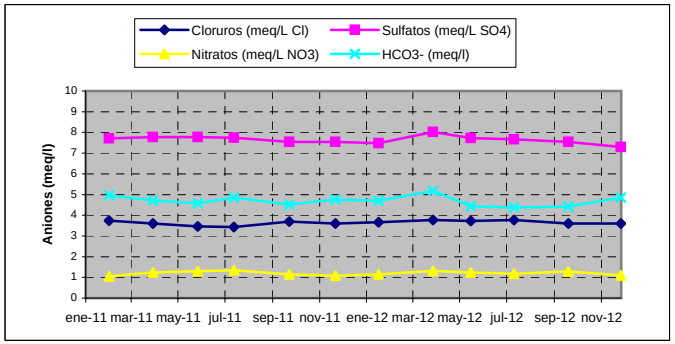
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 8 | **Nº de Registro** | 271540381 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

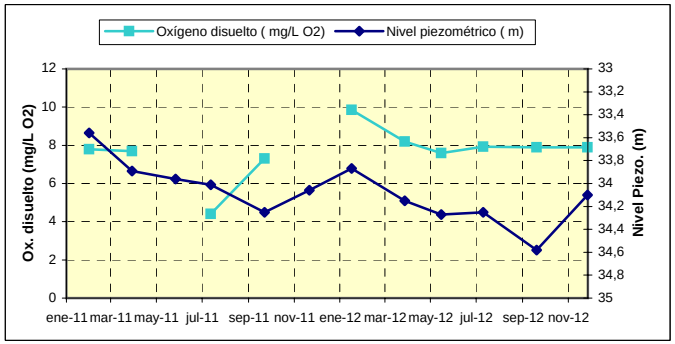
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

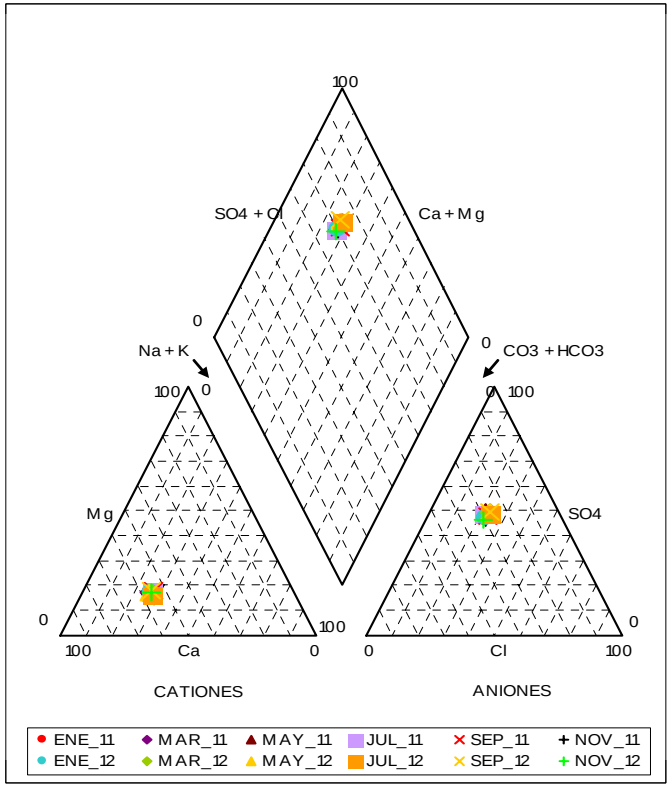


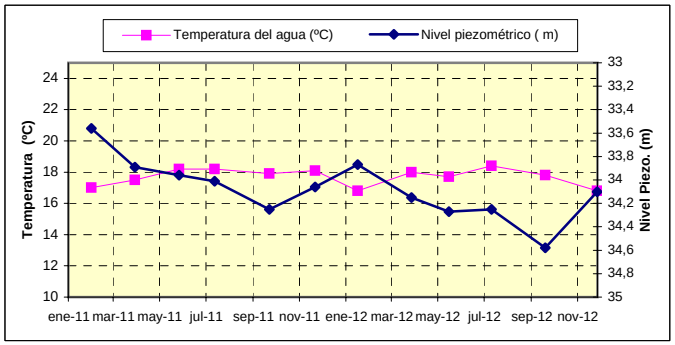



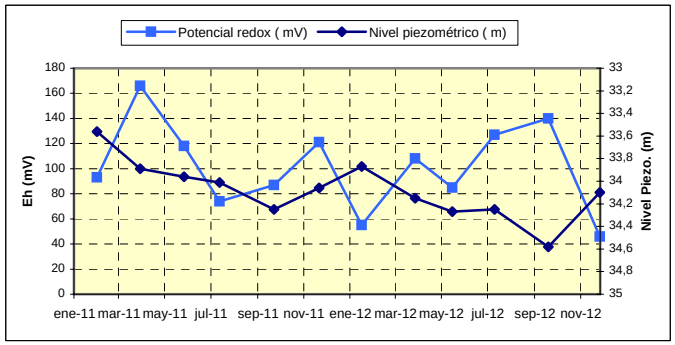




## PARÁMETROS IN SITU



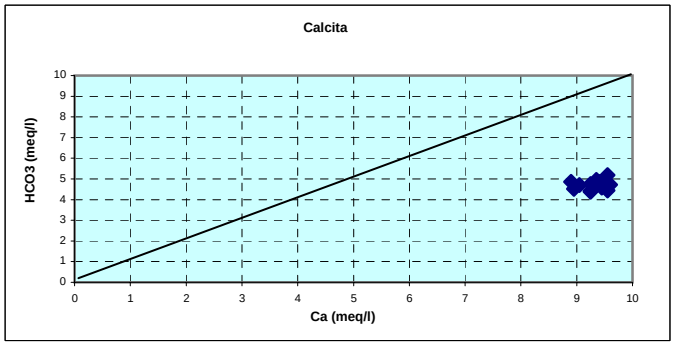



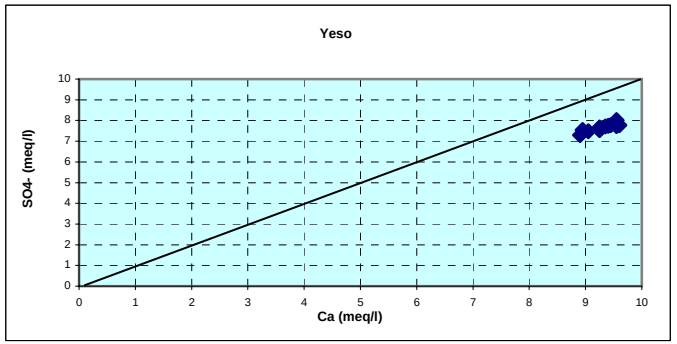
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

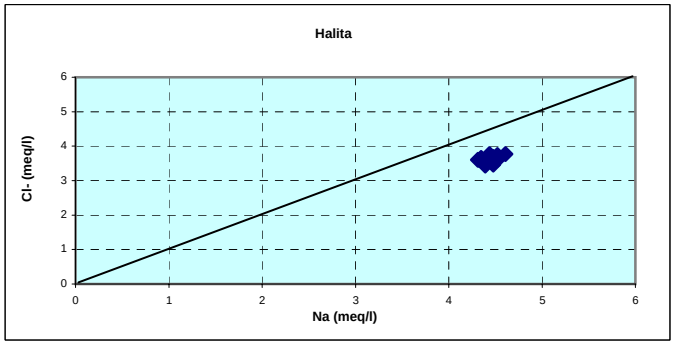


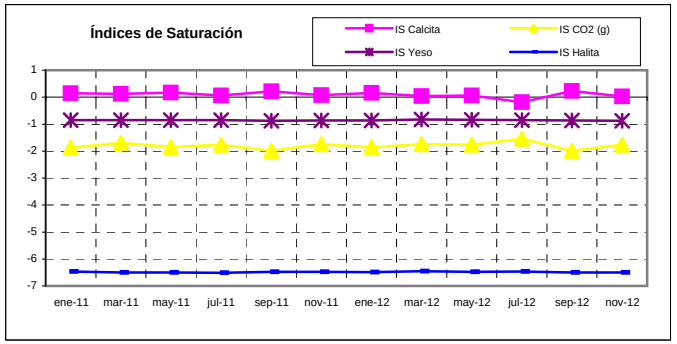
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 8 | **Nº de Registro** | 271540381 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

## RELACIONES IÓNICAS



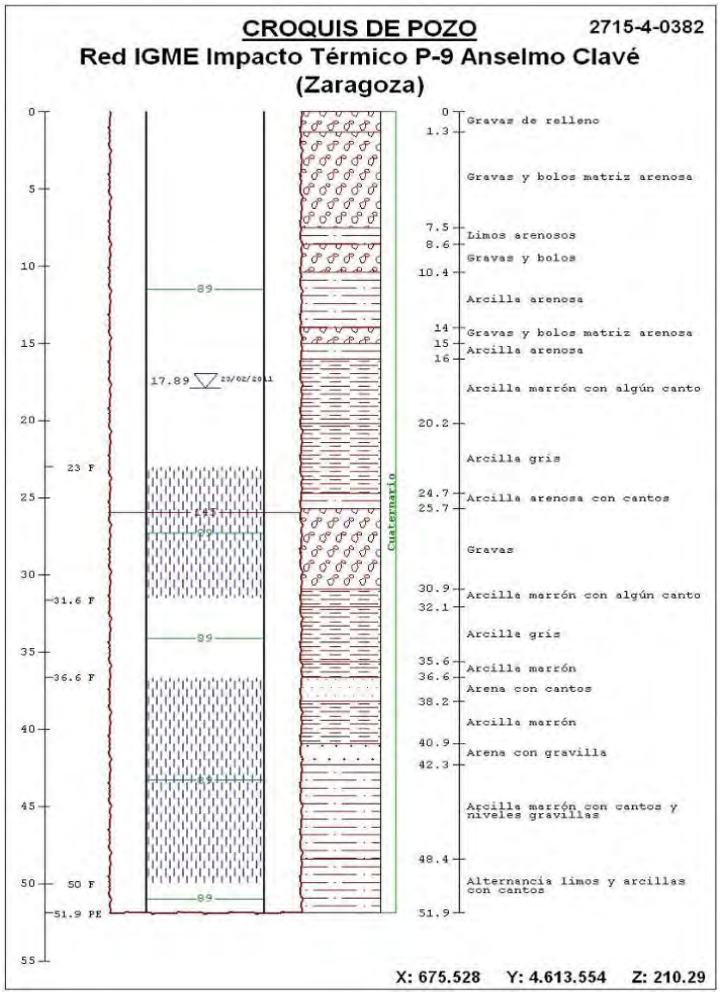



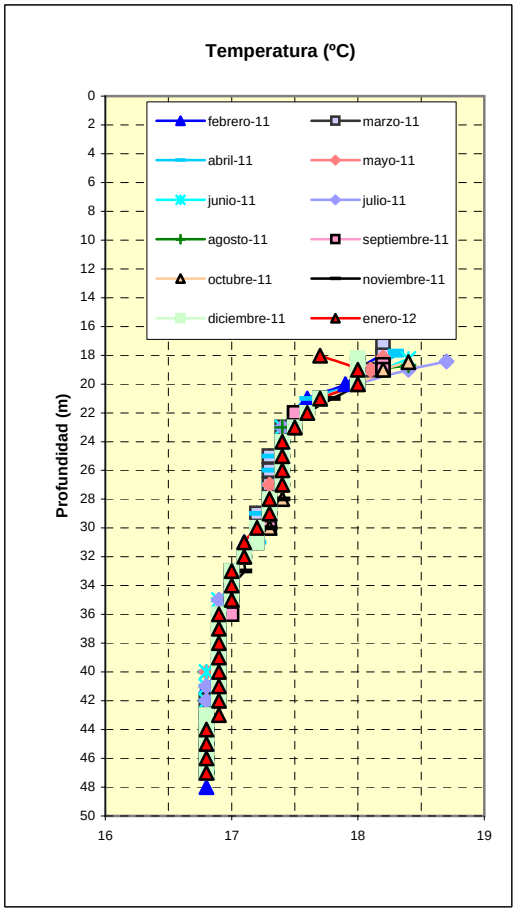



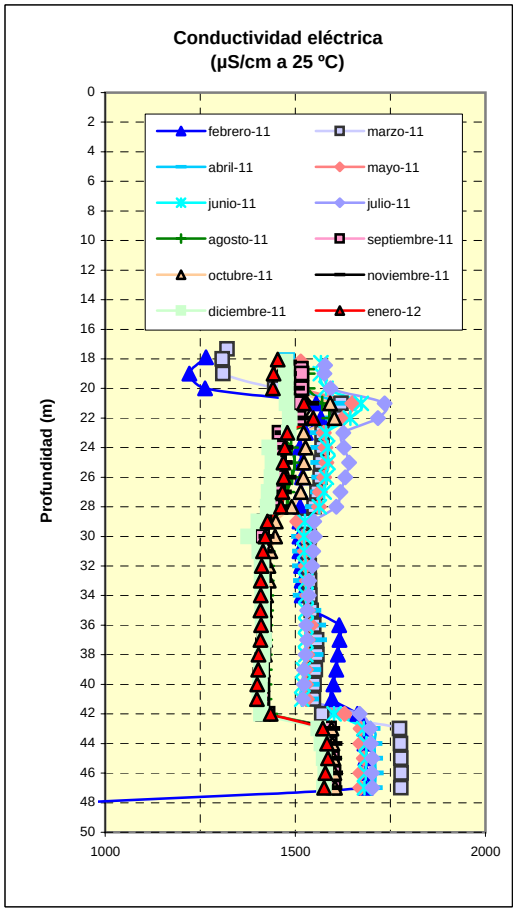
# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 9 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé** |
| **Titular** | IGME |
| **X** | 675528 |
| **Y** | 4613554 |
| **Z** | 210,29 |
| **Nº de Registro** | 271540382 |
| **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 27 m profundidad |



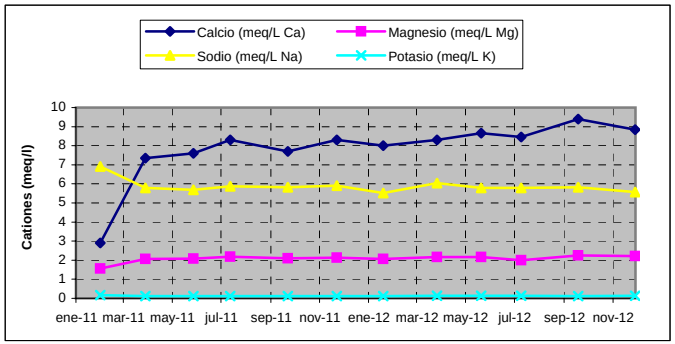



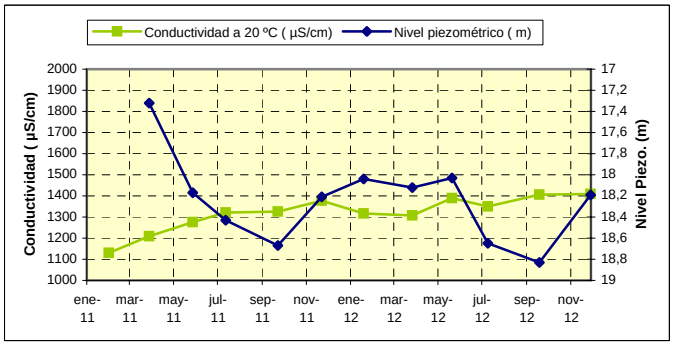



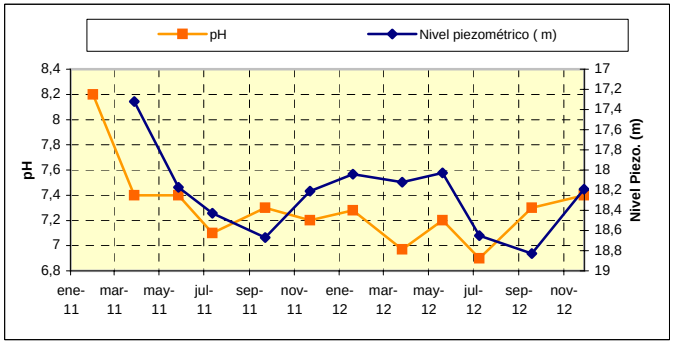
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

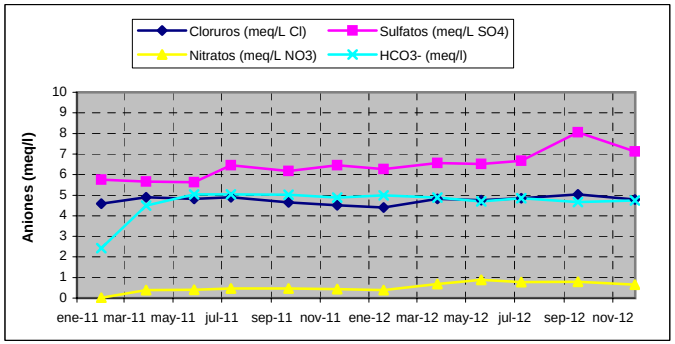
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 9 | **Nº de Registro** | 271540382 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

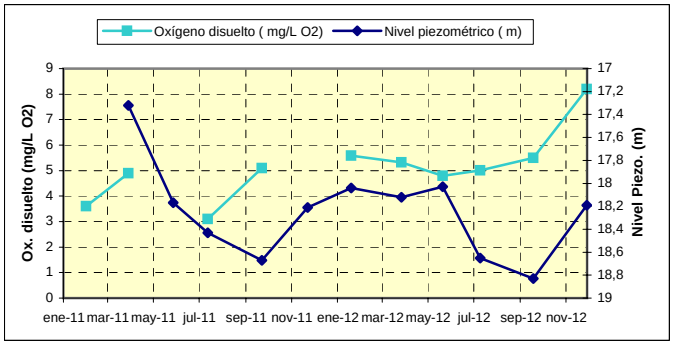
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

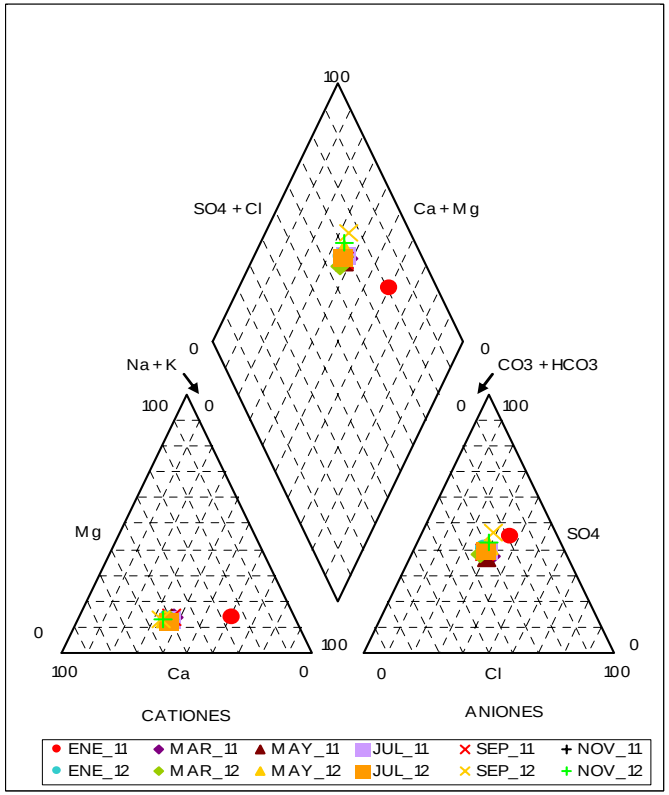


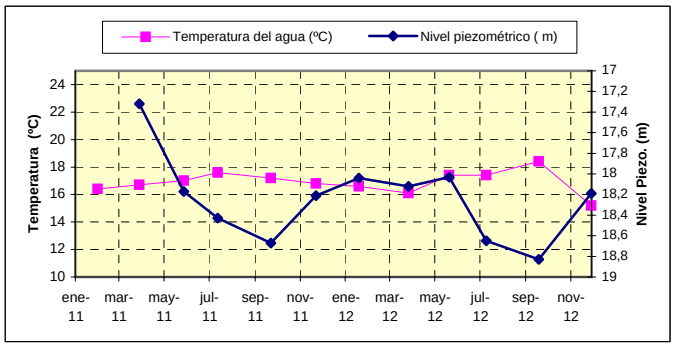



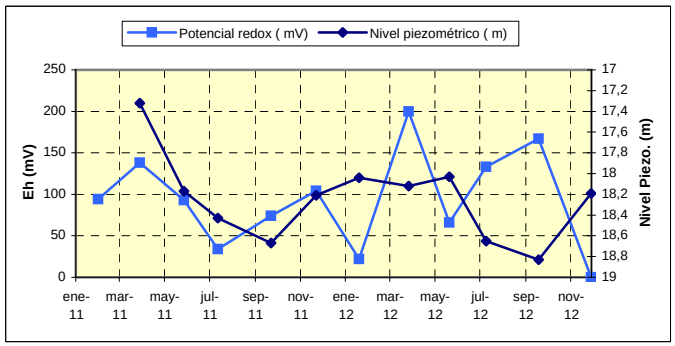




## PARÁMETROS IN SITU



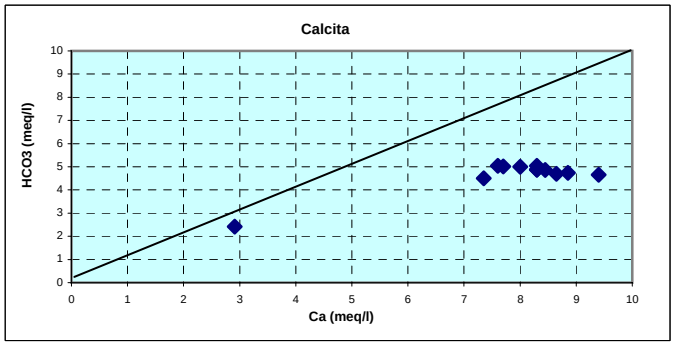



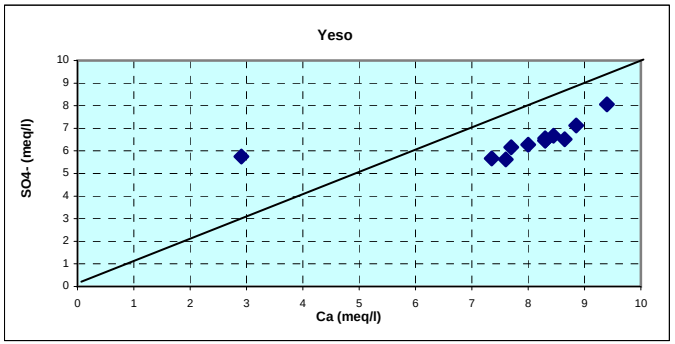
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

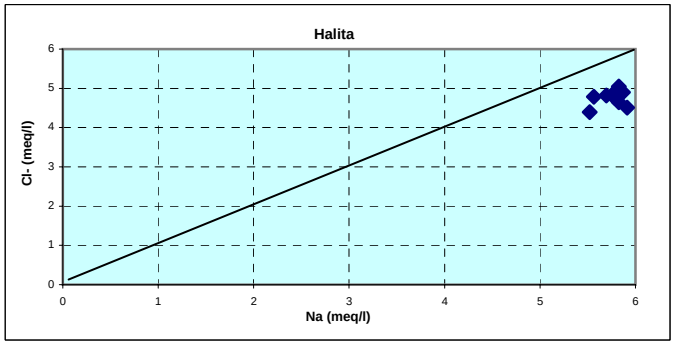


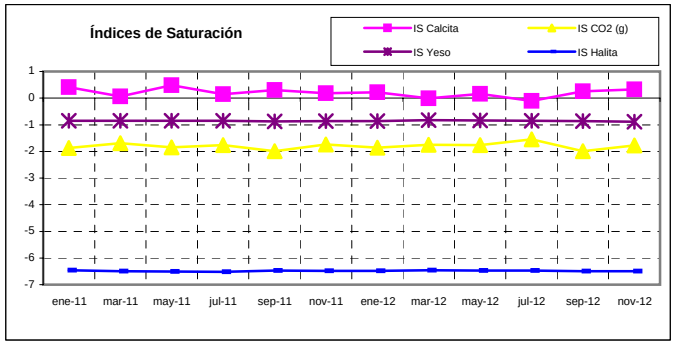
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 9 | **Nº de Registro** | 271540382 |
| **Toponimia** | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | **Frecuencia** | Bimensual. NP-T contiuo. Multi vertical mensual |

## RELACIONES IÓNICAS



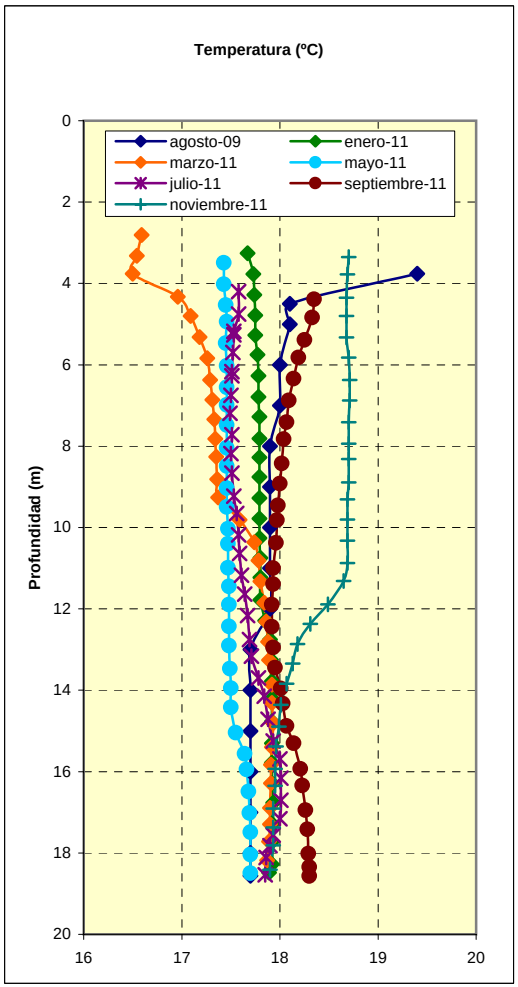



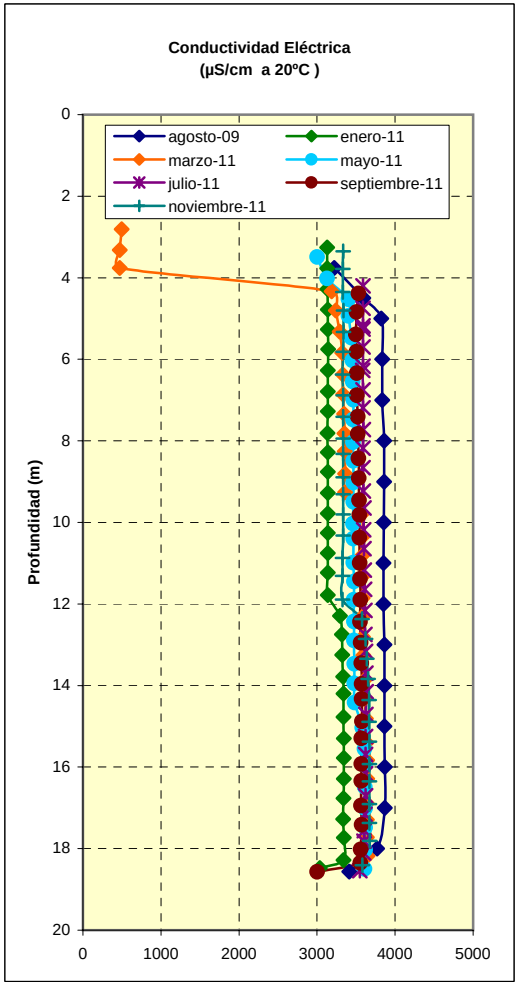



# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 10 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Parque del Tío Jorge (Gasolinera)** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 676760 |
| **Y** | 4615085 |
| **Z** | 193,831 |
| **Nº de Registro** | 271540383 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |



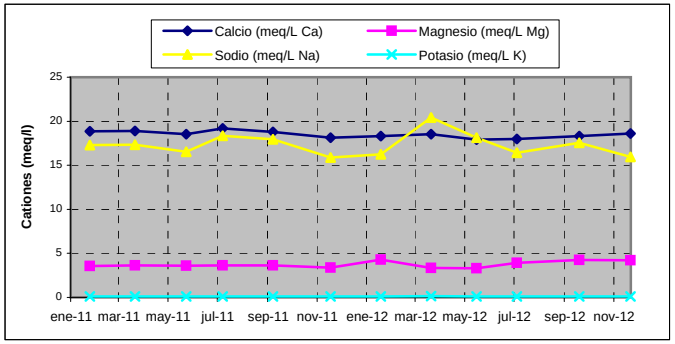



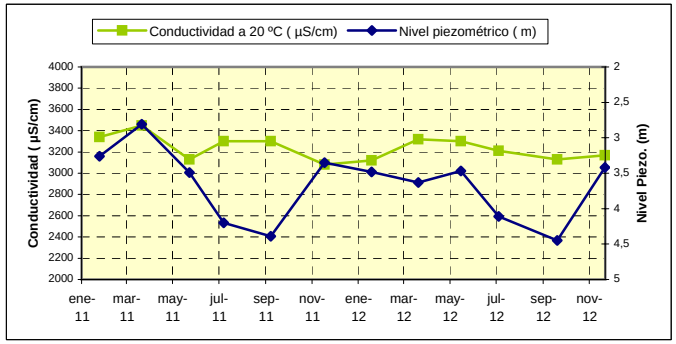
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

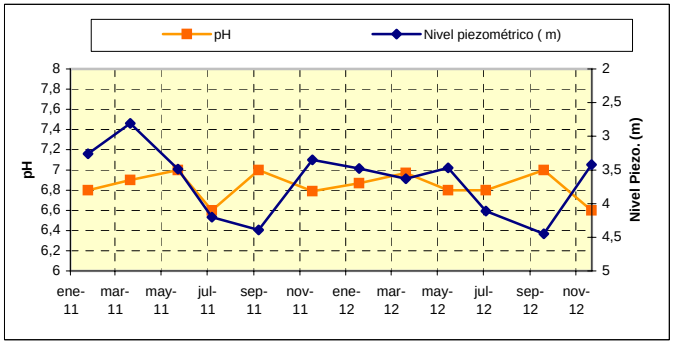


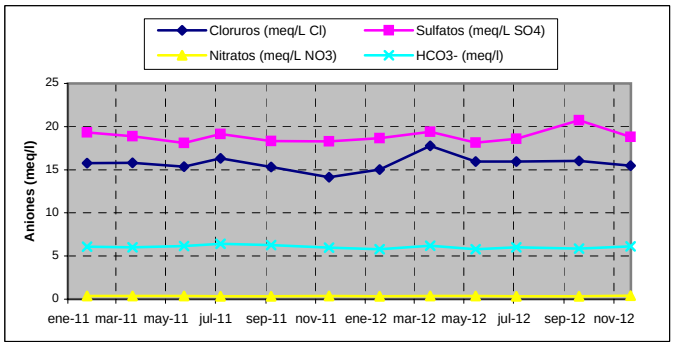
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 10 | **Nº de Registro** | 271540383 |
| **Toponimia** | Parque del Tío Jorge (Gasolinera) | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

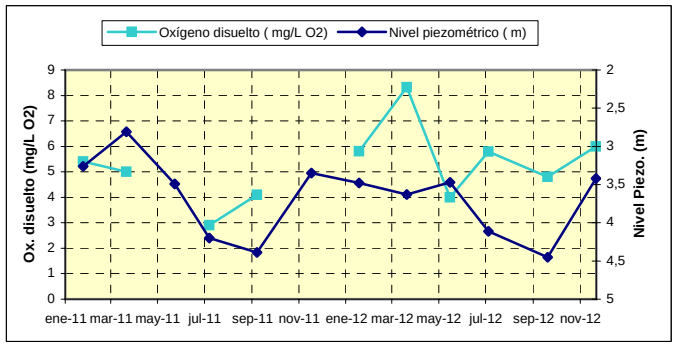
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

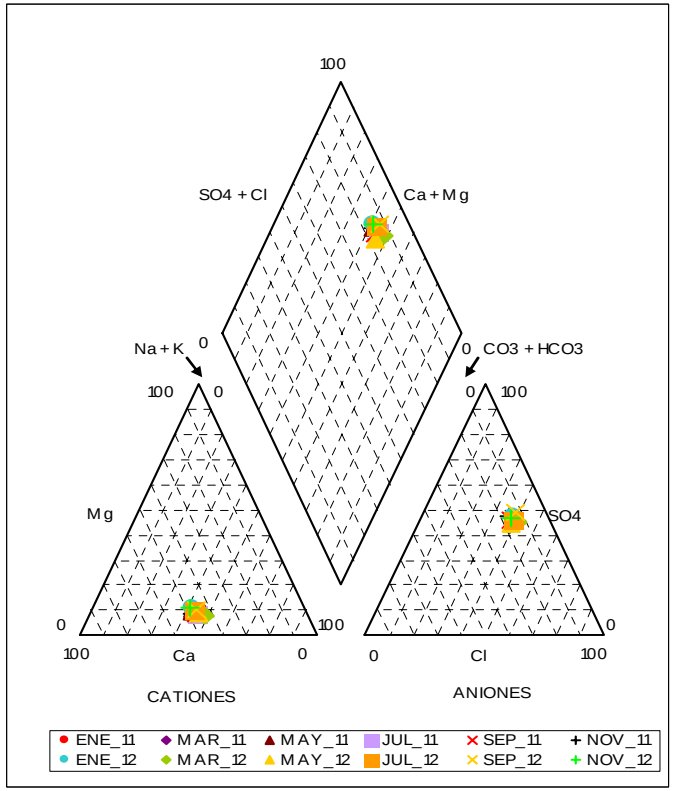


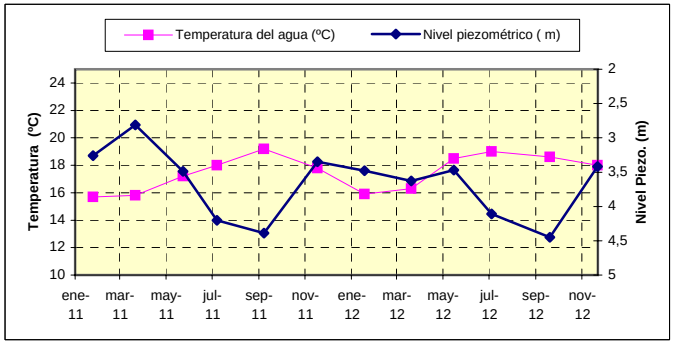



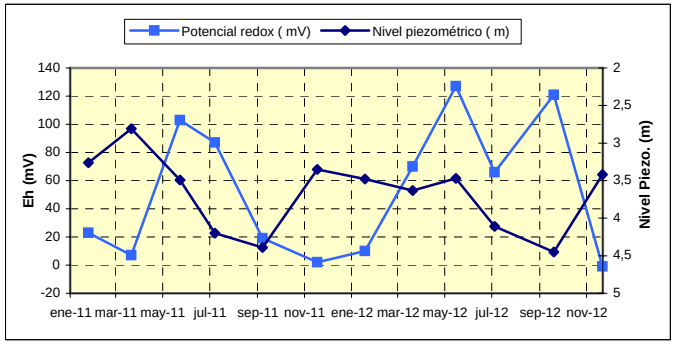




## PARÁMETROS IN SITU



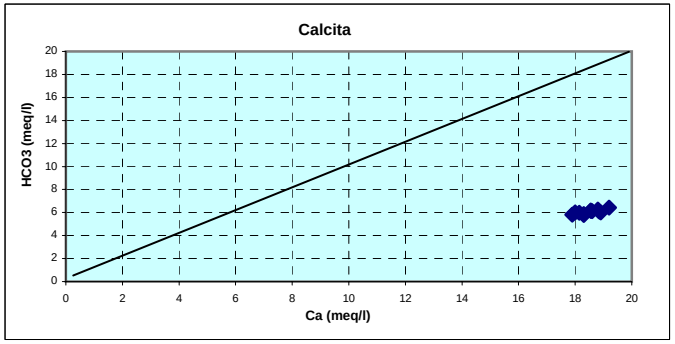



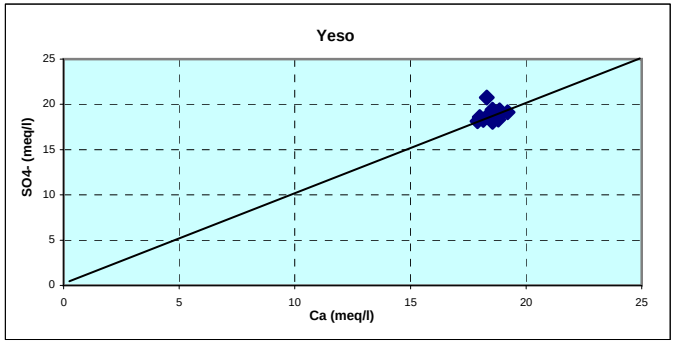
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

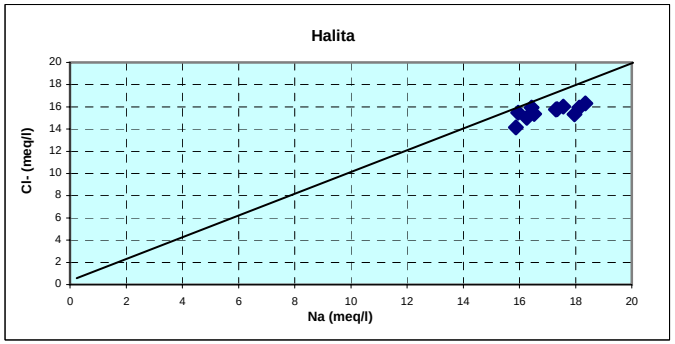


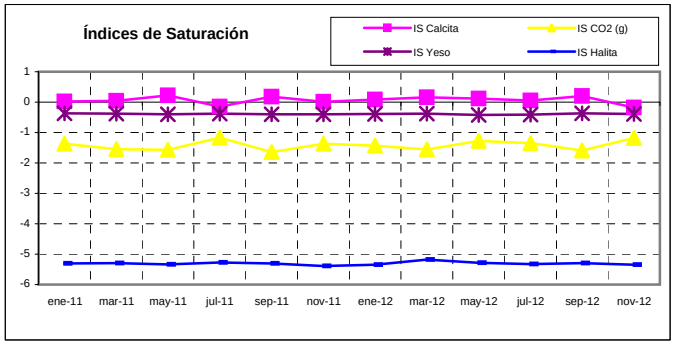
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 10 | **Nº de Registro** | 271540383 |
| **Toponimia** | Parque del Tío Jorge (Gasolinera) | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



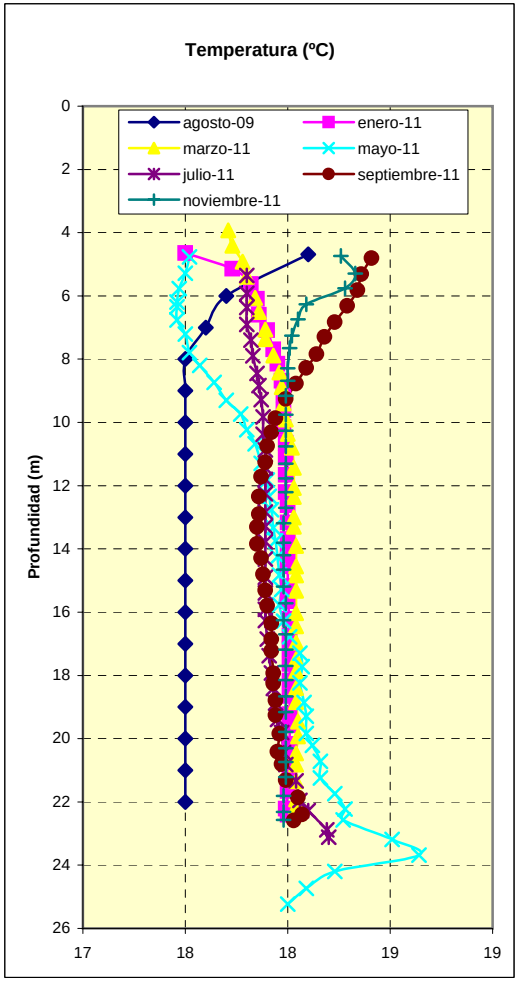



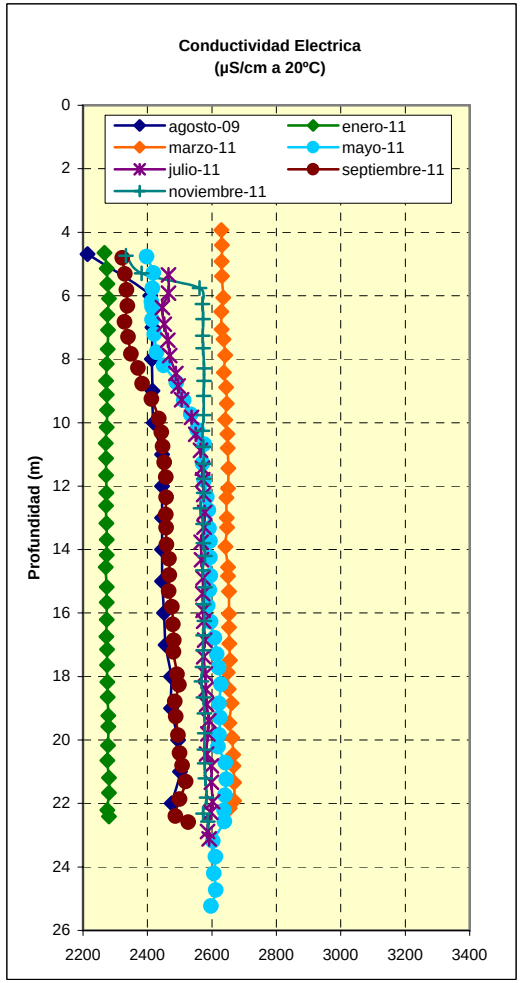



# RED DE CONTROL GEOTERMICA

| Nº Orden | 11 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Parque de Oriente** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 678381 |
| **Y** | 4614034 |
| **Z** | 193,776 |
| **Nº de Registro** | 271540208 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Aspersor riego |

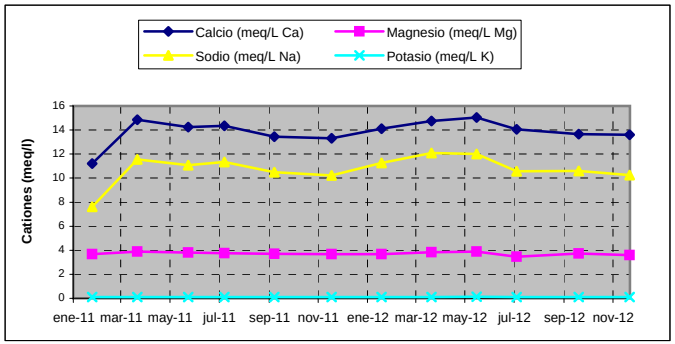


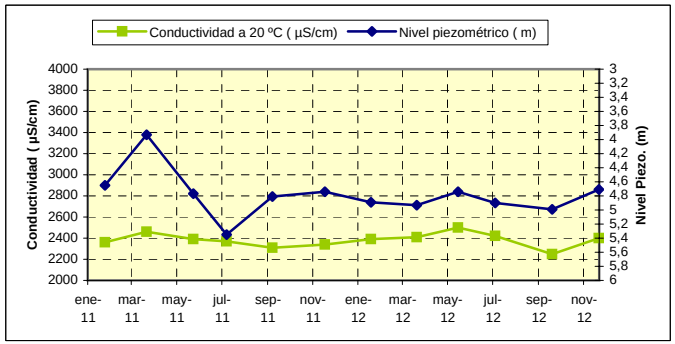



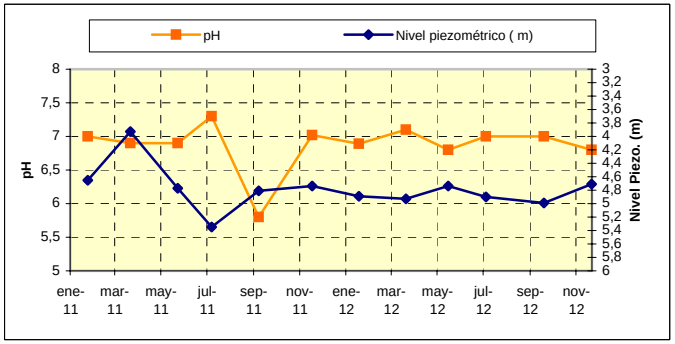
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

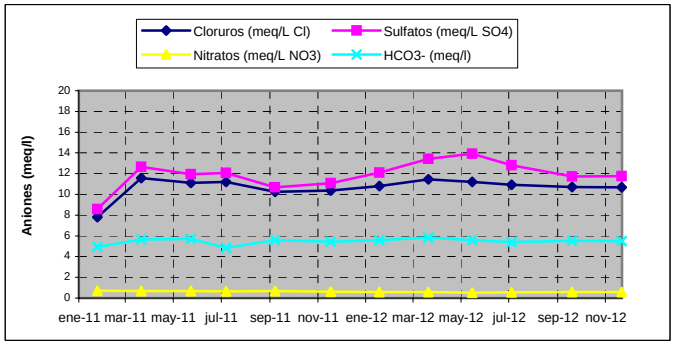
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 11 | **Nº de Registro** | 271540208 |
| **Toponimia** | Parque de Oriente | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

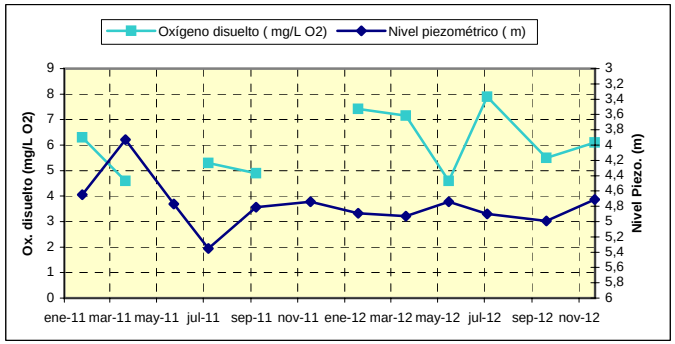
## ELEMENTOS MAYORITARIOS



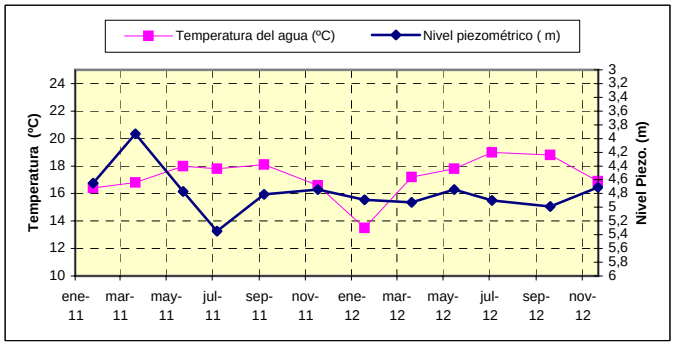



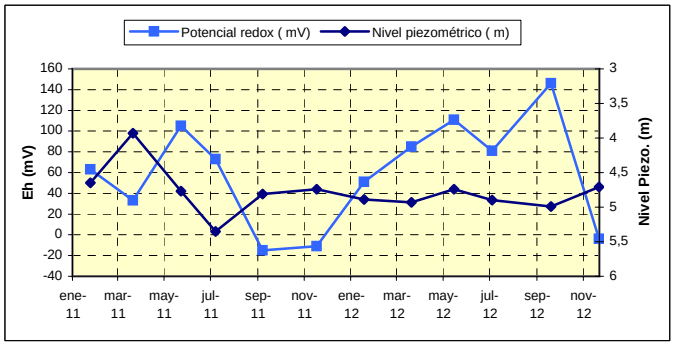



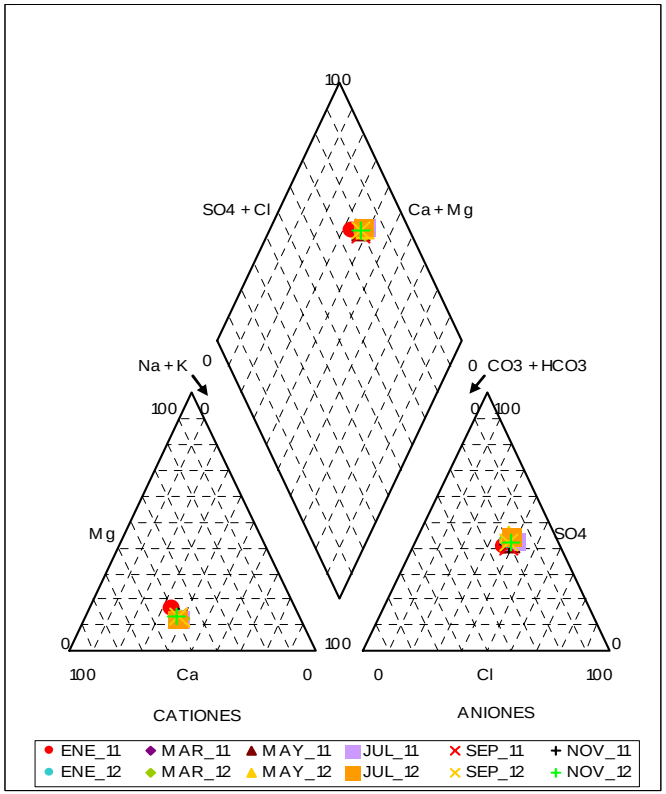




## PARÁMETROS IN SITU



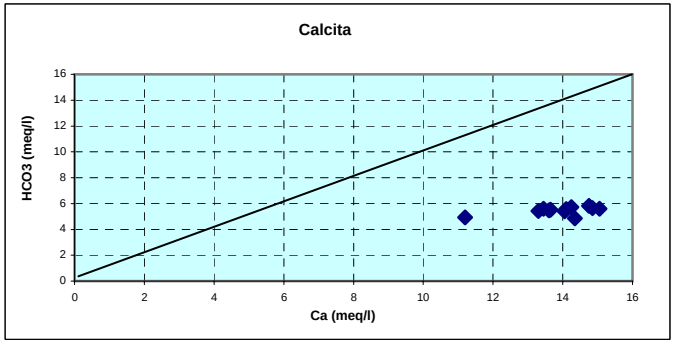



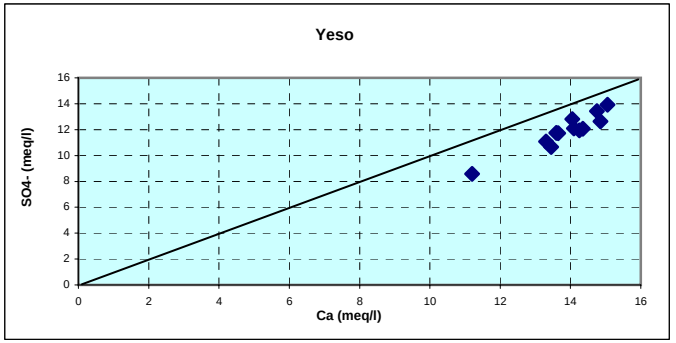
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

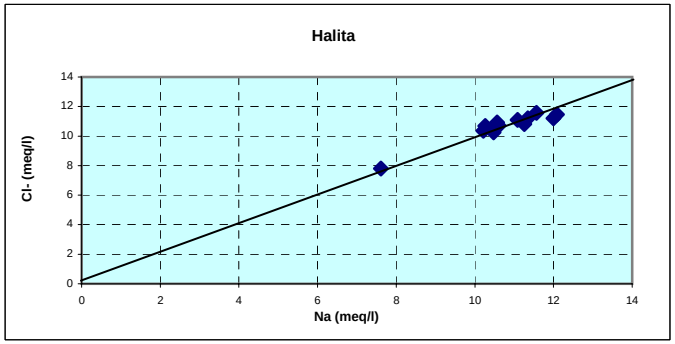


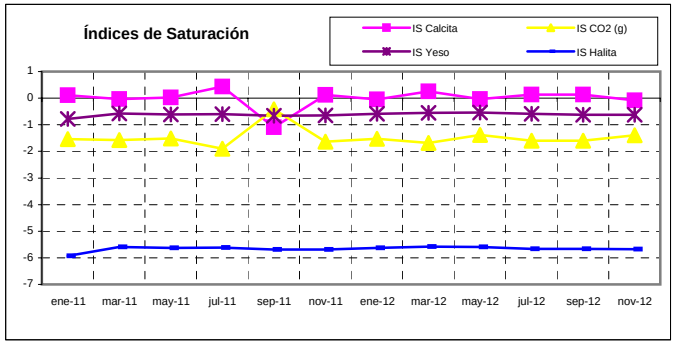
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 11 | **Nº de Registro** | 271540208 |
| **Toponimia** | Parque de Oriente | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



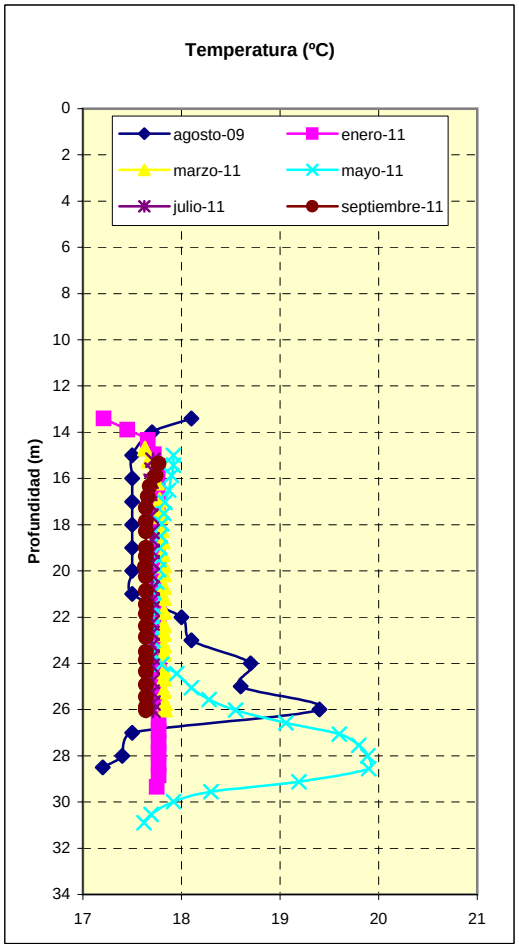



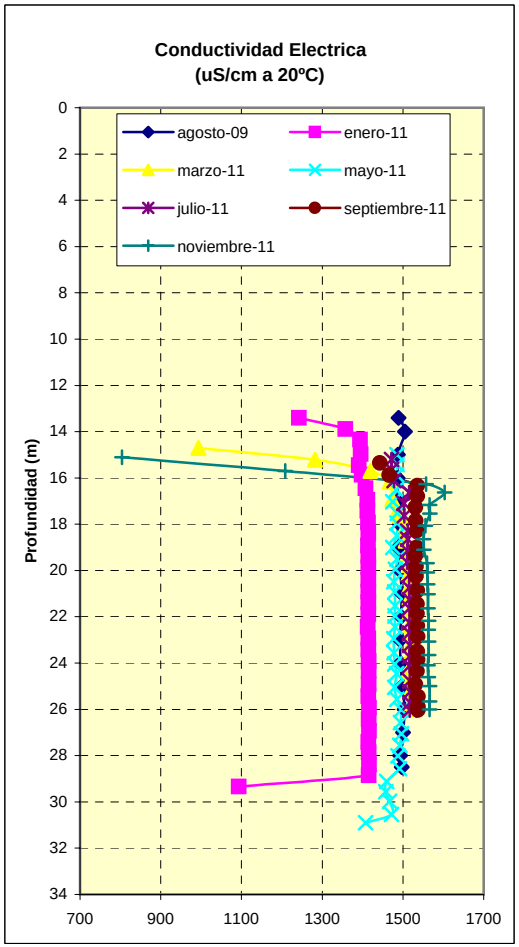



# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 12 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Parque Miraflores** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 676758 |
| **Y** | 4612351 |
| **Z** | 205,804 |
| **Nº de Registro** | 271540291 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Aspersor riego o botella tomamuestras a 20 m |

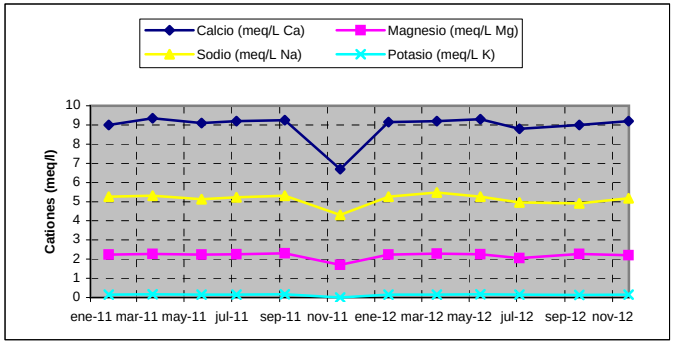


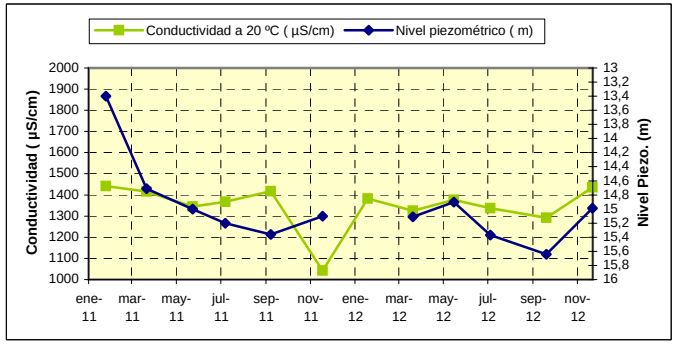



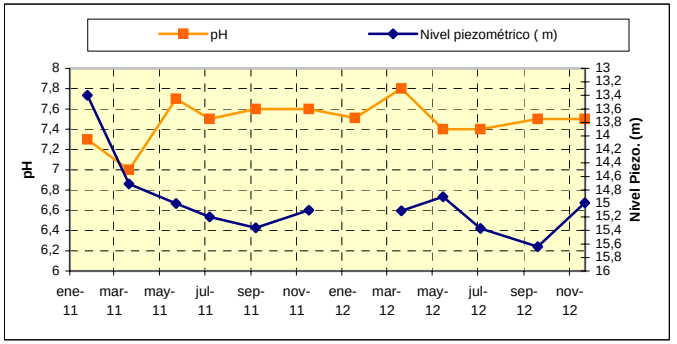
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

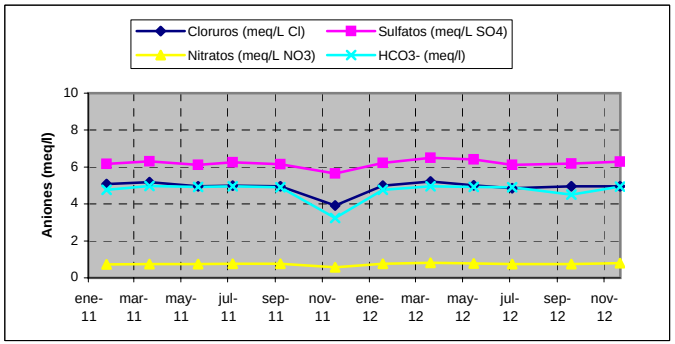
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 12 | **Nº de Registro** | 271540291 |
| **Toponimia** | Parque Miraflores | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

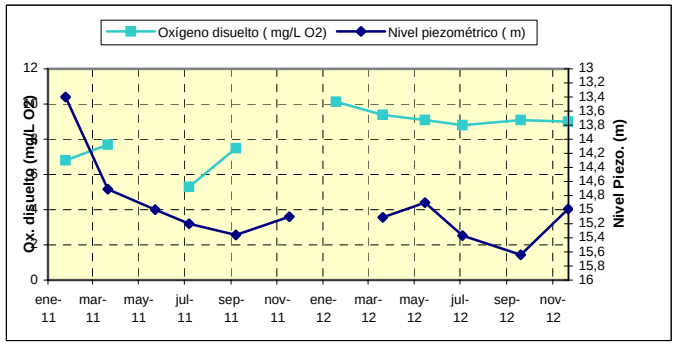
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

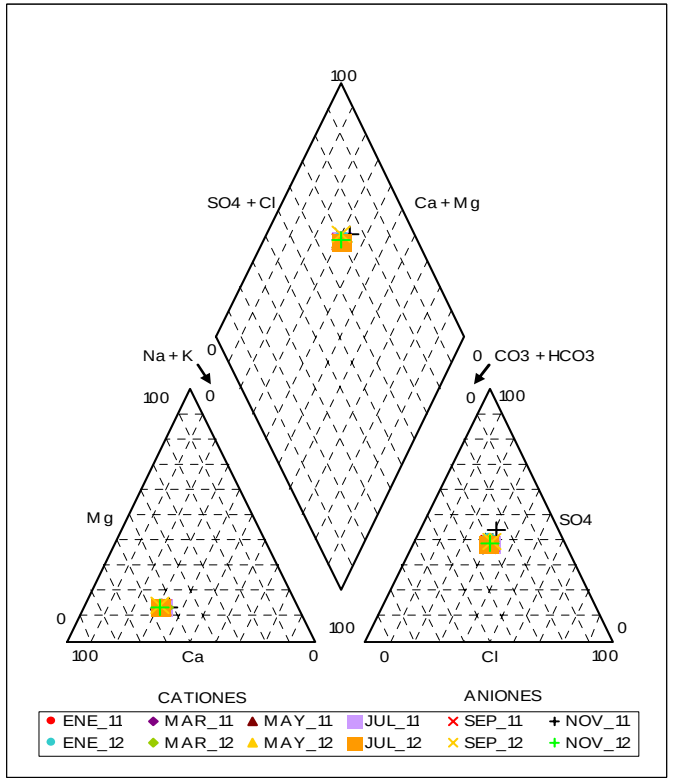


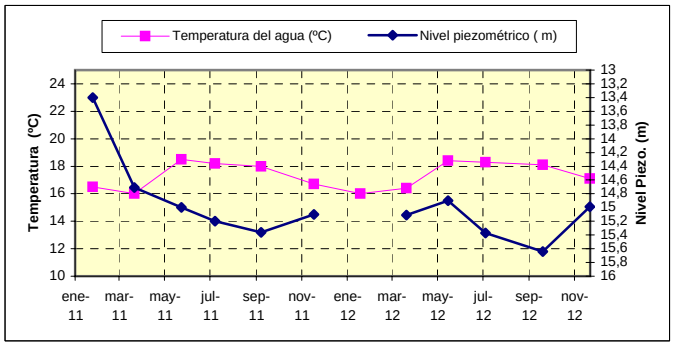



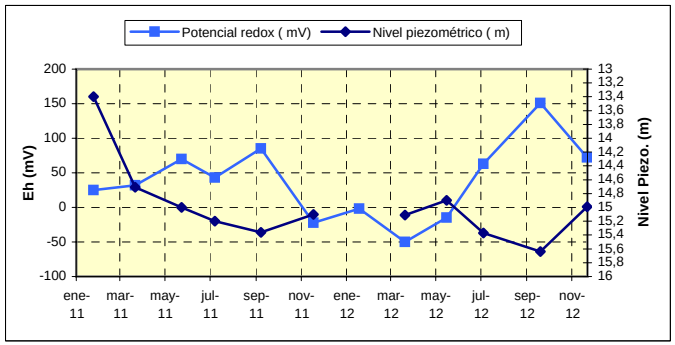




## PARÁMETROS IN SITU



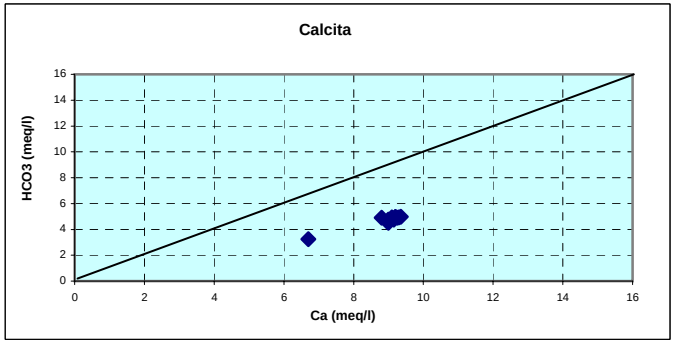



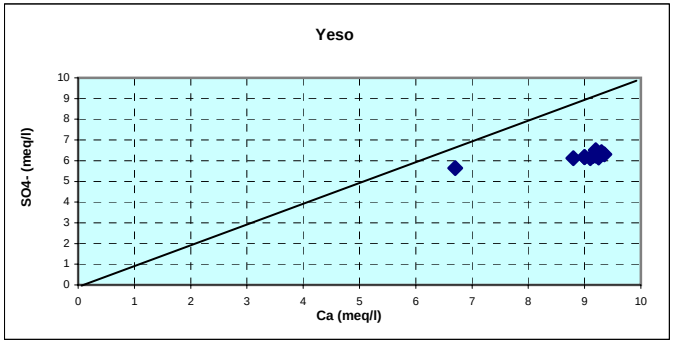
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

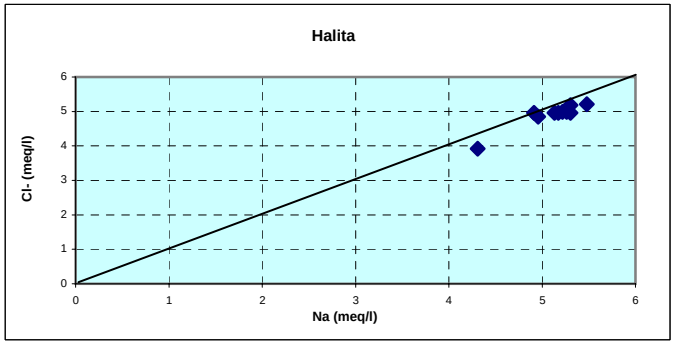


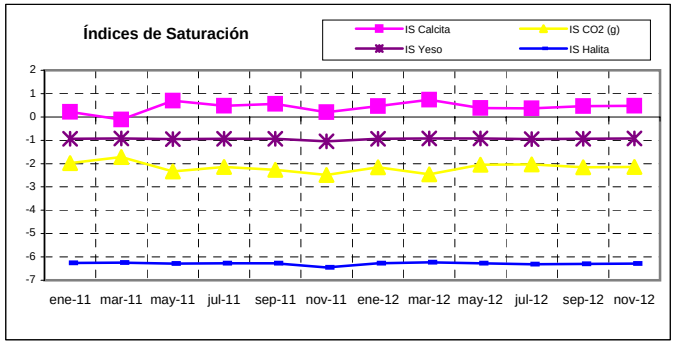
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 12 | **Nº de Registro** | 271540291 |
| **Toponimia** | Parque Miraflores | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



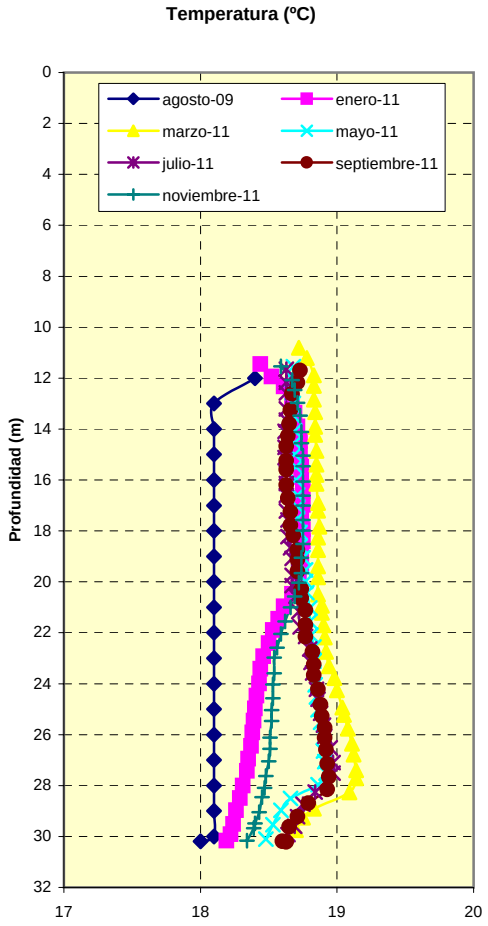



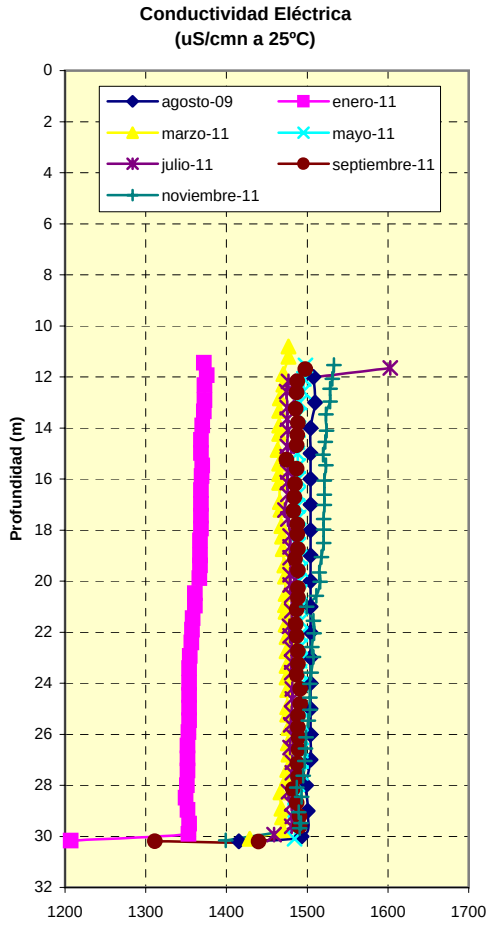



# RED DE CONTROL GEOTERMICA

| Nº Orden | 13 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Parque de las Glorientas de Goya** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 677612 |
| **Y** | 4613077 |
| **Z** | 201,022 |
| **Nº de Registro** | 271540288 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Aspersor riego o botella tomamuestras a 15 m |

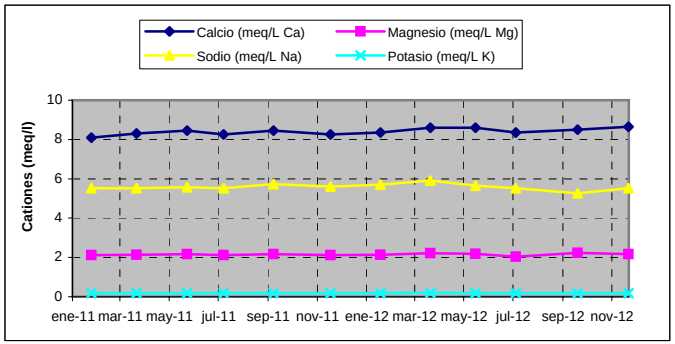


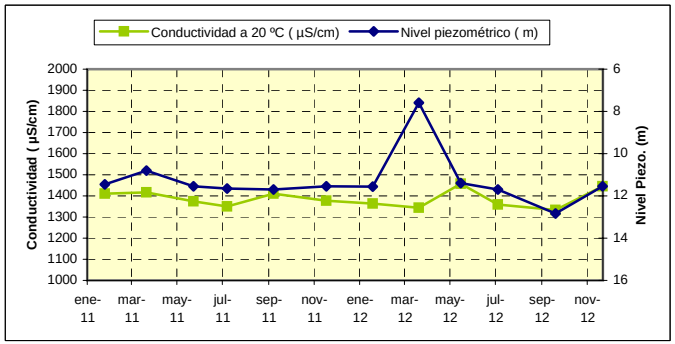



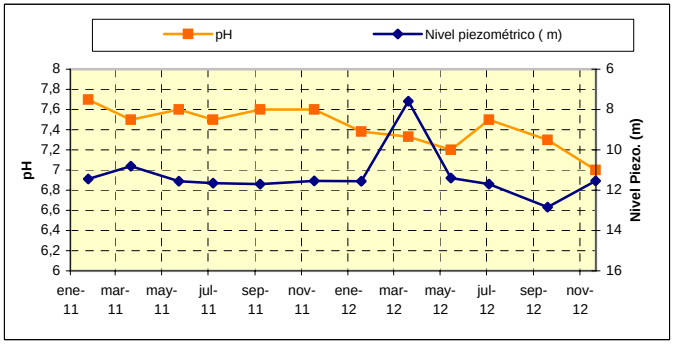
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

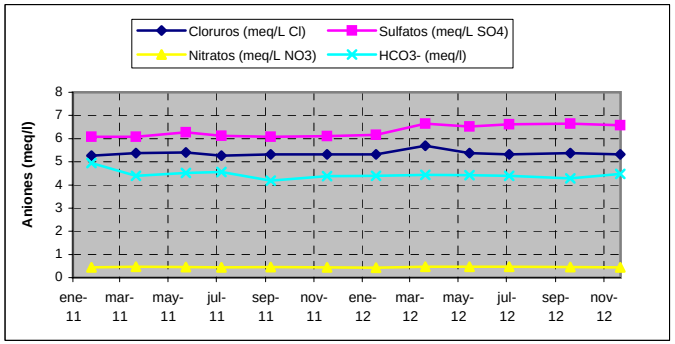
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 13 | **Nº de Registro** | 271540288 |
| **Toponimia** | Parque de las Glorientas de Goya | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

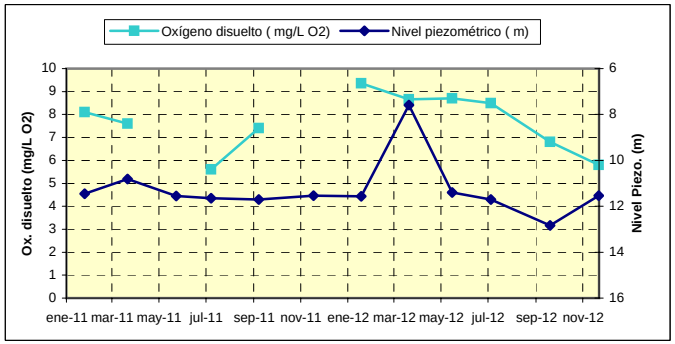
## ELEMENTOS MAYORITARIOS



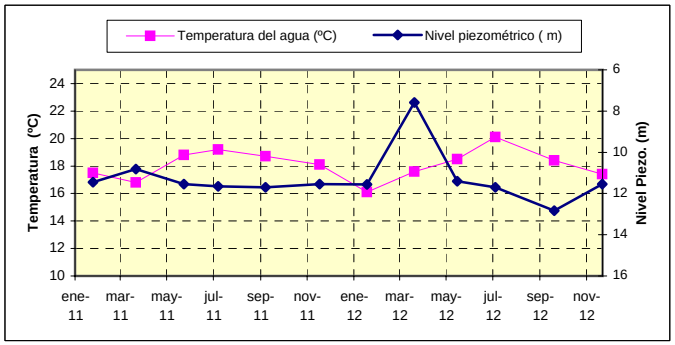



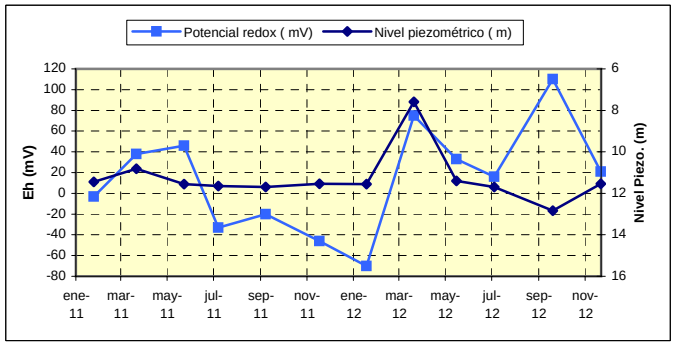



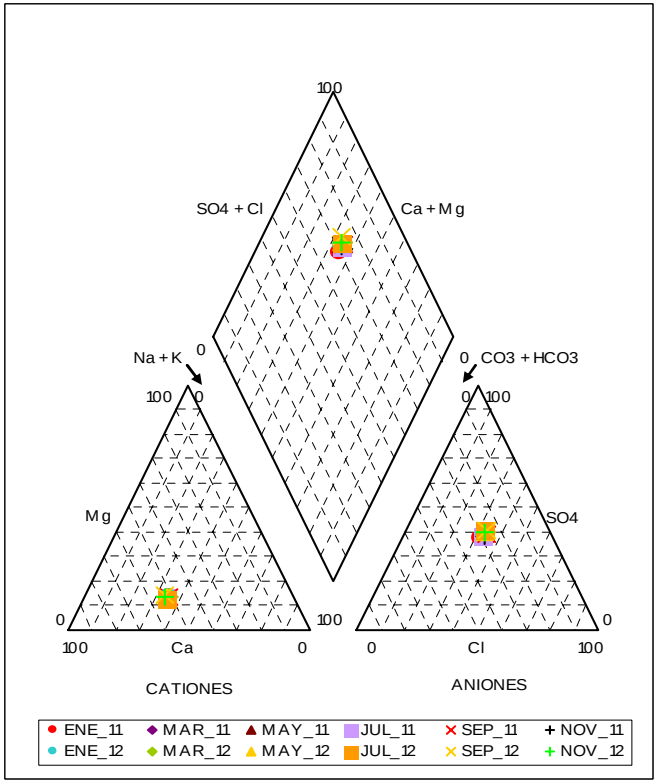




## PARÁMETROS IN SITU



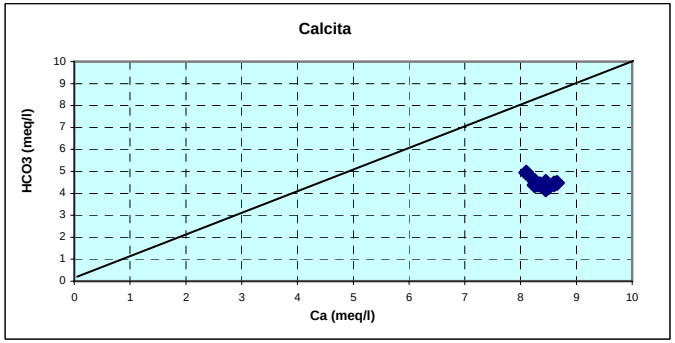



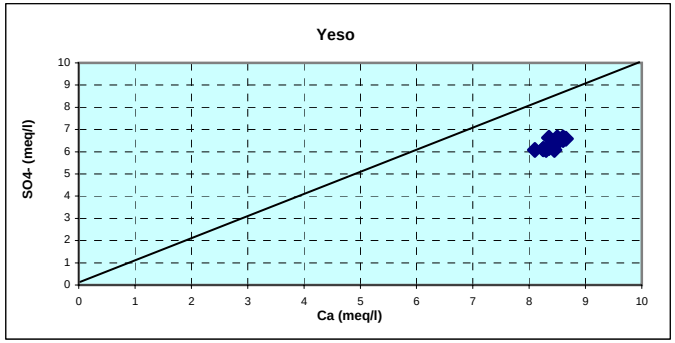
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

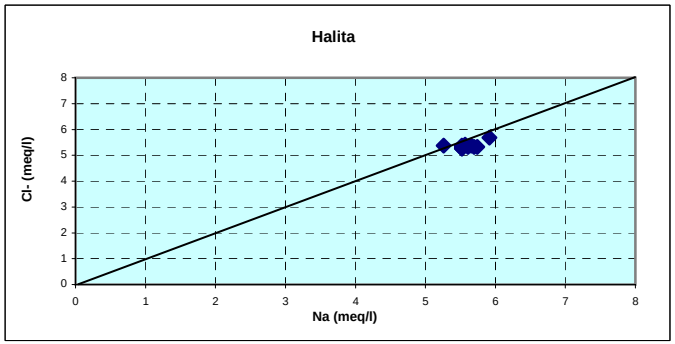


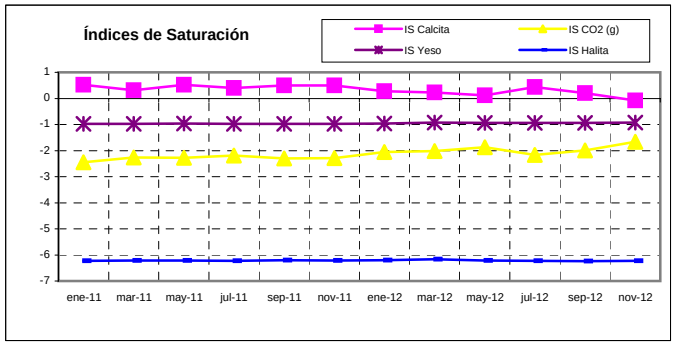
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 13 | **Nº de Registro** | 271540288 |
| **Toponimia** | Parque de las Glorientas de Goya | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



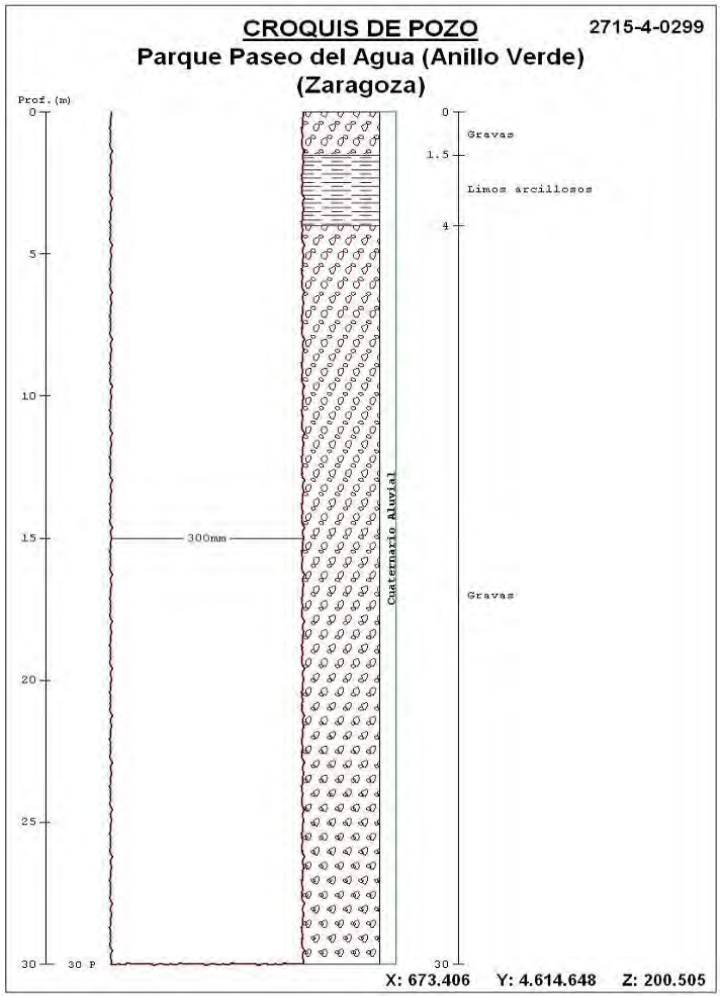



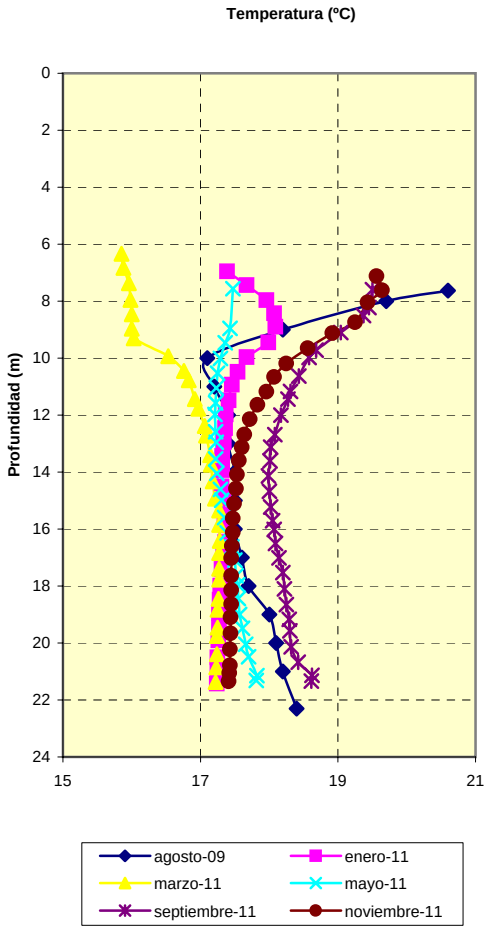



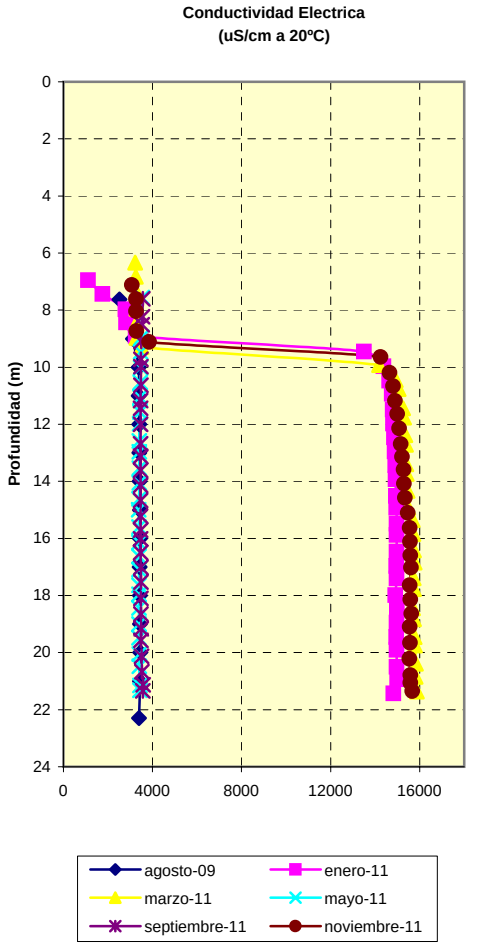
# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 15 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Parque Paseo del Agua (Anillo Verde)** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 673406 |
| **Y** | 4614648 |
| **Z** | 200,505 |
| **Nº de Registro** | 271540299 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo o botella tomamuestras |



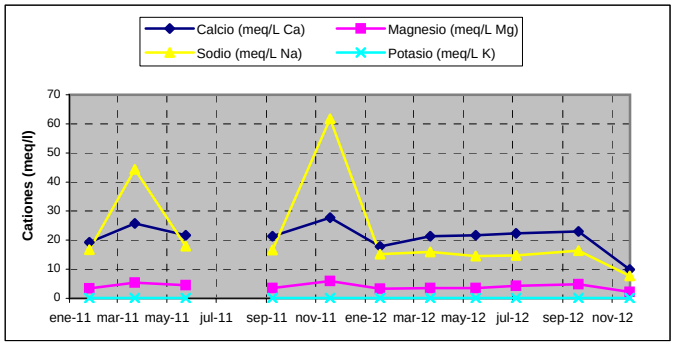



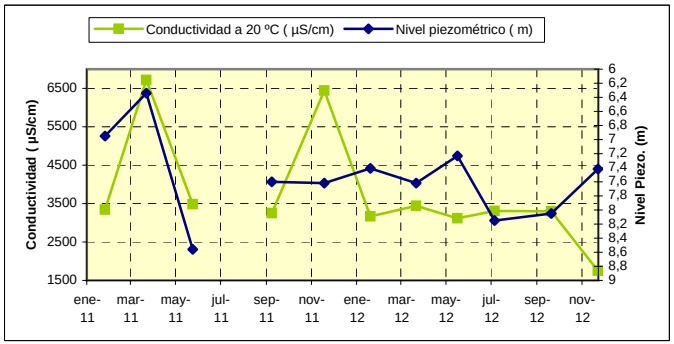



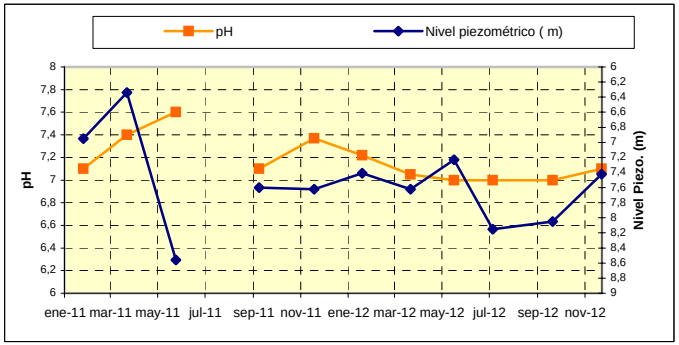
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

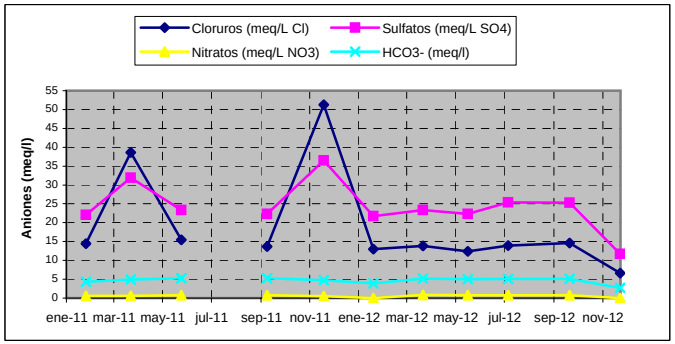
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 15 | **Nº de Registro** | 271540299 |
| **Toponimia** | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

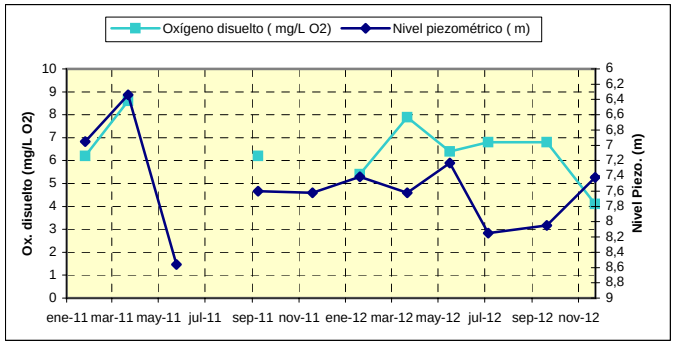
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

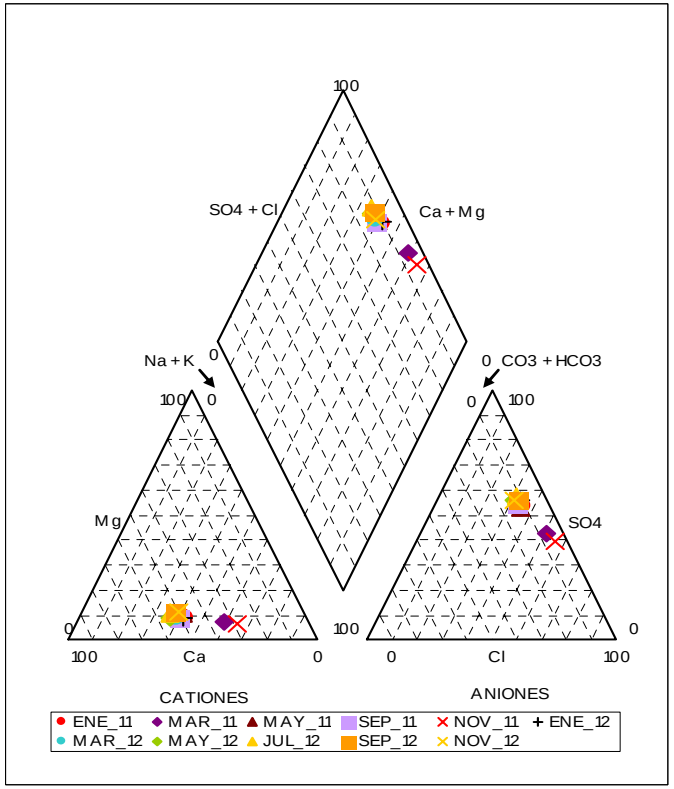


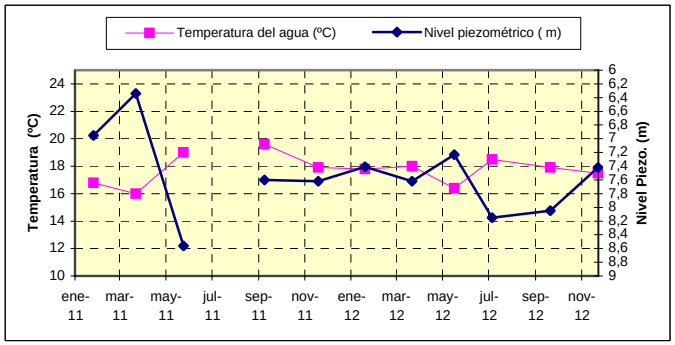



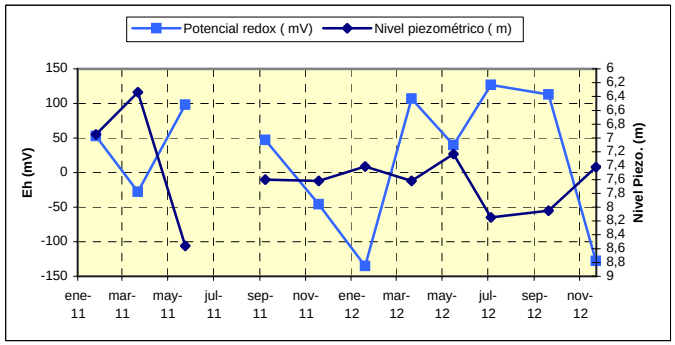




## PARÁMETROS IN SITU

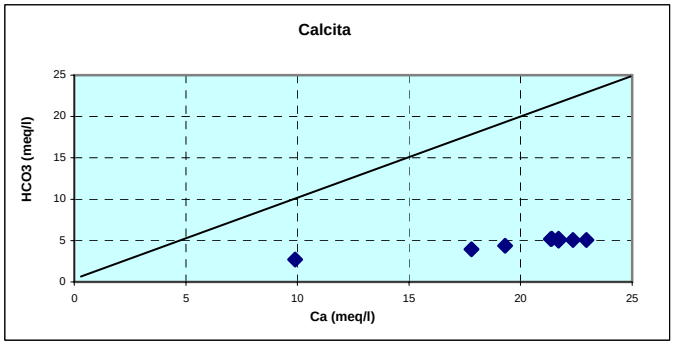


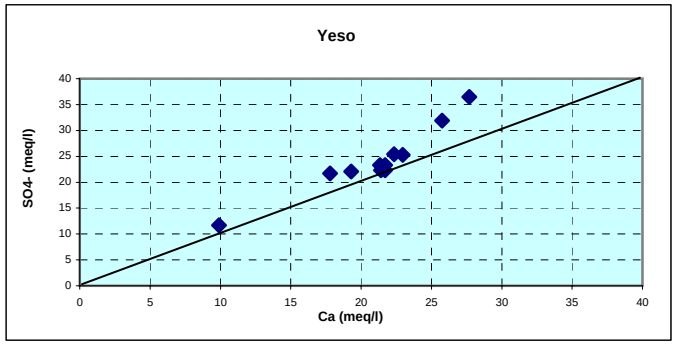



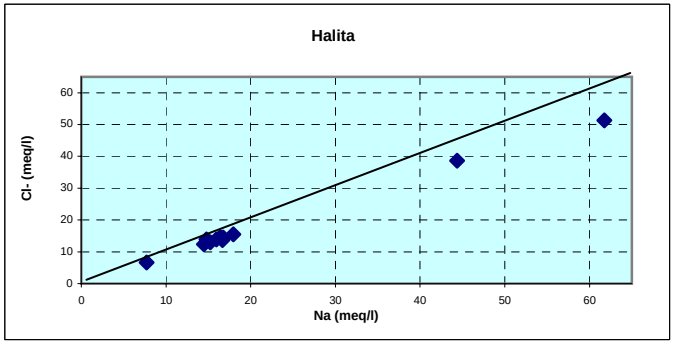
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

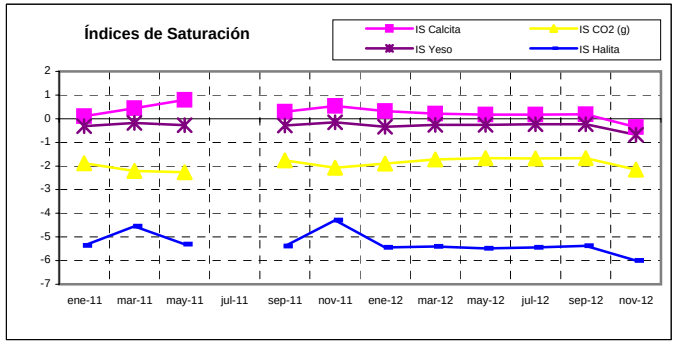
| Nº Orden | 15 | Nº de Registro | 271540299 |
|---|---|---|---|
| Toponimia | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | Frecuencia | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



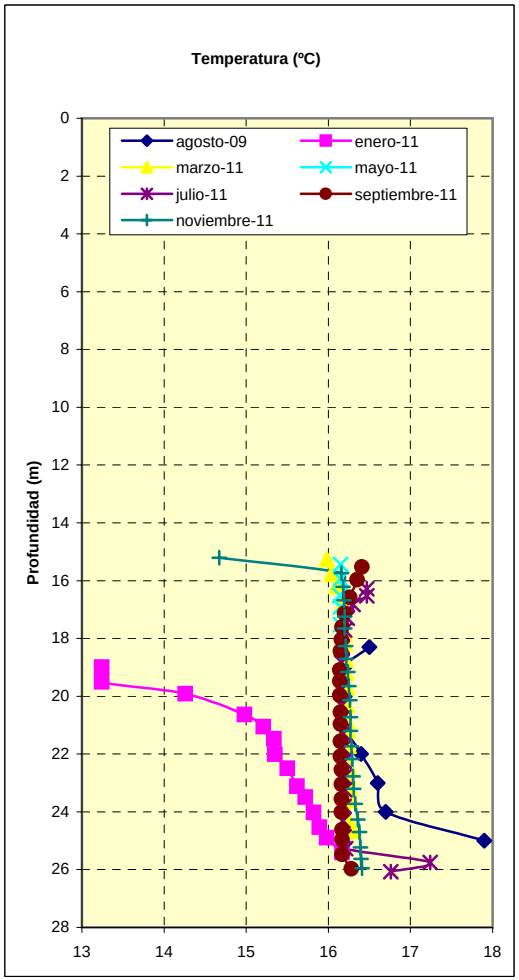



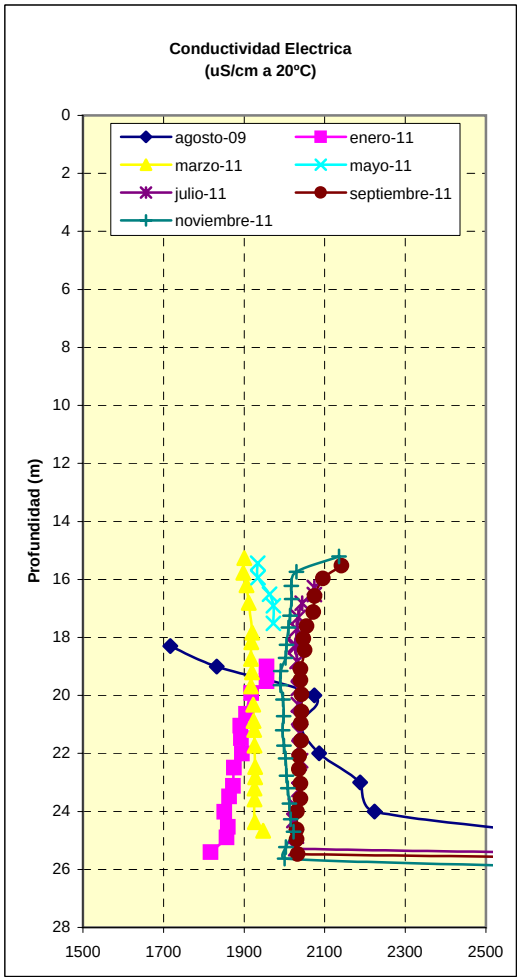



# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 16 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Parque Castillo Palomar** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 673866 |
| **Y** | 4613920 |
| **Z** | 213,785 (En tubería piezométrica azul) |
| **Nº de Registro** | 271540204 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Aspersor riego o botella tomamuestras a 20 m |

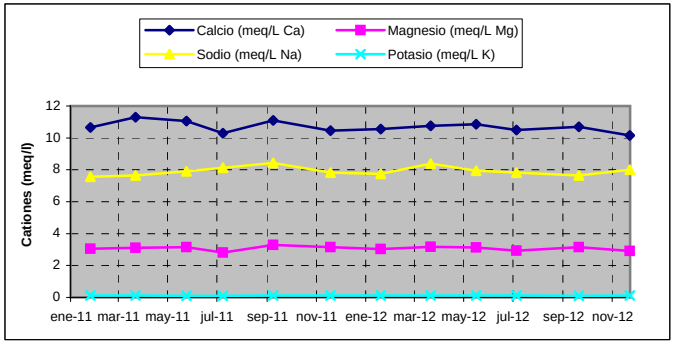


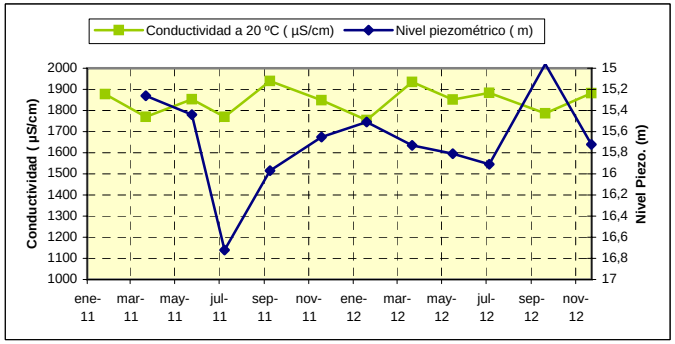



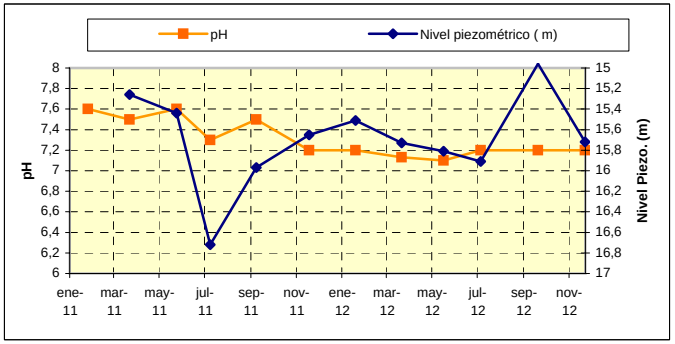
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

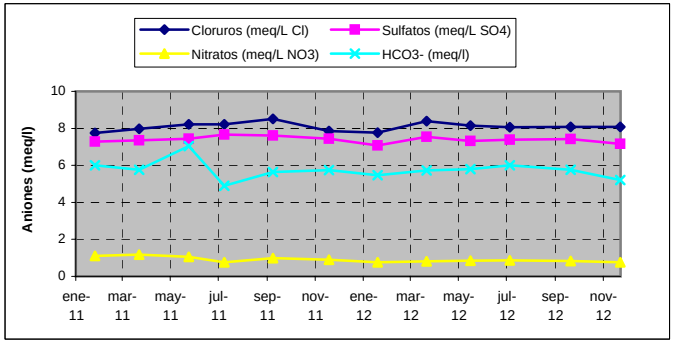
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 16 | **Nº de Registro** | 271540204 |
| **Toponimia** | Parque Castillo Palomar | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

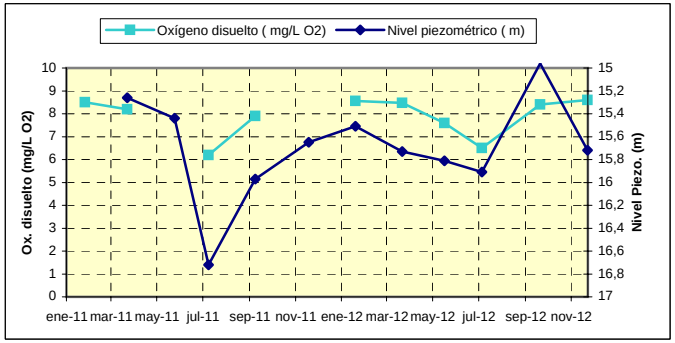
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

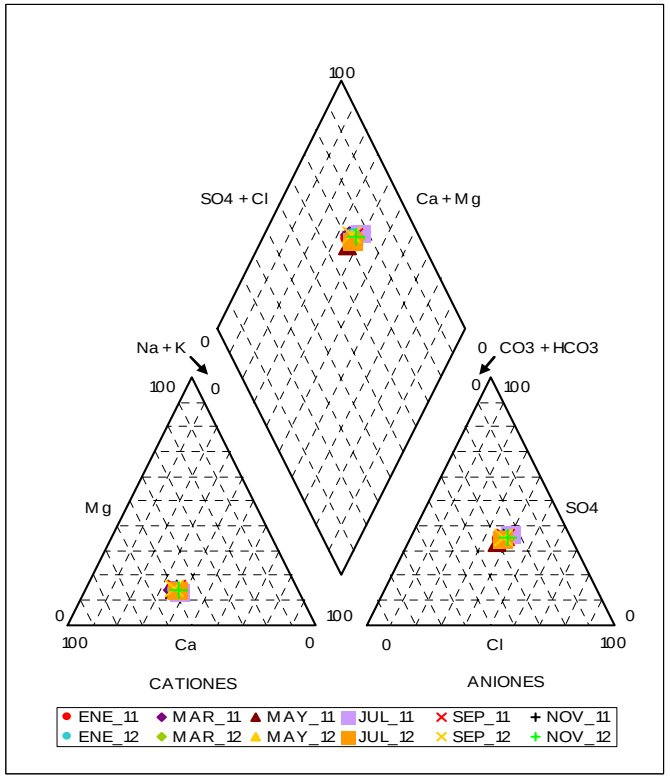


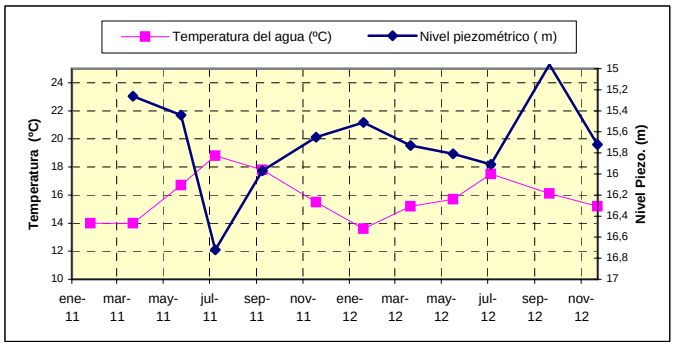



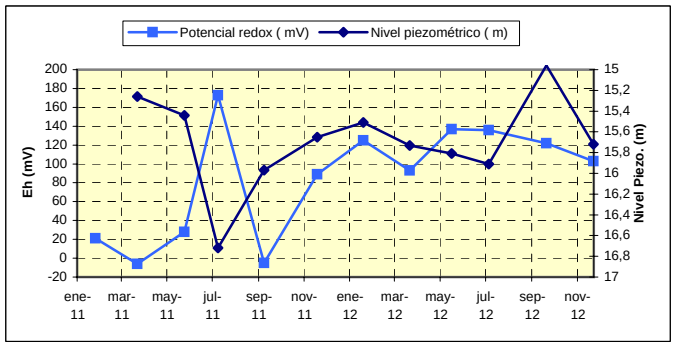




## PARÁMETROS IN SITU

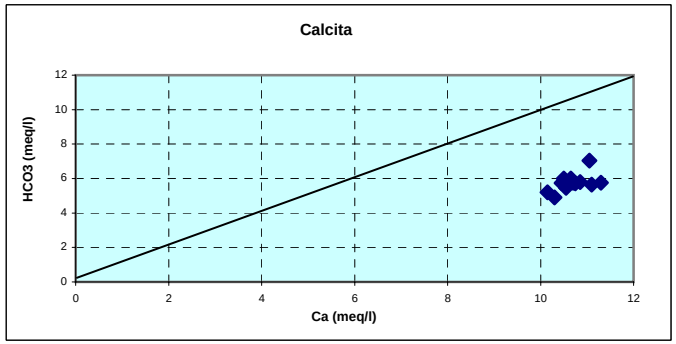


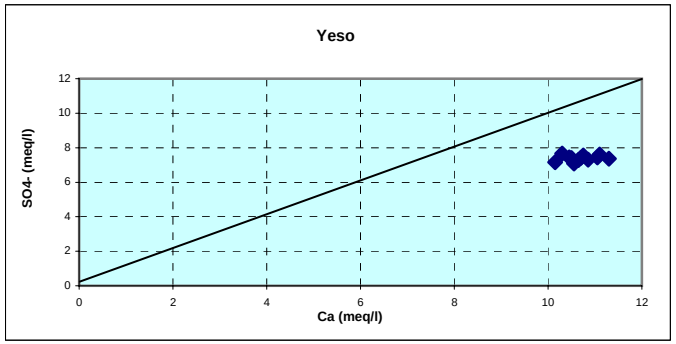



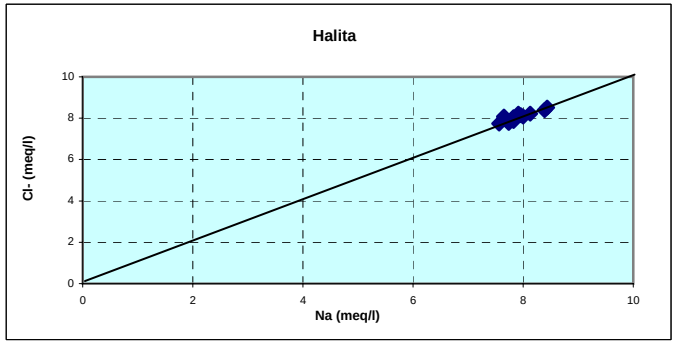
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

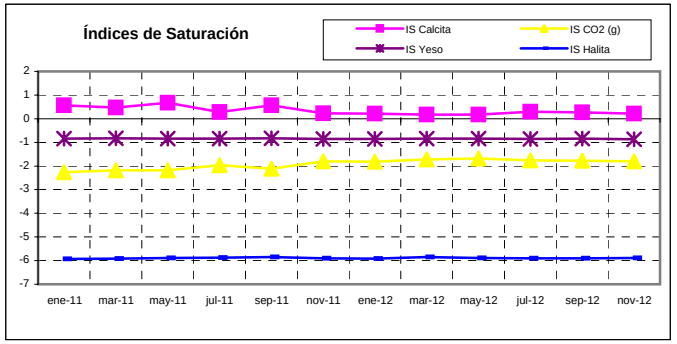
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 16 | **Nº de Registro** | 271540204 |
| **Toponimia** | Parque Castillo Palomar | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



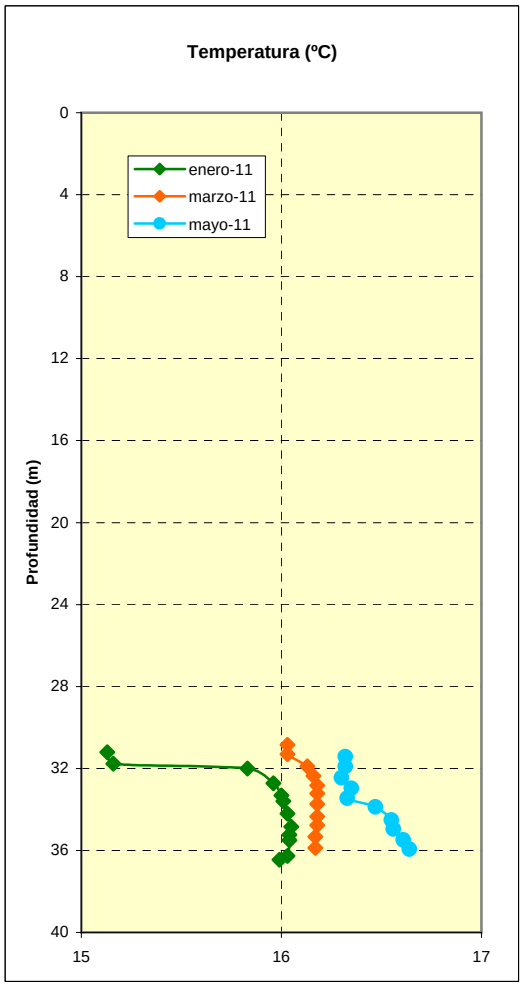



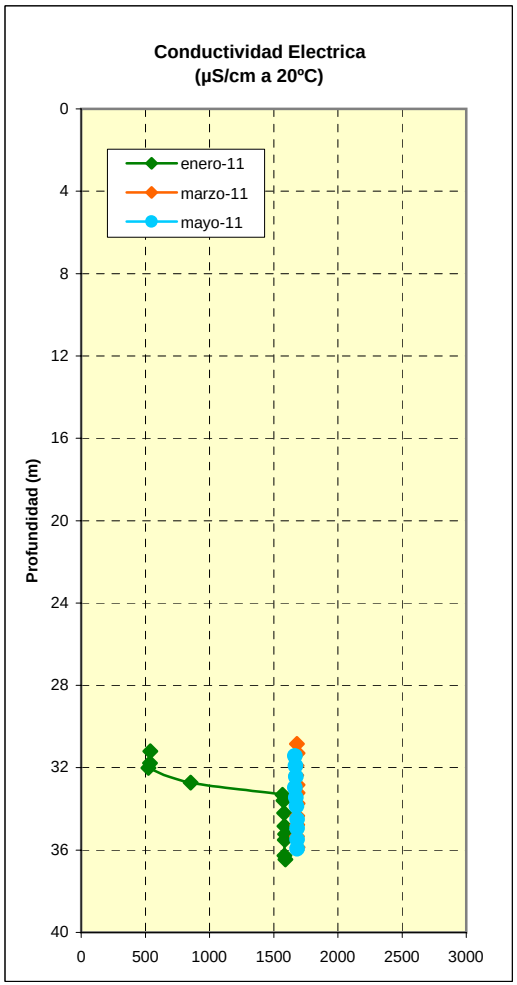



# RED DE CONTROL GEOTERMICA



| Nº Orden | 17 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Jardines Taifa Saraqusta** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 674349 |
| **Y** | 4612240 |
| **Z** | 229,496 |
| **Nº de Registro** | 271540297 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |



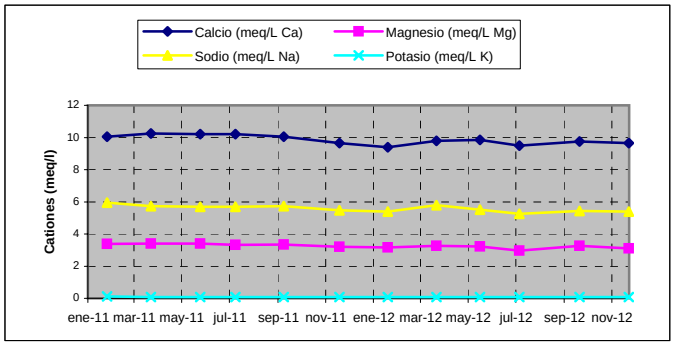



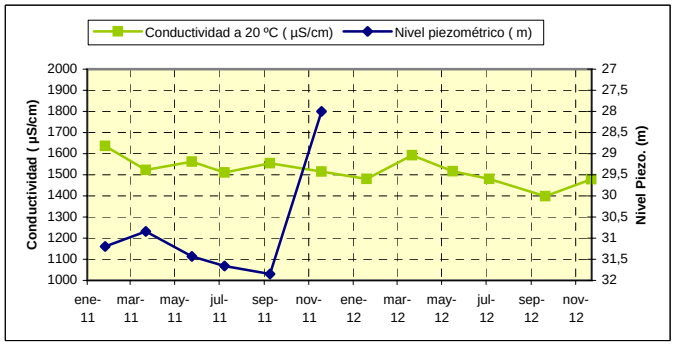

Profundidad sondeo 50 m

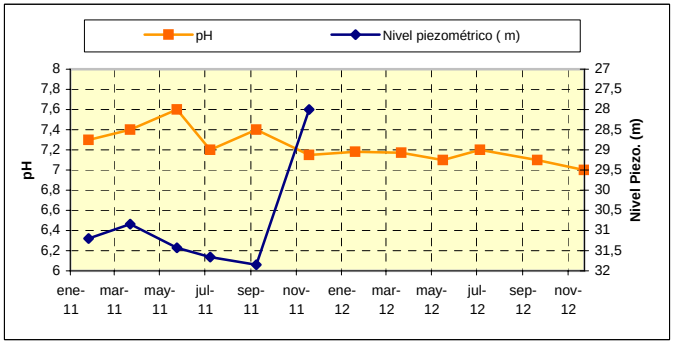
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

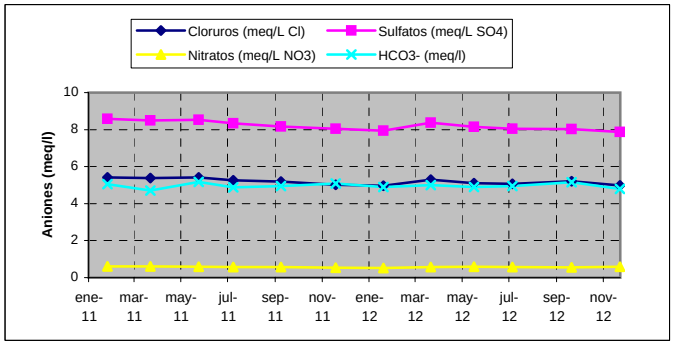
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 17 | **Nº de Registro** | 271540297 |
| **Toponimia** | Jardines Taifa Saraqusta | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

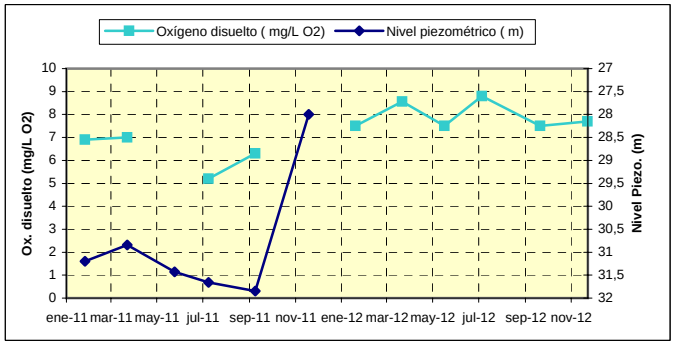
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

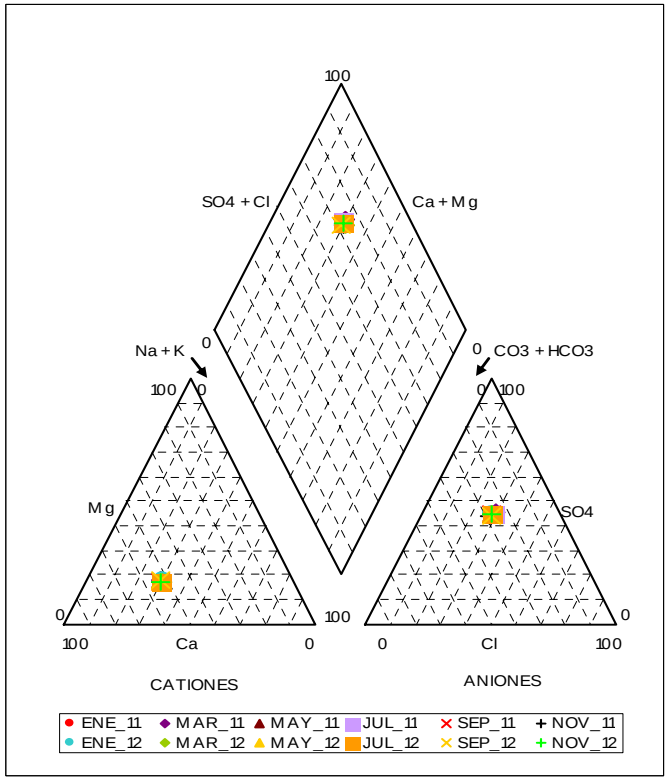


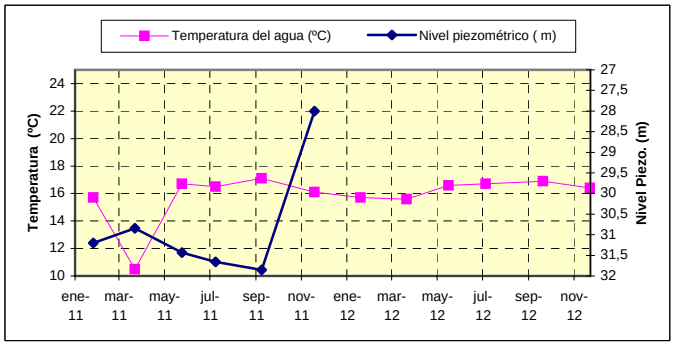



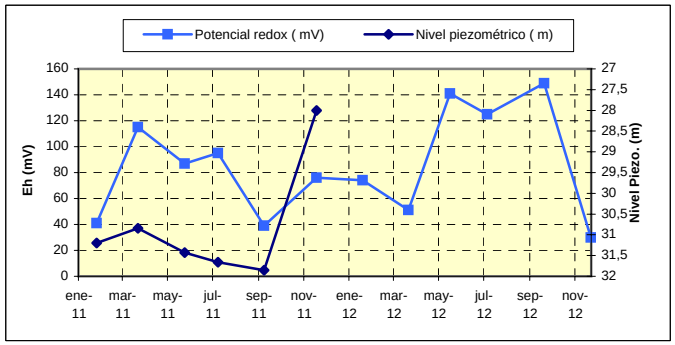




## PARÁMETROS IN SITU



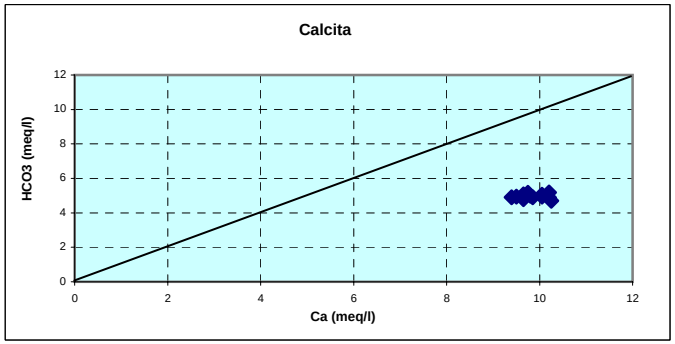



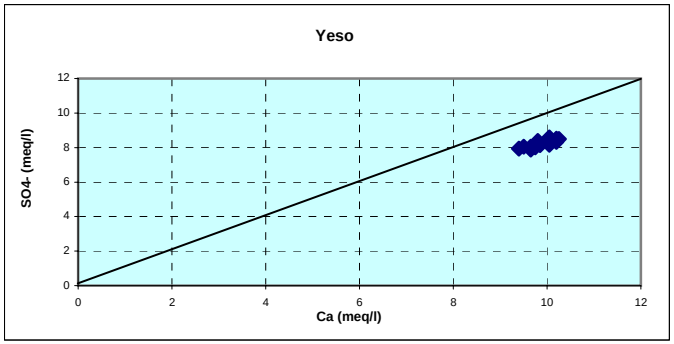
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

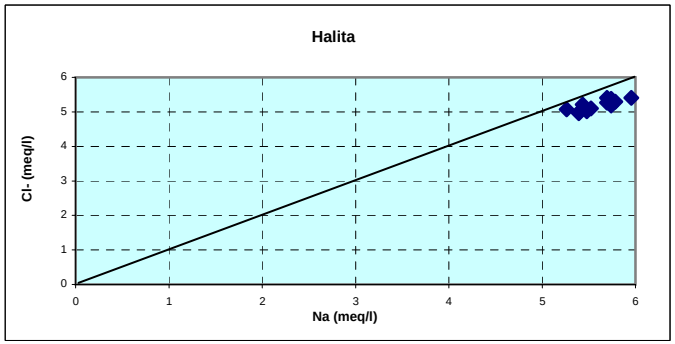


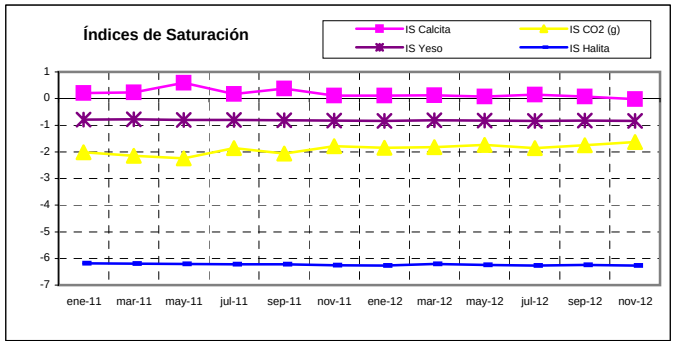
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 17 | **Nº de Registro** | 271540297 |
| **Toponimia** | Jardines Taifa Saraqusta | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



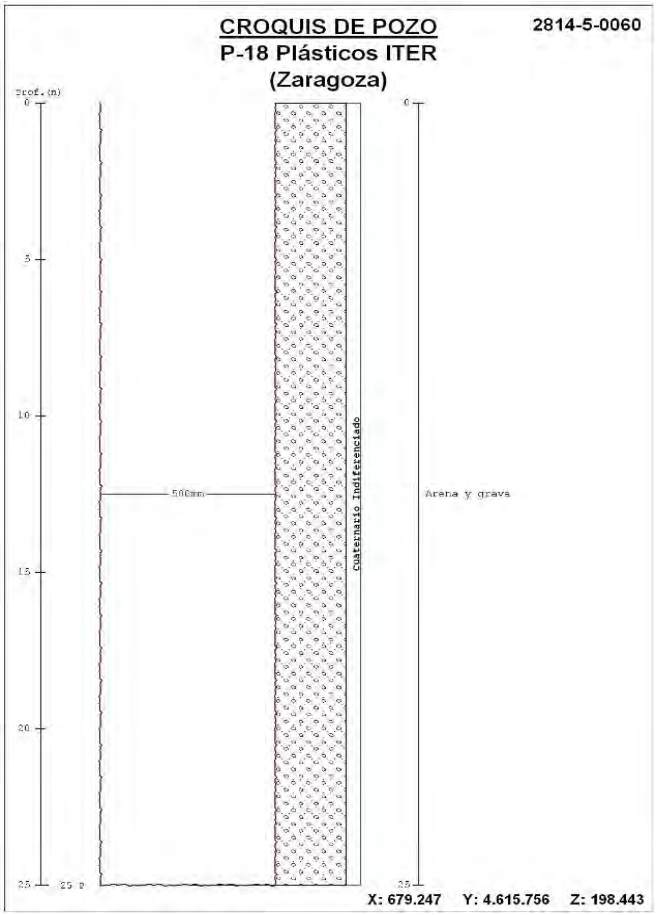



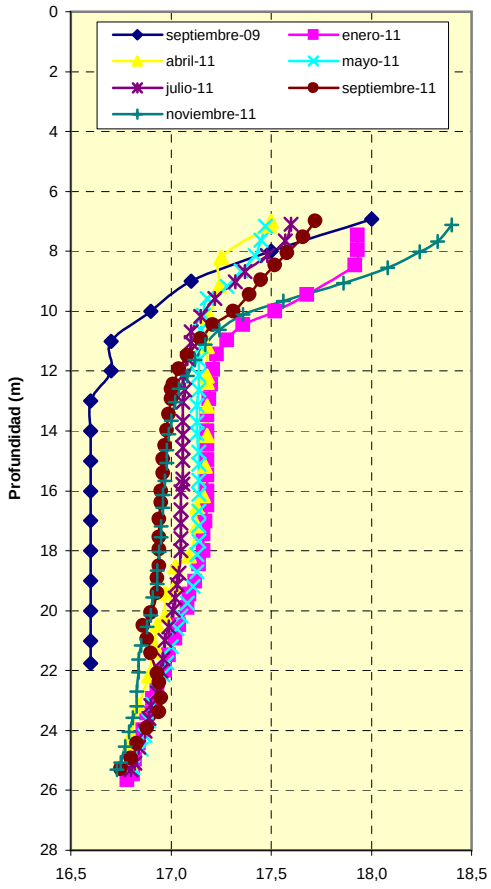



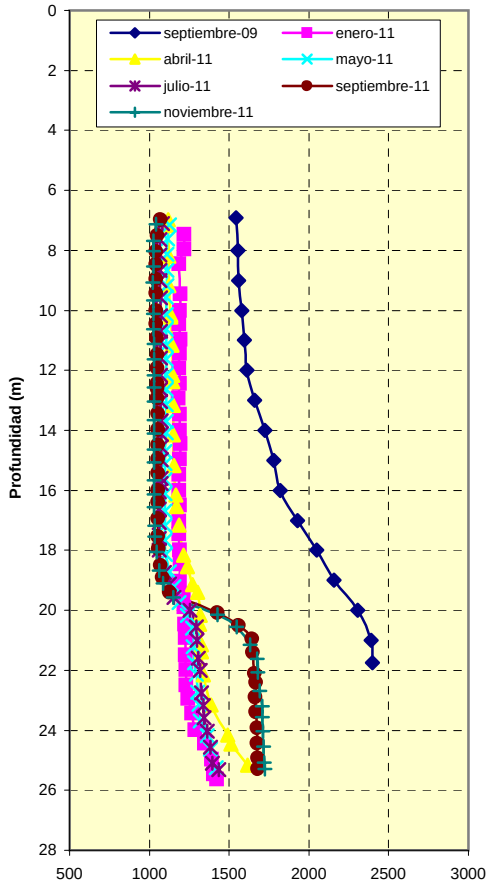
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 18 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Plásticos ITER** |
| **Titular** | Plásticos ITER |
| **X** | 679247 |
| **Y** | 4615756 |
| **Z** | 198,443 |
| **Nº de Registro** | 281450060 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |



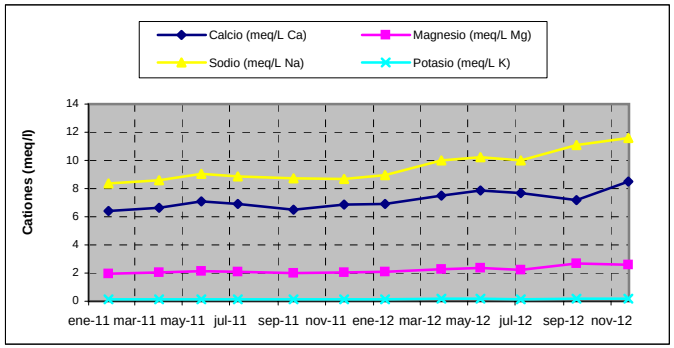



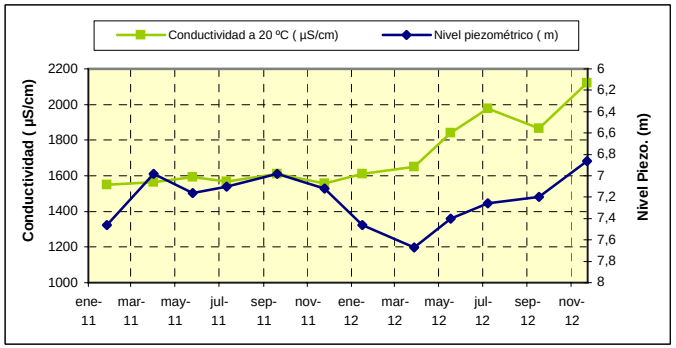
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

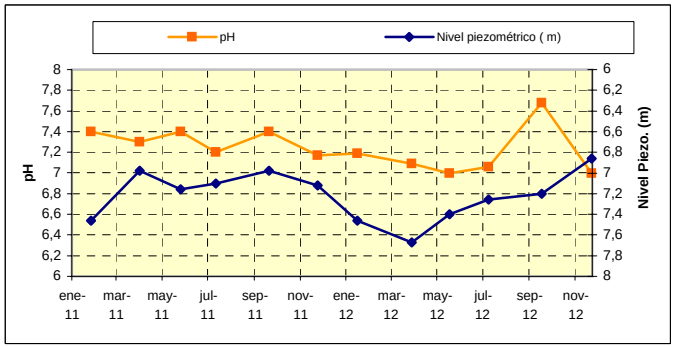


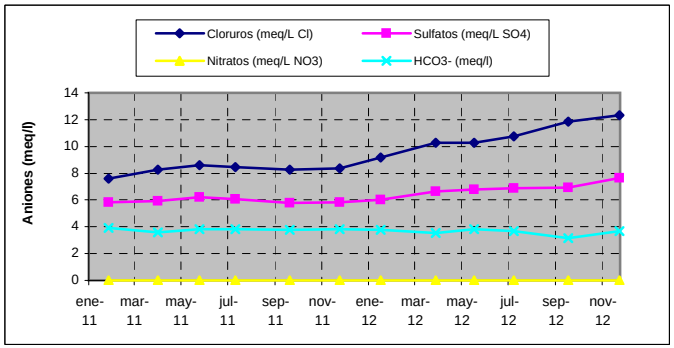
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 18 | **Nº de Registro** | 281450060 |
| **Toponimia** | Plásticos ITER | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

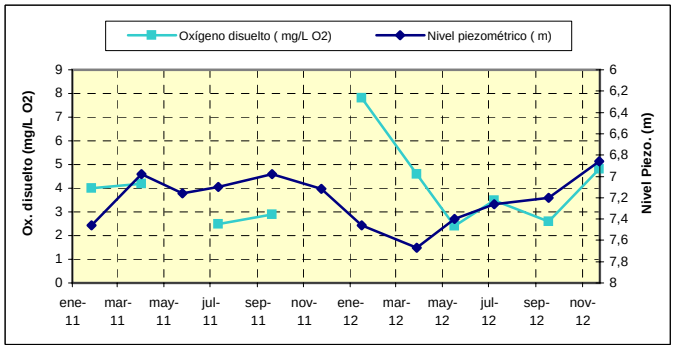
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

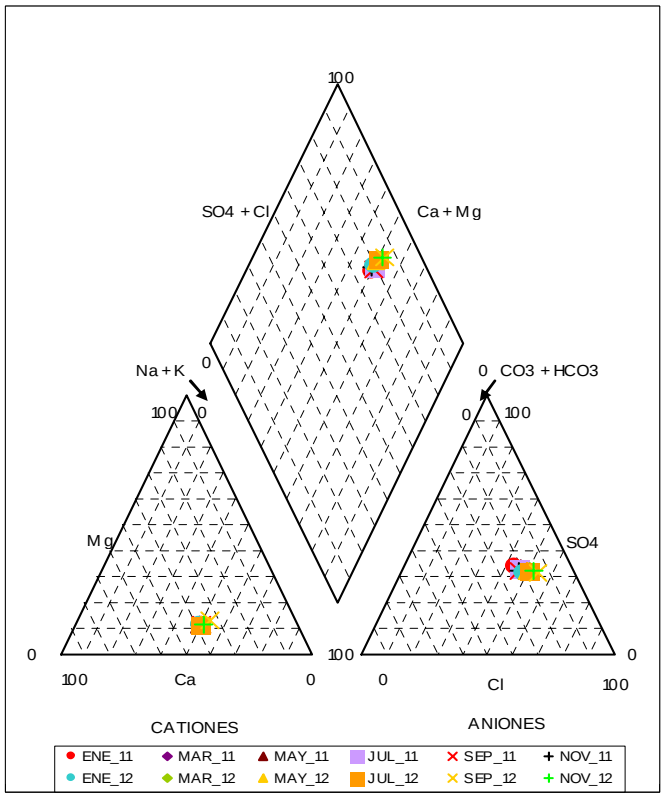


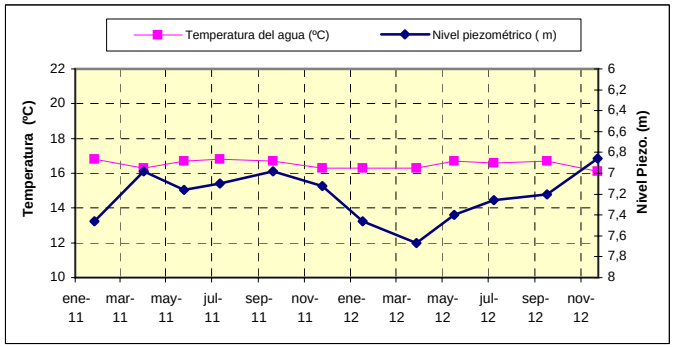



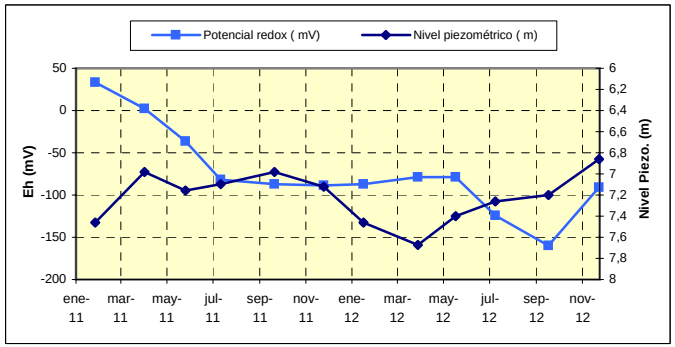




## PARÁMETROS IN SITU



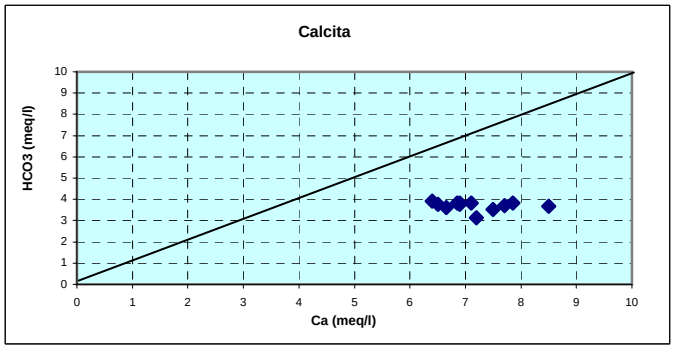



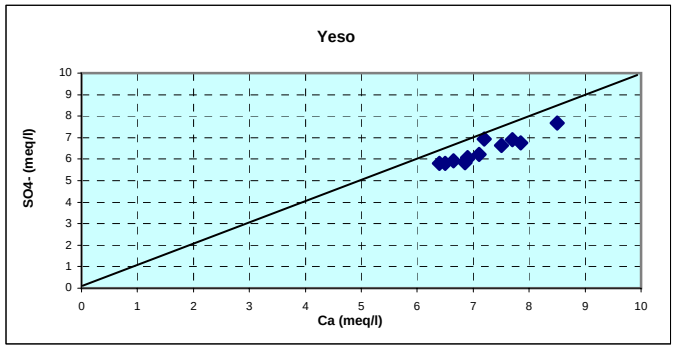
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

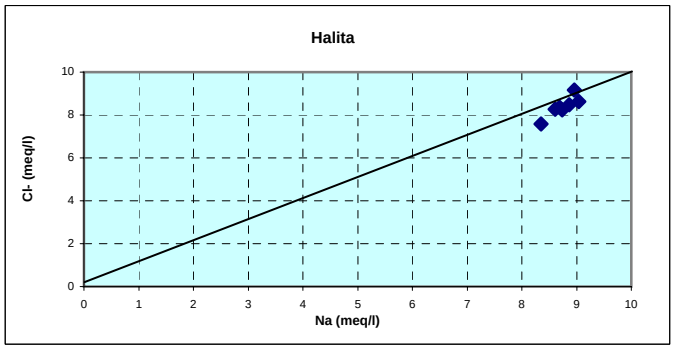


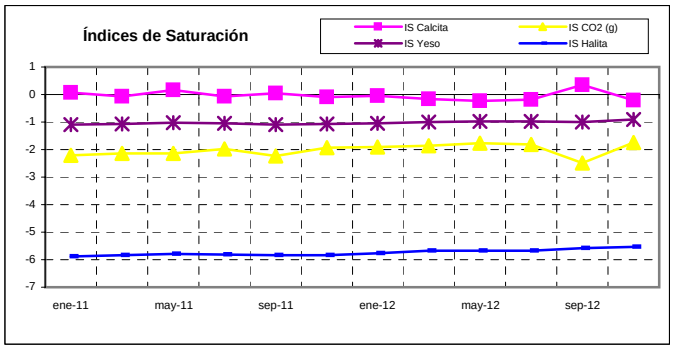
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 18 | **Nº de Registro** | 281450060 |
| **Toponimia** | Plásticos ITER | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



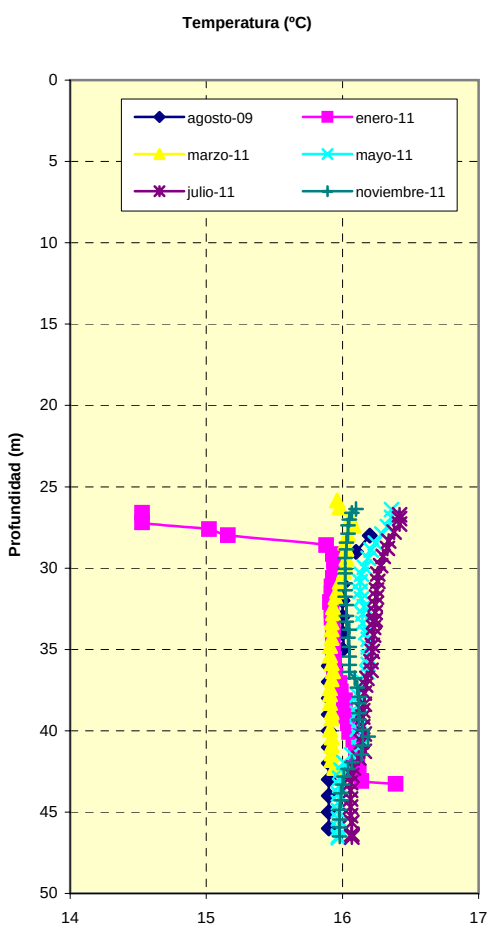



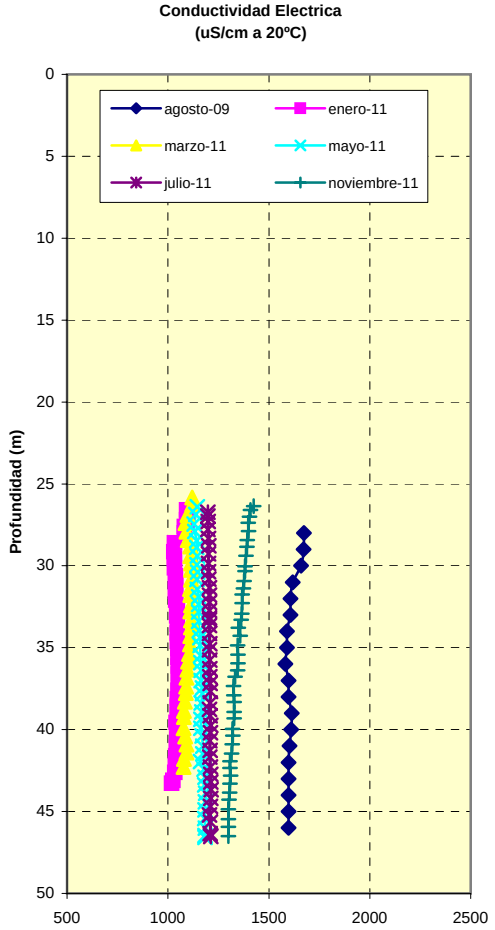



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

| Nº Orden | 19 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Parque Delicias (Pozo Zona 1 - Anfiteatro)** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 674070 |
| **Y** | 4612817 |
| **Z** | 223,851 |
| **Nº de Registro** | 271540205 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |

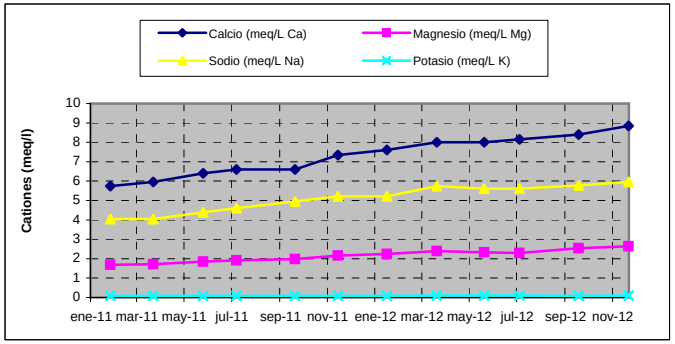


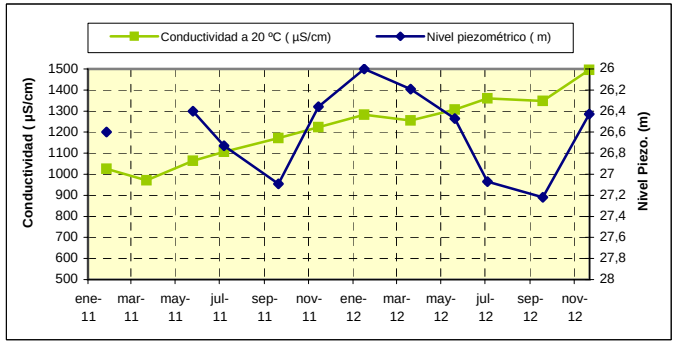



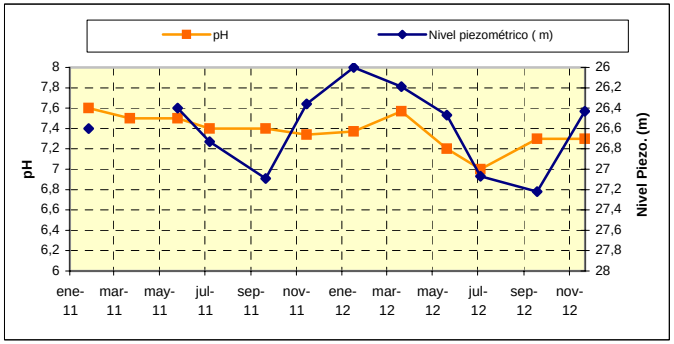
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

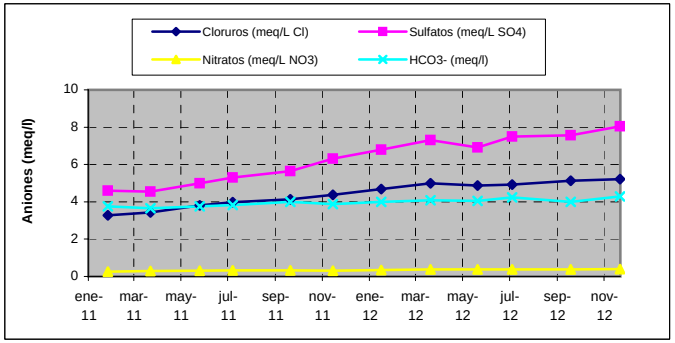
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 19 | **Nº de Registro** | 271540205 |
| **Toponimia** | Parque Delicias (Pozo Zona 1 - Anfiteatro) | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

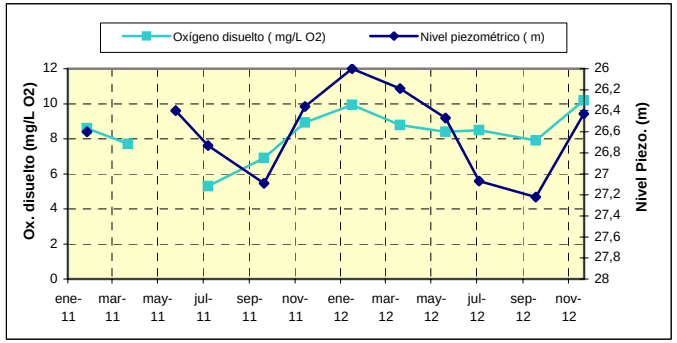
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

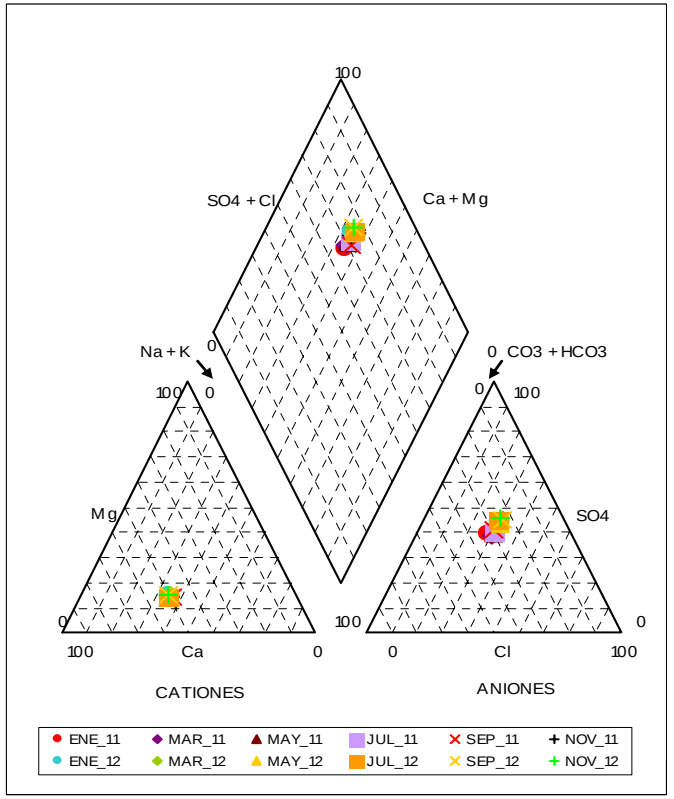


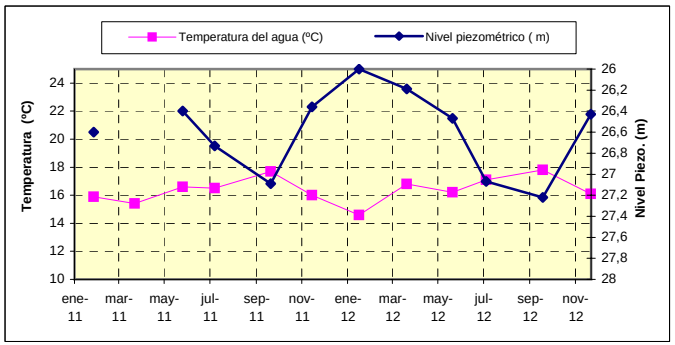



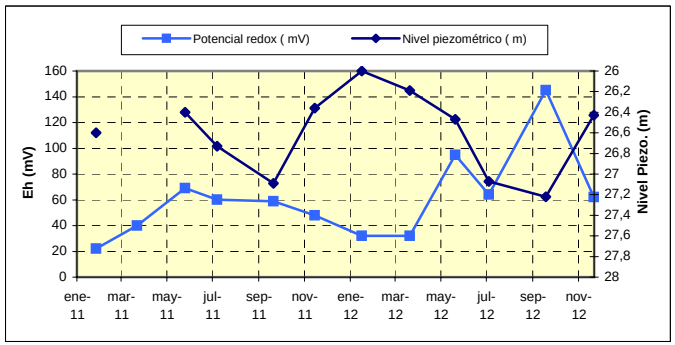




## PARÁMETROS IN SITU



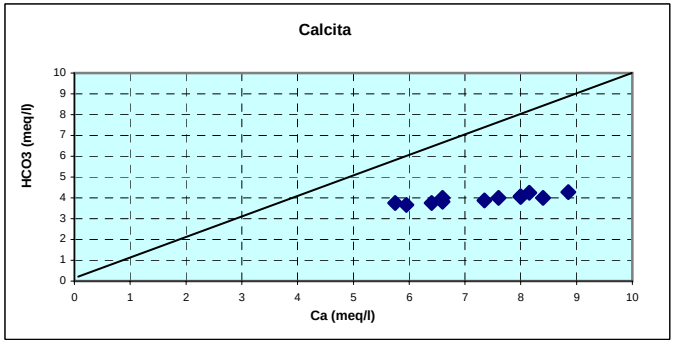



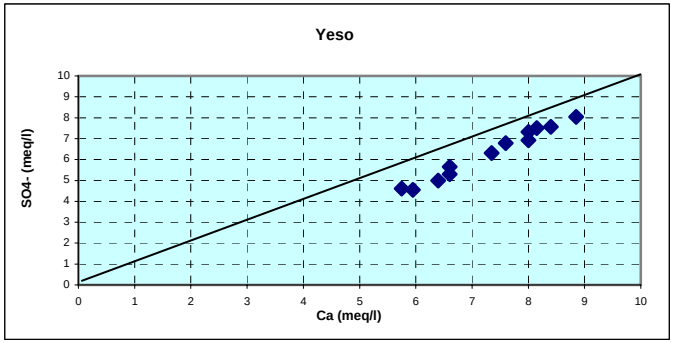
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

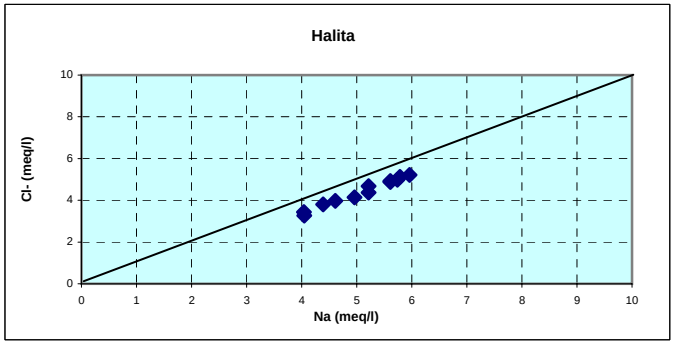


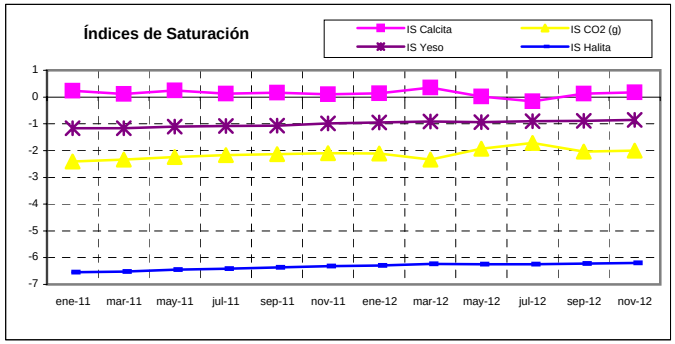
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 19 | **Nº de Registro** | 271540205 |
| **Toponimia** | Parque Delicias (Pozo Zona 1 - Anfiteatro) | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



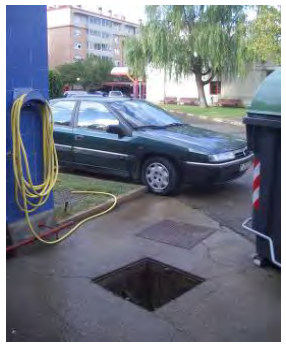



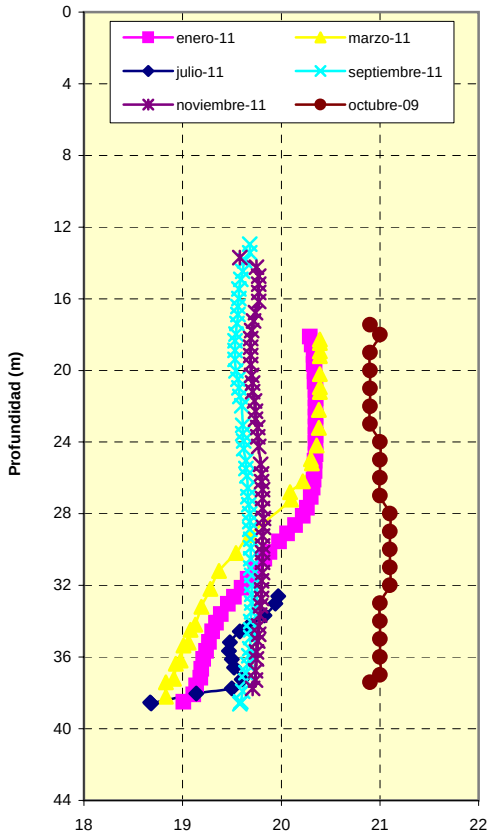
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



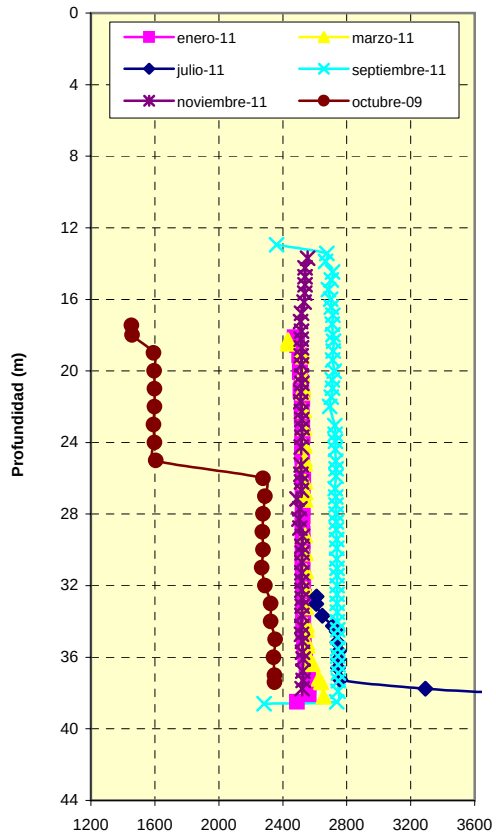
| Nº Orden | 20 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Centro de Atención Minusválidos Psiquicos** |
| **Titular** | Gobierno de Aragón SALUD |
| **X** | 677286 |
| **Y** | 4617145 |
| **Z** | 210,363 |
| **Nº de Registro** | 271480148 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 1 m bajo nivel freático |



**Temperatura (ºC)**



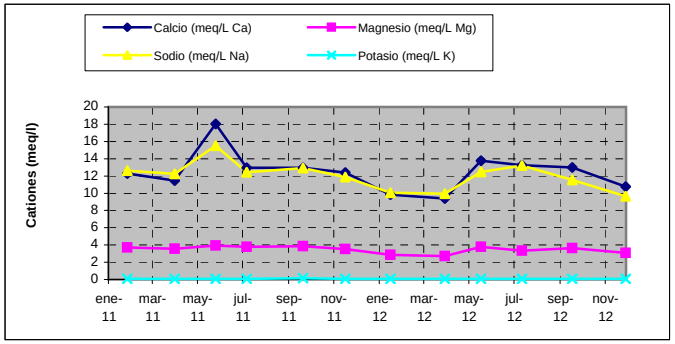

**Conductividad Eléctrica (uS/cm a 25ºC)**

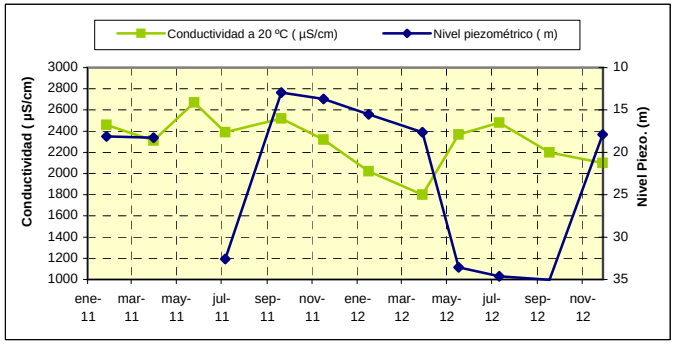


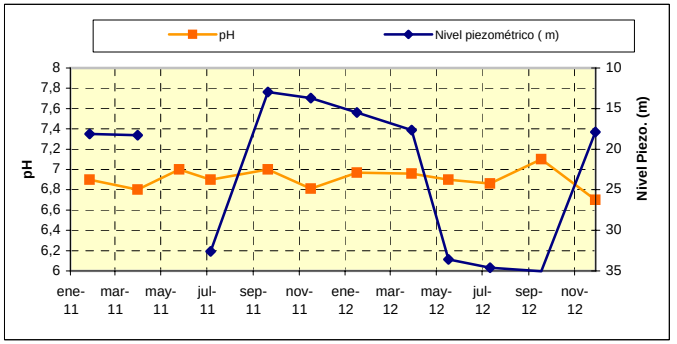
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

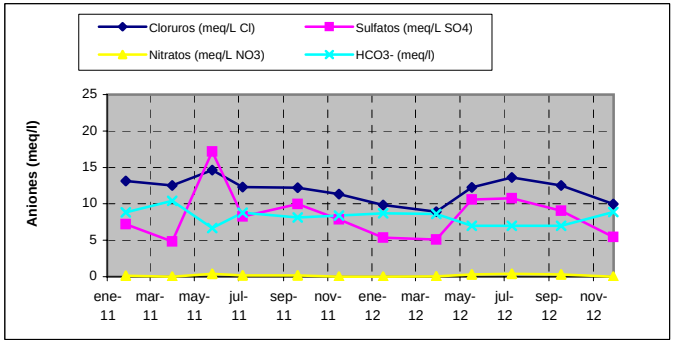
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 20 | **Nº de Registro** | 271480148 |
| **Toponimia** | Centro de Atención Minusválidos Psiquicos | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

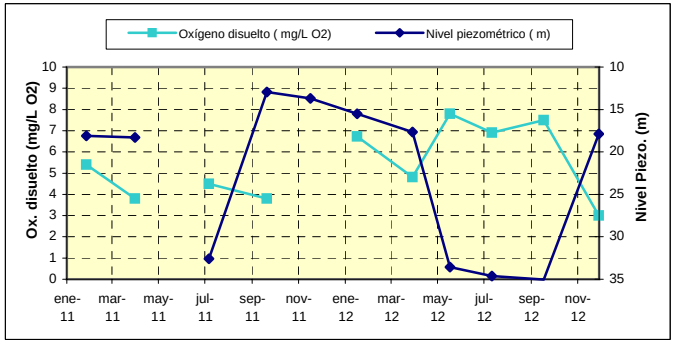
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

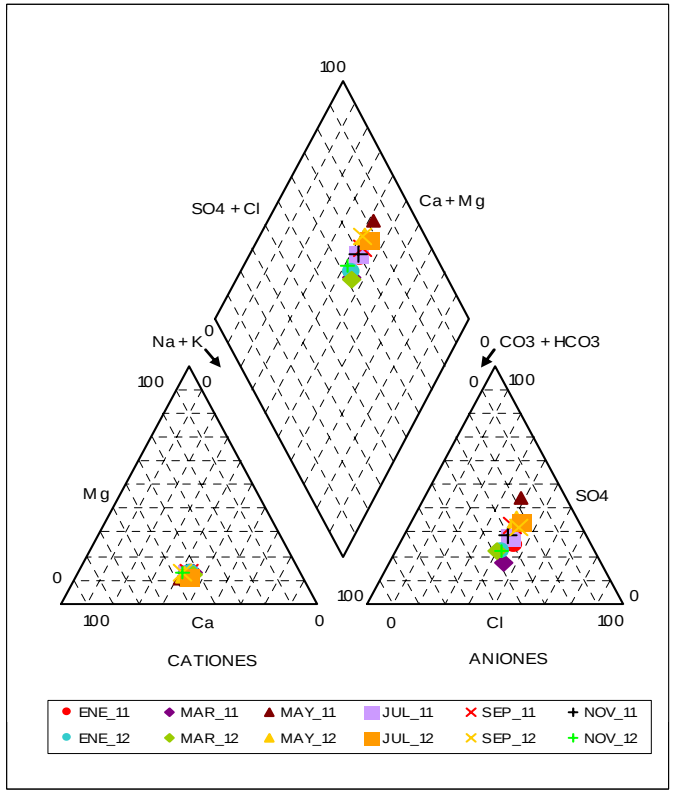


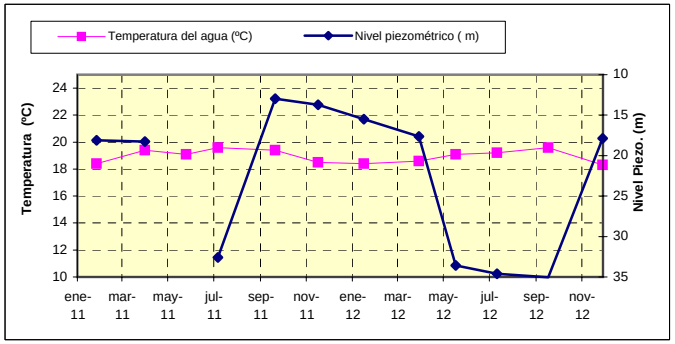



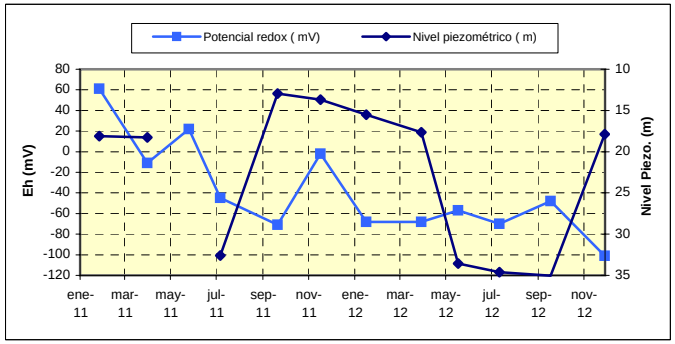




## PARÁMETROS IN SITU



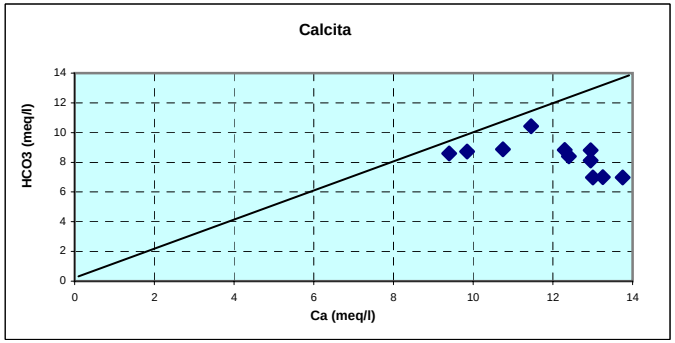



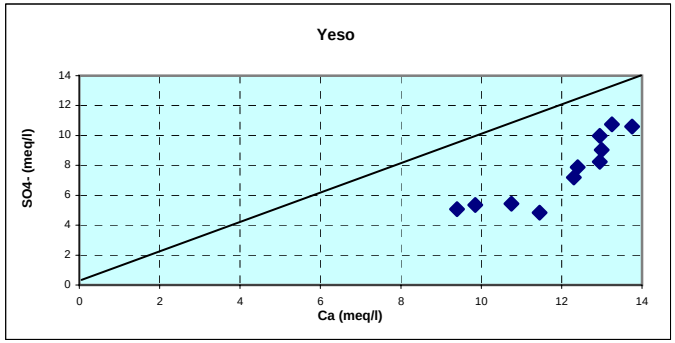
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

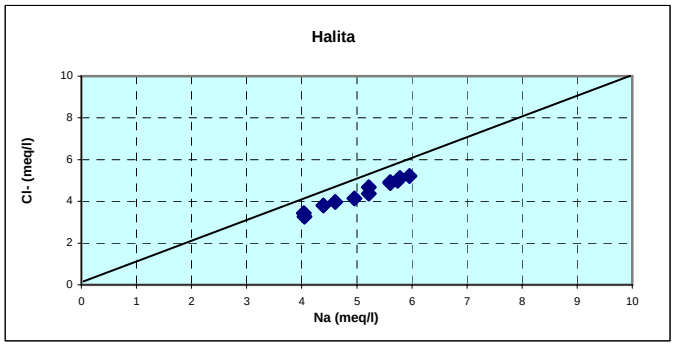


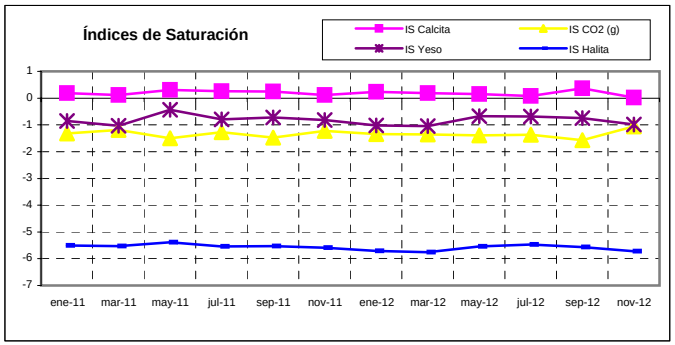
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 20 | **Nº de Registro** | 271480148 |
| **Toponimia** | Centro de Atención Minusválidos Psiquicos | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



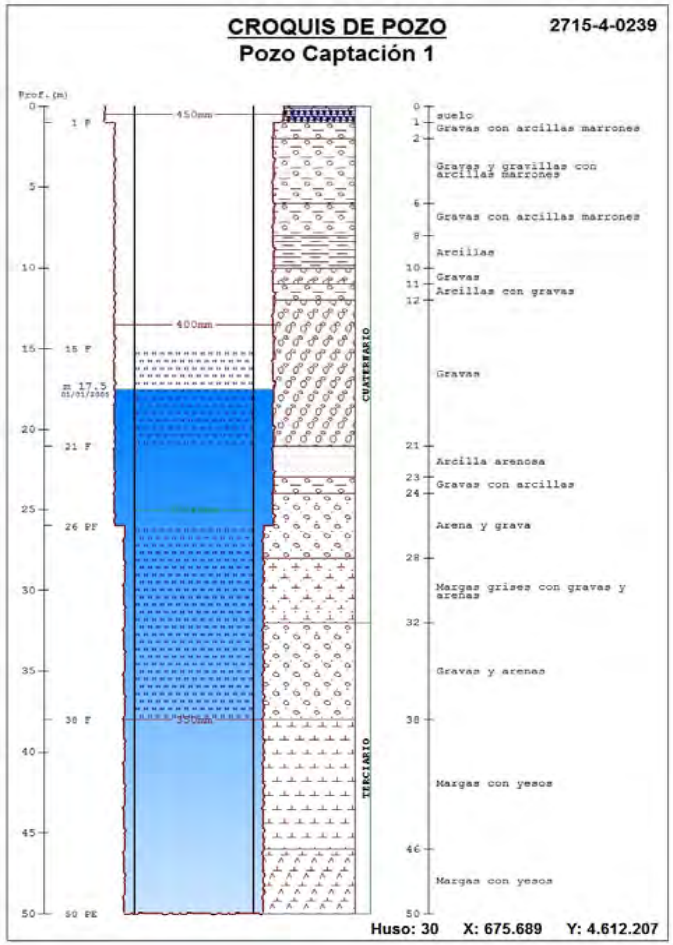



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



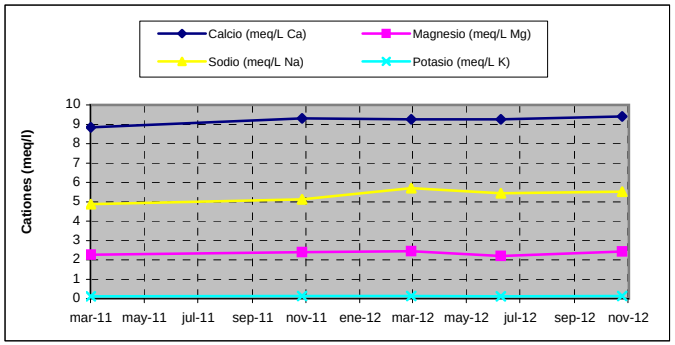
| Nº Orden | 21 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Residencia Reyes de Aragón (Captación P-3)** |
| **Titular** | Sekilur S.A. |
| **X** | 675689 |
| **Y** | 4612207 |
| **Z** | 209,862 |
| **Nº de Registro** | 271540239 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |

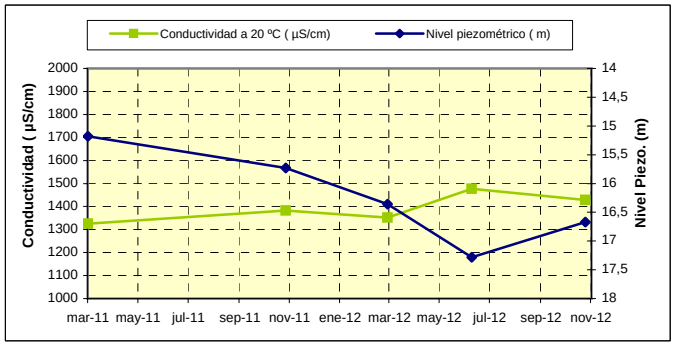


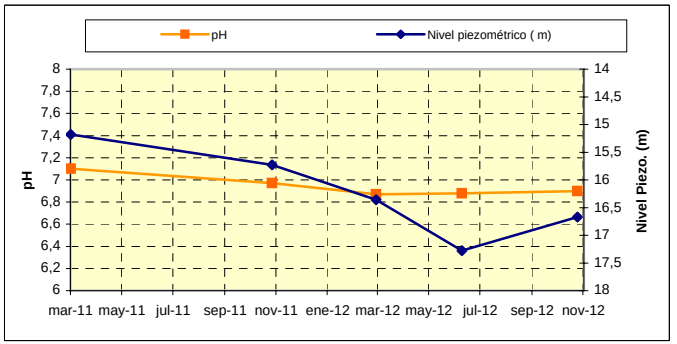
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

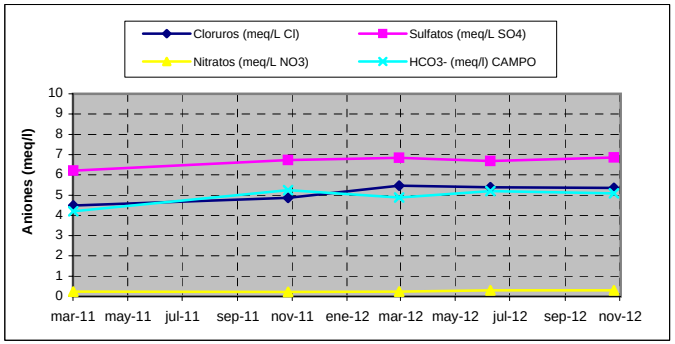
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 21 | **Nº de Registro** | 271540239 |
| **Toponimia** | Residencia Reyes de Aragón (Captación P-3) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

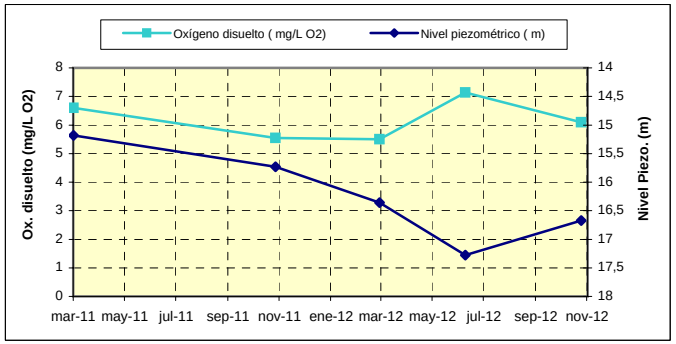
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

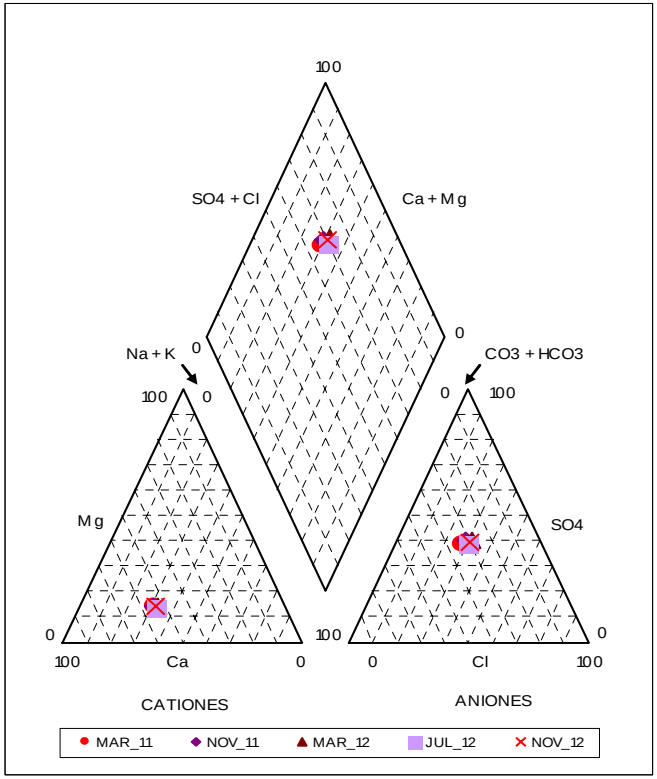


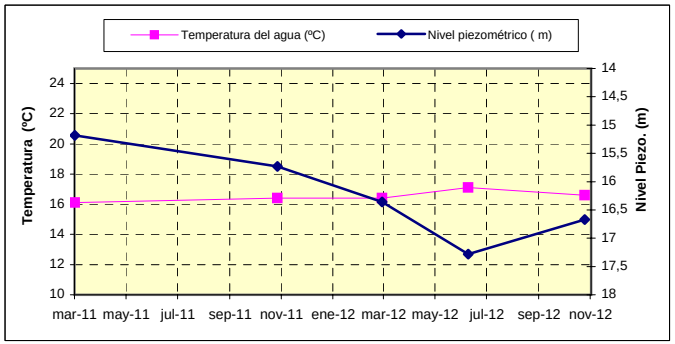



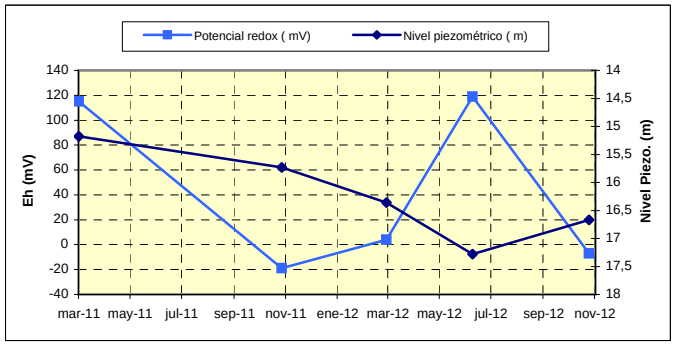




## PARÁMETROS IN SITU



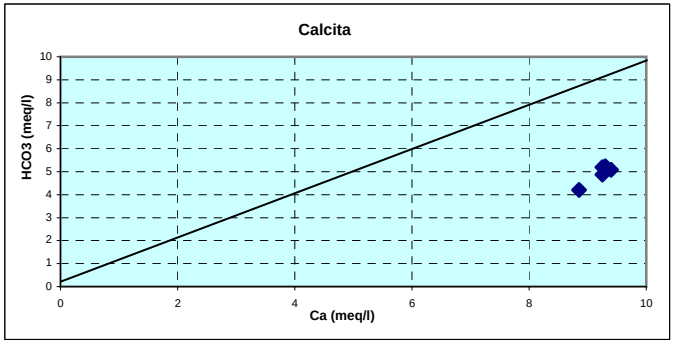



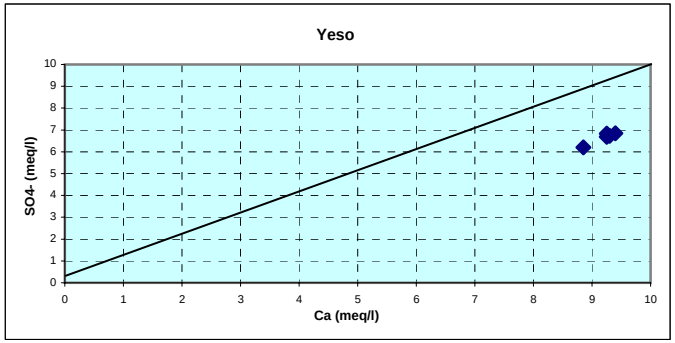
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

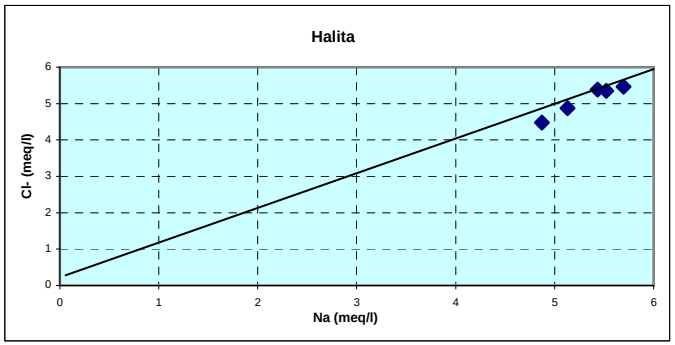


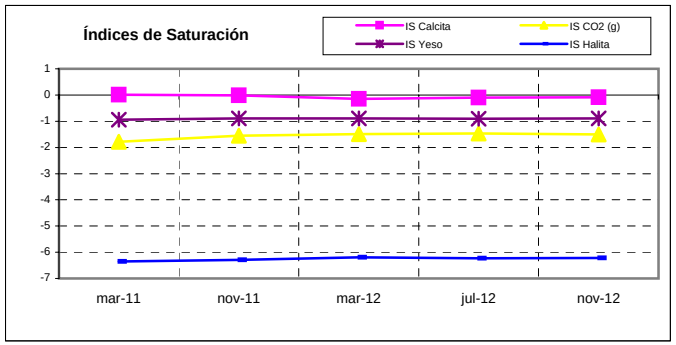
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 21 | **Nº de Registro** | 271540239 |
| **Toponimia** | Residencia Reyes de Aragón (Captación P-3) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



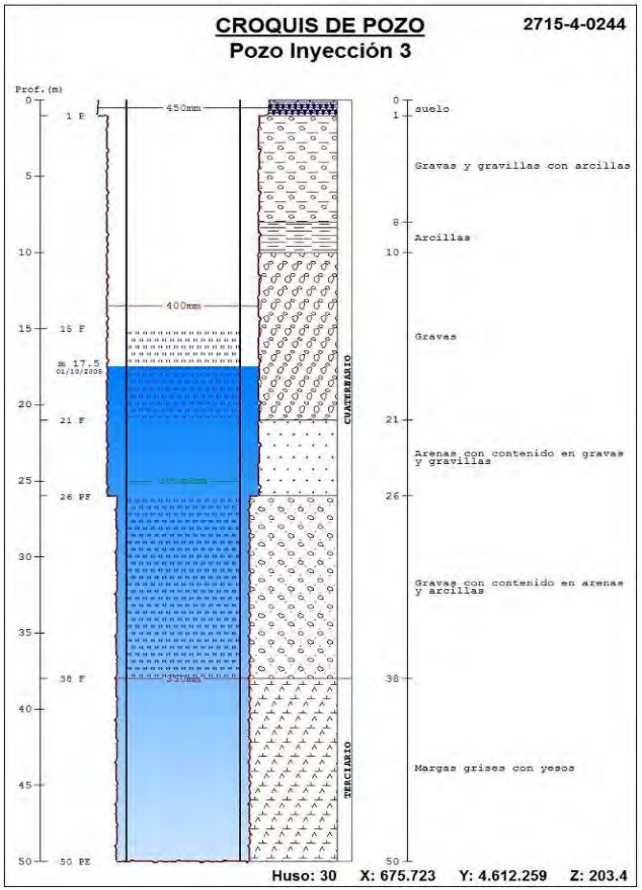



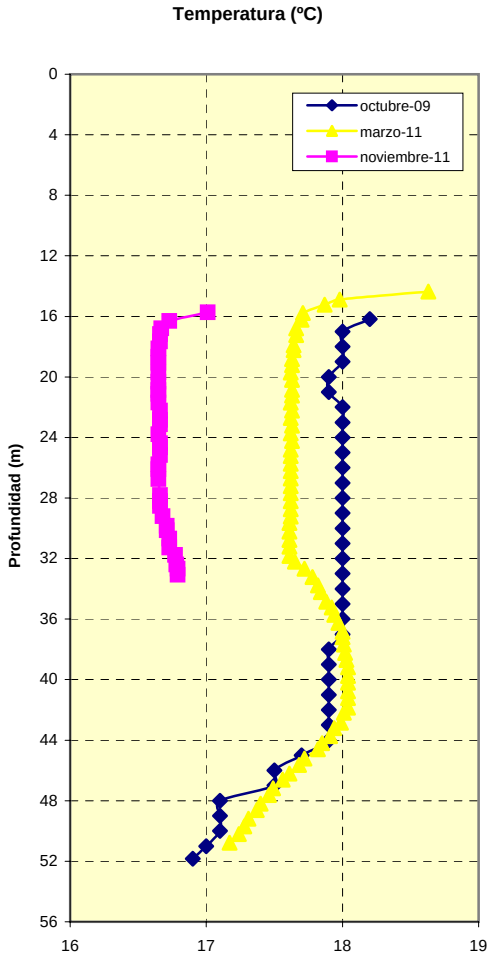



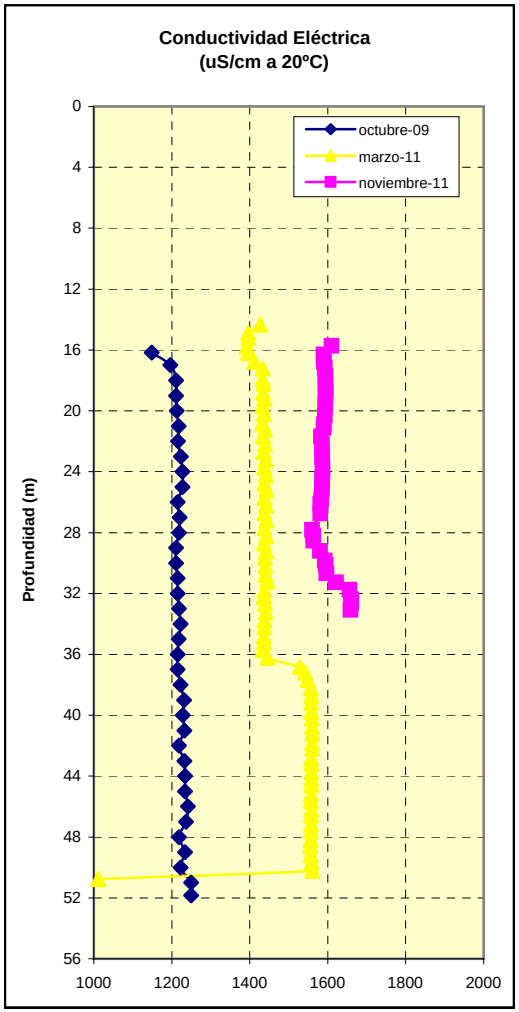
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 22 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Residencia Reyes de Aragón (Vertido P-6)** |
| **Titular** | Sekilur S.A. |
| **X** | 675723 |
| **Y** | 4612259 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271540244 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo en conducción |



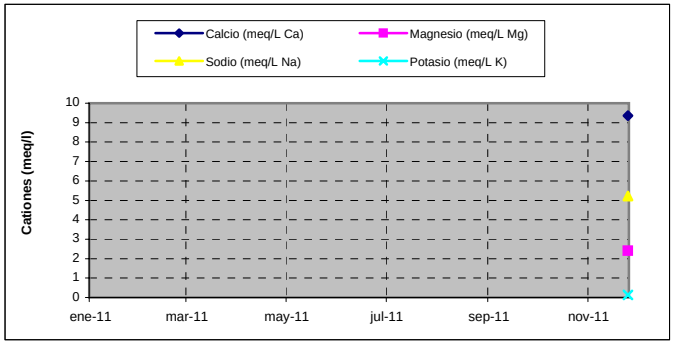



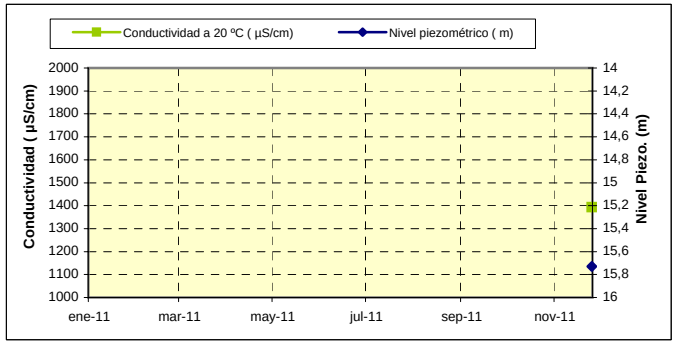



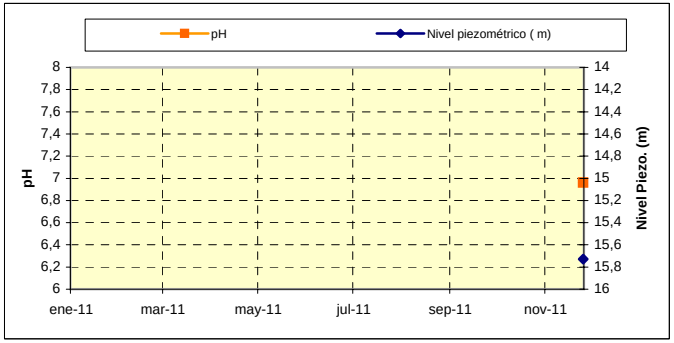
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

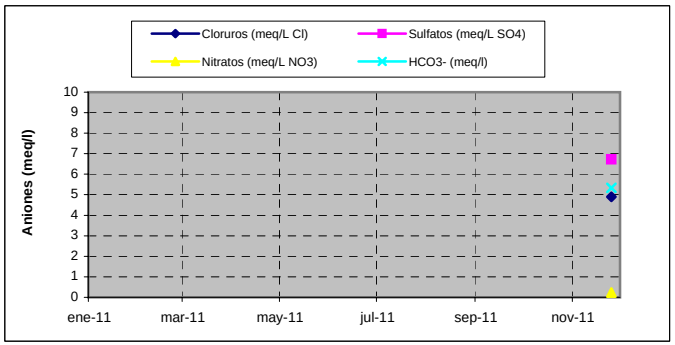
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 22 | **Nº de Registro** | 271540244 |
| **Toponimia** | Residencia Reyes de Aragón (Vertido P-6) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

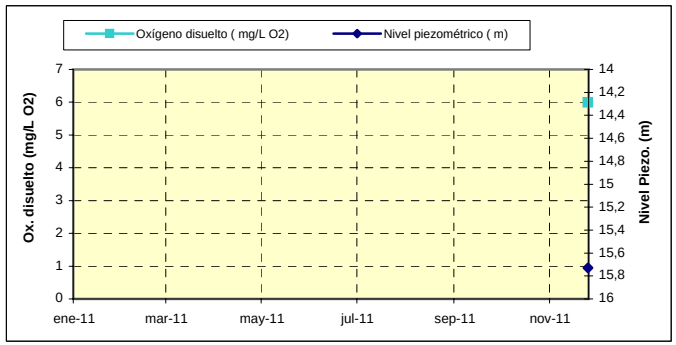
## ELEMENTOS MAYORITARIOS



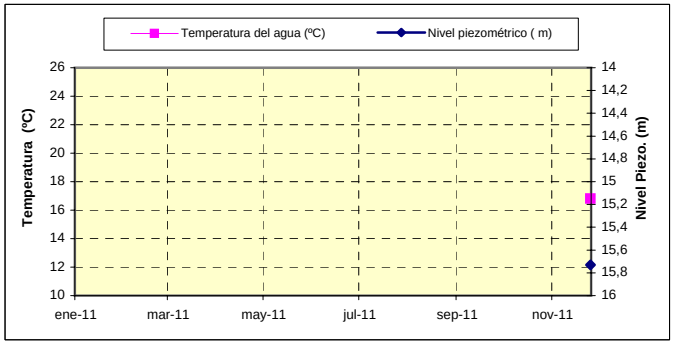



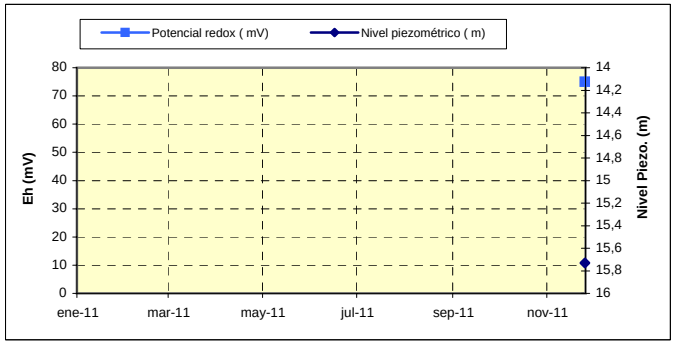




## PARÁMETROS IN SITU



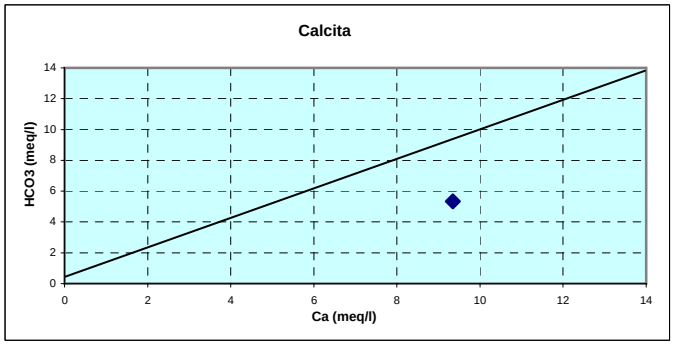



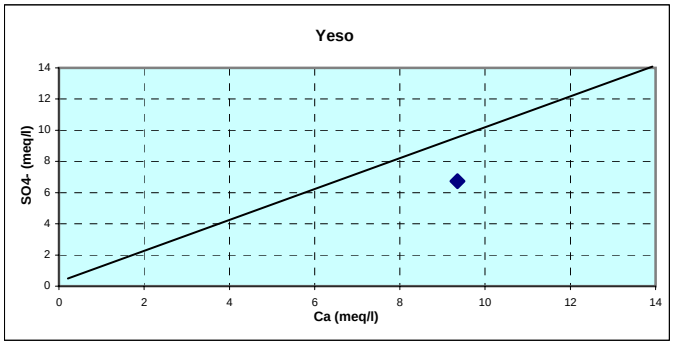
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

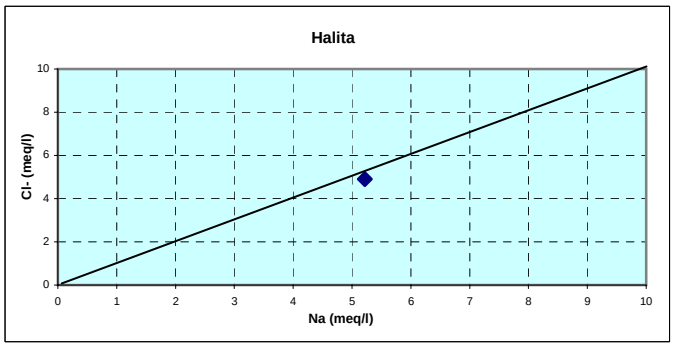


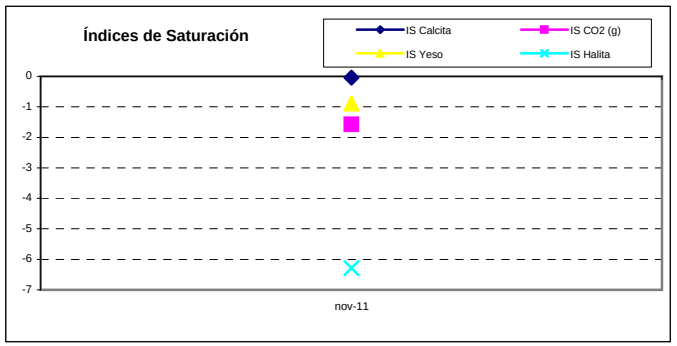
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 22 | **Nº de Registro** | 271540244 |
| **Toponimia** | Residencia Reyes de Aragón (Vertido P-6) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



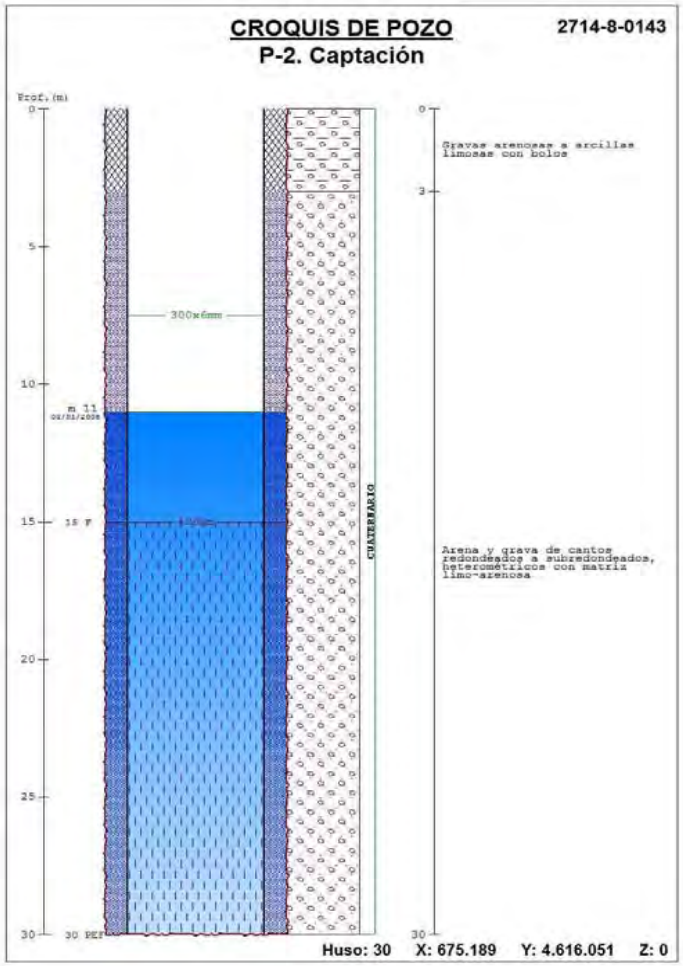



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



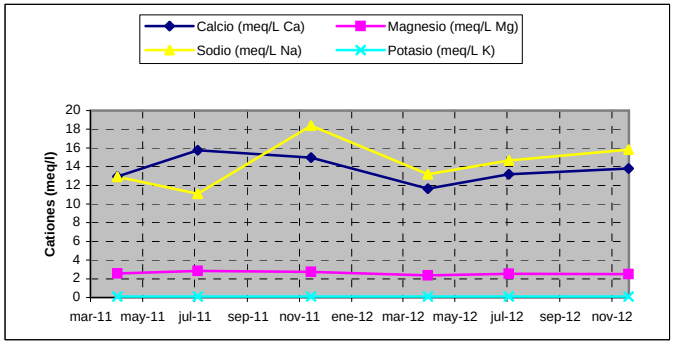
| Nº Orden | 23 |
|---|---|
| **Toponimia** | **CDM Siglo XXI (Pozo Vertido)** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 675130 |
| **Y** | 4616081 |
| **Z** | 198,709 |
| **Nº de Registro** | 271480144 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de conducción en bombeo |

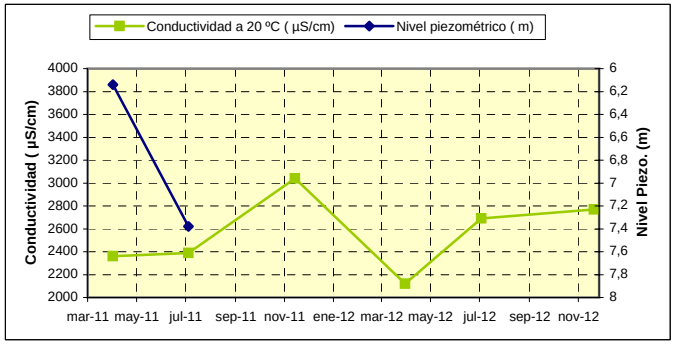


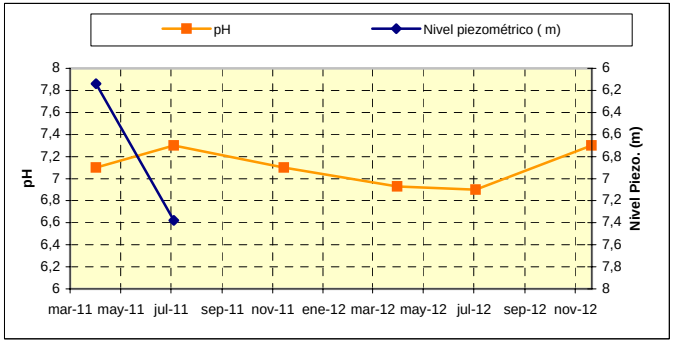
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

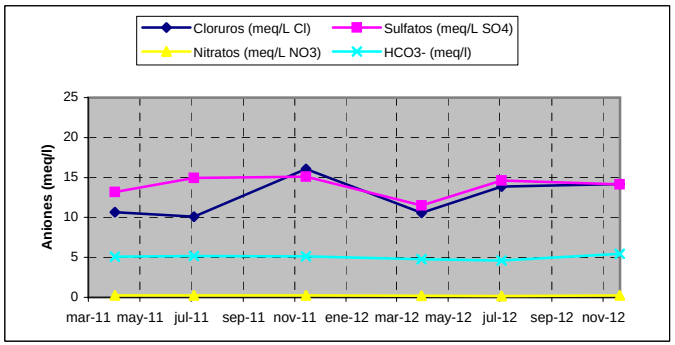
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 23 | **Nº de Registro** | 271480144 |
| **Toponimia** | CDM Siglo XXI (Pozo Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

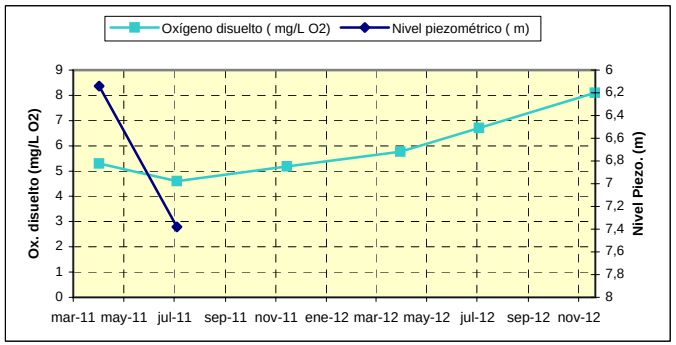
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

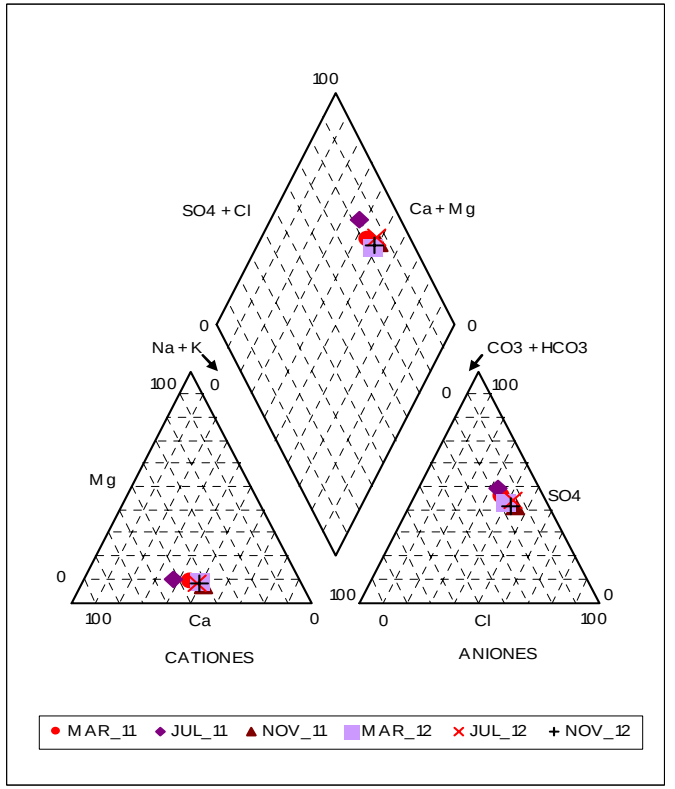


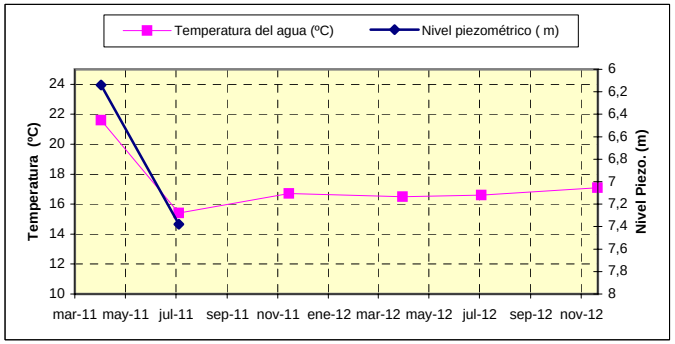



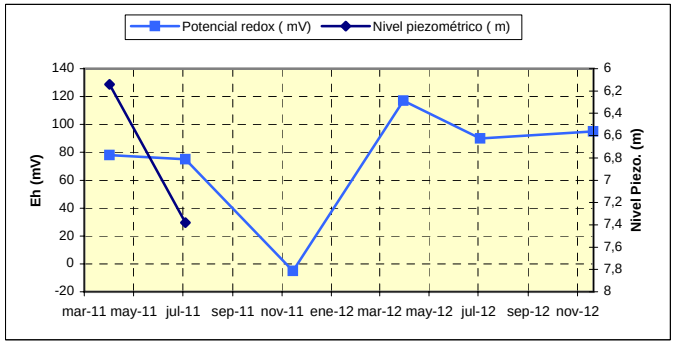




## PARÁMETROS IN SITU



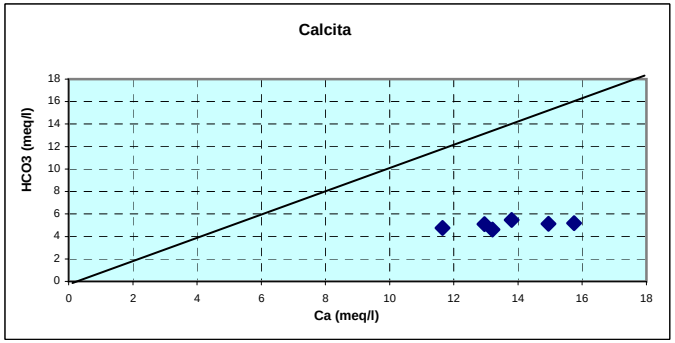



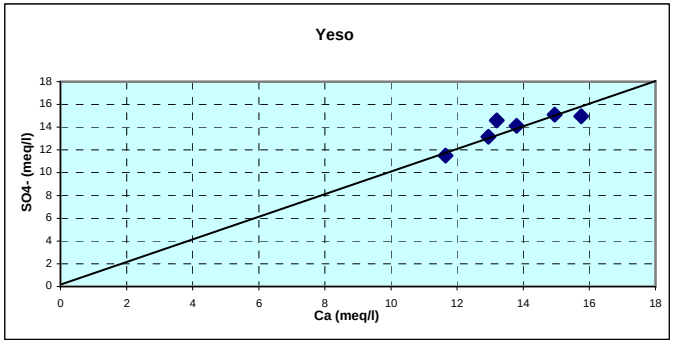
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

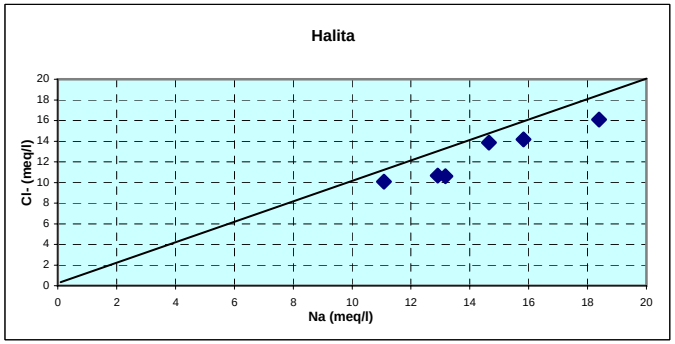


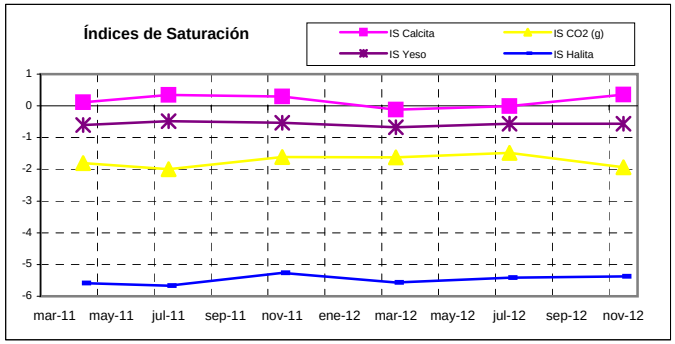
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 23 | **Nº de Registro** | 271480144 |
| **Toponimia** | CDM Siglo XXI (Pozo Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



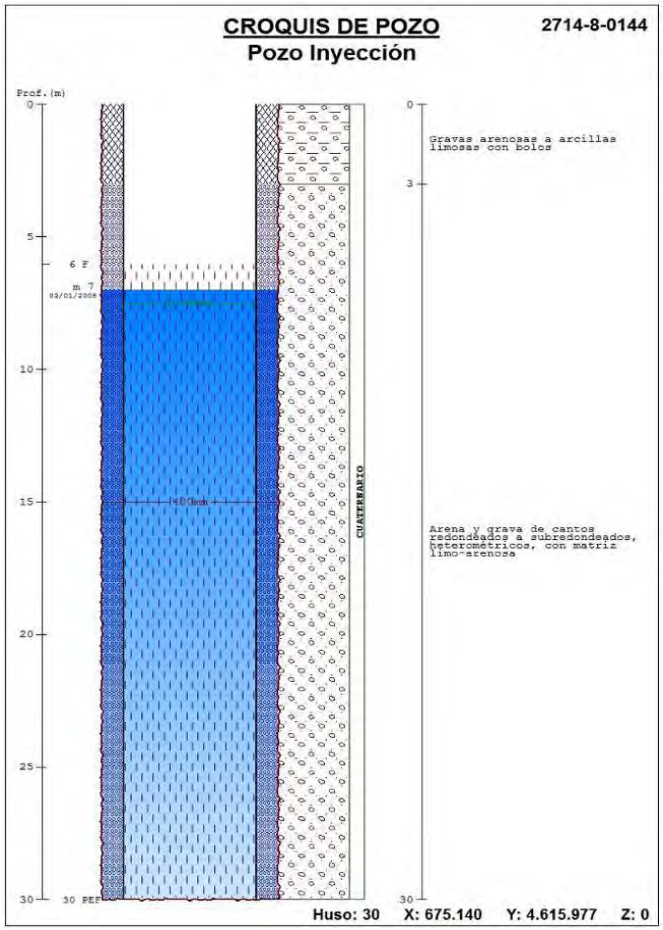



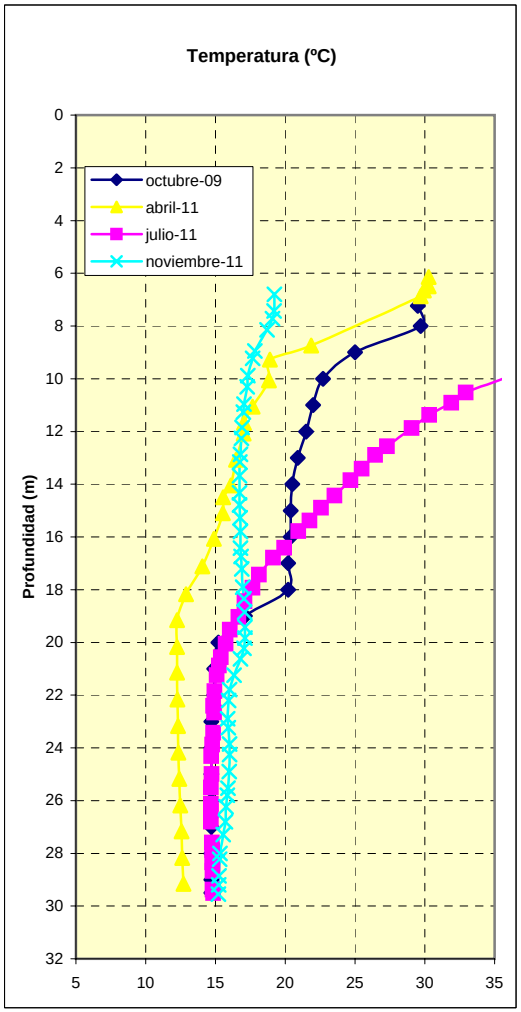



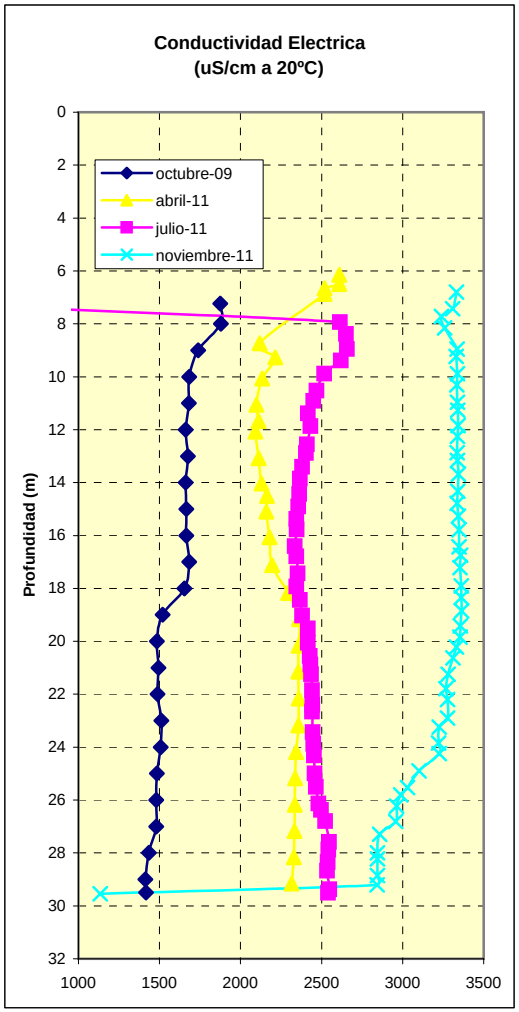
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 24 |
|---|---|
| **Toponimia** | **CDM Siglo XXI (Pozo Vertido)** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 675140 |
| **Y** | 4615977 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271480144 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 10 m |



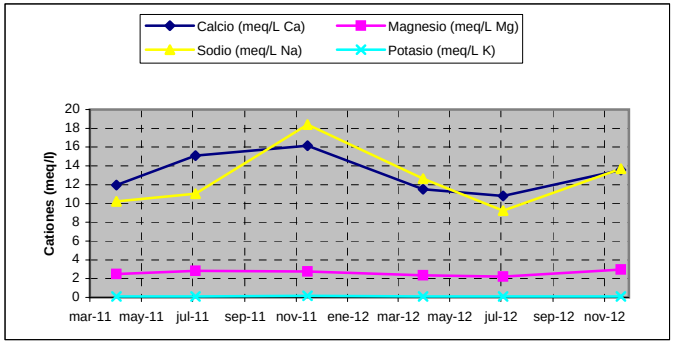



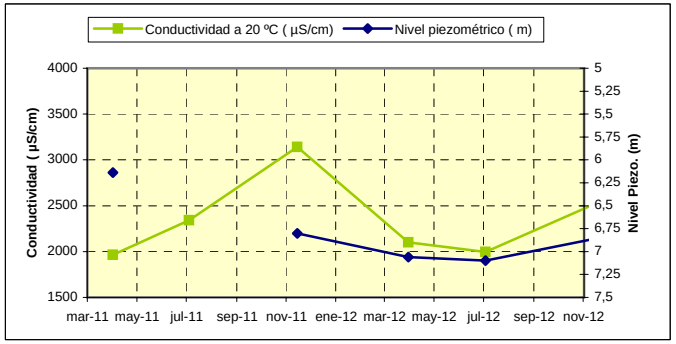



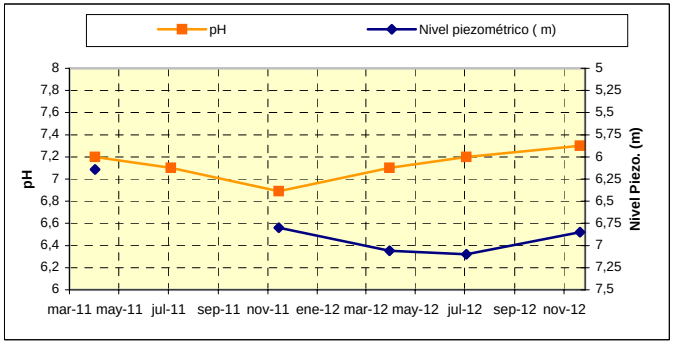
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

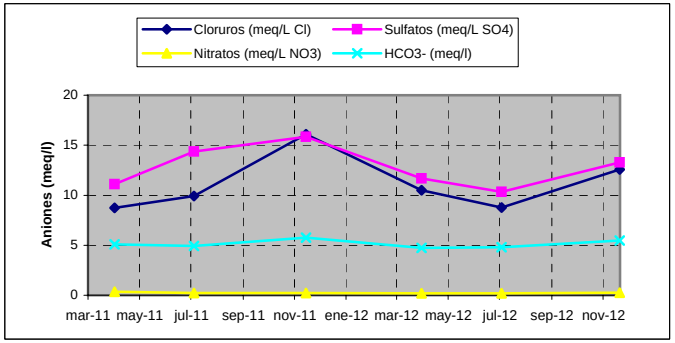
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 24 | **Nº de Registro** | 271480144 |
| **Toponimia** | CDM Siglo XXI (Pozo Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

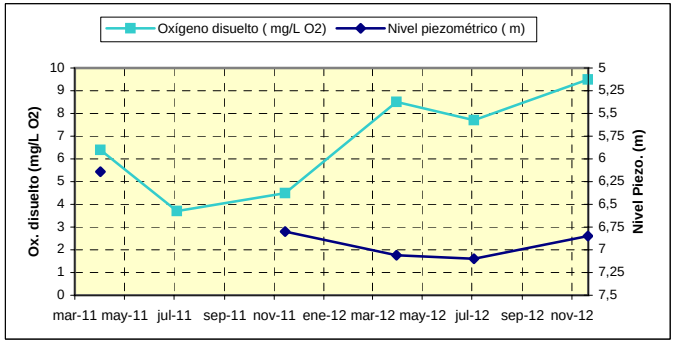
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

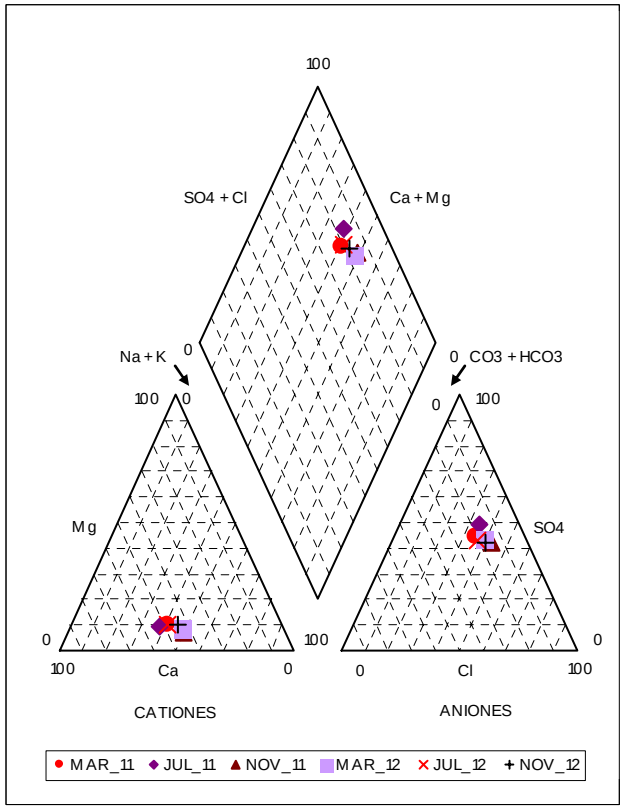


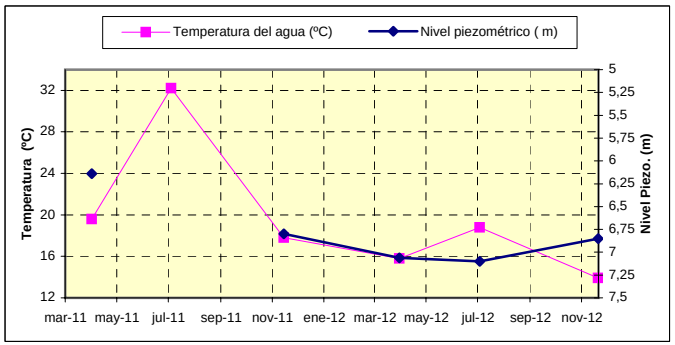



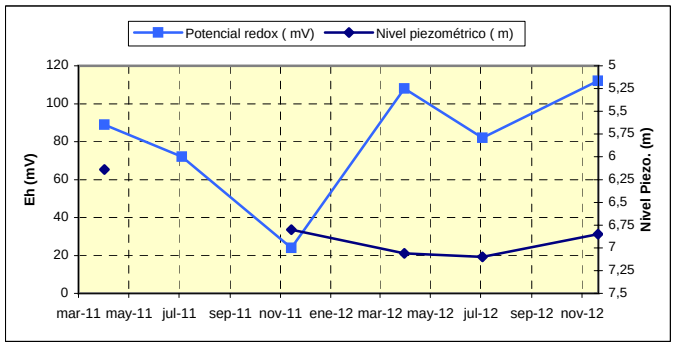




## PARÁMETROS IN SITU



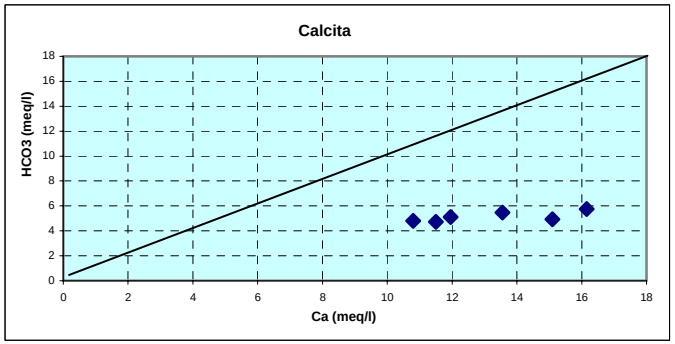



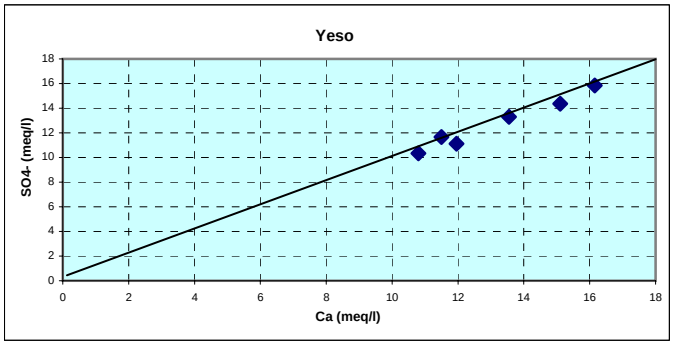
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

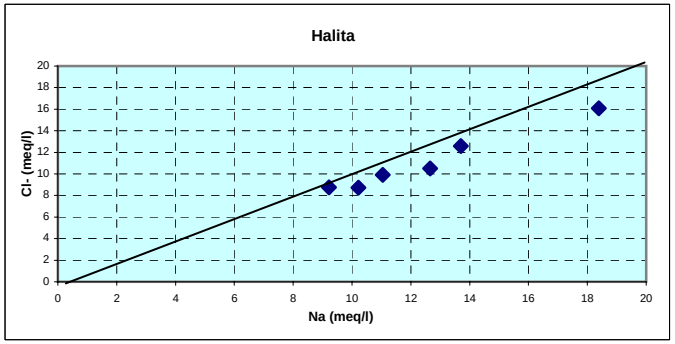


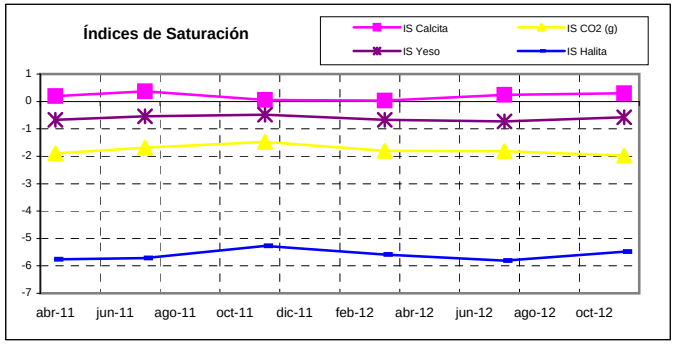
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 24 | **Nº de Registro** | 271480144 |
| **Toponimia** | CDM Siglo XXI (Pozo Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



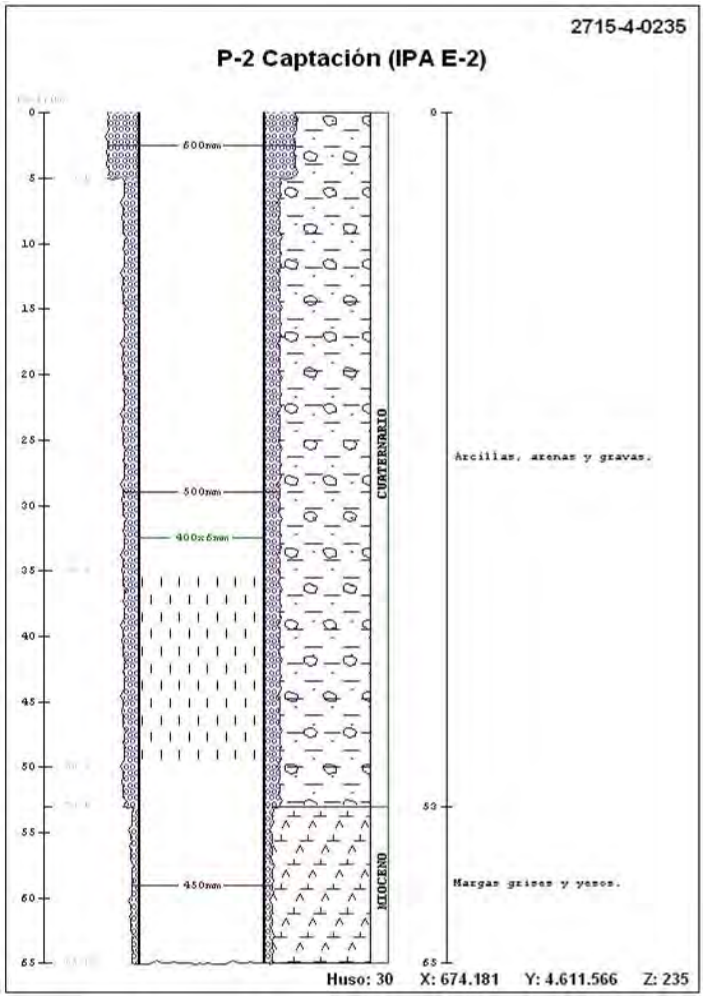



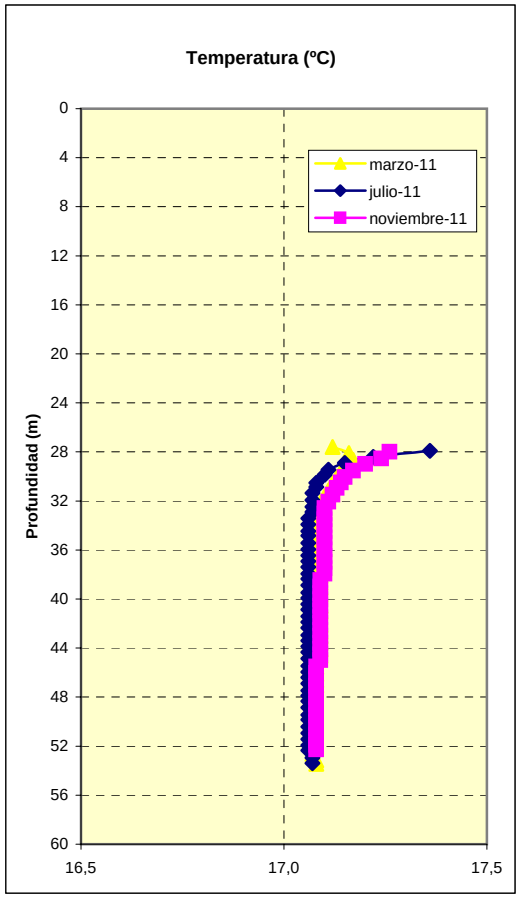



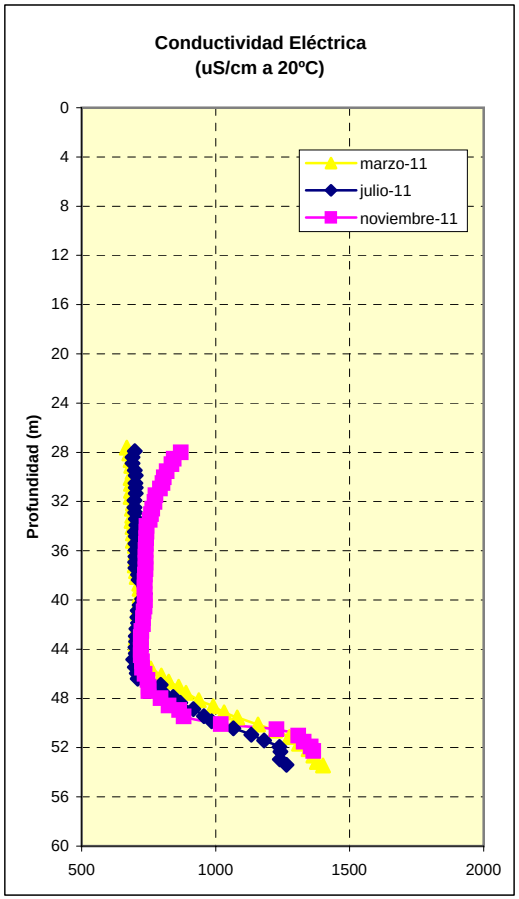
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 25 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Edificio Antiguo Seminario (Pozo 2 Captación)** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 674176 |
| **Y** | 4611574 |
| **Z** | 229,854 |
| **Nº de Registro** | 271540235 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |



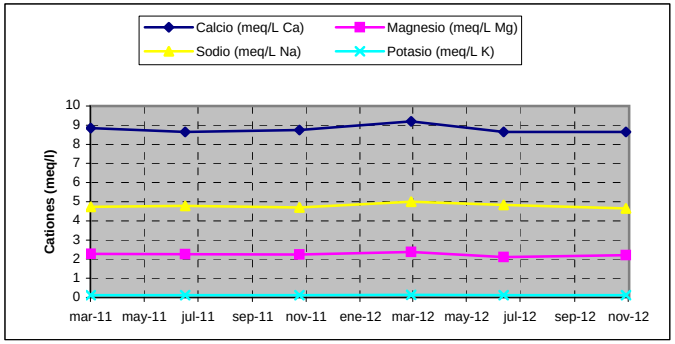



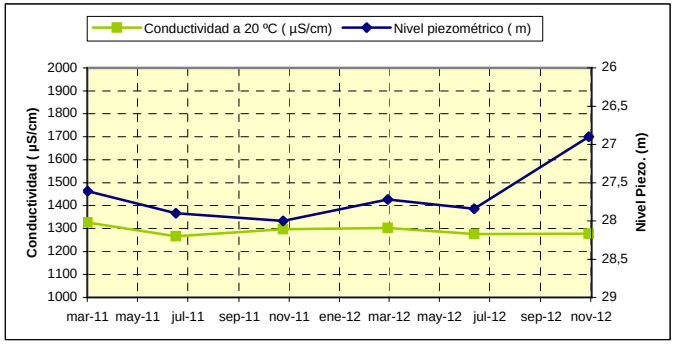



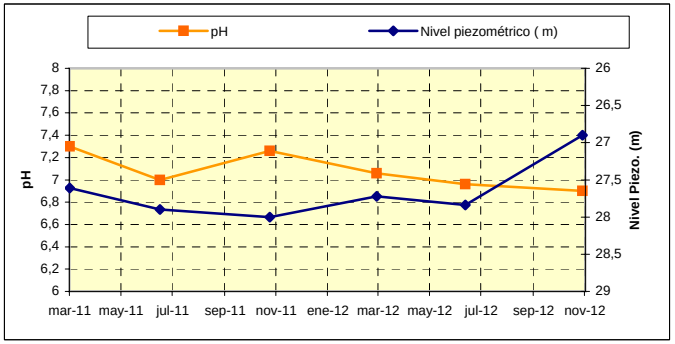
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

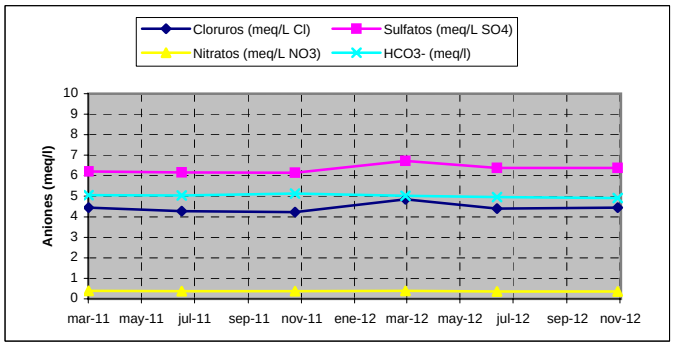
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 25 | **Nº de Registro** | 271540235 |
| **Toponimia** | Edificio Antiguo Seminario (Pozo 2 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

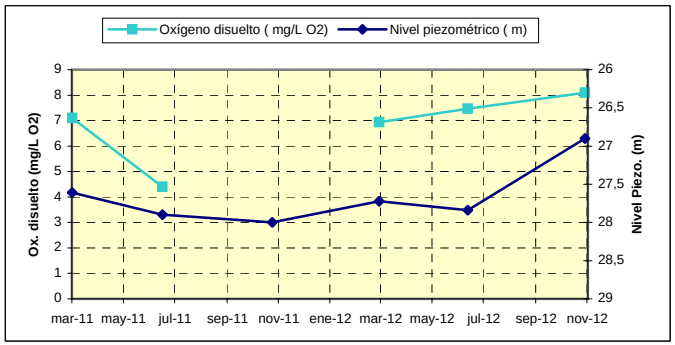
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

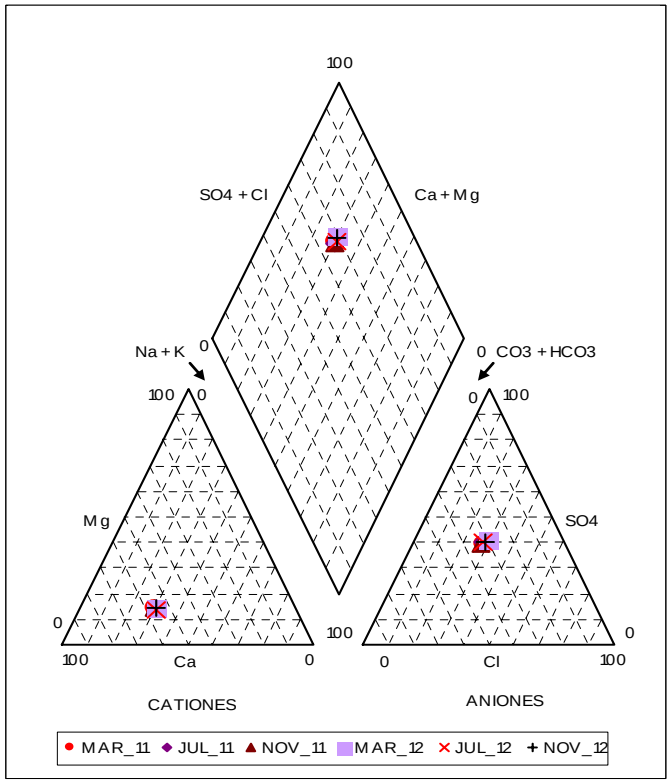


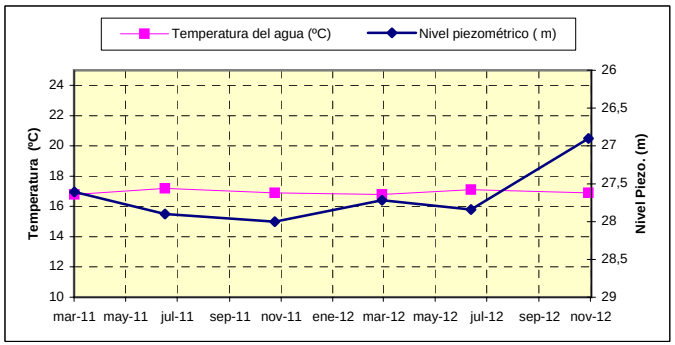



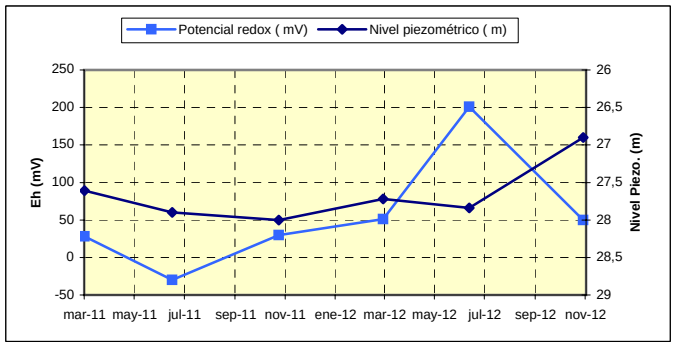




## PARÁMETROS IN SITU

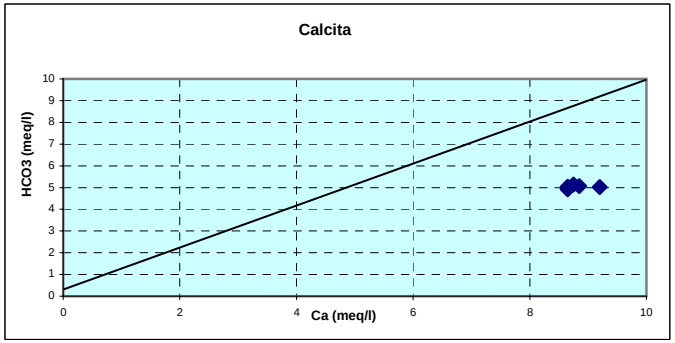


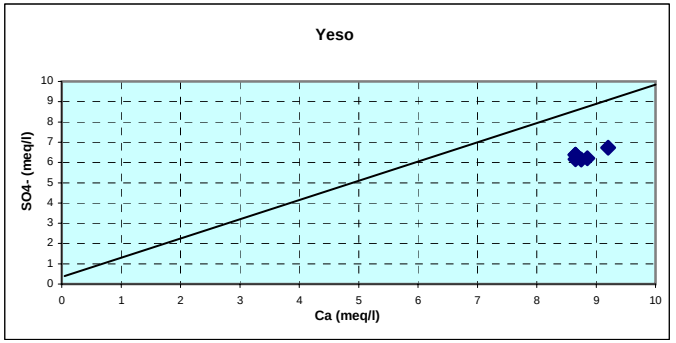



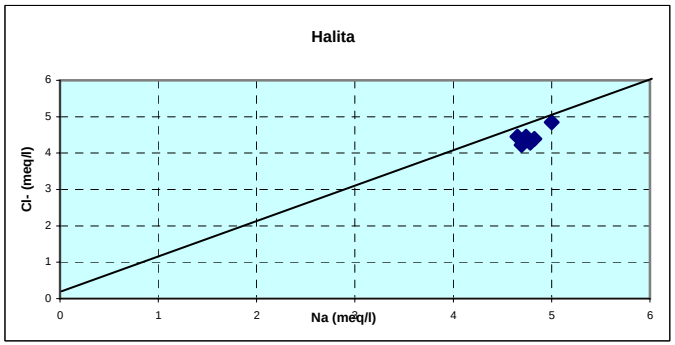
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

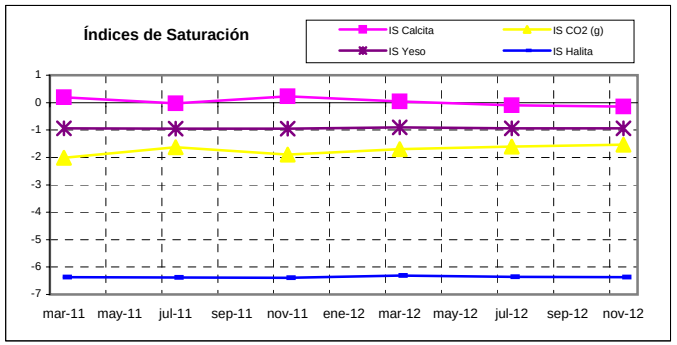
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 25 | **Nº de Registro** | 271540235 |
| **Toponimia** | Edificio Antiguo Seminario (Pozo 2 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



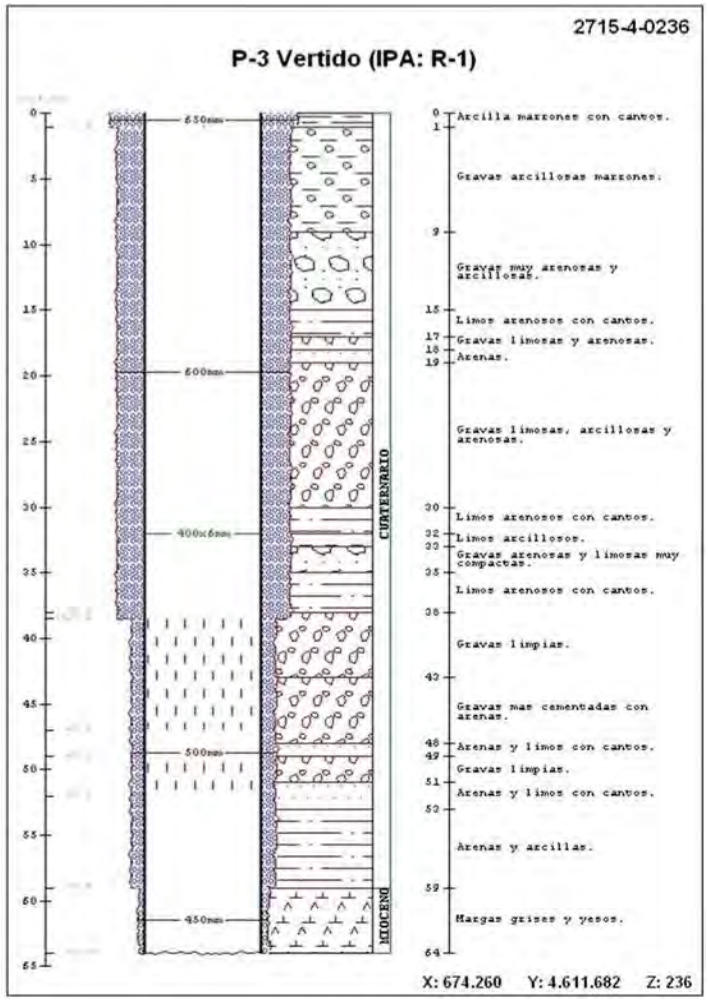



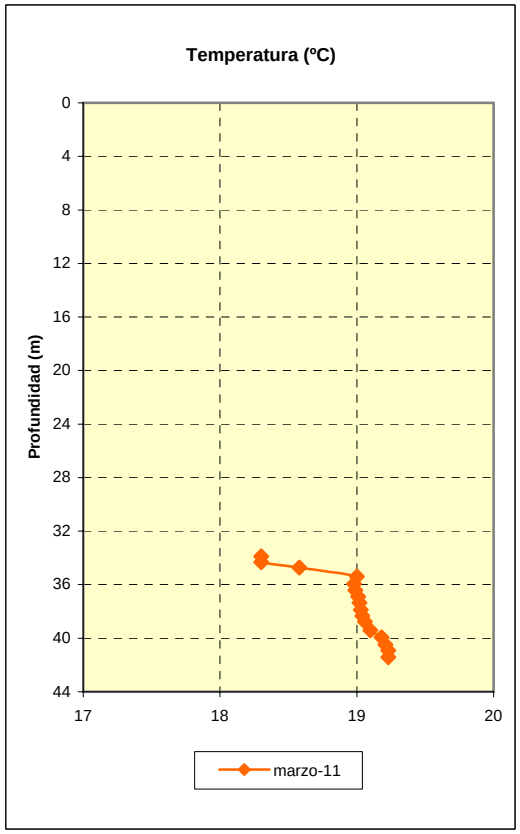



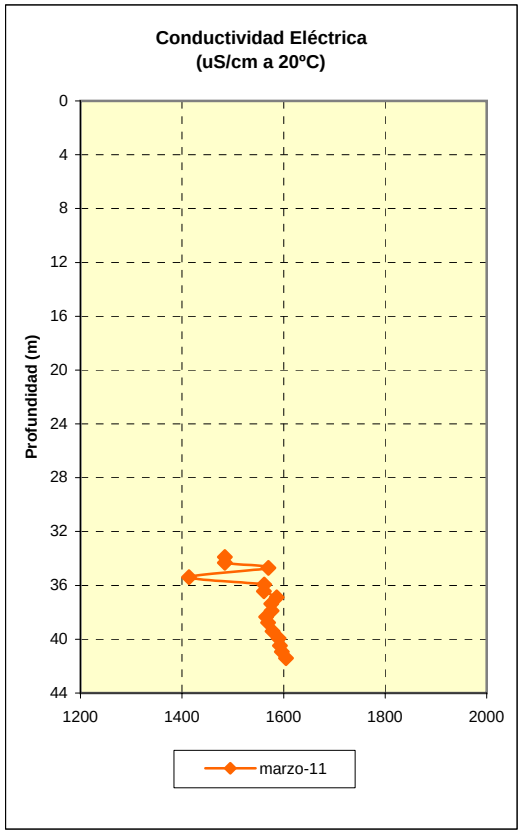
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 26 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Edificio Antiguo Seminario (Pozo 3 Vertido)** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 674260 |
| **Y** | 4611682 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271540236 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Grifo en conducción |



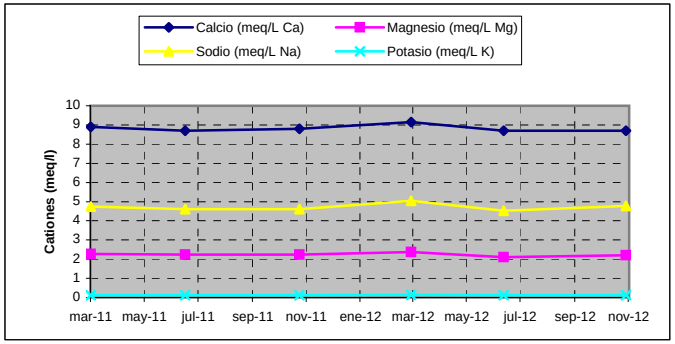



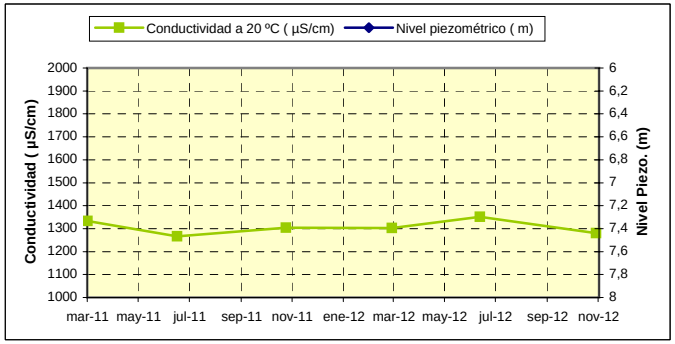



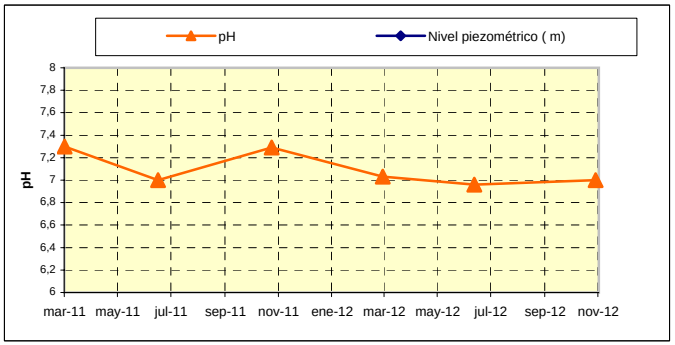
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

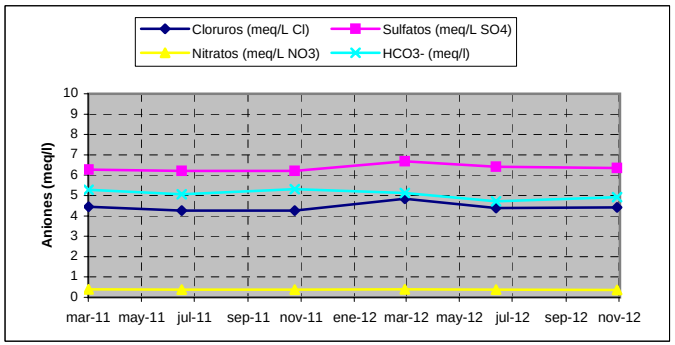
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 26 | **Nº de Registro** | 271540236 |
| **Toponimia** | Edificio Antiguo Seminario (Pozo 3 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

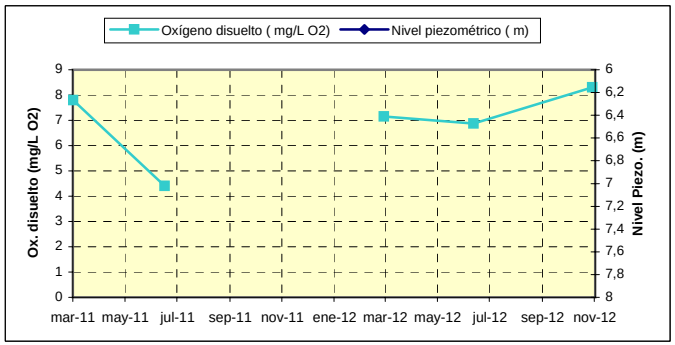
## ELEMENTOS MAYORITARIOS



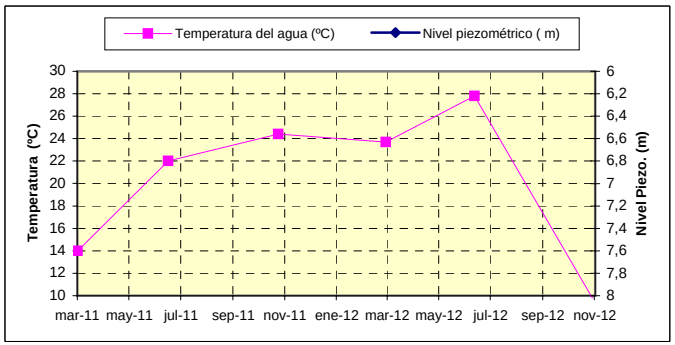



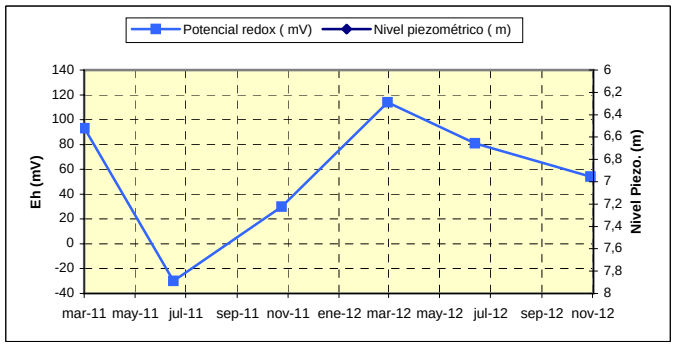



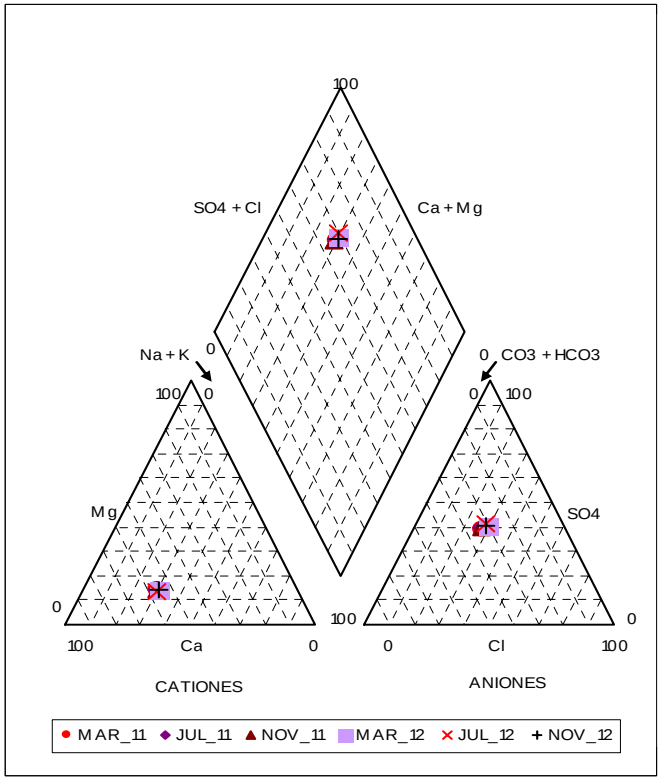




## PARÁMETROS IN SITU



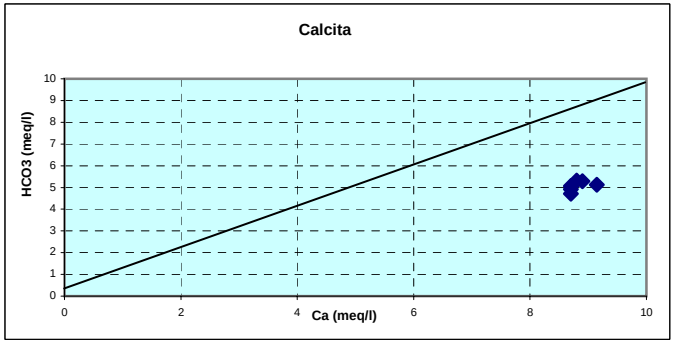



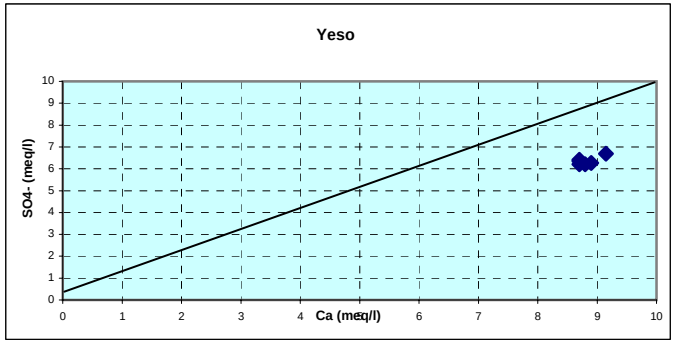
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

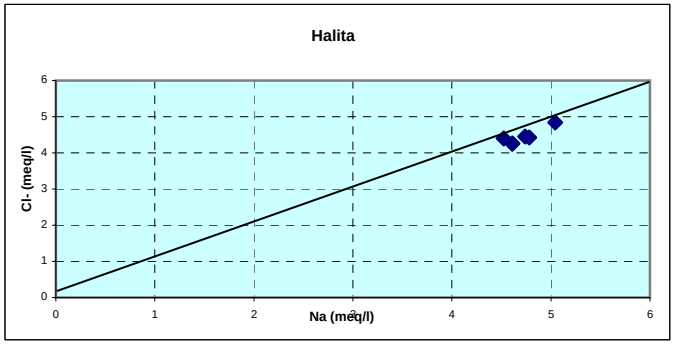


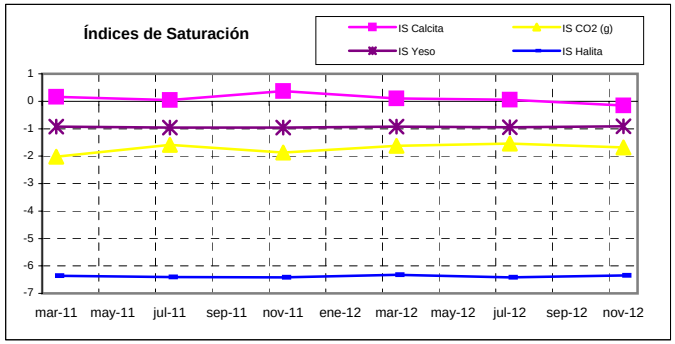
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 26 | **Nº de Registro** | 271540236 |
| **Toponimia** | Edificio Antiguo Seminario (Pozo 3 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



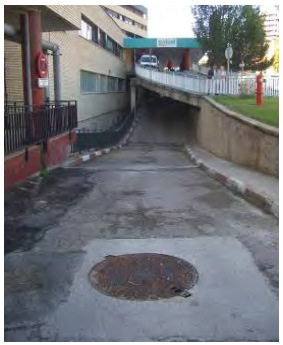



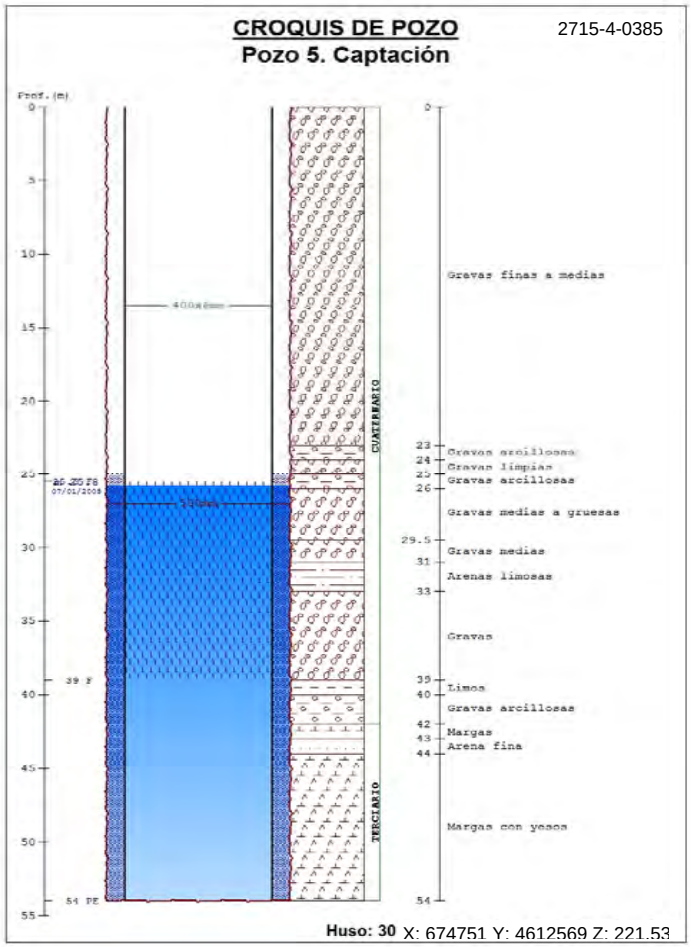



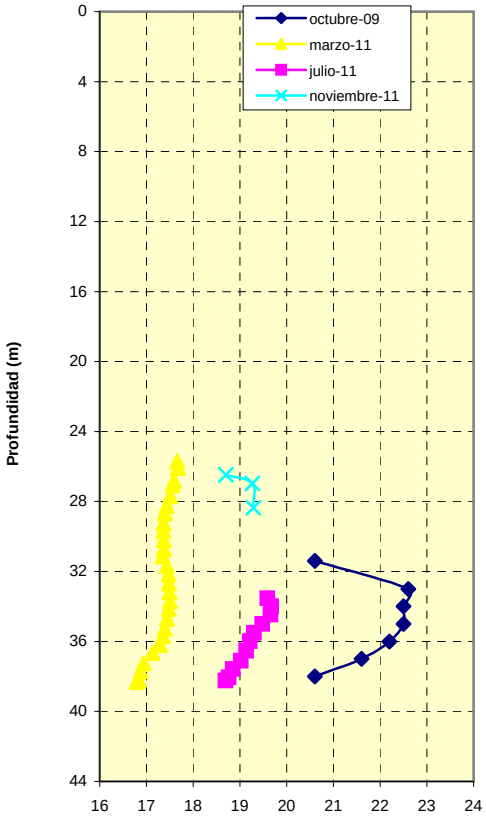
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

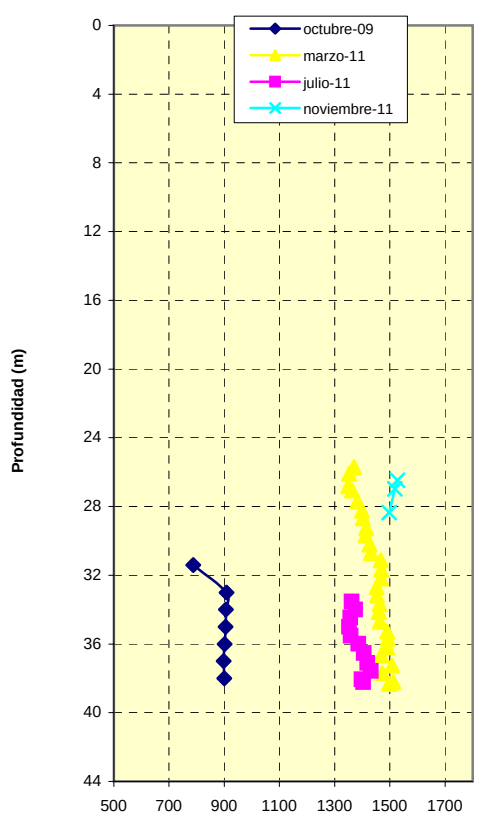


| Nº Orden | 27 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Hospital Clínico (Pozo 5)** |
| **Titular** | Gobierno de Aragón Departamento de Sanidad |
| **X** | 674761 |
| **Y** | 4612572 |
| **Z** | 221,53 |
| **Nº de Registro** | 271540385 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |





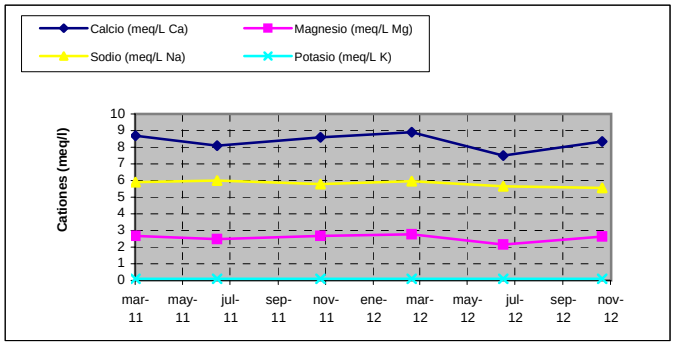



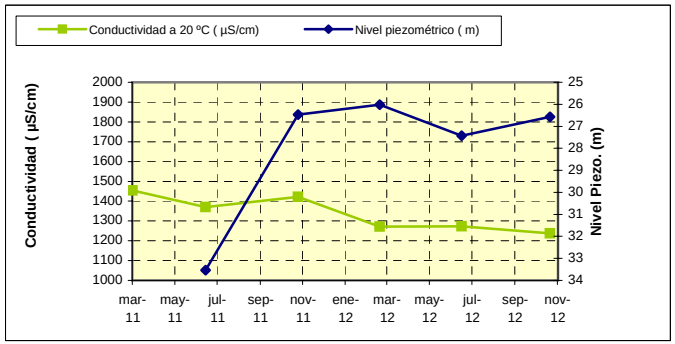



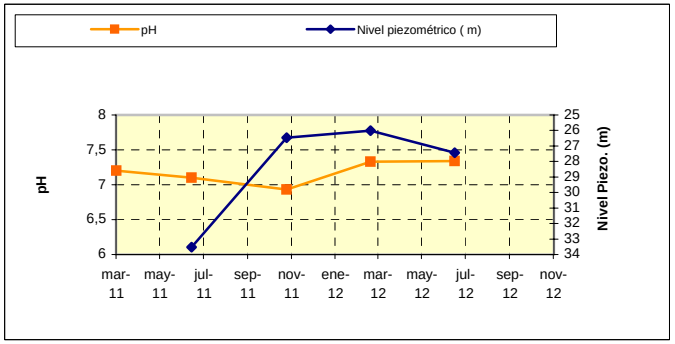
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

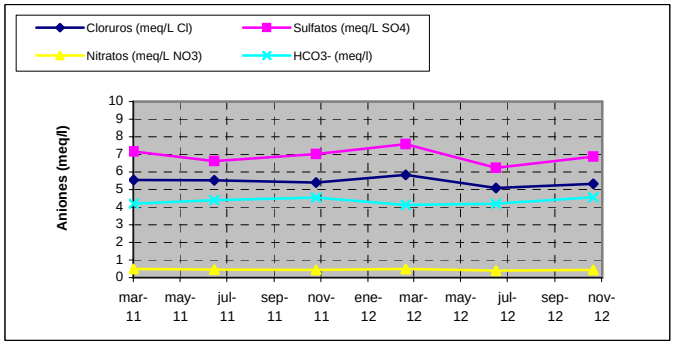
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 27 | **Nº de Registro** | 271540385 |
| **Toponimia** | Hospital Clínico (Pozo 5) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

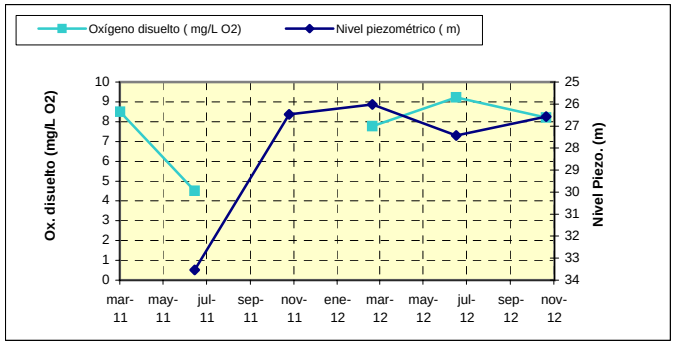
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

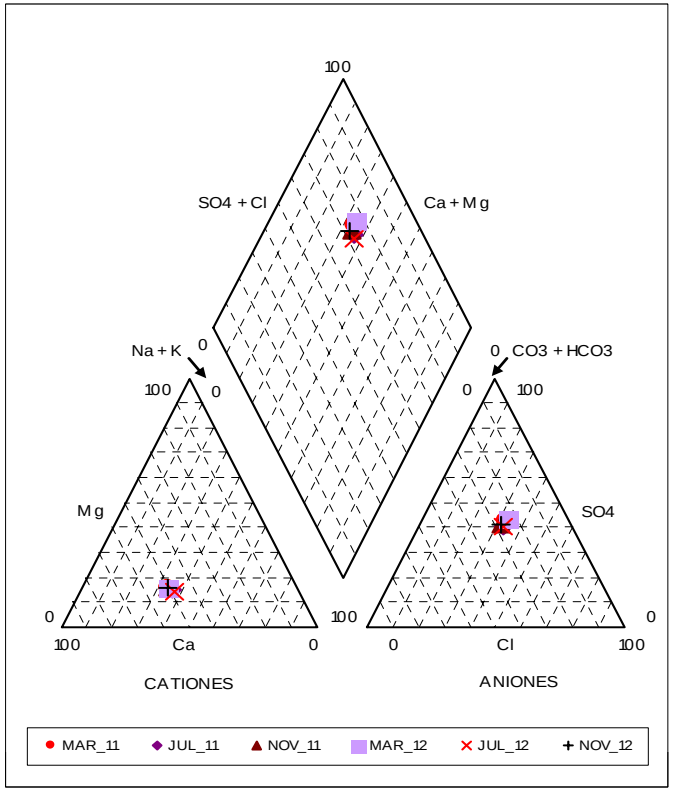


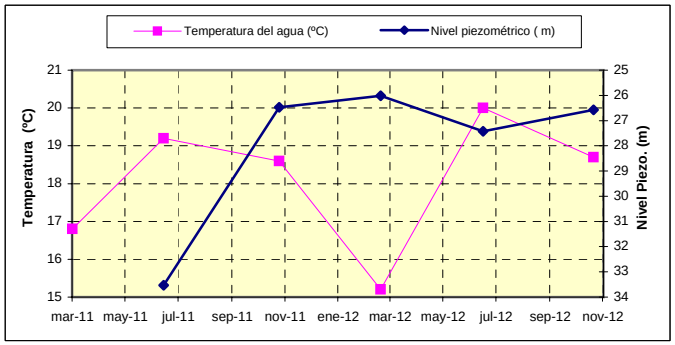



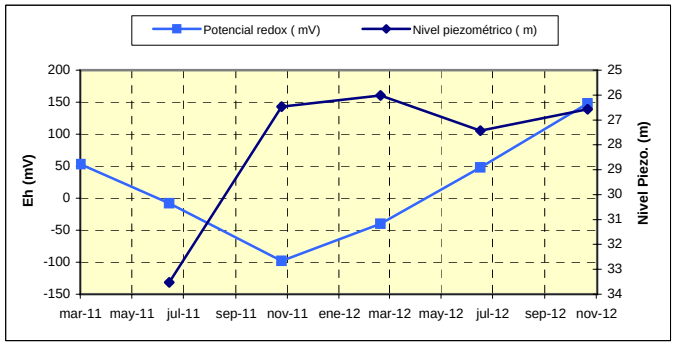




## PARÁMETROS IN SITU



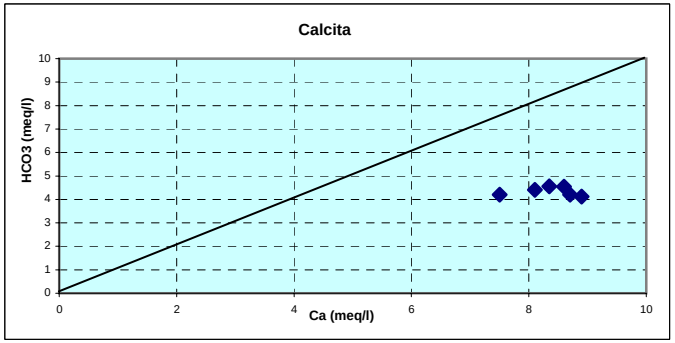



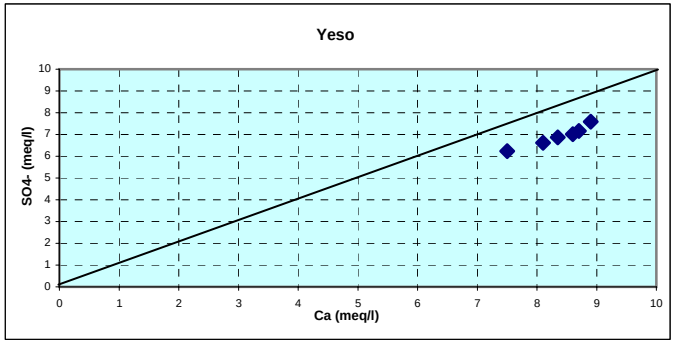
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

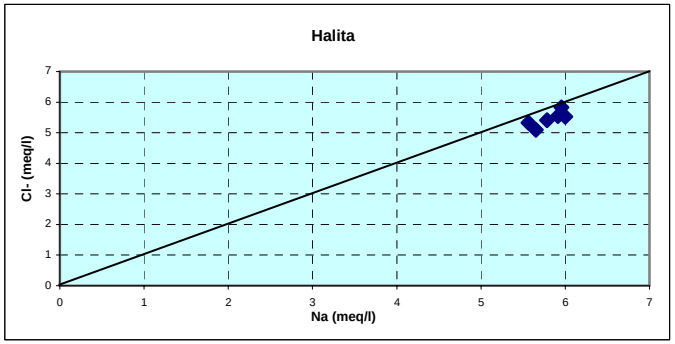


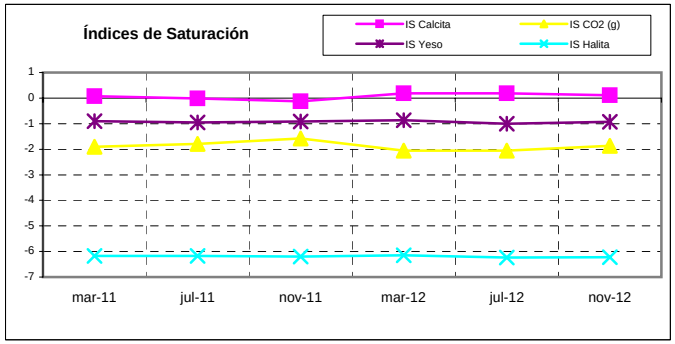
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 27 | **Nº de Registro** | 271540385 |
| **Toponimia** | Hospital Clínico (Pozo 5) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



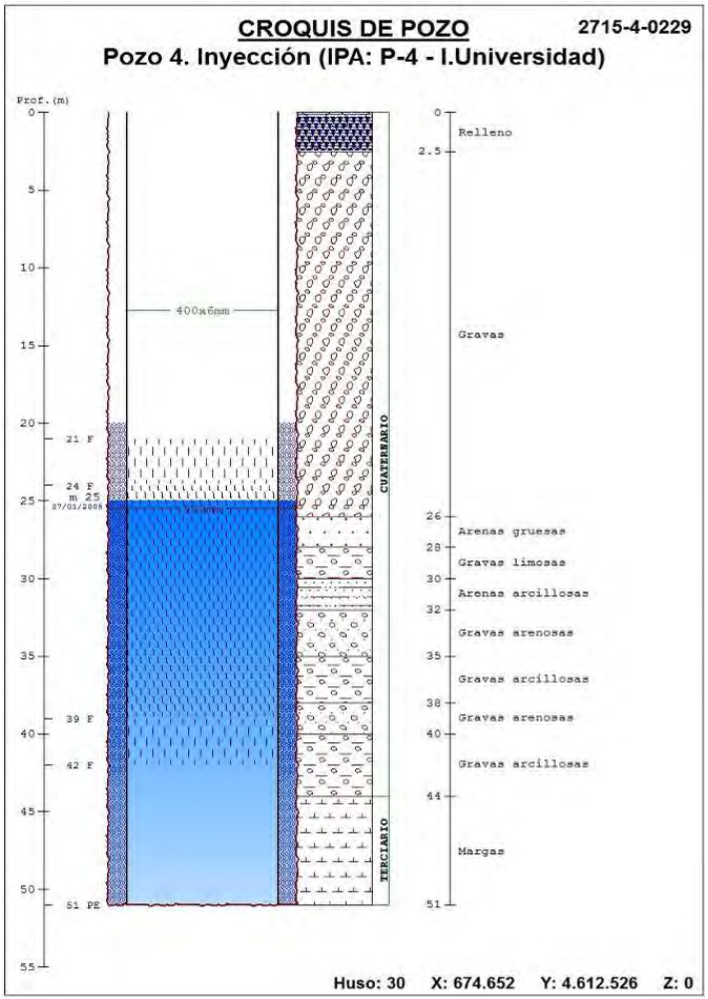



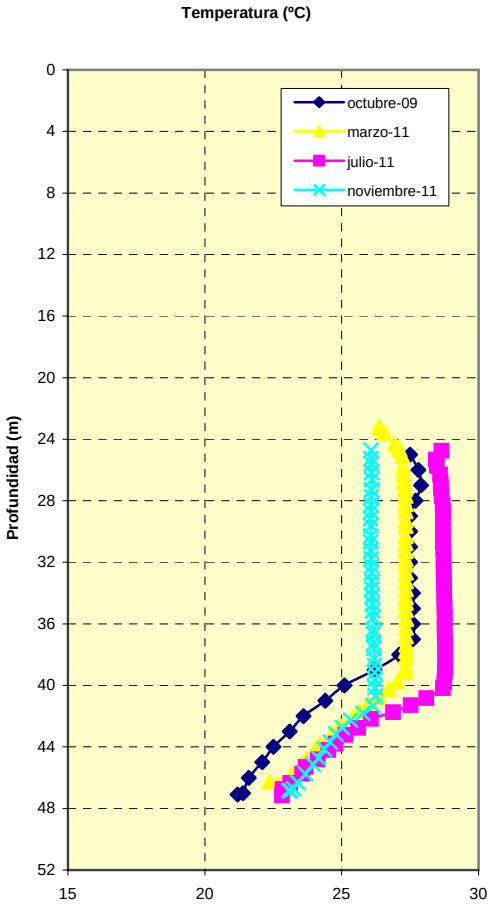



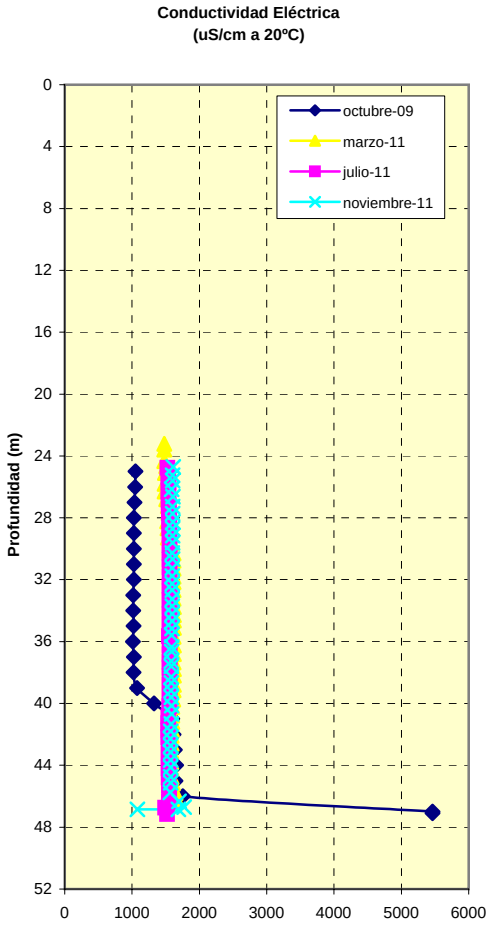
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 28 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Hospital Clínico (Pozo 4 Inyección Universidad)** |
| **Titular** | Gobierno de Aragón Departamento de Sanidad |
| **X** | 674789 |
| **Y** | 4612450 |
| **Z** | 220,141 |
| **Nº de Registro** | 271540229 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 30 m |



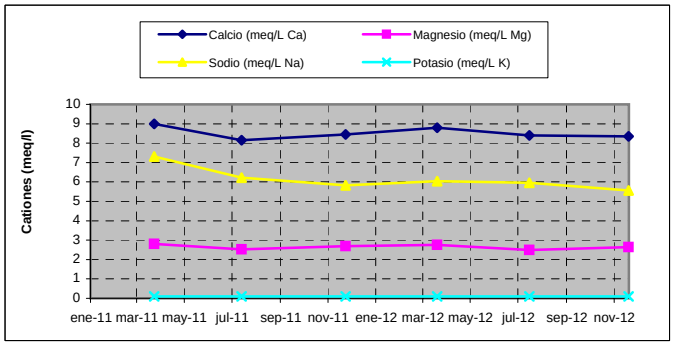



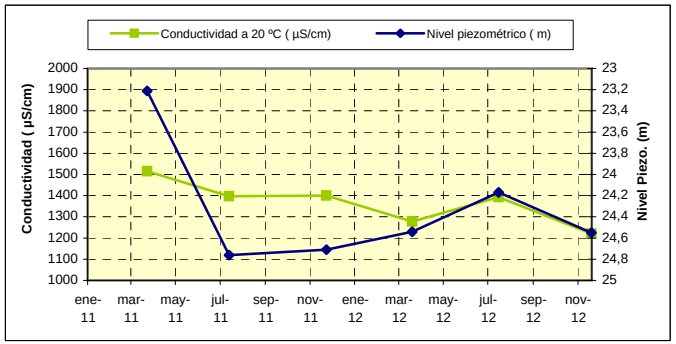



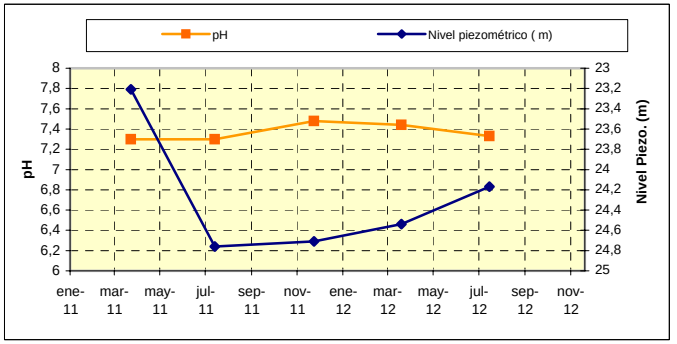
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

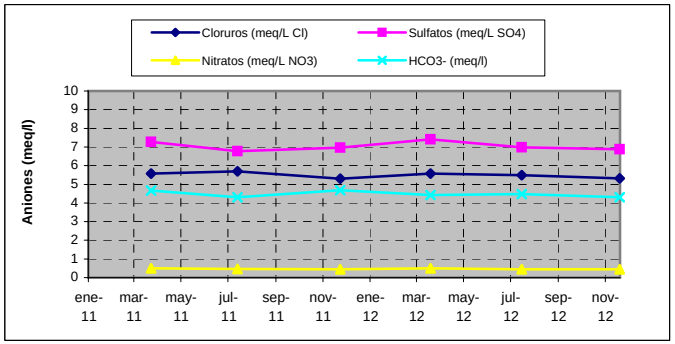
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 28 | **Nº de Registro** | 271540229 |
| **Toponimia** | Hospital Clínico (Pozo 4 Inyección Universidad) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

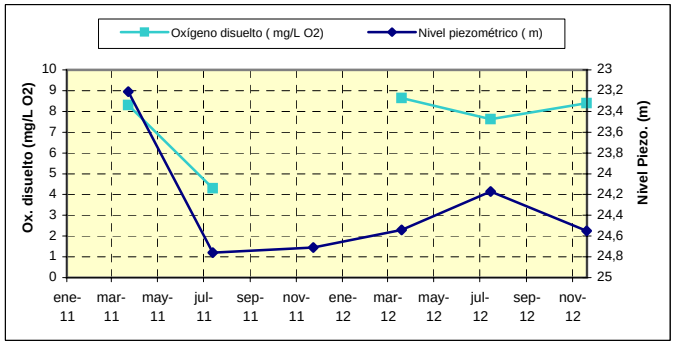
## ELEMENTOS MAYORITARIOS



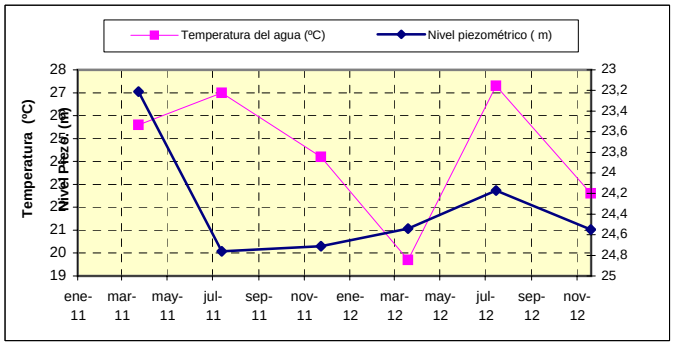



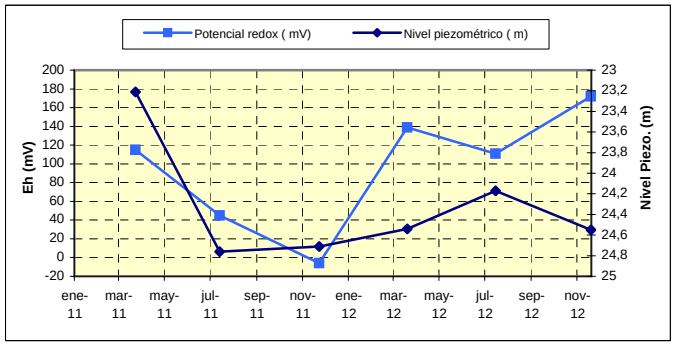



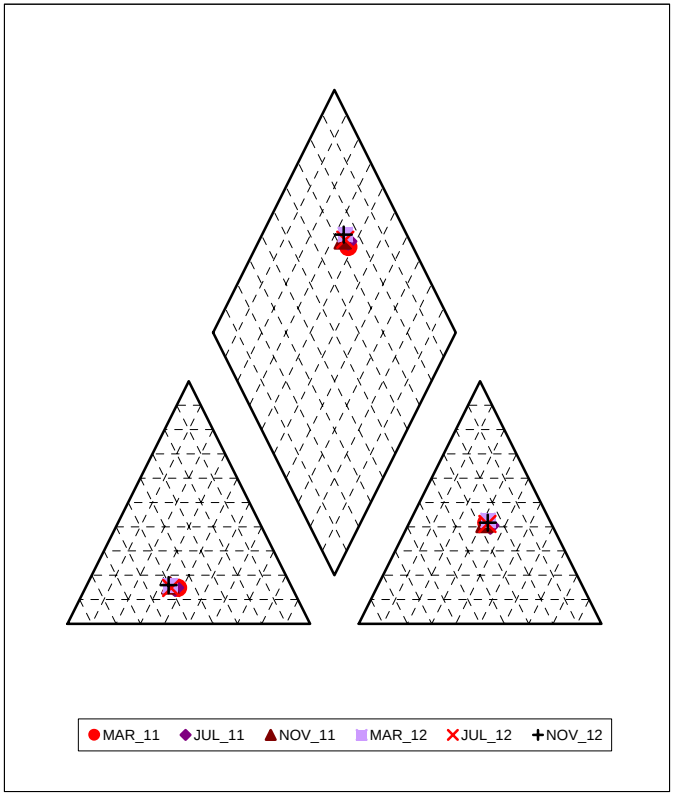




## PARÁMETROS IN SITU



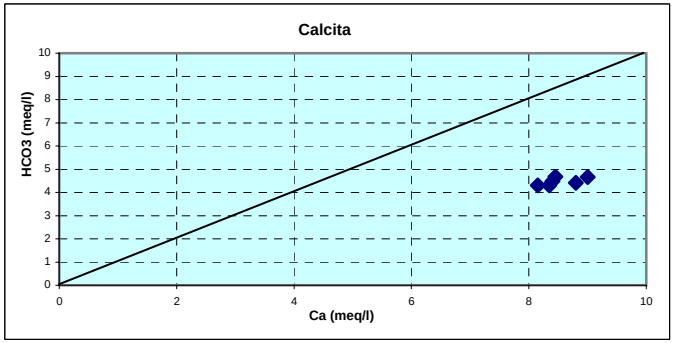



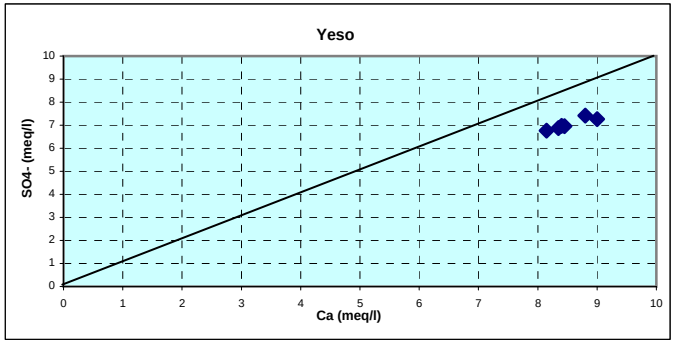
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

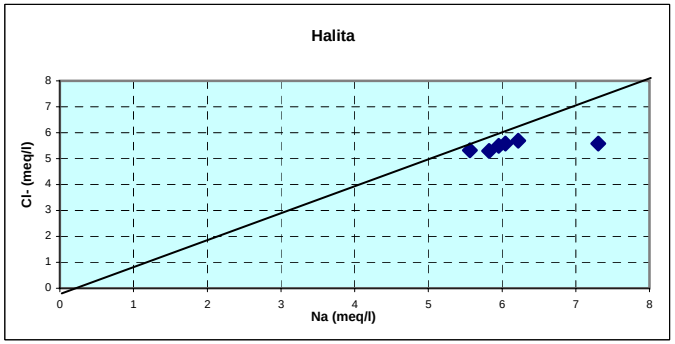


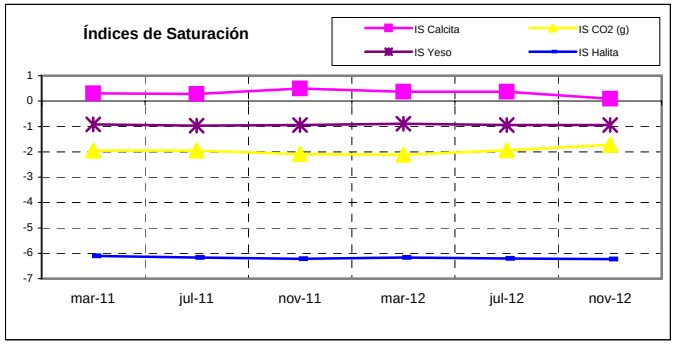
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 28 | **Nº de Registro** | 271540229 |
| **Toponimia** | Hospital Clínico (Pozo 4 Inyección Universidad) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



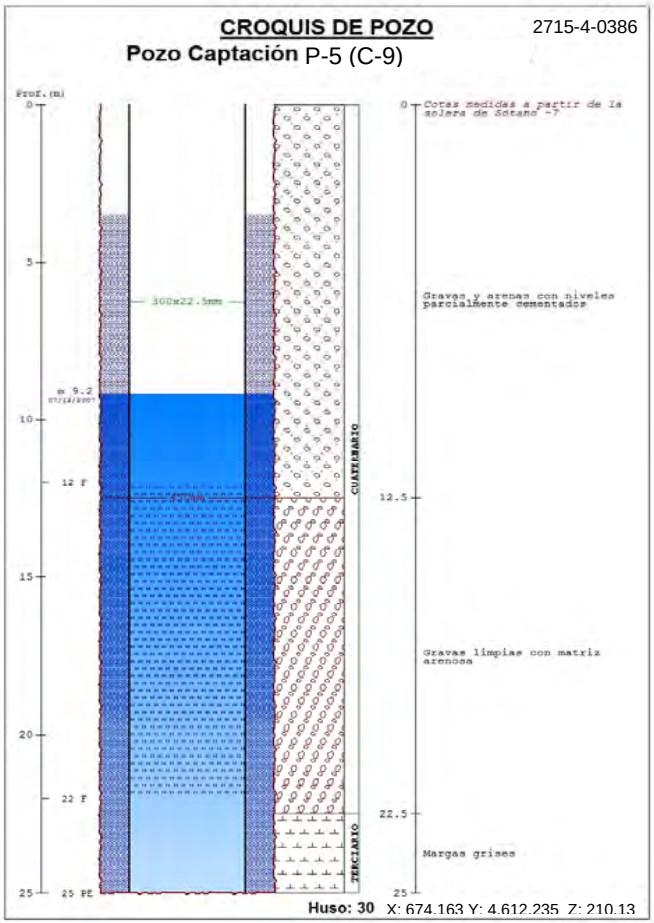



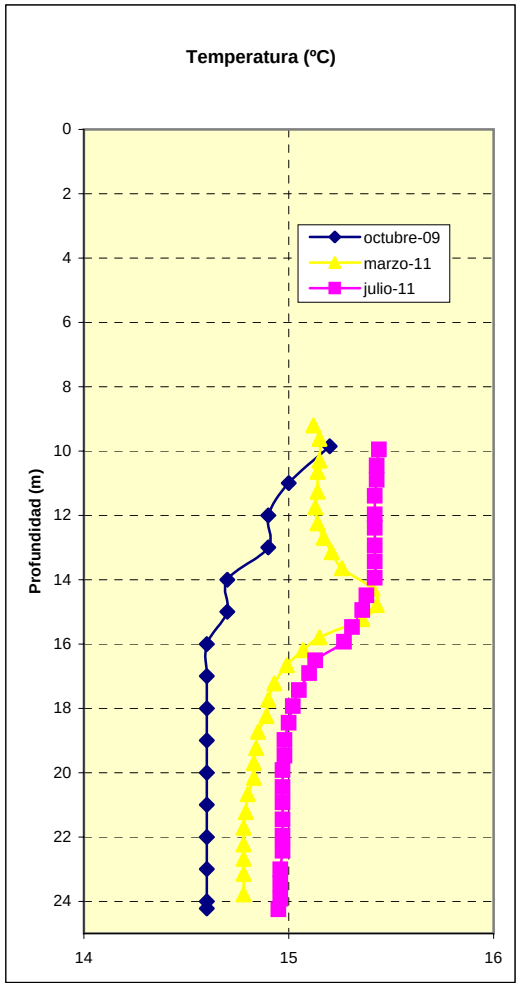



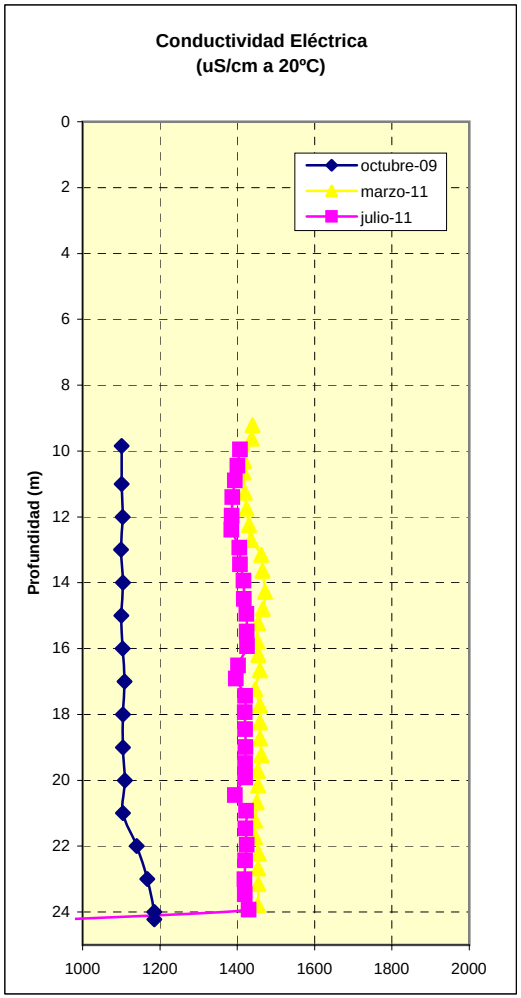
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 29 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Aragonia Pozo 5 (P-9 según mantenimiento)** |
| **Titular** | Zaragoza Urbana S.A. |
| **X** | 674173 |
| **Y** | 4612231 |
| **Z** | 211,081 |
| **Nº de Registro** | 271540386 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de conducción en bombeo |



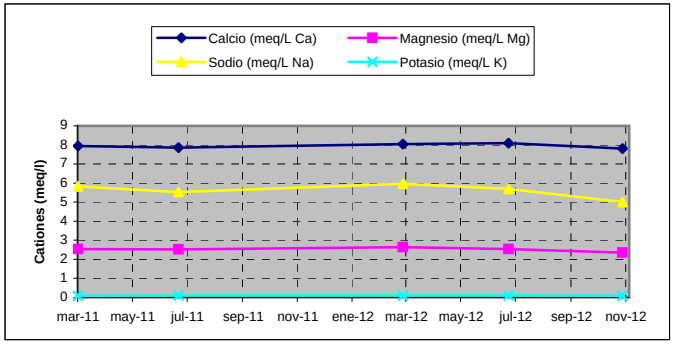



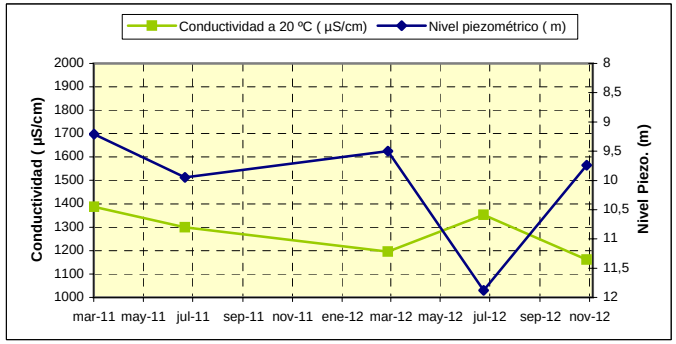



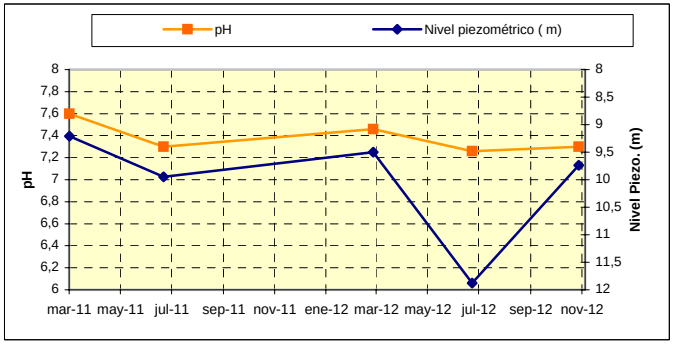
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

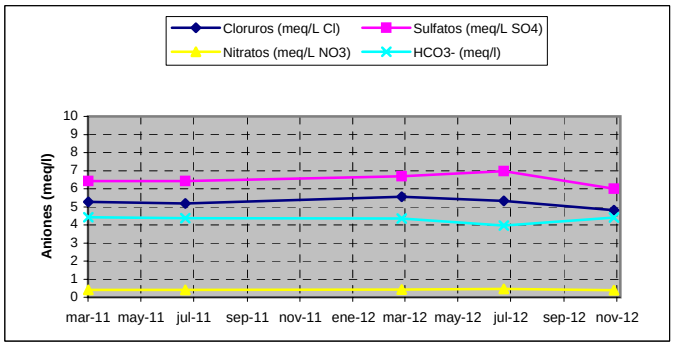
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 29 | **Nº de Registro** | 271540386 |
| **Toponimia** | Aragonia Pozo 5 (P-9 según mantenimiento) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

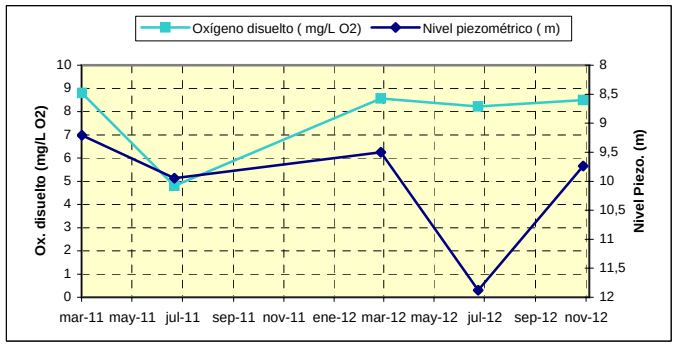
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

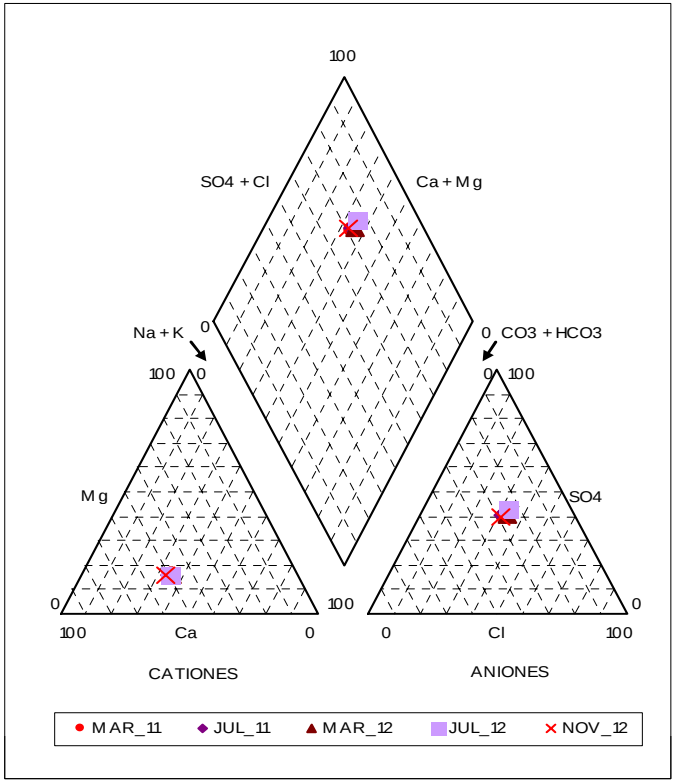


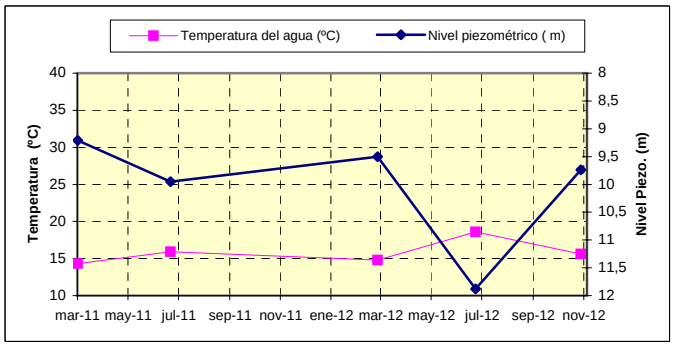



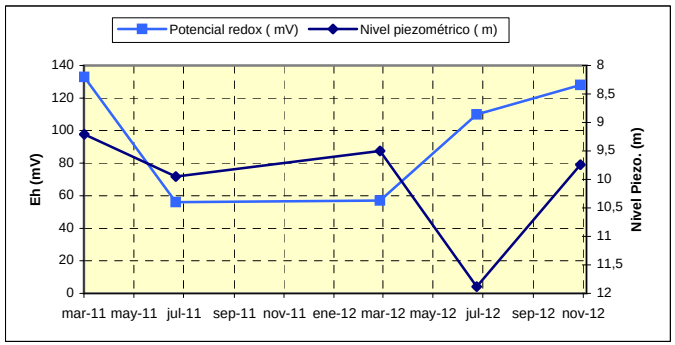




## PARÁMETROS IN SITU



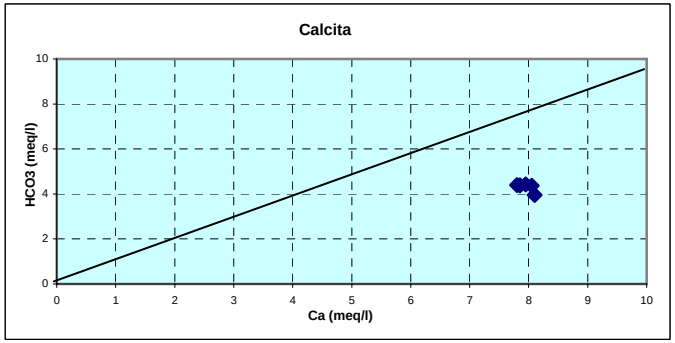



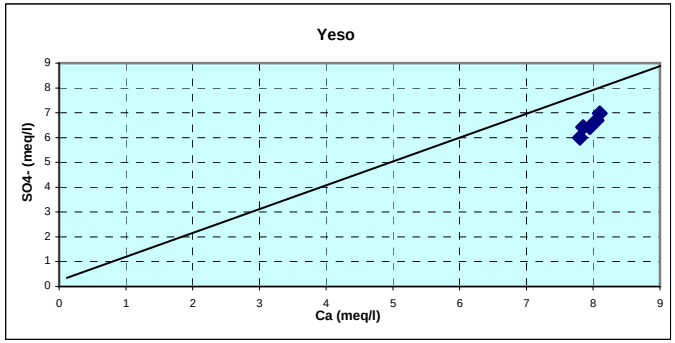
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

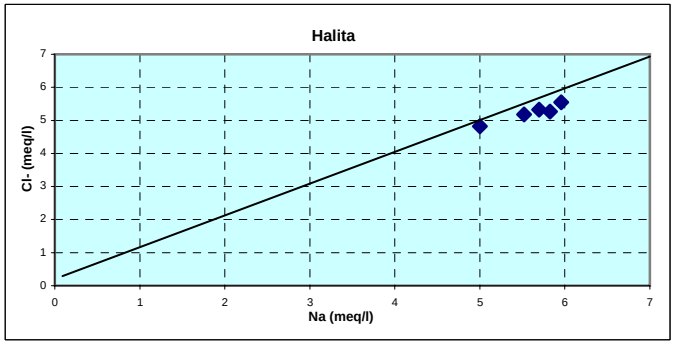


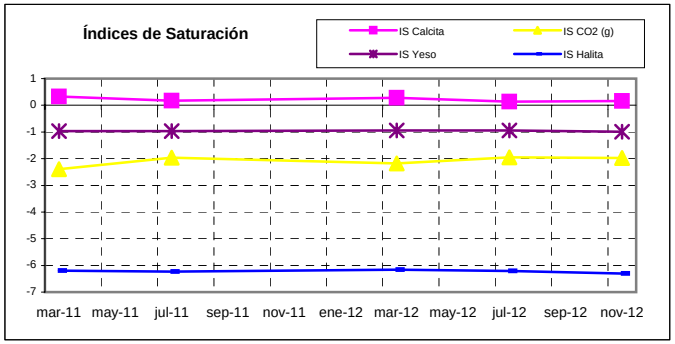
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 29 | **Nº de Registro** | 271540386 |
| **Toponimia** | Aragonia Pozo 5 (P-9 según mantenimiento) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



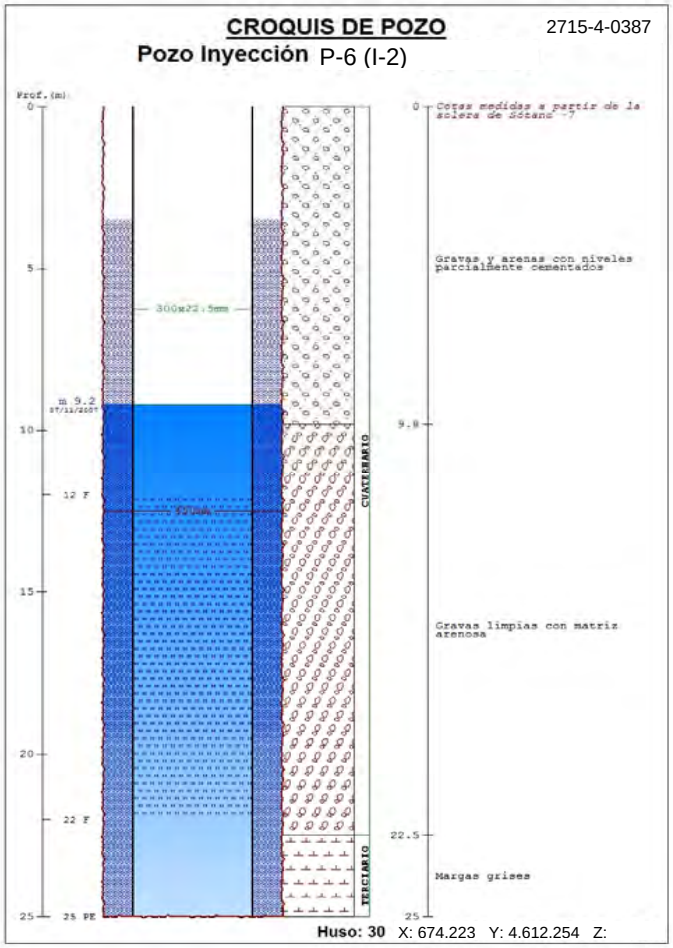



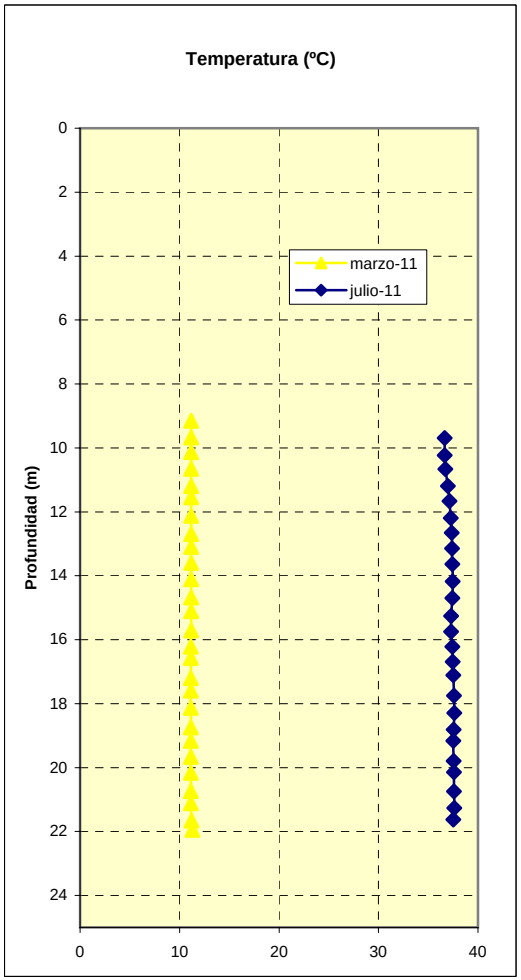



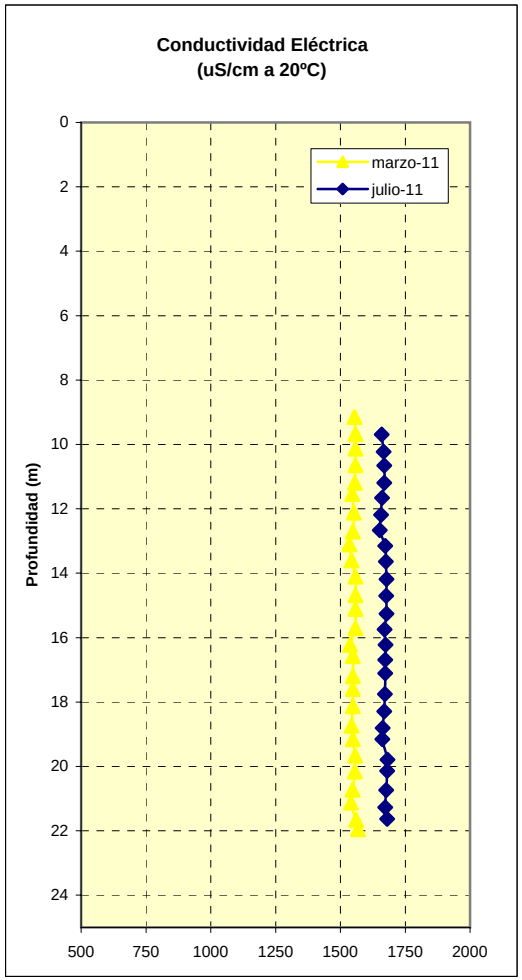
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 30 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Aragonia (Pozo 6 Vertido)** |
| **Titular** | Zaragoza Urbana S.A. |
| **X** | 674222 |
| **Y** | 4612252 |
| **Z** | 211,061 |
| **Nº de Registro** | 271540387 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 1 m bajo nivel freático |



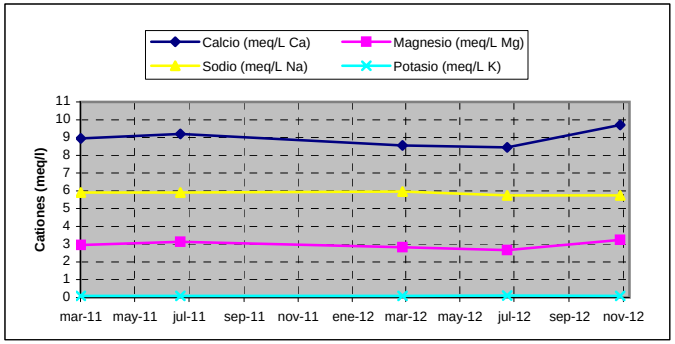



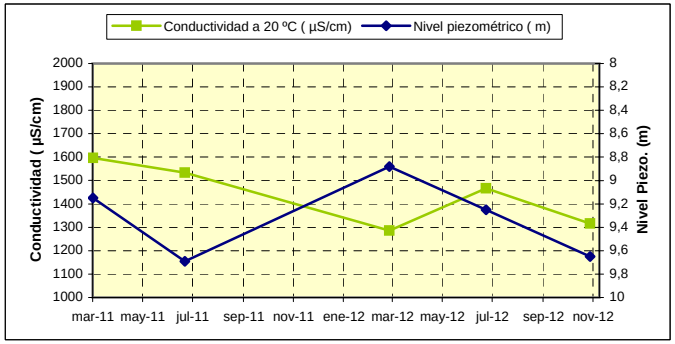



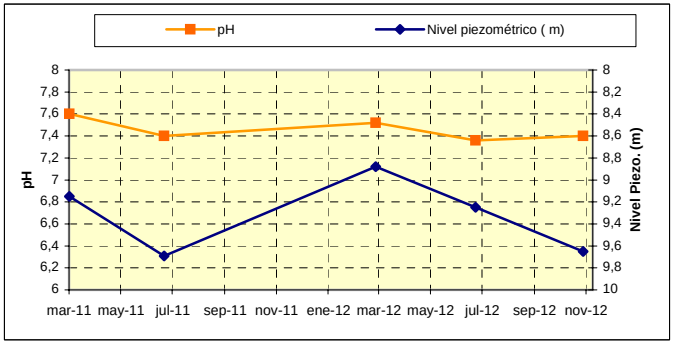
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

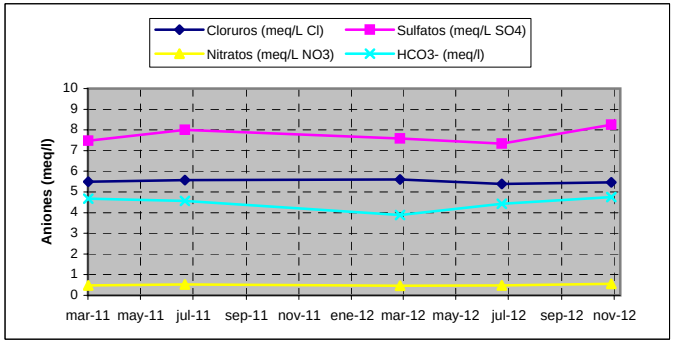
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 30 | **Nº de Registro** | 271540387 |
| **Toponimia** | Aragonia (Pozo 6 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

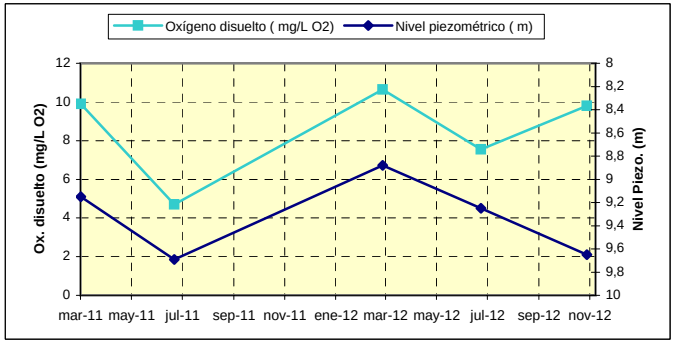
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

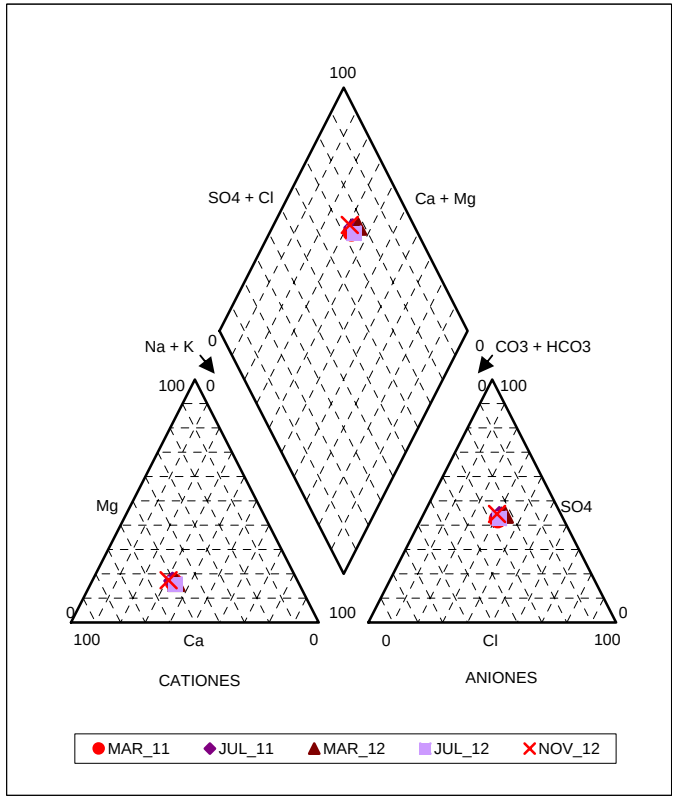


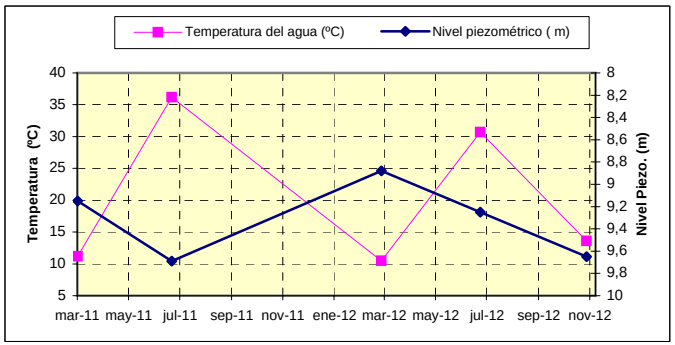



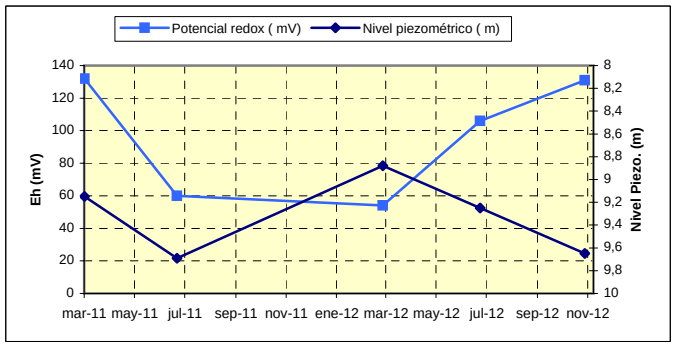




## PARÁMETROS IN SITU



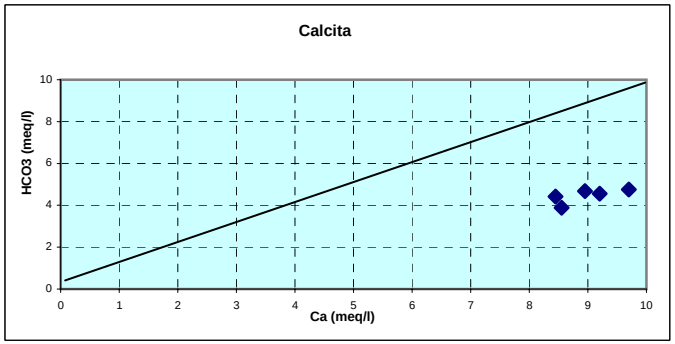



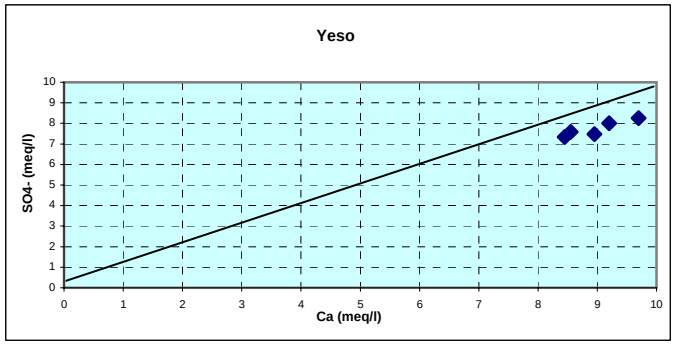
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

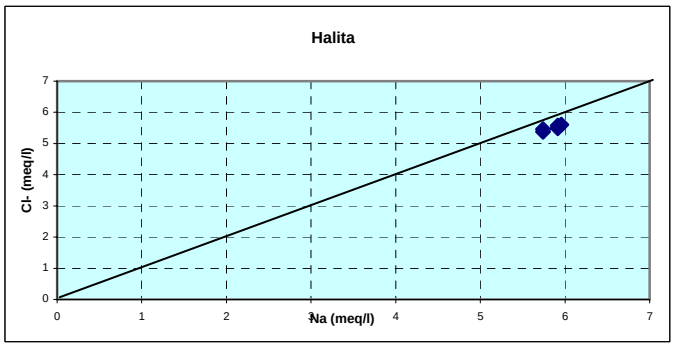


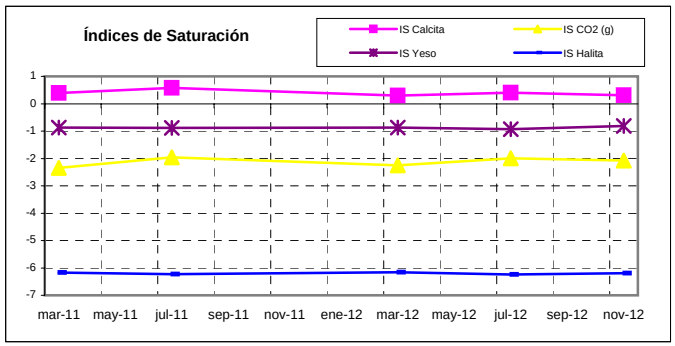
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 30 | **Nº de Registro** | 271540387 |
| **Toponimia** | Aragonia (Pozo 6 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



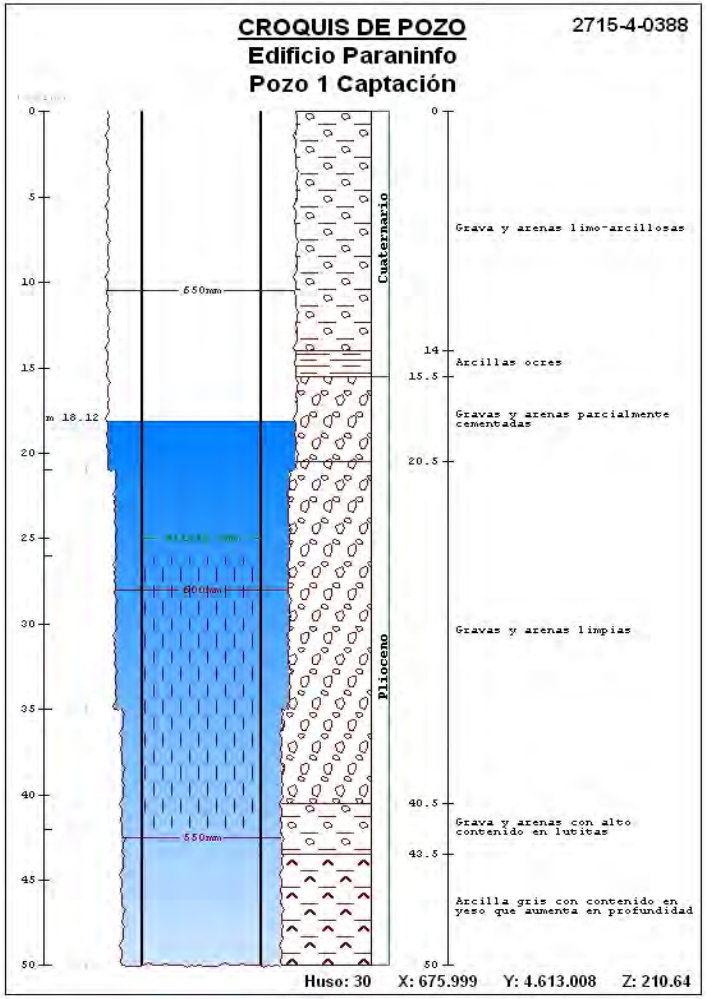



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



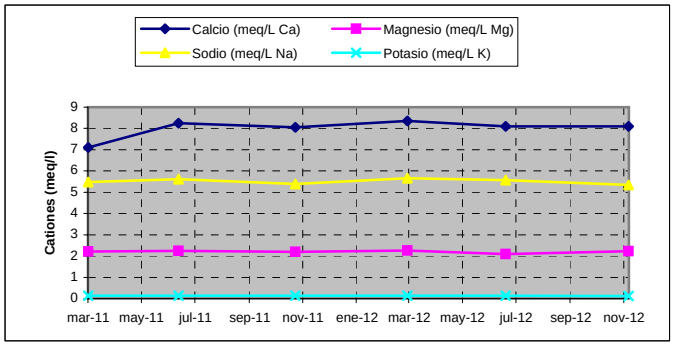
| Nº Orden | 31 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Edificio Paraninfo (Captación)** |
| **Titular** | Universidad de Zaragoza |
| **X** | 675999 |
| **Y** | 4613008 |
| **Z** | 210,643 |
| **Nº de Registro** | 271540388 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Grifo de conducción en bombeo |

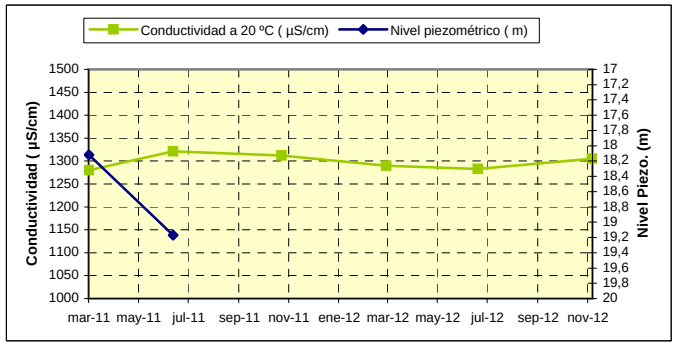


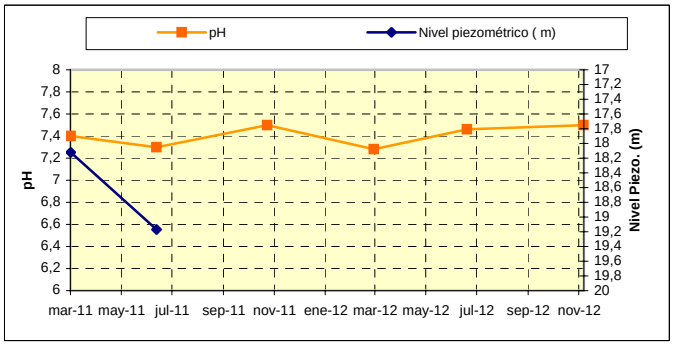
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

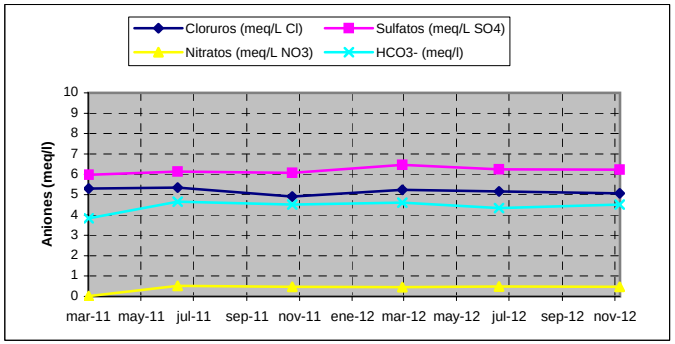
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 31 | **Nº de Registro** | 271540388 |
| **Toponimia** | Edificio Paraninfo (Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

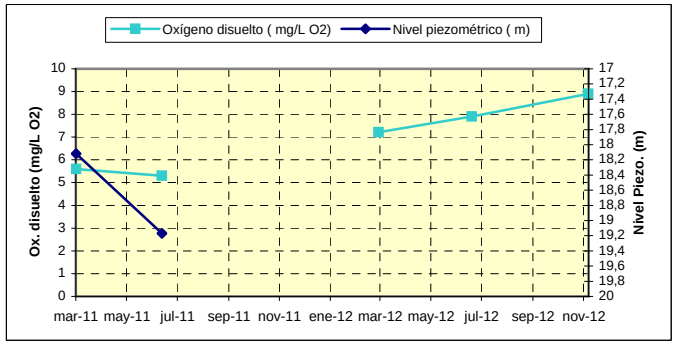
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

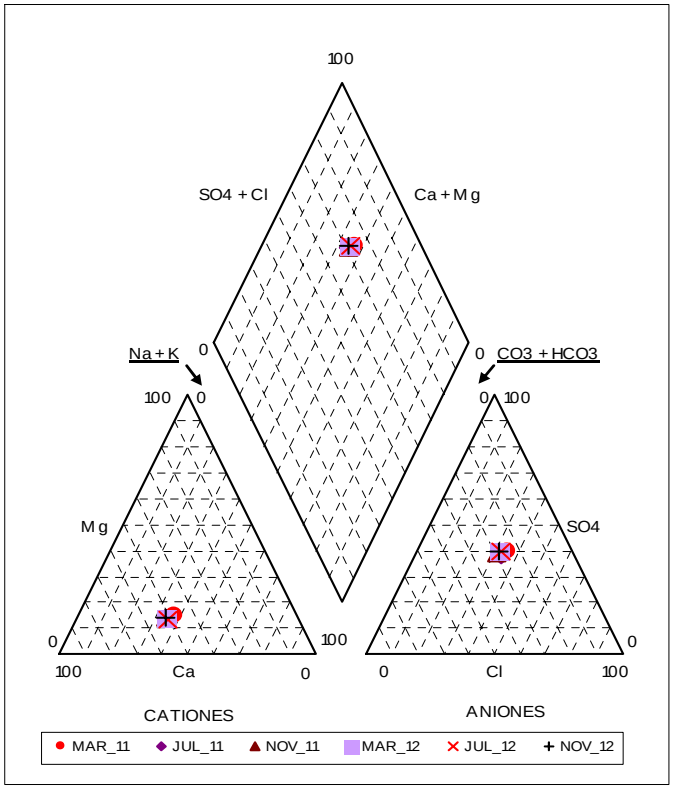


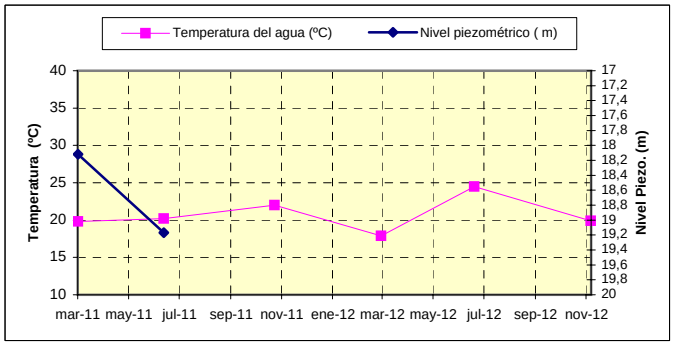



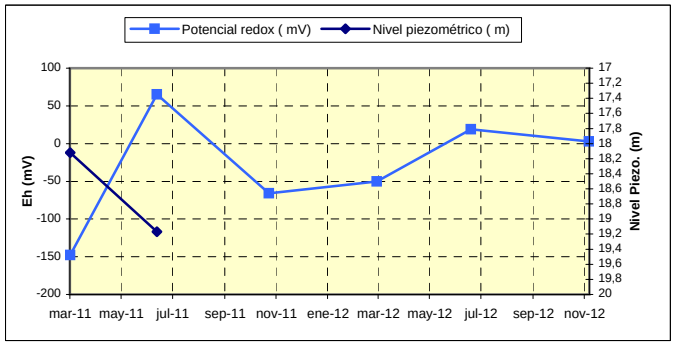




## PARÁMETROS IN SITU



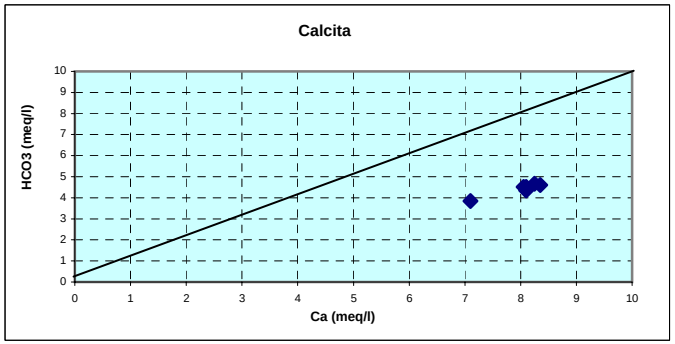



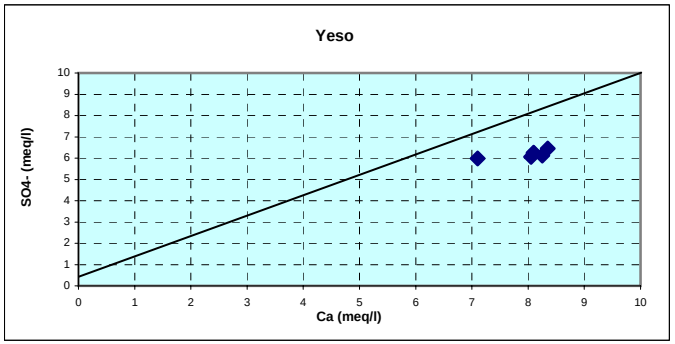
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

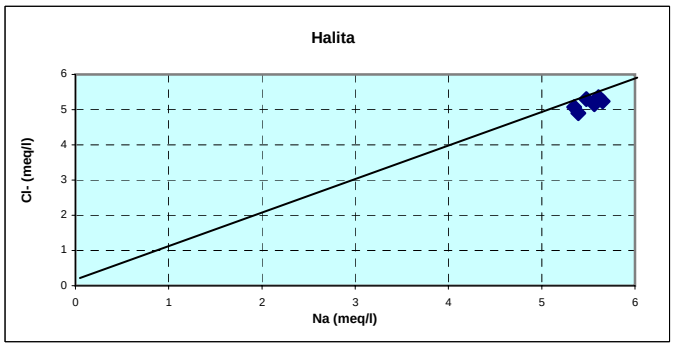


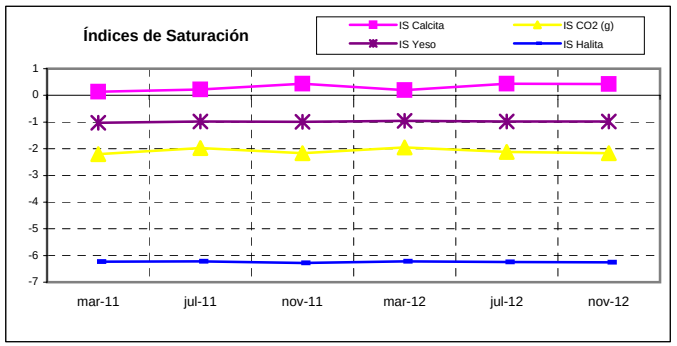
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 31 | **Nº de Registro** | 271540388 |
| **Toponimia** | Edificio Paraninfo (Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



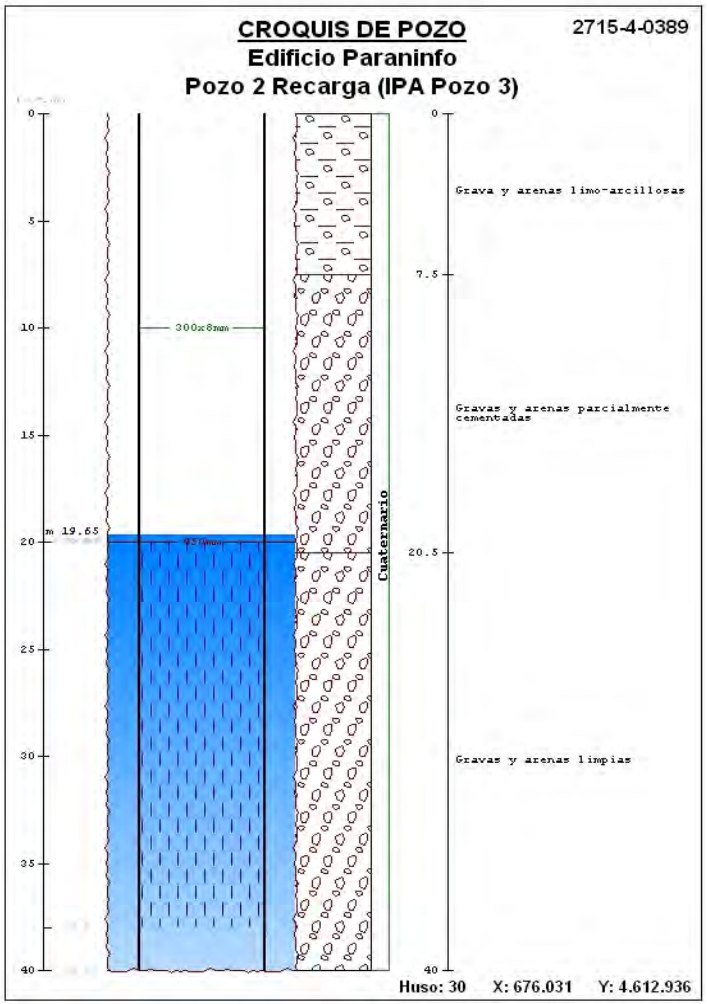



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 32 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Edificio Paraninfo (Vertido)** |
| **Titular** | Universidad de Zaragoza |
| **X** | 676031 |
| **Y** | 4612936 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271540389 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Grifo en conducción |

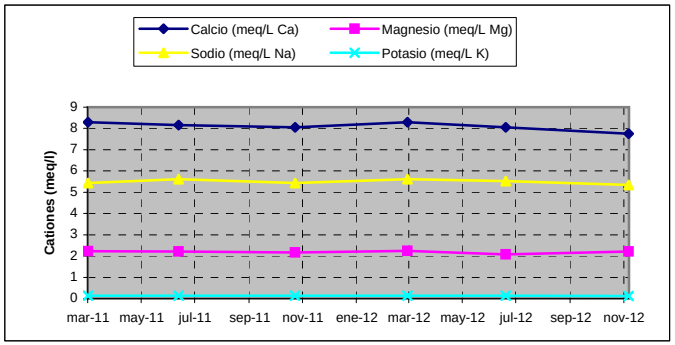


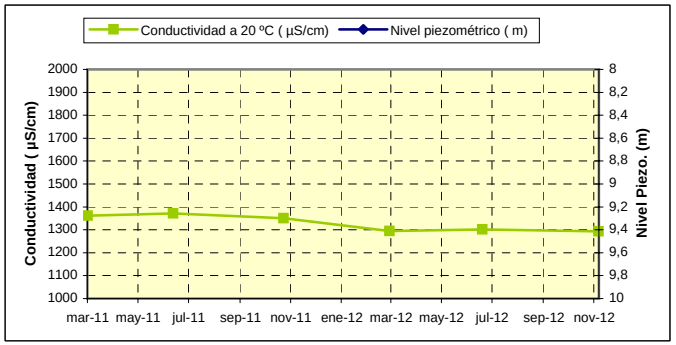
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

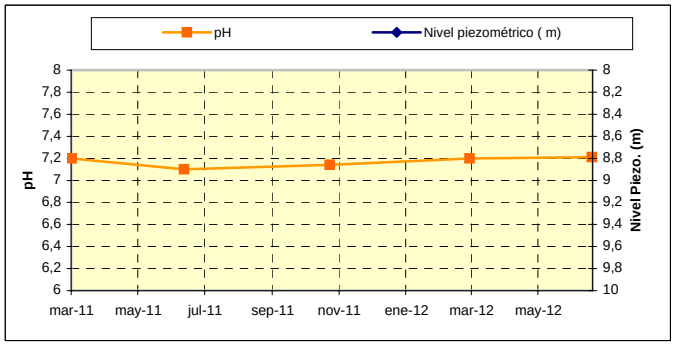


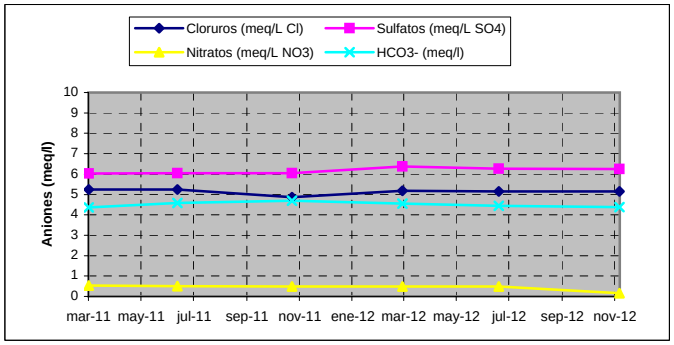
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 32 | **Nº de Registro** | 271540389 |
| **Toponimia** | Edificio Paraninfo (Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

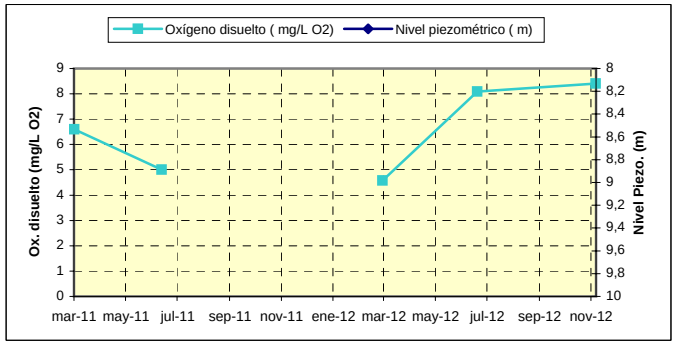
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

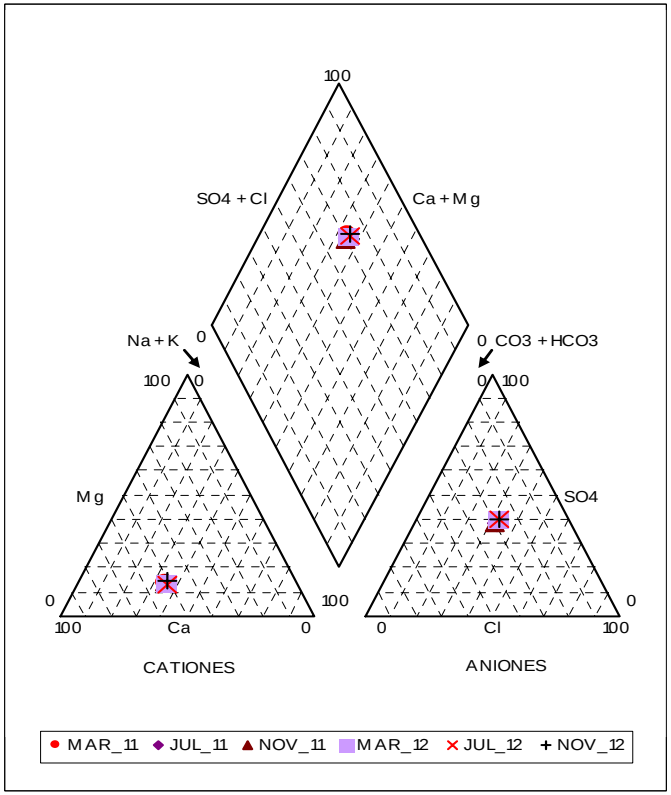


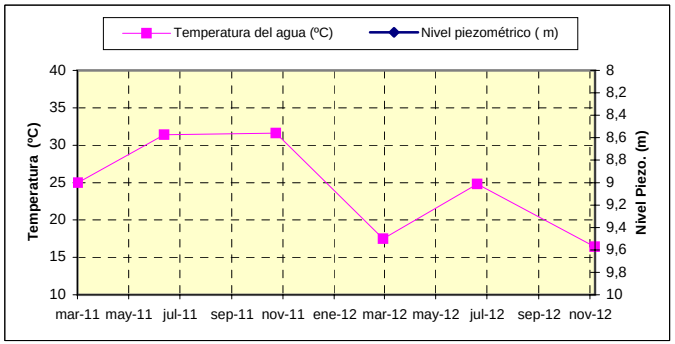



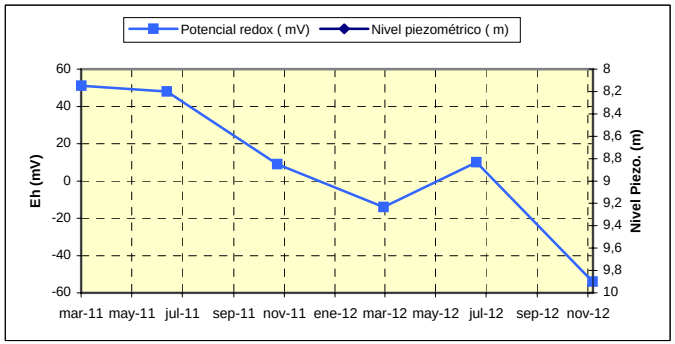




## PARÁMETROS IN SITU



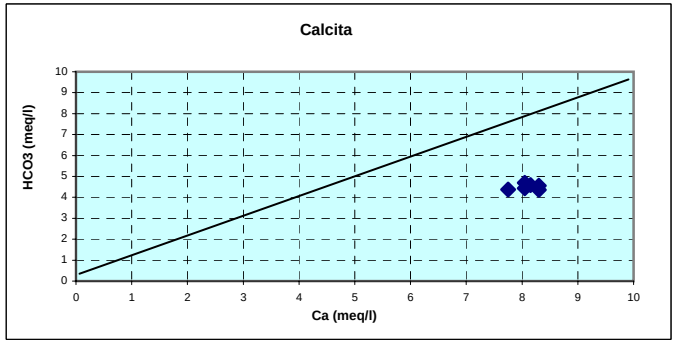



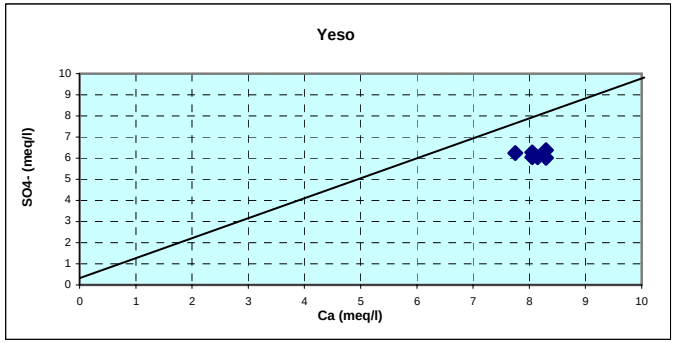
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

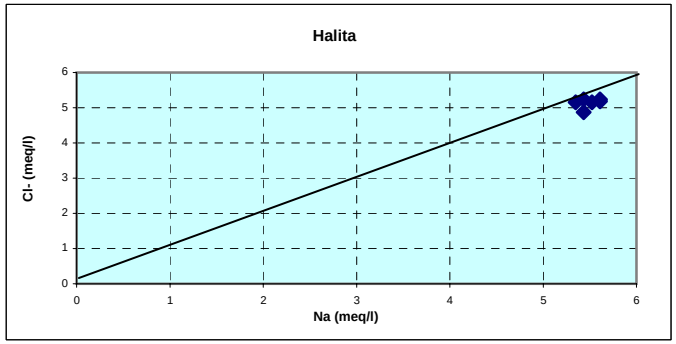


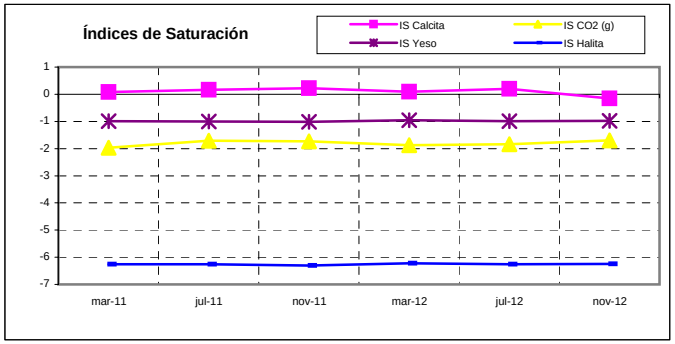
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 32 | **Nº de Registro** | 271540389 |
| **Toponimia** | Edificio Paraninfo (Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



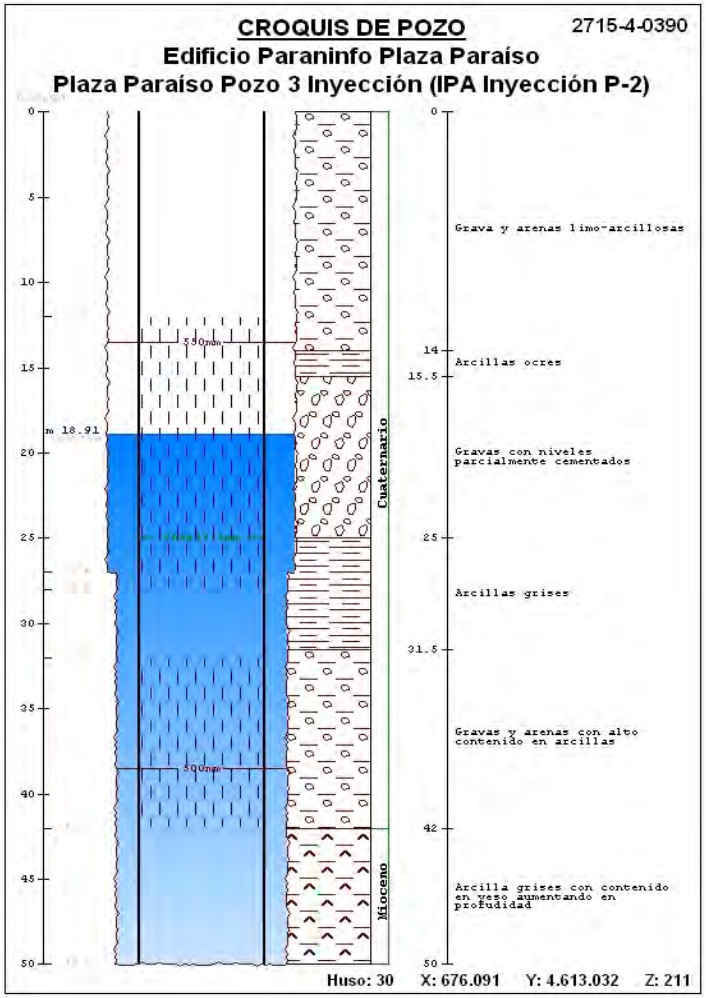



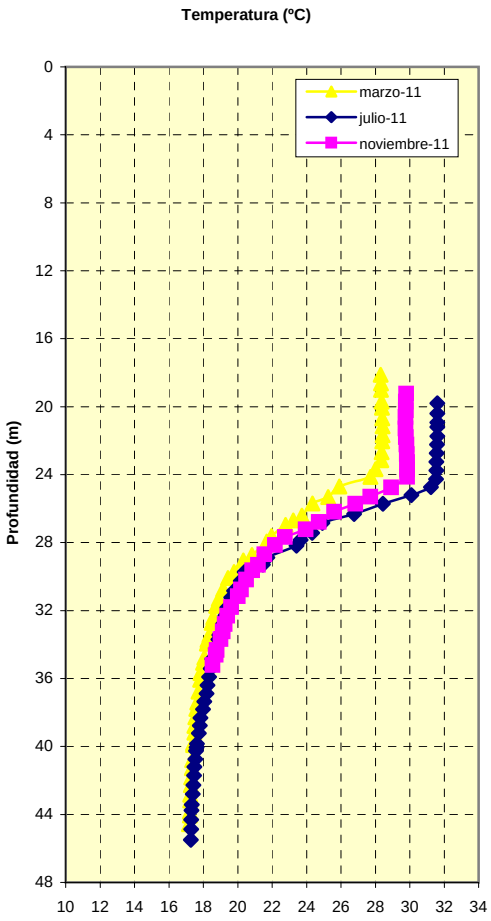



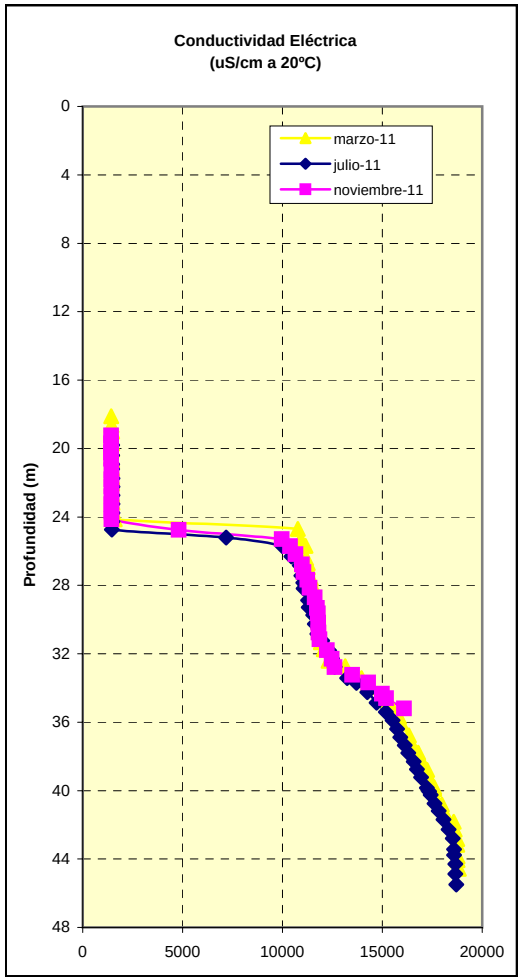
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 33 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Edificio Paraninfo (Plaza Paraíso)** |
| **Titular** | Universidad de Zaragoza |
| **X** | 676091 |
| **Y** | 4613032 |
| **Z** | 210,561 |
| **Nº de Registro** | 271540390 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 1 m bajo nivel freático |



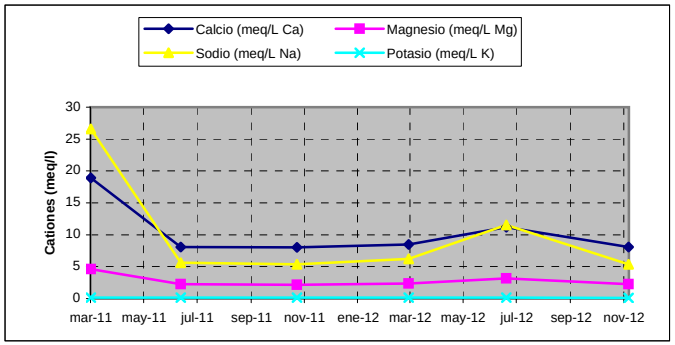



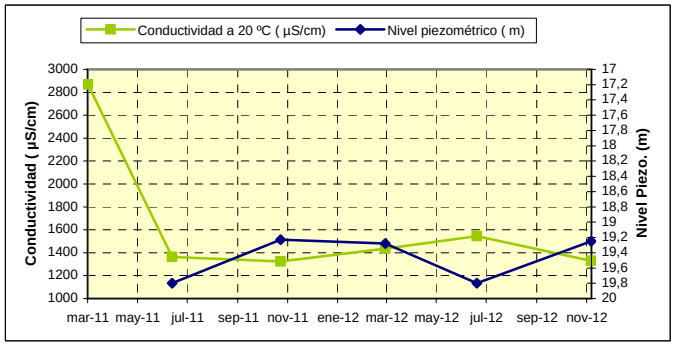



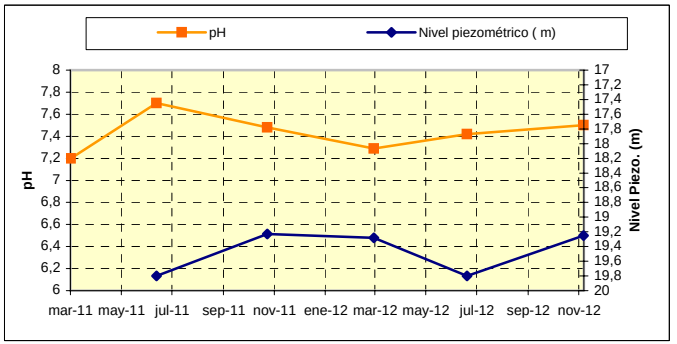
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

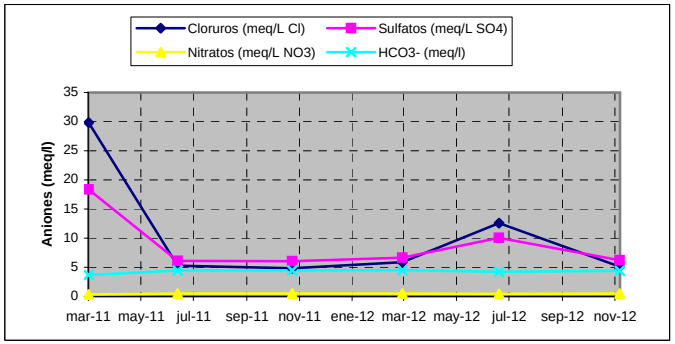
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 33 | **Nº de Registro** | 271540390 |
| **Toponimia** | Edificio Paraninfo (Plaza Paraíso) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

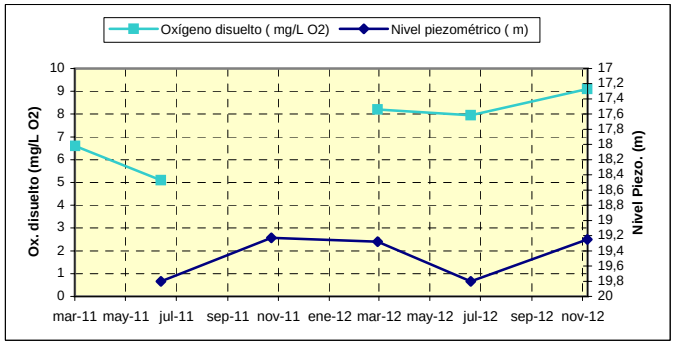
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

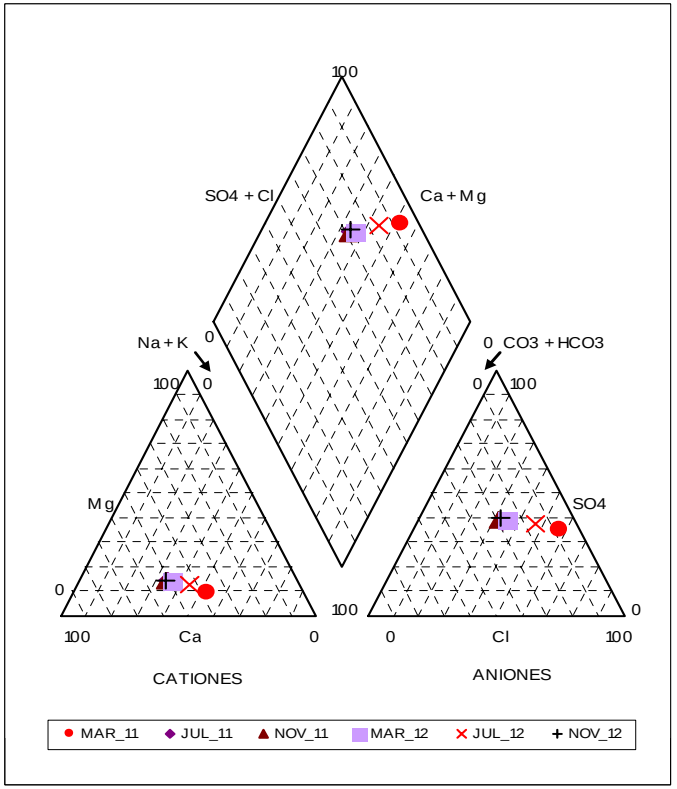


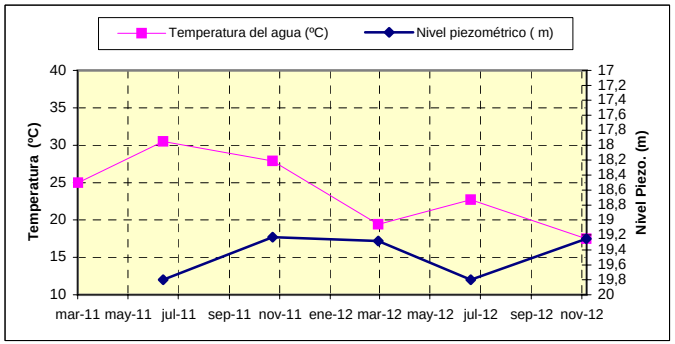



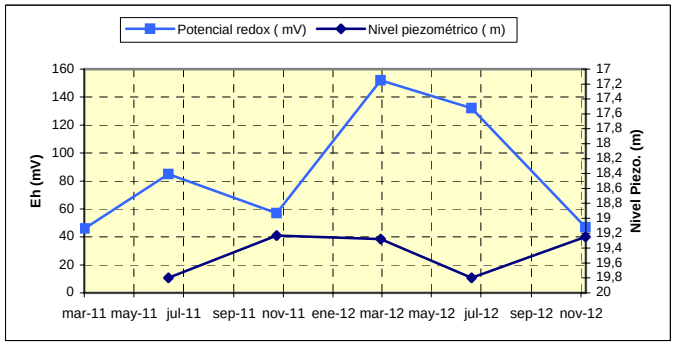




## PARÁMETROS IN SITU



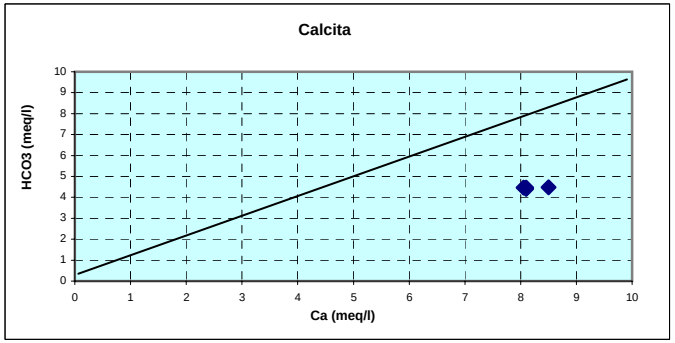



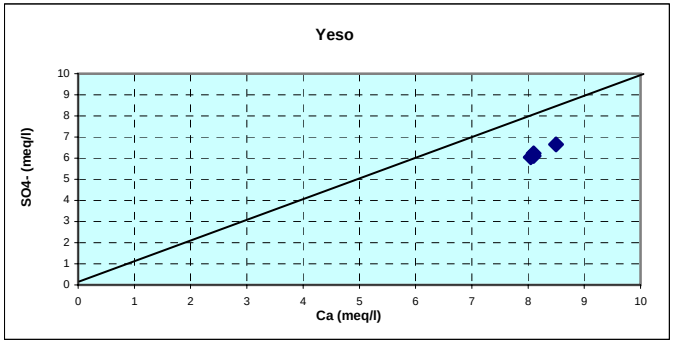
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

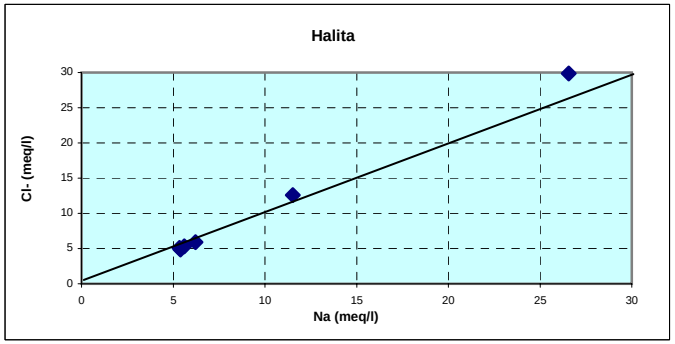


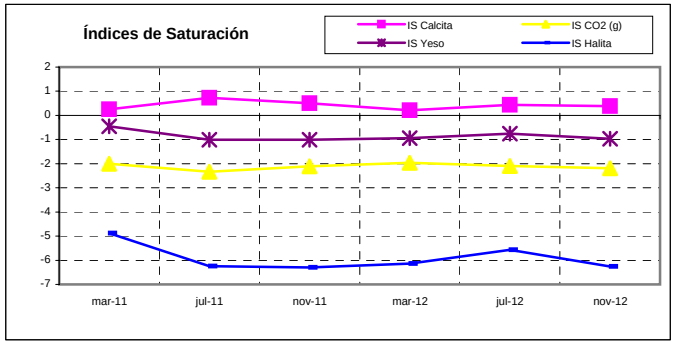
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 33 | **Nº de Registro** | 271540390 |
| **Toponimia** | Edificio Paraninfo (Plaza Paraíso) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



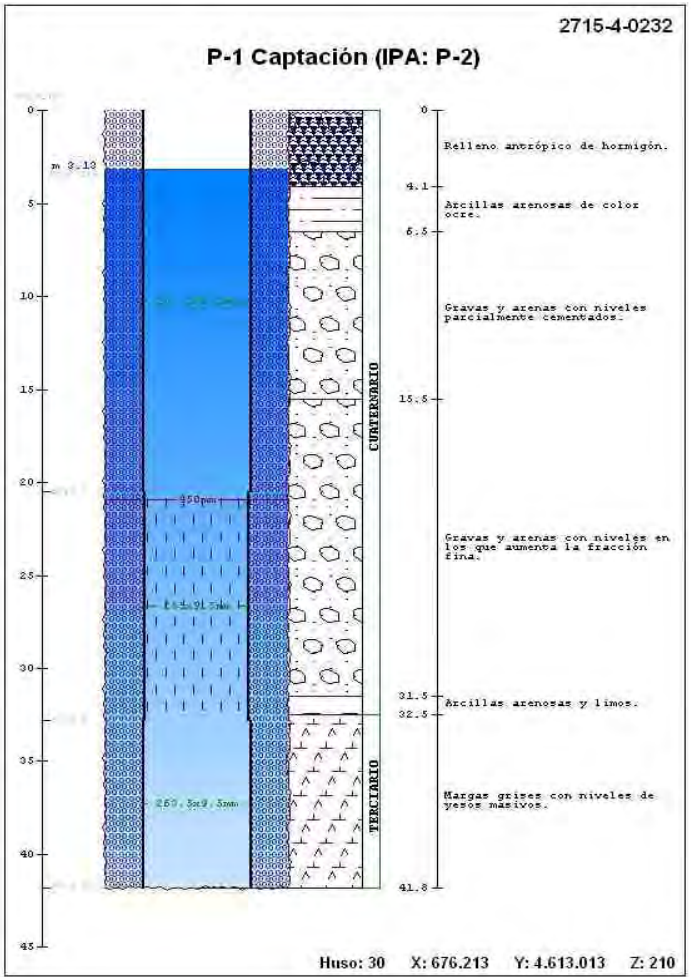



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



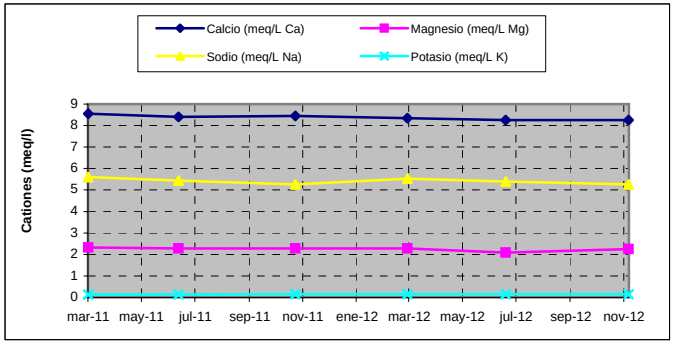
| Nº Orden | 34 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Ibercaja (Pozo 3 Captación)** |
| **Titular** | IBERCAJA |
| **X** | 676223 |
| **Y** | 4612922 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271540233 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |

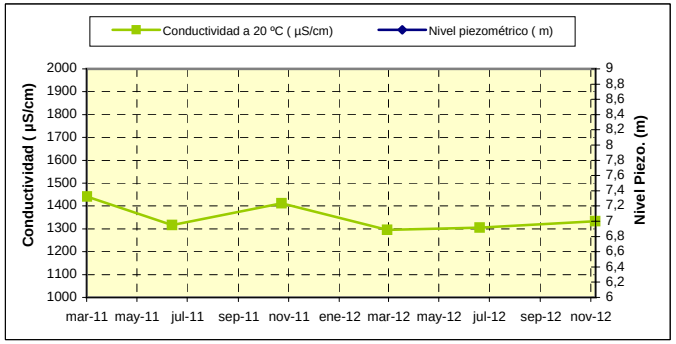


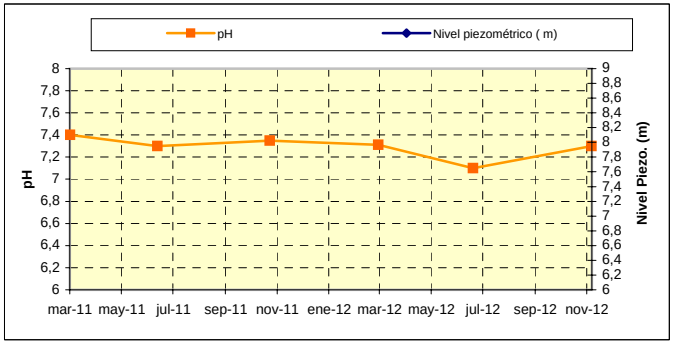
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

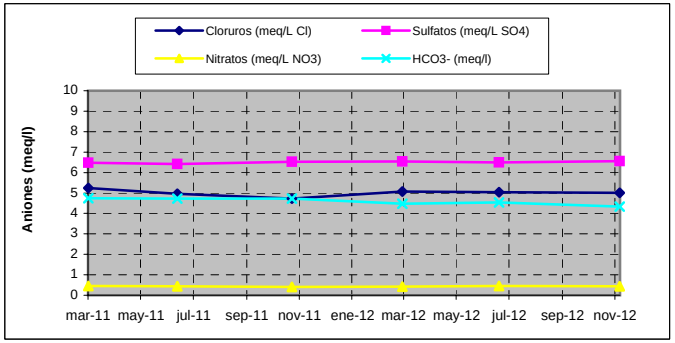
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 34 | **Nº de Registro** | 271540233 |
| **Toponimia** | Ibercaja (Pozo 3 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

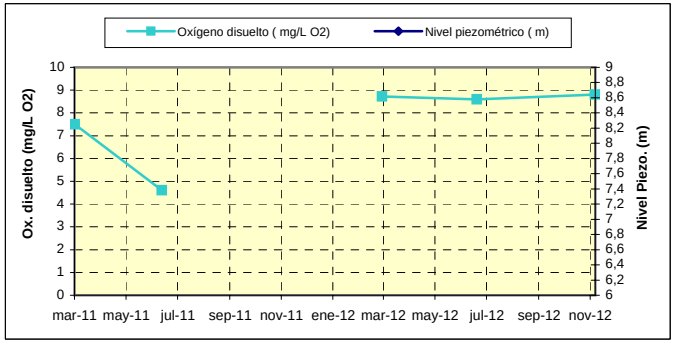
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

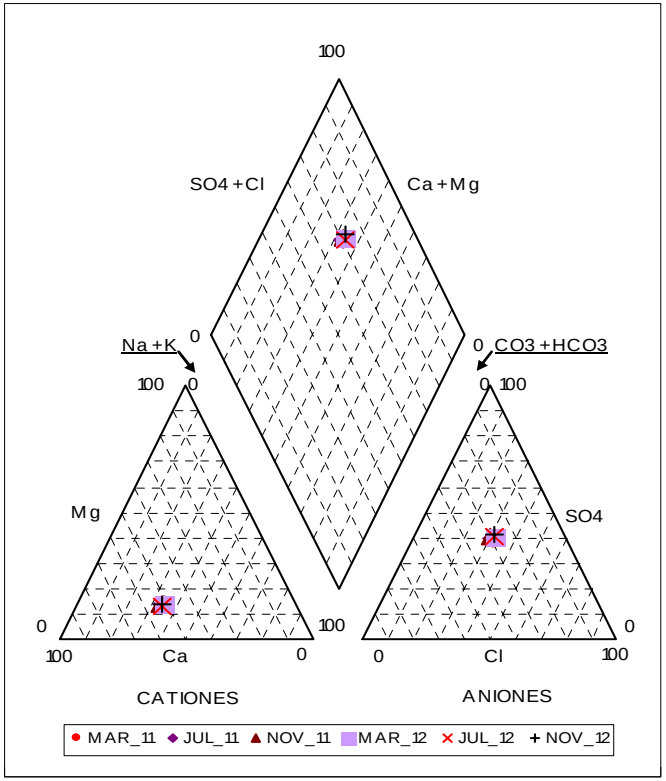


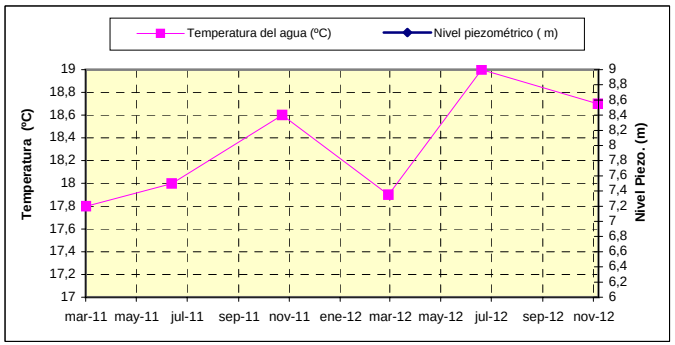



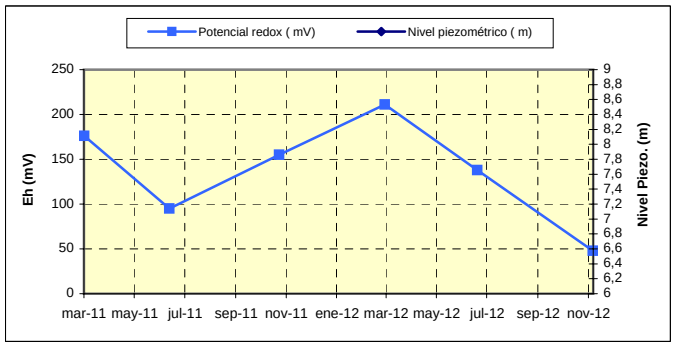




## PARÁMETROS IN SITU

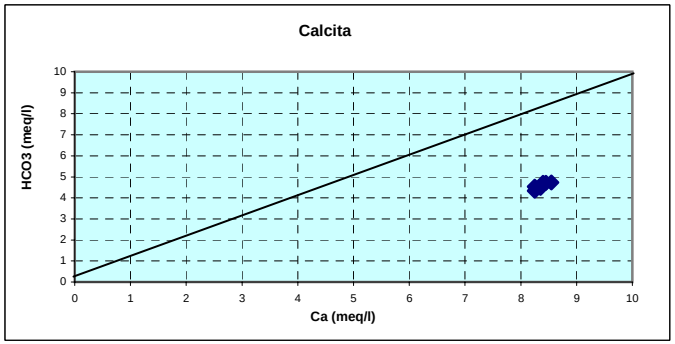


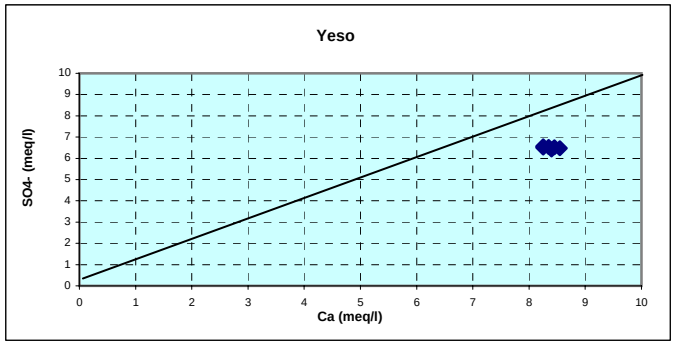



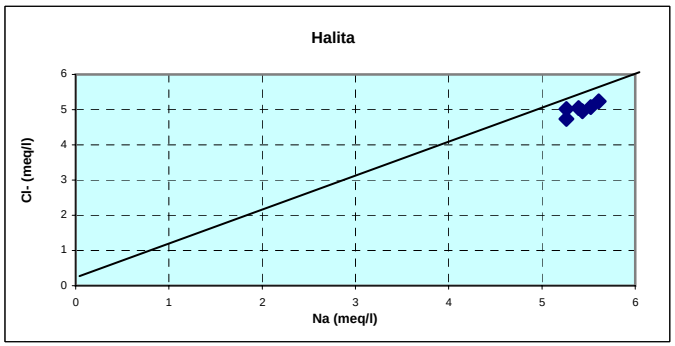
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

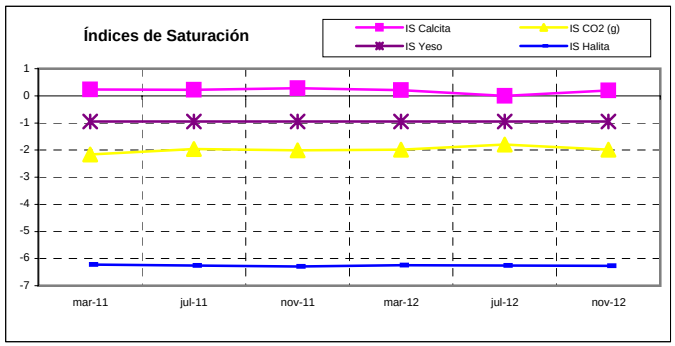
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 34 | **Nº de Registro** | 271540233 |
| **Toponimia** | Ibercaja (Pozo 3 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



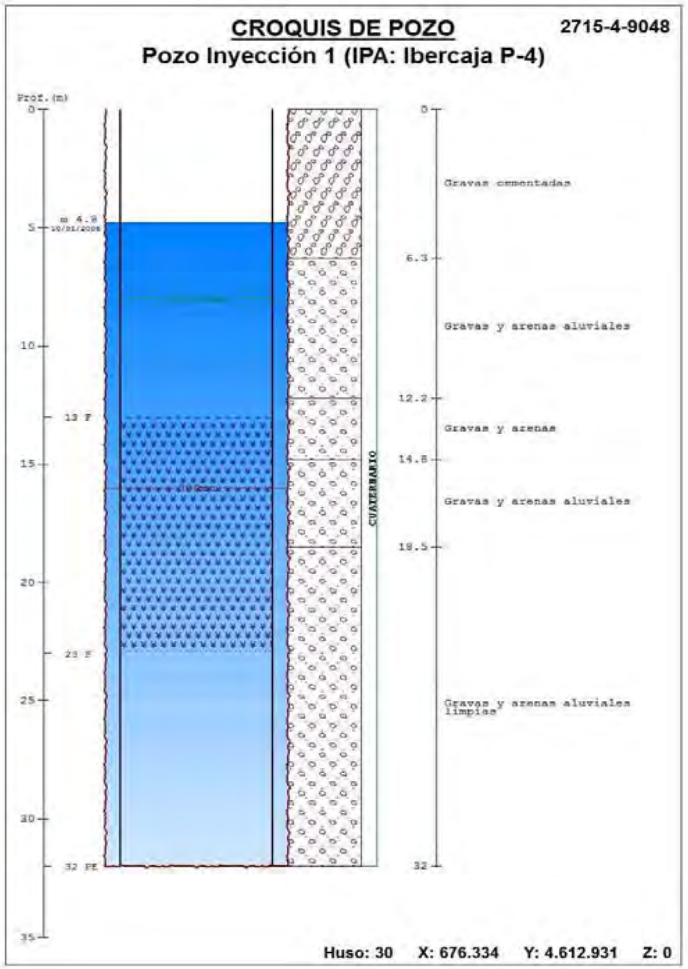



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



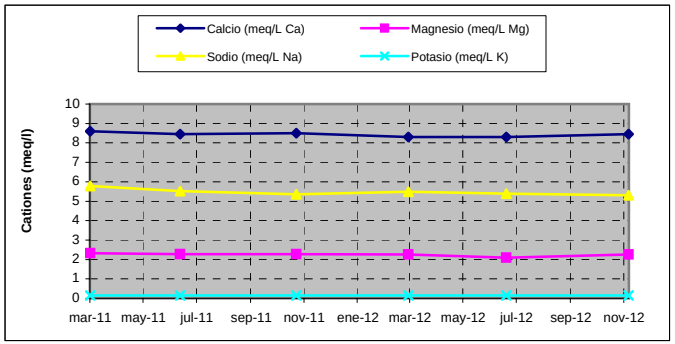
| Nº Orden | 35 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Ibercaja (Pozo 4 vertido)** |
| **Titular** | IBERCAJA |
| **X** | 676334 |
| **Y** | 4612931 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271540391 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Grifo en conducción |

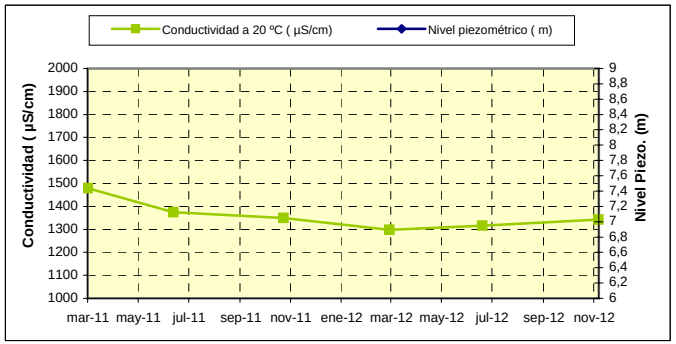


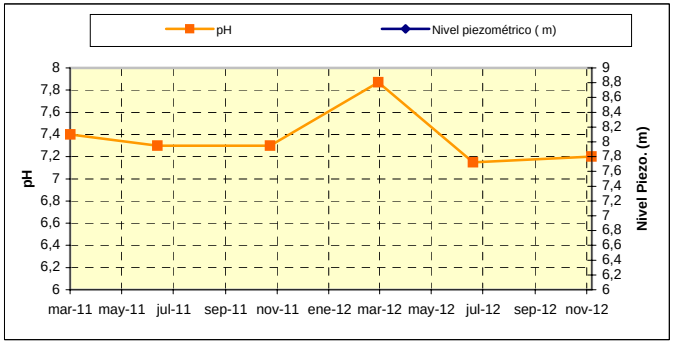
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

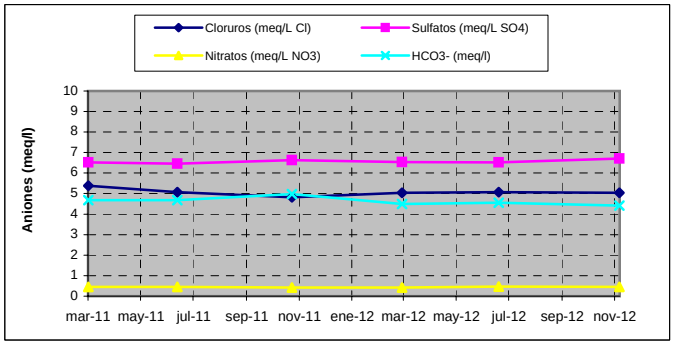
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 35 | **Nº de Registro** | 271540391 |
| **Toponimia** | Ibercaja (Pozo 4 vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

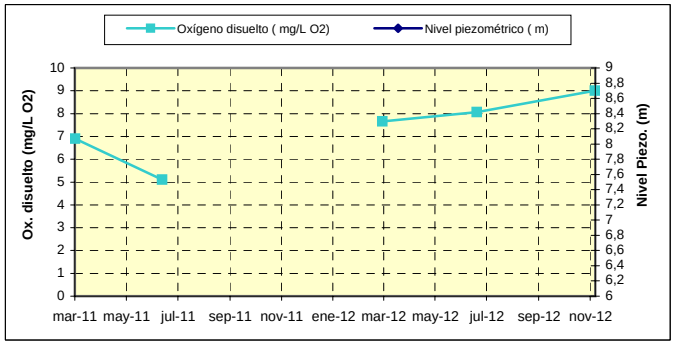
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

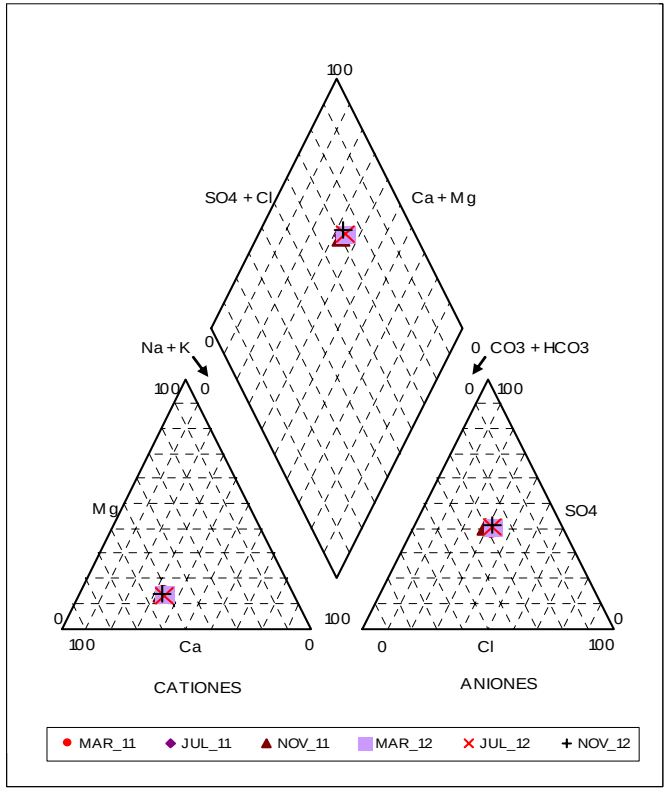


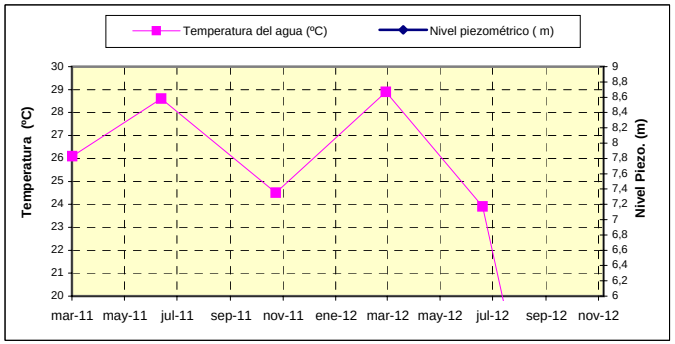



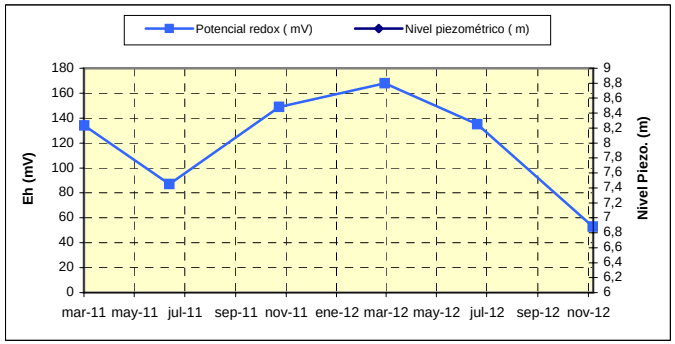




## PARÁMETROS IN SITU



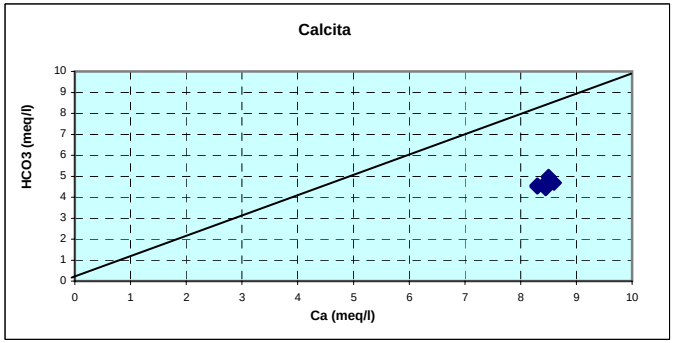



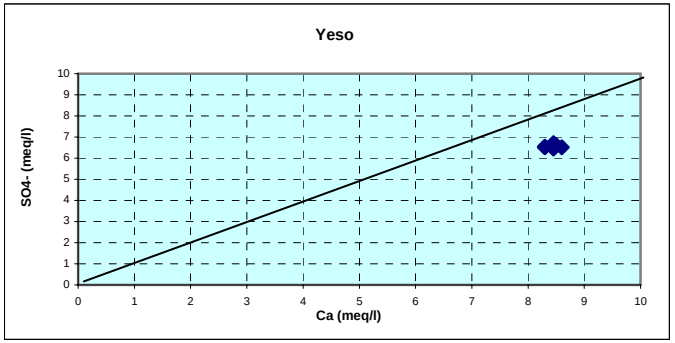
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

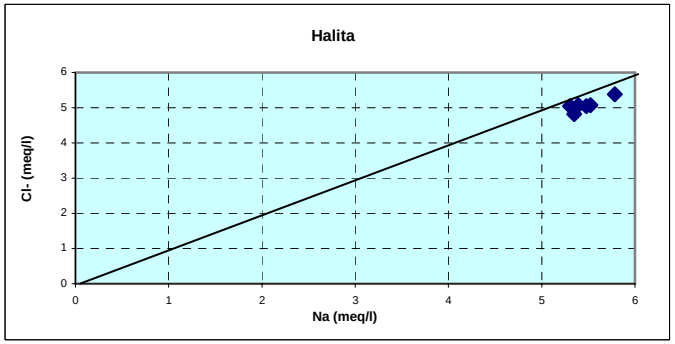


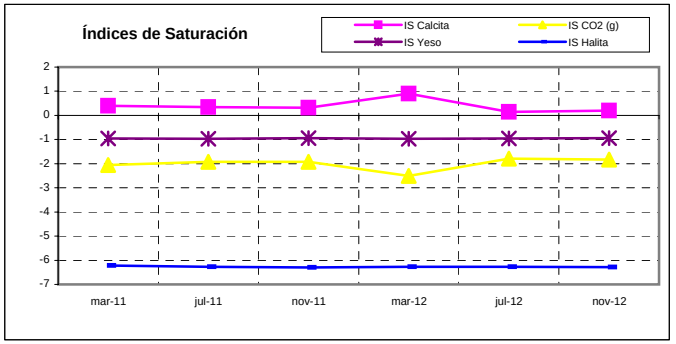
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 35 | **Nº de Registro** | 271540391 |
| **Toponimia** | Ibercaja (Pozo 4 vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



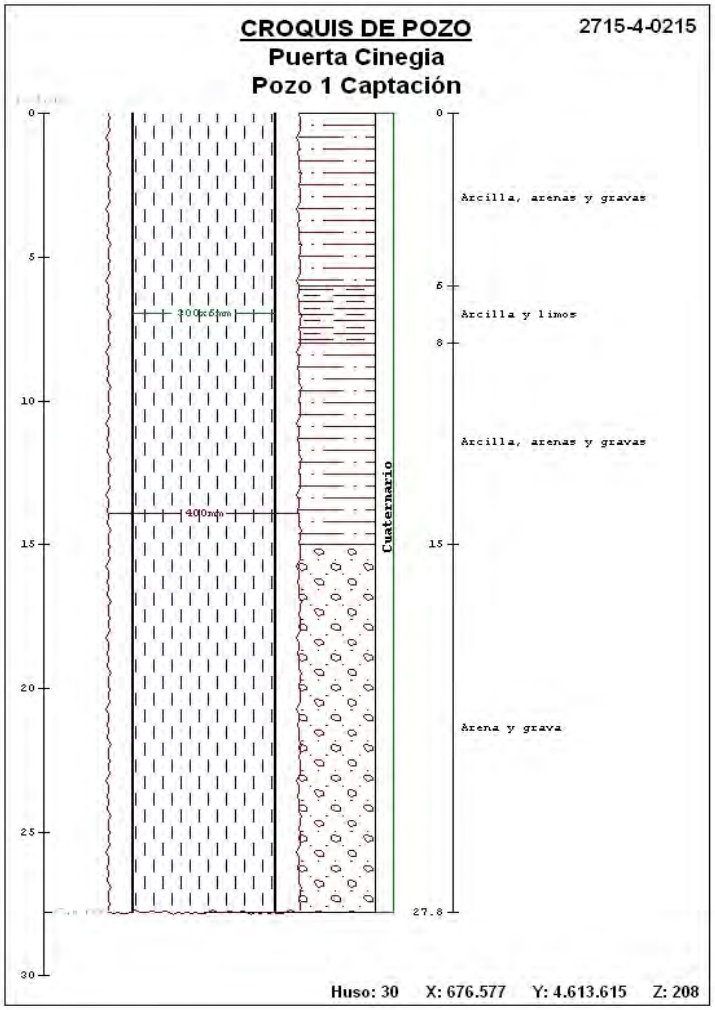



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



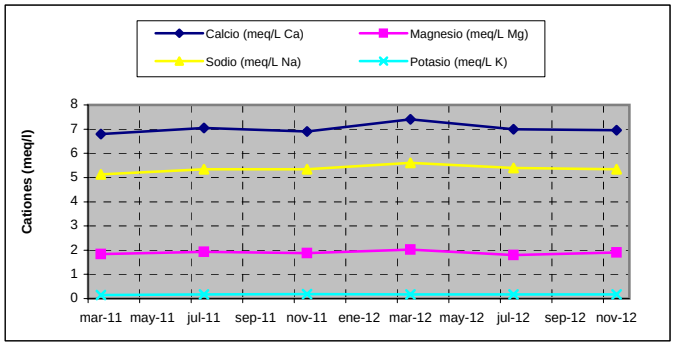
| Nº Orden | 36 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Puerta Cinegia (Pozo 1 Captación)** |
| **Titular** | ORNISA |
| **X** | 676577 |
| **Y** | 4613615 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271540215 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Aljibe |

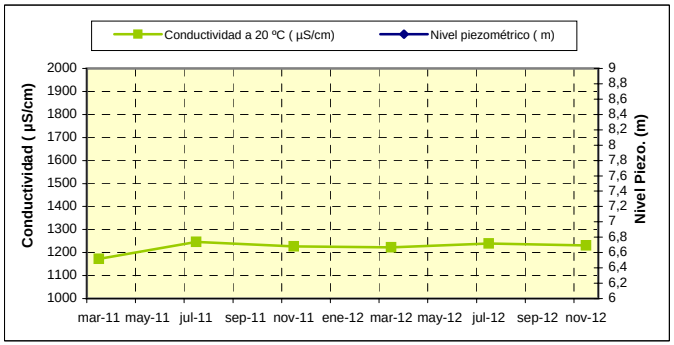


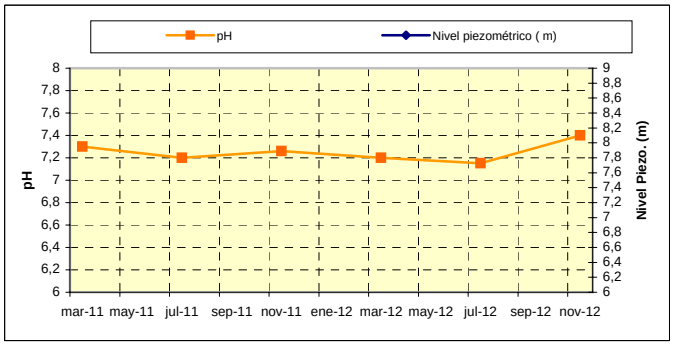
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

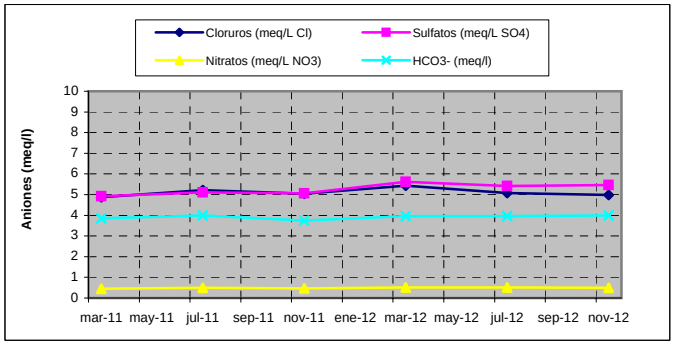
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 36 | **Nº de Registro** | 271540215 |
| **Toponimia** | Puerta Cinegia (Pozo 1 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

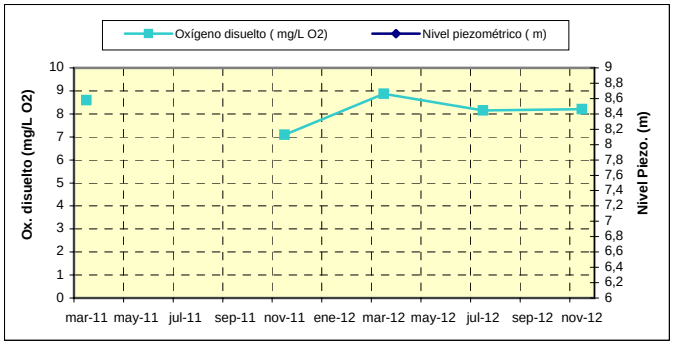
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

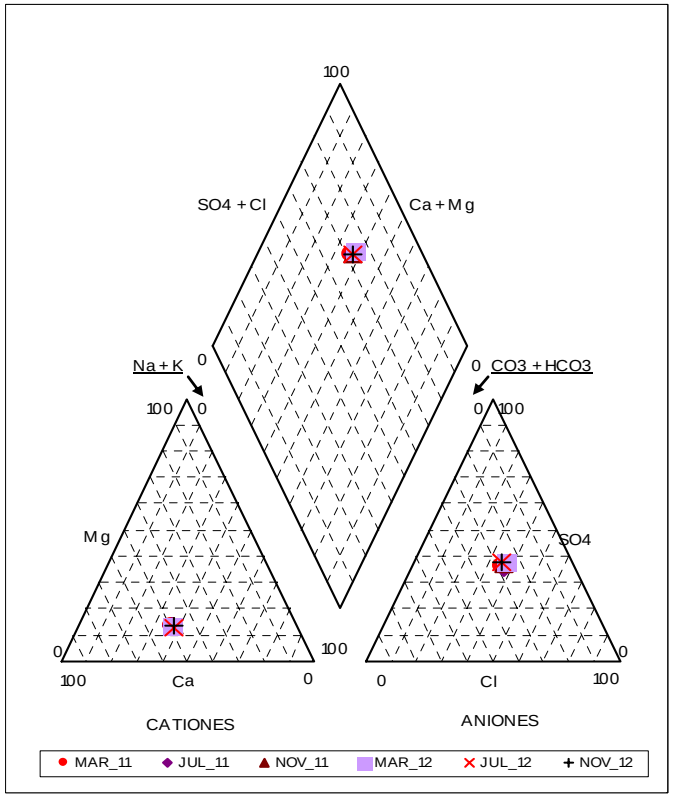


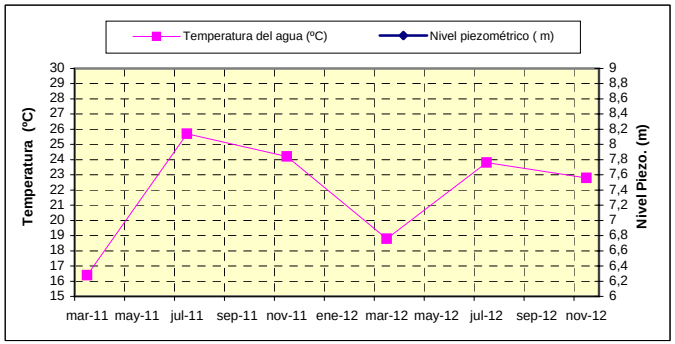



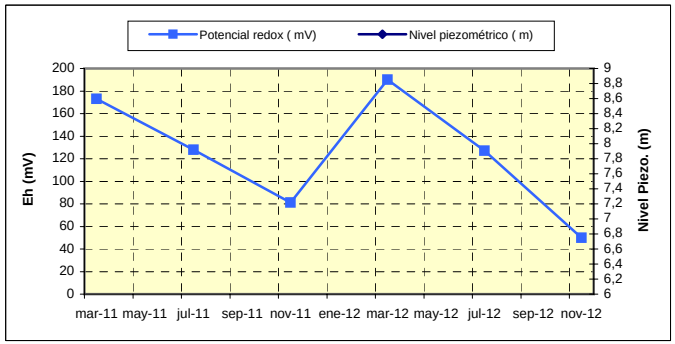




## PARÁMETROS IN SITU



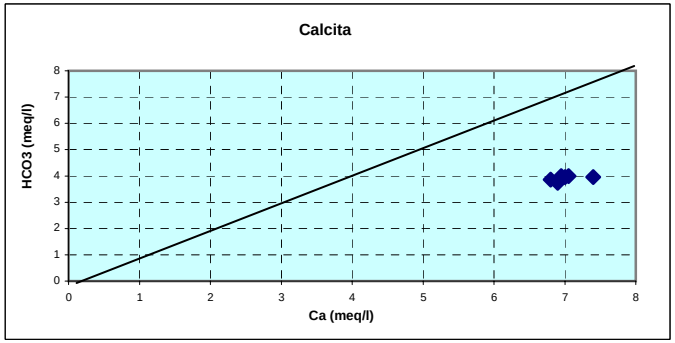



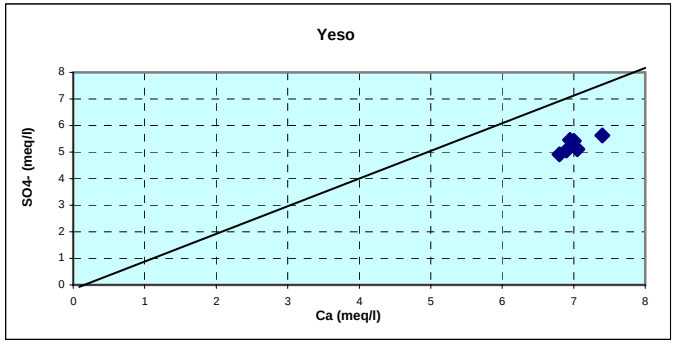
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

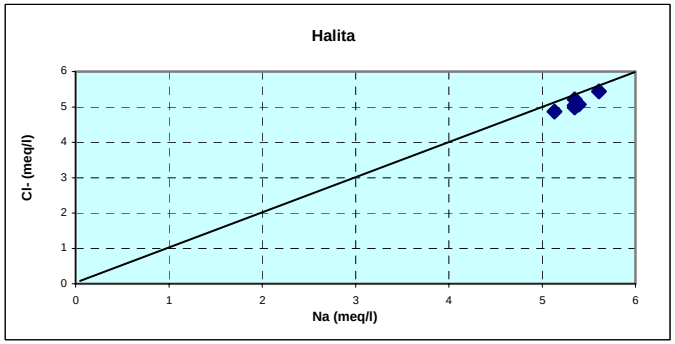


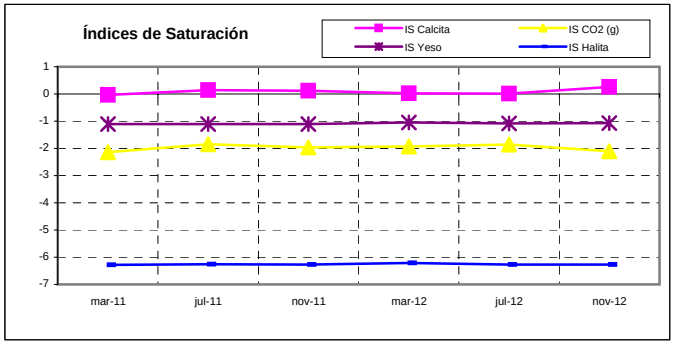
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 36 | **Nº de Registro** | 271540215 |
| **Toponimia** | Puerta Cinegia (Pozo 1 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



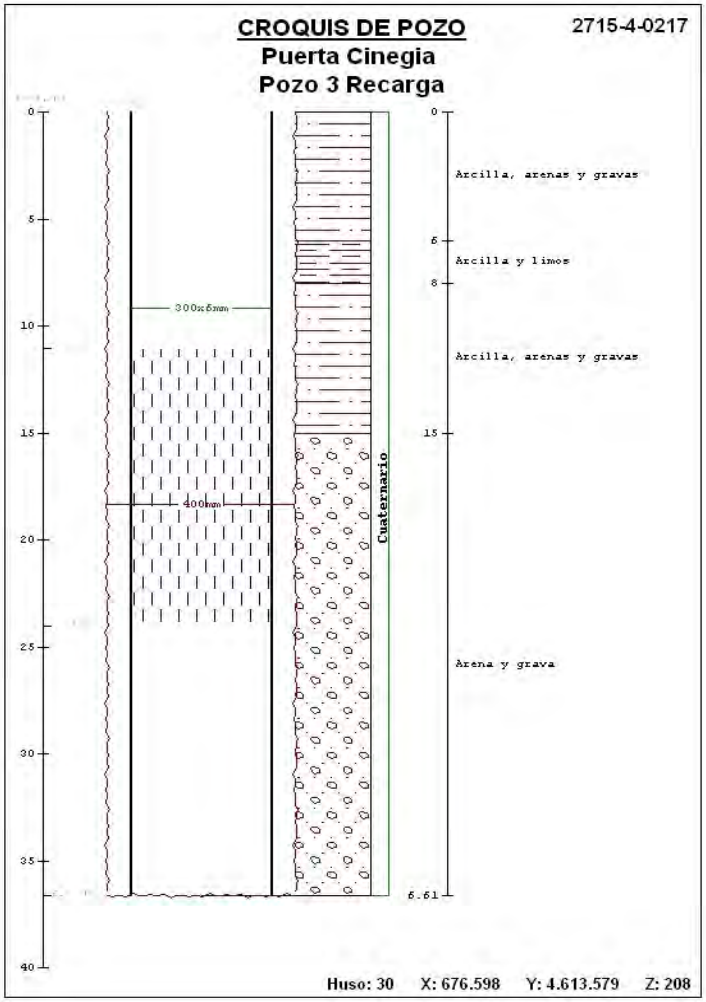



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 37 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Puerta Cinegia (Pozo 3 Vertido)** |
| **Titular** | ORNISA |
| **X** | 676598 |
| **Y** | 4613579 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271540217 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Grifo en conducción |

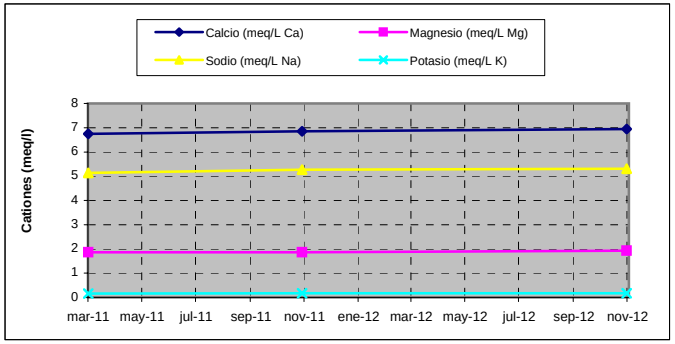


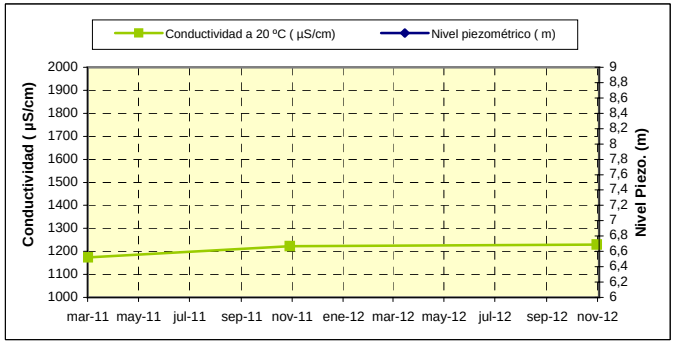
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

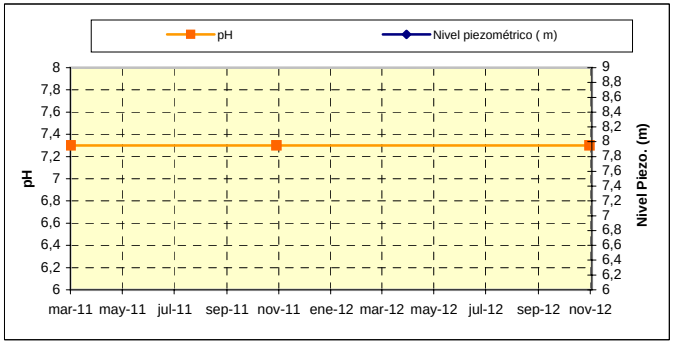


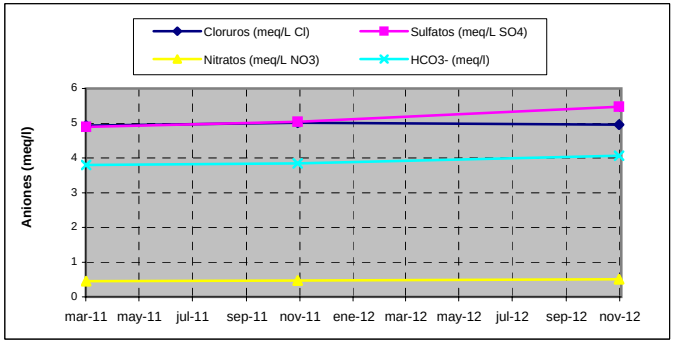
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 37 | **Nº de Registro** | 271540217 |
| **Toponimia** | Puerta Cinegia (Pozo 3 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

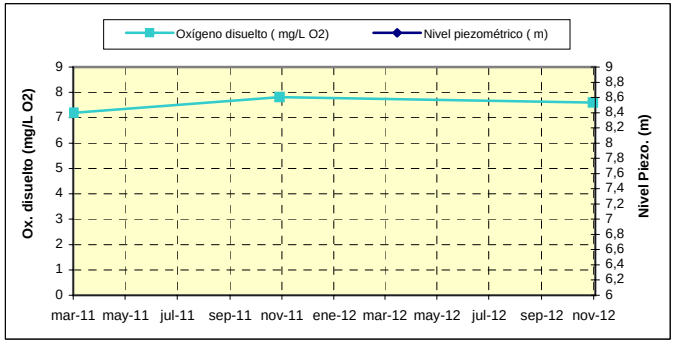
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

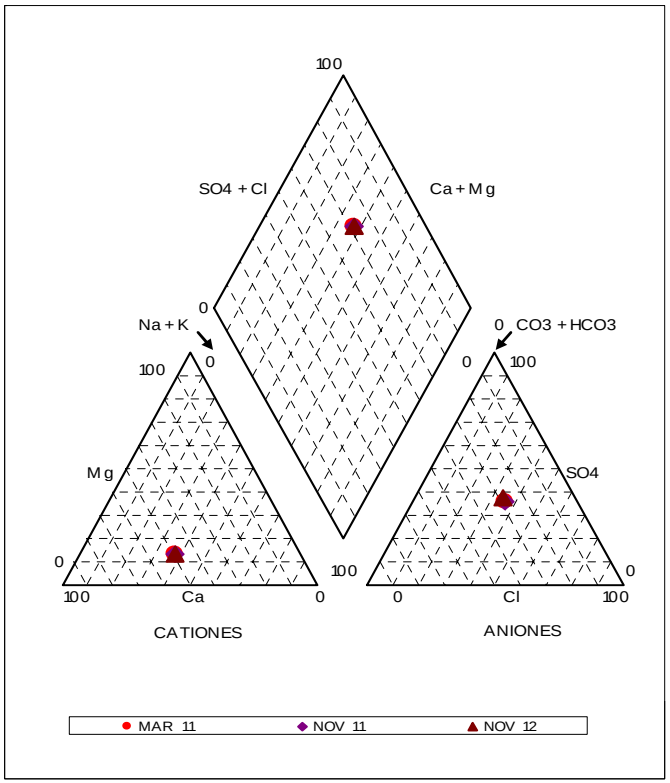


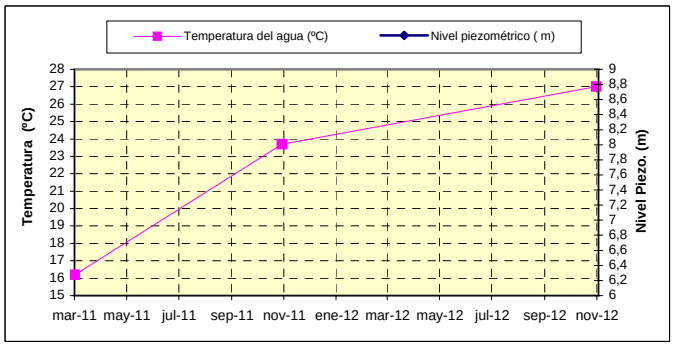



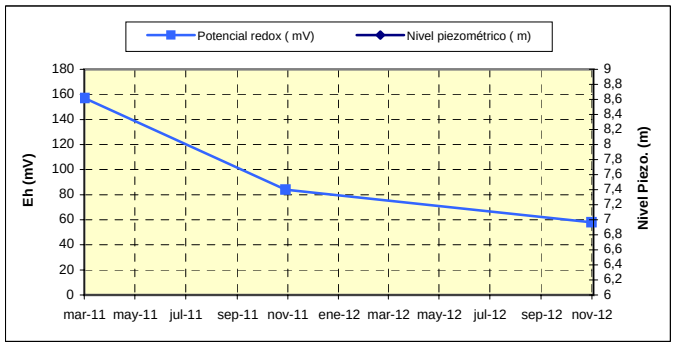




## PARÁMETROS IN SITU



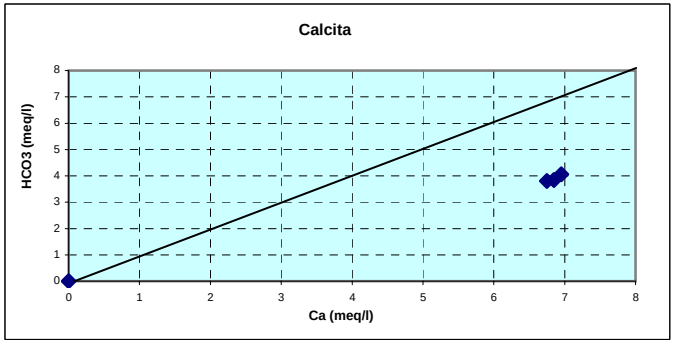



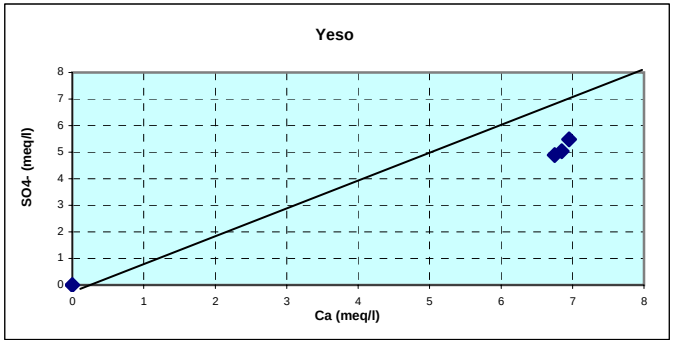
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

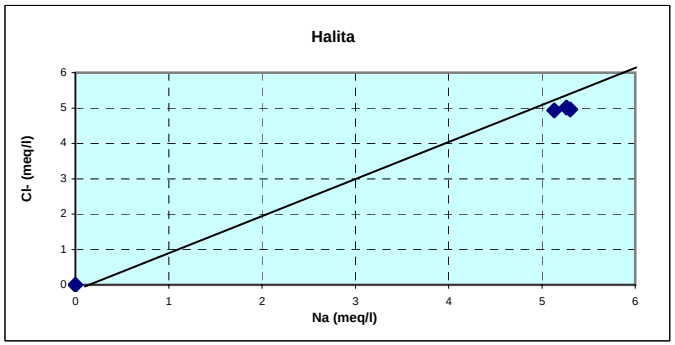


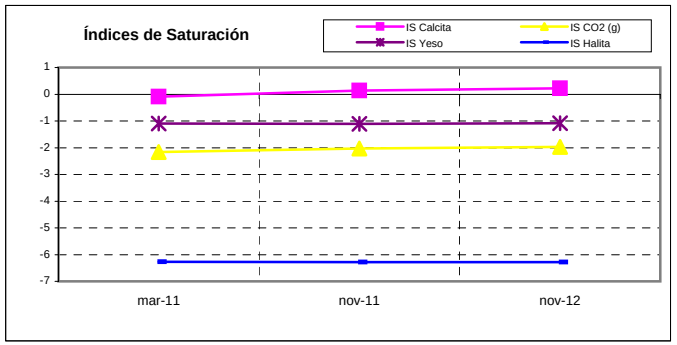
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 37 | **Nº de Registro** | 271540217 |
| **Toponimia** | Puerta Cinegia (Pozo 3 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

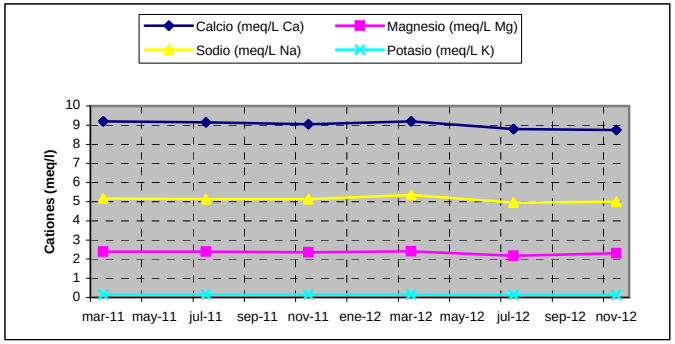


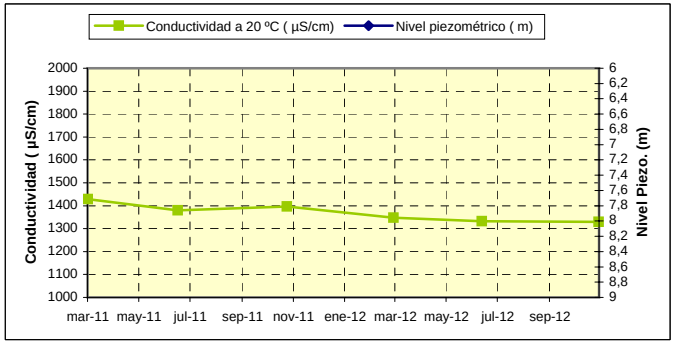
| Nº Orden | 38 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Utrillas Plaza - C. C. (Pozo 9 Captación)** |
| **Titular** | Utrillas Plaza - Centro Comercial |
| **X** | 677740 |
| **Y** | 4611989 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271540309 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |

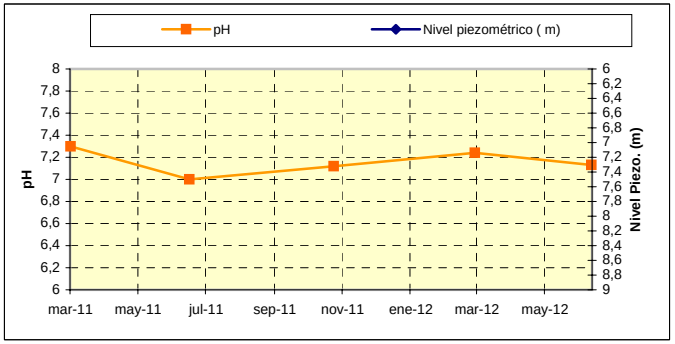
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

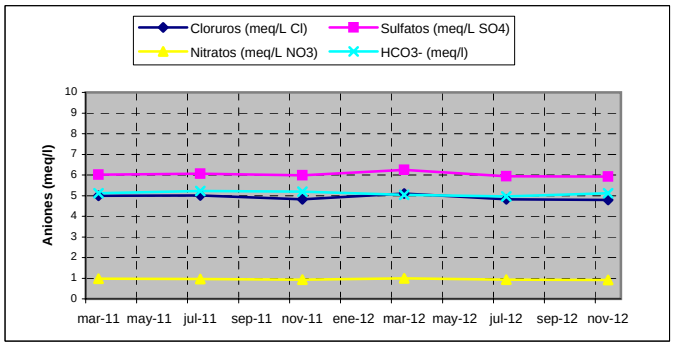
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 38 | **Nº de Registro** | 271540309 |
| **Toponimia** | Utrillas Plaza - C. C. (Pozo 9 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

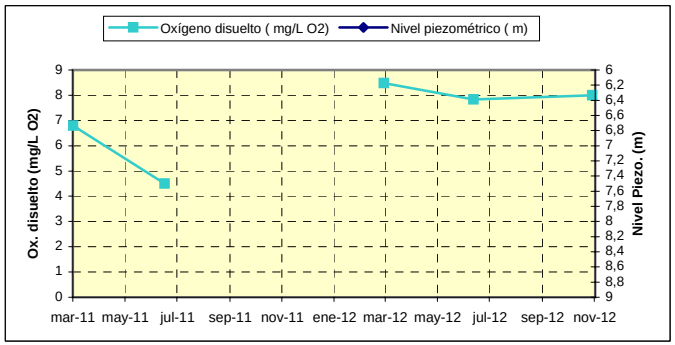
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

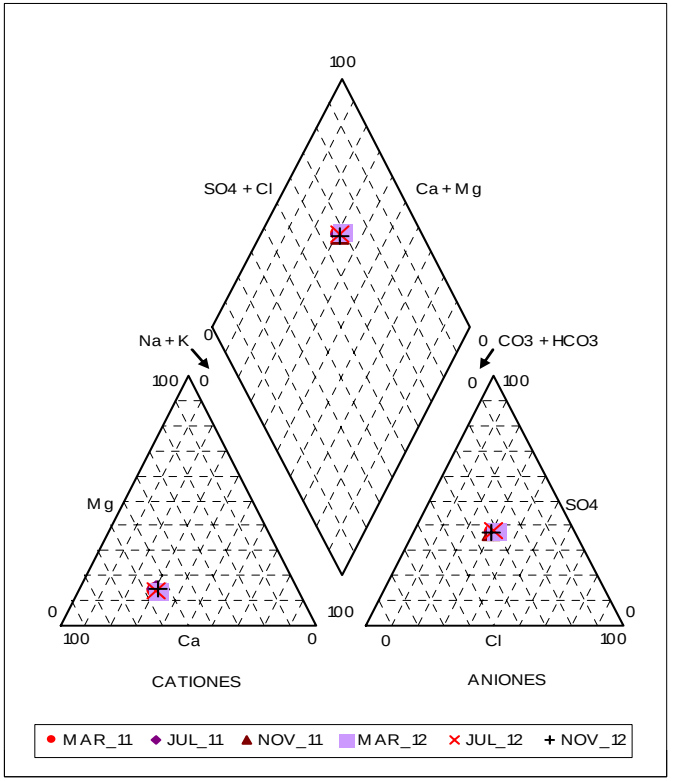


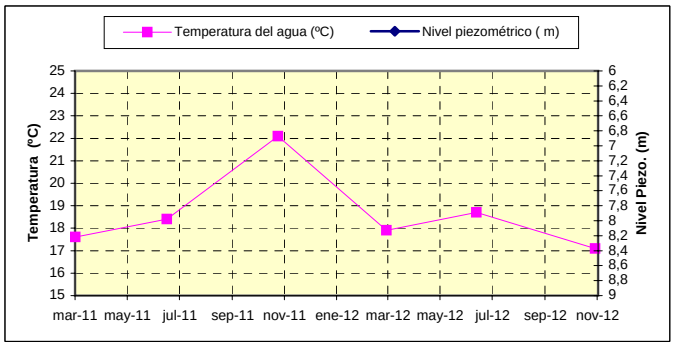



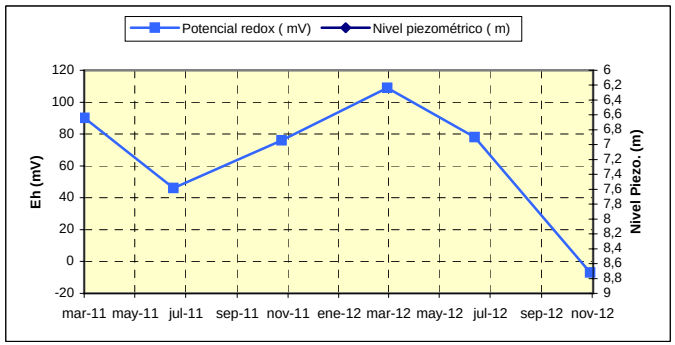




## PARÁMETROS IN SITU



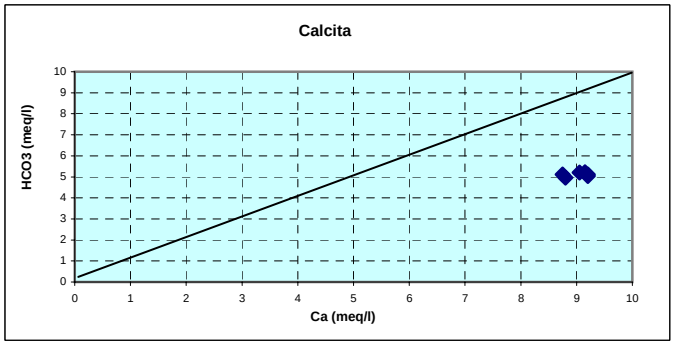



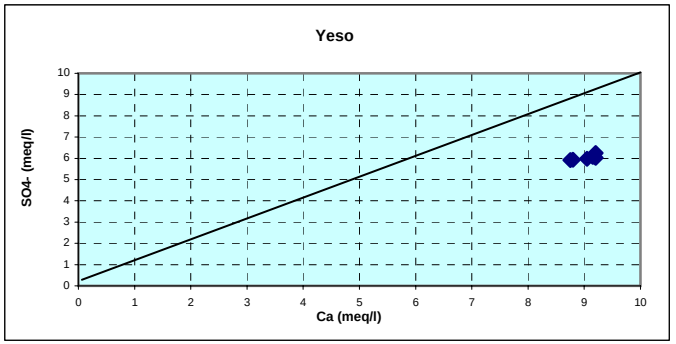
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

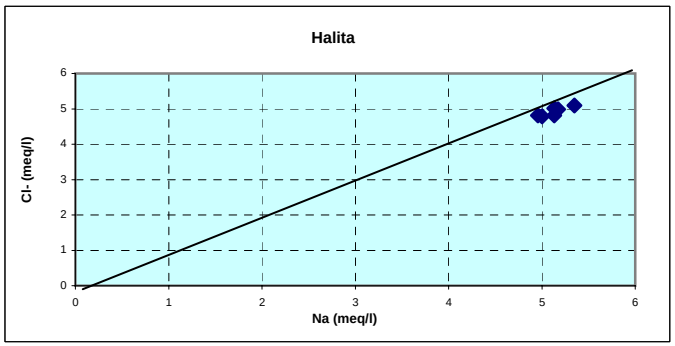


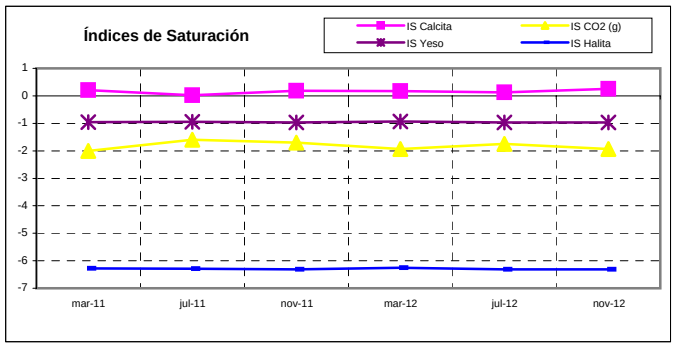
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 38 | **Nº de Registro** | 271540309 |
| **Toponimia** | Utrillas Plaza - C. C. (Pozo 9 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



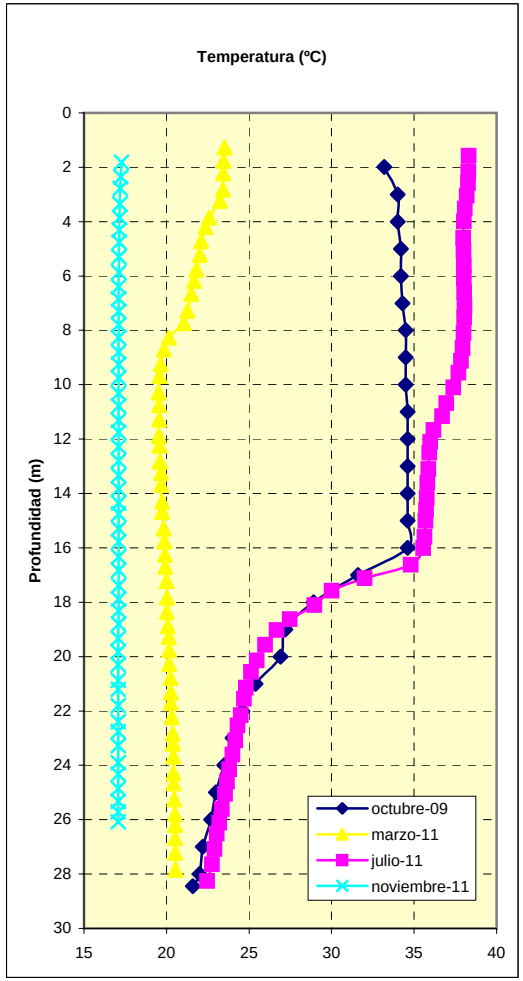



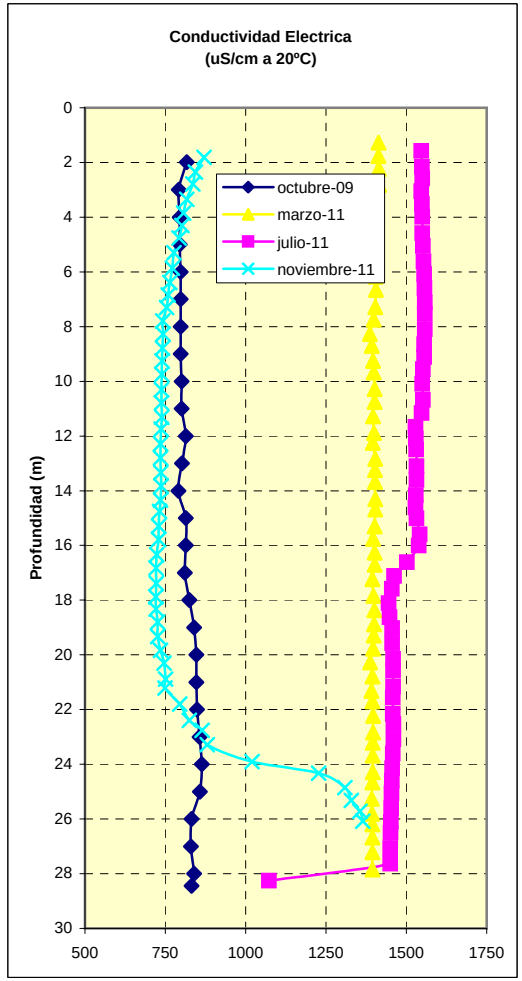



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

| Nº Orden | 39 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Utrillas Plaza - C. C. (Vertido Zona 43)** |
| **Titular** | Utrillas Plaza - Centro Comercial |
| **X** | 677703 |
| **Y** | 4612192 |
| **Z** | 191,86 |
| **Nº de Registro** | 271540392 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 5 m bajo nivel freático |

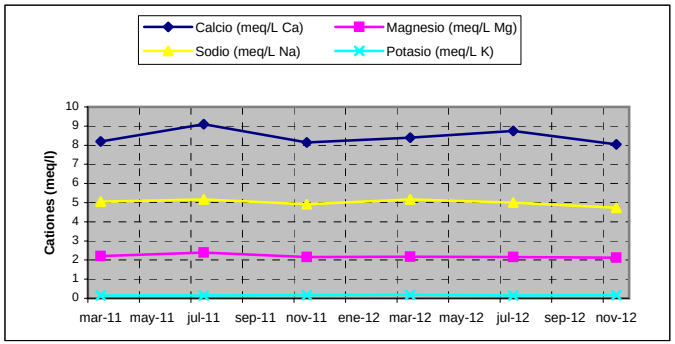


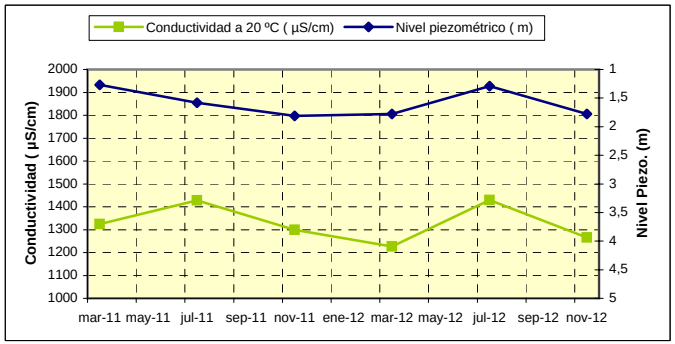



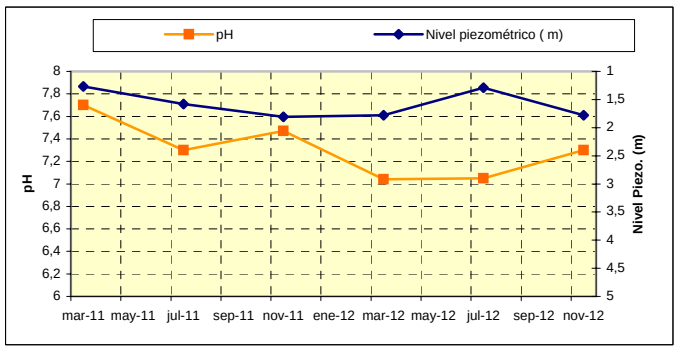
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

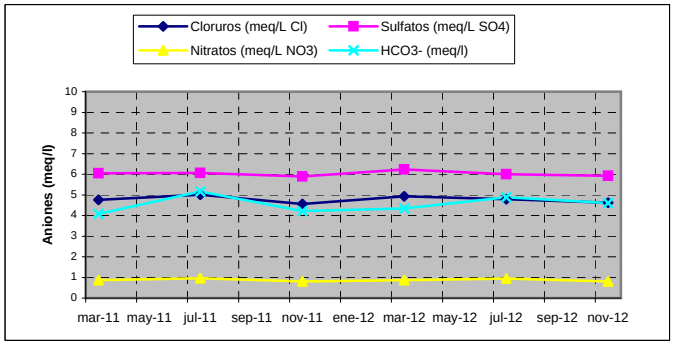
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 39 | **Nº de Registro** | 271540392 |
| **Toponimia** | Utrillas Plaza - C. C. (Vertido Zona 43) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

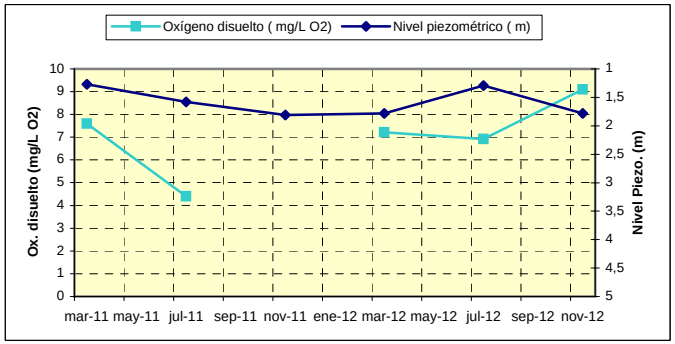
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

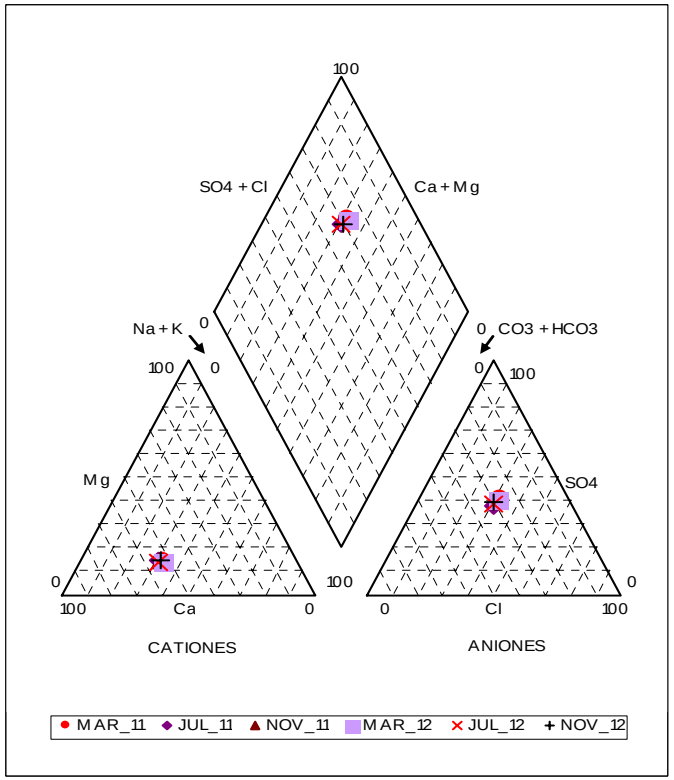


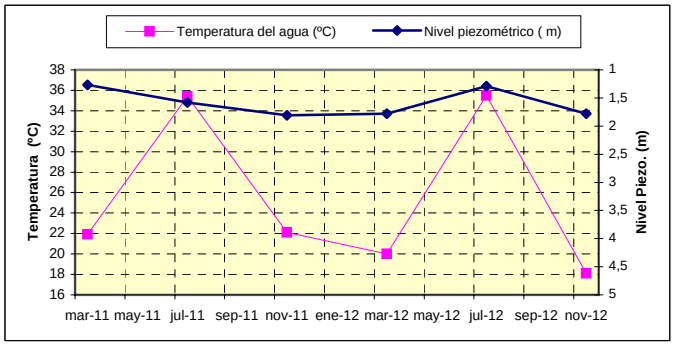



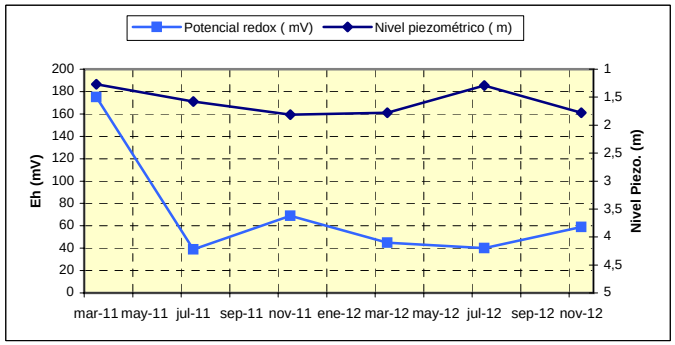




## PARÁMETROS IN SITU

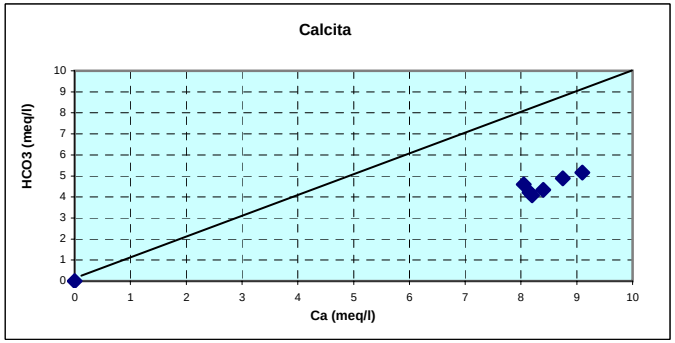


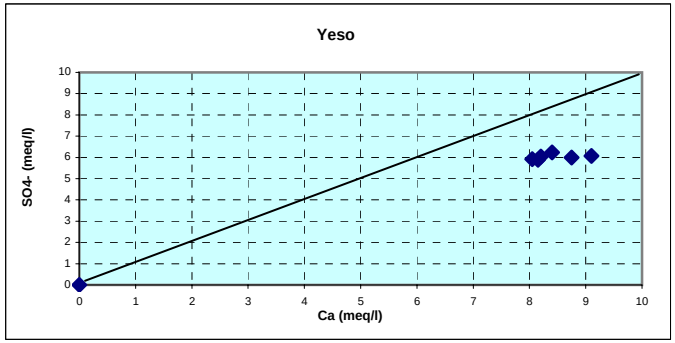



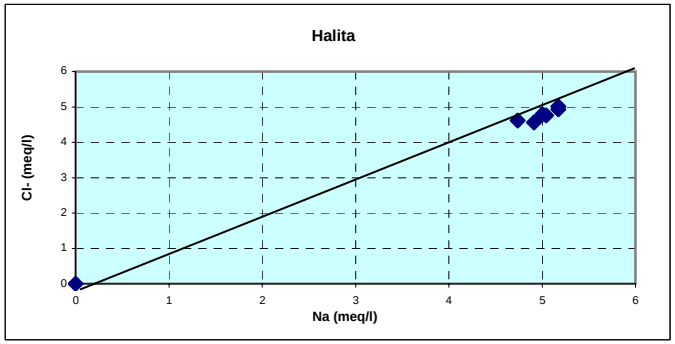
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

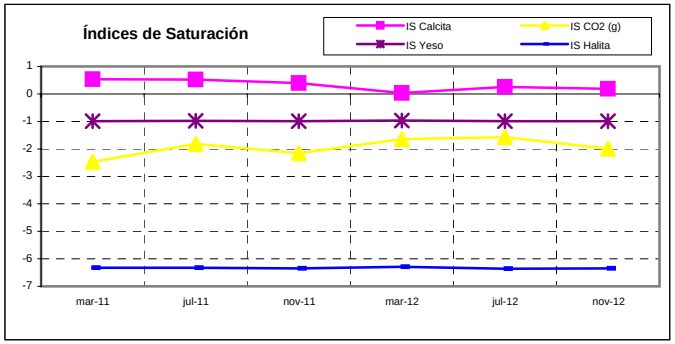
| Nº Orden | 39 | Nº de Registro | 271540392 |
|---|---|---|---|
| Toponimia | Utrillas Plaza - C. C. (Vertido Zona 43) | Frecuencia | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



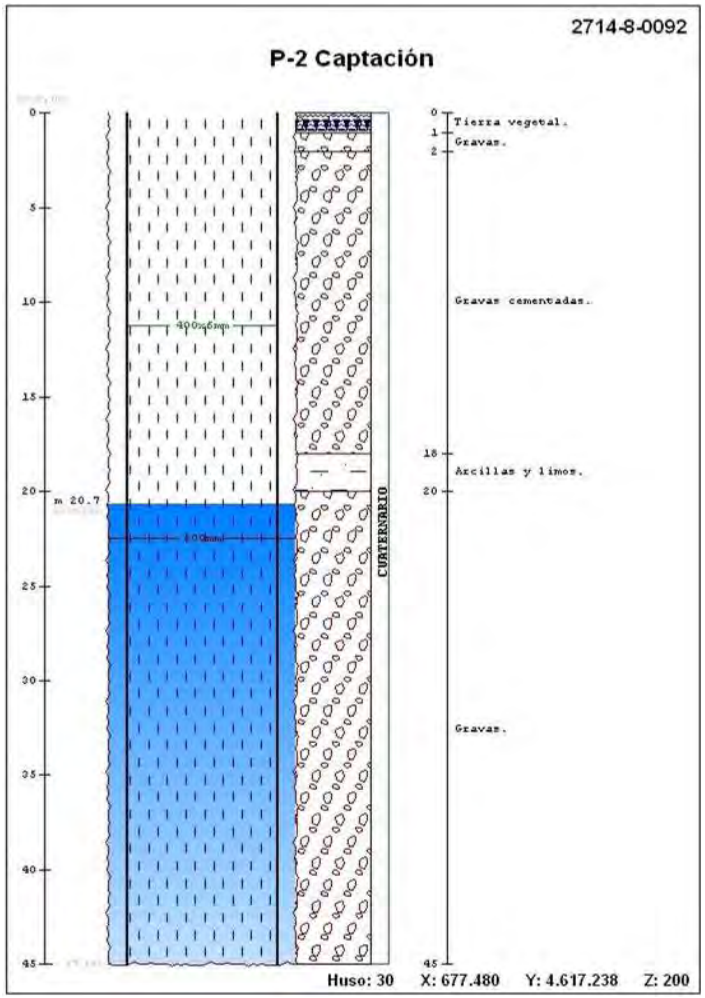



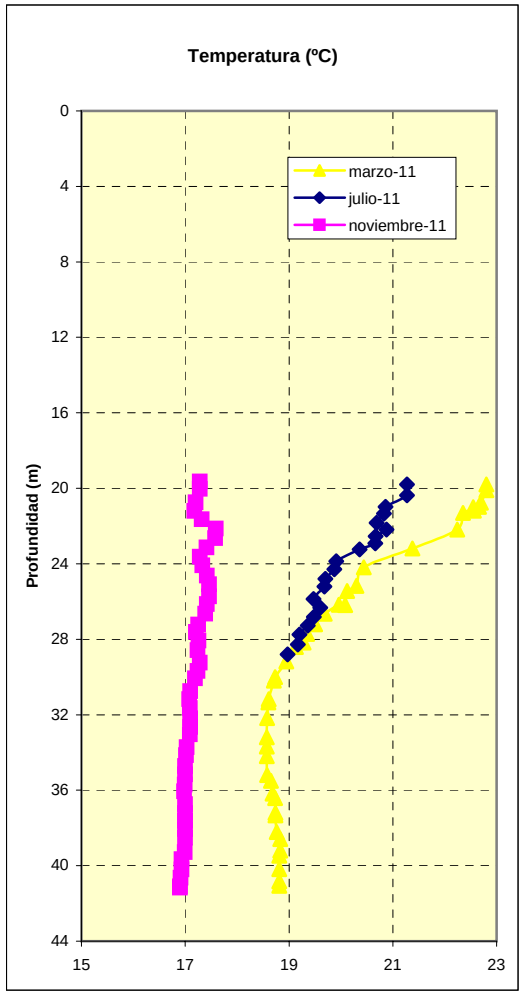



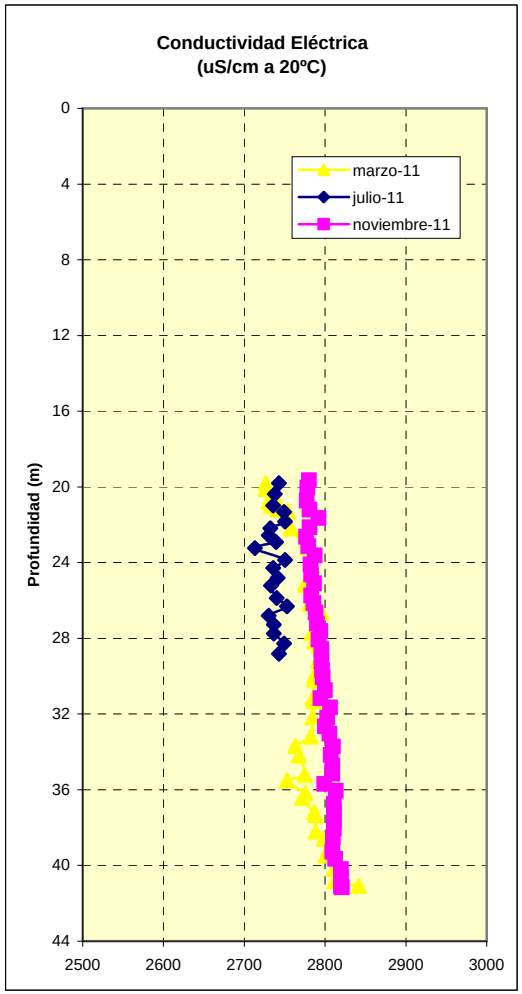
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 40 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Mútua Accidentes Zaragoza (P2 Captación)** |
| **Titular** | Mútua Accidentes Zaragoza |
| **X** | 677475 |
| **Y** | 4617237 |
| **Z** | 212,035 |
| **Nº de Registro** | 271480092 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 25 m |



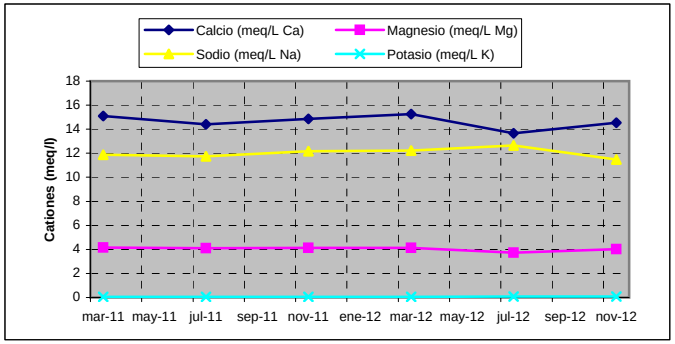



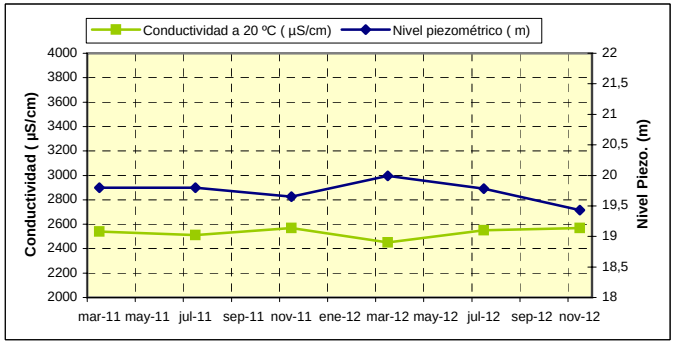



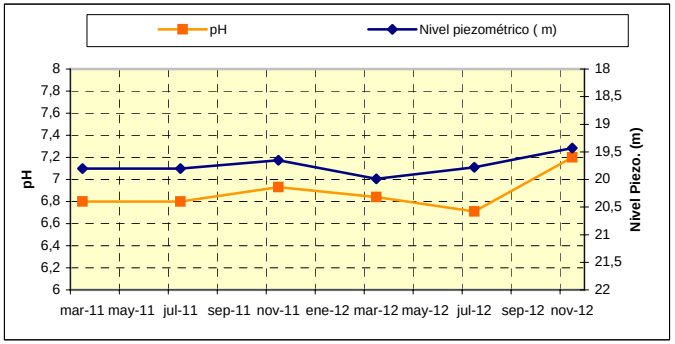
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

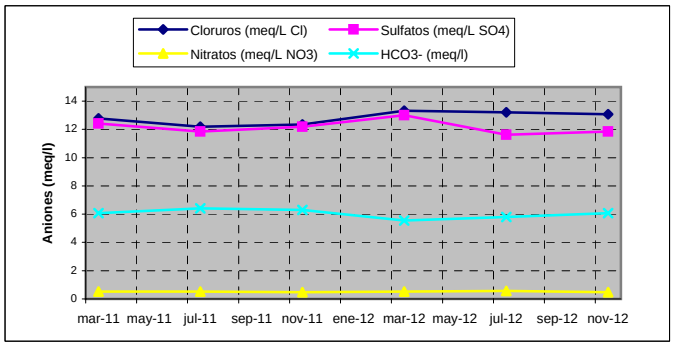
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 40 | **Nº de Registro** | 271480092 |
| **Toponimia** | Mútua Accidentes Zaragoza (P2 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

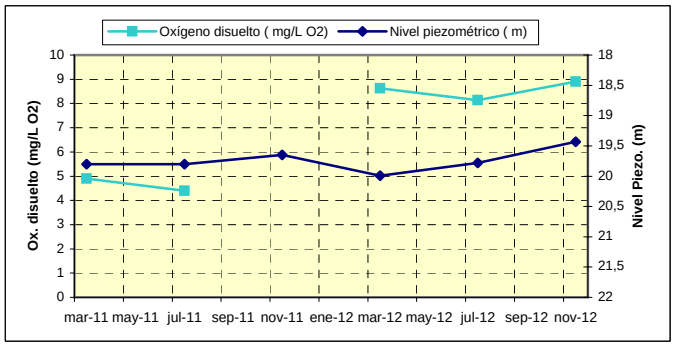
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

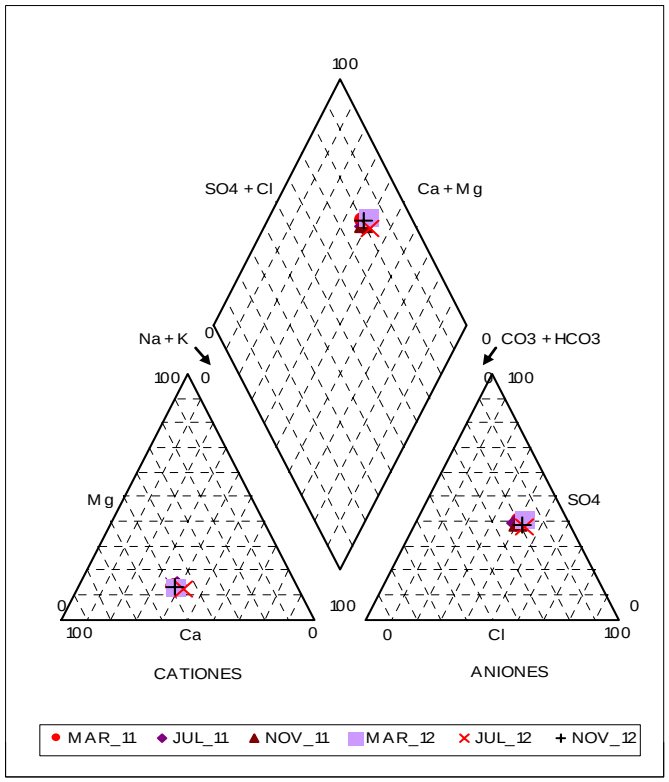


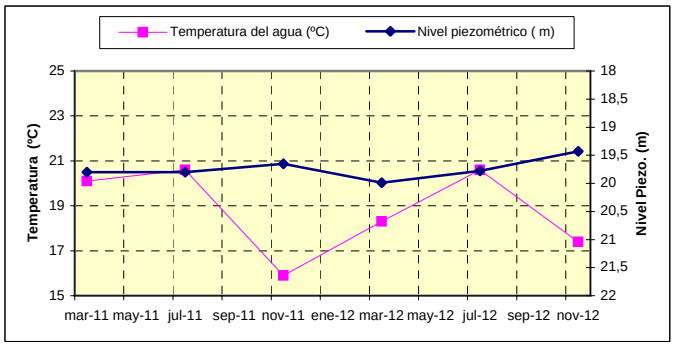



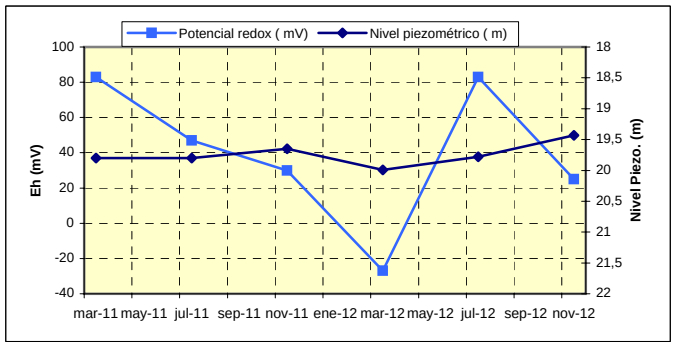




## PARÁMETROS IN SITU



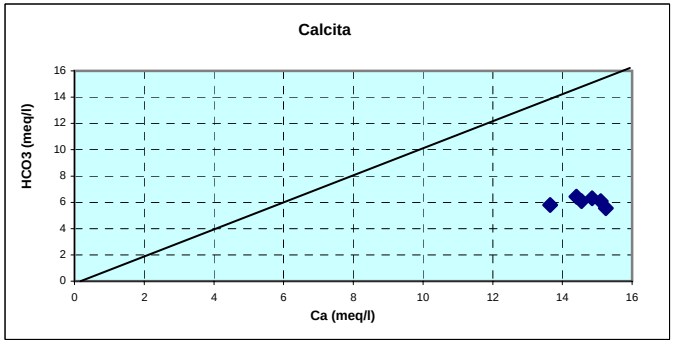



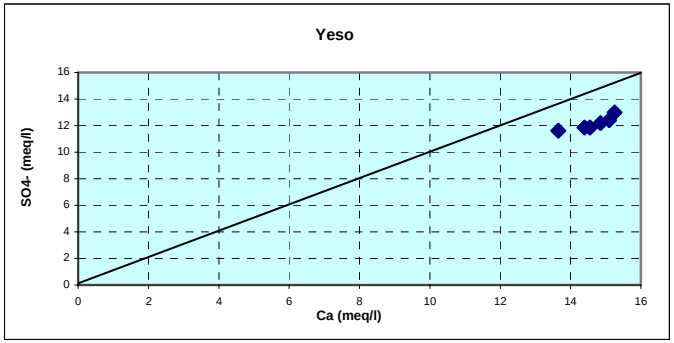
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

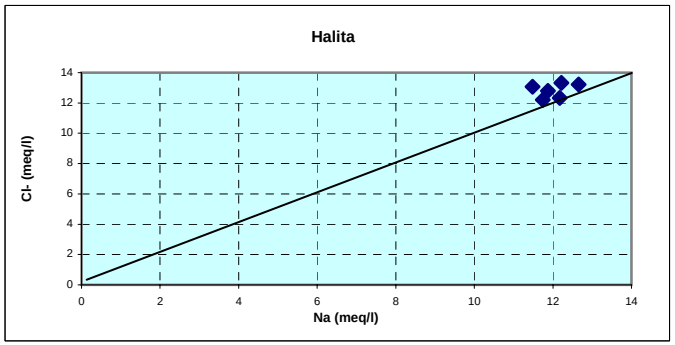


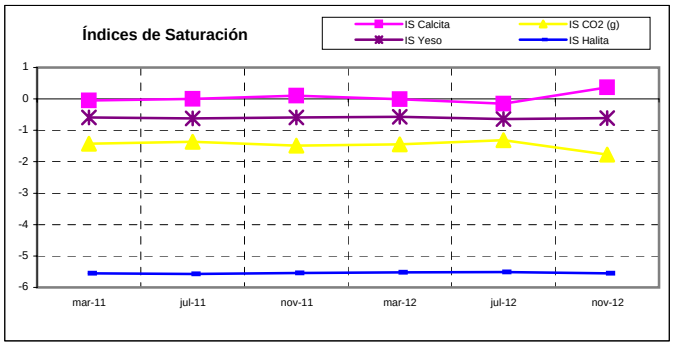
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 40 | **Nº de Registro** | 271480092 |
| **Toponimia** | Mútua Accidentes Zaragoza (P2 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



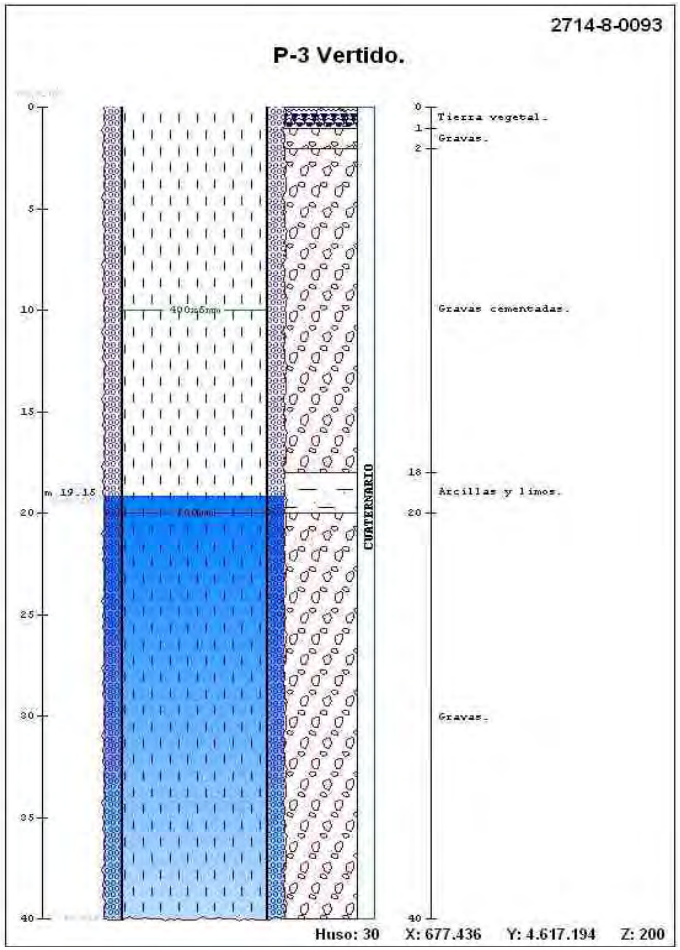



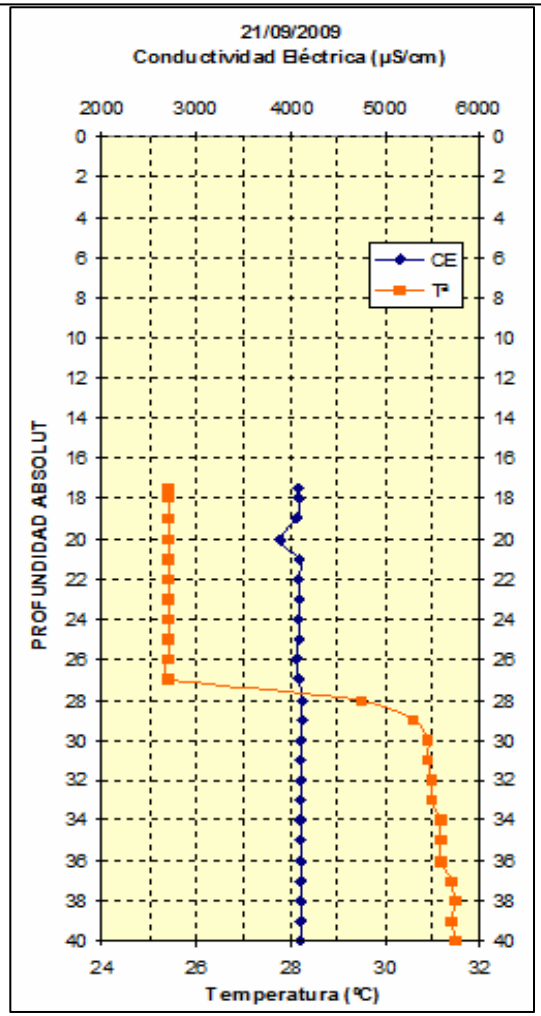



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 41 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Mútua Accidentes Zaragoza (P3 Vertido)** |
| **Titular** | Mútua Accidentes Zaragoza |
| **X** | 677430 |
| **Y** | 4617200 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271480093 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 1 m bajo nifel freático |



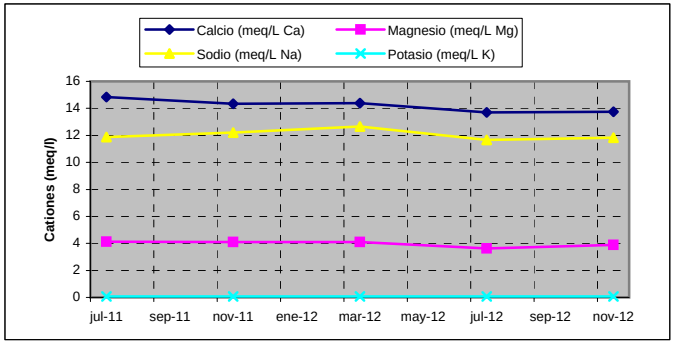



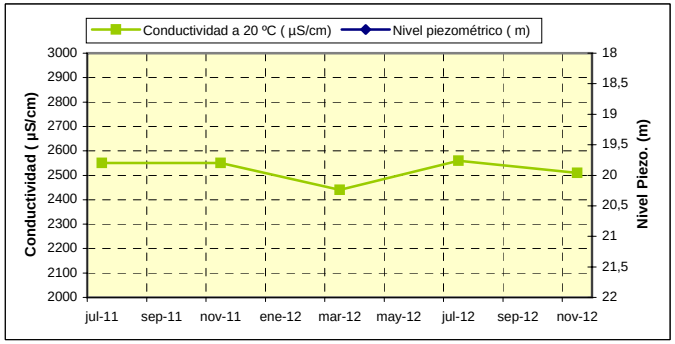
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

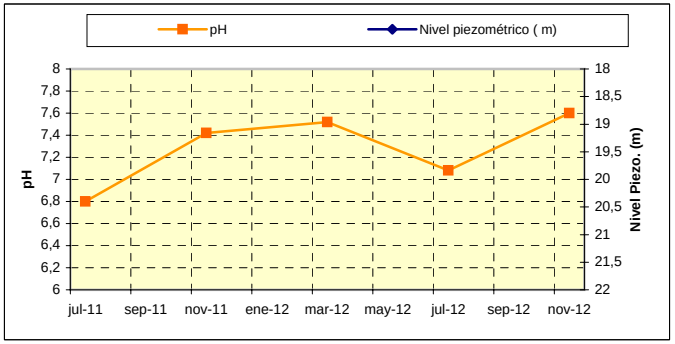


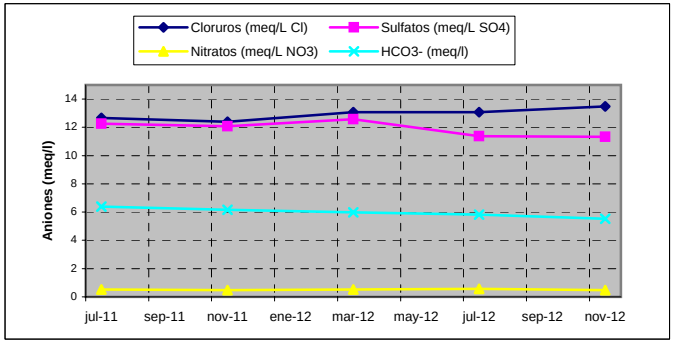
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 41 | **Nº de Registro** | 145 |
| **Toponimia** | Mútua Accidentes Zaragoza (P3 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

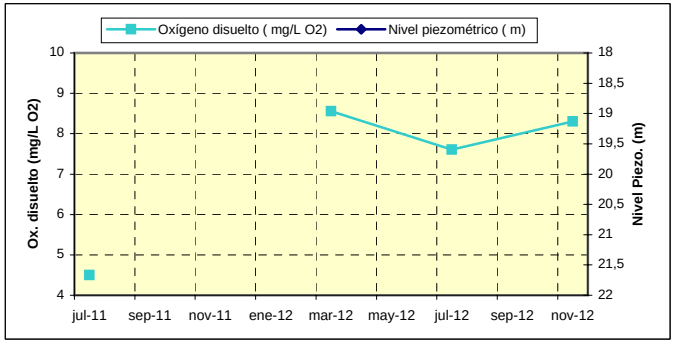
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

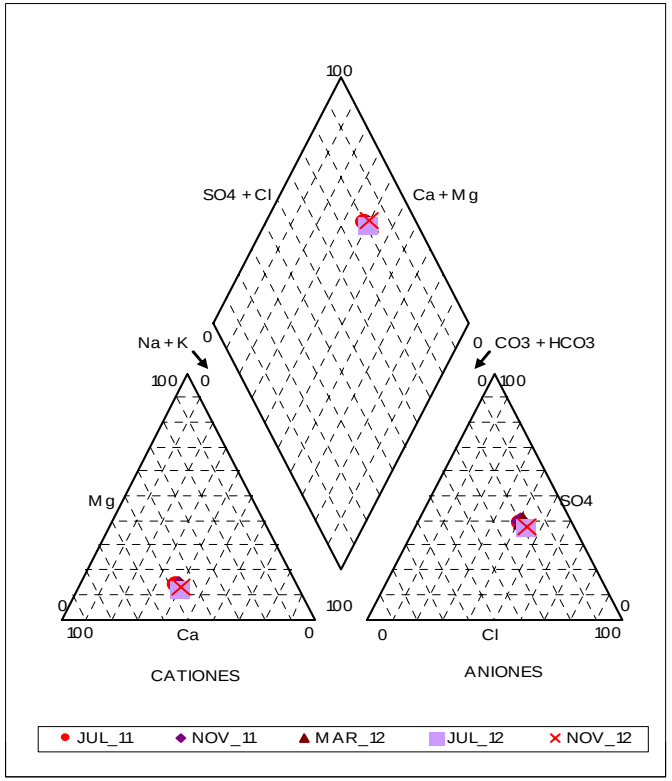


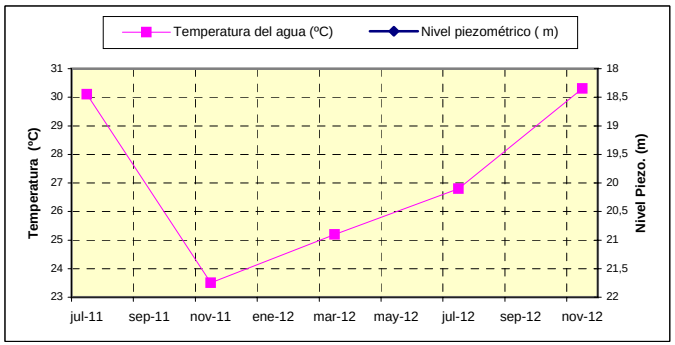



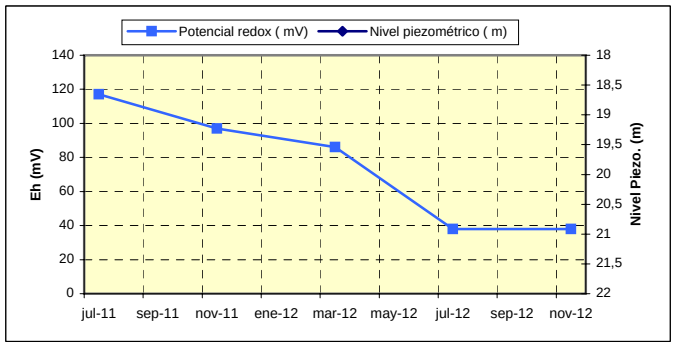




## PARÁMETROS IN SITU



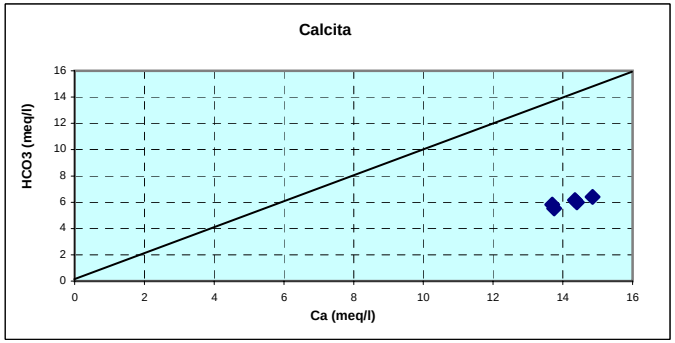



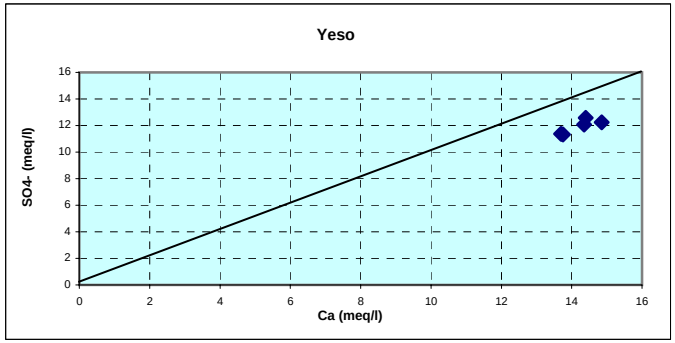
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

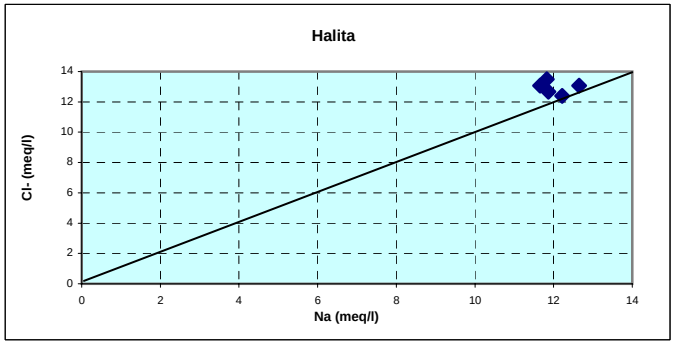


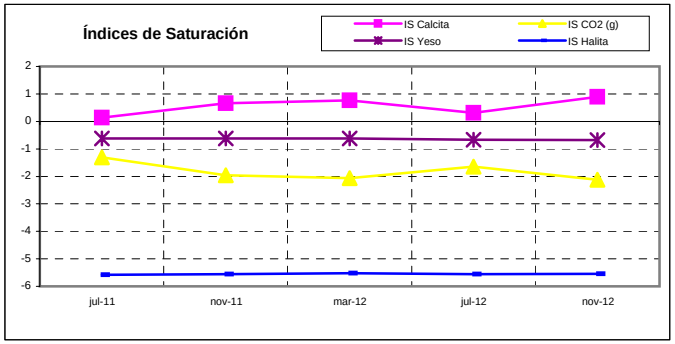
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 41 | **Nº de Registro** | 271480093 |
| **Toponimia** | Mútua Accidentes Zaragoza (P3 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



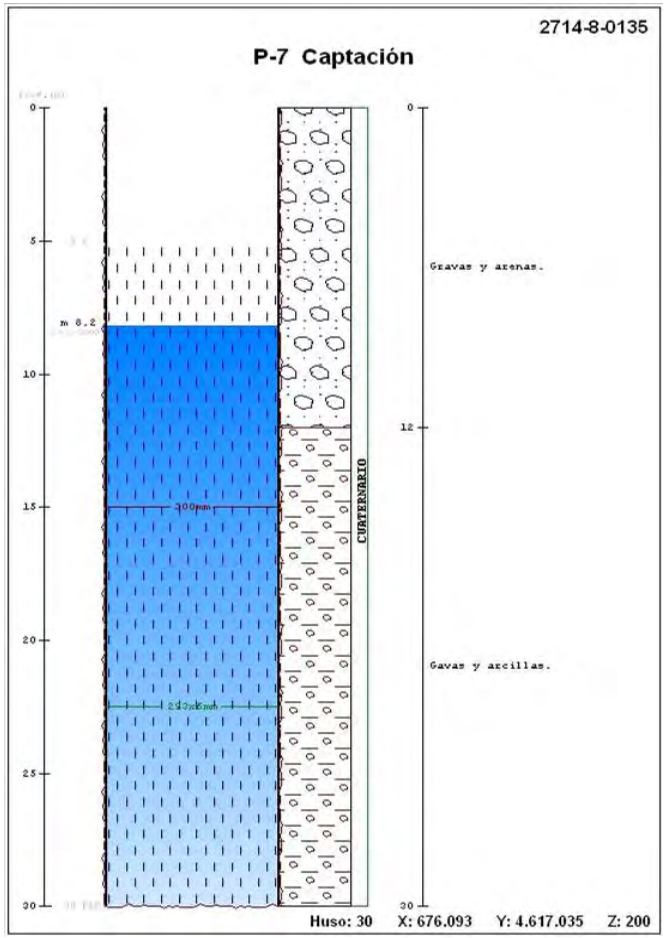



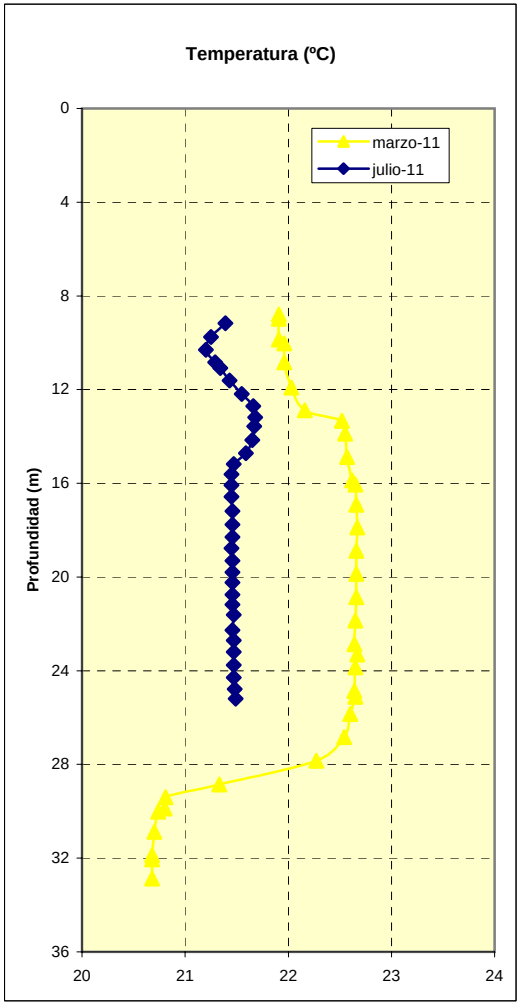



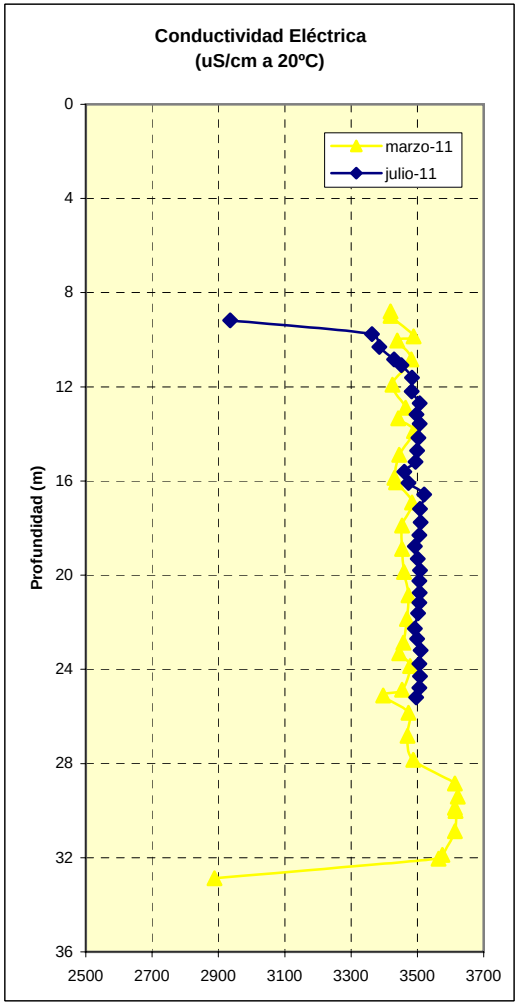
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 42 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Ed. Betancourt - E. Ingenieros (P-2)** |
| **Titular** | Universidad de Zaragoza |
| **X** | 676102 |
| **Y** | 4617008 |
| **Z** | 200,689 |
| **Nº de Registro** | 271480135 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |



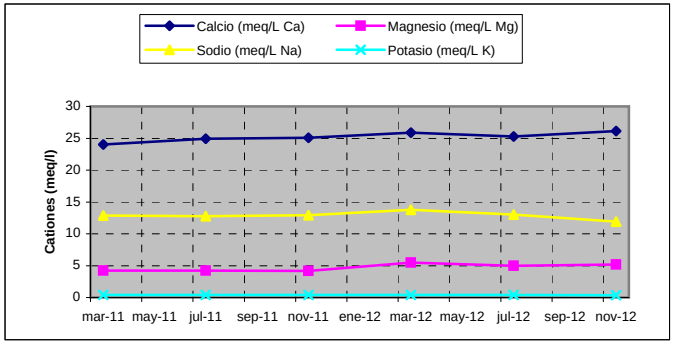



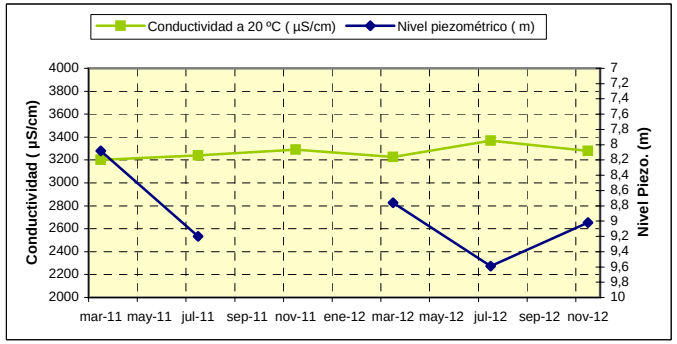



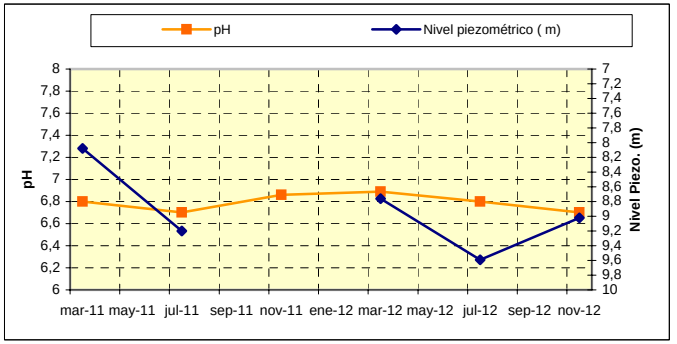
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

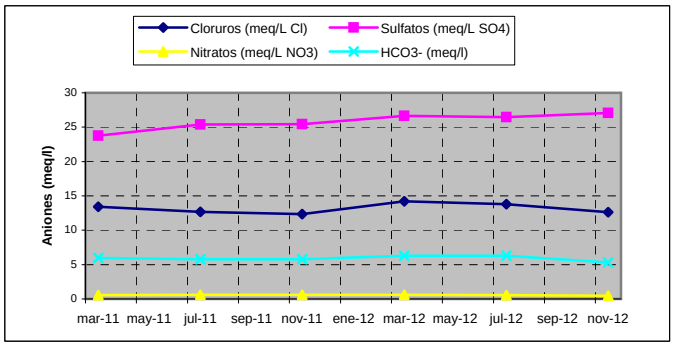
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 42 | **Nº de Registro** | 271480135 |
| **Toponimia** | Ed. Betancourt - E. Ingenieros (P-2) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

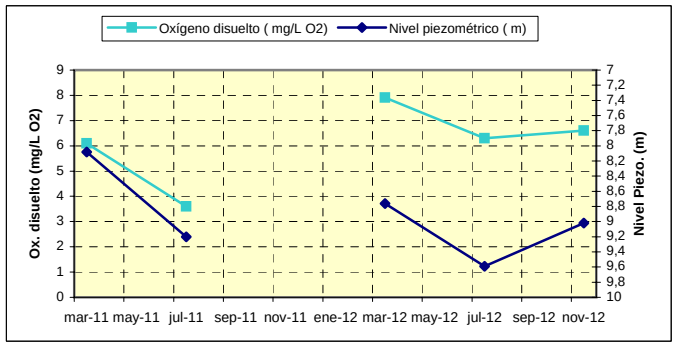
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

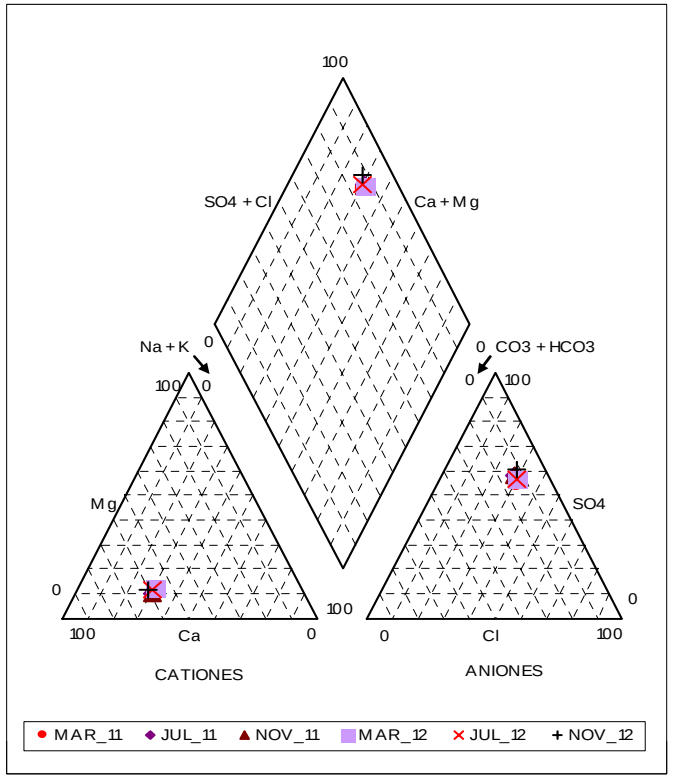


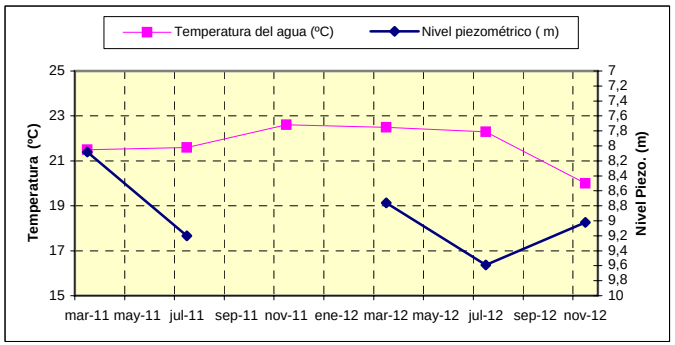



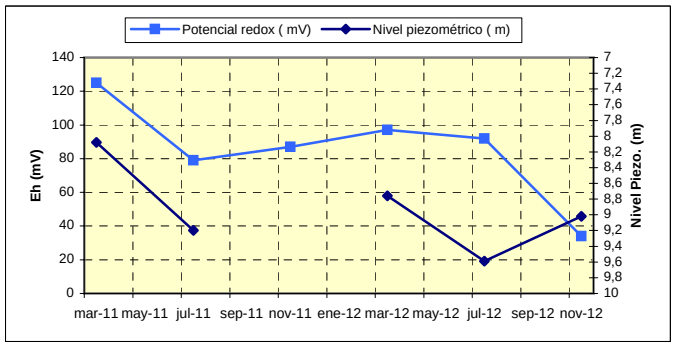




## PARÁMETROS IN SITU



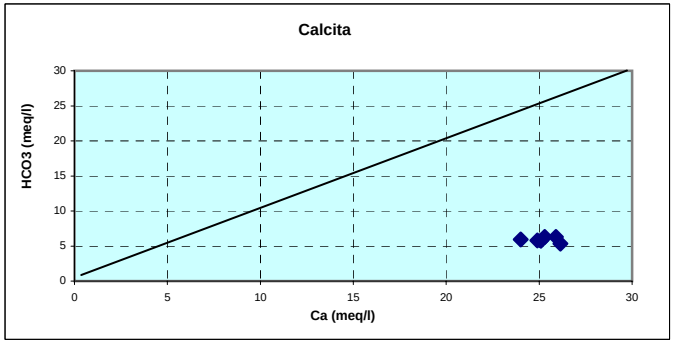



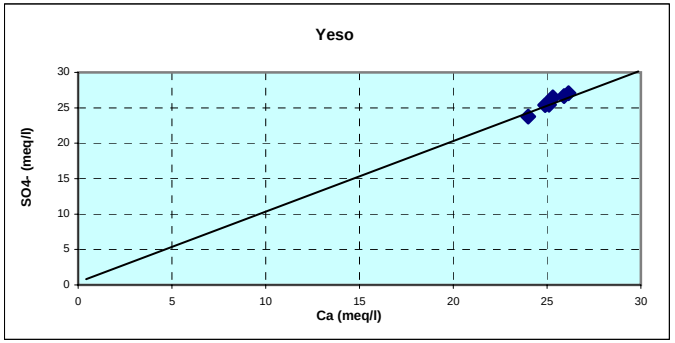
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

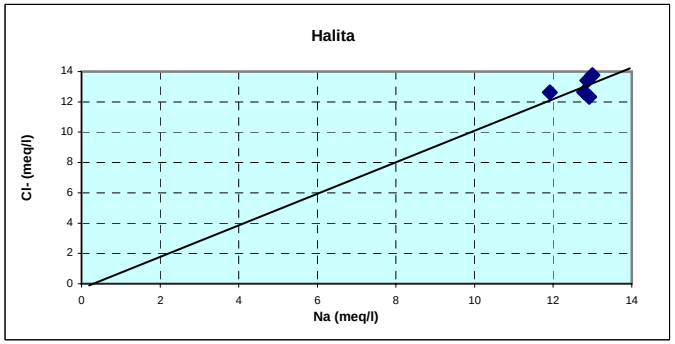


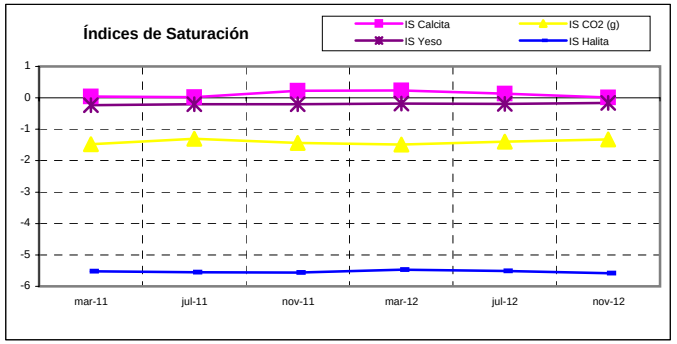
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 42 | **Nº de Registro** | 271480135 |
| **Toponimia** | Ed. Betancourt - E. Ingenieros (P-2) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



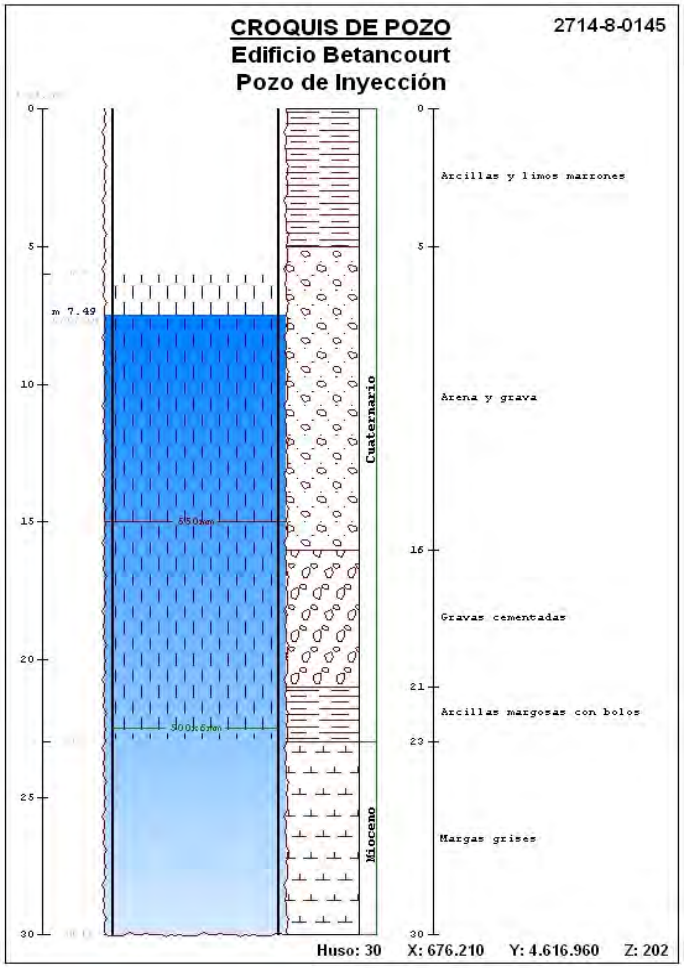



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



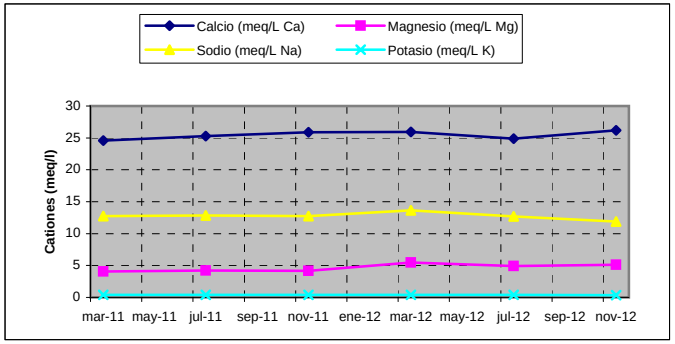
| Nº Orden | 43 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Ed. Betancourt - E. Ingenieros (Vertido)** |
| **Titular** | Universidad de Zaragoza |
| **X** | 676210 |
| **Y** | 4616960 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271480145 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Grifo en conducción |

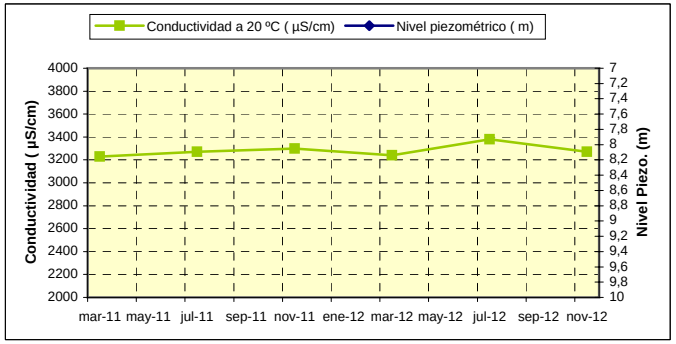


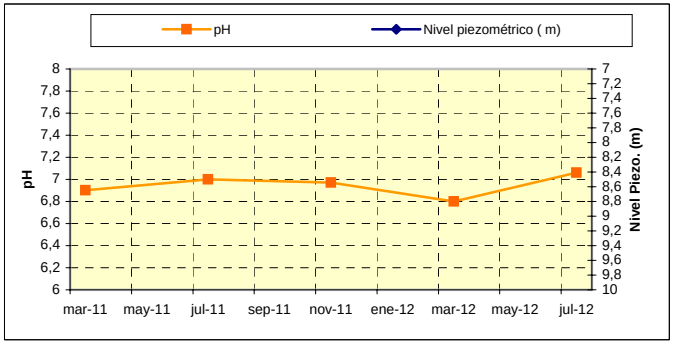
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

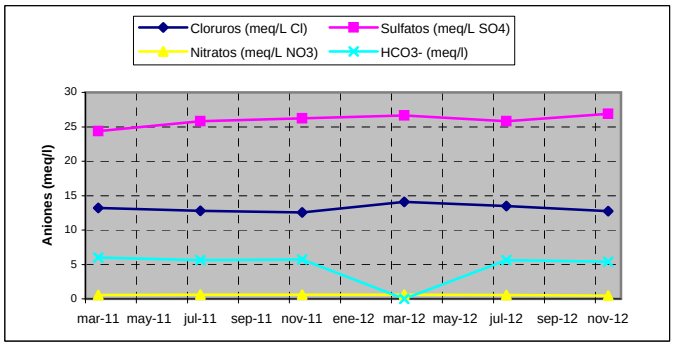
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 43 | **Nº de Registro** | 271480145 |
| **Toponimia** | Ed. Betancourt - E. Ingenieros (Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

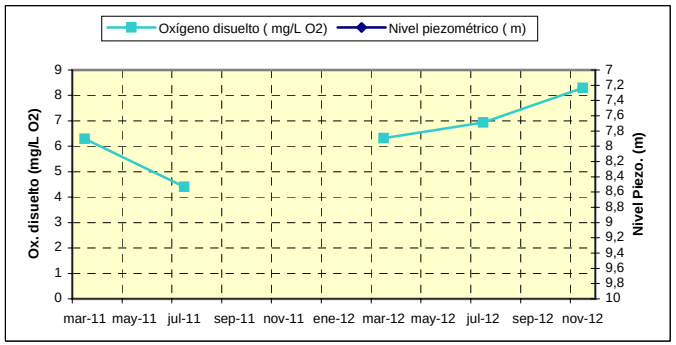
## ELEMENTOS MAYORITARIOS



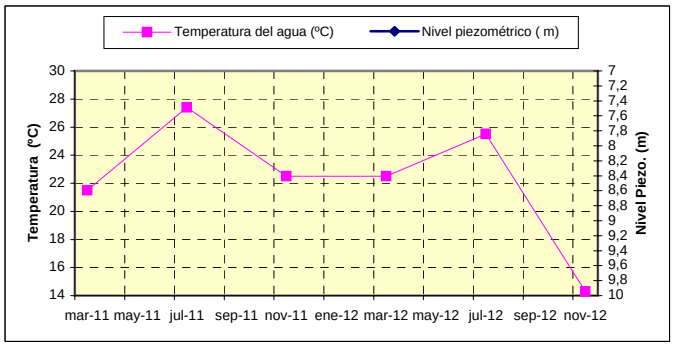



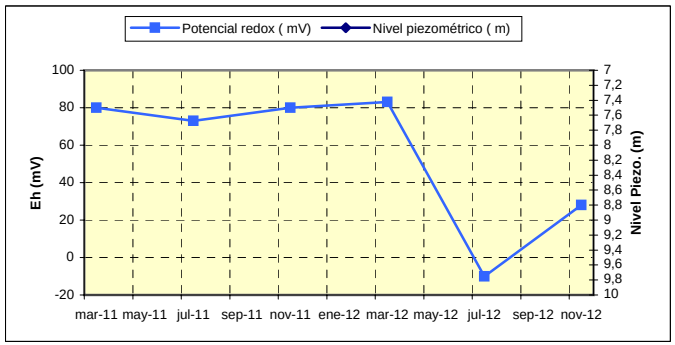



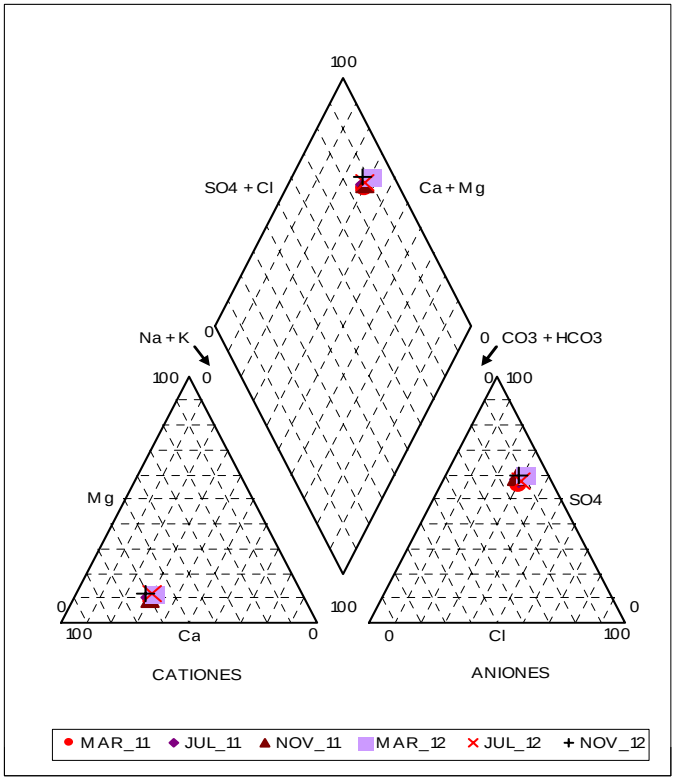




## PARÁMETROS IN SITU



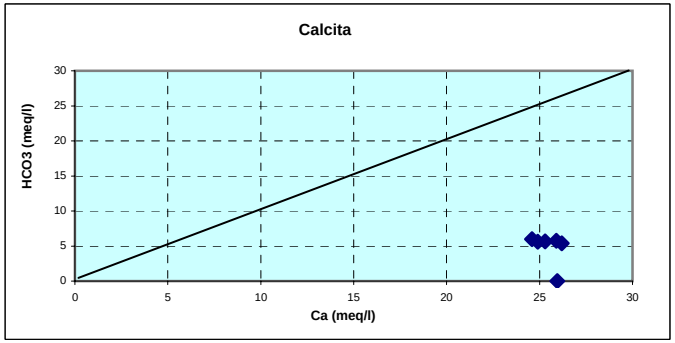



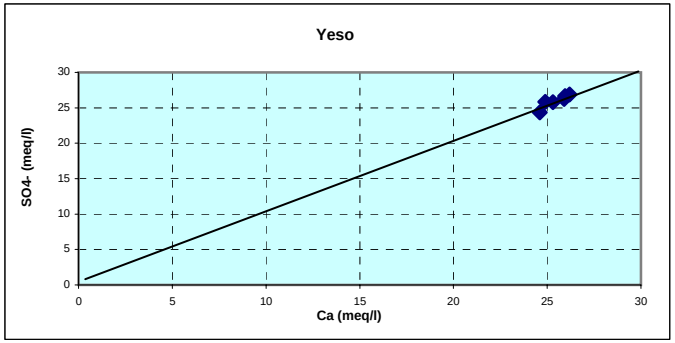
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

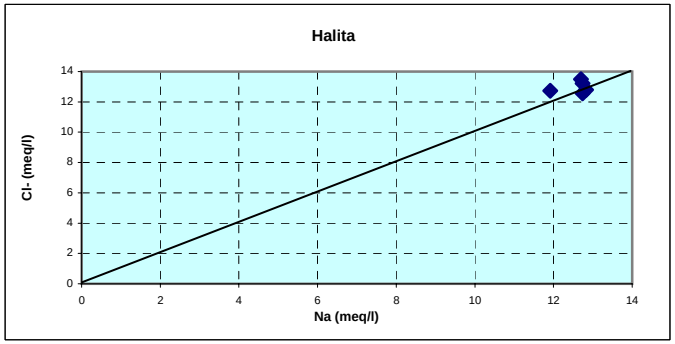


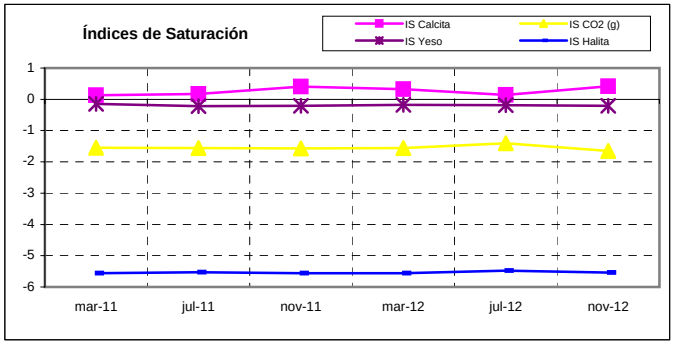
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 43 | **Nº de Registro** | 271480145 |
| **Toponimia** | Ed. Betancourt - E. Ingenieros (Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



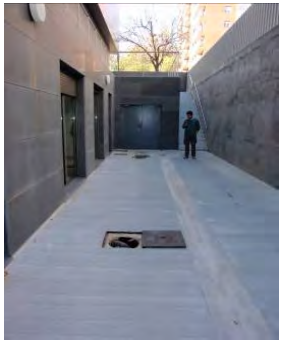



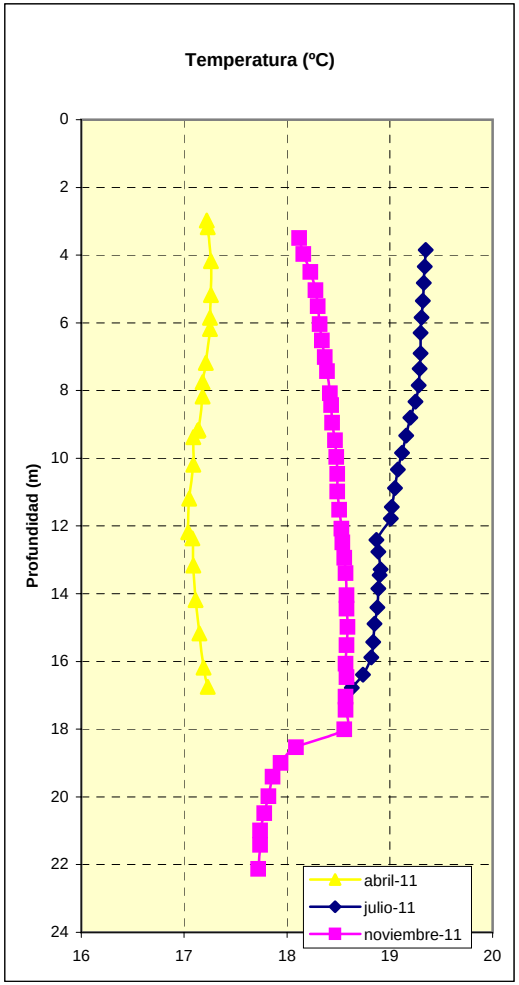



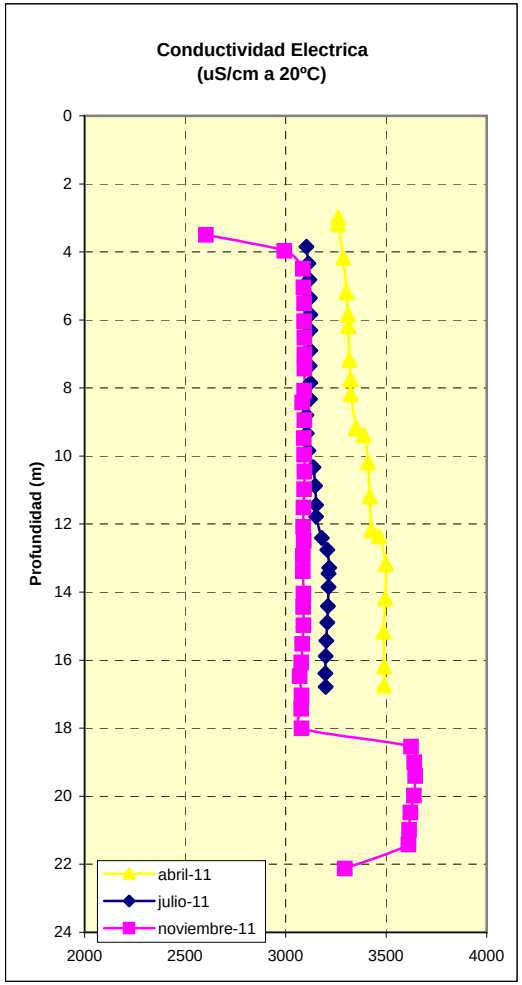



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

| Nº Orden | 44 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Ctro. de Salud ACTUR Norte (P-1 Captación)** |
| **Titular** | Gobierno de Aragón Departamento de Sanidad |
| **X** | 676156 |
| **Y** | 4615902 |
| **Z** | 194,405 |
| **Nº de Registro** | 271480151 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral y registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Botella tomamuestras a 1 m bajo nivel freático |



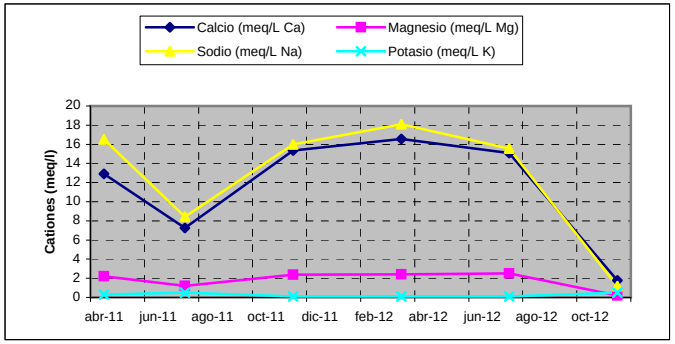


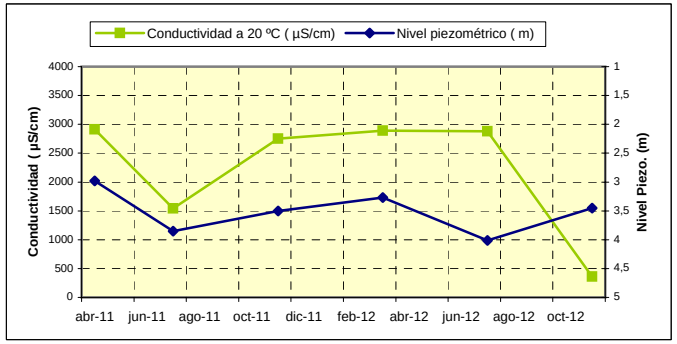



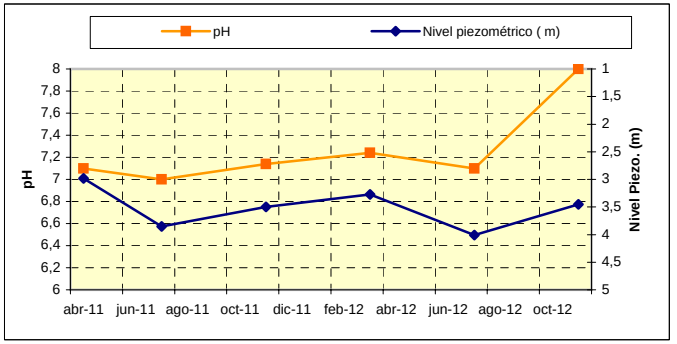
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

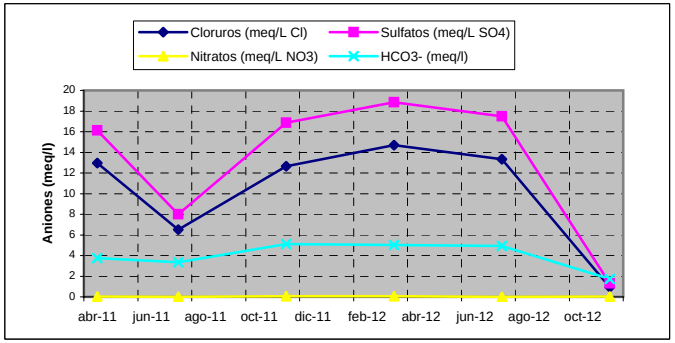
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 44 | **Nº de Registro** | 271480151 |
| **Toponimia** | Ctro. de Salud ACTUR Norte (P-1 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral y registros verticales CE-T en 2011 |

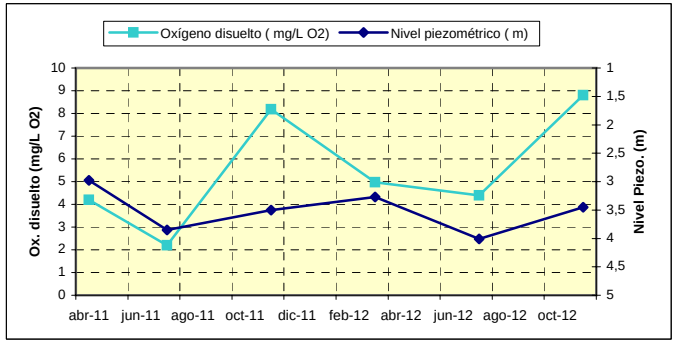
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

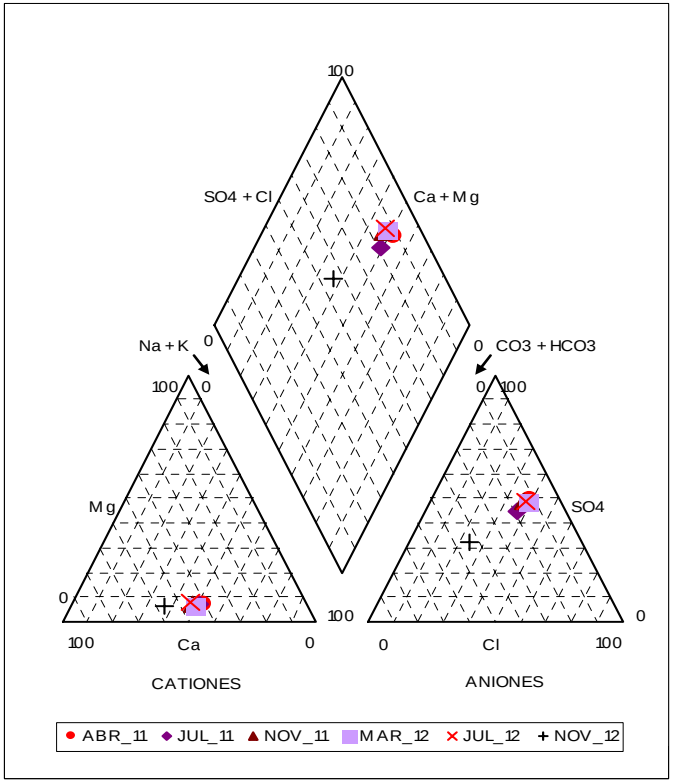


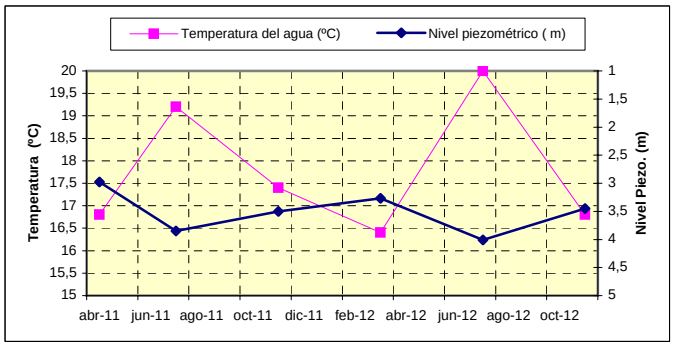



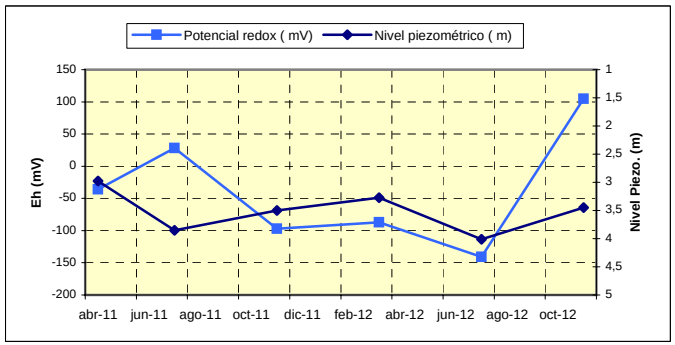




## PARÁMETROS IN SITU



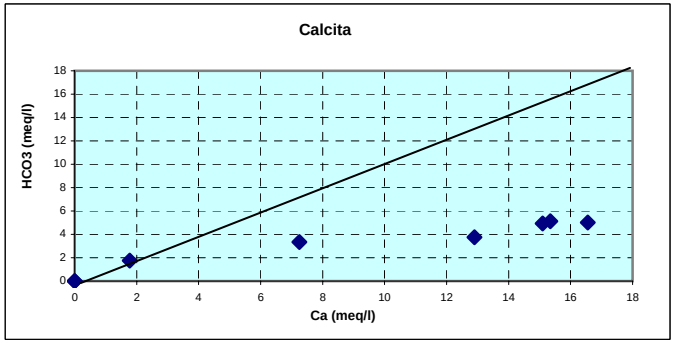



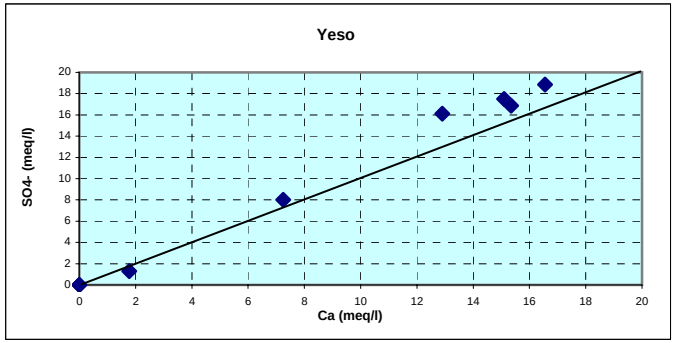
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

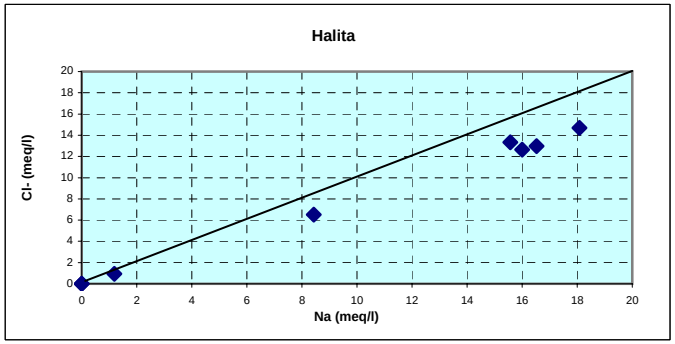


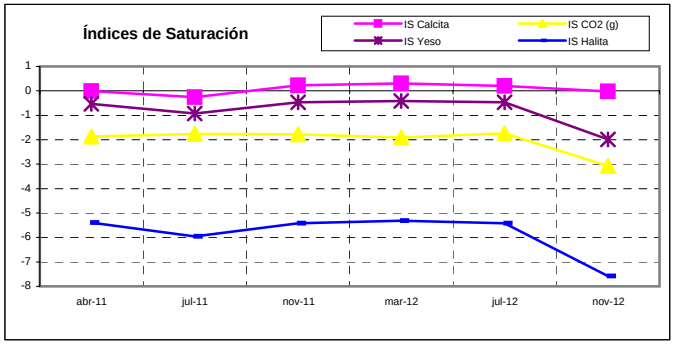
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 44 | **Nº de Registro** | 271480151 |
| **Toponimia** | Ctro. de Salud ACTUR Norte (P-1 Captación) | **Frecuencia** | Cuatrimestral y registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

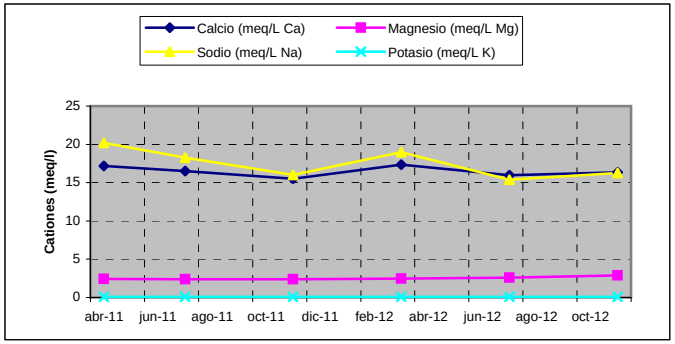


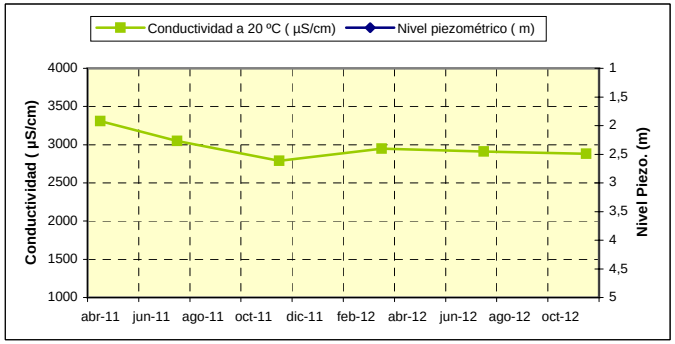
| Nº Orden | 45 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Centro de Salud ACTUR Norte (P-3 Vertido)** |
| **Titular** | Gobierno de Aragón Departamento de Sanidad |
| **X** | 676154 |
| **Y** | 4615873 |
| **Z** | |
| **Nº de Registro** | 271480152 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral |
| **Parámetros** | A. normal, CE, T, pH, Eh, OD, TAC |
| **Toma de muestra** | Conducción en sondeo |

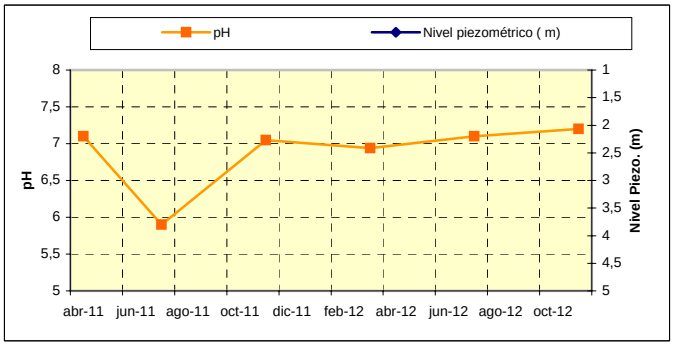
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

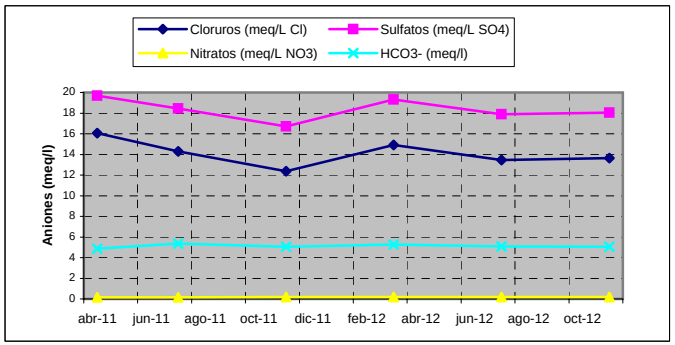
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 45 | **Nº de Registro** | 271480152 |
| **Toponimia** | Centro de Salud ACTUR Norte (P-3 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

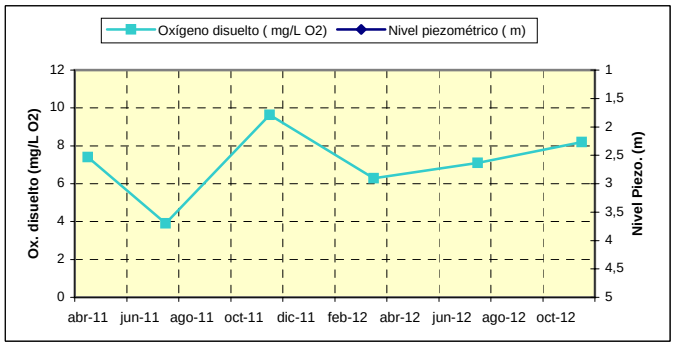
## ELEMENTOS MAYORITARIOS



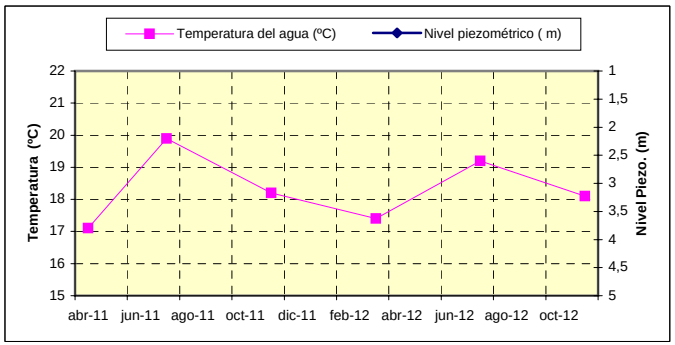



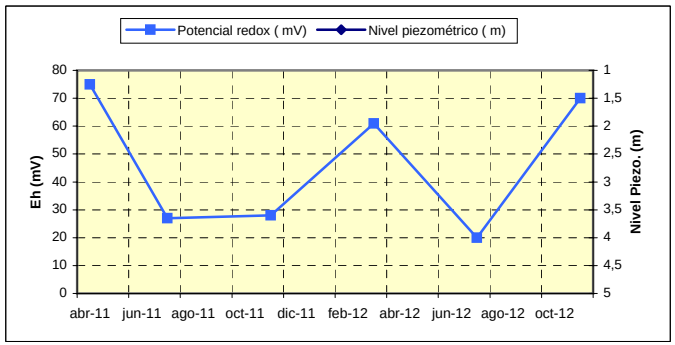



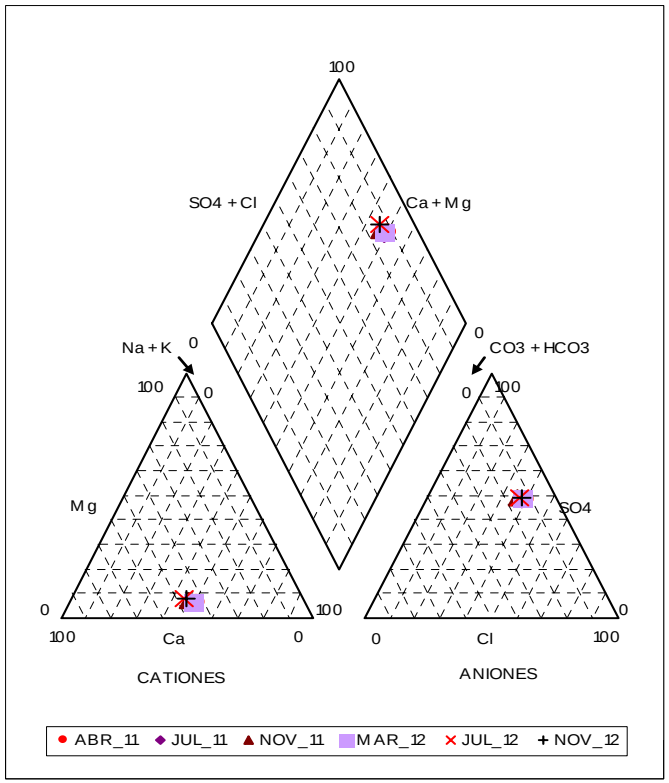




## PARÁMETROS IN SITU



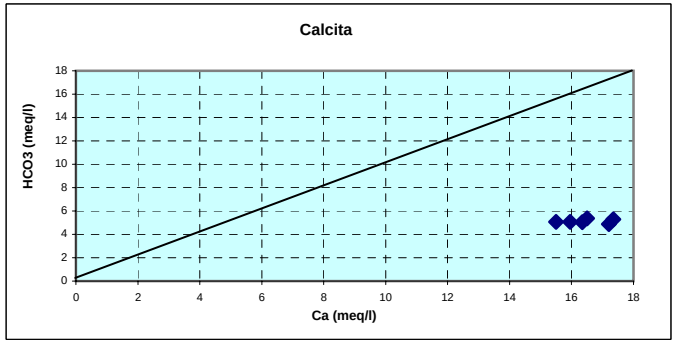



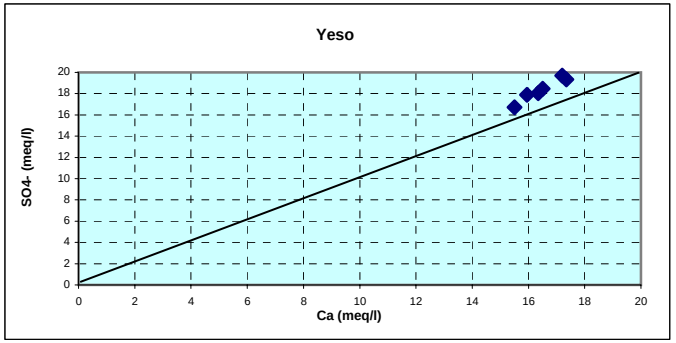
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

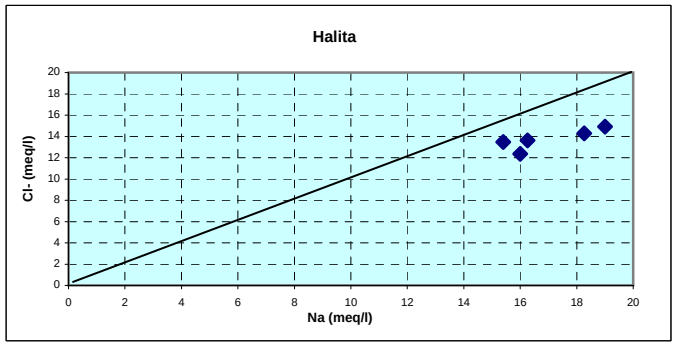


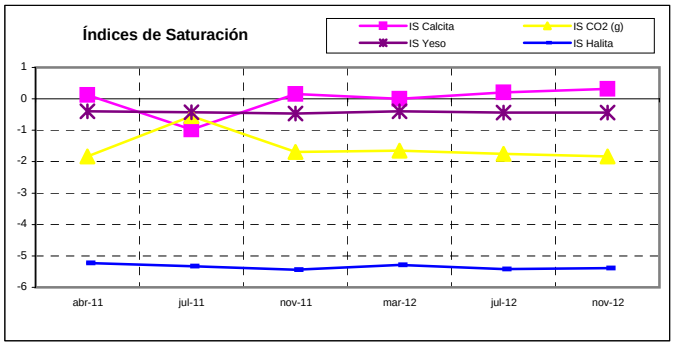
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 45 | **Nº de Registro** | 271480152 |
| **Toponimia** | Centro de Salud ACTUR Norte (P-3 Vertido) | **Frecuencia** | Cuatrimestral |

## RELACIONES IÓNICAS



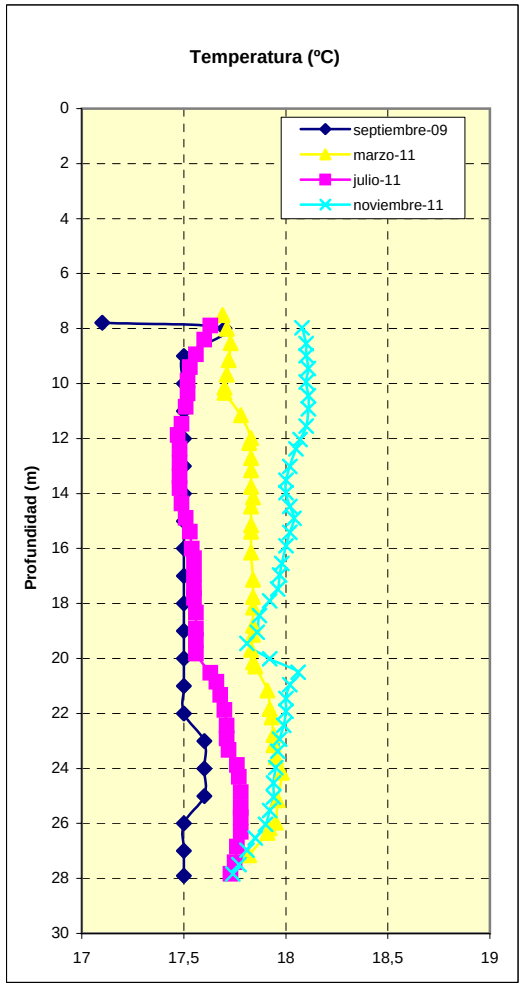



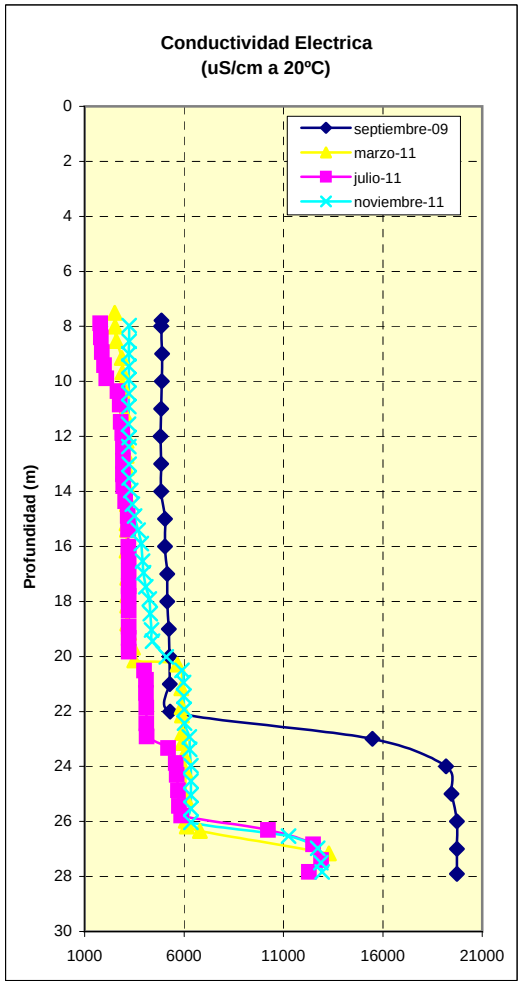



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 46 |
|---|---|
| **Toponimia** | **SAICA (Pozo 5)** |
| **Titular** | SAICA |
| **X** | 677420 |
| **Y** | 4615352 |
| **Z** | 198,225 |
| **Nº de Registro** | 271480059 |
| **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal, metales, CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Grifo de sondeo en bombeo |



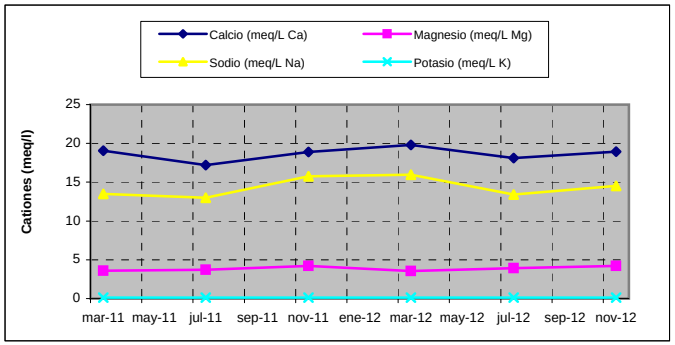



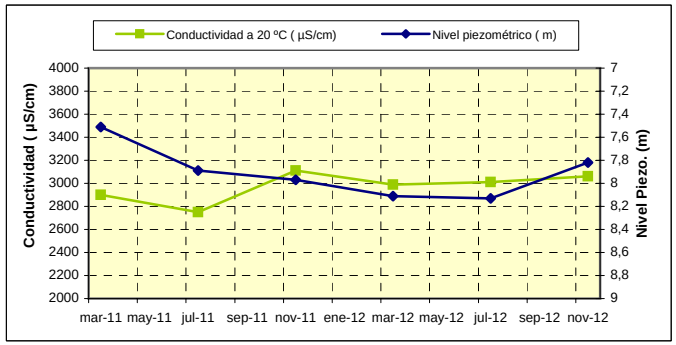
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

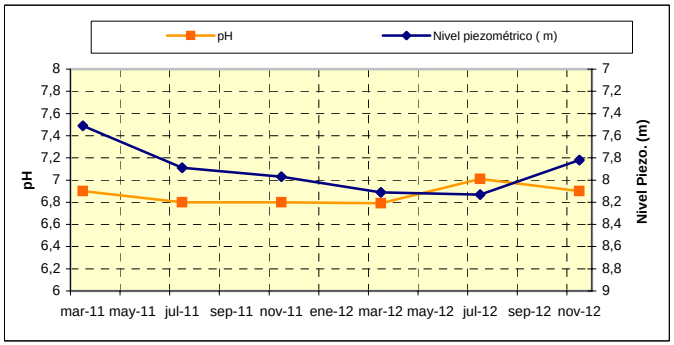


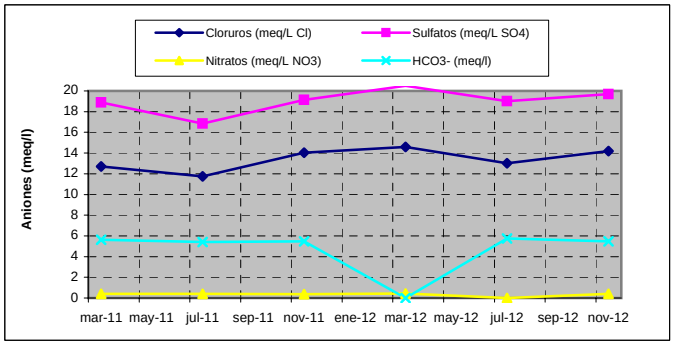
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 46 | **Nº de Registro** | 271480059 |
| **Toponimia** | SAICA (Pozo 5) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

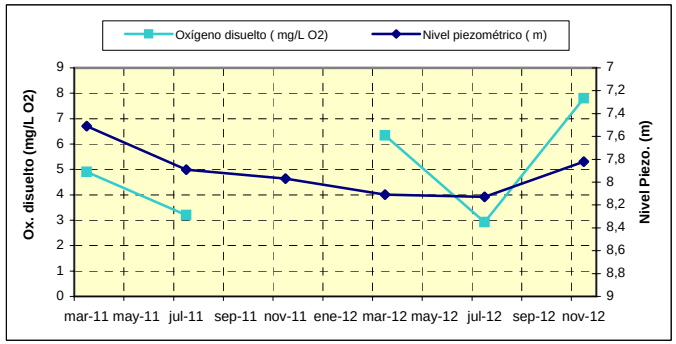
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

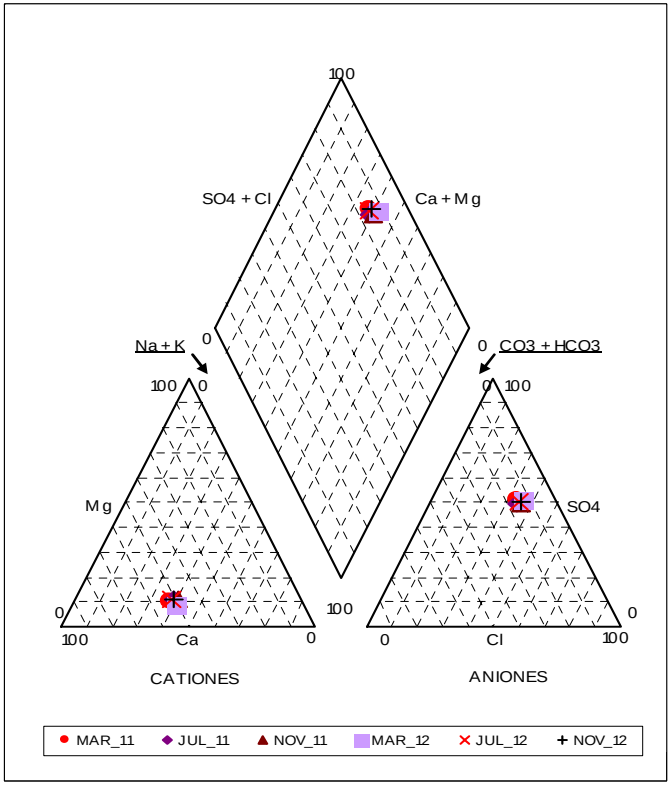


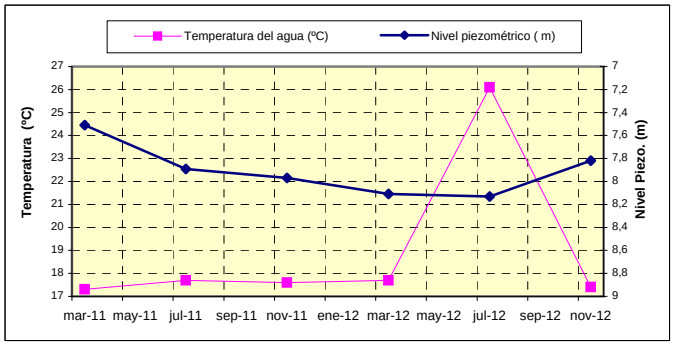



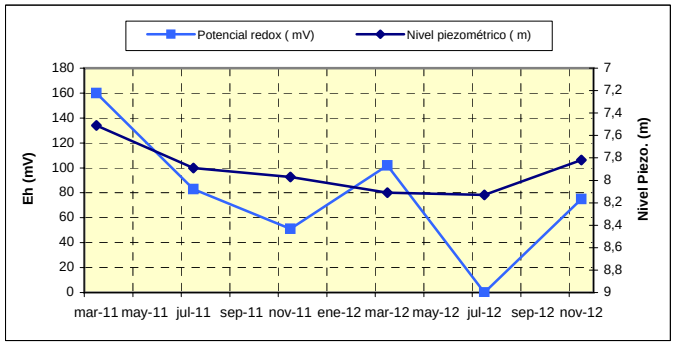




## PARÁMETROS IN SITU



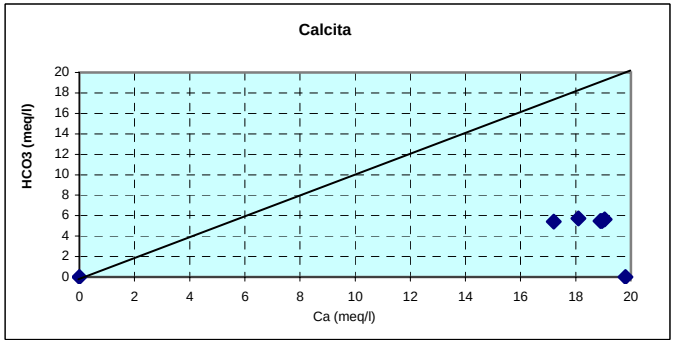



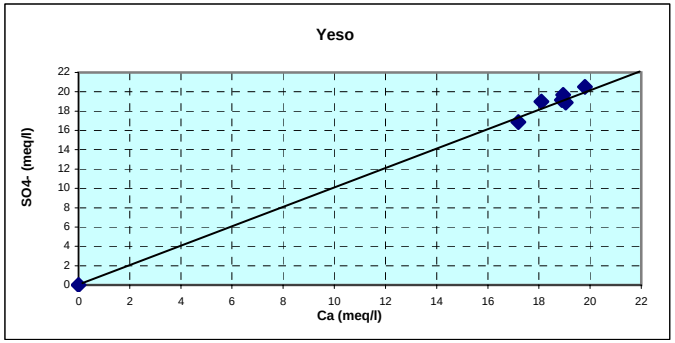
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

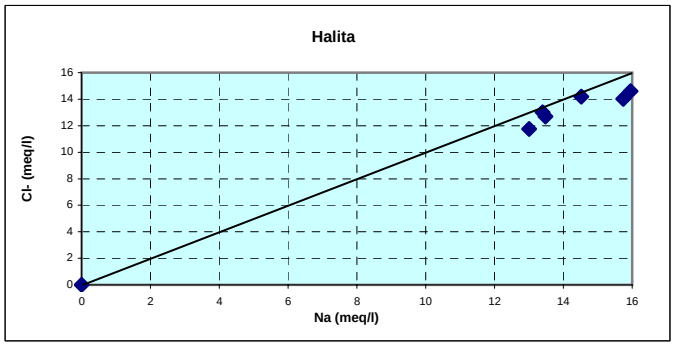


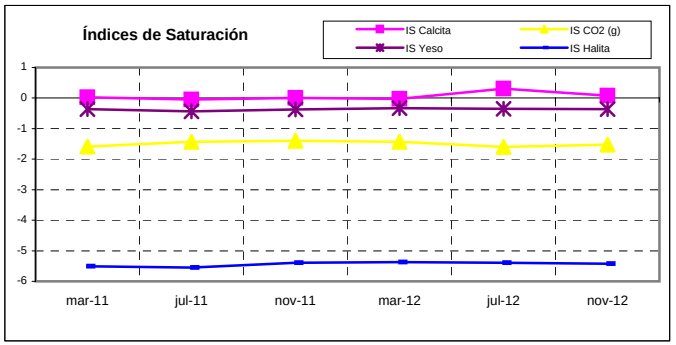
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 46 | **Nº de Registro** | 271480059 |
| **Toponimia** | SAICA (Pozo 5) | **Frecuencia** | Cuatrimestral, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



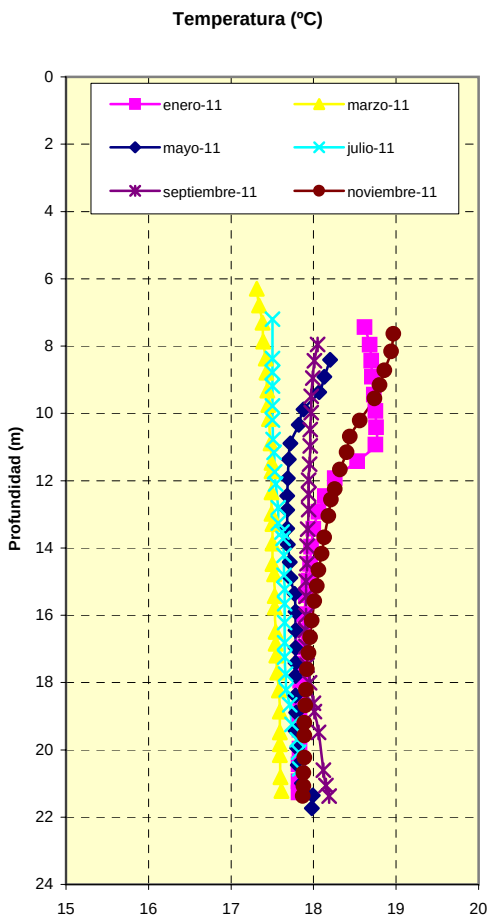



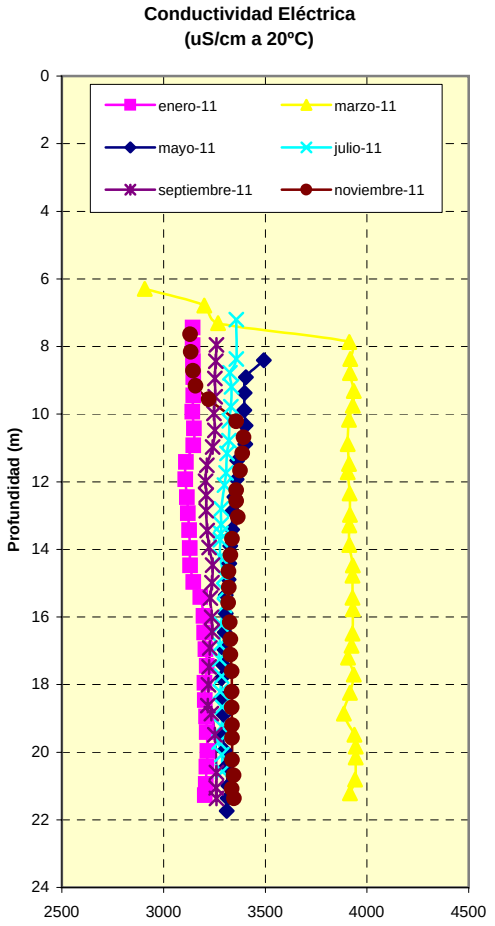



# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA



| Nº Orden | 47 |
|---|---|
| **Toponimia** | **Jardines Ámbito U-4 y U-5** |
| **Titular** | Ayuntamiento de Zaragoza |
| **X** | 675286 |
| **Y** | 4614800 |
| **Z** | 198,397 |
| **Nº de Registro** | 271540393 |
| **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |
| **Parámetros** | A. normal (y metales), CE, T, pH, Eh, OD, TAC, NP |
| **Toma de muestra** | Aspersor riego o botella tomamuestras a 18 m |

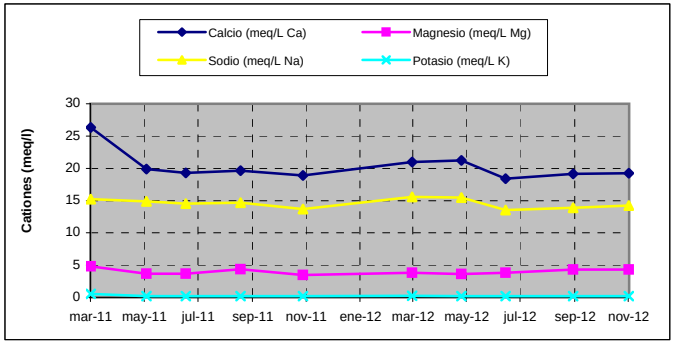


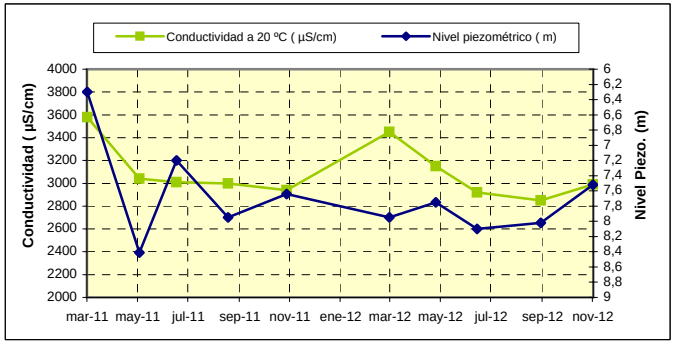



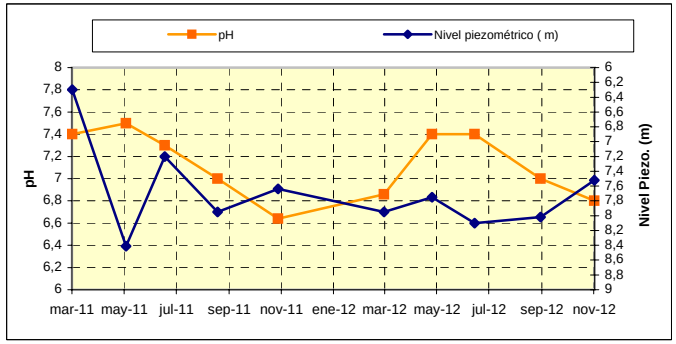
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

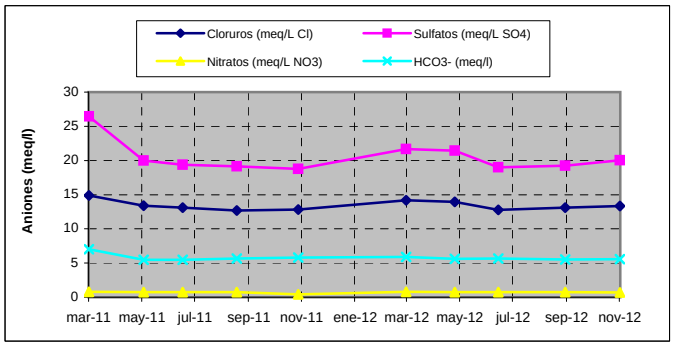
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 47 | **Nº de Registro** | 271540393 |
| **Toponimia** | Jardines Ámbito U-4 y U-5 | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

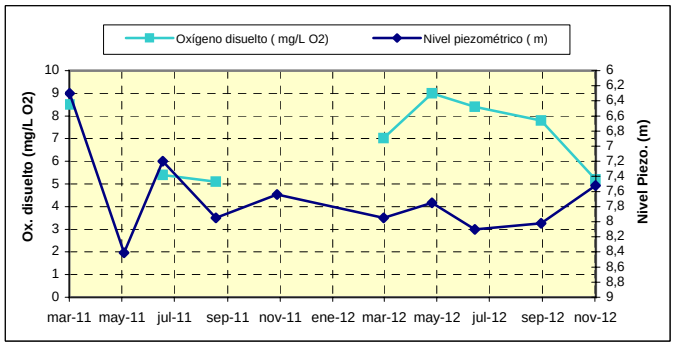
## ELEMENTOS MAYORITARIOS

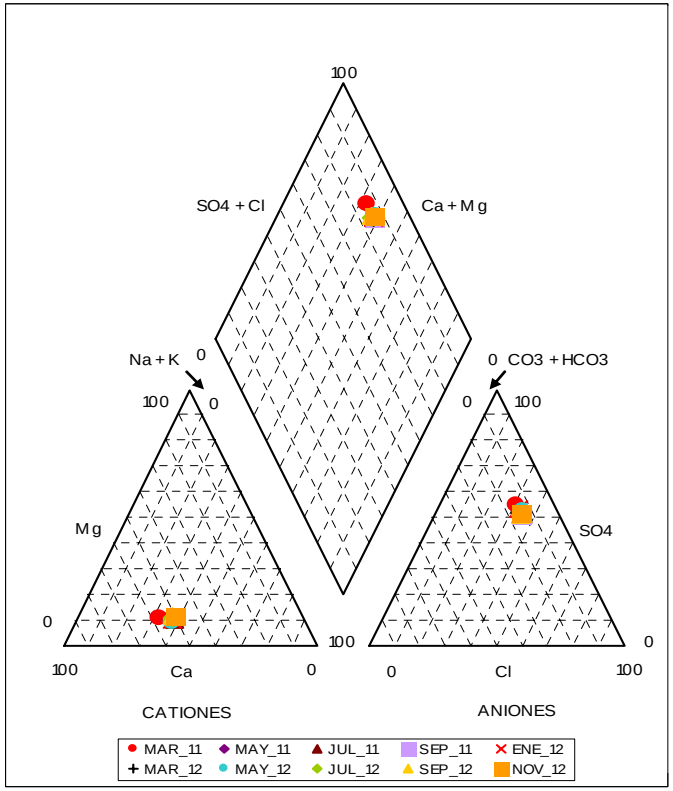


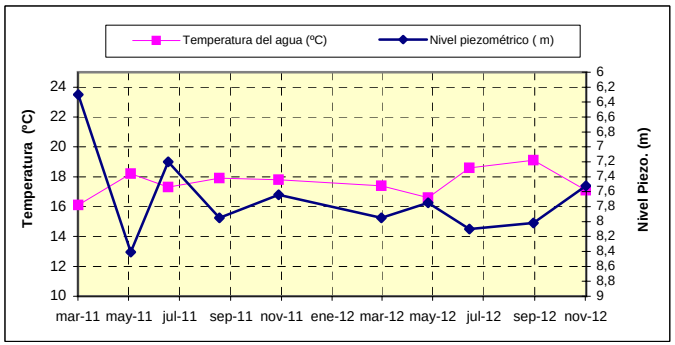



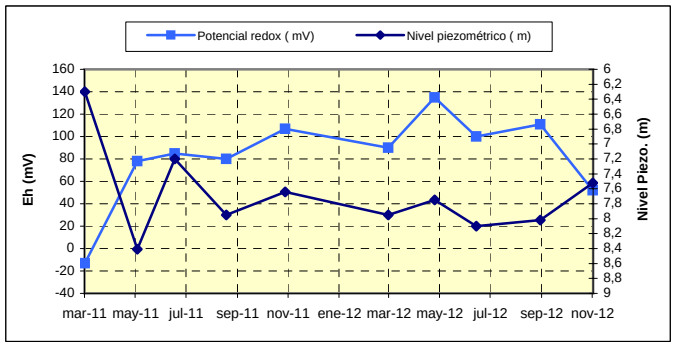




## PARÁMETROS IN SITU



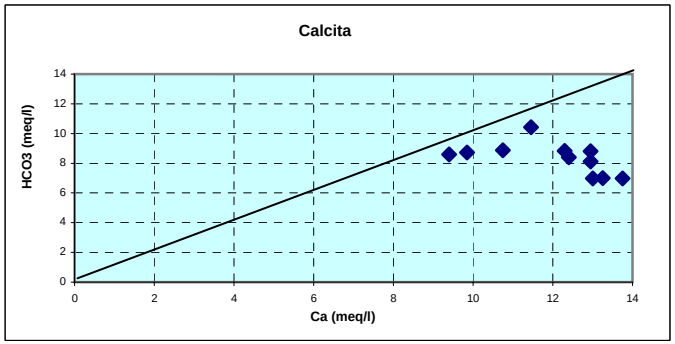



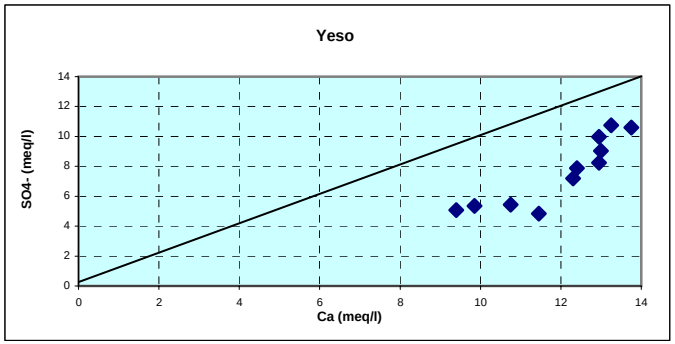
# RED DE CONTROL GEOTÉRMICA

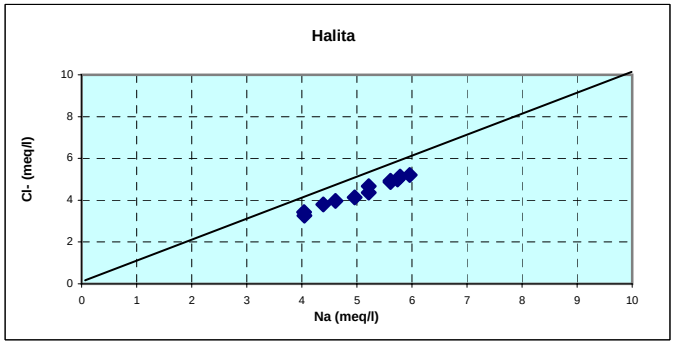


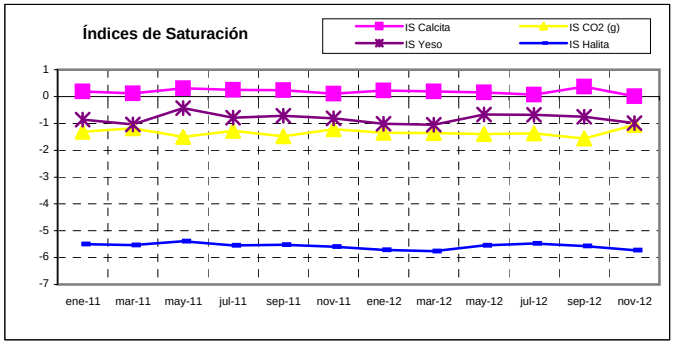
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nº Orden** | 47 | **Nº de Registro** | 271540393 |
| **Toponimia** | Jardines Ámbito U-4 y U-5 | **Frecuencia** | Bimensual, con registros verticales CE-T en 2011 |

## RELACIONES IÓNICAS



# GS-1 Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 27-ene-11 | 6,45 | 6,80 | 18,9 | 62 | 3080 | 5,40 | 67,0 | 447 | 48,90 | 257 | 12,3 | 392 | 1090 | 31,90 | 276 | 312 | 380,64 | 336,72 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 31-mar-11 | 6,18 | 6,80 | 18,1 | 192 | 3180 | 6,70 | 80,0 | 478 | 51,90 | 282 | 12,1 | 432 | 1150 | 35,20 | 299 | 241 | 294,02 | 364,78 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 25-may-11 | 6,58 | 6,90 | 17,2 | 107 | 2970 | | | 451 | 48,30 | 271 | 12,1 | 411 | 1080 | 31,00 | 282 | 324 | 395,28 | 344,04 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 06-jul-11 | 6,94 | 6,80 | 17,7 | 92 | 3070 | 3,00 | 38,0 | 466 | 47,00 | 287 | 11,4 | 419 | 1125 | 23,90 | 302 | 280 | 341,60 | 368,44 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 23-sep-11 | 6,75 | 6,80 | 21,1 | 55 | 3290 | 5,00 | 62,0 | 506 | 45,40 | 307 | 10,5 | 426 | 1310 | 23,10 | 268 | 254 | 309,88 | 326,96 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 16-nov-11 | 6,51 | 6,96 | 21,4 | 80 | 2210 | | | 311 | 36,10 | 181 | 8,5 | 246 | 709 | 17,20 | 246 | 260 | 317,20 | 300,12 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 19-ene-12 | 6,70 | 6,97 | 18,6 | 180 | 2280 | 8,52 | 83,5 | 331 | 40,70 | 192 | 8,7 | 279 | 762 | 22,70 | 244 | 262 | 319,64 | 297,68 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 29-mar-12 | 6,75 | 6,84 | 18,7 | 95 | 3170 | 7,87 | 85,5 | 518 | 50,30 | 299 | 11,6 | 477 | 1280 | 36,30 | 275 | 260 | 317,20 | 335,50 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 17-may-12 | 6,41 | 6,80 | 18,0 | 69 | 3320 | 7,30 | 79,0 | 519 | 49,00 | 308 | 12,3 | 470 | 1260 | 34,50 | 286 | 274 | 334,28 | 348,92 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 11-jul-12 | 6,96 | 6,70 | 19,2 | 56 | 3460 | 4,89 | 56,0 | 498 | 58,80 | 307 | 12,6 | 484 | 1250 | 30,00 | 355 | 302 | 368,44 | 433,10 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 17-sep-12 | 7,18 | 7,00 | 20,5 | 133 | 3150 | 6,20 | 75,0 | 521 | 64,50 | 293 | 11,9 | 488 | 1280 | 27,40 | 294 | 310 | 378,20 | 358,68 |
| 271480147 | Red IGME Impacto Térmico P-1 Campus Actur | 676244 | 4616706 | 20-nov-12 | 6,61 | 6,70 | 20,5 | 95 | 3080 | 4,30 | 49,0 | 448 | 56,10 | 299 | 11,8 | 459 | 1090 | 25,00 | 301 | 276 | 336,72 | 367,22 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,50 | 0,14 | -1,33 | -0,41 | -0,26 | -1,67 | 0,00 | -5,65 | -0,92 |
| 31-mar-11 | 0,041 | 0,002 | 0,022 | 0,075 | 0,00004 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 1,33 | 0,00007 | 0,018 | 0,003 | 0,009 | 0,008 | 0,0005 | 0,004 | 0,0014 | 0,025 | -0,46 | 0,04 | -1,45 | -0,62 | -0,22 | -1,69 | -0,11 | -5,57 | -0,83 |
| 25-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,50 | 0,24 | -1,42 | -0,24 | -0,25 | -1,72 | 0,09 | -5,61 | |
| 06-jul-11 | 0,008 | 0,001 | 0,04 | 0,080 | 0,00007 | 0,002 | 0,002 | 0,043 | 0,692 | 0,00007 | 0,008 | 0,003 | 0,011 | 0,005 | 0,0005 | 0,004 | 0,0012 | 0,085 | -0,47 | 0,10 | -1,38 | -1,17 | -0,23 | -1,70 | -0,05 | -6,36 | -1,19 |
| 23-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,40 | 0,11 | -1,41 | -0,53 | -0,17 | -1,61 | -0,04 | -5,55 | -0,94 |
| 16-nov-11 | 0,156 | 0,002 | 0,018 | 0,071 | 0,0001 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 1,76 | 0,00007 | 0,008 | 0,001 | 0,005 | 0,005 | 0,0005 | 0,002 | 0,0008 | 0,025 | -0,73 | 0,17 | -1,54 | -0,29 | -0,49 | -1,60 | 0,03 | -5,99 | -0,86 |
| 19-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,68 | -0,06 | -1,80 | -0,77 | -0,44 | -1,68 | -0,21 | -5,91 | -0,73 |
| 29-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,41 | 0,14 | -1,45 | -0,47 | -0,17 | -1,68 | -0,01 | -5,51 | -0,76 |
| 17-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,41 | 0,12 | -1,39 | -0,54 | -0,17 | -1,70 | -0,03 | -5,50 | -0,80 |
| 11-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,43 | 0,06 | -1,25 | -0,54 | -0,19 | -1,66 | -0,09 | -5,50 | -0,96 |
| 17-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,41 | 0,40 | -1,53 | 0,18 | -0,18 | -1,63 | 0,25 | -5,52 | -0,85 |
| 20-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,50 | 0,01 | -1,27 | -0,59 | -0,27 | -1,63 | -0,14 | -5,53 | -1,01 |

# GS-2 Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 27-ene-11 | 25,07 | 7,40 | 23,2 | 31 | 1357 | 4,70 | 54,0 | 106 | 29,30 | 139 | 4,5 | 210 | 317 | 0,90 | 99 | 80 | 97,60 | 120,78 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 21-mar-11 | 25,08 | 7,60 | 23,6 | -76 | 1165 | 4,00 | 48,0 | 76 | 29,30 | 140 | 5,5 | 212 | 266 | 0,90 | 78 | | | 95,16 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 26-may-11 | 25,58 | 7,80 | 24,9 | -157 | 1067 | | | 51,7 | 28,50 | 141 | 5,2 | 210 | 177 | 0,90 | 108 | 106 | 129,32 | 131,76 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 12-jul-11 | 25,98 | 7,70 | 24,8 | -160 | 307 | 2,10 | 28,0 | 43,1 | 4,50 | 20,7 | 7,3 | 24 | 2,8 | 0,90 | 151 | 138 | 168,36 | 184,22 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 23-sep-11 | 26,67 | 7,50 | 23,8 | -200 | 363 | 3,60 | 45,0 | 44,3 | 5,50 | 24,4 | 7,2 | 27,8 | 1,9 | 0,90 | 162 | 144 | 175,68 | 197,64 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 22-nov-11 | 25,69 | 7,45 | 23,4 | -136 | 377 | | | 45 | 6,20 | 26,5 | 7,4 | 29,3 | 2 | 1,00 | 168 | | | 204,96 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 22-ene-12 | 25,50 | 7,45 | 23,1 | -162 | 389 | 3,78 | 42,5 | 42,1 | 7,00 | 30,7 | 7,4 | 35,2 | 2 | 1,00 | 167 | 153 | 186,66 | 203,74 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 21-mar-12 | 27,57 | 7,41 | 23,4 | -159 | 438 | 2,81 | 31,9 | 42,3 | 7,60 | 35,3 | 7,6 | 41,4 | 1,9 | 0,90 | 183 | 161 | 196,42 | 223,26 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 16-may-12 | 25,69 | 7,40 | 24,5 | -151 | 1053 | 2,50 | 30,0 | 42,6 | 10,80 | 199 | 7,3 | 285 | 10,4 | 0,90 | 184 | 180 | 219,60 | 224,48 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 05-jul-12 | 26,42 | 7,40 | 25,7 | -132 | 1257 | 2,50 | 29,0 | 35,7 | 12,10 | 215 | 6,8 | 325 | 12,4 | 0,90 | 184 | 174 | 212,28 | 224,48 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 20-sep-12 | 26,64 | 7,50 | 23,6 | -202 | 1169 | 2,10 | 24,0 | 35,5 | 14,20 | 210 | 6,5 | 304 | 1,9 | 0,90 | 192 | 178 | 217,16 | 234,24 |
| 271540375 | Red IGME Impacto Térmico P-2 Geológicas | 675084 | 4612552 | 22-nov-12 | 25,80 | 7,60 | 23,1 | -55 | 624 | 3,90 | 40,0 | 47 | 9,80 | 73,3 | 6 | 101 | 51,6 | 1,00 | 146 | 134 | 163,48 | 178,12 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,33 | -0,22 | -2,46 | -0,68 | -1,10 | -1,56 | -0,36 | -6,14 | -0,95 |
| 21-mar-11 | 0,011 | 0,0005 | 0,046 | 0,074 | 0,00002 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 2,980 | 0,00007 | 0,414 | 0,007 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 | 0,244 | -1,51 | -0,15 | -2,66 | -0,39 | -1,29 | -1,55 | -0,30 | -6,13 | -1,02 |
| 26-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,81 | 0,06 | -2,72 | 0,21 | -1,59 | -1,51 | -0,08 | -6,13 | |
| 12-jul-11 | 0,024 | 0,0005 | 0,078 | 0,042 | 0,00005 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 2,680 | 0,00007 | 0,504 | 0,008 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,025 | -3,47 | 0,14 | -2,48 | -0,36 | -3,25 | -1,52 | -0,01 | -7,86 | -1,29 |
| 23-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -3,64 | -0,05 | -2,27 | -0,66 | -3,41 | -1,54 | -0,19 | -7,73 | -1,06 |
| 22-nov-11 | 0,001 | 0,003 | 0,004 | 4,000 | 0,00007 | 0,933 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,0004 | 0,0004 | 0,060 | | | | | | -3,62 | -0,04 | -2,16 | -0,60 | -3,39 | -1,55 | -0,18 | -7,67 | -0,92 |
| 22-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -3,65 | -0,11 | -2,20 | -0,67 | -3,42 | -1,56 | -0,25 | -7,52 | -1,05 |
| 21-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -3,67 | -0,12 | -2,13 | -0,66 | -3,45 | -1,55 | -0,27 | -7,40 | -1,18 |
| 16-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -3,05 | -0,14 | -2,08 | -0,54 | -2,83 | -1,52 | -0,29 | -5,84 | -1,22 |
| 05-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -3,05 | -0,22 | -2,09 | -0,56 | -2,84 | -1,49 | -0,37 | -5,75 | -1,21 |
| 20-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -3,87 | -0,14 | -2,20 | -0,34 | -3,65 | -1,55 | -0,28 | -5,79 | -1,30 |
| 22-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -2,26 | -0,02 | -2,41 | -0,39 | -2,03 | -1,56 | -0,16 | -6,70 | -1,03 |

# GS-3 Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 27-ene-11 | 7,13 | 7,40 | 15,1 | 31 | 1351 | 5,80 | 61,0 | 162 | 23,20 | 118 | 13,8 | 165 | 312 | 31,90 | 201 | 178 | 217,16 | 245,22 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 30-mar-11 | 6,96 | 7,40 | 15,3 | 202 | 1300 | 6,30 | 70,0 | 168 | 23,20 | 113 | 14,0 | 162 | 314 | 36,20 | 168 | 202 | 246,44 | 204,96 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 26-may-11 | 7,24 | 7,40 | 16,0 | 112 | 1296 | | | 167 | 22,80 | 113 | 15,3 | 167 | 297 | 24,00 | 215 | 229 | 279,38 | 262,30 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 11-jul-11 | 7,30 | 7,10 | 17,6 | 51 | 1518 | 2,20 | 28,0 | 181 | 25,80 | 153 | 17 | 245 | 296 | 8,10 | 270 | 240 | 292,80 | 329,40 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 23-sep-11 | 7,22 | 7,30 | 20,4 | 35 | 1872 | 3,90 | 49,0 | 176 | 30,20 | 219 | 17,2 | 322 | 354 | 4,20 | 261 | 244 | 297,68 | 318,42 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 24-nov-11 | 7,21 | 7,28 | 18,8 | 34 | 1443 | | | 144 | 26,40 | 161 | 10,1 | 216 | 290 | 10,20 | 231 | 225 | 274,50 | 281,82 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 22-ene-12 | 7,21 | 7,39 | 15,1 | 135 | 1234 | 3,36 | 33,2 | 141 | 24,00 | 119 | 9,1 | 162 | 270 | 20,90 | 206 | 195 | 237,90 | 251,32 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 26-mar-12 | 7,20 | 7,30 | 14,0 | 185 | 1169 | 4,57 | 50,5 | 140 | 22,30 | 114 | 10,3 | 163 | 253 | 16,60 | 211 | 197 | 240,34 | 257,42 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 17-may-12 | 7,16 | 7,30 | 15,6 | 82 | 1291 | 5,40 | 58,0 | 165 | 24,40 | 114 | 12,3 | 166 | 312 | 33,50 | 202 | 216 | 263,52 | 246,44 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 08-jul-12 | 7,30 | 7,19 | 17,4 | 3 | 1603 | 5,25 | 59,6 | 169 | 25,90 | 165 | 12,5 | 265 | 290 | 3,00 | 266 | 242 | 295,24 | 324,52 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 17-sep-12 | 7,31 | 7,40 | 22,4 | -148 | 1903 | 3,50 | 42,0 | 185 | 35,80 | 248 | 10,9 | 360 | 400 | 1,00 | 268 | 265 | 323,30 | 326,96 |
| 271540376 | Red IGME Impacto Térmico P-3 Tenerías | 677582 | 4613746 | 21-nov-12 | 7,18 | 7,20 | 18,3 | 65 | 1436 | 4,30 | 46,0 | 143 | 26,30 | 136 | 8,2 | 191 | 294 | 16,60 | 221 | 206 | 251,32 | 269,62 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,19 | 0,19 | -2,16 | -0,26 | -0,94 | -1,78 | 0,04 | -6,30 | -0,93 |
| 30-mar-11 | 0,076 | 0,002 | 0,023 | 0,080 | 0,00005 | 0,002 | 0,003 | 0,007 | 1,790 | 0,00007 | 0,025 | 0,007 | 0,006 | 0,019 | 0,002 | 0,0004 | 0,002 | 0,025 | -1,18 | 0,26 | -2,11 | -0,13 | -0,93 | -1,77 | 0,11 | -6,33 | -0,89 |
| 26-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,20 | 0,32 | -2,05 | 0,00 | -0,95 | -1,75 | 0,17 | -6,32 | |
| 11-jul-11 | 0,027 | 0,002 | 0,022 | 0,076 | 0,00006 | 0,001 | 0,003 | 0,007 | 0,696 | 0,00007 | 0,011 | 0,008 | 0,005 | 0,018 | 0,002 | 0,0003 | 0,002 | 0,025 | -1,19 | 0,09 | -1,72 | -0,42 | -0,95 | -1,71 | -0,06 | -6,03 | -1,33 |
| 23-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | 0,30 | -1,90 | 0,12 | -0,92 | -1,63 | 0,15 | -5,77 | -1,05 |
| 24-nov-11 | 0,002 | 0,003 | 0,006 | 1,430 | 0,00007 | 0,029 | 0,012 | 0,006 | 0,015 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,025 | | | | | | -1,28 | 0,17 | -1,92 | -0,14 | -1,03 | -1,67 | 0,02 | -6,06 | -0,96 |
| 22-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,29 | 0,17 | -2,11 | -0,22 | -1,04 | -1,78 | 0,02 | -6,30 | -1,16 |
| 26-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,31 | 0,07 | -2,02 | -0,46 | -1,06 | -1,81 | -0,08 | -6,32 | -1,04 |
| 17-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,19 | 0,18 | -1,97 | -0,24 | -0,94 | -1,76 | 0,03 | -6,32 | -0,95 |
| 08-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,23 | 0,15 | -1,81 | -0,27 | -0,98 | -1,71 | 0,00 | -5,97 | -0,95 |
| 17-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,11 | 0,46 | -1,96 | 0,53 | -0,88 | -1,58 | 0,32 | -5,68 | -1,08 |
| 21-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,26 | 0,04 | -1,88 | -0,39 | -1,02 | -1,69 | -0,10 | -6,19 | -1,03 |

# GS-4 Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 27-ene-11 | 15,30 | 7,40 | 20,6 | 33 | 1282 | 8,40 | 91,0 | 137 | 22,10 | 121 | 7,8 | 177 | 250 | 29,50 | 189 | 156 | 190,32 | 230,58 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 24-mar-11 | 14,65 | 7,40 | 19,9 | 108 | 1247 | 8,00 | 91,0 | 143 | 22,20 | 121 | 8,4 | 173 | 258 | 33,30 | 193 | 147 | 179,34 | 235,46 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 26-may-11 | 15,50 | 7,50 | 20,8 | 108 | 1319 | | | 156 | 23,20 | 126 | 9,8 | 185 | 278 | 32,20 | 207 | 183 | 223,26 | 252,54 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 05-jul-11 | 15,60 | 7,40 | 20,2 | 96 | 1241 | 5,10 | 66,0 | 150 | 22,10 | 123 | 9,9 | 177 | 274 | 32,80 | 198 | 178 | 217,16 | 241,56 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 23-sep-11 | 15,61 | 7,50 | 20,9 | 51 | 1268 | 7,30 | 91,0 | 140 | 21,90 | 124 | 9,2 | 178 | 261 | 32,60 | 188 | 170 | 207,40 | 229,36 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 15-nov-11 | 15,36 | 7,41 | 21,7 | 73 | 1286 | | | 149 | 23,00 | 128 | 9 | 182 | 267 | 35,90 | 201 | 184 | 224,48 | 245,22 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 18-ene-12 | 15,39 | 7,37 | 21,6 | 102 | 1361 | 7,77 | 86,0 | 158 | 23,90 | 124 | 9,5 | 179 | 302 | 34,50 | 184 | 181 | 220,82 | 224,48 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 22-mar-12 | 15,42 | 7,39 | 21,6 | 108 | 1317 | 8,07 | 88,6 | 166 | 25,40 | 130 | 9,5 | 190 | 338 | 37,80 | 188 | 170 | 207,40 | 229,36 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 17-may-12 | 15,31 | 7,20 | 22,1 | 86 | 1364 | 6,60 | 81,0 | 159 | 24,30 | 127 | 9,3 | 184 | 299 | 37,80 | 192 | 174 | 212,28 | 234,24 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 03-jul-12 | 15,66 | 7,10 | 21,1 | 78 | 1333 | 7,40 | 86,0 | 150 | 21,80 | 119 | 8,9 | 182 | 293 | 34,40 | 187 | 192 | 234,24 | 228,14 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 17-sep-12 | 15,68 | 7,50 | 22,0 | 134 | 1208 | 7,90 | 94,0 | 148 | 23,40 | 120 | 8,2 | 183 | 279 | 32,50 | 195 | 187 | 228,14 | 237,90 |
| 271540377 | Red IGME Impacto Térmico P-4 José Sinués | 676707 | 4613573 | 23-nov-12 | 15,39 | 7,30 | 22,1 | 72 | 1289 | 7,90 | 81,0 | 152 | 23,60 | 123 | 9,3 | 180 | 301 | 33,70 | 179 | 183 | 223,26 | 218,38 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,32 | 0,16 | -2,18 | -0,19 | -1,09 | -1,63 | 0,01 | -6,27 | -0,72 |
| 24-mar-11 | 0,064 | 0,003 | 0,021 | 0,066 | 0,00005 | 0,001 | 0,004 | 0,010 | 2,69 | 0,00007 | 0,088 | 0,009 | 0,004 | 0,004 | 0,001 | 0,0005 | 0,002 | 0,031 | -1,30 | 0,13 | -2,22 | -0,26 | -1,07 | -1,64 | -0,02 | -6,28 | -0,75 |
| 26-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,25 | 0,37 | -2,22 | 0,20 | -1,01 | -1,62 | 0,22 | -6,24 | |
| 05-jul-11 | 0,043 | 0,003 | 0,021 | 0,056 | 0,00006 | 0,001 | 0,002 | 0,008 | 1,82 | 0,00007 | 0,054 | 0,006 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,0007 | 0,002 | 0,025 | -1,26 | 0,24 | -2,13 | -0,08 | -1,03 | -1,64 | 0,09 | -6,27 | -0,94 |
| 23-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | 0,30 | -2,25 | 0,09 | -1,07 | -1,62 | 0,15 | -6,26 | -0,78 |
| 15-nov-11 | 0,031 | 0,003 | 0,024 | 0,079 | 0,00009 | 0,002 | 0,004 | 0,004 | 0,04 | 0,00007 | 0,018 | 0,009 | 0,010 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,027 | -1,28 | 0,28 | -2,12 | 0,05 | -1,04 | -1,60 | 0,13 | -6,24 | -0,71 |
| 18-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,25 | -2,09 | -0,03 | -0,98 | -1,60 | 0,10 | -6,26 | -0,75 |
| 22-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | 0,25 | -2,14 | -0,02 | -0,93 | -1,60 | 0,10 | -6,22 | -0,73 |
| 17-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,07 | -1,93 | -0,37 | -0,98 | -1,59 | -0,08 | -6,24 | -0,81 |
| 03-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,24 | -0,02 | -1,79 | -0,59 | -1,00 | -1,61 | -0,17 | -6,27 | -0,77 |
| 17-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,26 | 0,37 | -2,20 | 0,25 | -1,03 | -1,59 | 0,23 | -6,27 | -0,74 |
| 23-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,22 | 0,17 | -2,01 | -0,16 | -0,99 | -1,59 | 0,03 | -6,27 | -0,73 |

# GS-5 Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 31-ene-11 | 18,56 | 7,40 | 15,9 | 123 | 1326 | 8,30 | 87,0 | 139 | 22,90 | 131 | 5,1 | 200 | 238 | 28,40 | 201 | 172 | 209,84 | 245,22 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 28-mar-11 | 18,02 | 7,30 | 16,0 | 156 | 1263 | 6,20 | 68,0 | 167 | 24,70 | 118 | 6,8 | 169 | 301 | 42,80 | 203 | 164 | 200,08 | 247,66 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 27-may-11 | 18,80 | 7,40 | 17,5 | 105 | 1243 | 9,40 | 108,6 | 158 | 23,90 | 125 | 6,5 | 186 | 278 | 36,00 | 209 | 178 | 217,16 | 254,98 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 12-jul-11 | 19,03 | 7,20 | 19,0 | 74 | 1208 | 4,40 | 59,0 | 155 | 23,70 | 123 | 6,5 | 185 | 269 | 37,50 | 211 | 200 | 244,00 | 257,42 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 22-sep-11 | 19,12 | 7,50 | 19,3 | 72 | 1288 | 7,20 | 89,0 | 146 | 22,80 | 122 | 6,6 | 177 | 258 | 39,70 | 198 | 198 | 241,56 | 241,56 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 22-nov-11 | 18,84 | 7,16 | 18,6 | 120 | 1235 | 6,60 | 79,3 | 142 | 23,00 | 115 | 5,5 | 169 | 246 | 31,40 | 195 | 186 | 226,92 | 237,90 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 22-ene-12 | 18,69 | 7,32 | 17,7 | 113 | 1267 | 7,30 | 77,0 | 151 | 23,60 | 108 | 6,2 | 151 | 275 | 40,00 | 200 | 203 | 247,66 | 244,00 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 26-mar-12 | 18,73 | 7,18 | 19,2 | 184 | 1222 | 8,33 | 89,6 | 148 | 23,90 | 129 | 5,9 | 186 | 271 | 34,20 | 202 | 181 | 220,82 | 246,44 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 20-may-12 | 18,65 | 7,20 | 21,1 | 90 | 1256 | 8,50 | 96,0 | 145 | 24,00 | 132 | 5,2 | 191 | 260 | 29,00 | 195 | 196 | 239,12 | 237,90 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 09-jul-12 | 19,12 | 7,09 | 22,4 | 119 | 1248 | 7,44 | 88,4 | 137 | 21,80 | 129 | 4,9 | 182 | 259 | 29,60 | 194 | 183 | 223,26 | 236,68 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 18-sep-12 | 19,30 | 7,30 | 21,8 | 175 | 1210 | 6,90 | 81,0 | 141 | 23,70 | 122 | 4,9 | 176 | 261 | 29,90 | 195 | 185 | 225,70 | 237,90 |
| 271540378 | Red IGME Impacto Térmico P-5 Alvareda | 675897 | 4613460 | 27-nov-12 | 18,76 | 7,40 | 19,8 | 62 | 1218 | 9,20 | 88,0 | 140 | 22,70 | 121 | 5,5 | 171 | 261 | 29,70 | 203 | 191 | 233,02 | 247,66 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,34 | 0,14 | -2,17 | -0,28 | -1,10 | -1,75 | -0,01 | -6,17 | -0,76 |
| 28-mar-11 | 0,007 | 0,0007 | 0,021 | 0,070 | 0,00002 | 0,0005 | 0,0020 | 0,0023 | 0,18 | 0,00007 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,0005 | 0,0005 | 0,025 | -1,20 | 0,07 | -2,09 | -0,45 | -0,95 | -1,75 | -0,08 | -6,30 | -0,89 |
| 27-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,24 | 0,22 | -2,15 | -0,14 | -1,00 | -1,71 | 0,07 | -6,23 | |
| 12-jul-11 | 0,037 | 0,0014 | 0,047 | 0,054 | 0,00005 | 0,0009 | 0,0020 | 0,0039 | 0,97 | 0,00007 | 0,014 | 0,005 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,0006 | 0,0010 | 0,025 | -1,26 | 0,08 | -1,89 | -0,38 | -1,02 | -1,67 | -0,07 | -6,25 | -1,01 |
| 22-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | 0,36 | -2,19 | 0,19 | -1,06 | -1,66 | 0,21 | -6,27 | -0,80 |
| 22-nov-11 | 0,007 | 0,0012 | 0,020 | 0,080 | 0,00003 | 0,0010 | 0,0025 | 0,0081 | 0,08 | 0,00007 | 0,002 | 0,006 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0016 | 0,025 | -1,32 | -0,02 | -1,88 | -0,57 | -1,08 | -1,68 | -0,17 | -6,31 | -0,84 |
| 22-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,26 | 0,18 | -2,01 | -0,19 | -1,02 | -1,70 | 0,03 | -6,38 | -0,80 |
| 26-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,28 | 0,00 | -1,91 | -0,51 | -1,04 | -1,66 | -0,14 | -6,22 | -0,73 |
| 20-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | 0,08 | -1,88 | -0,33 | -1,07 | -1,61 | -0,07 | -6,21 | -0,71 |
| 09-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,31 | -0,06 | -1,79 | -0,61 | -1,08 | -1,58 | -0,21 | -6,24 | -0,76 |
| 18-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | 0,15 | -2,00 | -0,16 | -1,07 | -1,59 | 0,01 | -6,27 | -0,80 |
| 27-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | 0,24 | -2,10 | -0,04 | -1,07 | -1,65 | 0,09 | -6,29 | -0,69 |

# GS-6 Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 31-ene-11 | 17,25 | 7,30 | 19,1 | 92 | 1340 | 7,00 | 76,0 | 146 | 22,40 | 120 | 7,2 | 179 | 255 | 31,20 | 201 | 177 | 215,94 | 245,22 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 28-mar-11 | 16,75 | 7,30 | 18,2 | 157 | 1385 | 7,90 | 88,0 | 166 | 23,20 | 129 | 8,8 | 195 | 298 | 37,70 | 197 | 166 | 202,52 | 240,34 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 27-may-11 | 17,55 | 7,50 | 18,0 | 106 | 1256 | | | 149 | 22,90 | 121 | 6,3 | 181 | 256 | 32,10 | 202 | 246 | 300,12 | 246,44 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 12-jul-11 | 17,68 | 7,30 | 19,9 | 67 | 1205 | 3,20 | 60,0 | 143 | 22,50 | 122 | 6,2 | 180 | 245 | 30,90 | 210 | 228 | 278,16 | 256,20 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 22-sep-11 | 17,76 | 7,40 | 23,0 | 80 | 1214 | 7,40 | 93,0 | 131 | 21,70 | 119 | 6,1 | 173 | 233 | 29,60 | 201 | 200 | 244,00 | 245,22 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 22-nov-11 | 17,48 | 7,27 | 21,8 | 111 | 1245 | | | 143 | 22,20 | 121 | 6,9 | 171 | 250 | 30,50 | 191 | 194 | 236,68 | 233,02 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 22-ene-12 | 17,39 | 7,31 | 23,2 | 156 | 1237 | 7,61 | 85,6 | 141 | 22,80 | 120 | 6,5 | 171 | 257 | 29,80 | 197 | 186 | 226,92 | 240,34 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 26-mar-12 | 17,40 | 7,09 | 24,1 | 185 | 1218 | 6,97 | 83,2 | 147 | 23,30 | 128 | 6,9 | 181 | 275 | 33,30 | 198 | 195 | 237,90 | 241,56 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 20-may-12 | 17,31 | 7,20 | 22,9 | 81 | 1264 | 7,90 | 91,0 | 152 | 23,60 | 126 | 6,6 | 179 | 279 | 33,40 | 196 | 203 | 247,66 | 239,12 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 09-jul-12 | 17,78 | 7,08 | 24,8 | 117 | 1217 | 7,90 | 97,1 | 137 | 21,20 | 125 | 5,5 | 175 | 255 | 28,30 | 203 | 176 | 214,72 | 247,66 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 18-sep-12 | 19,12 | 7,30 | 25,0 | 186 | 1234 | 8,00 | 97,0 | 139 | 23,30 | 120 | 5,7 | 176 | 259 | 27,30 | 202 | 181 | 220,82 | 246,44 |
| 271540379 | Red IGME Impacto Térmico P-6 Hospital Provincial | 676090 | 4613479 | 27-nov-12 | 17,44 | 7,50 | 22,2 | 80 | 1236 | 8,40 | 83,0 | 142 | 22,80 | 124 | 6,1 | 170 | 273 | 30,50 | 200 | 193 | 235,46 | 244,00 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,11 | -2,08 | -0,38 | -0,97 | -1,69 | -0,04 | -6,20 | -0,77 |
| 28-mar-11 | 0,045 | 0,0166 | 0,032 | 0,070 | 0,00004 | 0,0030 | 0,0022 | 0,0098 | 1,63 | 0,00007 | 0,052 | 0,0050 | 0,004 | 0,0021 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0013 | 0,025 | -1,30 | 0,44 | -2,10 | 0,32 | -1,06 | -1,70 | 0,29 | -6,26 | |
| 27-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,33 | 0,22 | -1,92 | -0,07 | -1,09 | -1,64 | 0,08 | -6,26 | -1,14 |
| 12-jul-11 | 0,082 | 0,0026 | 0,039 | 0,053 | 0,00007 | 0,0086 | 0,0028 | 0,0176 | 3,60 | 0,00007 | 0,096 | 0,0002 | 0,006 | 0,0050 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0021 | 0,034 | -1,36 | 0,28 | -2,06 | 0,10 | -1,14 | -1,56 | 0,13 | -6,29 | -0,76 |
| 22-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,31 | 0,15 | -1,95 | -0,20 | -1,08 | -1,59 | 0,01 | -6,29 | -0,68 |
| 22-nov-11 | 0,035 | 0,0022 | 0,037 | 0,086 | 0,00005 | 0,0028 | 0,0027 | 0,0120 | 1,85 | 0,00007 | 0,038 | 0,0046 | 0,004 | 0,0022 | 0,0005 | 0,001 | 0,0026 | 0,025 | -1,27 | 0,01 | -1,76 | -0,45 | -1,04 | -1,53 | -0,13 | -6,25 | -0,77 |
| 22-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,25 | 0,13 | -1,86 | -0,23 | -1,03 | -1,56 | -0,01 | -6,26 | -0,73 |
| 26-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,31 | -0,06 | -1,79 | -0,58 | -1,09 | -1,52 | -0,20 | -6,27 | -0,71 |
| 20-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | 0,18 | -1,99 | -0,07 | -1,08 | -1,51 | 0,04 | -6,29 | -0,71 |
| 09-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,28 | 0,37 | -2,19 | 0,26 | -1,05 | -1,58 | 0,23 | -6,28 | -0,71 |
| 18-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | 0,11 | -2,04 | -0,32 | -1,06 | -1,67 | -0,03 | -6,27 | -0,81 |
| 27-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | 0,19 | -2,00 | -0,10 | -1,08 | -1,56 | 0,04 | -6,30 | -0,74 |

# GS-7 Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 26-ene-11 | 29,82 | 7,60 | 14,1 | 23 | 1467 | 8,60 | 90,0 | 164 | 33,80 | 135 | 3,4 | 196 | 358 | 30,40 | 193 | 163 | 198,86 | 235,46 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 23-mar-11 | 30,73 | 7,50 | 13,1 | 145 | 1548 | 8,70 | 100,0 | 178 | 36,40 | 137 | 4,9 | 197 | 371 | 31,60 | 221 | 176 | 214,72 | 269,62 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 24-may-11 | 31,03 | 7,50 | 20,3 | 78 | 1497 | | | 180 | 37,60 | 169 | 3,8 | 207 | 383 | 31,70 | 214 | 204 | 248,88 | 261,08 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 13-jul-11 | 31,53 | 7,30 | 20,8 | 64 | 1421 | 5,00 | 61,0 | 170 | 35,20 | 136 | 4,1 | 194 | 362 | 30,30 | 209 | 205 | 250,10 | 254,98 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 20-sep-11 | 31,79 | 7,50 | 19,8 | 63 | 1431 | 6,70 | 84,0 | 156 | 34,60 | 135 | 4,2 | 190 | 355 | 26,40 | 191 | 166 | 202,52 | 233,02 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 23-nov-11 | 31,26 | 7,37 | 20,9 | 20 | 1395 | | | 172 | 39,40 | 138 | 4 | 196 | 395 | 24,70 | 214 | 223 | 272,06 | 261,08 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 16-ene-12 | 30,70 | 7,37 | 18,3 | 60 | 1391 | 10,65 | 111,5 | 163 | 34,80 | 125 | 3,2 | 190 | 353 | 30,00 | 206 | 193 | 235,46 | 251,32 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 19-mar-12 | 30,98 | 7,44 | 15,4 | 74 | 1326 | 9,37 | 95,6 | 188 | 39,30 | 140 | 3,7 | 200 | 401 | 35,00 | 233 | 223 | 272,06 | 284,26 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 20-may-12 | 31,35 | 7,10 | 16,6 | 109 | 1777 | 7,60 | 83,0 | 200 | 41,50 | 180 | 4,1 | 266 | 416 | 34,70 | 248 | 232 | 283,04 | 302,56 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 15-jul-12 | 31,76 | 7,33 | 18,9 | 113 | 1408 | 7,32 | 83,3 | 166 | 33,80 | 135 | 4,3 | 193 | 370 | 29,40 | 210 | 191 | 233,02 | 256,20 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 18-sep-12 | 32,42 | 7,40 | 19,6 | 144 | 1390 | 7,00 | 78,0 | 165 | 37,00 | 129 | 3,6 | 198 | 369 | 29,20 | 193 | 175 | 213,50 | 235,46 |
| 271540380 | Red IGME Impacto Térmico P-7 Aragonia | 674257 | 4612242 | 19-nov-12 | 31,29 | 7,40 | 19,4 | 126 | 1272 | 7,10 | 78,0 | 169 | 36,80 | 129 | 3,8 | 195 | 371 | 31,00 | 195 | 192 | 234,24 | 237,90 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,15 | 0,32 | -2,41 | 0,15 | -0,90 | -1,80 | 0,17 | -6,17 | -0,76 |
| 23-mar-11 | 0,010 | 0,0008 | 0,019 | 0,083 | 0,00002 | 0,0012 | 0,0020 | 0,0038 | 0,38 | 0,00007 | 0,005 | 0,0026 | 0,005 | | 0,0005 | 0,0007 | 0,0007 | 0,035 | -1,12 | 0,27 | -2,28 | 0,02 | -0,86 | -1,83 | 0,11 | -6,17 | -0,77 |
| 24-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,11 | 0,43 | -2,18 | 0,47 | -0,87 | -1,63 | 0,28 | -6,07 | |
| 13-jul-11 | 0,005 | 0,0009 | 0,028 | 0,068 | 0,00006 | 0,0007 | 0,0027 | 0,0043 | 0,55 | 0,00007 | 0,007 | 0,0044 | 0,006 | 0,006 | 0,0005 | 0,0011 | 0,0009 | 0,031 | -1,14 | 0,23 | -1,97 | 0,06 | -0,91 | -1,62 | 0,08 | -6,19 | -0,94 |
| 20-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,29 | -2,27 | 0,21 | -0,93 | -1,65 | 0,14 | -6,20 | -0,82 |
| 23-nov-11 | 0,020 | 0,0009 | 0,018 | 0,073 | 0,00006 | 0,0007 | 0,0024 | 0,0040 | 1,16 | 0,00007 | 0,009 | 0,0034 | 0,014 | 0,012 | 0,0005 | 0,001 | 0,0005 | 0,037 | -1,11 | 0,33 | -2,01 | 0,31 | -0,88 | -1,62 | 0,18 | -6,18 | -0,74 |
| 16-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | 0,22 | -2,08 | 0,04 | -0,92 | -1,69 | 0,08 | -6,23 | -0,63 |
| 19-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,08 | 0,36 | -2,11 | 0,25 | -0,83 | -1,77 | 0,21 | -6,16 | -0,71 |
| 20-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,06 | 0,07 | -1,75 | -0,31 | -0,81 | -1,73 | -0,08 | -5,93 | -0,79 |
| 15-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,14 | 0,19 | -2,04 | -0,04 | -0,90 | -1,67 | 0,04 | -6,19 | -0,79 |
| 18-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,14 | 0,23 | -2,15 | 0,09 | -0,90 | -1,65 | 0,08 | -6,20 | -0,81 |
| 19-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,13 | 0,28 | -2,11 | 0,16 | -0,89 | -1,66 | 0,13 | -6,21 | -0,80 |

# GS-8 Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 31-ene-11 | 33,56 | 7,20 | 17,0 | 93 | 1423 | 7,80 | 85,0 | 187 | 35,30 | 104 | 2,9 | 133 | 370 | 64,80 | 248 | 217 | 264,74 | 302,56 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 29-mar-11 | 33,89 | 7,10 | 17,5 | 166 | 1401 | 7,70 | 88,0 | 192 | 35,90 | 102 | 2,7 | 128 | 373 | 76,20 | 236 | 260 | 317,20 | 287,92 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 26-may-11 | 33,96 | 7,20 | 18,2 | 118 | 1358 | | | 189 | 35,60 | 103 | 2,6 | 123 | 373 | 80,20 | 229 | 222 | 270,84 | 279,38 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 12-jul-11 | 34,01 | 7,10 | 18,2 | 74 | 1313 | 4,40 | 59,0 | 188 | 35,50 | 101 | 2,6 | 122 | 372 | 83,60 | 243 | 217 | 264,74 | 296,46 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 22-sep-11 | 34,25 | 7,30 | 17,9 | 87 | 1374 | 7,30 | 86,0 | 179 | 35,00 | 103 | 2,8 | 131 | 362 | 71,00 | 226 | 206 | 251,32 | 275,72 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 21-nov-11 | 34,06 | 7,10 | 18,1 | 121 | 1367 | | | 185 | 34,60 | 104 | 2,9 | 128 | 362 | 67,40 | 238 | 227 | 276,94 | 290,36 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 16-ene-12 | 33,87 | 7,21 | 16,8 | 55 | 1335 | 9,86 | 99,2 | 181 | 33,80 | 100 | 2,7 | 130 | 359 | 70,60 | 235 | 224 | 273,28 | 286,70 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 27-mar-12 | 34,15 | 7,08 | 18,0 | 108 | 1329 | 8,19 | 89,6 | 191 | 35,90 | 106 | 2,9 | 134 | 385 | 81,40 | 259 | 216 | 263,52 | 315,98 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 15-may-12 | 34,27 | 7,10 | 17,7 | 85 | 1600 | 7,60 | 87,0 | 191 | 35,40 | 102 | 2,7 | 132 | 371 | 76,40 | 222 | 215 | 262,30 | 270,84 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 10-jul-12 | 34,25 | 6,87 | 18,4 | 127 | 1333 | 7,92 | 89,6 | 185 | 32,80 | 102 | 2,7 | 134 | 368 | 73,20 | 219 | 211 | 257,42 | 267,18 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 19-sep-12 | 34,58 | 7,30 | 17,8 | 140 | 1269 | 7,90 | 86,0 | 185 | 35,30 | 99,2 | 2,5 | 128 | 362 | 79,80 | 221 | 205 | 250,10 | 269,62 |
| 271540381 | Red IGME Impacto Térmico P-8 Seminario | 674261 | 4611710 | 26-nov-12 | 34,10 | 7,10 | 16,8 | 46 | 1304 | 7,90 | 80,0 | 178 | 33,60 | 99,6 | 2,8 | 128 | 350 | 68,20 | 243 | 215 | 262,30 | 296,46 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,09 | 0,14 | -1,87 | -0,20 | -0,85 | -1,72 | -0,01 | -6,46 | -0,78 |
| 29-mar-11 | 0,041 | 0,0009 | 0,024 | 0,047 | 0,00003 | 0,0006 | 0,0020 | 0,0034 | 0,47 | 0,00007 | 0,013 | 0,0016 | 0,004 | 0,007 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0008 | 0,025 | -1,10 | 0,13 | -1,69 | -0,23 | -0,85 | -1,71 | -0,02 | -6,50 | -0,78 |
| 26-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,09 | 0,17 | -1,85 | -0,12 | -0,85 | -1,69 | 0,02 | -6,50 | |
| 12-jul-11 | 0,009 | 0,0009 | 0,020 | 0,057 | 0,00004 | 0,0007 | 0,0020 | 0,0031 | 0,28 | 0,00007 | 0,008 | 0,0017 | 0,005 | 0,005 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0006 | 0,025 | -1,09 | 0,06 | -1,76 | -0,34 | -0,85 | -1,69 | -0,09 | -6,52 | -1,02 |
| 22-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,11 | 0,22 | -1,99 | -0,02 | -0,87 | -1,70 | 0,07 | -6,47 | -0,80 |
| 21-nov-11 | 0,010 | 0,0012 | 0,020 | 0,090 | 0,00002 | 0,0013 | <0,0020 | 0,0020 | 0,16 | <0,00007 | 0,004 | 0,0026 | 0,021 | 0,004 | <0,0005 | 0,001 | 0,0016 | <0,025 | -1,10 | 0,07 | -1,74 | -0,32 | -0,86 | -1,69 | -0,07 | -6,48 | -0,71 |
| 16-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,11 | 0,15 | -1,86 | -0,19 | -0,87 | -1,73 | 0,00 | -6,49 | -0,68 |
| 27-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,07 | 0,04 | -1,74 | -0,39 | -0,83 | -1,70 | -0,11 | -6,46 | -0,75 |
| 15-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,09 | 0,06 | -1,77 | -0,37 | -0,84 | -1,70 | -0,09 | -6,48 | -0,79 |
| 10-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,10 | -0,18 | -1,54 | -0,85 | -0,85 | -1,68 | -0,33 | -6,47 | -0,76 |
| 19-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,10 | 0,23 | -1,99 | -0,01 | -0,86 | -1,70 | 0,08 | -6,50 | -0,77 |
| 26-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,13 | 0,02 | -1,77 | -0,44 | -0,88 | -1,73 | -0,13 | -6,50 | -0,78 |

# GS-9 Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 31-ene-11 | | 8,20 | 16,4 | 94 | 1131 | 3,60 | 40,0 | 58,2 | 18,90 | 159 | 6,4 | 163 | 276 | 1,00 | 121 | 121 | 147,62 | 147,62 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 28-mar-11 | 17,32 | 7,40 | 16,7 | 138 | 1209 | 4,90 | 54,0 | 147 | 24,90 | 133 | 4,6 | 174 | 272 | 23,80 | 225 | 138 | 168,36 | 274,50 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 27-may-11 | 18,17 | 7,40 | 17,0 | 93 | 1276 | | | 152 | 25,20 | 131 | 4,5 | 171 | 270 | 24,90 | 252 | 359 | 437,98 | 307,44 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 12-jul-11 | 18,43 | 7,10 | 17,6 | 34 | 1321 | 3,10 | 38,0 | 166 | 26,40 | 135 | 4,8 | 174 | 310 | 29,40 | 252 | 301 | 367,22 | 307,44 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 22-sep-11 | 18,67 | 7,30 | 17,2 | 74 | 1326 | 5,10 | 58,0 | 154 | 25,40 | 134 | 4,5 | 165 | 296 | 28,50 | 251 | 288 | 351,36 | 306,22 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 22-nov-11 | 18,21 | 7,20 | 16,8 | 104 | 1377 | | | 166 | 25,70 | 136 | 4,7 | 160 | 310 | 26,60 | 244 | 265 | 323,30 | 297,68 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 19-ene-12 | 18,04 | 7,28 | 16,6 | 22 | 1317 | 5,59 | 55,7 | 160 | 25,00 | 127 | 4,6 | 156 | 301 | 24,40 | 250 | 244 | 297,68 | 305,00 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 26-mar-12 | 18,12 | 6,97 | 16,1 | 200 | 1308 | 5,32 | 53,4 | 166 | 26,10 | 139 | 5,1 | 171 | 315 | 42,40 | 244 | 298 | 363,56 | 297,68 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 20-may-12 | 18,03 | 7,20 | 17,4 | 66 | 1389 | 4,80 | 65,0 | 173 | 26,20 | 133 | 5 | 169 | 313 | 54,50 | 235 | | | 286,70 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 09-jul-12 | 18,65 | 6,90 | 17,4 | 133 | 1350 | 5,01 | 54,8 | 169 | 24,20 | 133 | 5,2 | 172 | 320 | 48,20 | 243 | 264 | 322,08 | 296,46 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 18-sep-12 | 18,83 | 7,30 | 18,4 | 167 | 1406 | 5,50 | 61,0 | 188 | 27,30 | 134 | 4,7 | 179 | 387 | 48,90 | 233 | 215 | 262,30 | 284,26 |
| 271540382 | Red IGME Impacto Térmico P-9 Avenida Clavé | 675526 | 4613627 | 28-nov-12 | 18,19 | 7,40 | 15,2 | | 1409 | 8,20 | 81,0 | 177 | 26,80 | 128 | 5,1 | 170 | 342 | 40,20 | 237 | 236 | 287,92 | 289,14 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,60 | 0,41 | -3,12 | 0,57 | -1,35 | -1,74 | 0,26 | -6,17 | -1,12 |
| 28-mar-11 | 0,221 | 0,0016 | 0,057 | 0,080 | 0,00009 | 0,005 | 0,0026 | 0,011 | 2,75 | 0,00007 | 0,362 | 0,007 | 0,006 | | 0,0007 | 0,0003 | 0,0024 | 0,051 | -1,28 | 0,07 | -2,26 | -0,40 | -1,03 | -1,73 | -0,08 | -6,23 | -0,99 |
| 27-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,29 | 0,48 | -1,85 | 0,43 | -1,04 | -1,72 | 0,33 | -6,25 | |
| 12-jul-11 | 0,081 | 0,0015 | 0,051 | 0,284 | 0,00012 | 0,002 | <0,0020 | 0,007 | 1,70 | 0,00008 | 0,118 | 0,005 | 0,004 | 0,021 | <0,0005 | 0,0006 | 0,0017 | 0,025 | -1,20 | 0,15 | -1,62 | -0,25 | -0,96 | -1,71 | 0,00 | -6,23 | -1,18 |
| 22-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,24 | 0,30 | -1,84 | 0,06 | -1,00 | -1,72 | 0,15 | -6,26 | -0,96 |
| 22-nov-11 | 0,086 | 0,0015 | 0,019 | 0,036 | 0,00008 | 0,002 | <0,0020 | 0,005 | 0,96 | 0,00035 | 0,053 | 0,001 | 0,003 | 0,005 | <0,0005 | 0,001 | 0,0020 | <0,025 | -1,20 | 0,19 | -1,78 | -0,20 | -0,95 | -1,73 | 0,04 | -6,26 | -0,83 |
| 19-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,22 | -1,90 | -0,14 | -0,97 | -1,73 | 0,07 | -6,30 | -0,93 |
| 26-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,20 | -0,01 | -1,50 | -0,59 | -0,95 | -1,75 | -0,16 | -6,23 | -0,95 |
| 20-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,16 | -1,83 | -0,25 | -0,94 | -1,71 | 0,01 | -6,25 | -0,99 |
| 09-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | -0,10 | -1,48 | -0,80 | -0,94 | -1,71 | -0,25 | -6,24 | -0,97 |
| 18-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,08 | 0,25 | -1,97 | -0,07 | -0,83 | -1,68 | 0,10 | -6,23 | -0,92 |
| 28-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,14 | 0,33 | -2,04 | 0,06 | -0,89 | -1,77 | 0,18 | -6,26 | -0,77 |

# GS-10 PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 24-ene-11 | 3,26 | 6,80 | 15,7 | 23 | 3340 | 5,40 | 57,0 | 377 | 43,20 | 398 | 4,2 | 560 | 928 | 23,30 | 304 | 296 | 361,12 | 370,88 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 21-mar-11 | 2,81 | 6,90 | 15,8 | 7 | 3450 | 5,00 | 58,0 | 378 | 43,80 | 399 | 4,1 | 561 | 906 | 22,30 | 300 | 244 | 297,68 | 366,00 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 23-may-11 | 3,49 | 7,00 | 17,2 | 103 | 3130 | | | 371 | 43,70 | 380 | 4,7 | 545 | 868 | 24,10 | 307 | 286 | 348,92 | 374,54 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 07-jul-11 | 4,20 | 6,60 | 18,0 | 87 | 3300 | 2,90 | 36,0 | 384 | 44,10 | 422 | 4,2 | 579 | 919 | 20,70 | 321 | 290 | 353,80 | 391,62 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 07-sep-11 | 4,39 | 7,00 | 19,2 | 19 | 3300 | 4,10 | 50,0 | 376 | 44,10 | 413 | 4,3 | 544 | 880 | 20,10 | 313 | 236 | 287,92 | 381,86 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 17-nov-11 | 3,35 | 6,79 | 17,8 | 2 | 3080 | | | 363 | 41,10 | 365 | 4,1 | 502 | 877 | 22,00 | 299 | 282 | 344,04 | 364,78 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 18-ene-12 | 3,48 | 6,87 | 15,9 | 10 | 3120 | 5,81 | 57,0 | 366 | 51,80 | 374 | 4,2 | 533 | 895 | 20,40 | 289 | 298 | 363,56 | 352,58 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 20-mar-12 | 3,63 | 6,97 | 16,3 | 70 | 3320 | 8,32 | 81,1 | 371 | 40,60 | 470 | 5 | 631 | 931 | 22,20 | 309 | 280 | 341,60 | 376,98 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 15-may-12 | 3,47 | 6,80 | 18,5 | 127 | 3300 | 4,00 | 45,0 | 358 | 40,10 | 417 | 4,5 | 566 | 871 | 23,80 | 290 | 350 | 427,00 | 353,80 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 04-jul-12 | 4,11 | 6,80 | 19,0 | 66 | 3210 | 5,80 | 65,0 | 360 | 47,30 | 378 | 4,2 | 566 | 892 | 21,60 | 300 | 296 | 361,12 | 366,00 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 19-sep-12 | 4,45 | 7,00 | 18,6 | 121 | 3130 | 4,80 | 52,0 | 366 | 51,30 | 404 | 4 | 569 | 996 | 21,10 | 293 | 270 | 329,40 | 357,46 |
| 271540383 | PARQUE DEL TÍO JORGE (GASOLINERA) | 676760 | 4615085 | 21-nov-12 | 3,42 | 6,60 | 18,0 | -1 | 3170 | 6,00 | 62,0 | 372 | 51,20 | 367 | 4,1 | 549 | 902 | 25,00 | 306 | 278 | 339,16 | 373,32 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,62 | 0,02 | -1,37 | -0,68 | -0,37 | -1,76 | -0,13 | -5,30 | -0,95 |
| 21-mar-11 | 0,005 | 0,001 | 0,037 | 0,064 | 0,00002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 2,40 | 0,00007 | 0,023 | 0,001 | 0,006 | 0,001 | 0,0005 | 0,0022 | 0,0007 | 0,324 | -0,62 | 0,04 | -1,55 | -0,63 | -0,38 | -1,76 | -0,11 | -5,30 | -0,98 |
| 23-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,64 | 0,22 | -1,57 | -0,23 | -0,40 | -1,72 | 0,08 | -5,33 | |
| 07-jul-11 | 0,005 | 0,002 | 0,032 | 0,073 | 0,00003 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,04 | 0,00007 | 0,001 | 0,001 | 0,009 | 0,001 | 0,0005 | 0,0019 | 0,0014 | 0,089 | -0,62 | -0,15 | -1,16 | -0,99 | -0,38 | -1,70 | -0,30 | -5,27 | -1,20 |
| 07-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,63 | 0,17 | -1,65 | -0,31 | -0,40 | -1,66 | 0,03 | -5,31 | -1,04 |
| 17-nov-11 | 0,010 | 0,004 | 0,027 | 0,083 | 0,00002 | 0,002 | 0,003 | 0,010 | 1,99 | <0,00007 | 0,011 | 0,001 | 0,009 | 0,001 | <0,0005 | 0,002 | 0,0011 | 0,096 | -0,64 | 0,01 | -1,36 | -0,67 | -0,40 | -1,70 | -0,14 | -5,39 | -0,96 |
| 18-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,64 | 0,09 | -1,43 | -0,45 | -0,39 | -1,75 | -0,07 | -5,35 | -0,91 |
| 20-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,63 | 0,16 | -1,56 | -0,41 | -0,38 | -1,74 | 0,01 | -5,18 | -0,75 |
| 15-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,66 | 0,11 | -1,28 | -0,46 | -0,42 | -1,68 | -0,04 | -5,28 | -1,05 |
| 04-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,65 | 0,05 | -1,35 | -0,51 | -0,41 | -1,67 | -0,10 | -5,33 | -0,89 |
| 19-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,61 | 0,20 | -1,59 | -0,20 | -0,37 | -1,68 | 0,05 | -5,30 | -0,97 |
| 21-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,63 | -0,18 | -1,18 | -0,96 | -0,39 | -1,70 | -0,33 | -5,35 | -0,88 |

# GS-11 PARQUE DE ORIENTE

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 24-ene-11 | 4,65 | 7,00 | 16,4 | 63 | 2360 | 6,30 | 67,0 | 224 | 44,50 | 175 | 4,1 | 277 | 412 | 43,90 | 247 | 298 | 363,56 | 301,34 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 21-mar-11 | 3,93 | 6,90 | 16,8 | 33 | 2460 | 4,60 | 50,0 | 297 | 47,00 | 266 | 4,2 | 411 | 607 | 41,40 | 282 | 224 | 273,28 | 344,04 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 23-may-11 | 4,77 | 6,90 | 18,0 | 105 | 2390 | | | 285 | 46,10 | 255 | 4,1 | 394 | 573 | 41,40 | 286 | 254 | 309,88 | 348,92 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 07-jul-11 | 5,35 | 7,30 | 17,8 | 73 | 2370 | 5,30 | 64,0 | 287 | 45,40 | 261 | 4,1 | 398 | 579 | 40,60 | 243 | 262 | 319,64 | 296,46 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 07-sep-11 | 4,81 | 5,80 | 18,1 | -15 | 2310 | 4,90 | 56,0 | 269 | 44,80 | 241 | 3,9 | 364 | 512 | 41,90 | 280 | 244 | 297,68 | 341,60 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 17-nov-11 | 4,74 | 7,02 | 16,6 | -11 | 2340 | | | 266 | 44,40 | 235 | 4,1 | 368 | 532 | 39,10 | 271 | 258 | 314,76 | 330,62 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 18-ene-12 | 4,89 | 6,89 | 13,5 | 51 | 2390 | 7,42 | 70,0 | 282 | 44,40 | 259 | 4,2 | 384 | 581 | 36,80 | 279 | 252 | 307,44 | 340,38 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 20-mar-12 | 4,93 | 7,10 | 17,2 | 85 | 2410 | 7,15 | 72,7 | 295 | 46,50 | 278 | 4,5 | 407 | 645 | 36,40 | 291 | 274 | 334,28 | 355,02 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 15-may-12 | 4,74 | 6,80 | 17,8 | 111 | 2500 | 4,60 | 49,0 | 301 | 46,90 | 276 | 4,7 | 398 | 668 | 31,70 | 280 | 270 | 329,40 | 341,60 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 04-jul-12 | 4,90 | 7,00 | 19,0 | 81 | 2420 | 7,90 | 94,0 | 281 | 41,90 | 243 | 4,2 | 388 | 615 | 35,00 | 270 | 256 | 312,32 | 329,40 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 19-sep-12 | 4,99 | 7,00 | 18,8 | 146 | 2250 | 5,50 | 58,0 | 273 | 45,20 | 244 | 4 | 380 | 563 | 35,70 | 276 | 256 | 312,32 | 336,72 |
| 271540208 | PARQUE DE ORIENTE | 678381 | 4614034 | 21-nov-12 | 4,71 | 6,80 | 16,9 | -4 | 2400 | 6,10 | 63,0 | 272 | 43,50 | 236 | 4,1 | 379 | 564 | 36,30 | 274 | 264 | 322,08 | 334,28 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,03 | 0,12 | -1,54 | -0,24 | -0,78 | -1,74 | -0,03 | -5,93 | -0,88 |
| 21-mar-11 | 0,005 | 0,001 | 0,070 | 0,058 | 0,00002 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,13 | 0,00007 | 0,002 | 0,0005 | 0,011 | 0,0005 | 0,0005 | 0,002 | 0,0006 | 0,047 | -0,82 | -0,03 | -1,57 | -0,62 | -0,58 | -1,73 | -0,18 | -5,60 | -1,01 |
| 23-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,85 | 0,03 | -1,51 | -0,47 | -0,61 | -1,70 | -0,12 | -5,63 | |
| 07-jul-11 | 0,005 | 0,001 | 0,070 | 0,066 | 0,00002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,02 | 0,00007 | 0,001 | 0,0006 | 0,007 | 0,0005 | 0,0005 | 0,002 | 0,0010 | 0,025 | -0,85 | 0,44 | -1,90 | 0,33 | -0,60 | -1,70 | 0,29 | -5,62 | -0,94 |
| 07-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,90 | -1,09 | -0,42 | -2,71 | -0,66 | -1,69 | -1,24 | -5,69 | -0,97 |
| 17-nov-11 | 0,005 | 0,003 | 0,047 | 0,079 | 0,00003 | 0,002 | 0,002 | 0,005 | 0,71 | <0,00007 | 0,005 | 0,0006 | 0,007 | 0,0006 | <0,0005 | 0,002 | 0,0033 | 0,033 | -0,89 | 0,12 | -1,63 | -0,30 | -0,65 | -1,73 | -0,03 | -5,69 | -0,98 |
| 18-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,84 | -0,05 | -1,53 | -0,71 | -0,59 | -1,82 | -0,20 | -5,63 | -0,83 |
| 20-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,80 | 0,25 | -1,68 | -0,05 | -0,56 | -1,72 | 0,10 | -5,58 | -0,81 |
| 15-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,78 | -0,04 | -1,39 | -0,63 | -0,54 | -1,70 | -0,19 | -5,60 | -1,00 |
| 04-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,83 | 0,14 | -1,60 | -0,28 | -0,59 | -1,67 | -0,01 | -5,66 | -0,76 |
| 19-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,87 | 0,13 | -1,60 | -0,25 | -0,63 | -1,67 | -0,02 | -5,67 | -0,92 |
| 21-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,87 | -0,08 | -1,40 | -0,72 | -0,62 | -1,73 | -0,23 | -5,68 | -0,89 |

# GS-12 P. Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 24-ene-11 | 13,40 | 7,30 | 16,5 | 25 | 1441 | 6,80 | 74,0 | 180 | 27,00 | 121 | 6,2 | 180 | 296 | 45,60 | 238 | 210 | 256,20 | 290,36 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 21-mar-11 | 14,71 | 7,00 | 16,0 | 32 | 1416 | 7,70 | 84,0 | 187 | 27,50 | 122 | 6,3 | 184 | 303 | 46,00 | 249 | 196 | 239,12 | 303,78 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 23-may-11 | 15,00 | 7,70 | 18,5 | 70 | 1345 | | | 182 | 27,00 | 118 | 5,8 | 176 | 294 | 46,10 | 246 | 233 | 284,26 | 300,12 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 07-jul-11 | 15,20 | 7,50 | 18,2 | 43 | 1367 | 5,30 | 66,0 | 184 | 27,30 | 120 | 5,8 | 177 | 300 | 47,70 | 248 | 225 | 274,50 | 302,56 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 07-sep-11 | 15,36 | 7,60 | 18,0 | 85 | 1418 | 7,50 | 89,0 | 185 | 27,90 | 122 | 6,3 | 176 | 295 | 47,40 | 245 | 215 | 262,30 | 298,90 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 17-nov-11 | 15,10 | 7,60 | 16,7 | -22 | 1043 | | | 134 | 20,70 | 99,1 | | 139 | 271 | 35,30 | 162 | 128 | 156,16 | 197,64 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 18-ene-12 | | 7,51 | 16,0 | -2 | 1383 | 10,12 | 99,2 | 183 | 27,10 | 121 | 5,9 | 177 | 299 | 47,70 | 238 | 233 | 284,26 | 290,36 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 20-mar-12 | 15,11 | 7,80 | 16,4 | -50 | 1325 | 9,38 | 95,6 | 184 | 27,70 | 126 | 6,1 | 185 | 312 | 50,30 | 248 | 225 | 274,50 | 302,56 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 15-may-12 | 14,90 | 7,40 | 18,4 | -15 | 1377 | 9,10 | 98,0 | 186 | 27,30 | 121 | 6,3 | 178 | 308 | 48,10 | 246 | 225 | 274,50 | 300,12 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 04-jul-12 | 15,37 | 7,40 | 18,3 | 63 | 1337 | 8,80 | 101,0 | 176 | 24,90 | 114 | 5,7 | 172 | 294 | 46,40 | 245 | 228 | 278,16 | 298,90 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 19-sep-12 | 15,64 | 7,50 | 18,1 | 151 | 1292 | 9,10 | 99,0 | 180 | 27,40 | 113 | 5,5 | 176 | 297 | 46,00 | 225 | 222 | 270,84 | 274,50 |
| 271540291 | P, Miraflores, a 0,5 Km, del Huerva | 676770 | 4612350 | 21-nov-12 | 14,99 | 7,50 | 17,1 | 72 | 1435 | 9,00 | 94,0 | 184 | 26,60 | 119 | 6 | 176 | 302 | 48,90 | 247 | 230 | 280,60 | 301,34 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,22 | -1,98 | -0,15 | -0,94 | -1,74 | 0,07 | -6,26 | -0,84 |
| 21-mar-11 | 0,005 | 0,0008 | 0,024 | 0,098 | 0,00002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,13 | 0,00007 | 0,002 | 0,0035 | 0,003 | 0,0009 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0006 | 0,025 | -1,17 | -0,11 | -1,72 | -0,82 | -0,92 | -1,75 | -0,26 | -6,25 | -0,79 |
| 23-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,19 | 0,69 | -2,33 | 0,82 | -0,94 | -1,68 | 0,54 | -6,29 | |
| 07-jul-11 | 0,005 | 0,0008 | 0,021 | 0,080 | 0,00002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,04 | 0,00007 | 0,001 | 0,0034 | 0,005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0008 | 0,025 | -1,17 | 0,48 | -2,15 | 0,39 | -0,93 | -1,69 | 0,33 | -6,28 | -0,94 |
| 07-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,56 | -2,27 | 0,55 | -0,94 | -1,70 | 0,41 | -6,27 | -0,79 |
| 17-nov-11 | 0,008 | 0,0011 | 0,017 | 0,114 | 0,00003 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,58 | <0,00007 | 0,143 | <0,00020 | 0,007 | 0,0011 | <0,0005 | 0,0008 | 0,0017 | <0,025 | -1,29 | 0,21 | -2,49 | -0,16 | -1,04 | -1,73 | 0,06 | -6,45 | -0,72 |
| 18-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,47 | -2,15 | 0,34 | -0,93 | -1,75 | 0,32 | -6,27 | -0,68 |
| 20-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | 0,74 | -2,46 | 0,90 | -0,92 | -1,74 | 0,59 | -6,23 | -0,71 |
| 15-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | 0,38 | -2,05 | 0,20 | -0,92 | -1,68 | 0,24 | -6,27 | -0,70 |
| 04-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,19 | 0,37 | -2,04 | 0,15 | -0,95 | -1,69 | 0,22 | -6,31 | -0,72 |
| 19-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,46 | -2,15 | 0,37 | -0,94 | -1,69 | 0,32 | -6,31 | -0,70 |
| 21-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,47 | -2,14 | 0,35 | -0,93 | -1,72 | 0,32 | -6,28 | -0,72 |

# GS-13 P. Glorietas de Goya

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 24-ene-11 | 11,45 | 7,70 | 17,5 | -3 | 1410 | 8,10 | 89,0 | 162 | 25,60 | 127 | 7,1 | 187 | 292 | 27,00 | 247 | 178 | 217,16 | 301,34 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 21-mar-11 | 10,81 | 7,50 | 16,8 | 38 | 1416 | 7,60 | 83,0 | 166 | 25,80 | 127 | 7,1 | 191 | 292 | 28,70 | 220 | 176 | 214,72 | 268,40 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 23-may-11 | 11,55 | 7,60 | 18,8 | 46 | 1375 | | | 169 | 26,30 | 128 | 7,2 | 192 | 301 | 28,40 | 226 | 208 | 253,76 | 275,72 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 07-jul-11 | 11,65 | 7,50 | 19,2 | -33 | 1350 | 5,60 | 61,0 | 165 | 25,60 | 127 | 7 | 187 | 294 | 27,80 | 228 | 200 | 244,00 | 278,16 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 07-sep-11 | 11,70 | 7,60 | 18,7 | -20 | 1410 | 7,40 | 88,0 | 169 | 26,20 | 132 | 7,2 | 189 | 292 | 28,40 | 209 | 198 | 241,56 | 254,98 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 17-nov-11 | 11,54 | 7,60 | 18,1 | -46 | 1377 | | | 165 | 25,60 | 129 | 7,2 | 189 | 293 | 27,20 | 219 | 205 | 250,10 | 267,18 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 18-ene-12 | 11,56 | 7,38 | 16,1 | -70 | 1364 | 9,36 | 92,0 | 167 | 25,90 | 131 | 7,2 | 189 | 296 | 26,20 | 220 | 218 | 265,96 | 268,40 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 20-mar-12 | 7,59 | 7,33 | 17,6 | 75 | 1344 | 8,66 | 90,4 | 172 | 26,80 | 136 | 7,5 | 202 | 319 | 29,40 | 222 | 205 | 250,10 | 270,84 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 15-may-12 | 11,40 | 7,20 | 18,5 | 33 | 1458 | 8,70 | 92,0 | 172 | 26,50 | 130 | 7,3 | 191 | 313 | 29,00 | 221 | 208 | 253,76 | 269,62 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 04-jul-12 | 11,70 | 7,50 | 20,1 | 16 | 1359 | 8,50 | 97,0 | 167 | 24,60 | 127 | 7,2 | 189 | 318 | 28,80 | 220 | 211 | 257,42 | 268,40 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 19-sep-12 | 12,84 | 7,30 | 18,4 | 110 | 1334 | 6,80 | 75,0 | 170 | 27,00 | 121 | 6,9 | 191 | 319 | 28,40 | 214 | 202 | 246,44 | 261,08 |
| 271540288 | P, Glorietas de Goya | 677530 | 4613090 | 21-nov-12 | 11,54 | 7,00 | 17,4 | 21 | 1445 | 5,80 | 59,0 | 173 | 26,30 | 127 | 7,1 | 189 | 316 | 27,70 | 224 | 216 | 263,52 | 273,28 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,22 | 0,52 | -2,45 | 0,48 | -0,98 | -1,71 | 0,37 | -6,22 | -0,76 |
| 21-mar-11 | 0,005 | 0,0010 | 0,024 | 0,073 | 0,00002 | 0,0005 | 0,002 | 0,002 | 0,09 | 0,00007 | 0,001 | 0,0042 | 0,002 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0006 | 0,025 | -1,22 | 0,31 | -2,26 | 0,06 | -0,97 | -1,73 | 0,16 | -6,22 | -0,79 |
| 23-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,20 | 0,52 | -2,28 | 0,49 | -0,96 | -1,67 | 0,37 | -6,21 | |
| 07-jul-11 | 0,005 | 0,0011 | 0,023 | 0,062 | 0,00002 | 0,0006 | 0,002 | 0,002 | 0,11 | 0,00007 | 0,001 | 0,0002 | 0,004 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0008 | 0,025 | -1,21 | 0,40 | -2,19 | 0,26 | -0,97 | -1,66 | 0,25 | -6,23 | -0,91 |
| 07-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,50 | -2,30 | 0,45 | -0,97 | -1,68 | 0,35 | -6,21 | -0,79 |
| 17-nov-11 | <0,005 | 0,0017 | 0,021 | 0,085 | 0,00002 | 0,0011 | <0,0020 | 0,002 | 0,41 | <0,00007 | 0,005 | 0,0042 | 0,004 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0008 | 0,0020 | <0,025 | -1,22 | 0,49 | -2,29 | 0,44 | -0,97 | -1,69 | 0,35 | -6,22 | -0,71 |
| 18-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,28 | -2,05 | -0,02 | -0,96 | -1,75 | 0,13 | -6,20 | -0,71 |
| 20-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,23 | -2,02 | -0,10 | -0,93 | -1,71 | 0,08 | -6,17 | -0,73 |
| 15-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,12 | -1,88 | -0,31 | -0,94 | -1,68 | -0,03 | -6,21 | -0,72 |
| 04-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,43 | -2,16 | 0,32 | -0,94 | -1,64 | 0,29 | -6,23 | -0,72 |
| 19-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,20 | -1,99 | -0,13 | -0,93 | -1,68 | 0,05 | -6,24 | -0,83 |
| 21-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | -0,07 | -1,67 | -0,72 | -0,93 | -1,71 | -0,22 | -6,22 | -0,91 |

# GS-15 Parque Paseo del Agua (Anillo Verde)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 25-ene-11 | 6,95 | 7,10 | 16,8 | 53 | 3340 | 6,20 | 64,0 | 386 | 40,90 | 385 | 5,3 | 513 | 1060 | 39,40 | 218 | 176 | 214,72 | 265,96 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 22-mar-11 | 6,34 | 7,40 | 16,0 | -28 | 6720 | 8,60 | 92,0 | 515 | 65,70 | 1020 | 5,7 | 1370 | 1530 | 37,80 | 245 | 180 | 219,60 | 298,90 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 24-may-11 | 8,56 | 7,60 | 19,0 | 98 | 3480 | | | 434 | 54,00 | 413 | 4,8 | 549 | 1120 | 46,00 | 262 | 234 | 285,48 | 319,64 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 08-jul-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 08-sep-11 | 7,60 | 7,10 | 19,6 | 47 | 3250 | 6,20 | 75,0 | 428 | 43,20 | 383 | 5,6 | 485 | 1070 | 47,50 | 262 | 230 | 280,60 | 319,64 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 18-nov-11 | 7,62 | 7,37 | 17,9 | -46 | 6440 | | | 554 | 71,60 | 1420 | 6,3 | 1820 | 1750 | 29,50 | 237 | 230 | 280,60 | 289,14 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 19-ene-12 | 7,41 | 7,22 | 17,8 | -135 | 3170 | 5,40 | 56,3 | 356 | 40,10 | 350 | 5,3 | 460 | 1042 | 2,30 | 197 | 226 | 275,72 | 240,34 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 21-mar-12 | 7,62 | 7,05 | 18,0 | 107 | 3440 | 7,89 | 80,6 | 427 | 42,50 | 367 | 5,4 | 492 | 1120 | 52,30 | 259 | 228 | 278,16 | 315,98 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 16-may-12 | 7,23 | 7,00 | 16,4 | 40 | 3120 | 6,40 | 70,0 | 434 | 42,80 | 333 | 5,4 | 441 | 1070 | 49,50 | 250 | 236 | 287,92 | 305,00 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 05-jul-12 | 8,15 | 7,00 | 18,5 | 127 | 3310 | 6,80 | 77,0 | 447 | 52,50 | 340 | 5,3 | 493 | 1220 | 46,20 | 253 | 222 | 270,84 | 308,66 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 20-sep-12 | 8,05 | 7,00 | 17,9 | 113 | 3300 | 6,80 | 79,0 | 459 | 58,10 | 377 | 5,7 | 517 | 1213 | 46,70 | 254 | 230 | 280,60 | 309,88 |
| 271540299 | Parque Paseo del Agua (Anillo Verde) | 673496 | 4614714 | 22-nov-12 | 7,42 | 7,10 | 17,5 | -128 | 1754 | 4,10 | 43,0 | 198 | 26,20 | 177 | 4,7 | 235 | 562 | 1,00 | 135 | 88 | 107,36 | 164,70 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,56 | 0,11 | -1,89 | -0,52 | -0,31 | -1,73 | -0,04 | -5,36 | -0,88 |
| 22-mar-11 | 0,006 | 0,0035 | 0,024 | 0,073 | 0,00007 | 0,0008 | 0,003 | 0,007 | 2,15 | 0,00007 | 0,016 | 0,016 | 0,011 | 0,0007 | 0,0007 | 0,003 | 0,002 | 0,043 | -0,43 | 0,44 | -2,21 | 0,21 | -0,18 | -1,75 | 0,29 | -4,55 | -0,74 |
| 24-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,52 | 0,79 | -2,26 | 0,94 | -0,28 | -1,67 | 0,64 | -5,31 | |
| 08-jul-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,52 | 0,30 | -1,76 | -0,12 | -0,29 | -1,65 | 0,15 | -5,39 | -0,86 |
| 18-nov-11 | 0,006 | 0,0138 | 0,022 | 0,147 | 0,00009 | 0,0036 | 0,002 | 0,005 | 2,82 | 0,00007 | 0,050 | 0,004 | 0,022 | 0,0010 | <0,0005 | 0,003 | 0,012 | 0,032 | -0,39 | 0,54 | -2,07 | 0,45 | -0,15 | -1,70 | 0,39 | -4,30 | -0,81 |
| 19-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,59 | 0,32 | -1,89 | -0,06 | -0,34 | -1,70 | 0,17 | -5,45 | -0,93 |
| 21-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,51 | 0,22 | -1,72 | -0,31 | -0,27 | -1,70 | 0,07 | -5,40 | -0,76 |
| 16-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,51 | 0,18 | -1,66 | -0,42 | -0,27 | -1,74 | 0,03 | -5,49 | -0,87 |
| 05-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,47 | 0,17 | -1,68 | -0,32 | -0,23 | -1,68 | 0,02 | -5,44 | -0,82 |
| 20-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,47 | 0,19 | -1,67 | -0,26 | -0,23 | -1,70 | 0,04 | -5,37 | -0,83 |
| 22-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,93 | -0,36 | -2,16 | -1,34 | -0,68 | -1,71 | -0,51 | -6,00 | -1,06 |

# GS-16 Parque Castillo Palomar

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 25-ene-11 | | 7,60 | 14,0 | 21 | 1878 | 8,50 | 88,0 | 213 | 36,90 | 174 | 4,7 | 275 | 350 | 69,10 | 300 | 234 | 285,48 | 366,00 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 22-mar-11 | 15,26 | 7,50 | 14,0 | -6 | 1770 | 8,20 | 84,0 | 226 | 37,60 | 176 | 4,4 | 283 | 353 | 72,70 | 288 | 227 | 276,94 | 351,36 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 24-may-11 | 15,44 | 7,60 | 16,7 | 28 | 1853 | | | 221 | 38,20 | 182 | 4,2 | 292 | 357 | 65,70 | 352 | 271 | 330,62 | 429,44 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 08-jul-11 | 16,72 | 7,30 | 18,8 | 173 | 1769 | 6,20 | 76,0 | 206 | 34,00 | 187 | 4 | 292 | 368 | 47,60 | 245 | 215 | 262,30 | 298,90 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 08-sep-11 | 15,97 | 7,50 | 17,8 | -5 | 1940 | 7,90 | 95,8 | 222 | 39,80 | 194 | 4,6 | 302 | 365 | 60,90 | 282 | 249 | 303,78 | 344,04 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 18-nov-11 | 15,65 | 7,20 | 15,5 | 89 | 1848 | | | 209 | 38,10 | 180 | 5 | 279 | 357 | 56,00 | 287 | 258 | 314,76 | 350,14 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 19-ene-12 | 15,51 | 7,20 | 13,6 | 125 | 1755 | 8,56 | 81,6 | 211 | 36,60 | 178 | 4,4 | 276 | 340 | 46,80 | 273 | 262 | 319,64 | 333,06 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 21-mar-12 | 15,73 | 7,13 | 15,2 | 93 | 1935 | 8,47 | 83,8 | 215 | 38,30 | 193 | 4,6 | 298 | 362 | 50,70 | 286 | 270 | 329,40 | 348,92 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 16-may-12 | 15,81 | 7,10 | 15,7 | 137 | 1851 | 7,60 | 71,0 | 217 | 37,80 | 183 | 4,5 | 289 | 351 | 52,70 | 290 | 276 | 336,72 | 353,80 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 05-jul-12 | 15,91 | 7,20 | 17,5 | 136 | 1883 | 6,50 | 65,0 | 210 | 35,50 | 180 | 4,5 | 286 | 355 | 53,30 | 300 | 280 | 341,60 | 366,00 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 20-sep-12 | 14,96 | 7,20 | 16,1 | 122 | 1787 | 8,40 | 90,0 | 214 | 38,20 | 176 | 4,2 | 287 | 356 | 51,70 | 288 | 272 | 331,84 | 351,36 |
| 271540204 | Parque Castillo Palomar | 673870 | 4613922 | 22-nov-12 | 15,72 | 7,20 | 15,2 | 103 | 1882 | 8,60 | 84,0 | 203 | 35,20 | 184 | 4,7 | 287 | 344 | 47,00 | 260 | 261 | 318,42 | 317,20 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,09 | 0,57 | -2,26 | 0,57 | -0,84 | -1,81 | 0,42 | -5,93 | -0,77 |
| 22-mar-11 | 0,007 | 0,0014 | 0,026 | 0,097 | 0,00002 | 0,0005 | 0,002 | 0,049 | 2,34 | 0,00007 | 0,015 | 0,003 | 0,004 | 0,0087 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0008 | 0,025 | -1,08 | 0,47 | -2,18 | 0,36 | -0,83 | -1,81 | 0,32 | -5,91 | -0,78 |
| 24-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,08 | 0,68 | -2,19 | 0,83 | -0,84 | -1,73 | 0,53 | -5,89 | |
| 08-jul-11 | 0,010 | 0,0001 | 0,030 | 0,078 | 0,00002 | 0,0007 | 0,002 | 0,004 | 0,04 | 0,00007 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 0,0010 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0009 | 0,025 | -1,09 | 0,29 | -1,97 | 0,06 | -0,85 | -1,67 | 0,14 | -5,88 | -0,86 |
| 08-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,08 | 0,56 | -2,12 | 0,63 | -0,83 | -1,70 | 0,41 | -5,85 | -0,77 |
| 18-nov-11 | 0,006 | 0,0025 | 0,025 | 0,090 | <0,00002 | 0,0014 | <0,0020 | <0,0020 | 0,46 | <0,00007 | 0,006 | 0,002 | 0,005 | 0,0014 | <0,0005 | 0,0011 | 0,0032 | <0,025 | -1,10 | 0,23 | -1,81 | -0,07 | -0,85 | -1,76 | 0,07 | -5,91 | -0,73 |
| 19-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,11 | 0,21 | -1,81 | -0,15 | -0,86 | -1,82 | 0,06 | -5,91 | -0,77 |
| 21-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,09 | 0,18 | -1,72 | -0,18 | -0,84 | -1,77 | 0,03 | -5,85 | -0,76 |
| 16-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,09 | 0,17 | -1,68 | -0,19 | -0,85 | -1,76 | 0,02 | -5,89 | -0,80 |
| 05-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,10 | 0,29 | -1,76 | 0,06 | -0,86 | -1,71 | 0,14 | -5,90 | -0,86 |
| 20-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,09 | 0,27 | -1,78 | 0,01 | -0,85 | -1,75 | 0,12 | -5,91 | -0,76 |
| 22-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,12 | 0,22 | -1,80 | -0,11 | -0,87 | -1,77 | 0,07 | -5,89 | -0,75 |

# GS-17 J, Taifa Saraquista

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 25-ene-11 | 31,20 | 7,30 | 15,7 | 41 | 1636 | 6,90 | 73,0 | 201 | 41,00 | 137 | 4,9 | 192 | 412 | 37,10 | 253 | 201 | 245,22 | 308,66 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 22-mar-11 | 30,84 | 7,40 | 10,5 | 115 | 1523 | 7,00 | 70,0 | 205 | 41,10 | 132 | 3,3 | 191 | 408 | 37,20 | 235 | 199 | 242,78 | 286,70 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 24-may-11 | 31,43 | 7,60 | 16,7 | 87 | 1562 | | | 204 | 41,20 | 131 | 3,3 | 192 | 409 | 36,70 | 259 | 238 | 290,36 | 315,98 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 08-jul-11 | 31,66 | 7,20 | 16,5 | 95 | 1511 | 5,20 | 60,0 | 204 | 40,30 | 131 | 3,3 | 187 | 400 | 35,80 | 244 | 227 | 276,94 | 297,68 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 08-sep-11 | 31,85 | 7,40 | 17,1 | 39 | 1555 | 6,30 | 75,0 | 201 | 40,50 | 132 | 3,3 | 184 | 392 | 35,70 | 247 | 225 | 274,50 | 301,34 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 18-nov-11 | 28,00 | 7,15 | 16,1 | 76 | 1515 | | | 193 | 38,70 | 126 | 3,3 | 178 | 386 | 33,70 | 254 | 234 | 285,48 | 309,88 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 19-ene-12 | | 7,18 | 15,7 | 74 | 1480 | 7,50 | 74,9 | 188 | 38,20 | 124 | 3,3 | 176 | 381 | 32,60 | 245 | 224 | 273,28 | 298,90 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 21-mar-12 | | 7,17 | 15,6 | 51 | 1592 | 8,56 | 84,0 | 196 | 39,40 | 133 | 3,5 | 188 | 402 | 35,80 | 250 | 231 | 281,82 | 305,00 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 16-may-12 | | 7,10 | 16,6 | 141 | 1516 | 7,50 | 80,0 | 197 | 39,10 | 127 | 3,4 | 181 | 391 | 36,60 | 245 | 233 | 284,26 | 298,90 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 05-jul-12 | | 7,20 | 16,7 | 125 | 1480 | 8,80 | 104,0 | 190 | 35,90 | 121 | 3,3 | 180 | 386 | 35,70 | 247 | 225 | 274,50 | 301,34 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 20-sep-12 | | 7,10 | 16,9 | 149 | 1399 | 7,50 | 79,0 | 195 | 39,40 | 125 | 3,1 | 185 | 385 | 34,80 | 258 | 228 | 278,16 | 314,76 |
| 271540297 | J, Taifa Saraquista | 674400 | 4612175 | 22-nov-12 | | 7,00 | 16,4 | 30 | 1479 | 7,70 | 79,0 | 193 | 37,60 | 124 | 3,3 | 177 | 378 | 36,30 | 240 | 236 | 287,92 | 292,80 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,04 | 0,20 | -2,01 | -0,06 | -0,80 | -1,76 | 0,05 | -6,19 | -0,84 |
| 22-mar-11 | 0,005 | 0,0005 | 0,020 | 0,080 | 0,00002 | 0,0006 | 0,007 | 0,010 | 0,01 | 0,00007 | 0,008 | 0,002 | 0,004 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0005 | 0,025 | -1,03 | 0,23 | -2,15 | -0,10 | -0,78 | -1,90 | 0,07 | -6,19 | -0,89 |
| 24-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,04 | 0,59 | -2,24 | 0,73 | -0,80 | -1,73 | 0,44 | -6,21 | |
| 08-jul-11 | 0,005 | 0,0001 | 0,024 | 0,070 | 0,00003 | 0,0007 | 0,002 | 0,002 | 0,03 | 0,00007 | 0,001 | 0,003 | 0,005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0010 | 0,0007 | 0,025 | -1,05 | 0,18 | -1,86 | -0,12 | -0,80 | -1,74 | 0,03 | -6,22 | -0,96 |
| 08-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,06 | 0,38 | -2,06 | 0,30 | -0,82 | -1,72 | 0,23 | -6,22 | -0,87 |
| 18-nov-11 | 0,006 | 0,0015 | 0,020 | 0,101 | 0,00003 | 0,0014 | <0,002 | 0,002 | 0,09 | <0,00007 | 0,003 | 0,003 | 0,006 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0010 | 0,0022 | 0,039 | -1,08 | 0,12 | -1,79 | -0,24 | -0,83 | -1,75 | -0,03 | -6,25 | -0,84 |
| 19-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,09 | 0,11 | -1,84 | -0,24 | -0,84 | -1,76 | -0,04 | -6,26 | -0,81 |
| 21-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,06 | 0,12 | -1,82 | -0,23 | -0,81 | -1,76 | -0,03 | -6,21 | -0,75 |
| 16-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,07 | 0,08 | -1,74 | -0,31 | -0,82 | -1,73 | -0,07 | -6,25 | -0,80 |
| 05-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,08 | 0,15 | -1,86 | -0,18 | -0,83 | -1,73 | 0,00 | -6,27 | -0,73 |
| 20-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,08 | 0,07 | -1,75 | -0,31 | -0,83 | -1,73 | -0,08 | -6,24 | -0,80 |
| 22-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,08 | -0,02 | -1,64 | -0,52 | -0,84 | -1,74 | -0,17 | -6,26 | -0,79 |

# GS-18 PLASTICOS ITER

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 26-ene-11 | 7,46 | 7,40 | 16,8 | 33 | 1549 | 4,00 | 44,0 | 128 | 23,60 | 192 | 5,6 | 269 | 279 | 1,00 | 196 | 158 | 192,76 | 239,12 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 01-abr-11 | 6,98 | 7,30 | 16,3 | 2 | 1563 | 4,20 | 47,0 | 133 | 24,90 | 198 | 5,7 | 294 | 285 | 1,00 | 180 | 144 | 175,68 | 219,60 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 25-may-11 | 7,16 | 7,40 | 16,7 | -36 | 1592 | | | 142 | 25,80 | 208 | 5,7 | 306 | 298 | 1,00 | 192 | 185 | 225,70 | 234,24 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 11-jul-11 | 7,10 | 7,20 | 16,8 | -82 | 1568 | 2,50 | 31,0 | 138 | 25,50 | 204 | 5,8 | 301 | 292 | 0,90 | 191 | 171 | 208,62 | 233,02 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 20-sep-11 | 6,98 | 7,40 | 16,7 | -87 | 1611 | 2,90 | 34,0 | 130 | 24,30 | 201 | 5,7 | 293 | 278 | 0,90 | 189 | 150 | 183,00 | 230,58 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 24-nov-11 | 7,12 | 7,17 | 16,3 | -89 | 1556 | | | 137 | 24,80 | 200 | 5,8 | 297 | 280 | 0,90 | 191 | 178 | 217,16 | 233,02 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 16-ene-12 | 7,46 | 7,19 | 16,3 | -87 | 1610 | 7,81 | 83,2 | 138 | 25,20 | 206 | 5,8 | 325 | 289 | 0,90 | 189 | 197 | 240,34 | 230,58 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 28-mar-12 | 7,67 | 7,09 | 16,3 | -79 | 1650 | 4,59 | 43,8 | 150 | 27,50 | 230 | 6,3 | 364 | 319 | 0,90 | 176 | 176 | 214,72 | 214,72 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 17-may-12 | 7,40 | 7,00 | 16,7 | -79 | 1839 | 2,40 | 29,0 | 157 | 28,50 | 235 | 6,5 | 365 | 325 | 0,90 | 192 | 178 | 217,16 | 234,24 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 08-jul-12 | 7,26 | 7,06 | 16,6 | -124 | 1977 | 3,50 | 37,5 | 154 | 26,90 | 230 | 6,2 | 382 | 331 | 0,90 | 185 | 176 | 214,72 | 225,70 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 17-sep-12 | 7,20 | 7,68 | 16,7 | -160 | 1866 | 2,60 | 29,0 | 144 | 32,40 | 255 | 6,3 | 420 | 333 | 0,90 | 157 | 160 | 195,20 | 191,54 |
| 281450060 | PLASTICOS ITER | 679385 | 4615960 | 23-nov-12 | 6,86 | 7,00 | 16,1 | -91 | 2120 | 4,80 | 49,0 | 170 | 31,30 | 267 | 6,5 | 438 | 368 | 1,00 | 183 | 184 | 224,48 | 223,26 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,33 | 0,06 | -2,20 | -0,38 | -1,08 | -1,73 | -0,09 | -5,89 | -1,07 |
| 01-abr-11 | 0,005 | 0,0008 | 0,061 | 0,033 | 0,00003 | 0,0008 | 0,002 | 0,002 | 2,52 | 0,00007 | 1,080 | 0,007 | 0,004 | 0,0009 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0006 | 0,580 | -1,31 | -0,07 | -2,15 | -0,64 | -1,06 | -1,74 | -0,22 | -5,83 | -1,06 |
| 25-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,28 | 0,16 | -2,14 | -0,19 | -1,03 | -1,73 | 0,01 | -5,80 | |
| 11-jul-11 | 0,005 | 0,0008 | 0,054 | 0,042 | 0,00005 | 0,0007 | 0,002 | 0,002 | 1,36 | 0,00007 | 0,106 | 0,007 | 0,003 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0002 | 0,0006 | 0,257 | -1,29 | -0,08 | -1,97 | -0,66 | -1,05 | -1,73 | -0,23 | -5,81 | -1,28 |
| 20-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,33 | 0,04 | -2,23 | -0,41 | -1,08 | -1,73 | -0,11 | -5,83 | -1,21 |
| 24-nov-11 | <0,005 | 0,0013 | 0,055 | 0,042 | 0,00004 | 0,0008 | 0,002 | 0,002 | 1,36 | <0,00007 | 1,160 | 0,009 | 0,006 | 0,0006 | <0,0005 | 0,0004 | 0,0006 | 0,255 | -1,31 | -0,10 | -1,92 | -0,71 | -1,06 | -1,74 | -0,25 | -5,83 | -1,13 |
| 16-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | -0,04 | -1,90 | -0,59 | -1,06 | -1,74 | -0,19 | -5,78 | -0,79 |
| 28-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,24 | -0,16 | -1,85 | -0,83 | -1,00 | -1,74 | -0,31 | -5,68 | -1,02 |
| 17-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,22 | -0,23 | -1,76 | -0,96 | -0,98 | -1,73 | -0,38 | -5,68 | -1,29 |
| 08-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,22 | -0,18 | -1,82 | -0,89 | -0,98 | -1,73 | -0,33 | -5,67 | -1,13 |
| 17-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,26 | 0,36 | -2,49 | 0,31 | -1,01 | -1,73 | 0,21 | -5,58 | -1,26 |
| 23-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | -0,20 | -1,75 | -0,91 | -0,92 | -1,75 | -0,35 | -5,55 | -1,00 |

# GS-19 Pozo 1 PARQUE DELICIAS

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 26-ene-11 | 26,60 | 7,60 | 15,9 | 22 | 1026 | 8,60 | 90,0 | 115 | 20,40 | 93,1 | 3,0 | 116 | 221 | 16,20 | 188 | 155 | 189,10 | 229,36 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 22-mar-11 | | 7,50 | 15,4 | 40 | 971 | 7,70 | 82,0 | 119 | 20,70 | 92,9 | 3,0 | 122 | 218 | 18,10 | 183 | 147 | 179,34 | 223,26 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 25-may-11 | 26,40 | 7,50 | 16,6 | 69 | 1064 | | | 128 | 22,30 | 101 | 3,1 | 135 | 240 | 19,40 | 188 | 182 | 222,04 | 229,36 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 07-jul-11 | 26,73 | 7,40 | 16,5 | 60 | 1106 | 5,30 | 66,0 | 132 | 23,10 | 106 | 3,2 | 141 | 254 | 20,50 | 191 | 171 | 208,62 | 233,02 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 20-sep-11 | 27,09 | 7,40 | 17,7 | 59 | 1171 | 6,90 | 81,0 | 132 | 23,90 | 114 | 3,4 | 147 | 271 | 20,20 | 200 | 184 | 224,48 | 244,00 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 14-nov-11 | 26,36 | 7,34 | 16,0 | 48 | 1224 | 8,93 | 99,0 | 147 | 26,20 | 120 | 3,4 | 155 | 303 | 19,50 | 194 | 179 | 218,38 | 236,68 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 16-ene-12 | 26,00 | 7,37 | 14,6 | 32 | 1283 | 9,93 | 101,1 | 152 | 27,10 | 120 | 3,4 | 166 | 326 | 21,60 | 200 | 188 | 229,36 | 244,00 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 20-mar-12 | 26,19 | 7,57 | 16,8 | 32 | 1255 | 8,78 | 93,3 | 160 | 29,00 | 132 | 3,7 | 177 | 351 | 23,50 | 204 | 175 | 213,50 | 248,88 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 20-may-12 | 26,47 | 7,20 | 16,2 | 95 | 1307 | 8,40 | 87,0 | 160 | 28,10 | 129 | 3,6 | 173 | 332 | 23,20 | 202 | 191 | 233,02 | 246,44 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 04-jul-12 | 27,07 | 7,00 | 17,1 | 64 | 1360 | 8,50 | 93,0 | 163 | 27,80 | 129 | 3,6 | 175 | 360 | 23,50 | 212 | 193 | 235,46 | 258,64 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 18-sep-12 | 27,22 | 7,30 | 17,8 | 145 | 1348 | 7,90 | 89,0 | 168 | 30,80 | 133 | 3,5 | 182 | 363 | 23,20 | 200 | 181 | 220,82 | 244,00 |
| 271540205 | Pozo 1 PARQUE DELICIAS | 674067 | 4612812 | 21-nov-12 | 26,43 | 7,30 | 16,1 | 62 | 1495 | 10,20 | 104,0 | 177 | 32,00 | 137 | 3,7 | 185 | 386 | 24,60 | 214 | 204 | 248,88 | 261,08 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,41 | 0,23 | -2,41 | -0,06 | -1,17 | -1,75 | 0,08 | -6,55 | -0,75 |
| 22-mar-11 | 0,005 | 0,0005 | 0,016 | 0,044 | 0,00002 | 0,0005 | 0,003 | 0,003 | 0,05 | 0,00007 | 0,002 | 0,004 | 0,007 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0004 | 0,025 | -1,41 | 0,11 | -2,34 | -0,31 | -1,16 | -1,77 | -0,04 | -6,53 | -0,80 |
| 25-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,36 | 0,24 | -2,24 | -0,04 | -1,11 | -1,73 | 0,09 | -6,45 | |
| 07-jul-11 | 0,005 | 0,0006 | 0,045 | 0,050 | 0,00002 | 0,0005 | 0,002 | 0,002 | 0,05 | 0,00007 | 0,001 | 0,004 | 0,004 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0010 | 0,0005 | 0,025 | -1,33 | 0,13 | -2,17 | -0,27 | -1,08 | -1,74 | -0,02 | -6,41 | -0,95 |
| 20-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,31 | 0,17 | -2,13 | -0,16 | -1,06 | -1,70 | 0,02 | -6,37 | -0,83 |
| 14-nov-11 | <0,005 | 0,0009 | 0,020 | 0,060 | 0,00003 | 0,0010 | 0,002 | <0,0020 | 0,11 | <0,00007 | 0,001 | 0,004 | 0,006 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0008 | 0,0013 | <0,025 | -1,23 | 0,11 | -2,09 | -0,31 | -0,99 | -1,75 | -0,05 | -6,32 | -0,73 |
| 16-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,20 | 0,14 | -2,11 | -0,26 | -0,95 | -1,79 | -0,01 | -6,29 | -0,70 |
| 20-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | 0,35 | -2,33 | 0,20 | -0,91 | -1,73 | 0,20 | -6,23 | -0,73 |
| 20-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,02 | -1,92 | -0,48 | -0,93 | -1,74 | -0,13 | -6,25 | -0,76 |
| 04-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,14 | -0,16 | -1,71 | -0,85 | -0,90 | -1,72 | -0,31 | -6,25 | -0,74 |
| 18-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,13 | 0,13 | -2,04 | -0,22 | -0,89 | -1,70 | -0,02 | -6,22 | -0,77 |
| 21-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,10 | 0,17 | -2,00 | -0,17 | -0,85 | -1,75 | 0,02 | -6,20 | -0,67 |

# GS-20 CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 26-ene-11 | 18,11 | 6,90 | 18,4 | 61 | 2460 | 5,40 | 60,0 | 246 | 45,00 | 290 | 3,4 | 466 | 345 | 8,10 | 441 | 196 | 239,12 | 538,02 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 31-mar-11 | 18,28 | 6,80 | 19,4 | -11 | 2310 | 3,80 | 45,0 | 229 | 43,10 | 282 | 2,8 | 445 | 232 | 1,00 | 521 | 414 | 505,08 | 635,62 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 25-may-11 | | 7,00 | 19,1 | 22 | 2670 | | | 361 | 47,50 | 357 | 2,9 | 519 | 825 | 23,80 | 334 | 328 | 400,16 | 407,48 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 06-jul-11 | 32,60 | 6,90 | 19,6 | -45 | 2390 | 4,50 | 59,0 | 259 | 46,00 | 286 | 3,2 | 436 | 396 | 11,50 | 440 | 425 | 518,50 | 536,80 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 20-sep-11 | 12,95 | 7,00 | 19,4 | -71 | 2520 | 3,80 | 48,0 | 259 | 46,80 | 297 | 5,2 | 434 | 479 | 11,10 | 406 | 338 | 412,36 | 495,32 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 16-nov-11 | 13,70 | 6,81 | 18,5 | -2 | 2320 | | | 248 | 42,60 | 273 | 3,5 | 402 | 378 | 1,00 | 420 | 398 | 485,56 | 512,40 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 16-ene-12 | 15,50 | 6,97 | 18,4 | -68 | 2020 | 6,72 | 73,2 | 197 | 34,70 | 231 | 2,6 | 349 | 257 | 0,90 | 436 | 422 | 514,84 | 531,92 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 29-mar-12 | 17,64 | 6,96 | 18,6 | -68 | 1800 | 4,81 | 50,6 | 188 | 32,70 | 229 | 2,4 | 316 | 244 | 2,30 | 430 | 400 | 488,00 | 524,60 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 17-may-12 | 33,58 | 6,90 | 19,1 | -57 | 2370 | 7,80 | 86,0 | 275 | 45,60 | 287 | 2,6 | 435 | 509 | 20,10 | 349 | 330 | 402,60 | 425,78 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 11-jul-12 | 34,62 | 6,86 | 19,2 | -70 | 2480 | 6,91 | 76,1 | 265 | 40,60 | 304 | 2,5 | 483 | 516 | 25,10 | 350 | 316 | 385,52 | 427,00 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 17-sep-12 | 35,02 | 7,10 | 19,6 | -48 | 2200 | 7,50 | 84,0 | 260 | 43,80 | 265 | 2,4 | 445 | 434 | 20,30 | 349 | 345 | 420,90 | 425,78 |
| 271480148 | CENTRO DE ATENCIÓN MINUSVÁLIDOS PSÍQUICOS | 677286 | 4617145 | 28-nov-12 | 17,89 | 6,70 | 18,3 | -101 | 2100 | 3,00 | 31,0 | 215 | 37,40 | 222 | 2,6 | 354 | 261 | 1,00 | 444 | | | 541,68 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26-ene-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,10 | 0,19 | -1,32 | -0,09 | -0,86 | -1,69 | 0,04 | -5,50 | -0,93 |
| 31-mar-11 | 0,005 | 0,010 | 0,076 | 0,073 | 0,00006 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 8,20 | 0,00007 | 1,340 | 0,001 | 0,009 | 0,0014 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0008 | 0,025 | -1,27 | 0,12 | -1,19 | -0,21 | -1,04 | -1,66 | -0,03 | -5,53 | -1,07 |
| 25-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,67 | 0,30 | -1,50 | 0,00 | -0,43 | -1,67 | 0,16 | -5,39 | |
| 06-jul-11 | 0,066 | 0,003 | 0,077 | 0,085 | 0,00004 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 4,55 | 0,00007 | 0,685 | 0,001 | 0,016 | 0,0009 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0011 | 0,025 | -1,03 | 0,25 | -1,28 | 0,04 | -0,79 | -1,65 | 0,11 | -5,54 | -1,00 |
| 20-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,96 | 0,24 | -1,48 | 0,02 | -0,72 | -1,66 | 0,09 | -5,53 | -1,07 |
| 16-nov-11 | 0,007 | 0,003 | 0,033 | 0,085 | 0,00002 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 4,12 | <0,00007 | 1,640 | 0,001 | 0,008 | <0,0005 | <0,0005 | <0,0002 | 0,0007 | <0,025 | -1,05 | 0,11 | -1,22 | -0,28 | -0,81 | -1,68 | -0,04 | -5,59 | -1,06 |
| 16-ene-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,26 | 0,23 | -1,35 | -0,03 | -1,02 | -1,68 | 0,08 | -5,71 | -0,83 |
| 29-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,29 | 0,19 | -1,36 | -0,12 | -1,05 | -1,68 | 0,04 | -5,76 | -0,98 |
| 17-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,91 | 0,15 | -1,39 | -0,21 | -0,67 | -1,67 | 0,00 | -5,54 | -0,76 |
| 11-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,92 | 0,07 | -1,37 | -0,39 | -0,68 | -1,66 | -0,07 | -5,47 | -0,81 |
| 17-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,99 | 0,36 | -1,57 | 0,23 | -0,75 | -1,65 | 0,22 | -5,56 | -0,77 |
| 28-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,23 | 0,01 | -1,06 | -0,47 | -0,99 | -1,69 | -0,14 | -5,73 | -1,18 |

# GS-21 POZO E- 1, SAN JUAN DE LA CRUZ (IGME CAPTACIÓN P-3)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540239 | POZO E- 1, SAN JUAN DE LA CRUZ (IGME CAPTACIÓN P-3 | 675689 | 4612207 | 30-mar-11 | 15,18 | 7,10 | 16,1 | 115 | 1326 | 6,60 | 74,8 | 177 | 27,40 | 112 | 4,7 | 159 | 298 | 15,10 | 266 | 210 | 256,20 | 324,52 |
| 271540239 | POZO E- 1, SAN JUAN DE LA CRUZ (IGME CAPTACIÓN P-3 | 675689 | 4612207 | 25-nov-11 | 15,73 | 6,97 | 16,4 | -19 | 1383 | 5,55 | 63,6 | 186 | 29,10 | 118 | 4,9 | 173 | 323 | 13,80 | 265 | 262 | 319,64 | 323,30 |
| 271540239 | POZO E- 1, SAN JUAN DE LA CRUZ (IGME CAPTACIÓN P-3 | 675689 | 4612207 | 28-mar-12 | 16,36 | 6,87 | 16,4 | 4 | 1352 | 5,50 | 55,3 | 185 | 29,60 | 131 | 5,1 | 194 | 328 | 14,90 | | 244 | 297,68 | |
| 271540239 | POZO E- 1, SAN JUAN DE LA CRUZ (IGME CAPTACIÓN P-3 | 675689 | 4612207 | 08-jul-12 | 17,28 | 6,88 | 17,1 | 119 | 1477 | 7,14 | 79,0 | 185 | 26,70 | 125 | 4,8 | 191 | 321 | 18,20 | 268 | 260 | 317,20 | 326,96 |
| 271540239 | POZO E- 1, SAN JUAN DE LA CRUZ (IGME CAPTACIÓN P-3 | 675689 | 4612207 | 23-nov-12 | 16,67 | 6,90 | 16,6 | -7 | 1428 | 6,10 | 63,0 | 188 | 29,50 | 127 | 4,9 | 190 | 329 | 19,00 | 256 | 254 | 309,88 | 312,32 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30-mar-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,235 | -1,18 | 0,01 | -1,78 | -0,56 | -0,94 | -1,75 | -0,14 | -6,35 | -0,86 |
| 25-nov-11 | 0,0064 | 0,0226 | 0,0730 | 0,0000 | 0,0008 | 0,0034 | 0,0043 | 2,8200 | <0,00007 | 0,0113 | 0,0035 | 0,0094 | 0,0014 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0038 | 0,0840 | 0,2450 | -1,14 | -0,01 | -1,56 | -0,59 | -0,90 | -1,74 | -0,16 | -6,29 | -0,93 |
| 28-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2550 | -1,14 | -0,14 | -1,49 | -0,85 | -0,90 | -1,74 | -0,29 | -6,20 | -0,94 |
| 08-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2400 | -1,15 | -0,10 | -1,47 | -0,79 | -0,90 | -1,72 | -0,24 | -6,23 | -0,82 |
| 23-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2450 | -1,14 | -0,09 | -1,50 | -0,75 | -0,89 | -1,73 | -0,24 | -6,22 | -0,89 |

# GS-22 POZO R-3, SAN JUAN DE LA CRUZ (IGME VERTIDO P-6)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540244 | POZO R-3, SAN JUAN DE LA CRUZ (IGME VERTIDO P-6) | 675723 | 4612259 | 25-nov-11 | 15,73 | 6,96 | 16,8 | 75 | 1393 | 5,99 | 67,1 | 187 | 29,20 | 120 | 4,9 | 174 | 323 | 14,20 | 267 | 246 | 300,12 | 325,74 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25-nov-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,14 | -0,04 | -1,57 | -0,64 | -0,90 | -1,73 | -0,19 |

# GS-23 CDM SIGLO XXI, Pozo Este, EXTR 1 (IGME P-2 Saputo)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480133 | CDM SIGLO XXI, Pozo Este, EXTR 1 (IGME P-2 Saputo) | 675188 | 4616046 | 01-abr-11 | 6,14 | 7,10 | 21,6 | 78 | 2360 | 5,30 | 64,0 | 259 | 31,10 | 297 | 3,8 | 379 | 632 | 13,70 | 255 | 194 | 236,68 | 311,10 |
| 271480133 | CDM SIGLO XXI, Pozo Este, EXTR 1 (IGME P-2 Saputo) | 675188 | 4616046 | 04-jul-11 | 7,38 | 7,30 | 15,4 | 75 | 2390 | 4,60 | 51,0 | 315 | 34,60 | 255 | 3,6 | 358 | 718 | 14,10 | 259 | 217 | 264,74 | 315,98 |
| 271480133 | CDM SIGLO XXI, Pozo Este, EXTR 1 (IGME P-2 Saputo) | 675188 | 4616046 | 14-nov-11 | | 7,10 | 16,7 | -5 | 3040 | 5,19 | 60,0 | 299 | 33,20 | 423 | 4,4 | 571 | 725 | 15,90 | 256 | 324 | 395,28 | 312,32 |
| 271480133 | CDM SIGLO XXI, Pozo Este, EXTR 1 (IGME P-2 Saputo) | 675188 | 4616046 | 30-mar-12 | | 6,93 | 16,5 | 117 | 2120 | 5,77 | 62,6 | 233 | 28,50 | 303 | 3,8 | 376 | 552 | 12,60 | 238 | 210 | 256,20 | 290,36 |
| 271480133 | CDM SIGLO XXI, Pozo Este, EXTR 1 (IGME P-2 Saputo) | 675188 | 4616046 | 03-jul-12 | | 6,90 | 16,6 | 90 | 2690 | 6,70 | 75,0 | 264 | 30,50 | 337 | 4,0 | 492 | 701 | 10,90 | 230 | 276 | 336,72 | 280,60 |
| 271480133 | CDM SIGLO XXI, Pozo Este, EXTR 1 (IGME P-2 Saputo) | 675188 | 4616046 | 20-nov-12 | | 7,30 | 17,1 | 95 | 2770 | 8,10 | 86,0 | 276 | 30,30 | 364 | 3,9 | 503 | 678 | 15,90 | 273 | 242 | 295,24 | 333,06 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01-abr-11 | 0,013 | 0,001 | 0,0231 | 0,048 | 0,00003 | 0,0006 | 0,002 | 0,0036 | 0,116 | 0,00007 | 0,0036 | 0,003 | 0,005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,00078 | 0,0007 | 0,025 | -0,84 | 0,12 | -1,80 | -0,38 | -0,61 | -1,60 | -0,03 | -5,59 | -0,91 |
| 04-jul-11 | 0,005 | 0,001 | 0,032 | 0,046 | 0,00004 | 0,0011 | 0,0020 | 0,0046 | 0,06 | 0,0001 | 0,0007 | 0,002 | 0,009 | 0,002 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0008 | 0,026 | -0,73 | 0,35 | -2,00 | -0,04 | -0,48 | -1,77 | 0,20 | -5,67 | -1,02 |
| 14-nov-11 | 0,045 | 0,003 | 0,023 | 0,082 | 0,00005 | 0,0020 | <0,0020 | 0,0047 | 0,31 | <0,00007 | 0,0022 | 0,003 | 0,013 | 0,008 | <0,0005 | 0,0007 | 0,0035 | 0,125 | -0,77 | 0,30 | -1,62 | -0,12 | -0,53 | -1,73 | 0,15 | -5,26 | -0,96 |
| 30-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,92 | -0,12 | -1,63 | -0,91 | -0,67 | -1,74 | -0,27 | -5,57 | -0,91 |
| 03-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,81 | -0,01 | -1,48 | -0,72 | -0,56 | -1,73 | -0,16 | -5,42 | -0,85 |
| 20-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,81 | 0,36 | -1,94 | 0,00 | -0,56 | -1,72 | 0,21 | -5,38 | -0,76 |

# GS-24 CDM SIGLO XXI, Zona Oficinas, INYECCIÓN

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480144 | CDM SIGLO XXI, Zona Oficinas, INYECCIÓN | 675151 | 4615951 | 01-abr-11 | 6,14 | 7,20 | 19,6 | 89 | 1966 | 6,40 | 76,0 | 239 | 29,90 | 235 | 4,1 | 310 | 533 | 20,90 | 255 | 200 | 244,00 | 311,10 |
| 271480144 | CDM SIGLO XXI, Zona Oficinas, INYECCIÓN | 675151 | 4615951 | 04-jul-11 | | 7,10 | 32,2 | 72 | 2340 | 3,70 | 51,0 | 302 | 34,10 | 254 | 3,6 | 352 | 689 | 14,20 | 246 | 221 | 269,62 | 300,12 |
| 271480144 | CDM SIGLO XXI, Zona Oficinas, INYECCIÓN | 675151 | 4615951 | 14-nov-11 | 6,80 | 6,89 | 17,8 | 24 | 3140 | 4,50 | 52,2 | 323 | 33,20 | 423 | 6,4 | 571 | 761 | 14,60 | 288 | 272 | 331,84 | 351,36 |
| 271480144 | CDM SIGLO XXI, Zona Oficinas, INYECCIÓN | 675151 | 4615951 | 30-mar-12 | 7,06 | 7,10 | 15,8 | 108 | 2100 | 8,51 | 88,6 | 230 | 28,30 | 291 | 3,8 | 373 | 560 | 12,60 | 236 | 210 | 256,20 | 287,92 |
| 271480144 | CDM SIGLO XXI, Zona Oficinas, INYECCIÓN | 675151 | 4615951 | 03-jul-12 | 7,10 | 7,20 | 18,8 | 82 | 1997 | 7,70 | 85,0 | 216 | 26,70 | 212 | 3,9 | 311 | 496 | 11,30 | 240 | 246 | 300,12 | 292,80 |
| 271480144 | CDM SIGLO XXI, Zona Oficinas, INYECCIÓN | 675151 | 4615951 | 20-nov-12 | 6,85 | 7,30 | 13,9 | 112 | 2540 | 9,50 | 97,0 | 271 | 35,90 | 315 | 4,2 | 447 | 638 | 16,50 | 274 | 232 | 283,04 | 334,28 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01-abr-11 | 0,007 | 0,001 | 0,0239 | 0,050 | 0,00003 | 0,0005 | 0,002 | 0,0036 | 1,9 | 0,00007 | 0,0078 | 0,003 | 0,0051 | 0,0009 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0007 | 0,025 | -0,91 | 0,19 | -1,90 | -0,24 | -0,67 | -1,65 | 0,04 | -5,77 | -0,84 |
| 04-jul-11 | 0,010 | 0,001 | 0,028 | 0,050 | 0,00002 | 0,0014 | 0,002 | 0,002 | 2,54 | 0,0001 | 0,007 | 0,002 | 0,007 | 0,001 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0005 | 0,025 | -0,73 | 0,37 | -1,69 | 0,19 | -0,54 | -1,33 | 0,23 | -5,72 | -0,99 |
| 14-nov-11 | 0,008 | 0,003 | 0,029 | 0,092 | 0,00004 | 0,0023 | 0,002 | 0,002 | 0,31 | 0,0001 | 0,008 | 0,003 | 0,012 | 0,001 | <0,0005 | 0,0006 | 0,0047 | <0,025 | -0,73 | 0,06 | -1,48 | -0,62 | -0,49 | -1,70 | -0,09 | -5,27 | -1,01 |
| 30-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,91 | 0,04 | -1,80 | -0,61 | -0,67 | -1,76 | -0,11 | -5,59 | -0,75 |
| 03-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,96 | 0,24 | -1,81 | -0,17 | -0,72 | -1,67 | 0,09 | -5,80 | -0,77 |
| 20-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,83 | 0,30 | -1,97 | -0,08 | -0,57 | -1,81 | 0,15 | -5,48 | -0,72 |

# GS-25 SEMINARIO, E-2 (IGME POZO 2)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540235 | SEMINARIO, E-2 (IGME POZO 2) | 674181 | 4611566 | 29-mar-11 | 27,61 | 7,30 | 16,8 | 28 | 1327 | 7,10 | 78,0 | 177 | 27,50 | 109 | 4,7 | 158 | 298 | 23,70 | 253 | 198 | 241,56 | 308,66 |
| 271540235 | SEMINARIO, E-2 (IGME POZO 2) | 674181 | 4611566 | 14-jul-11 | 27,90 | 7,00 | 17,2 | -30 | 1267 | 4,40 | 52,0 | 173 | 27,30 | 110 | 4,7 | 152 | 296 | 23,10 | 252 | 237 | 289,14 | 307,44 |
| 271540235 | SEMINARIO, E-2 (IGME POZO 2) | 674181 | 4611566 | 21-nov-11 | 28,00 | 7,26 | 16,9 | 30 | 1297 | | | 175 | 27,10 | 108 | 4,8 | 150 | 295 | 23,30 | 257 | 235 | 286,70 | 313,54 |
| 271540235 | SEMINARIO, E-2 (IGME POZO 2) | 674181 | 4611566 | 27-mar-12 | 27,72 | 7,06 | 16,8 | 51 | 1303 | 6,94 | 74,4 | 184 | 28,80 | 115 | 5 | 172 | 323 | 24,30 | 251 | 235 | 286,70 | 306,22 |
| 271540235 | SEMINARIO, E-2 (IGME POZO 2) | 674181 | 4611566 | 10-jul-12 | 27,84 | 6,96 | 17,1 | 201 | 1276 | 7,47 | 79,9 | 173 | 25,40 | 111 | 4,7 | 156 | 306 | 22,70 | 248 | 224 | 273,28 | 302,56 |
| 271540235 | SEMINARIO, E-2 (IGME POZO 2) | 674181 | 4611566 | 26-nov-12 | 26,90 | 6,90 | 16,9 | 50 | 1277 | 8,10 | 83,0 | 173 | 26,80 | 107 | 4,8 | 158 | 306 | 22,50 | 246 | 232 | 283,04 | 300,12 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29-mar-11 | 0,005 | 0,001 | 0,0211 | 0,057 | 0,00002 | 0,0005 | 0,002 | 0,0047 | 0,26 | 0,00007 | 0,0021 | 0,002 | 0,0047 | 0,0009 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0006 | 0,025 | -1,18 | 0,19 | -2,01 | -0,18 | -0,94 | -1,73 | 0,04 | -6,36 | -0,82 |
| 14-jul-11 | 0,005 | 0,002 | 0,020 | 0,035 | 0,00002 | 0,0006 | 0,002 | 0,003 | 2,55 | 0,0001 | 0,010 | 0,002 | 0,007 | 0,001 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0018 | 0,143 | -1,19 | -0,03 | -1,63 | -0,62 | -0,95 | -1,72 | -0,18 | -6,38 | -1,03 |
| 21-nov-11 | 0,006 | 0,001 | 0,020 | 0,085 | 0,00003 | 0,0012 | <0,0020 | 0,021 | 0,50 | <0,00007 | 0,001 | 0,002 | 0,020 | 0,010 | <0,0005 | 0,0007 | 0,0019 | 0,093 | -1,19 | 0,23 | -1,89 | -0,12 | -0,95 | -1,73 | 0,08 | -6,39 | -0,90 |
| 27-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,15 | 0,04 | -1,69 | -0,49 | -0,90 | -1,73 | -0,11 | -6,31 | -0,83 |
| 10-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | -0,10 | -1,61 | -0,78 | -0,93 | -1,72 | -0,25 | -6,36 | -0,80 |
| 26-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | -0,15 | -1,54 | -0,86 | -0,94 | -1,73 | -0,30 | -6,37 | -0,77 |

# GS-26 SEMINARIO, R-1 (IGME POZO-3 VERTIDO)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540236 | SEMINARIO, R-1 (IGME POZO-3 VERTIDO) | 674260 | 4611682 | 29-mar-11 | | 7,30 | 14,0 | 93 | 1334 | 7,80 | 83,0 | 178 | 27,50 | 109 | 4,7 | 158 | 301 | 24,20 | 264 | 200 | 244,00 | 322,08 |
| 271540236 | SEMINARIO, R-1 (IGME POZO-3 VERTIDO) | 674260 | 4611682 | 14-jul-11 | | 7,00 | 22,0 | -30 | 1267 | 4,40 | 55,0 | 174 | 27,10 | 106 | 4,8 | 151 | 298 | 23,20 | 253 | 241 | 294,02 | 308,66 |
| 271540236 | SEMINARIO, R-1 (IGME POZO-3 VERTIDO) | 674260 | 4611682 | 21-nov-11 | | 7,29 | 24,4 | 30 | 1304 | | | 176 | 27,10 | 106 | 4,8 | 151 | 298 | 23,70 | 266 | 240 | 292,80 | 324,52 |
| 271540236 | SEMINARIO, R-1 (IGME POZO-3 VERTIDO) | 674260 | 4611682 | 27-mar-12 | | 7,03 | 23,7 | 114 | 1303 | 7,15 | 82,9 | 183 | 28,70 | 116 | 5,5 | 172 | 321 | 24,60 | 256 | 235 | 286,70 | 312,32 |
| 271540236 | SEMINARIO, R-1 (IGME POZO-3 VERTIDO) | 674260 | 4611682 | 10-jul-12 | | 6,96 | 27,8 | 81 | 1351 | 6,87 | 86,4 | 174 | 25,40 | 104 | 4,8 | 156 | 308 | 23,30 | 236 | 229 | 279,38 | 287,92 |
| 271540236 | SEMINARIO, R-1 (IGME POZO-3 VERTIDO) | 674260 | 4611682 | 26-nov-12 | | 7,00 | 9,8 | 54 | 1280 | 8,30 | 77,0 | 174 | 26,60 | 110 | 4,8 | 157 | 305 | 22,30 | 246 | 226 | 275,72 | 300,12 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29-mar-11 | 0,005 | 0,001 | 0,020 | 0,057 | 0,00005 | 0,0005 | 0,002 | 0,006 | 0,12 | 0,00007 | 0,0009 | 0,002 | 0,018 | 0,0034 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0006 | 0,118 | -1,18 | 0,16 | -2,02 | -0,30 | -0,93 | -1,81 | 0,01 | -6,36 | -0,81 |
| 14-jul-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,19 | 0,05 | -1,59 | -0,41 | -0,96 | -1,59 | -0,10 | -6,41 | -0,99 |
| 21-nov-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,37 | -1,87 | 0,26 | -0,96 | -1,53 | 0,22 | -6,41 | -0,71 |
| 27-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,15 | 0,10 | -1,62 | -0,28 | -0,92 | -1,54 | -0,04 | -6,32 | -0,77 |
| 10-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | 0,06 | -1,54 | -0,34 | -0,95 | -1,44 | -0,08 | -6,42 | -0,75 |
| 26-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | -0,16 | -1,68 | -1,01 | -0,91 | -1,92 | -0,31 | -6,34 | -0,82 |

# GS-27 HOSPITAL CLÍNICO (POZO 5)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540385 | HOSPITAL CLÍNICO (POZO 5) | 674761 | 4612572 | 30-mar-11 | | 7,20 | 16,8 | 53 | 1454 | 8,50 | 95,0 | 174 | 32,40 | 136 | 3,8 | 197 | 344 | 30,40 | 210 | 166 | 202,52 | 256,20 |
| 271540385 | HOSPITAL CLÍNICO (POZO 5) | 674761 | 4612572 | 13-jul-11 | 33,53 | 7,10 | 19,2 | -8 | 1370 | 4,50 | 60,0 | 162 | 30,00 | 138 | 3,7 | 196 | 318 | 28,00 | 220 | 197 | 240,34 | 268,40 |
| 271540385 | HOSPITAL CLÍNICO (POZO 5) | 674761 | 4612572 | 23-nov-11 | 26,47 | 6,93 | 18,6 | -98 | 1421 | | | 172 | 32,30 | 133 | 3,7 | 192 | 337 | 27,60 | 227 | 223 | 272,06 | 276,94 |
| 271540385 | HOSPITAL CLÍNICO (POZO 5) | 674761 | 4612572 | 19-mar-12 | 26,02 | 7,33 | 15,2 | -40 | 1272 | 7,77 | 74,6 | 178 | 33,50 | 137 | 4 | 207 | 364 | 30,10 | 206 | 197 | 240,34 | 251,32 |
| 271540385 | HOSPITAL CLÍNICO (POZO 5) | 674761 | 4612572 | 15-jul-12 | 27,43 | 7,34 | 20,0 | 48 | 1273 | 9,23 | 106,9 | 150 | 26,10 | 130 | 3,7 | 181 | 299 | 24,40 | 210 | 186 | 226,92 | 256,20 |
| 271540385 | HOSPITAL CLÍNICO (POZO 5) | 674761 | 4612572 | 19-nov-12 | 26,57 | 7,20 | 18,7 | 148 | 1238 | 8,20 | 88,0 | 167 | 31,80 | 128 | 3,7 | 189 | 330 | 27,50 | 228 | 210 | 256,20 | 278,16 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30-mar-11 | 0,007 | 0,001 | 0,027 | 0,087 | 0,00002 | 0,0005 | 0,003 | 0,0041 | 0,38 | 0,00007 | 0,0032 | 0,003 | 0,010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0006 | 0,027 | -1,15 | 0,07 | -1,91 | -0,35 | -0,91 | -1,73 | -0,08 | -6,18 | -0,74 |
| 13-jul-11 | 0,005 | 0,001 | 0,023 | 0,040 | 0,00004 | 0,0006 | 0,002 | 0,005 | 0,49 | 0,0001 | 0,003 | 0,004 | 0,010 | 0,001 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0008 | 0,034 | -1,20 | -0,02 | -1,80 | -0,50 | -0,96 | -1,66 | -0,17 | -6,18 | -1,00 |
| 23-nov-11 | <0,005 | 0,001 | 0,021 | 0,056 | 0,00004 | 0,0008 | 0,002 | 0,007 | 6,91 | <0,00007 | 0,057 | 0,004 | 0,009 | 0,001 | <0,0005 | 0,0010 | 0,0007 | 0,064 | -1,16 | -0,12 | -1,58 | -0,71 | -0,92 | -1,68 | -0,27 | -6,20 | -0,73 |
| 19-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,12 | 0,18 | -2,05 | -0,15 | -0,87 | -1,77 | 0,03 | -6,15 | -0,80 |
| 15-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,24 | 0,18 | -2,05 | -0,11 | -1,00 | -1,64 | 0,04 | -6,23 | -0,68 |
| 19-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,11 | -1,87 | -0,23 | -0,93 | -1,68 | -0,04 | -6,22 | -0,74 |

# GS-28 HOSPITAL CLÍNICO (Pozo 4)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540229 | HOSPITAL CLÍNICO (Pozo 4) | 674775 | 4612447 | 23-mar-11 | 23,21 | 7,30 | 25,6 | 115 | 1515 | 8,30 | 100,0 | 180 | 34,00 | 168 | 3,7 | 198 | 349 | 31,30 | 233 | 169 | 206,18 | 284,26 |
| 271540229 | HOSPITAL CLÍNICO (Pozo 4) | 674775 | 4612447 | 13-jul-11 | 24,76 | 7,30 | 27,0 | 45 | 1398 | 4,30 | 60,0 | 163 | 30,50 | 143 | 3,8 | 202 | 325 | 29,10 | 215 | 196 | 239,12 | 262,30 |
| 271540229 | HOSPITAL CLÍNICO (Pozo 4) | 674775 | 4612447 | 23-nov-11 | 24,71 | 7,48 | 24,2 | -6 | 1401 | | | 169 | 32,50 | 134 | 3,8 | 188 | 334 | 28,10 | 234 | 228 | 278,16 | 285,48 |
| 271540229 | HOSPITAL CLÍNICO (Pozo 4) | 674775 | 4612447 | 19-mar-12 | 24,54 | 7,44 | 19,7 | 139 | 1278 | 8,65 | 95,3 | 176 | 33,40 | 139 | 4 | 198 | 356 | 30,80 | 221 | 205 | 250,10 | 269,62 |
| 271540229 | HOSPITAL CLÍNICO (Pozo 4) | 674775 | 4612447 | 15-jul-12 | 24,17 | 7,33 | 27,3 | 111 | 1393 | 7,62 | 92,0 | 168 | 30,20 | 137 | 3,9 | 195 | 335 | 27,80 | 224 | 214 | 261,08 | 273,28 |
| 271540229 | HOSPITAL CLÍNICO (Pozo 4) | 674775 | 4612447 | 19-nov-12 | 24,55 | 7,10 | 22,6 | 172 | 1221 | 8,40 | 90,0 | 167 | 31,90 | 128 | 3,9 | 189 | 330 | 27,70 | 215 | 220 | 268,40 | 262,30 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23-mar-11 | 0,005 | 0,001 | 0,021 | 0,069 | 0,00002 | 0,0005 | 0,002 | 0,0042 | 0,60 | 0,00007 | 0,0026 | 0,003 | 0,005 | 0,0023 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0008 | 0,081 | -1,14 | 0,30 | -1,96 | 0,23 | -0,92 | -1,49 | 0,16 | -6,11 | -0,69 |
| 13-jul-11 | 0,005 | 0,001 | 0,025 | 0,041 | 0,00003 | 0,0006 | 0,002 | 0,003 | 0,63 | 0,0001 | 0,002 | 0,004 | 0,005 | 0,001 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0011 | 0,026 | -1,18 | 0,28 | -1,95 | 0,20 | -0,97 | -1,46 | 0,14 | -6,17 | -0,96 |
| 23-nov-11 | <0,005 | 0,001 | 0,021 | 0,058 | 0,00012 | 0,0008 | 0,003 | 0,014 | 0,28 | <0,00007 | 0,003 | 0,003 | 0,007 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0010 | 0,0008 | <0,025 | -1,17 | 0,50 | -2,09 | 0,62 | -0,94 | -1,53 | 0,36 | -6,22 | -0,69 |
| 19-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,13 | 0,37 | -2,12 | 0,29 | -0,90 | -1,65 | 0,22 | -6,17 | -0,71 |
| 15-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | 0,36 | -1,94 | 0,35 | -0,95 | -1,45 | 0,22 | -6,20 | -0,71 |
| 19-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,09 | -1,73 | -0,23 | -0,94 | -1,57 | -0,06 | -6,23 | -0,70 |

# GS-29 ARAGONIA (POZO 5)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540386 | ARAGONIA (POZO 5) | 674173 | 4612231 | 23-mar-11 | 9,21 | 7,60 | 14,3 | 133 | 1387 | 8,80 | 94,0 | 159 | 30,70 | 134 | 3,6 | 187 | 308 | 25,70 | 221 | 166 | 202,52 | 269,62 |
| 271540386 | ARAGONIA (POZO 5) | 674173 | 4612231 | 13-jul-11 | 9,95 | 7,30 | 15,9 | 56 | 1300 | 4,80 | 56,0 | 157 | 30,40 | 127 | 3,8 | 184 | 308 | 25,10 | 219 | | | 267,18 |
| 271540386 | ARAGONIA (POZO 5) | 674173 | 4612231 | 19-mar-12 | 9,50 | 7,46 | 14,8 | 57 | 1196 | 8,56 | 86,3 | 161 | 31,90 | 137 | 3,8 | 197 | 321 | 26,50 | 218 | 201 | 245,22 | 265,96 |
| 271540386 | ARAGONIA (POZO 5) | 674173 | 4612231 | 15-jul-12 | 11,88 | 7,26 | 18,6 | 110 | 1353 | 8,22 | 94,4 | 162 | 30,60 | 131 | 4 | 189 | 335 | 28,00 | 198 | 201 | 245,22 | 241,56 |
| 271540386 | ARAGONIA (POZO 5) | 674173 | 4612231 | 19-nov-12 | 9,74 | 7,30 | 15,6 | 128 | 1161 | 8,50 | 89,0 | 156 | 28,50 | 115 | 3,6 | 171 | 288 | 24,40 | 220 | 214 | 261,08 | 268,40 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23-mar-11 | 0,005 | 0,0007 | 0,021 | 0,072 | 0,0002 | 0,0005 | 0,002 | 0,002 | 0,049 | 0,00007 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0004 | 0,045 | -1,21 | 0,33 | -2,40 | 0,14 | -0,96 | -1,80 | 0,18 | -6,20 | -0,75 |
| 13-jul-11 | 0,005 | 0,0007 | 0,024 | 0,046 | 0,0001 | 0,0005 | 0,002 | 0,002 | 0,040 | 0,00007 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0010 | 0,0006 | 0,119 | -1,22 | 0,17 | -1,97 | -0,15 | -0,97 | -1,75 | 0,02 | -6,23 | -1,00 |
| 19-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,20 | 0,28 | -2,17 | 0,07 | -0,95 | -1,78 | 0,13 | -6,17 | -0,76 |
| 15-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,14 | -1,95 | -0,18 | -0,94 | -1,68 | -0,01 | -6,21 | -0,74 |
| 19-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,24 | 0,16 | -1,98 | -0,20 | -0,99 | -1,76 | 0,01 | -6,30 | -0,76 |

# GS-30 ARAGONIA (POZO 6 VERTIDO)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540387 | ARAGONIA (POZO 6 VERTIDO) | 674222 | 4612252 | 23-mar-11 | 9,15 | 7,60 | 11,2 | 132 | 1597 | 9,90 | 101,0 | 179 | 35,70 | 136 | 3,6 | 195 | 359 | 30,20 | 234 | 198 | 241,56 | 285,48 |
| 271540387 | ARAGONIA (POZO 6 VERTIDO) | 674222 | 4612252 | 13-jul-11 | 9,69 | 7,40 | 36,2 | 60 | 1534 | 4,70 | 67,0 | 184 | 37,80 | 136 | 3,8 | 198 | 384 | 32,70 | 228 | 217 | 264,74 | 278,16 |
| 271540387 | ARAGONIA (POZO 6 VERTIDO) | 674222 | 4612252 | 19-mar-12 | 8,88 | 7,52 | 10,5 | 54 | 1286 | 10,64 | 98,6 | 171 | 34,30 | 137 | 3,8 | 199 | 364 | 28,60 | 194 | 204 | 248,88 | 236,68 |
| 271540387 | ARAGONIA (POZO 6 VERTIDO) | 674222 | 4612252 | 15-jul-12 | 9,25 | 7,36 | 30,7 | 106 | 1467 | 7,55 | 98,6 | 169 | 32,20 | 132 | 3,9 | 191 | 352 | 29,50 | 221 | 197 | 240,34 | 269,62 |
| 271540387 | ARAGONIA (POZO 6 VERTIDO) | 674222 | 4612252 | 19-nov-12 | 9,65 | 7,40 | 13,6 | 131 | 1316 | 9,80 | 102,0 | 194 | 39,20 | 132 | 3,4 | 194 | 396 | 34,10 | 238 | 225 | 274,50 | 290,36 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23-mar-11 | 0,005 | 0,0008 | 0,021 | 0,082 | 0,00002 | 0,0005 | 0,002 | 0,0033 | 0,377 | 0,00007 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,0017 | 0,0005 | 0,0010 | 0,0006 | 0,057 | -1,12 | 0,39 | -2,34 | 0,23 | -0,87 | -1,88 | 0,24 | -6,17 | -0,73 |
| 13-jul-11 | 0,005 | 0,0009 | 0,027 | 0,083 | 0,00003 | 0,0006 | 0,002 | 0,003 | 0,085 | 0,00007 | 0,001 | 0,003 | 0,005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0010 | 0,0009 | 0,040 | -1,05 | 0,58 | -1,95 | 0,90 | -0,89 | -1,23 | 0,44 | -6,22 | -0,87 |
| 19-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,12 | 0,30 | -2,25 | 0,04 | -0,87 | -1,90 | 0,14 | -6,15 | -0,70 |
| 15-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,12 | 0,40 | -1,99 | 0,48 | -0,93 | -1,37 | 0,26 | -6,24 | -0,69 |
| 19-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,06 | 0,31 | -2,07 | 0,12 | -0,81 | -1,82 | 0,16 | -6,19 | -0,71 |

# GS-31 EDIFICIO PARANINFO (CAPTACIÓN)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540388 | EDIFICIO PARANINFO (CAPTACIÓN) | 675999 | 4613008 | 24-mar-11 | 18,12 | 7,40 | 19,8 | -148 | 1280 | 5,60 | 64,0 | 142 | 26,80 | 126 | 5,3 | 188 | 287 | 1,00 | 192 | 150 | 183,00 | 234,24 |
| 271540388 | EDIFICIO PARANINFO (CAPTACIÓN) | 675999 | 4613008 | 05-jul-11 | 19,17 | 7,30 | 20,2 | 65 | 1321 | 5,30 | 67,0 | 165 | 27,20 | 129 | 5,2 | 190 | 294 | 32,30 | 233 | 205 | 250,10 | 284,26 |
| 271540388 | EDIFICIO PARANINFO (CAPTACIÓN) | 675999 | 4613008 | 15-nov-11 | | 7,50 | 22,0 | -66 | 1312 | | | 161 | 26,60 | 124 | 5,4 | 174 | 291 | 29,40 | 226 | 204 | 248,88 | 275,72 |
| 271540388 | EDIFICIO PARANINFO (CAPTACIÓN) | 675999 | 4613008 | 22-mar-12 | | 7,28 | 17,9 | -50 | 1290 | 7,22 | 76,6 | 167 | 27,40 | 130 | 5,4 | 186 | 310 | 28,70 | 230 | 214 | 261,08 | 280,60 |
| 271540388 | EDIFICIO PARANINFO (CAPTACIÓN) | 675999 | 4613008 | 12-jul-12 | | 7,46 | 24,5 | 19 | 1283 | 7,91 | 95,1 | 162 | 25,30 | 128 | 5,1 | 183 | 300 | 30,00 | 217 | 203 | 247,66 | 264,74 |
| 271540388 | EDIFICIO PARANINFO (CAPTACIÓN) | 675999 | 4613008 | 29-nov-12 | | 7,50 | 19,9 | 3 | 1305 | 8,90 | 89,0 | 162 | 27,00 | 123 | 4,9 | 180 | 299 | 29,20 | 226 | 210 | 256,20 | 275,72 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-mar-11 | 0,006 | 0,0008 | 0,020 | 0,085 | 0,00010 | 0,0006 | 0,002 | 0,030 | | 0,00007 | 0,0849 | 0,004 | | 0,0084 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0003 | 0,688 | -1,27 | 0,13 | -2,21 | -0,18 | -1,03 | -1,65 | -0,02 | -6,23 | -0,90 |
| 05-jul-11 | 0,005 | 0,0009 | 0,023 | 0,053 | 0,00004 | 0,0007 | 0,002 | 0,007 | 0,068 | 0,00007 | 0,0005 | 0,004 | 0,005 | 0,0013 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0008 | 0,051 | -1,22 | 0,23 | -1,97 | -0,04 | -0,98 | -1,64 | 0,08 | -6,22 | -0,92 |
| 15-nov-11 | 0,005 | 0,0011 | 0,023 | 0,082 | 0,00003 | 0,0012 | 0,003 | 0,002 | 0,686 | <0,00007 | 0,0084 | 0,004 | 0,010 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0006 | 0,0016 | 0,174 | -1,22 | 0,44 | -2,17 | 0,40 | -0,99 | -1,59 | 0,29 | -6,28 | -0,65 |
| 22-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,19 | 0,19 | -1,95 | -0,14 | -0,95 | -1,70 | 0,04 | -6,22 | -0,81 |
| 12-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,43 | -2,11 | 0,39 | -0,98 | -1,52 | 0,29 | -6,25 | -0,72 |
| 29-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,42 | -2,17 | 0,35 | -0,98 | -1,64 | 0,28 | -6,26 | -0,70 |

# GS-32 EDIFICIO PARANINFO (VERTIDO)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540389 | EDIFICIO PARANINFO (VERTIDO) | 676031 | 4612936 | 24-mar-11 | | 7,20 | 25,0 | 51 | 1362 | 6,60 | 83,0 | 166 | 26,90 | 125 | 5,3 | 186 | 289 | 33,00 | 218 | 155 | 189,10 | 265,96 |
| 271540389 | EDIFICIO PARANINFO (VERTIDO) | 676031 | 4612936 | 05-jul-11 | | 7,10 | 31,4 | 48 | 1372 | 5,00 | 70,0 | 163 | 26,80 | 129 | 5,1 | 186 | 290 | 31,60 | 229 | 203 | 247,66 | 279,38 |
| 271540389 | EDIFICIO PARANINFO (VERTIDO) | 676031 | 4612936 | 15-nov-11 | | 7,14 | 31,6 | 9 | 1351 | | | 161 | 26,20 | 125 | 5,3 | 173 | 290 | 29,90 | 235 | 210 | 256,20 | 286,70 |
| 271540389 | EDIFICIO PARANINFO (VERTIDO) | 676031 | 4612936 | 22-mar-12 | | 7,20 | 17,5 | -14 | 1294 | 4,57 | 48,8 | 166 | 27,20 | 129 | 5,4 | 184 | 306 | 29,90 | 228 | 209 | 254,98 | 278,16 |
| 271540389 | EDIFICIO PARANINFO (VERTIDO) | 676031 | 4612936 | 12-jul-12 | | 7,21 | 24,8 | 10 | 1302 | 8,09 | 95,1 | 161 | 25,20 | 127 | 5,1 | 183 | 301 | 30,20 | 222 | 210 | 256,20 | 270,84 |
| 271540389 | EDIFICIO PARANINFO (VERTIDO) | 676031 | 4612936 | 29-nov-12 | | | 16,4 | -54 | 1293 | 8,40 | 81,0 | 155 | 26,80 | 123 | 4,8 | 183 | 300 | 9,60 | 219 | 201 | 245,22 | 267,18 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-mar-11 | 0,005 | 0,0008 | 0,0212 | 0,078 | 0,00003 | 0,0005 | 0,002 | 0,006 | 0,057 | 0,0 | 0,0007 | 0,0037 | 0,0 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0 | 0,0007 | 0,147 | -1,21 | 0,08 | -1,97 | -0,30 | -0,99 | -1,51 | -0,07 | -6,25 | -0,86 |
| 05-jul-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,20 | 0,17 | -1,71 | -0,04 | -1,01 | -1,35 | 0,03 | -6,25 | -0,87 |
| 15-nov-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,20 | 0,22 | -1,73 | 0,06 | -1,01 | -1,34 | 0,08 | -6,30 | -0,61 |
| 22-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,20 | 0,10 | -1,88 | -0,34 | -0,96 | -1,71 | -0,05 | -6,23 | -1,01 |
| 12-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,20 | -1,84 | -0,07 | -0,99 | -1,52 | 0,06 | -6,25 | -0,70 |
| 29-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,22 | -0,16 | -1,70 | -0,85 | -0,98 | -1,74 | -0,31 | -6,24 | -0,75 |

# GS-33 EDIFICIO PARANINFO (PLAZA PARAÍSO)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540390 | EDIFICIO PARANINFO (PLAZA PARAÍSO) | 676091 | 4613032 | 24-mar-11 | | 7,20 | 25,0 | 46 | 2870 | 6,60 | 77,7 | 378 | 56,10 | 611 | 5,7 | 1060 | 882 | 21,90 | 185 | 155 | 189,10 | 225,70 |
| 271540390 | EDIFICIO PARANINFO (PLAZA PARAÍSO) | 676091 | 4613032 | 05-jul-11 | 19,80 | 7,70 | 30,5 | 85 | 1362 | 5,10 | 71,0 | 162 | 27,10 | 129 | 5,4 | 188 | 293 | 32,20 | 223 | 196 | 239,12 | 272,06 |
| 271540390 | EDIFICIO PARANINFO (PLAZA PARAÍSO) | 676091 | 4613032 | 15-nov-11 | 19,23 | 7,48 | 27,9 | 57 | 1323 | | | 161 | 26,20 | 124 | 5,3 | 172 | 290 | 29,90 | 223 | 204 | 248,88 | 272,06 |
| 271540390 | EDIFICIO PARANINFO (PLAZA PARAÍSO) | 676091 | 4613032 | 22-mar-12 | 19,28 | 7,29 | 19,4 | 152 | 1436 | 8,20 | 88,9 | 170 | 28,50 | 143 | 5,2 | 209 | 319 | 30,10 | 224 | 207 | 252,54 | 273,28 |
| 271540390 | EDIFICIO PARANINFO (PLAZA PARAÍSO) | 676091 | 4613032 | 12-jul-12 | 19,80 | 7,42 | 22,7 | 132 | 1545 | 7,95 | 95,9 | 224 | 38,30 | 265 | 5,2 | 447 | 482 | 27,20 | 212 | 205 | 250,10 | 258,64 |
| 271540390 | EDIFICIO PARANINFO (PLAZA PARAÍSO) | 676091 | 4613032 | 29-nov-12 | 19,25 | 7,50 | 17,5 | 47 | 1331 | 9,10 | 90,0 | 162 | 27,10 | 123 | 4,9 | 181 | 299 | 29,40 | 220 | 204 | 248,88 | 268,40 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-mar-11 | 0,005 | 0,009 | 0,019 | 0,048 | 0,00009 | 0,0022 | 0,003 | 0,019 | 3,01 | 0,00007 | 0,908 | 0,0002 | 0,010 | 0,006 | 0,0005 | 0,0003 | 0,004 | 0,146 | -0,67 | 0,25 | -2,01 | 0,01 | -0,45 | -1,51 | 0,11 | -4,87 | -0,79 |
| 05-jul-11 | 0,005 | 0,005 | 0,025 | 0,054 | 0,00007 | 0,0006 | 0,003 | 0,015 | 3,38 | 0,00007 | 0,0020 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,0005 | 0,0006 | 0,002 | 0,111 | -1,20 | 0,73 | -2,34 | 1,08 | -1,01 | -1,37 | 0,59 | -6,25 | -0,87 |
| 15-nov-11 | 0,006 | 0,002 | 0,023 | 0,082 | 0,00003 | 0,0012 | 0,003 | 0,003 | 0,45 | <0,00007 | 0,0008 | 0,004 | 0,010 | 0,001 | <0,0005 | 0,0006 | 0,002 | 0,081 | -1,21 | 0,50 | -2,11 | 0,58 | -1,00 | -1,44 | 0,36 | -6,30 | -0,66 |
| 22-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,21 | -1,96 | -0,08 | -0,94 | -1,66 | 0,06 | -6,13 | -0,74 |
| 12-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,98 | 0,44 | -2,09 | 0,42 | -0,75 | -1,57 | 0,29 | -5,57 | -0,73 |
| 29-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,38 | -2,19 | 0,23 | -0,97 | -1,71 | 0,23 | -6,25 | -0,71 |

# GS-34 Pozo 3: SEDE CENTRAL IBERCAJA (Pl. Paraíso)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540233 | Pozo 3: SEDE CENTRAL IBERCAJA (Pl, Paraíso) | 676198 | 4612999 | 24-mar-11 | | 7,40 | 17,8 | 176 | 1441 | 7,50 | 86,0 | 171 | 28,20 | 129 | 5,4 | 186 | 311 | 27,70 | 237 | 175 | 213,50 | 289,14 |
| 271540233 | Pozo 3: SEDE CENTRAL IBERCAJA (Pl, Paraíso) | 676198 | 4612999 | 05-jul-11 | | 7,30 | 18,0 | 95 | 1317 | 4,60 | 55,0 | 168 | 27,60 | 125 | 5,4 | 176 | 308 | 26,90 | 236 | 216 | 263,52 | 287,92 |
| 271540233 | Pozo 3: SEDE CENTRAL IBERCAJA (Pl, Paraíso) | 676198 | 4612999 | 15-nov-11 | | 7,35 | 18,6 | 155 | 1412 | | | 169 | 27,60 | 121 | 5,7 | 168 | 313 | 24,90 | 236 | 214 | 261,08 | 287,92 |
| 271540233 | Pozo 3: SEDE CENTRAL IBERCAJA (Pl, Paraíso) | 676198 | 4612999 | 22-mar-12 | | 7,31 | 17,9 | 211 | 1295 | 8,72 | 91,5 | 167 | 27,50 | 127 | 5,7 | 180 | 314 | 26,10 | 224 | 208 | 253,76 | 273,28 |
| 271540233 | Pozo 3: SEDE CENTRAL IBERCAJA (Pl, Paraíso) | 676198 | 4612999 | 12-jul-12 | | 7,10 | 19,0 | 138 | 1306 | 8,59 | 93,6 | 165 | 25,20 | 124 | 5,8 | 179 | 312 | 28,40 | 227 | 198 | 241,56 | 276,94 |
| 271540233 | Pozo 3: SEDE CENTRAL IBERCAJA (Pl, Paraíso) | 676198 | 4612999 | 29-nov-12 | | 7,30 | 18,7 | 48 | 1333 | 8,80 | 92,0 | 165 | 27,20 | 121 | 5,7 | 178 | 315 | 27,00 | 217 | 203 | 247,66 | 264,74 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-mar-11 | 0,005 | 0,001 | 0,016 | 0,080 | 0,00002 | 0,0005 | 0,002 | 0,002 | 0,021 | 0,00007 | 0,0113 | 0,003 | 0,005 | 0,001 | 0,0005 | 0,0003 | 0,001 | 0,025 | -1,19 | 0,23 | -2,16 | -0,06 | -0,94 | -1,70 | 0,08 | -6,22 | -0,79 |
| 05-jul-11 | 0,012 | 0,001 | 0,019 | 0,058 | 0,00003 | 0,0006 | 0,002 | 0,002 | 0,016 | 0,00007 | 0,0006 | 0,003 | 0,004 | 0,001 | 0,0005 | 0,0005 | 0,001 | 0,025 | -1,19 | 0,22 | -1,96 | -0,08 | -0,95 | -1,70 | 0,07 | -6,26 | -1,00 |
| 15-nov-11 | 0,030 | 0,001 | 0,019 | 0,082 | 0,00002 | 0,0012 | 0,003 | 0,011 | 0,027 | <0,00007 | 0,0005 | 0,003 | 0,007 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0005 | 0,002 | <0,025 | -1,18 | 0,28 | -2,01 | 0,03 | -0,94 | -1,68 | 0,13 | -6,30 | -0,71 |
| 22-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,19 | 0,21 | -1,99 | -0,11 | -0,94 | -1,70 | 0,06 | -6,24 | -0,72 |
| 12-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,19 | -0,01 | -1,79 | -0,56 | -0,95 | -1,67 | -0,15 | -6,26 | -0,72 |
| 29-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,19 | 0,20 | -1,99 | -0,12 | -0,95 | -1,68 | 0,05 | -6,27 | -0,71 |

# GS-35 IBERCAJA (POZO 4 VERTIDO)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540391 | IBERCAJA (POZO 4 VERTIDO) | 676334 | 4612931 | 24-mar-11 | | 7,40 | 26,1 | 134 | 1479 | 6,90 | 88,0 | 172 | 28,20 | 133 | 5,5 | 191 | 313 | 27,90 | 234 | 175 | 213,50 | 285,48 |
| 271540391 | IBERCAJA (POZO 4 VERTIDO) | 676334 | 4612931 | 05-jul-11 | | 7,30 | 28,6 | 87 | 1375 | 5,10 | 67,8 | 169 | 27,60 | 127 | 5,6 | 180 | 310 | 28,00 | 234 | 207 | 252,54 | 285,48 |
| 271540391 | IBERCAJA (POZO 4 VERTIDO) | 676334 | 4612931 | 15-nov-11 | | 7,30 | 24,5 | 149 | 1350 | | | 170 | 27,60 | 123 | 5,9 | 171 | 318 | 26,00 | 249 | 214 | 261,08 | 303,78 |
| 271540391 | IBERCAJA (POZO 4 VERTIDO) | 676334 | 4612931 | 22-mar-12 | | 7,87 | 28,9 | 168 | 1298 | 7,66 | 89,8 | 166 | 27,30 | 126 | 5,7 | 179 | 314 | 26,20 | 225 | 204 | 248,88 | 274,50 |
| 271540391 | IBERCAJA (POZO 4 VERTIDO) | 676334 | 4612931 | 12-jul-12 | | 7,15 | 23,9 | 135 | 1316 | 8,07 | 91,3 | 166 | 25,40 | 124 | 5,9 | 180 | 313 | 28,60 | 228 | 212 | 258,64 | 278,16 |
| 271540391 | IBERCAJA (POZO 4 VERTIDO) | 676334 | 4612931 | 29-nov-12 | | 7,20 | | 53 | 1343 | 9,00 | 94,0 | 169 | 27,40 | 122 | 6 | 179 | 322 | 27,60 | 221 | 210 | 256,20 | 269,62 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-mar-11 | 0,010 | 0,001 | 0,017 | 0,074 | 0,00002 | 0,0005 | 0,002 | 0,009 | 4,63 | 0,0001 | 0,002 | 0,0002 | 0,004 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0007 | 0,025 | -1,18 | 0,40 | -2,06 | 0,37 | -0,96 | -1,48 | 0,26 | -6,22 | -0,76 |
| 05-jul-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,35 | -1,92 | 0,29 | -0,97 | -1,42 | 0,21 | -6,27 | -0,88 |
| 15-nov-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,31 | -1,93 | 0,17 | -0,95 | -1,52 | 0,17 | -6,30 | -0,68 |
| 22-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,89 | -2,50 | 1,39 | -0,97 | -1,41 | 0,75 | -6,28 | -0,70 |
| 12-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,18 | 0,14 | -1,79 | -0,20 | -0,96 | -1,54 | 0,00 | -6,27 | -0,71 |
| 29-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,20 | -1,84 | -0,05 | -0,95 | -1,52 | 0,06 | -6,28 | -0,66 |

# GS-36 PUERTA CINEGIA-POZO 1

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540215 | PUERTA CINEGIA-POZO 1 | 676577 | 4613615 | 28-mar-11 | | 7,30 | 16,4 | 173 | 1173 | 8,60 | 95,0 | 136 | 22,30 | 118 | 5,9 | 173 | 236 | 28,10 | 193 | 143 | 174,46 | 235,46 |
| 271540215 | PUERTA CINEGIA-POZO 1 | 676577 | 4613615 | 11-jul-11 | | 7,20 | 25,7 | 128 | 1246 | | | 141 | 23,40 | 123 | 6,6 | 185 | 245 | 30,30 | 200 | NR | | 244,00 |
| 271540215 | PUERTA CINEGIA-POZO 1 | 676577 | 4613615 | 25-nov-11 | | 7,26 | 24,2 | 81 | 1227 | 7,10 | 89,4 | 138 | 22,70 | 123 | 7,0 | 179 | 243 | 29,10 | 187 | 176 | 214,72 | 228,14 |
| 271540215 | PUERTA CINEGIA-POZO 1 | 676577 | 4613615 | 27-mar-12 | NR | 7,20 | 18,8 | 190 | 1223 | 8,87 | 95,3 | 148 | 24,50 | 129 | 6,6 | 193 | 270 | 32,10 | 198 | 183 | 223,26 | 241,56 |
| 271540215 | PUERTA CINEGIA-POZO 1 | 676577 | 4613615 | 09-jul-12 | - | 7,15 | 23,8 | 127 | 1239 | 8,15 | 96,2 | 140 | 21,70 | 124 | 6,7 | 180 | 260 | 31,90 | 198 | 179 | 218,38 | 241,56 |
| 271540215 | PUERTA CINEGIA-POZO 1 | 676577 | 4613615 | 27-nov-12 | | 7,40 | 22,8 | 50 | 1231 | 8,20 | 90,0 | 139 | 23,10 | 123 | 6,5 | 177 | 262 | 30,40 | 200 | 184 | 224,48 | 244,00 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28-mar-11 | 0,005 | 0,001 | 0,016 | 0,070 | 0,00010 | 0,0005 | 0,003 | 0,002 | 0,062 | 0,00007 | 0,0012 | 0,007 | 0,003 | 0,002 | 0,0005 | 0,0005 | 0,001 | 0,030 | -1,35 | -0,04 | -2,15 | -0,63 | -1,10 | -1,74 | -0,19 | -6,28 | -0,74 |
| 11-jul-11 | 0,005 | 0,001 | 0,017 | 0,059 | 0,00005 | 0,0005 | 0,005 | 0,002 | 0,039 | 0,00007 | 0,0008 | 0,008 | 0,004 | 0,001 | 0,0005 | 0,0006 | 0,001 | 0,025 | -1,33 | 0,14 | -1,85 | -0,15 | -1,11 | -1,49 | -0,01 | -6,26 | -0,76 |
| 25-nov-11 | 0,005 | 0,002 | 0,013 | 0,079 | 0,00005 | 0,0005 | 0,005 | <0,0020 | 0,046 | <0,00007 | 0,0011 | 0,009 | 0,005 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0010 | 0,001 | <0,025 | -1,33 | 0,12 | -1,97 | -0,21 | -1,11 | -1,53 | -0,02 | -6,27 | -0,77 |
| 27-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,28 | 0,02 | -1,93 | -0,48 | -1,04 | -1,67 | -0,13 | -6,21 | -0,71 |
| 09-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,31 | 0,01 | -1,86 | -0,46 | -1,08 | -1,54 | -0,13 | -6,26 | -0,71 |
| 27-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,30 | 0,26 | -2,10 | 0,05 | -1,08 | -1,57 | 0,11 | -6,27 | -0,71 |

# GS-37 PUERTA CINEGIA-POZO 3

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540217 | PUERTA CINEGIA - POZO 3 | 676598 | 4613579 | 28-mar-11 | | 7,30 | 16,2 | 157 | 1174 | 7,20 | 79,0 | 135 | 22,50 | 118 | 6,0 | 175 | 235 | 27,90 | 190 | 142 | 173,24 | 231,80 |
| 271540217 | PUERTA CINEGIA - POZO 3 | 676598 | 4613579 | 25-nov-11 | | 7,30 | 23,7 | 84 | 1222 | 7,81 | 98,8 | 137 | 22,60 | 121 | 6,9 | 178 | 242 | 28,90 | 192 | 168 | 204,96 | 234,24 |
| 271540217 | PUERTA CINEGIA - POZO 3 | 676598 | 4613579 | 27-nov-12 | | 7,30 | 27,0 | 58 | 1230 | 7,60 | 82,0 | 139 | 23,30 | 122 | 6,5 | 176 | 263 | 31,30 | 203 | 185 | 225,70 | 247,66 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28-mar-11 | 0,005 | 0,003 | 0,021 | 0,070 | 0,00005 | 0,0005 | 0,004 | 0,004 | 2,18 | 0,00007 | 0,005 | 0,00552 | 0,005 | 0,004 | 0,0005 | 0,00048 | 0,001 | 0,301 | -1,35 | -0,09 | -2,17 | -0,78 | -1,10 | -1,83 | -0,25 | -6,27 | -0,85 |
| 25-nov-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,33 | 0,13 | -2,03 | -0,19 | -1,11 | -1,54 | -0,01 | -6,28 | -0,73 |
| 27-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,29 | 0,22 | -1,97 | 0,02 | -1,08 | -1,46 | 0,07 | -6,29 | -0,72 |

# GS-38 C.C. Utrillas Plaza (IGME: POZO 9 CAPTACIÓN)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540309 | C,C, Utrillas Plaza (IGME: POZO 9 CAPTACIÓN) | 677760 | 4612270 | 29-mar-11 | | 7,30 | 17,6 | 90 | 1429 | 6,80 | 77,0 | 184 | 28,90 | 119 | 5,8 | 177 | 289 | 60,50 | 256 | 198 | 241,56 | 312,32 |
| 271540309 | C,C, Utrillas Plaza (IGME: POZO 9 CAPTACIÓN) | 677760 | 4612270 | 14-jul-11 | | 7,00 | 18,4 | 46 | 1380 | 4,50 | 54,0 | 183 | 28,90 | 118 | 5,8 | 178 | 291 | 59,80 | 261 | 248 | 302,56 | 318,42 |
| 271540309 | C,C, Utrillas Plaza (IGME: POZO 9 CAPTACIÓN) | 677760 | 4612270 | 21-nov-11 | | 7,12 | 22,1 | 76 | 1397 | | | 181 | 28,50 | 118 | 5,9 | 171 | 287 | 57,20 | 260 | 245 | 298,90 | 317,20 |
| 271540309 | C,C, Utrillas Plaza (IGME: POZO 9 CAPTACIÓN) | 677760 | 4612270 | 27-mar-12 | NR | 7,24 | 17,9 | 109 | 1348 | 8,48 | 95,3 | 184 | 29,20 | 123 | 5,9 | 181 | 300 | 61,40 | 252 | 202 | 246,44 | 307,44 |
| 271540309 | C,C, Utrillas Plaza (IGME: POZO 9 CAPTACIÓN) | 677760 | 4612270 | 10-jul-12 | - | 7,13 | 18,7 | 78 | 1333 | 7,84 | 88,8 | 176 | 26,30 | 114 | 5,4 | 171 | 285 | 57,90 | 248 | 234 | 285,48 | 302,56 |
| 271540309 | C,C, Utrillas Plaza (IGME: POZO 9 CAPTACIÓN) | 677760 | 4612270 | 26-nov-12 | | 7,30 | 17,1 | -7 | 1330 | 8,00 | 81,0 | 175 | 28,00 | 115 | 5,4 | 170 | 284 | 56,90 | 256 | 231 | 281,82 | 312,32 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29-mar-11 | 0,007 | 0,001 | 0,026 | 0,092 | 0,00003 | 0,0006 | 0,002 | 0,007 | 0,188 | 0,00007 | 0,0027 | 0,002 | 0,010 | 0,002 | 0,0005 | 0,0007 | 0,001 | 0,047 | -1,20 | 0,21 | -2,01 | -0,13 | -0,95 | -1,71 | 0,06 | -6,28 | -0,84 |
| 14-jul-11 | 0,005 | 0,001 | 0,024 | 0,103 | 0,00003 | 0,0007 | 0,002 | 0,002 | 0,029 | 0,00007 | 0,0006 | 0,003 | 0,009 | 0,002 | 0,0005 | 0,0008 | 0,001 | 0,033 | -1,19 | 0,02 | -1,60 | -0,49 | -0,95 | -1,68 | -0,12 | -6,28 | -1,01 |
| 21-nov-11 | 0,005 | 0,001 | 0,023 | 0,119 | 0,00002 | 0,0014 | 0,002 | 0,009 | 0,309 | <0,00007 | 0,0030 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | <0,0005 | 0,0008 | 0,002 | <0,025 | -1,20 | 0,19 | -1,71 | -0,12 | -0,97 | -1,59 | 0,04 | -6,31 | -0,79 |
| 27-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,17 | 0,17 | -1,93 | -0,20 | -0,93 | -1,70 | 0,02 | -6,26 | -0,74 |
| 10-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,12 | -1,75 | -0,32 | -0,96 | -1,68 | -0,03 | -6,32 | -0,76 |
| 26-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,21 | 0,26 | -1,94 | -0,03 | -0,97 | -1,72 | 0,11 | -6,31 | -0,77 |

# GS-39 UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL (VERTIDO ZONA 43

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540392 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL (VERTIDO ZONA 43 | 677703 | 4612192 | 29-mar-11 | 1,27 | 7,70 | 21,9 | 175 | 1325 | 7,60 | 89,0 | 164 | 26,70 | 116 | 6,2 | 169 | 290 | 53,70 | 204 | 162 | 197,64 | 248,88 |
| 271540392 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL (VERTIDO ZONA 43 | 677703 | 4612192 | 14-jul-11 | 1,58 | 7,30 | 35,4 | 39 | 1428 | 4,40 | 65,0 | 182 | 29,00 | 119 | 5,8 | 178 | 291 | 59,70 | 258 | 238 | 290,36 | 314,76 |
| 271540392 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL (VERTIDO ZONA 43 | 677703 | 4612192 | 21-nov-11 | 1,81 | 7,47 | 22,1 | 69 | 1299 | | | 163 | 26,10 | 113 | 6,6 | 162 | 283 | 50,10 | 211 | 192 | 234,24 | 257,42 |
| 271540392 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL (VERTIDO ZONA 43 | 677703 | 4612192 | 27-mar-12 | 1,78 | 7,04 | 20,0 | 45 | 1227 | 7,21 | 78,6 | 168 | 26,40 | 119 | 7 | 175 | 299 | 53,90 | 217 | 240 | 292,80 | 264,74 |
| 271540392 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL (VERTIDO ZONA 43 | 677703 | 4612192 | 10-jul-12 | 1,29 | 7,05 | 35,5 | 40 | 1429 | 6,92 | 96,5 | 175 | 26,20 | 115 | 5,6 | 170 | 288 | 59,10 | 244 | 232 | 283,04 | 297,68 |
| 271540392 | UTRILLAS PLAZA - CENTRO COMERCIAL (VERTIDO ZONA 43 | 677703 | 4612192 | 26-nov-12 | 1,78 | 7,30 | 18,1 | 59 | 1266 | 9,10 | 93,0 | 161 | 25,60 | 109 | 6,4 | 164 | 284 | 49,80 | 230 | 202 | 246,44 | 280,60 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29-mar-11 | 0,008 | 0,004 | 0,024 | 0,083 | 0,00004 | 0,0005 | 0,002 | 0,004 | 0,707 | 0,00007 | 0,0029 | 0,004 | 0,004 | 0,028 | 0,0005 | 0,0006 | 0,001 | 0,044 | -1,22 | 0,54 | -2,47 | 0,60 | -0,99 | -1,59 | 0,39 | -6,32 | -0,75 |
| 14-jul-11 | 0,005 | 0,001 | 0,024 | 0,101 | 0,00002 | 0,0007 | 0,002 | 0,002 | 0,253 | 0,00007 | 0,0009 | 0,002 | 0,005 | 0,007 | 0,0005 | 0,0008 | 0,001 | 0,025 | -1,15 | 0,53 | -1,82 | 0,69 | -0,98 | -1,25 | 0,39 | -6,32 | -0,90 |
| 21-nov-11 | 0,014 | 0,007 | 0,019 | 0,085 | 0,00002 | 0,0011 | <0,0020 | 0,005 | 0,836 | <0,00007 | 0,0013 | 0,011 | 0,005 | 0,002 | <0,0005 | 0,0009 | 0,002 | <0,025 | -1,23 | 0,39 | -2,16 | 0,30 | -1,00 | -1,59 | 0,25 | -6,35 | -0,73 |
| 27-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,20 | 0,04 | -1,64 | -0,44 | -0,97 | -1,64 | -0,11 | -6,29 | -0,79 |
| 10-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,16 | 0,26 | -1,57 | 0,12 | -0,99 | -1,25 | 0,12 | -6,35 | -0,70 |
| 26-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -1,23 | 0,19 | -1,99 | -0,17 | -0,99 | -1,69 | 0,04 | -6,35 | -0,70 |

# GS-40 POZO 2 DE CAPTACIÓN DE LA M.A.Z

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480092 | POZO 2 DE CAPTACIÓN DE LA M,A,Z, | 677480 | 4617238 | 31-mar-11 | 19,80 | 6,80 | 20,1 | 83 | 2540 | 4,90 | 66,0 | 302 | 50,30 | 273 | 2,4 | 454 | 596 | 32,80 | 304 | 240 | 292,80 | 370,88 |
| 271480092 | POZO 2 DE CAPTACIÓN DE LA M,A,Z, | 677480 | 4617238 | 06-jul-11 | 19,80 | 6,80 | 20,6 | 47 | 2510 | 4,40 | 56,0 | 288 | 49,70 | 270 | 2,5 | 433 | 569 | 32,10 | 321 | 272 | 331,84 | 391,62 |
| 271480092 | POZO 2 DE CAPTACIÓN DE LA M,A,Z, | 677480 | 4617238 | 16-nov-11 | 19,65 | 6,93 | 15,9 | 30 | 2570 | | | 297 | 50,00 | 280 | 2,6 | 438 | 585 | 29,80 | 315 | 294 | 358,68 | 384,30 |
| 271480092 | POZO 2 DE CAPTACIÓN DE LA M,A,Z, | 677480 | 4617238 | 29-mar-12 | 19,99 | 6,84 | 18,3 | -27 | 2450 | 8,62 | 91,1 | 305 | 49,80 | 281 | 2,6 | 473 | 624 | 32,70 | 278 | 256 | 312,32 | 339,16 |
| 271480092 | POZO 2 DE CAPTACIÓN DE LA M,A,Z, | 677480 | 4617238 | 11-jul-12 | 19,78 | 6,71 | 20,6 | 83 | 2550 | 8,14 | 93,1 | 273 | 45,10 | 291 | 2,9 | 469 | 558 | 34,50 | 290 | 248 | 302,56 | 353,80 |
| 271480092 | POZO 2 DE CAPTACIÓN DE LA M,A,Z, | 677480 | 4617238 | 28-nov-12 | 19,43 | 7,20 | 17,4 | 25 | 2570 | 8,90 | 85,0 | 291 | 48,70 | 264 | 2,7 | 464 | 569 | 29,70 | 304 | 280 | 341,60 | 370,88 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31-mar-11 | 0,006 | 0,002 | 0,043 | 0,072 | 0,00004 | 0,0007 | 0,002 | 0,003 | 0,96 | 0,00007 | 0,003 | 0,0013 | 0,006 | 0,0008 | 0,0005 | 0,001 | 0,002 | 0,025 | -0,83 | -0,05 | -1,43 | -0,59 | -0,59 | -1,64 | -0,20 | -5,55 | -0,95 |
| 06-jul-11 | 0,017 | 0,001 | 0,042 | 0,069 | 0,00004 | 0,0010 | 0,002 | 0,002 | 2,45 | 0,0001 | 0,006 | 0,0014 | 0,007 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0012 | 0,0021 | 0,0250 | -0,86 | 0,00 | -1,37 | -0,47 | -0,62 | -1,63 | -0,15 | -5,58 | -1,00 |
| 16-nov-11 | 0,009 | 0,003 | 0,038 | 0,095 | <0,00002 | 0,0019 | 0,003 | <0,002 | 0,52 | <0,00007 | 0,003 | 0,0044 | 0,005 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0010 | 0,0016 | <0,025 | -0,84 | 0,10 | -1,49 | -0,34 | -0,59 | -1,75 | -0,05 | -5,54 | -0,73 |
| 29-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,81 | -0,01 | -1,45 | -0,54 | -0,57 | -1,69 | -0,15 | -5,52 | -0,72 |
| 11-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,88 | -0,15 | -1,32 | -0,79 | -0,65 | -1,63 | -0,30 | -5,51 | -0,73 |
| 28-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,85 | 0,37 | -1,77 | 0,21 | -0,61 | -1,71 | 0,22 | -5,55 | -0,72 |

# GS-41 POZO 3 DE INYECCIÓN DE LA M.A.Z

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480093 | POZO 3 DE INYECCIÓN DE LA M,A,Z, | 677436 | 4617194 | 06-jul-11 | | 6,80 | 30,1 | 117 | 2550 | 4,50 | 60,0 | 297 | 50,00 | 273 | 2,5 | 450 | 588 | 32,20 | 320 | 276 | 336,72 | 390,40 |
| 271480093 | POZO 3 DE INYECCIÓN DE LA M,A,Z, | 677436 | 4617194 | 16-nov-11 | | 7,42 | 23,5 | 97 | 2550 | | | 287 | 49,70 | 281 | 2,6 | 440 | 580 | 30,10 | 308 | 280 | 341,60 | 375,76 |
| 271480093 | POZO 3 DE INYECCIÓN DE LA M,A,Z, | 677436 | 4617194 | 29-mar-12 | NR | 7,52 | 25,2 | 86 | 2440 | 8,56 | 95,9 | 288 | 49,50 | 291 | 2,8 | 464 | 604 | 32,90 | 299 | 274 | 334,28 | 364,78 |
| 271480093 | POZO 3 DE INYECCIÓN DE LA M,A,Z, | 677436 | 4617194 | 11-jul-12 | | 7,08 | 26,8 | 38 | 2560 | 7,61 | 95,6 | 274 | 44,00 | 268 | 2,7 | 464 | 546 | 35,10 | 291 | 254 | 309,88 | 355,02 |
| 271480093 | POZO 3 DE INYECCIÓN DE LA M,A,Z, | 677436 | 4617194 | 28-nov-12 | | 7,60 | 30,3 | 38 | 2510 | 8,30 | 83,0 | 275 | 46,90 | 272 | 2,5 | 479 | 544 | 28,90 | 276 | 270 | 329,40 | 336,72 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31-mar-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,82 | 0,14 | -1,30 | -0,11 | -0,62 | -1,38 | 0,00 | -5,58 | -0,92 |
| 06-jul-11 | 0,005 | 0,003 | 0,055 | 0,093 | 0,00002 | 0,002 | <0,0020 | 0,009 | 0,073 | <0,00007 | 0,0013 | 0,0012 | 0,016 | 0,0006 | <0,0005 | 0,0009 | 0,0036 | <0,025 | -0,85 | 0,66 | -1,96 | 0,88 | -0,63 | -1,55 | 0,51 | -5,56 | -0,66 |
| 16-nov-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,83 | 0,77 | -2,06 | 1,11 | -0,62 | -1,51 | 0,62 | -5,53 | -0,67 |
| 29-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,87 | 0,31 | -1,64 | 0,19 | -0,66 | -1,46 | 0,17 | -5,56 | -0,71 |
| 11-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,87 | 0,90 | -2,12 | 1,42 | -0,67 | -1,38 | 0,76 | -5,55 | -0,65 |

# GS-42 Edificio Betancourt (Pozo 7) (IGME POZO 2)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480135 | Edificio Betancourt (Pozo 7) (IGME POZO 2) | 676102 | 4617008 | 31-mar-11 | 8,08 | 6,80 | 21,5 | 125 | 3200 | 6,10 | 75,0 | 480 | 51,20 | 296 | 15,2 | 476 | 1140 | 35,60 | 297 | 218 | 265,96 | 362,34 |
| 271480135 | Edificio Betancourt (Pozo 7) (IGME POZO 2) | 676102 | 4617008 | 06-jul-11 | 9,20 | 6,70 | 21,6 | 79 | 3240 | 3,60 | 48,0 | 498 | 51,20 | 294 | 15,1 | 449 | 1219 | 36,70 | 289 | 255 | 311,10 | 352,58 |
| 271480135 | Edificio Betancourt (Pozo 7) (IGME POZO 2) | 676102 | 4617008 | 16-nov-11 | | 6,86 | 22,6 | 87 | 3290 | | | 502 | 50,20 | 297 | 15,4 | 438 | 1220 | 37,70 | 288 | 270 | 329,40 | 351,36 |
| 271480135 | Edificio Betancourt (Pozo 7) (IGME POZO 2) | 676102 | 4617008 | 28-mar-12 | 8,76 | 6,89 | 22,5 | 97 | 3225 | 7,91 | 90,9 | 518 | 66,40 | 317 | 16,3 | 504 | 1280 | 36,60 | 314 | 258 | 314,76 | 383,08 |
| 271480135 | Edificio Betancourt (Pozo 7) (IGME POZO 2) | 676102 | 4617008 | 11-jul-12 | 9,59 | 6,80 | 22,3 | 92 | 3370 | 6,30 | 76,5 | 506 | 60,50 | 299 | 15,0 | 489 | 1270 | 34,90 | 314 | 258 | 314,76 | 383,08 |
| 271480135 | Edificio Betancourt (Pozo 7) (IGME POZO 2) | 676102 | 4617008 | 28-nov-12 | 9,02 | 6,70 | 20,0 | 34 | 3280 | 6,60 | 69,0 | 523 | 62,50 | 274 | 13,4 | 448 | 1300 | 28,90 | 266 | 252 | 307,44 | 324,52 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31-mar-11 | 0,005 | 0,002 | 0,03 | 0,077 | 0,00003 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,02 | 0,00007 | 0,0005 | 0,0053 | 0,009 | 0,0028 | 0,0005 | 0,004 | 0,0009 | 0,025 | -0,47 | 0,05 | -1,47 | -0,58 | -0,23 | -1,60 | -0,10 | -5,52 | -0,85 |
| 06-jul-11 | 0,005 | 0,002 | 0,030 | 0,078 | 0,0001 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,049 | 0,0001 | 0,0007 | 0,0060 | 0,0144 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0041 | 0,0012 | 0,0250 | -0,43 | 0,02 | -1,30 | -0,64 | -0,20 | -1,60 | -0,12 | -5,55 | -1,08 |
| 16-nov-11 | 0,007 | 0,003 | 0,040 | 0,100 | 0,00004 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,025 | <0,00007 | 0,0006 | 0,0012 | 0,0070 | 0,0006 | <0,0005 | 0,0040 | 0,0015 | <0,025 | -0,43 | 0,22 | -1,43 | -0,24 | -0,20 | -1,57 | 0,08 | -5,56 | -0,72 |
| 28-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,41 | 0,23 | -1,49 | -0,11 | -0,19 | -1,58 | 0,09 | -5,47 | -0,73 |
| 11-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,42 | 0,14 | -1,40 | -0,34 | -0,19 | -1,58 | -0,01 | -5,51 | -0,83 |
| 28-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,40 | 0,01 | -1,32 | -0,63 | -0,16 | -1,64 | -0,14 | -5,58 | -0,82 |

# GS-43 Edificio B, Campus del Actur, Pozo de inyección

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480145 | Edificio B, Campus del Actur, Pozo de inyección | 676217 | 4616965 | 31-mar-11 | | 6,90 | 21,5 | 80 | 3230 | 6,30 | 81,0 | 492 | 49,30 | 293 | 15,3 | 469 | 1170 | 35,70 | 299 | 228 | 278,16 | 364,78 |
| 271480145 | Edificio B, Campus del Actur, Pozo de inyección | 676217 | 4616965 | 06-jul-11 | | 7,00 | 27,4 | 73 | 3270 | 4,40 | 61,0 | 506 | 51,10 | 295 | 14,8 | 454 | 1238 | 36,50 | 282 | 257 | 313,54 | 344,04 |
| 271480145 | Edificio B, Campus del Actur, Pozo de inyección | 676217 | 4616965 | 16-nov-11 | | 6,97 | 22,5 | 80 | 3300 | | | 518 | 50,20 | 293 | 15,4 | 446 | 1260 | 37,90 | 287 | 262 | 319,64 | 350,14 |
| 271480145 | Edificio B, Campus del Actur, Pozo de inyección | 676217 | 4616965 | 28-mar-12 | NR | 6,80 | 22,5 | 83 | 3240 | 6,32 | 71,8 | 519 | 66,00 | 314 | 16,3 | 501 | 1280 | 36,50 | | 256 | 312,32 | |
| 271480145 | Edificio B, Campus del Actur, Pozo de inyección | 676217 | 4616965 | 11-jul-12 | | 7,06 | 25,5 | -10 | 3380 | 6,93 | 84,1 | 498 | 59,30 | 292 | 14,9 | 479 | 1240 | 34,80 | 281 | 250 | 305,00 | 342,82 |
| 271480145 | Edificio B, Campus del Actur, Pozo de inyección | 676217 | 4616965 | 28-nov-12 | | 6,90 | 14,3 | 28 | 3270 | 8,30 | 81,0 | 524 | 62,20 | 274 | 13,1 | 452 | 1290 | 29,60 | 269 | 254 | 309,88 | 328,18 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31-mar-11 | 0,005 | 0,002 | 0,032 | 0,080 | 0,00005 | 0,001 | 0,002 | 0,017 | 0,473 | 0,00007 | 0,002 | 0,005 | | 0,008 | 0,0005 | 0,0042 | 0,001 | 0,067 | -0,40 | 0,13 | -1,55 | -0,45 | -0,15 | -1,80 | -0,02 | -5,56 | -0,77 |
| 06-jul-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,45 | 0,17 | -1,55 | -0,36 | -0,22 | -1,60 | 0,02 | -5,53 | -0,83 |
| 16-nov-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,41 | 0,40 | -1,57 | 0,17 | -0,20 | -1,45 | 0,26 | -5,56 | -0,95 |
| 28-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,41 | 0,33 | -1,56 | -0,05 | -0,18 | -1,58 | 0,18 | -5,56 | -0,78 |
| 11-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,41 | 0,14 | -1,40 | -0,30 | -0,18 | -1,58 | 0,00 | -5,48 | -0,82 |
| 28-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,43 | 0,42 | -1,65 | 0,26 | -0,21 | -1,50 | 0,28 | -5,54 | -0,76 |

# GS-44 CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 1 CAPTACIÓN)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480151 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 1 CAPTACIÓN) | 676156 | 4615902 | 01-abr-11 | 2,98 | 7,10 | 16,8 | -36 | 2910 | 4,20 | 49,0 | 258 | 26,80 | 380 | 12,3 | 460 | 774 | 1,20 | 187 | 178 | 217,16 | 228,14 |
| 271480151 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 1 CAPTACIÓN) | 676156 | 4615902 | 04-jul-11 | 3,85 | 7,00 | 19,2 | 28 | 1545 | 2,20 | 31,0 | 145 | 14,70 | 194 | 19,5 | 231 | 384 | 0,90 | 167 | 166 | 202,52 | 203,74 |
| 271480151 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 1 CAPTACIÓN) | 676156 | 4615902 | 14-nov-11 | 3,50 | 7,14 | 17,4 | -97 | 2750 | 8,19 | 92,5 | 307 | 28,90 | 368 | 3,8 | 449 | 810 | 4,20 | 256 | 240 | 292,80 | 312,32 |
| 271480151 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 1 CAPTACIÓN) | 676156 | 4615902 | 30-mar-12 | 3,27 | 7,24 | 16,4 | -87 | 2890 | 4,97 | 69,9 | 331 | 29,30 | 416 | 3,8 | 522 | 905 | 2,90 | 251 | 230 | 280,60 | 306,22 |
| 271480151 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 1 CAPTACIÓN) | 676156 | 4615902 | 03-jul-12 | 4,01 | 7,10 | 20,0 | -141 | 2880 | 4,40 | 55,0 | 302 | 30,50 | 358 | 3,9 | 473 | 840 | 0,90 | 247 | 232 | 283,04 | 301,34 |
| 271480151 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 1 CAPTACIÓN) | 676156 | 4615902 | 20-nov-12 | 3,45 | 8,00 | 16,8 | 105 | 363 | 8,80 | 90,0 | 35,5 | 2,50 | 27,2 | 19,1 | 33,1 | 62,1 | 1,00 | 87 | 80 | 97,60 | 106,14 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01-abr-11 | 0,006 | 0,0019 | 0,0155 | 0,052 | 0,00003 | 0,001 | 0,002 | 0,0056 | | 0,00007 | 0,69 | 0,00108 | 0,006 | 0,0011 | 0,0005 | 0,0004 | 0,001 | 0,025 | -0,78 | -0,01 | -1,87 | -0,77 | -0,54 | -1,73 | -0,16 | -5,40 | -1,05 |
| 04-jul-11 | 0,0100 | 0,0007 | 0,010 | 0,065 | 0,00002 | 0,001 | 0,0020 | 0,0020 | 14,20 | 0,0001 | 1,08 | 0,0004 | 0,005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0002 | 0,0005 | 0,0250 | -1,16 | -0,25 | -1,77 | -1,23 | -0,92 | -1,66 | -0,40 | -5,96 | -1,31 |
| 14-nov-11 | <0,005 | 0,0023 | 0,012 | 0,075 | 0,00004 | 0,002 | <0,0020 | <0,0020 | 8,14 | <0,00007 | 0,31 | 0,0022 | 0,010 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0007 | 0,0028 | <0,025 | -0,71 | 0,23 | -1,78 | -0,32 | -0,47 | -1,71 | 0,08 | -5,43 | -0,75 |
| 30-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,66 | 0,31 | -1,91 | -0,20 | -0,41 | -1,74 | 0,16 | -5,31 | -0,98 |
| 03-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,70 | 0,20 | -1,74 | -0,32 | -0,47 | -1,64 | 0,05 | -5,42 | -1,00 |
| 20-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -2,24 | -0,02 | -3,07 | -0,96 | -1,99 | -1,73 | -0,17 | -7,59 | -0,73 |

# GS-45 CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 3 VERTIDO)

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480152 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 3 VERTIDO) | 676154 | 4615873 | 01-abr-11 | | 7,10 | 17,1 | 75 | 3310 | 7,40 | 86,0 | 344 | 29,30 | 464 | 3,6 | 570 | 945 | 10,40 | 244 | 200 | 244,00 | 297,68 |
| 271480152 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 3 VERTIDO) | 676154 | 4615873 | 04-jul-11 | | 5,90 | 19,9 | 27 | 3050 | 3,90 | 50,0 | 330 | 29,00 | 420 | 3,6 | 507 | 886 | 10,50 | 268 | 228 | 278,16 | 326,96 |
| 271480152 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 3 VERTIDO) | 676154 | 4615873 | 14-nov-11 | | 7,05 | 18,2 | 28 | 2790 | 9,64 | 109,4 | 310 | 28,90 | 368 | 3,6 | 439 | 802 | 11,10 | 253 | 240 | 292,80 | 308,66 |
| 271480152 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 3 VERTIDO) | 676154 | 4615873 | 30-mar-12 | | 6,94 | 17,4 | 61 | 2950 | 6,28 | 68,9 | 347 | 29,80 | 437 | 3,8 | 530 | 928 | 11,10 | 264 | 208 | 253,76 | 322,08 |
| 271480152 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 3 VERTIDO) | 676154 | 4615873 | 03-jul-12 | | 7,10 | 19,2 | 20 | 2910 | 7,10 | 81,0 | 319 | 31,50 | 354 | 3,8 | 478 | 859 | 11,20 | 254 | 230 | 280,60 | 309,88 |
| 271480152 | CENTRO DE SALUD ACTUR NORTE (POZO 3 VERTIDO) | 676154 | 4615873 | 20-nov-12 | | 7,20 | 18,1 | 70 | 2880 | 8,20 | 88,0 | 327 | 34,80 | 374 | 3,6 | 484 | 866 | 11,10 | 252 | 244 | 297,68 | 307,44 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01-abr-11 | 0,005 | 0,002 | 0,016 | 0,054 | 0,00003 | 0,0008 | 0,002 | 0,007 | 0,174 | 0,00007 | 0,002 | 0,0027 | 0,007 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0007 | 0,001 | 0,036 | -0,64 | 0,13 | -1,83 | -0,57 | -0,39 | -1,72 | -0,02 | -5,23 | -0,80 |
| 04-jul-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,66 | -0,98 | -0,55 | -2,74 | -0,43 | -1,64 | -1,13 | -5,33 | -1,05 |
| 14-nov-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,71 | 0,15 | -1,69 | -0,46 | -0,47 | -1,69 | 0,01 | -5,44 | -0,68 |
| 30-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,63 | 0,00 | -1,65 | -0,82 | -0,39 | -1,71 | -0,15 | -5,29 | -0,87 |
| 03-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,68 | 0,20 | -1,75 | -0,33 | -0,44 | -1,66 | 0,06 | -5,42 | -0,80 |
| 20-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,67 | 0,32 | -1,83 | -0,07 | -0,43 | -1,69 | 0,17 | -5,39 | -0,75 |

# GS-46 S.A.I.C.A. TOMA 5 FINCA Nº 35422

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271480059 | S.A.I.C.A. TOMA 5 FINCA Nº 35422 | 677420 | 4615352 | 30-mar-11 | 7,51 | 6,90 | 17,3 | 160 | 2900 | 4,90 | 55,0 | 381 | 43,60 | 310 | 4,4 | 451 | 907 | 24,60 | 282 | 220 | 268,40 | 344,04 |
| 271480059 | S.A.I.C.A. TOMA 5 FINCA Nº 35422 | 677420 | 4615352 | 11-jul-11 | 7,89 | 6,80 | 17,7 | 83 | 2750 | 3,20 | 39,0 | 344 | 44,90 | 299 | 4,5 | 417 | 809 | 24,40 | 270 | 246 | 300,12 | 329,40 |
| 271480059 | S.A.I.C.A. TOMA 5 FINCA Nº 35422 | 677420 | 4615352 | 24-nov-11 | 7,97 | 6,80 | 17,6 | 51 | 3110 | | | 378 | 51,00 | 362 | 4,4 | 498 | 919 | 23,70 | 274 | 268 | 326,96 | 334,28 |
| 271480059 | S.A.I.C.A. TOMA 5 FINCA Nº 35422 | 677420 | 4615352 | 28-mar-12 | 8,11 | 6,79 | 17,7 | 102 | 2990 | 6,34 | 66,8 | 396 | 42,90 | 367 | 4,6 | 518 | 984 | 26,70 | | 246 | 300,12 | |
| 271480059 | S.A.I.C.A. TOMA 5 FINCA Nº 35422 | 677420 | 4615352 | 08-jul-12 | 8,13 | 7,01 | 26,1 | | 3010 | 2,92 | 37,6 | 362 | 47,20 | 308 | 4,4 | 462 | 912 | 0,90 | 287 | 282 | 344,04 | 350,14 |
| 271480059 | S.A.I.C.A. TOMA 5 FINCA Nº 35422 | 677420 | 4615352 | 23-nov-12 | 7,82 | 6,90 | 17,4 | 75 | 3060 | 7,80 | 84,0 | 379 | 50,90 | 334 | 4,4 | 504 | 945 | 25,10 | 274 | 252 | 307,44 | 334,28 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30-mar-11 | 0,005 | 0,00163 | 0,0323 | 0,094 | 0,00002 | 0,0008 | 0,002 | 0,0033 | 0,022 | 0,00007 | 0,0007 | 0,0008 | 0,010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0028 | 0,0009 | 0,025 | -0,61 | 0,03 | -1,59 | -0,64 | -0,36 | -1,71 | -0,12 | -5,50 | -0,98 |
| 11-jul-11 | 0,0050 | 0,0004 | 0,011 | 0,078 | 0,00013 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,030 | 0,0001 | 0,001 | 0,0009 | 0,010 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0028 | 0,0009 | 0,0250 | -0,68 | -0,05 | -1,43 | -0,72 | -0,43 | -1,70 | -0,20 | -5,55 | -1,16 |
| 24-nov-11 | <0,005 | 0,003 | 0,025 | 0,095 | <0,00002 | 0,001 | 0,003 | 0,003 | 0,022 | <0,00007 | 0,001 | 0,0008 | 0,015 | <0,0005 | <0,0005 | 0,0028 | 0,0011 | <0,025 | -0,62 | 0,01 | -1,40 | -0,60 | -0,37 | -1,71 | -0,14 | -5,40 | -0,76 |
| 28-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,58 | -0,03 | -1,43 | -0,77 | -0,33 | -1,70 | -0,18 | -5,38 | -0,86 |
| 08-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,57 | 0,30 | -1,60 | -0,01 | -0,35 | -1,48 | 0,16 | -5,40 | -0,80 |
| 23-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,60 | 0,08 | -1,53 | -0,47 | -0,36 | -1,71 | -0,07 | -5,43 | -0,77 |

# GS-47 JARDINES AMBITO U4-U5

| Nº Inventario | Toponimia | Coord. X | Coord. Y | Fecha Muestreo | Nivel m | pH pH | Tª ºC | Eh mV | C.E. a 20 ºC µS/cm | O.D. mg/l O2 | O.D. % sat | Calcio mg/L | Magnesio mg/L | Sodio mg/L | Potasio mg/L | Cloruros mg/L | Sulfatos mg/L SO4 | Nitratos mg/L NO3 | Alcalinidad mg/L CO3Ca | Alcalinidad TAC mg/l CaCO3 | Alcalinidad CAMPO mg/l HCO3- | Alcalinidad LABORATORIO mg/l HCO3- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 22-mar-11 | 6,30 | 7,40 | 16,1 | -13 | 3580 | 8,50 | 94,0 | 527 | 58,40 | 350 | 22,1 | 528 | 1270 | 50,70 | 351 | 282 | 344,04 | 428,22 |
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 24-may-11 | 8,41 | 7,50 | 18,2 | 78 | 3040 | | | 398 | 44,50 | 342 | 7,3 | 476 | 959 | 47,20 | 273 | 250 | 305,00 | 333,06 |
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 08-jul-11 | 7,20 | 7,30 | 17,3 | 85 | 3010 | 5,40 | 64,0 | 386 | 44,20 | 334 | 7,2 | 465 | 930 | 47,50 | 273 | 236 | 287,92 | 333,06 |
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 08-sep-11 | 7,95 | 7,00 | 17,9 | 80 | 3000 | 5,10 | 62,0 | 393 | 52,70 | 338 | 7,8 | 450 | 919 | 47,60 | 283 | 256 | 624,64 | 345,26 |
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 18-nov-11 | 7,64 | 6,64 | 17,8 | 107 | 2940 | | | 378 | 41,90 | 315 | 7,6 | 456 | 901 | 26,40 | 290 | 270 | 329,40 | 353,80 |
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 21-mar-12 | 7,95 | 6,86 | 17,4 | 90 | 3450 | 7,02 | 69,5 | 420 | 46,20 | 358 | 9,2 | 504 | 1040 | 49,20 | 295 | 336 | 409,92 | 359,90 |
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 16-may-12 | 7,75 | 7,40 | 16,6 | 135 | 3150 | 9,00 | 91,0 | 424 | 44,00 | 356 | 7,5 | 495 | 1030 | 47,20 | 281 | 262 | 319,64 | 342,82 |
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 05-jul-12 | 8,10 | 7,40 | 18,6 | 100 | 2920 | 8,40 | 98,0 | 368 | 46,40 | 311 | 7,2 | 454 | 911 | 47,50 | 282 | 286 | 348,92 | 344,04 |
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 20-sep-12 | 8,02 | 7,00 | 19,1 | 111 | 2850 | 7,80 | 84,0 | 383 | 52,10 | 319 | 7,1 | 465 | 923 | 47,00 | 277 | 252 | 307,44 | 337,94 |
| 271540393 | JARDINES AMBITO U4-U5 | 675286 | 4614800 | 22-nov-12 | 7,52 | 6,80 | 17,1 | 52 | 2990 | 5,20 | 52,0 | 385 | 52,40 | 327 | 7 | 474 | 962 | 42,20 | 279 | 254 | 309,88 | 340,38 |

| Fecha Muestreo | Al mg/L | As mg/L | Ba mg/L | B mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | Hg mg/L | Mn mg/L | Mb mg/L | Ní mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | V mg/L | Zn mg/L | IS Anhidrita | IS Calcita | IS $CO_2$ (g) | IS Dolomita | IS Yeso | IS $H_2O$ (g) | IS Aragonito | IS Halita | IS $O_2$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22-mar-11 | 0,005 | 0,0019 | 0,033 | 0,092 | 0,00007 | 0,0008 | 0,002 | 0,0046 | 0,593 | 0,00007 | 0,0049 | 0,00492 | 0,0057 | 0,0005 | 0,001 | 0,003 | 0,00134 | 0,043 | -0,61 | 0,61 | -1,99 | 0,51 | -0,36 | -1,75 | 0,46 | -5,50 | -0,75 |
| 24-may-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,58 | 0,70 | -2,13 | 0,70 | -0,34 | -1,69 | 0,55 | -5,44 | |
| 08-jul-11 | 0,0050 | 0,0001 | 0,021 | 0,086 | 0,0001 | 0,0013 | 0,0020 | 0,0025 | 0,022 | 0,0001 | 0,001 | 0,004 | 0,009 | 0,0005 | 0,0005 | 0,003 | 0,001 | 0,028 | -0,60 | 0,46 | -1,96 | 0,22 | -0,35 | -1,71 | 0,31 | -5,46 | -0,93 |
| 08-sep-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,61 | 0,50 | -1,32 | 0,38 | -0,37 | -1,70 | 0,35 | -5,47 | -0,95 |
| 18-nov-11 | <0,005 | 0,003 | 0,056 | 0,132 | 0,0000 | 0,0038 | <0,0020 | <0,0020 | 1,830 | <0,00007 | 0,642 | 0,001 | 0,009 | <0,0005 | <0,0005 | 0,002 | 0,004 | 0,881 | -0,61 | -0,14 | -1,23 | -0,98 | -0,37 | -1,70 | -0,29 | -5,49 | -0,76 |
| 21-mar-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,54 | 0,19 | -1,36 | -0,34 | -0,30 | -1,71 | 0,04 | -5,40 | -0,82 |
| 16-may-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,54 | 0,61 | -2,02 | 0,48 | -0,29 | -1,73 | 0,46 | -5,41 | -0,72 |
| 05-jul-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,62 | 0,64 | -1,97 | 0,64 | -0,38 | -1,68 | 0,49 | -5,50 | -0,73 |
| 20-sep-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,61 | 0,21 | -1,62 | -0,18 | -0,37 | -1,67 | 0,06 | -5,48 | -0,76 |
| 22-nov-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | -0,59 | -0,02 | -1,43 | -0,66 | -0,35 | -1,72 | -0,17 | -5,46 | -0,95 |

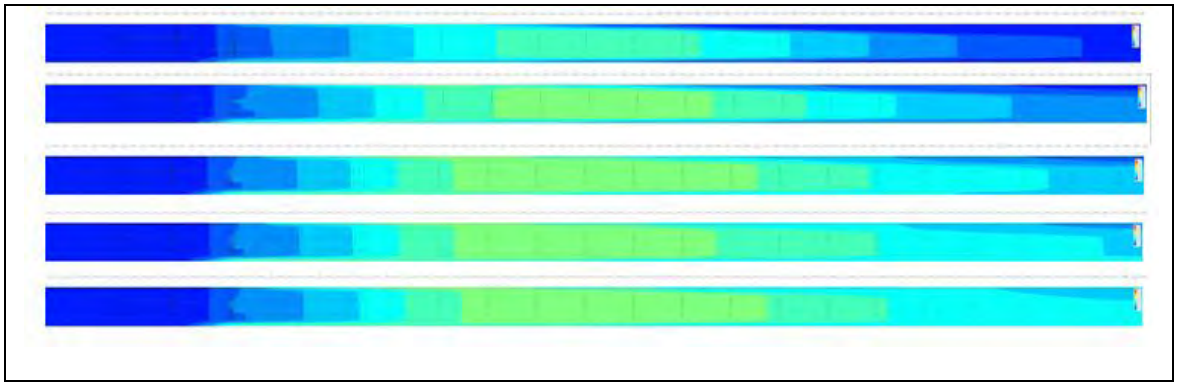
# ANEXO VII

MODELOS MATEMÁTICOS

# UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA VS2DHI PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS GEOTÉRMICOS SOMEROS EN EL ACUÍFERO ALUVIAL DEL EBRO

INFORME REALIZADO DENTRO DEL CONVENIO DE PRÁCTICAS IGME-UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.

ALEJANDRO GARCÍA GIL



**7 Octubre 2010**

# ÍNDICE


1. **Introducción (Página 1).**
2. **Programa VS2DH (Página 1).**

   2.1. Aspectos teóricos de la resolución de las ecuaciones de flujo (Página 1).

      2.1.1. *Ecuación de flujo de agua (Página 1).*

      2.1.2. *Ecuación de flujo de calor (Página 2).*

   2.2. Utilización del programa VS2DH (Página 3).

      2.2.1. *El preprocesador (Página 3).*

      2.2.2. *El postprocesador (Página 4).*

3. **Aplicación de VS2DHI a los pozos de climatización del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa en el acuífero aluvial del Ebro (Página 5).**
4. **Bibliografía (Página 10).**
5. **Anexo (Página 11).**

# 1. Introducción

El programa VS2DH resuelve problemas de transporte de energía en un medio poroso de saturación variable. Se aplica un método de diferencias finitas para resolver la ecuación de Richard´s, para la ecuación de flujo, y la ecuación de advección-dispersión para el transporte de energía. El código numérico resuelve problemas de una o dos dimensiones, tanto en coordenadas cartesianas como en polares. El programa considera una única fase fluida de densidad constante, esto permite simular procesos en medios exógenos donde la variación de densidad del agua es poco relevante.

En este informe se aplica el programa VS2DH para simular la entrada de energía a un acuífero mediante un pozo de inyección de agua caliente, y su interacción con un pozo de captación en el entorno.

# 2. Programa VS2DH: Aplicación para explotación de recursos geotérmicos someros.

## 2.1. Aspectos teóricos de la resolución de las ecuaciones de flujo utilizadas por el código.

2.1.1. Ecuación de flujo de agua:

La ecuación de flujo (Richard´s) resuelta por el código VS2DH es representada por Lappala et al. en 1987 (*ecuación 1*), con una excepción; Teniendo en cuenta que la conductividad hidráulica depende de viscosidad y esta a su vez depende de la temperatura, en VS2DH se introduce la conductividad hidráulica como función de la temperatura (*ecuación 2*).

$$v\frac{\partial(\rho s\phi)}{\partial t} = \int_{s^*} \rho K K_r(h) A_K \frac{\partial H}{n_K} + \rho q v \qquad (1)$$

*Donde* $\boldsymbol{v}$ *es el volumen del bloque unidad considerado en el mallado,* $[m^3]$. $\boldsymbol{\rho}$ *es la densidad del líquido considerado,* $[Kg \cdot m^{-3}]$. $\boldsymbol{s}$ *el porcentaje de saturación.* $\boldsymbol{\phi}$ *es el porcentaje de porosidad.* $\boldsymbol{s^*}$ *es la superficie de un volumen arbitrario,* $[m^2]$. $\boldsymbol{K}$ *es la conductividad hidráulica saturada.* $\boldsymbol{K_r}$ *es la conductividad hidráulica relativa al fluido en porcentaje.* $\boldsymbol{A_K}$ *es el área de la k-iésima cara del bloque unidad.* $\boldsymbol{H}$ *es el potencial hidráulico total, [m]. Por último,* $\boldsymbol{n_K}$ *es la k-iésima dirección de coordenadas en general.*

$$K = \frac{\rho g k}{\mu(T)} \qquad (2)$$

*Donde* $\boldsymbol{K}$ *es la conductividad hidráulica saturada,* $[m^2]$. $\boldsymbol{\rho}$ *es la densidad del fluido,* $[Kg \cdot m^{-3}]$. $g$ *es la aceleración gravitatoria en la Tierra,* $[m \cdot s^{-2}]$. $k$ *es la permeabilidad intrínseca,* $[m^2]$. *Por último* $\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{T})$ *es la función empírica (4.1) de Kipp, 1987 que determina la viscosidad para cada temperatura* $T$, *[°C].*

$$\mu(T) = 0.00002414 \cdot 10\ EXP\left[\frac{247.8}{T+133.16}\right] \qquad (2.1)$$

La viscosidad varía con la temperatura y la densidad del agua también lo hace pero en este caso se considera como $\rho_{agua} = cte$. Esto se debe a que la dependencia de la densidad del agua respecto de la temperatura es de varios órdenes de magnitud inferior a dependencia de la viscosidad con la temperatura dentro del rango de temperaturas que presentan los medios porosos de saturación variable.

2.1.2. Ecuación de flujo de calor:

La ecuación de advección-dispersión para el transporte de energía deriva de las variaciones en el balance de calor almacenado en un volumen unidad de material poroso. Dichas variaciones se deben a la circulación de agua con temperatura diferente a las del material que atraviesa, conducción térmica con sólidos adyacentes y fenómenos de dispersión térmica. La variación de la temperatura con el tiempo viene dada por la ecuación 3:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial\, T[\,\theta\, C_w + (1-\phi)\, C_s\,]}{\partial t} = \nabla K_T(\theta)\ \nabla T + \nabla\theta\, C_w\, D_H\, \nabla T - \nabla\theta\, C_w\, v\, T + q\, C_w\, T^* \qquad (3)$$

*Donde $\boldsymbol{t}$ es tiempo, [s]. $\boldsymbol{\theta}$ es el contenido en humedad en el volumen considerado. $\boldsymbol{C_w}$ es la capacidad calorífica del agua, [ J · m$^{-3}$ ·°C$^{-1}$ ]. $\boldsymbol{\phi}$ es la porosidad. $\boldsymbol{C_s}$ es la capacidad calorífica del sólido seco que compone el medio poroso, [ J · m$^{-3}$ ·°C$^{-1}$ ]. $\boldsymbol{T}$ es la temperatura, [°C]. $\boldsymbol{K_T}$ es el tensor conductividad térmica de la matriz agua-sólido, [W · m$^{-1}$ · °C$^{-1}$]. $\boldsymbol{D_H}$ es el tensor dispersión hidrodinámica, [m$^2$ · s$^{-1}$]. $\boldsymbol{v}$ es velocidad del agua, [m · s$^{-1}$]. $\boldsymbol{q}$ es el caudal en el origen, [s$^{-1}$]. $T^*$ es la temperatura a la que está la fuente del fluido, [°C].*

Esta ecuación ignora la capacidad calorífica del aire en un medio poroso no saturado, esto supone un error despreciable ya que la capacidad calorífica del aire es relativamente muy inferior a la del agua o el sólido.

Los cuatro sumandos de la derecha de la igualdad en la *ecuación 3* representan la variación de energía almacenada a través del tiempo en el volumen considerado. Estos sumandos hacen referencia a los posibles fenómenos de transporte de energía; el primero considera la variación de energía debida a la conducción térmica, el segundo hace referencia a la dispersión termo-mecánica, el tercero al transporte de energía por advección y el último sumando tiene en cuenta posibles puntos fuente-sumidero de calor.

El transporte de energía por medio de la dispersión y advección son conceptos análogos a los presentes en el transporte de elementos en disolución. La dispersión termo-mecánica tiene en cuenta la energía transportada en el movimiento del agua. El tensor de dispersión hidrodinámica se define en la ecuación 4 (Healey, 1990):

$$D_{H_{i,j}} = \alpha_T\, |v| \delta_{ij} + \frac{(\alpha_L - \alpha_T) v_i v_j}{|v|} \qquad (4)$$

*Donde $\boldsymbol{\alpha_T}$ es la dispersividad trasversal del medio poroso, [m]. $\boldsymbol{v_i}$ es la i-ésima componente del vector velocidad. $\boldsymbol{\delta_{ij}}$ es la delta de Kronecker ($\delta_{ij} = 1 <=> i = j\ ;\ \delta_{ij} = 0 <=> i \neq j$ ). $\boldsymbol{\alpha_L}$ es la dispersividad longitudinal, [m]. $|\boldsymbol{v}|$ es el módulo o magnitud del vector velocidad.*

La conductividad térmica varía drásticamente con el contenido en humedad (Van Duin, 1963). La correspondencia no es proporcional pero VS2DH asume que estos parámetros son linealmente dependientes y ajusta los valores de conductividad térmica a una recta entre valores extremos, humedad residual y medio saturado. La humedad residual se define en VS2DH como el límite del contenido en humedad cuando el potencial de presión tiende a menos infinito.

El fenómeno de advección tiene en cuenta la energía transportada por el movimiento del agua ante un gradiente de temperatura existente. Concepto análogo al movimiento de solutos ante un gradiente de concentración en las ecuaciones de transporte de solutos.

Los puntos fuente-sumidero consideran la entradas o salidas de energía provocadas por la entrada o salida de agua al dominio. Estos puntos pueden simular un pozo de inyección o captación.

El programa VS2DH admite como límites de contorno del dominio zonas de entrada de un flujo de calor constante o a temperatura constante. Además, se debe de especificar la temperatura del agua que entra en cada límite de contorno donde haya un flujo de entrada. Cuando el flujo de agua sale del dominio a través de un límite de contorno, el programa establece por definición que la temperatura del agua que sale es igual a la temperatura de la celda de la que procede.

## 2.2. Utilización del programa VS2DH.

El programa presenta un interfaz gráfico que incluye dos formas de trabajo, una para generar el propio fichero de entrada (preprocesador) y otra para manipular los resultados obtenidos a partir del código (postprocesador).

Todos los datos que se introducen en el código deben estar en Sistema Internacional, es decir, el tiempo debe estar en segundos, la longitud en metros, la temperatura en grados centígrados y la masa en kilogramos. Estas unidades son estrictamente las que permite utilizar el código VS2DH, el preprocesador puede trabajar con unidades diferentes pero estas serán convertidas a Sistema Internacional en el momento de generar el fichero de entrada para el posprocesador. El programa asume los 20°C como temperatura de referencia para la entrada de variables dependientes de la temperatura.

### 2.2.1. El preprocesador.

Respecto a la primera fase de trabajo, mediante un interfaz gráfico amigable se definen las siguientes variables y parámetros:

- El dominio a considerar para el modelo.
- Propiedades hidráulicas de los materiales:
  - Permeabilidad vertical.
  - Permeabilidad horizontal.
  - Coeficiente de almacenamiento.
  - Porosidad eficaz.
- Propiedades energéticas de los materiales:
  - Capacidad calorífica.
  - Conductividad térmica.
- Condiciones iniciales:
  - Niveles piezométricos (*Equilibrium Profile – Pressure Head*).
  - Saturación del medio poroso (*Moisture Content*).
- Condiciones de contorno de:
  - Potencial hidráulico específico.
  - Caudal.
  - Infiltración con encharcamiento.
- Discretización del dominio: Mallado.
- Fuentes-Sumideros.
- Puntos de observación.

Las variables espaciales se introducen mediante la ayuda de dibujo vectorial, utilizando figuras geométricas se asignan valores a las diferentes celdas del dominio (figura 1). La

variación temporal de estas propiedades se programa de una forma sencilla mediante la definición de periodos temporales y el uso de tablas.

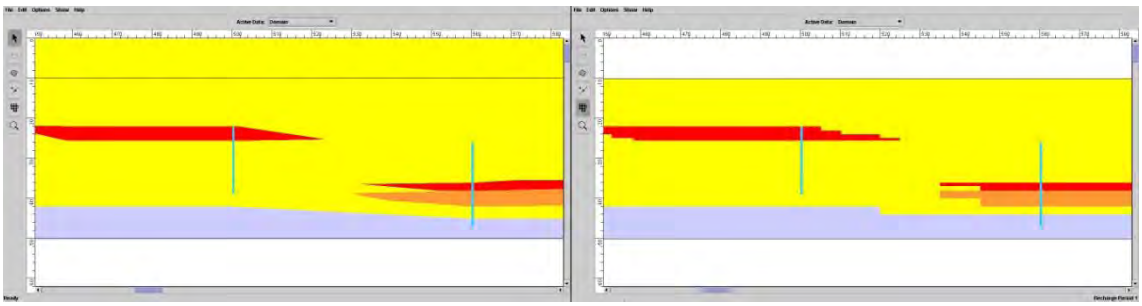


**Figura 1. Preprocesador mostrando la asignación de tipos de materiales geológicos a cada celda del dominio (discretización).**

### 2.2.2. El postprocesador.

La segunda fase de la modelización corresponde a la ejecución de la simulación. El postprocesador representa gráficamente los resultados de las ecuaciones de flujo para cada paso temporal (figura 1). Asigna mediante una escala de colores un rango de valores a cada celda como resultado de la simulación, valores de parámetros como el potencial hidráulico total, contenido en humedad, porcentaje de saturación, temperatura, velocidad o caudales. El posprocesador es capaz de interpolar los datos de cada celda y representar isolíneas de la propiedad seleccionada. Además de esta representación gráfica se generan ficheros de salida ASCII (o de texto) con los resultados obtenidos. Estos ficheros son susceptibles de ser observados como ficheros numéricos en procesadores de texto o de ser introducidos en otros programas para su representación gráfica.

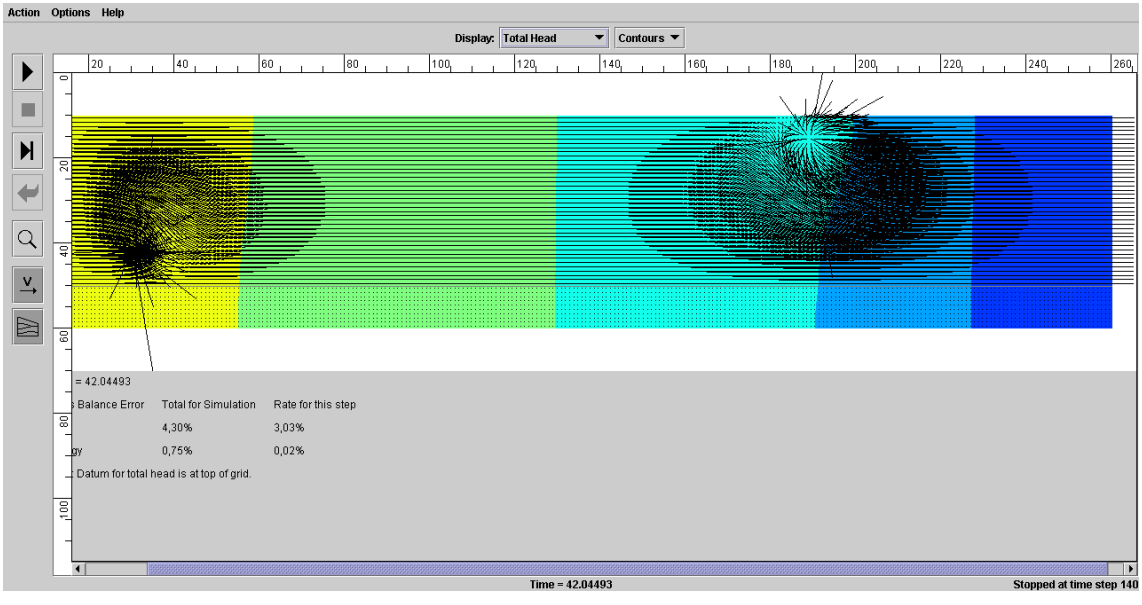



**Figura 2. Postprocesador mostrando las curvas equipotenciales y vectores velocidad de flujo a las 42 horas del inicio de simulación.**

## 3. Aplicación de VS2DHI a los pozos de climatización del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa en el acuífero aluvial del Ebro (Zaragoza):

La creciente explotación de recursos geotérmicos a través de pozos de climatización supone *a priori* un impacto especialmente térmico sobre las aguas subterráneas que hasta la fecha no ha sido suficientemente estudiado. Para evaluar la magnitud del posible impacto que producen estas explotaciones es necesario realizar un balance de energía y, en consecuencia, cuantificar la energía que se está trasfiriendo al terreno que subyace bajo la ciudad. Para ello se estudia la temperatura y el caudal del agua inyectada, y de esta forma obtener tanto las posibles afecciones producidas como su radio de influencia. La clave para resolver este problema es la ecuación que gobierna el transporte de energía (*ecuación 3*), la cual nos permite determinar el calor transferido a cada punto del medio poroso en función del tiempo. Una vez conocidas las condiciones de inyección, el programa VS2DHI nos permite realizar una aproximación cuantitativa de la posible afección de pozos de climatización sobre el subsuelo. La utilización del código numérico implícito del programa no sólo informa de la situación actual sino que nos permite hacer valorar posibles afecciones en el futuro, en función de las variables de entrada introducidas; tiempos de bombeo, caudales, temperaturas de inyección, variaciones de parámetros hidráulicos-energéticos, etc.

El programa VH2DI se ha aplicado a una zona de explotación geotérmica en la que los pozos están razonablemente orientados respecto a las líneas de flujo natural de las aguas subterráneas. Se trata del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza, situado sobre el acuífero aluvial del Ebro. El centro hospitalario explota recursos geotérmicos mediante un pozo de captación (IPA: 2715-4-0226) y un pozo de vertido (IPA: 2715-4-0229), estos pozos se encuentran separados por una distancia de 60 m, y además, existe un flujo natural de las aguas subterráneas en el acuífero generado por un gradiente hidráulico de $3 \cdot 10^{-3}$ $m \cdot m^{-1}$.

A continuación se exponen los datos introducidos:

- **Dominio:**

El dominio considerado para la simulación de flujo y transporte de energía consiste en un corte vertical (x, z) con unas dimensiones de 1170 x 40 m, las cuales además de permitirnos simular el problema en las proximidades de la zona de explotación, nos permite evalar el avance del frente de impacto térmico.

- **Materiales geológicos:**

A partir de las descripciones litológicas de cada pozo se determina la disposición de los materiales presentes en el dominio considerado. Los parámetros hidráulicos para cada uno de los materiales geológicos diferenciados se presentan en la tabla 1.

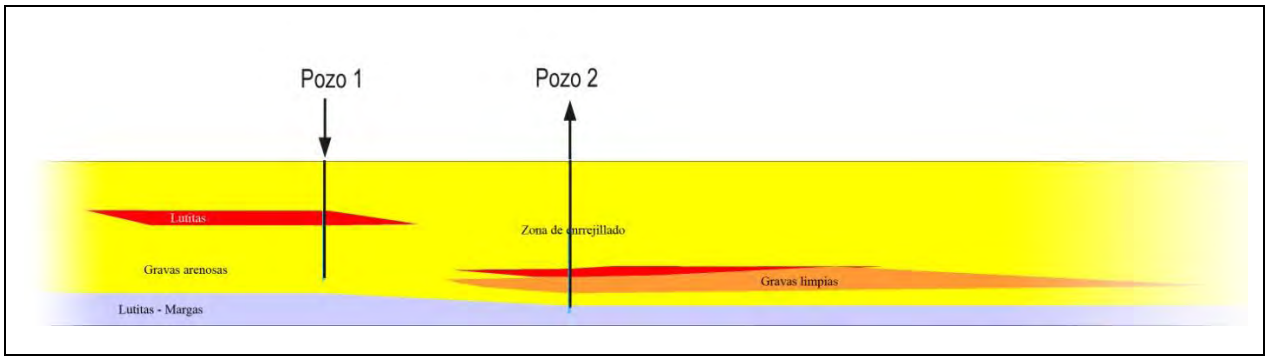



**Figura 3. Disposición de los diferentes materiales geológicos considerados.**

Tabla 1. Propiedades hidráulicas de los materiales geológicos.

| Litología | Kzz/Khh | Khh saturada | Ss | Porosidad eficaz | RMC | Apha | Beta | Long.disp | Trans.disp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unidades** | [adm] | [m/día] | [%] | [%] | [adm] | [adm] | [adm] | [adm] | [adm] |
| **Lutitas** | 0.1 | 0.0001 | 7 | 7 | 0.06 | 0.1 | 2 | 40 | 40 |
| **Gravas arenosas** | 0.1 | 150 | 17 | 17 | 0.05 | 12.4 | 2.28 | 40 | 40 |
| **Gravas limpias** | 0.1 | 600 | 15 | 15 | 0.05 | 12.4 | 2.28 | 40 | 40 |

Los parámetros térmicos para la ecuación de flujo considerados se exponen en la tabla 2.

Tabla 2. Propiedades térmicas de los materiales.

| Litología | $C_{sólido}$ | KTr | KTs | $C_{agua}$ |
|---|---|---|---|---|
| **Unidades** | [J/m$^3$K] | [W/mK] | [W/mK] | [J/m$^3$K] |
| **Lutitas** | $2 \cdot 10^6$ | 1.7 | 1.7 | $4.184 \cdot 10^6$ |
| **Gravas arenosas** | $2.2 \cdot 10^6$ | 2.4 | 2.4 | $4.184 \cdot 10^6$ |
| **Gravas limpias** | $2.4 \cdot 10^6$ | 1.8 | 1.8 | $4.184 \cdot 10^6$ |

- **Condiciones hidráulicas iniciales:**

Para las condiciones hidráulicas iniciales se considera un nivel freático situado a 22 m de profundidad respecto a la superficie del terreno (*Equilibrium profile*).

- **Temperatura inicial del dominio:**

Para simplificar la simulación se define la temperatura inicial de todo el dominio a 15°C.

- **Condiciones de contorno.**

Las condiciones de contorno son constantes para todos los periodos de tiempo definidos. En general se definen todos los límites del dominio como impermeables y adiabáticos. Sólo los límites laterales del dominio son fijados a potencial hidráulico constante de tal forma que se respete siempre el gradiente hidráulico ($3 \cdot 10^{-3}$ m·m$^{-1}$).

- **Mallado.**

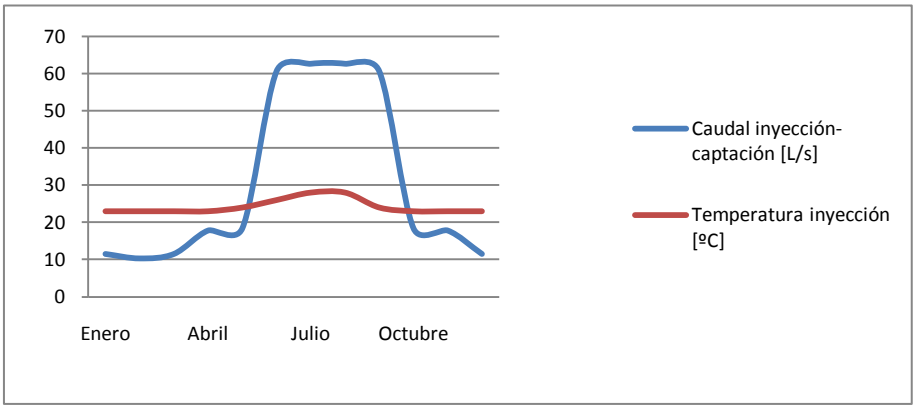
En este caso se realiza un mallado telescópico con mayor discretización en la proximidad de los pozos de captación-inyección. Las celdas periféricas tienen 50 m de lado y las contiguas a las captaciones 5 m.

- **Puntos fuente/sumidero.**

Los pozos se simulan mediante un punto sumidero para la captación y un punto fuente para la inyección. Estos puntos se han situado en materiales de alta permeabilidad y capacidad calorífica del agua con el fin de simular un volumen de tubería con rejilla. Dado que el código considera un problema bidimensional es necesario introducir caudales por unidad de longitud normal al dominio. De esta forma el caudal introducido corresponde con el volumen de agua que circularía por la sección seleccionada. En otro caso estaríamos introduciendo en la simulación un volumen de agua que experimenta una trayectoria no contenida en el plano del dominio. Es decir, estaríamos introduciendo mayor volumen de agua del que corresponde por unidad de sección. (El agua inyectada, en realidad, experimenta un flujo con componentes en las tres dimensiones, sólo pudiéndose considerar dos dimensiones es imposible valorar todo el volumen de agua en nuestra simulación. Por ello hay que restringirse al agua que circula a través del dominio seleccionado). Los caudales y temperaturas utilizados/as se exponen en la tabla 3, se ha considerado que el radio de influencia de cada pozo es de aproximadamente 100 m.

Tabla 3. Régimen de captación-inyección y representación gráfica.

| Mes | Caudal Inyección/Captación [L/s] | $T_{inyección}$ [°C] |
|---|---|---|
| Enero | 11.5 | 23 |
| febrero | 10.3 | 23 |
| marzo | 11.5 | 23 |
| abril | 17.8 | 23 |
| mayo | 18.4 | 24 |
| Junio | 60.6 | 26 |
| Julio | 62.6 | 28 |
| Agosto | 62.6 | 28 |
| Septiembre | 60.6 | 24 |
| Octubre | 18.4 | 23 |
| Noviembre | 17.8 | 23 |
| Diciembre | 11.5 | 23 |



A modo de ejemplo, los resultados obtenidos a partir de una simulación de 5 años de duración con el régimen de caudales y temperaturas que se mencionan anteriormente (tabla 3) son los siguientes:

Durante ocho meses de simulación se obtiene la distribución espacial de temperaturas que se muestra en la figura 4.

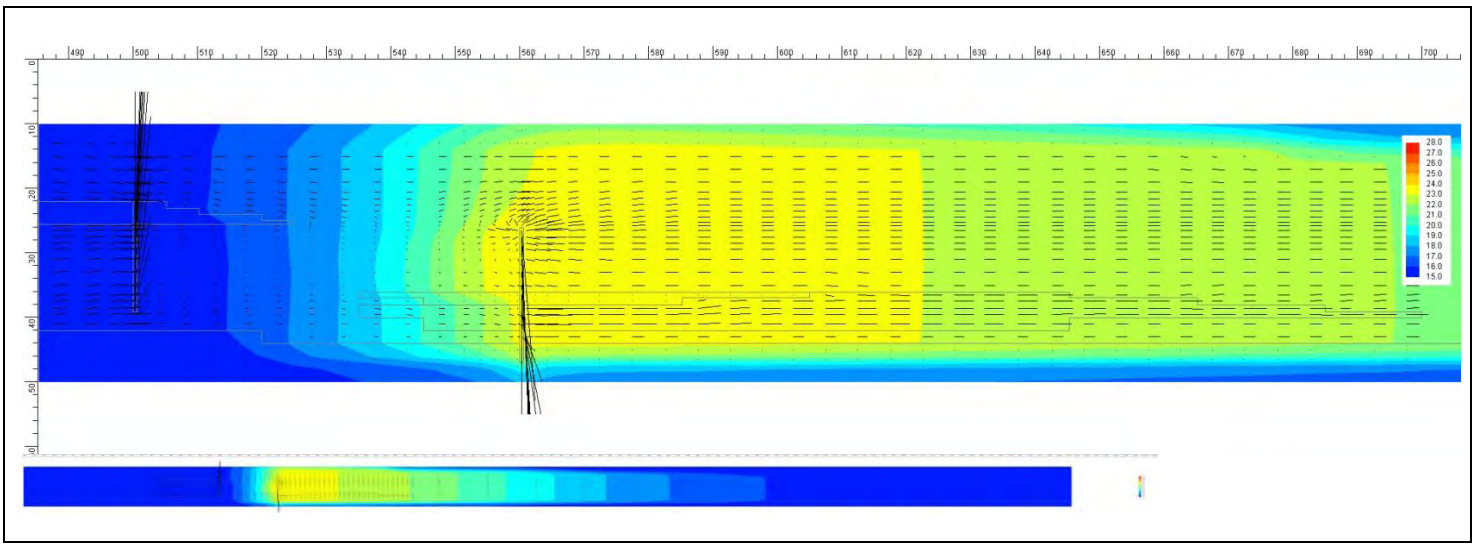


**Figura 4. Distribución de temperaturas [°C] en el espacio [m] después de ocho meses de simulación. Se observa una propagación de la anomalía térmica predominantemente a favor del gradiente natural de las aguas subterráneas.**

A continuación se presentan la distribución de la temperatura en el dominio a final de cada año de simulación (figura 5 y anexo). Esto representa la situación final para cada periodo anual de bombeo.

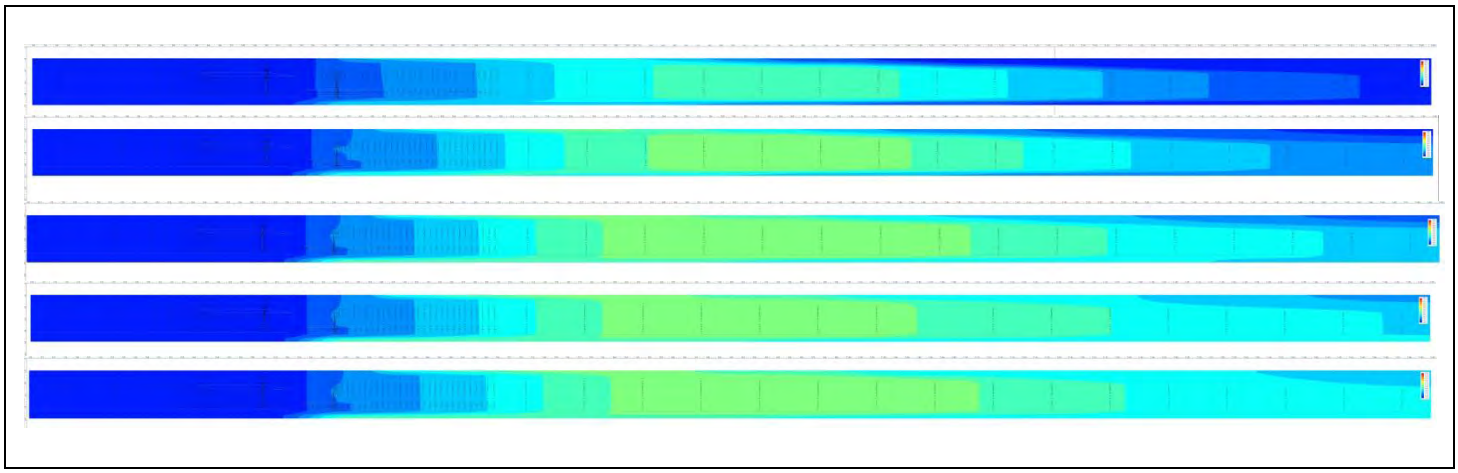


**Figura 5. Distribución de temperaturas [°C] en el espacio [m] trascurridos 1 año, 2 años, 3 años, 4 años y 5 años (de arriba abajo respectivamente).**

Entre la figura 4 y la figura 5 se puede observar como la anomalía térmica producida por el pozo de inyección se desplaza a lo largo del tiempo en la dirección general del acuífero. La anomalía presenta una gradiente de temperaturas como respuesta al aumento de caudales y temperatura de inyección en los meses más calurosos. La anomalía o pluma generada es asimilada por el agua que entra al sistema en periodos de menores caudales y temperaturas de inyección, esto hace que la pluma quede seccionada a modo de “islas de calor” que se mueven a lo largo de las líneas de flujo naturales del acuífero. No obstante cada año hay una

energía residual del año anterior que hace que la siguiente “isla de calor” generada tenga un mayor tamaño, como puede verse en la figura 5.

El programa VH2DI permite hacer la simulación considerada en un dominio de geometría radial. En la figura 6 y en el anexo se puede observar la propagación de la anomalía térmica en ausencia del flujo natural de aguas subterráneas entorno al foco de calor. En la figura 7 se muestra la deceleración en el avance de un frente de impacto térmico de 5°C durante un periodo de 5 años de bombeo (según tabla 3), alcanzando un estado “cuasiestacionario”. La anomalía se estabiliza aproximadamente a una distancia de 375±25 m.

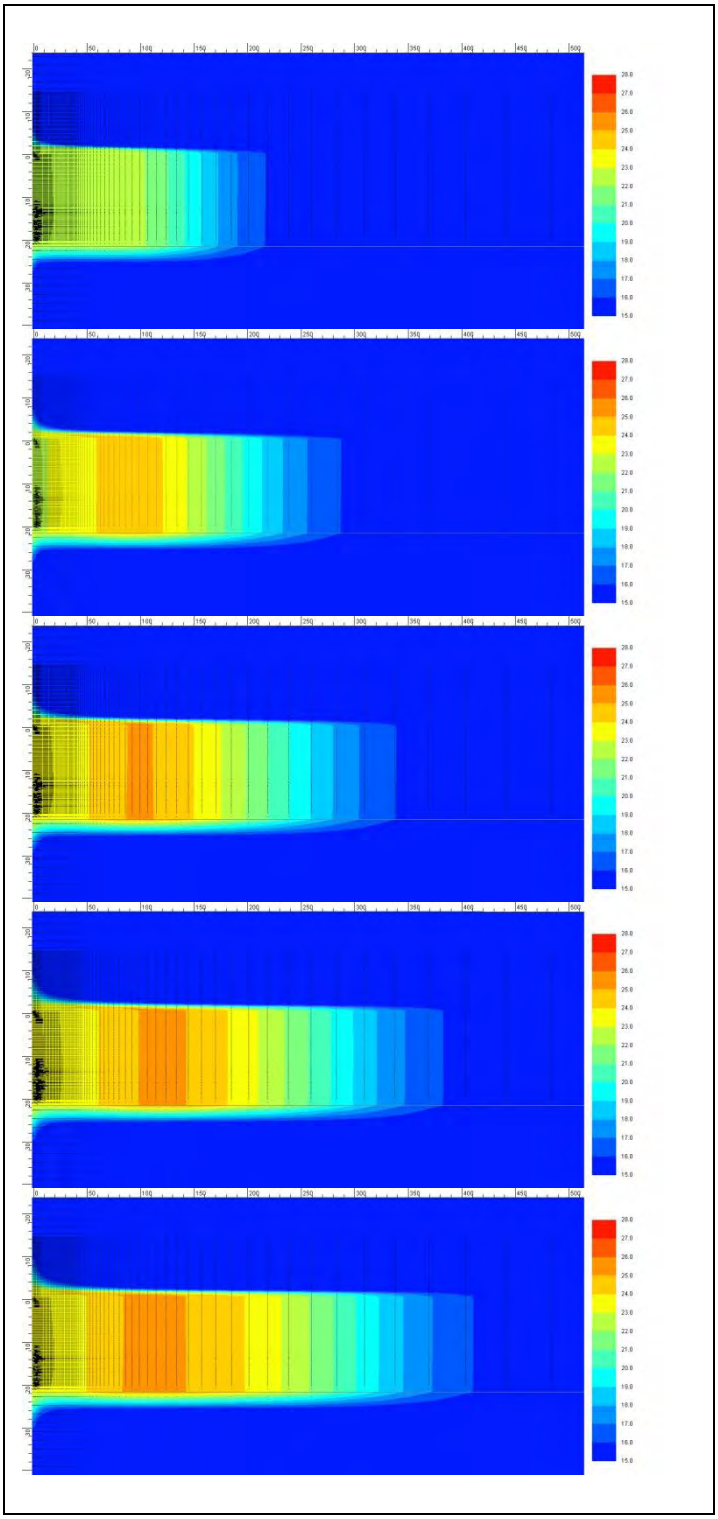


**Figura 6. Distribución de temperaturas [°C] en el espacio [m] trascurridos 1 año, 2 años, 3 años, 4 años y 5 años.(de arriba abajo respectivamente).**

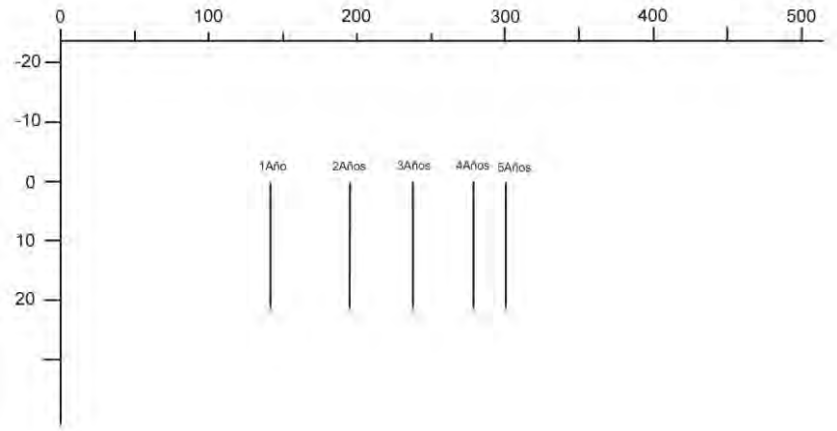



**Figura 7. Avance [m] del frente de anomalía térmica de 5°C para cada año.**

## 4. Bibliografía:

**Healy, R. W.**, 1990. *Simulation of solute transport in variably saturated porous media with supplemental information on modifications to the U.S. Geological Survey`s computer program VS2D*: U.S. Geological Survey´s Water-Resources Investigations Report 90-4025, 125p.

**Kipp, K.L.**, 1987. HST3D: *A computer code for simulation of heat and solute transport in three-dimensional ground-water flow systems*: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 86-4095, 517 p.

**Lappala, E.G., Healy, R.W., and Weeks, E.R**, 1987. *Documentation of computer program VS2D to solve the equations of fluid flow in variably saturated porous media: U.S. Geological Survey Water Resources Investigations* Report 83-4099, 184 p.

**Van Duin**, 1963. *The influence of management on the temperature wave near the surface*: Wageningen, Institute for Land and Water Management Research, Technical Bulletin 29.

# MODELO DE TRANSPORTE DE CALOR PARA EL APROVECHAMIENTO GEOTÉRMICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ENTORNO DEL HOSPITAL PROVINCIAL DE ZARAGOZA.

**8 de mayo de 2013**

**Enric Vázquez-Suñé**
**Alejandro García Gil**

**Grup Hidrologia Subterrània IDÆA (CSIC)-UPC**
**C/ Jordi Girona, 18, 08034, BCN**

# Introducción

La creciente demanda del aprovechamiento energético de las aguas subterráneas en el acuífero aluvial de la ciudad de Zaragoza hace necesario un estudio de las posibilidades y limitaciones que presenta dicho acuífero al respecto. En este sentido el IGME ha iniciado las actividades de caracterización hidrogeológica, siendo en este marco, donde se encuadra el presente trabajo realizado por el Grupo de Hidrología Subterránea (IDAEA(CSIC)- UPC). Para la determinación de los parámetros que rigen el comportamiento hidráulico y térmico del acuífero se ha estudiado el fenómeno de transporte de calor en el entorno de una explotación geotérmica importante. Se trata del Hospital Provincial de Zaragoza, el cual utiliza un sistema abierto con dos pozos de captación y uno de vertido. El consumo neto de agua en este tipo de aprovechamientos es prácticamente nulo ya que una vez se ha intercambiado el calor el agua es devuelta al acuífero. Por otra parte el intercambio de calor puede ser significativo y afectar a las condiciones naturales del acuífero así como a otras explotaciones. No obstante, las ventajas de la energía geotérmica son tanto ambientales como económicas, por lo que es preciso profundizar en su conocimiento y extender sus aplicaciones.

## 1.1. Objetivos

Es necesario cuantificar el funcionamiento hidráulico y térmico del acuífero de Zaragoza mediante la modelación numérica de los procesos de flujo y transporte de calor. De esta forma se podrá evaluar las posibilidades del aprovechamiento térmico del agua subterránea, la interacción entre los diversos sistemas implementados, sus limitaciones y el impacto sobre el acuífero que pueda generar dicha explotación.

## 1.2. Contexto geológico hidrogeológico

La zona de estudio se encuentra dentro del casco urbano de la ciudad de Zaragoza. Esta corresponde a la parte central de la cuenca hidrográfica del Ebro (Figura 1), donde el valle del río Ebro se encuentra incidiendo una secuencia evaporítica Oligo-

Miocena de más de 800 m de potencia, dicha secuencia se dispone en capas subhorizontales y está formada por niveles de yeso, margas y arcillas. Dicha secuencia a techo presenta una capa margosa. Por encima se encuentran materiales detríticos correspondientes a las terrazas del río Ebro, su espesor es muy variable y tiene de 10 a 30 m de espesor. Esta variabilidad se debe a la presencia de un karst importante en los materiales evaporíticos terciarios. La subsidencia que se produce por fenómenos de disolución se contrarresta con un relleno sinsedimentario de gravas y sedimentos fluviales, llegando a producirse depocentros de más de 50 m de profundidad.

Tres unidades hidrogeológicas pueden identificarse: los depósitos de llanura de inundación, los depósitos de terraza del río Ebro y los materiales evaporíticos terciarios karstificados. La unidad detrítica aluvial es el acuífero de la zona de estudio, en la figura 2 se presenta su piezometría (IGME).

Por otra parte, se dispone de la información de un ensayo de bombeo en el pozo de captación del Hospital Provincial de Zaragoza, el cual ha sido realizado por el IGME. La transmisividad obtenida de la interpretación del ensayo de bombeo ha sido de 5.700 y 5.900 $m^2d^{-1}$ en piezómetros a 90 y 153 m de distancia al pozo de bombeo (Referencia: Ensayo de bombeo Hospital Provincial p-3.doc). En el propio pozo se ha interpretado una transmisividad de 4.800 $m^2d^{-1}$. La monitorización del nivel y temperatura se ha realizado por el IGME, los datos tienen una resolución temporal de menos de un día y abarcan dos años de tiempo (Fig. 3 y 4). Los puntos de observación fueron elegidos estratégicamente aguas arriba y abajo del sistema geotérmico, en coherencia con el mapa de isopiezas.

### 3.1. Infraestructura del sistema de climatización

El aprovechamiento geotérmico del Hospital Provincial de Zaragoza (Fig. 5) consta de dos bombas sumergibles que captan el agua de los pozos de captación (Fig. 6) y la conducen hasta varios intercambiadores donde se disipa el calor, devolviendo el agua al acuífero de nuevo a través del pozo de vertido (Fig.7). Las necesidades térmicas del

edificio son la disipación de 1374 kW y considerando el modelo de intercambiador seleccionado tendrán que trabajar a una temperatura de condensación de 27°C. Si se supone constante una entrada de agua a 17°C el caudal punta necesario para un salto térmico de 5°C es de 81 L/s (Referencia: datos de diseño del estudio ENSAYA: Abastecimiento del sistema de climatización del Hospital Nuestra Sra. De Gracia de Zaragoza).

Se dispone de los datos de bombeo y vertido de los pozos (Fig.8) involucrados en el sistema geotérmico, así como los datos de temperatura de captación e inyección (Fig. 9).

## 2. metodología

1. Se ha partido de la información disponible sobre el modelo conceptual del funcionamiento hidrogeológico del acuífero aluvial del río Ebro en Zaragoza en relación a los sistemas de intercambio de calor mediante las aguas subterráneas.
2. Se ha seleccionado el caso del Hospital Provincial como ejemplo para realizar la cuantificación del comportamiento hidráulico y térmico del acuífero. Se pretende evaluar los impactos que generan dicho sistema de intercambio de calor en el acuífero de Zaragoza, así como, la cuantificación de sus parámetros hidráulicos y térmicos.
3. Esta cuantificación se ha realizado a partir de la modelación numérica y mediante el programa VISUALTRANSIN (Medina, A. y Carrera, J. 2003. Journal of Hydrology, 281, 251-264.). Las tareas realizadas han sido:
   a. Integración en un modelo de flujo y transporte de calor de todos los datos.
   b. Calibración del modelo.
4. Finalmente se ha hecho un análisis del impacto térmico generado por el sistema de intercambio de calor en el Hospital Provincial sobre el acuífero aluvial de Zaragoza.

# 5. Modelo numérico

Teniendo en cuenta la piezometría del acuífero aluvial en toda la ciudad (Fig.2) se establece un modelo conceptual de flujo del acuífero en la zona de estudio y se establece unas condiciones de contorno acordes. En la Figura 3 se muestra el dominio del modelo y sus condiciones de contorno. Se establecen condiciones de nivel fijo (condición de contorno tipo Dirichlet) para el río Ebro con una función espacial (un campo) que va de 190 a 189 m.s.n.m. aguas abajo. En la parte Oeste del dominio hay una condición Dirichlet con cota 191 m.s.n.m., a la cual se ha aplicado una función temporal para simular las grandes oscilaciones piezométricas registradas en los sensores de presión que han monitorizado el proceso. Oscilaciones con una amplitud de hasta dos metros (de carácter regional) no provocada por bombeos, ya que el acuífero presenta una elevada transmisividad, que con bombeos de 80 L/s se producen descensos de menos de de 30 cm.

El resto de condiciones de contorno (Fig.2) corresponden a zonas de caudal fijo (condición de contorno tipo Neumann), corresponden a líneas de flujo regionales derivadas del mapa de isopiezas. El caudal fijado es nulo ya que por definición el caudal perpendicular a la línea de flujo, en nuestro caso de entrada al sistema de estudio, es nulo.

La discretización espacial se realizado mediante una malla de 3588 nodos y 7083 elementos finitos (Figuras 2, 10 y 13) que se extiende por toda la zona de estudio con un mayor refinamiento en las zonas de captación-vertido donde existen mayores gradientes hidráulicos y de temperatura.

Los puntos de captación y vertido han sido modelados mediante puntos de caudal prescrito según los datos disponibles de bombeo (Referencia: Datos Registro Pozos 2011/2012.xls). El caudal de bombeo-inyección oscila entre 12 y 1400 $m^3d^{-1}$ (Figura 8). Se ha considerado que el caudal de inyección es igual al de captación ya que se ha observado que la diferencia es menor del 6%, se ha supuesto que esta diferencia corresponde a errores instrumentales de los caudalímetros.

Para el flujo de transporte de calor se fijado condiciones de contorno tipo Dirichlet en el río y la parte Oeste de 18.5ºC. Y condición de Neumann para las zonas de captación-inyección con las temperaturas medidas *in situ* (Fig.9). Los parámetros de ecuación de transporte han sido calibrados con la respuesta térmica del piezómetro de observación del Hospital Provincial.

La calibración del modelo se realiza teniendo en cuenta tres aspectos: (1) el mejor ajuste posible entre los datos de niveles piezométricos calculados por el modelo y los observados, (2) Coherencia con los valores de los parámetros hidráulicos-térmicos y su rango de incertidumbre, y (3) coherencia con los balances de masa y energía.

## 6. Resultados y conclusiones

Mediante el proceso de calibrado ha obtenido los parámetros hidráulicos y térmicos de la Tabla I y el buen ajuste que se observa en las figuras 11, 14, 15 y 16. Los parámetros obtenidos se encuentran dentro de un rango coherente con el ensayo de bombeo y valores que cabe esperar en este tipo de acuíferos. Cabe destacar el elevado valor de retardo, que según los cálculos previos (Fig. 12) y los valores estándar según el contexto hidrogeológico de la zona de estudio debería estar entre 2.5 y 5. Esto puede ser debido a la heterogeneidad del medio geológico, la existencia de materiales de menor permeabilidad en el entorno del piezómetro de observación podrían explicar este efecto. Esta singularidad resalta la importancia de una buena caracterización geológica e hidrogeológica y la necesidad de la red de observación.

Tabla I. Parámetros calibrados.

| Parámetro | Dimensiones | Valor calibrado | Valores previos |
|---|---|---|---|
| **Transmisividad** | T[$m^2d^{-1}$] | 1389 | 5000±2000 |
| **Coeficiente de almacenamiento** | S[$m^{-1}$] | 8.50E-03 | 0.1-0.2 |
| **Dispersividad longitudinal** | αL[m] | 17.1 | 10 |
| **Dispersividad trasversal** | αT[m] | 17.2 | 2 |
| **Difusión térmica** | D[m] | 0.4 | 0.4 |
| **Porosidad** | ϕ[-] | 0.33 | 0.3-0.4 |
| **Retardo** | R[-] | 24 | 2.5-5 |

La pluma de contaminación térmica y su evolución durante el periodo de bombeo y su proyección hasta 2020 (figura 14) se muestra en las figuras 17-24. En el periodo modelado la pluma de contaminación térmica no alcanza un estado estacionario. La pluma crece durante los periodos de bombeo y no se recupera la situación inicial en el punto de inyección, aún incluso con la elevada transmisividad del sistema. El pozo de captación no ha experimentado recirculación de calor procedente del punto de inyección y las isotermas próximas al pozo de captación alcanzan un estado estacionario. De tal forma que se puede descartar que parte del calor que se transfiere al acuífero llegue al punto de captación, derivando en una situación de ineficiencia del sistema de climatización-refrigeración general del hospital. Por otro lado el piezómetro de la calle Alvareda registró un aumento de temperatura constante y fuera del rango de variación estacional, posiblemente se está empezando a notar la pluma de contaminación térmica de una explotación geotérmica aguas arriba (documentada por el IGME), que de ser así condicionará la eficiencia del sistema del Hospital Provincial de Zaragoza. Es de sumo interés poder evaluar los impactos térmicos y su distribución integrando todos los sistemas de intercambio de calor existentes en el acuífero aluvial de Zaragoza. Una correcta modelación numérica permitirá cuantificar dichos impactos y predecirlos, además de aportar una herramienta útil para establecer las normas de gestión acorde con los límites de sostenibilidad.

En el anejo 1 se adjunta la presentación del congreso: Aspectos tecnológicos e hidrogeológicos de la geotermia, Barcelona 18-19 de Abril de 2013.

# FIGURAS

Figura 1. Localización de la zona de estudio dentro de la cuenca hidrográfica del río Ebro.

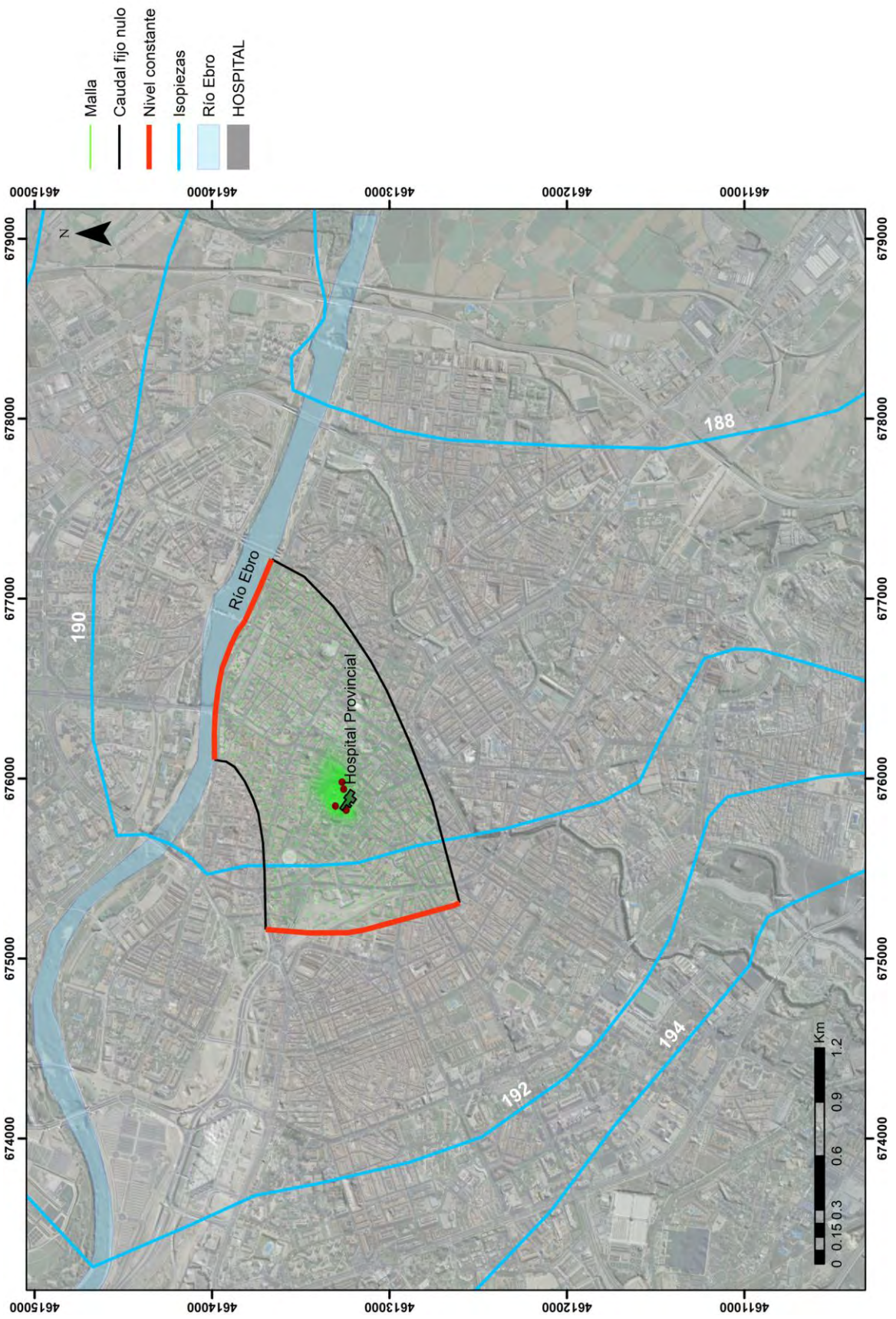



Figura 2. Mapa de isopiezas de la zona de estudio (IGME), malla del modelo y condiciones de contorno.

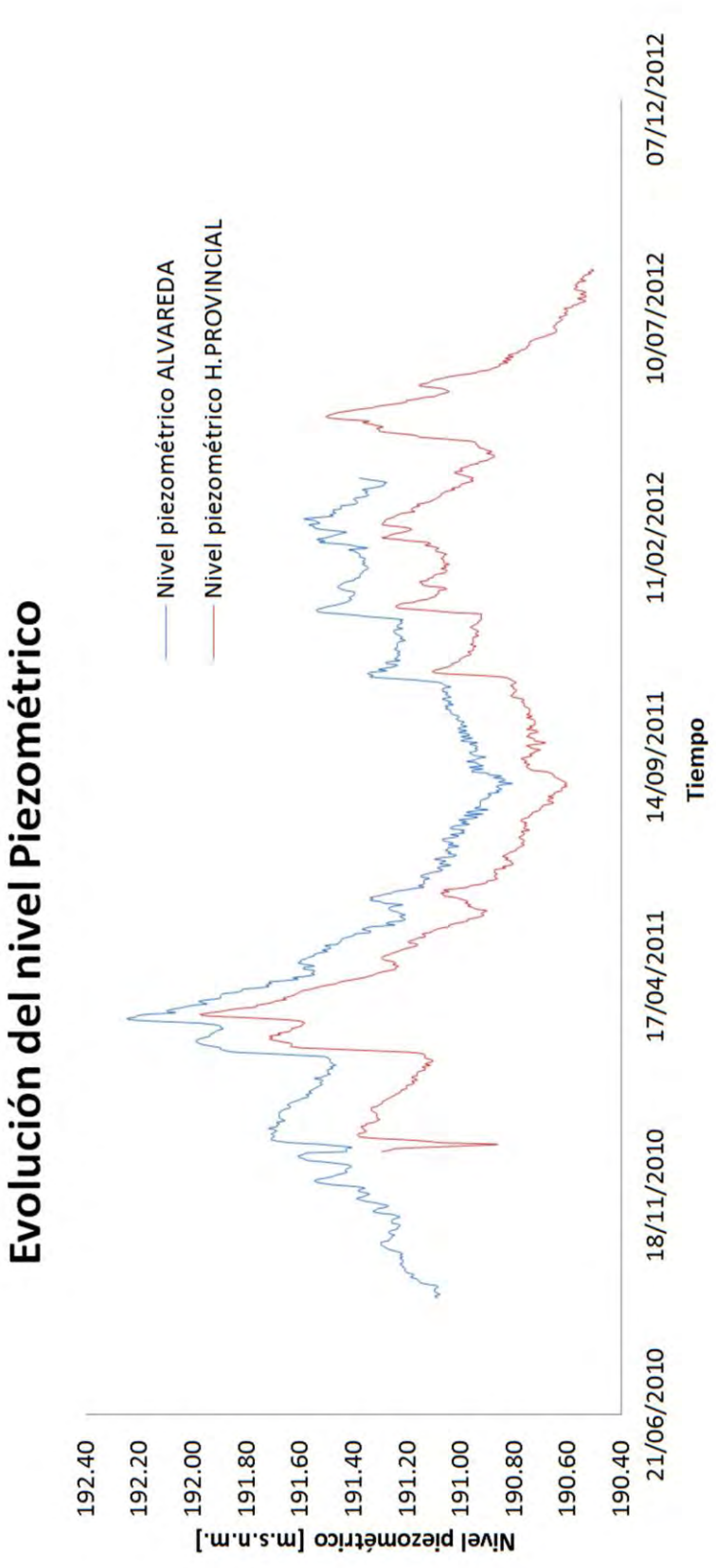



Figura 3. Evolución del nivel piezométrico en los piezómetros Alvareda y Hospital Provincial.

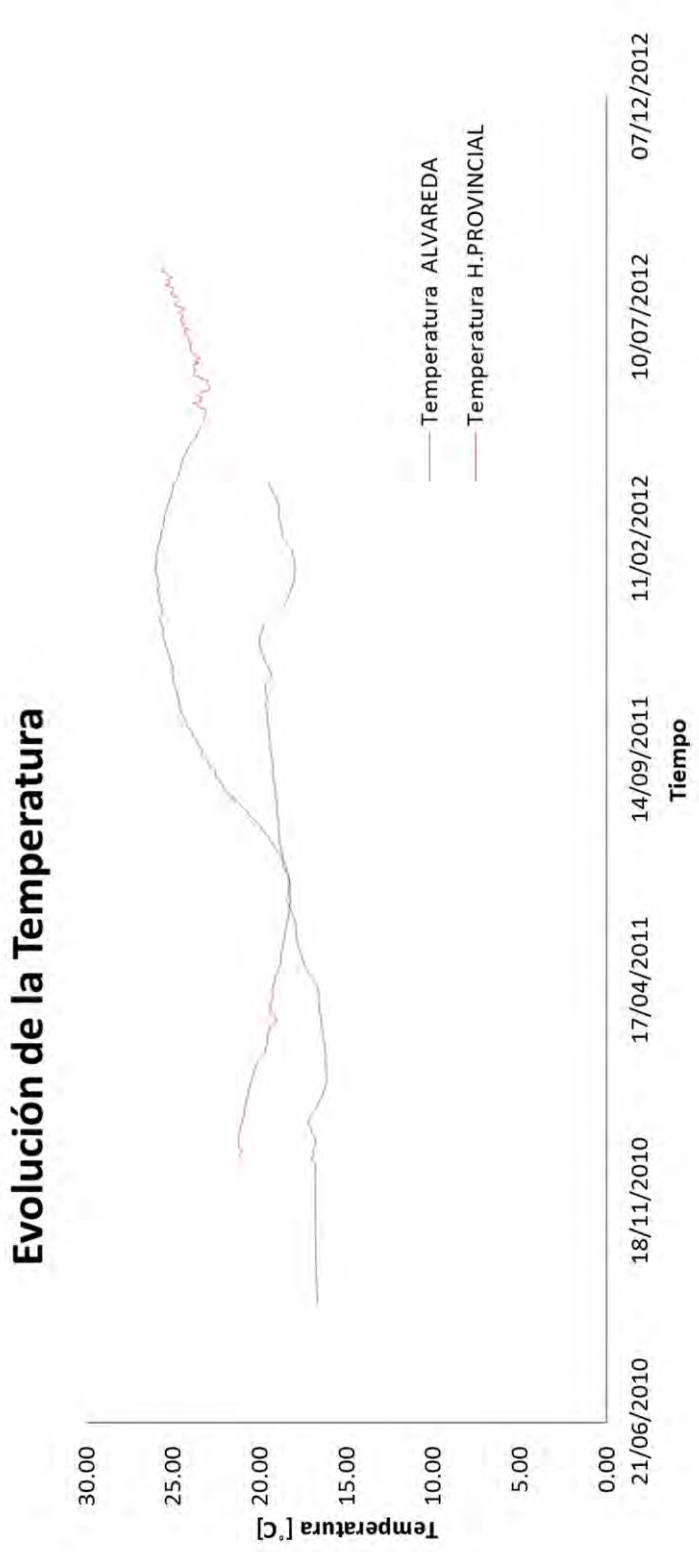



Figura 4. Evolución de la temperatura en los piezómetros Alvareda y Hospital Provincial.

Figura 5. Mapa de emplazamiento del sistema de climatización, puntos de captación-vertido y puntos de observación.

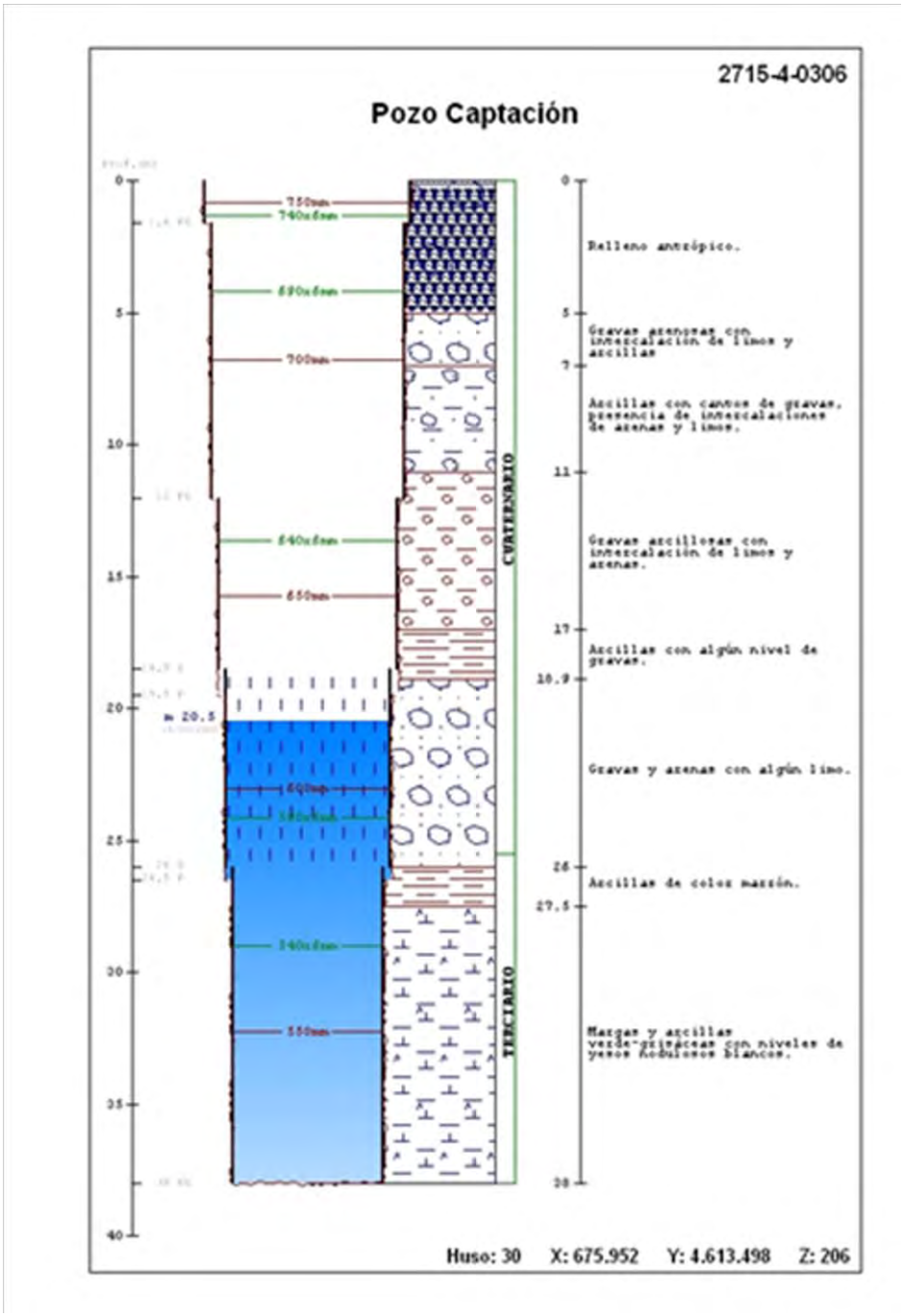



Figura 6. Esquema pozo de captación.

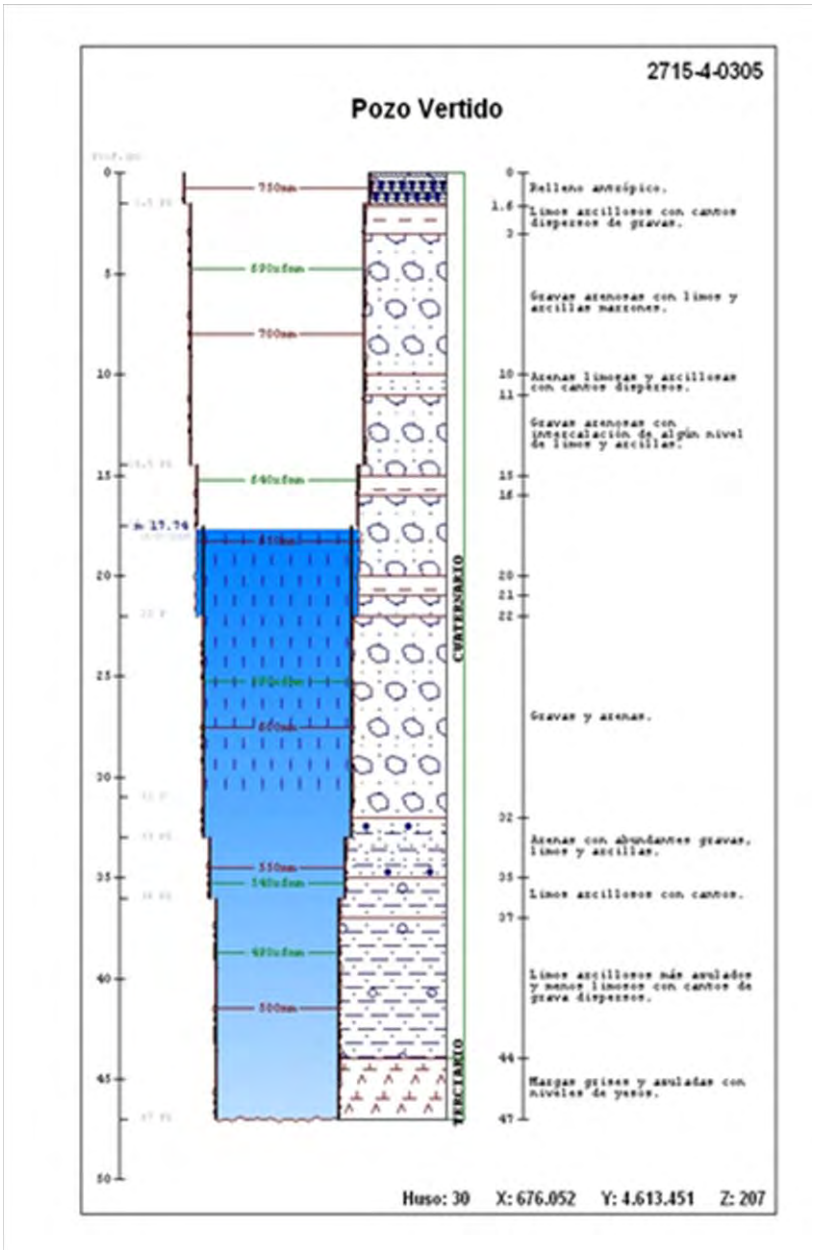



Figura 7. Esquema pozo de vertido.

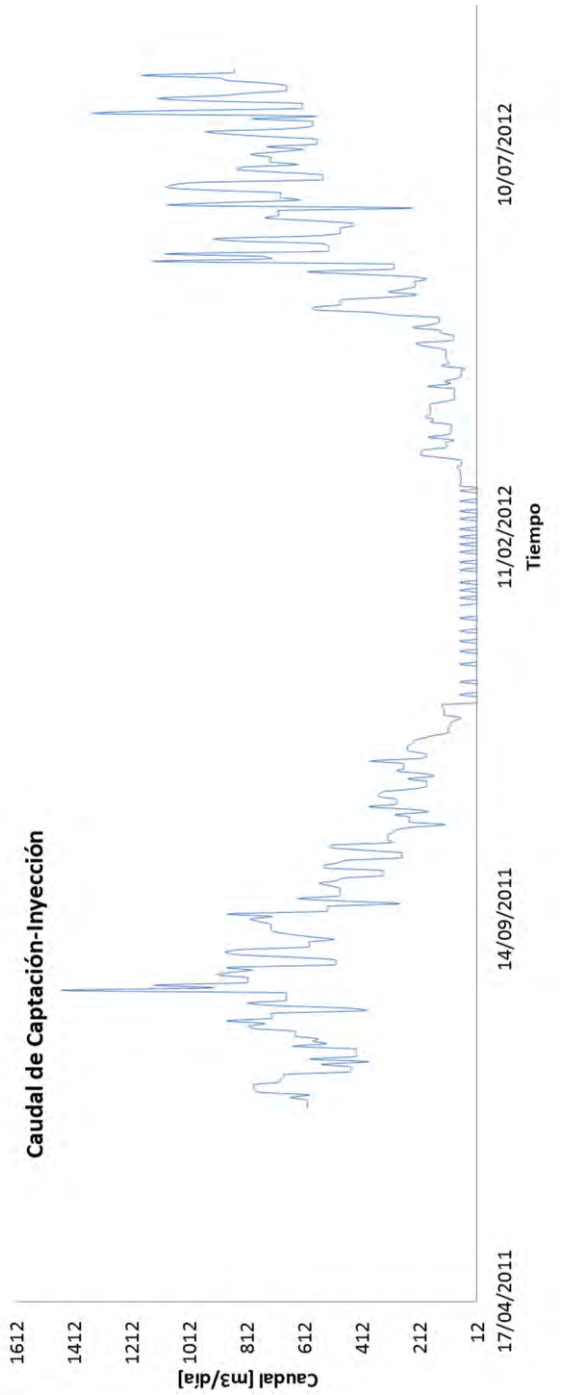



Figura 8. Caudal de captación-inyección en los pozos de climatización.

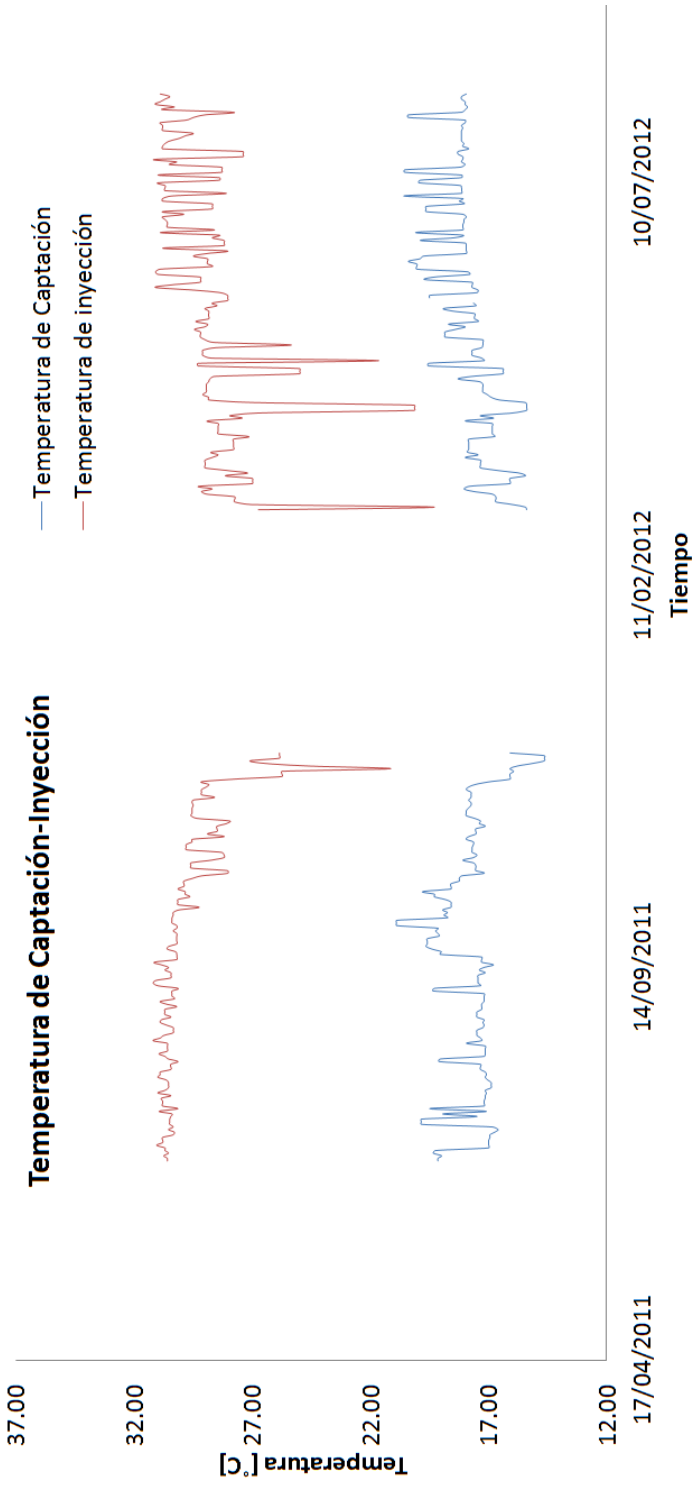



Figura 9. Temperatura de captación-inyección en los pozos de climatización.

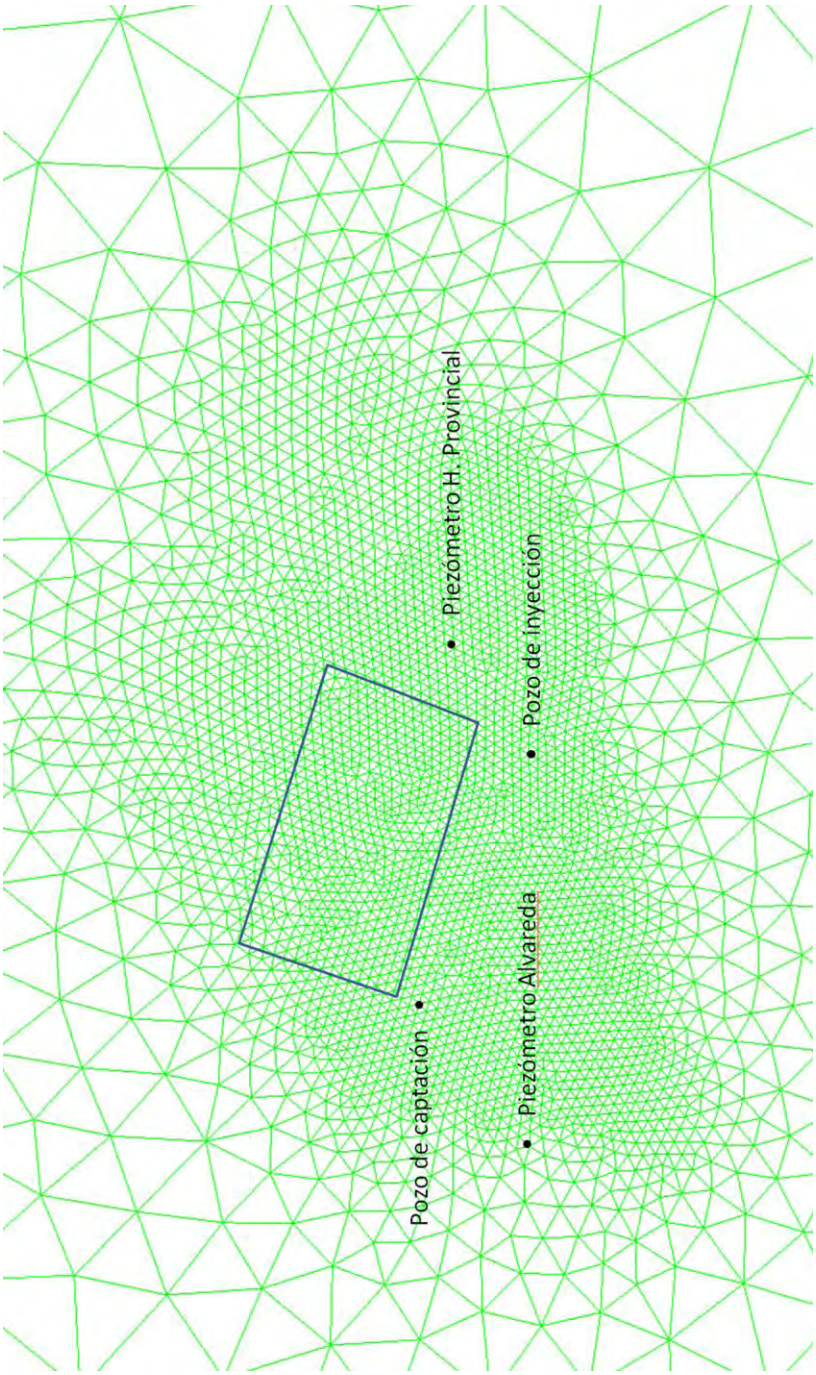



Figura 10. Refinado de la malla de elementos finitos en la zona de captación-vertido.

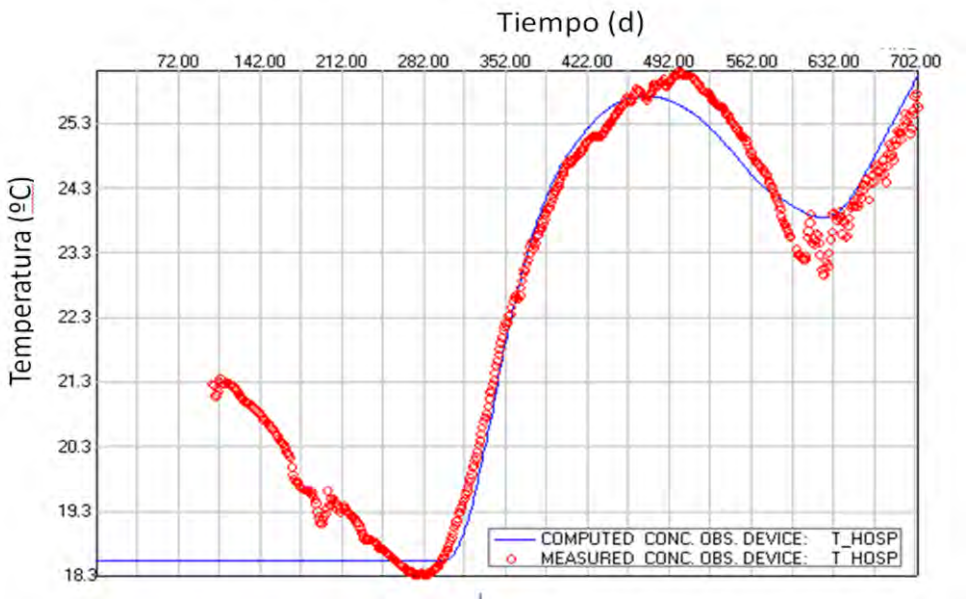



Figura 11. Ajuste de las temperaturas calculadas a las observadas en el piezómetro de observación en el Hospital Provincial de Zaragoza.

$$R \qquad \left(1+\frac{(1-\phi)\frac{\rho_s c_s}{\rho_w c_w}}{\phi}\right)$$

$$D_m \qquad \frac{\lambda_e}{\phi \cdot \rho_w c_w}$$

Figura 12. Expresión del retardo y difusión térmica.

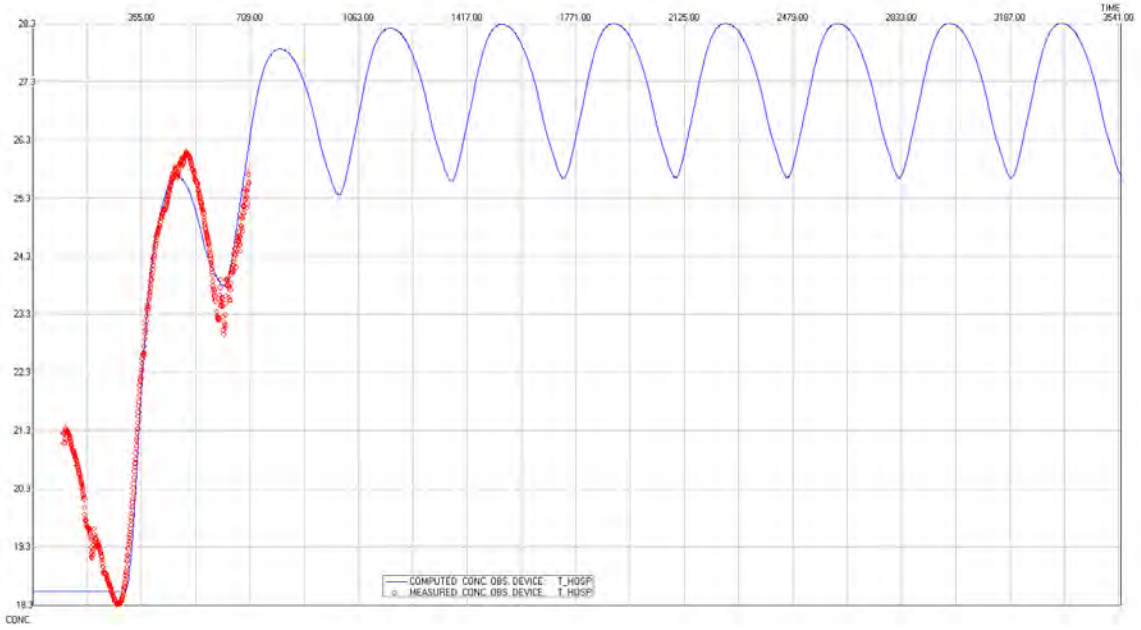
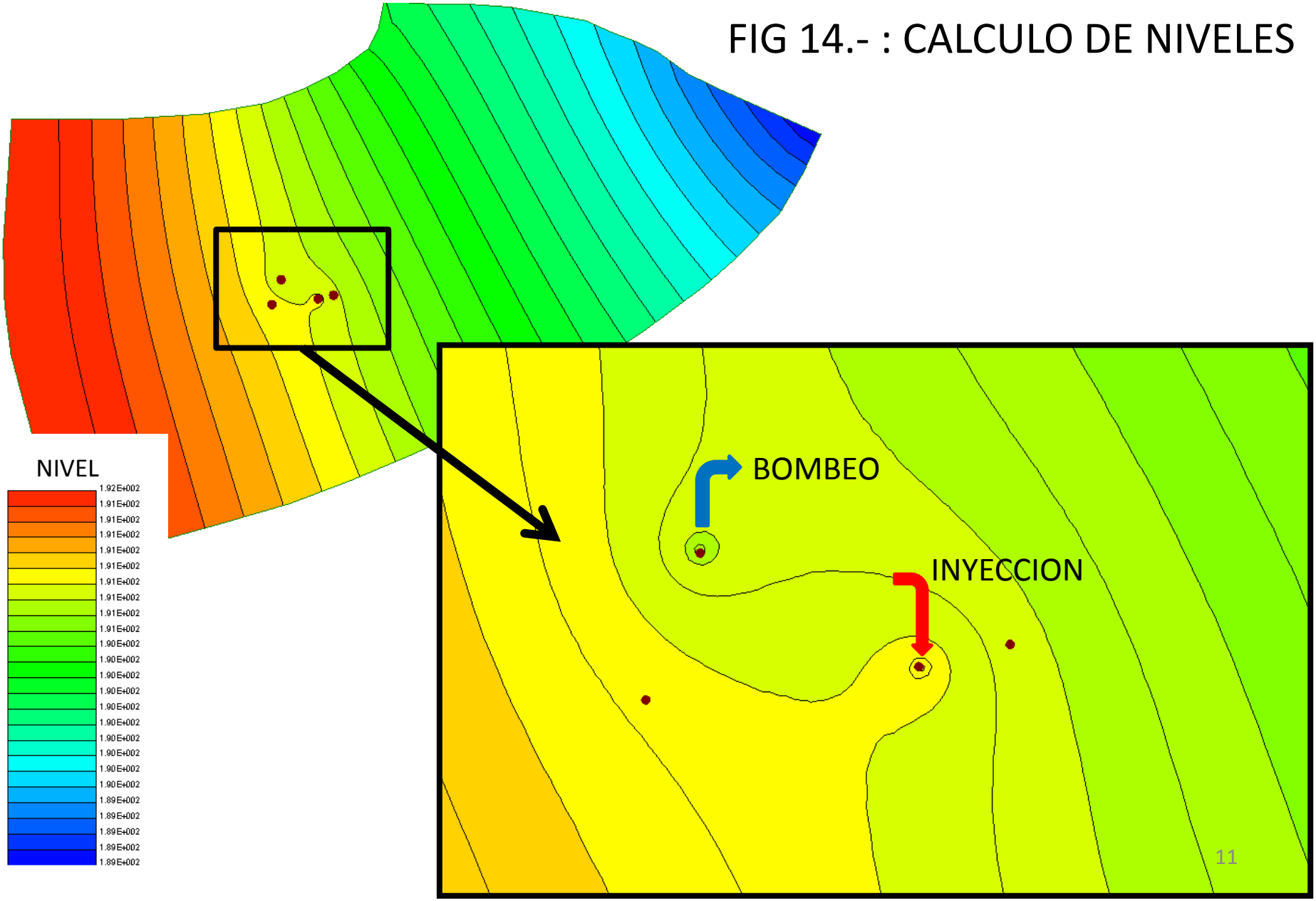



Figura 13. Proyección hasta 2020 de la evolución de la temperatura para el piezómetro de observación en el Hospital Provincial de Zaragoza.

# FIG 14.- : CALCULO DE NIVELES



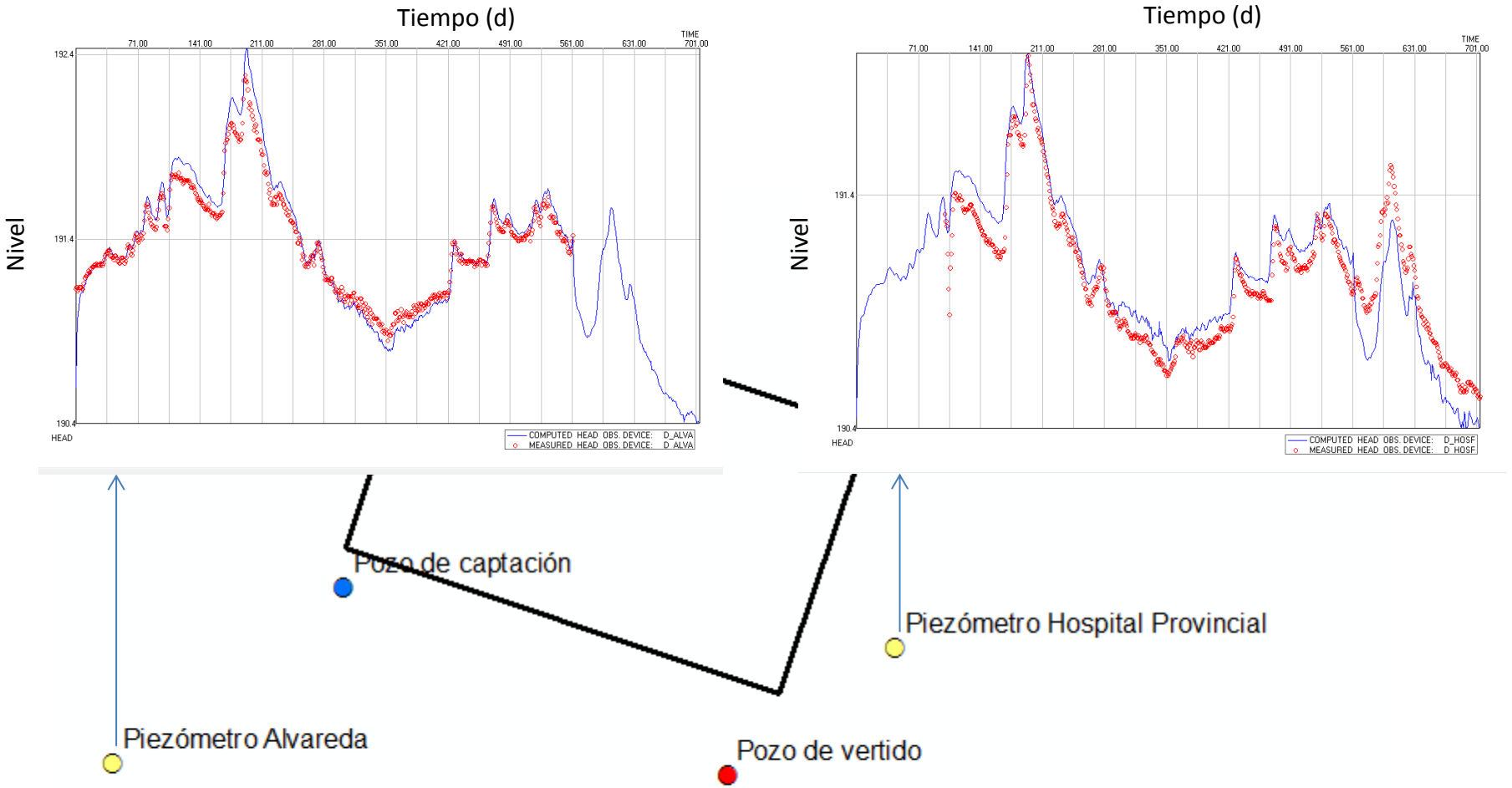



FIG.- 15: AJUSTE DE NIVELES

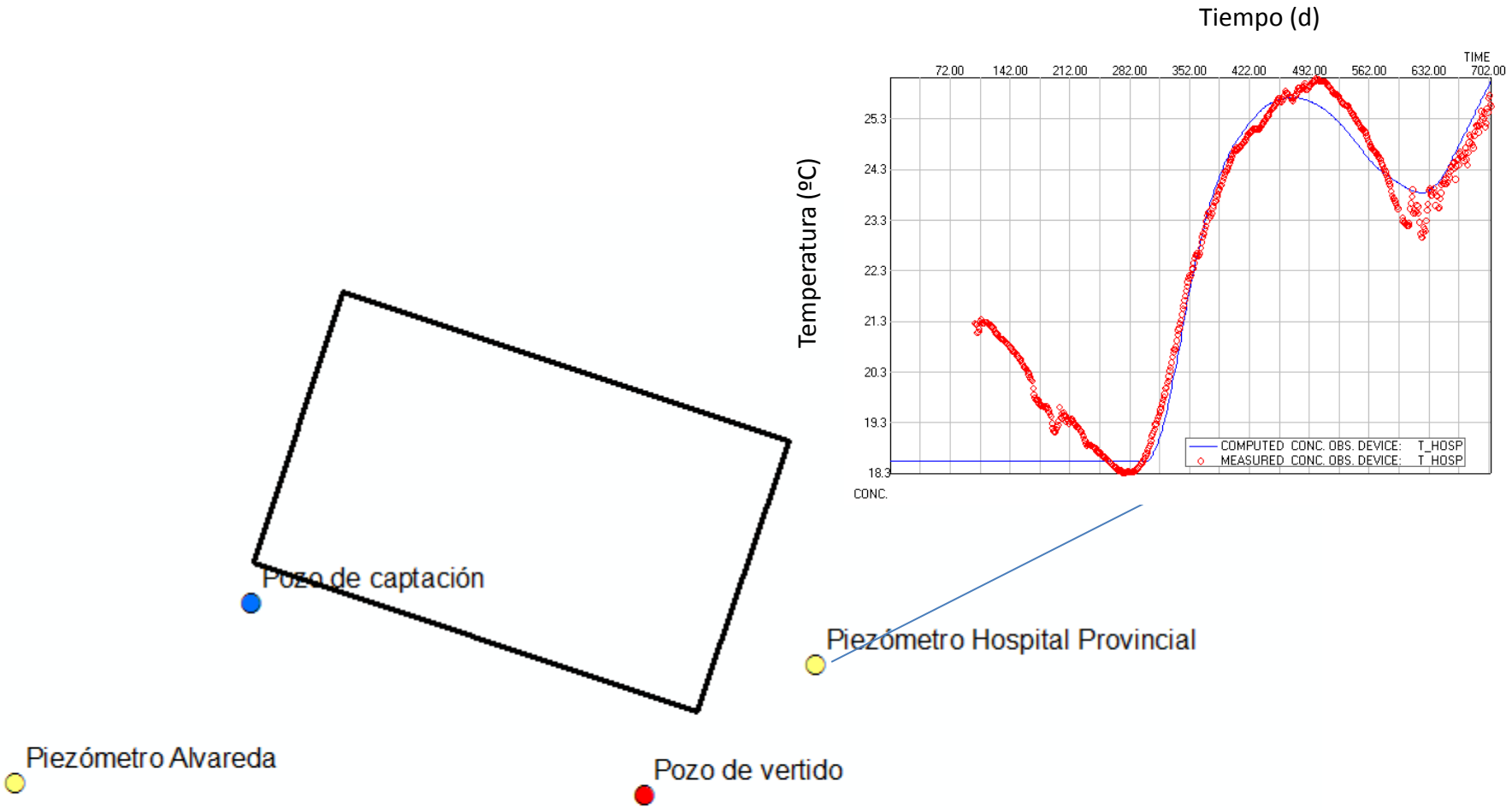



FIG.- 16: AJUSTE DE TEMPERATURAS

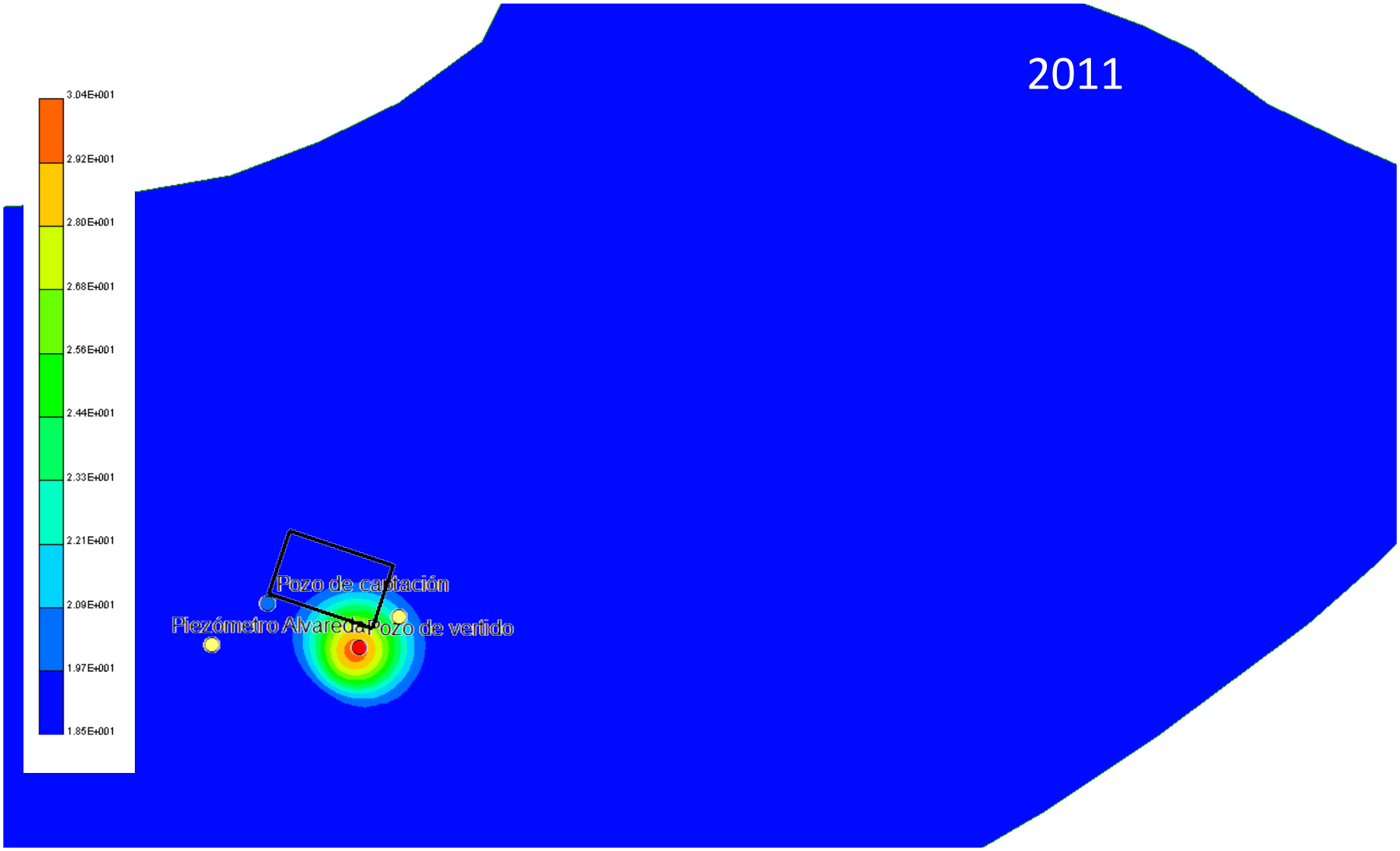



FIG. 17. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

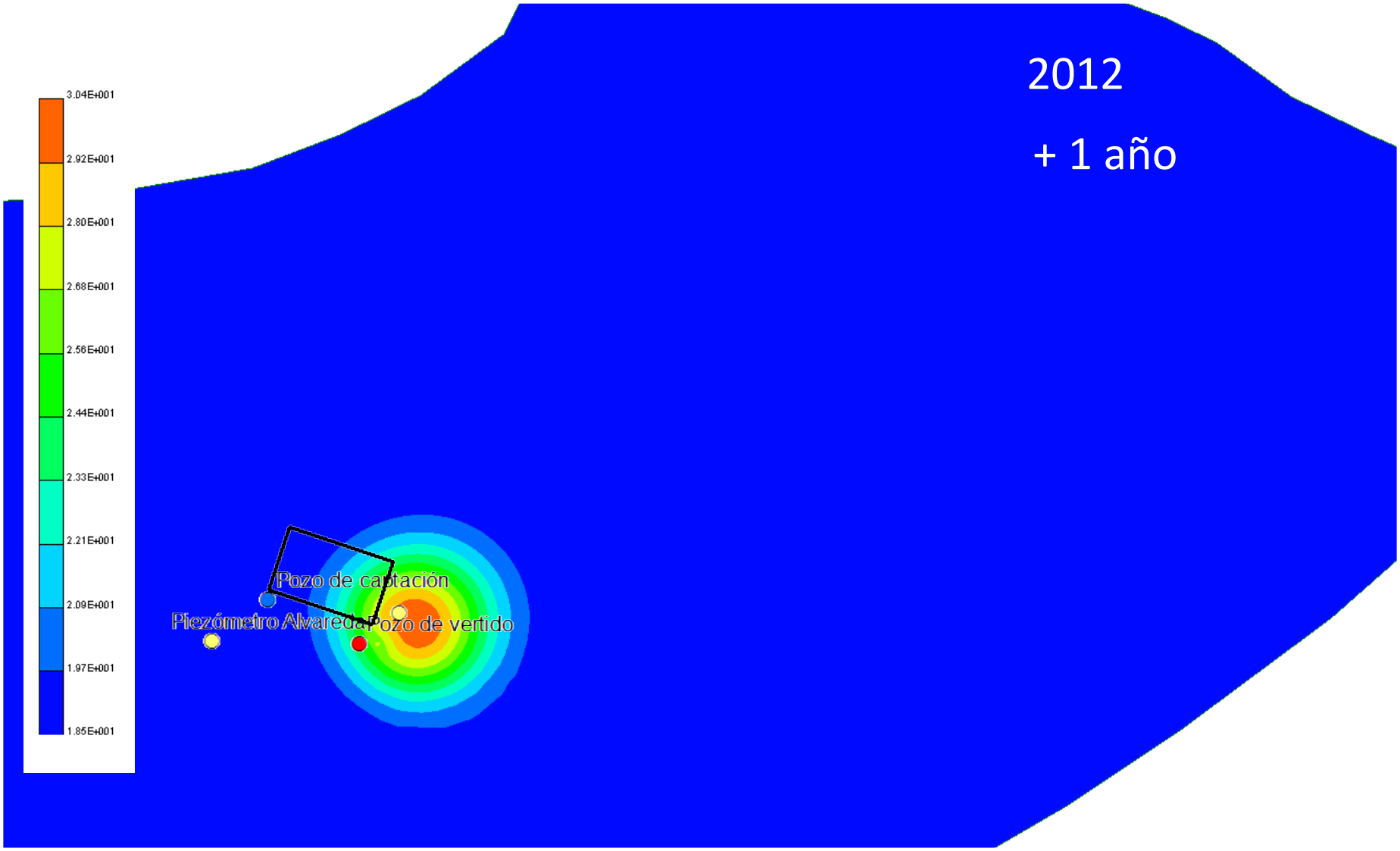



FIG. 18. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

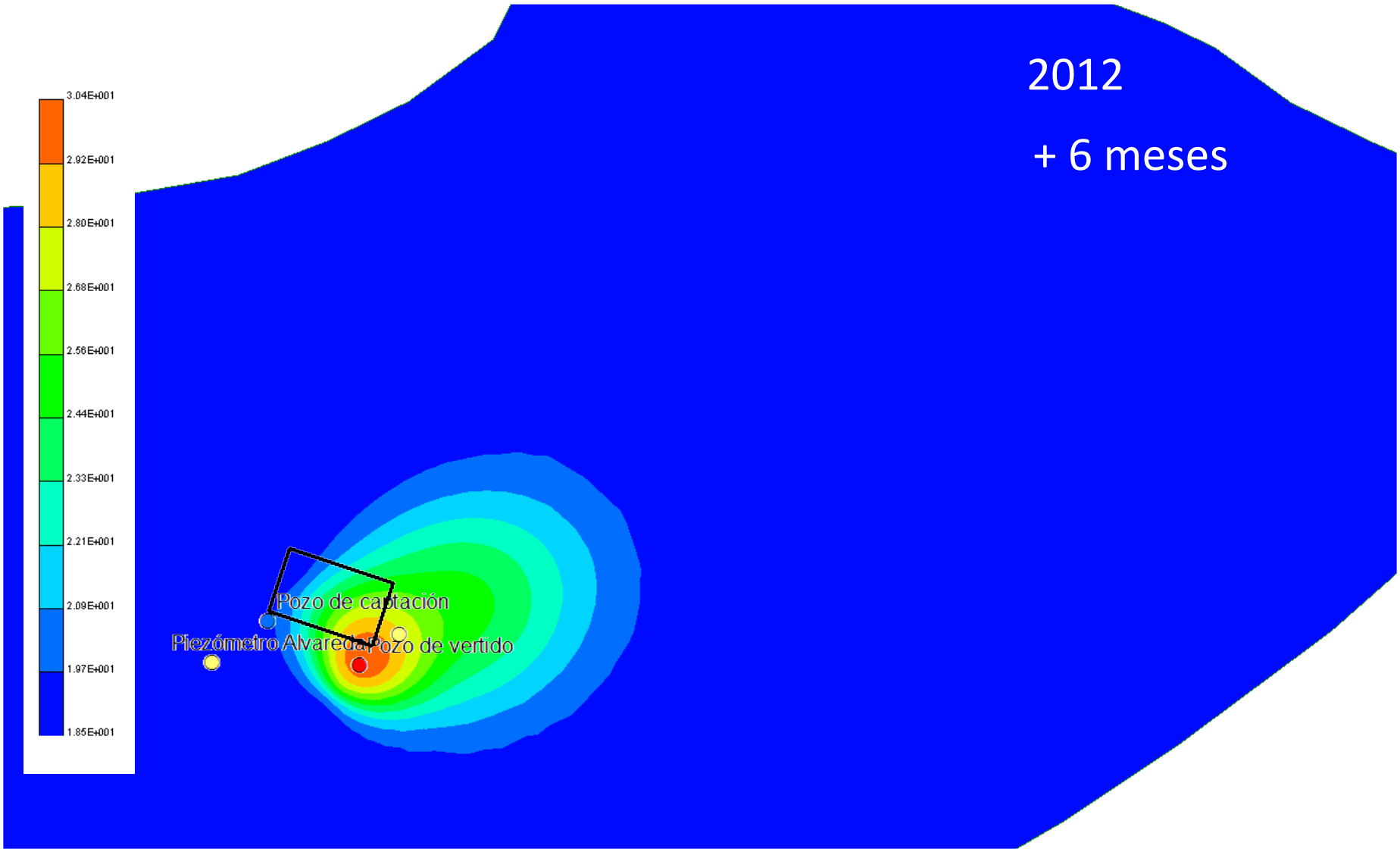



FIG. 19. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

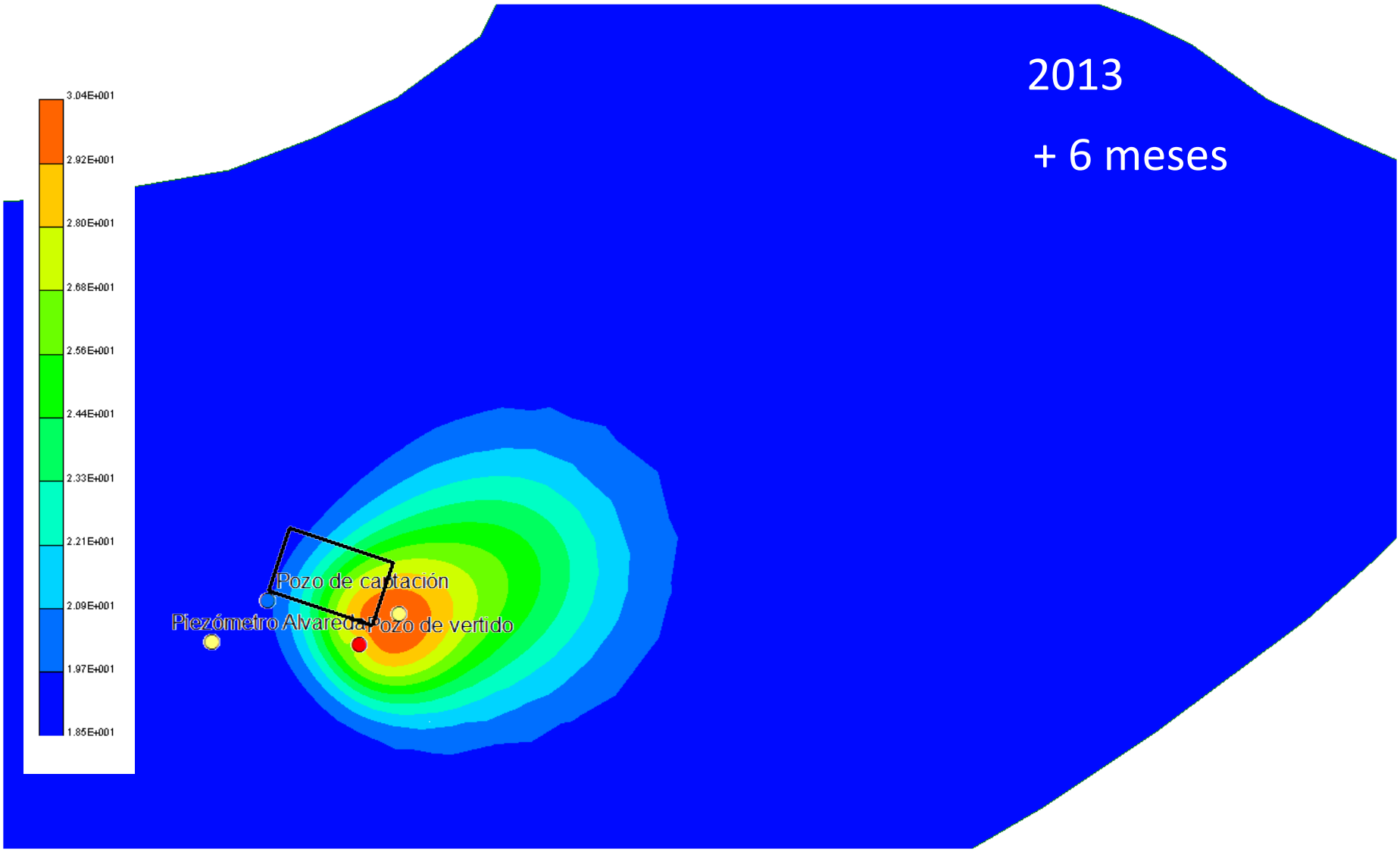



FIG. 20. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

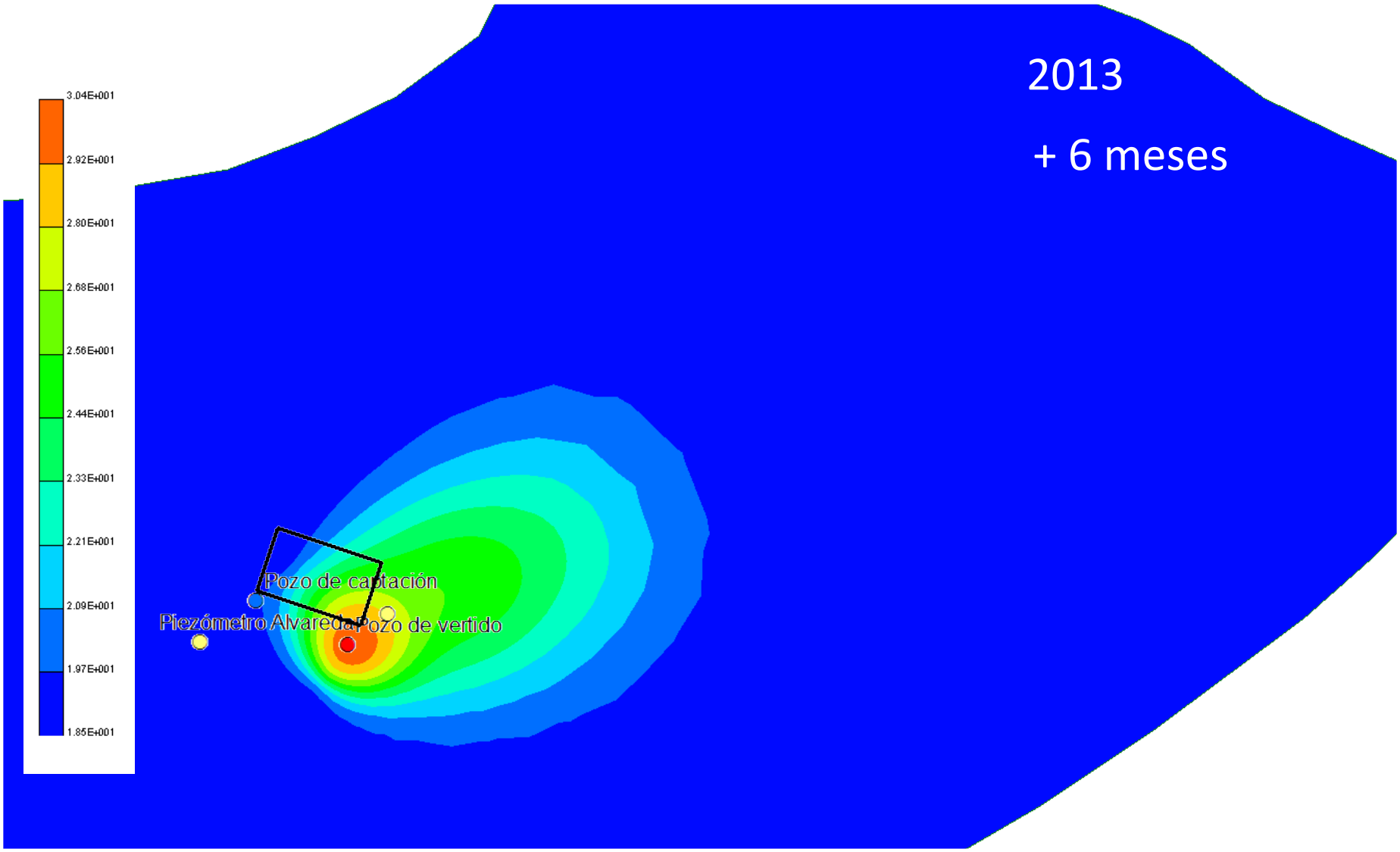



FIG. 21. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza

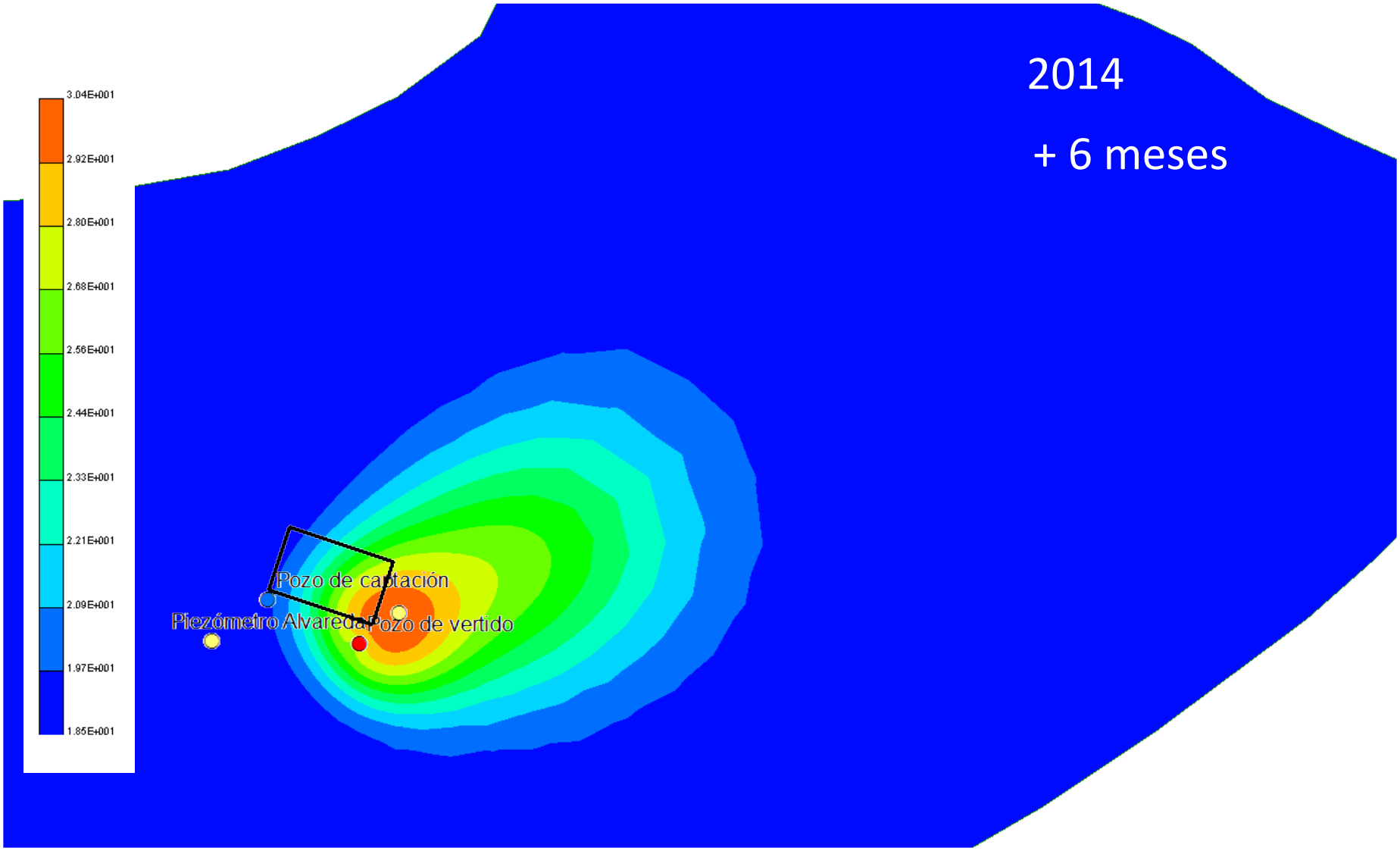



FIG. 33. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

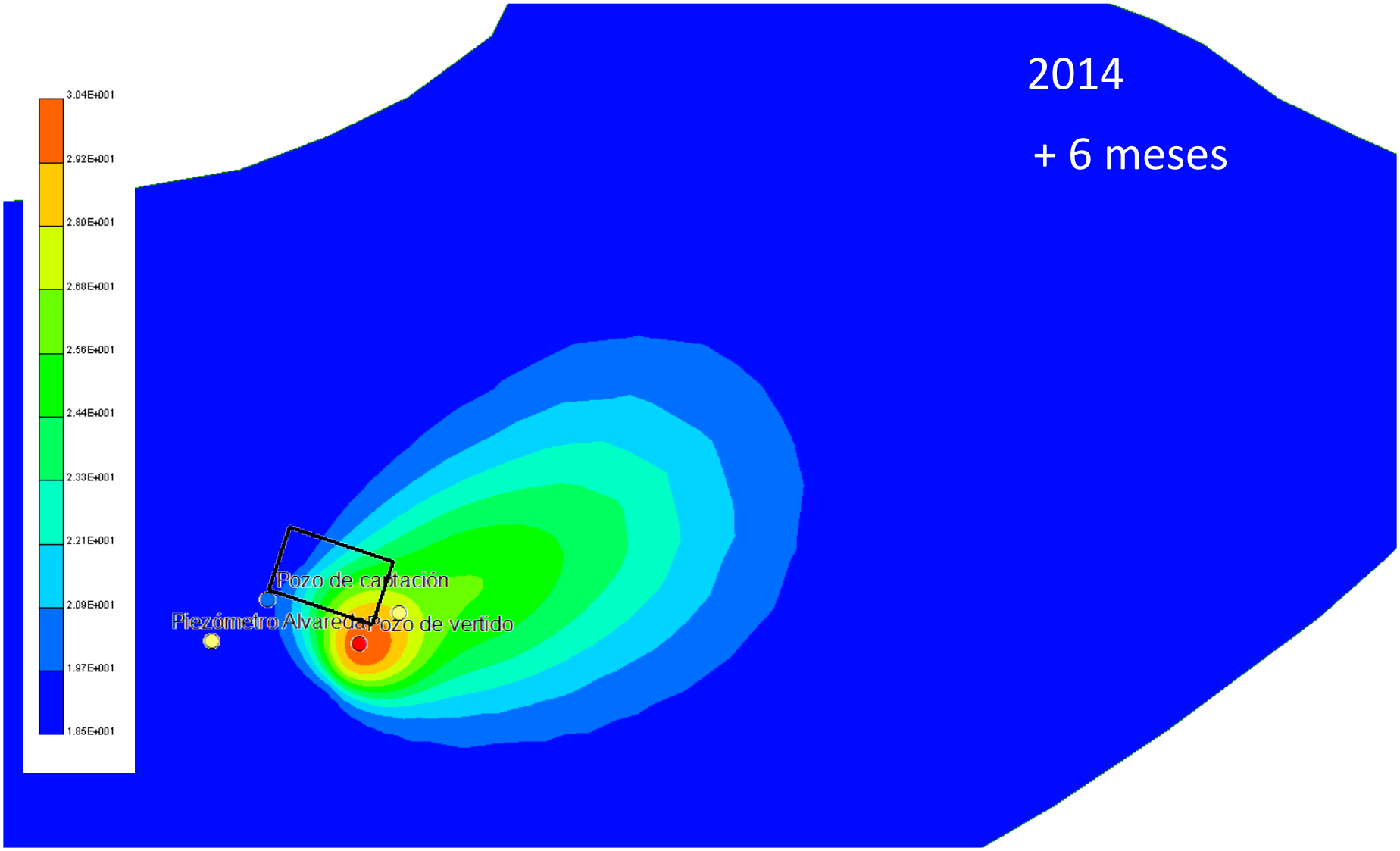



FIG. 23. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

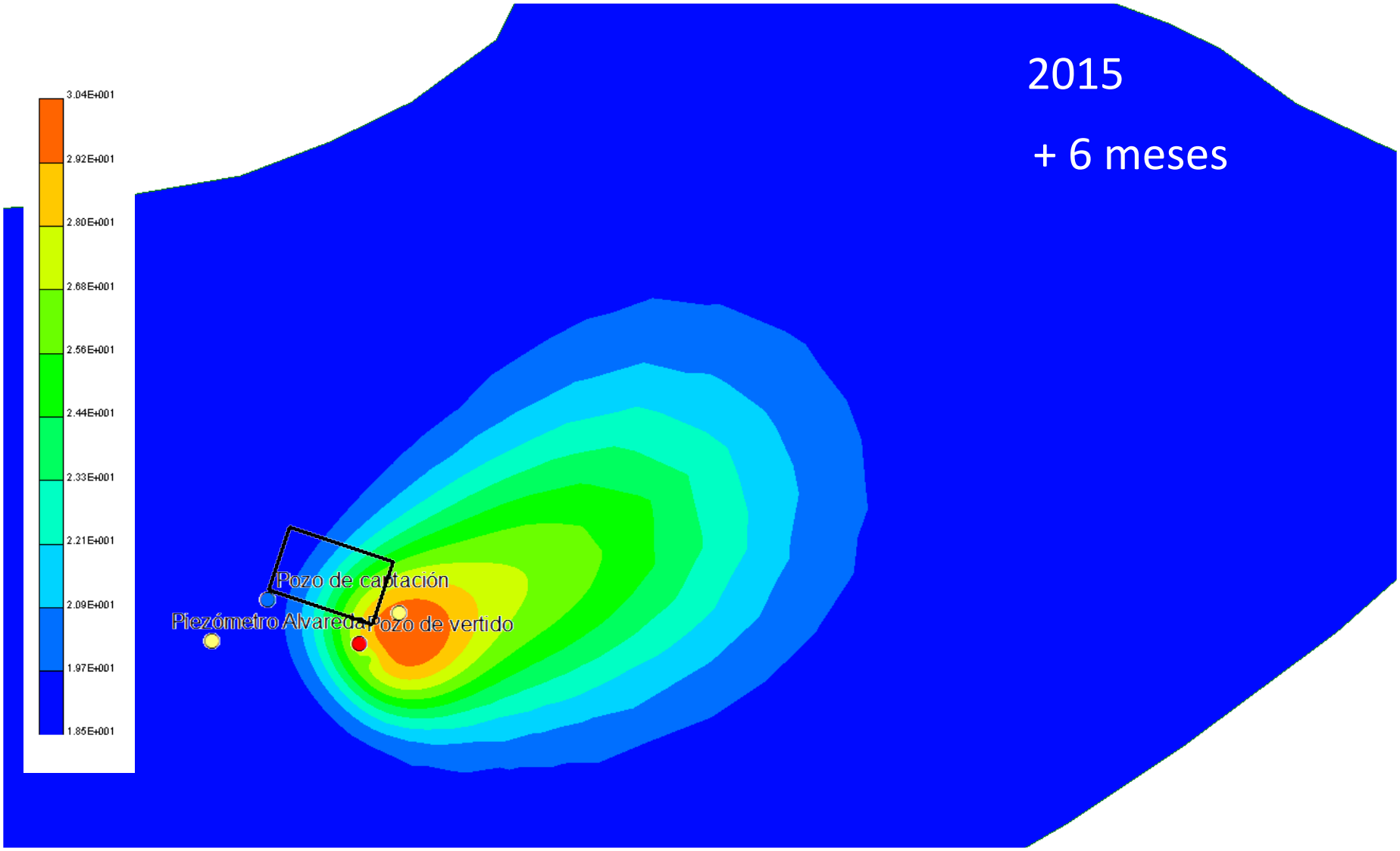



FIG. 17. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

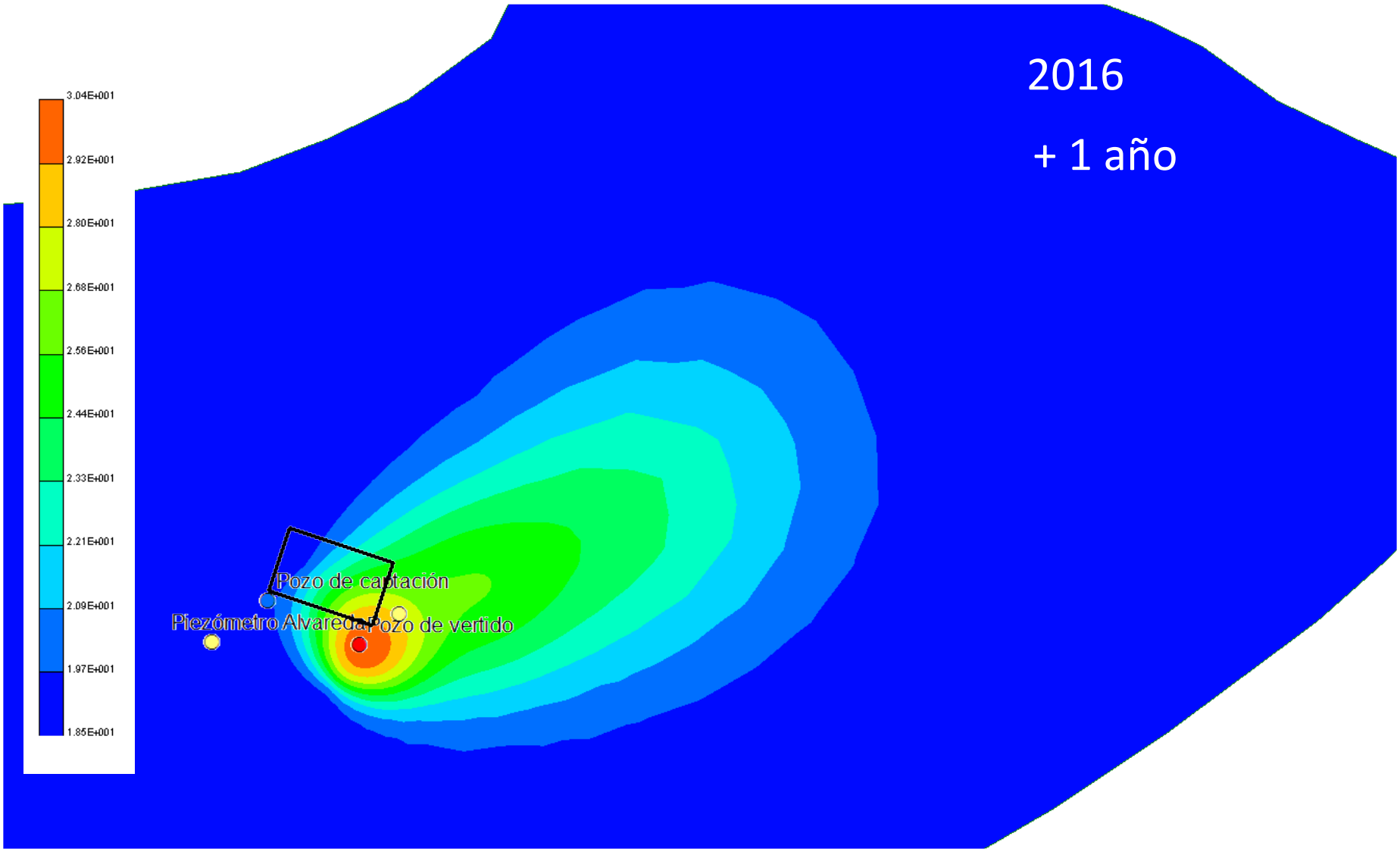



FIG. 17. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

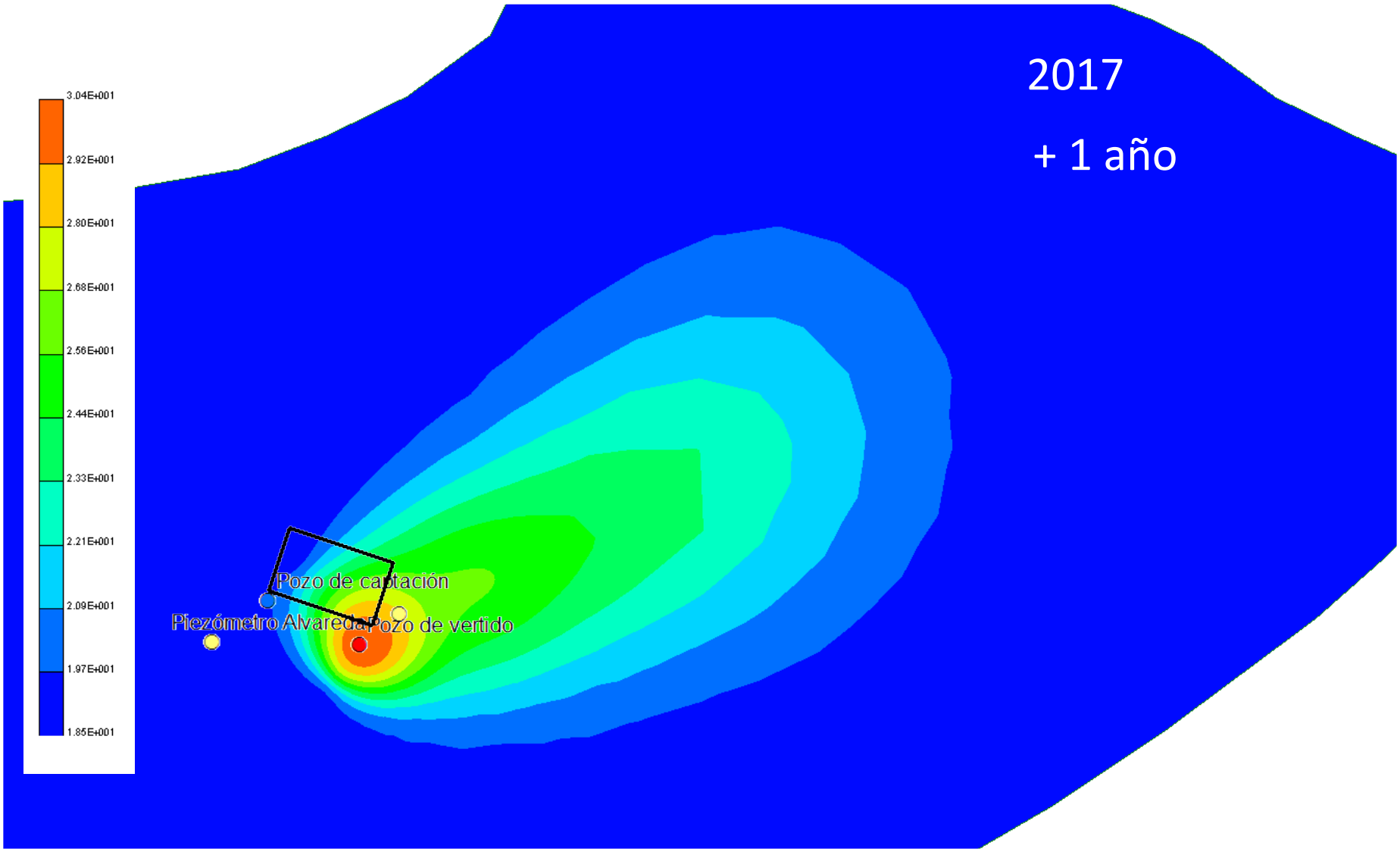



FIG. 17. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

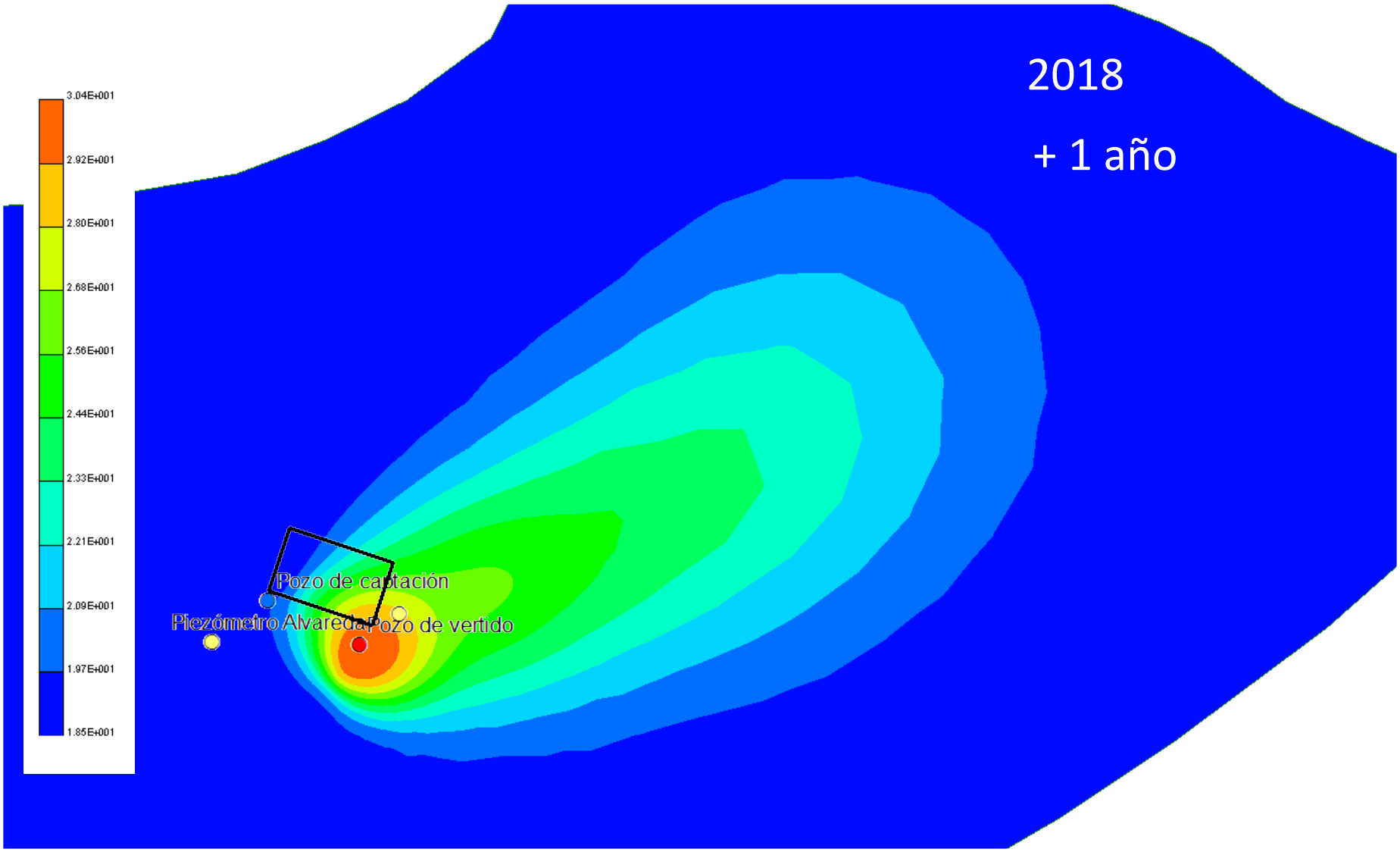



FIG. 17. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

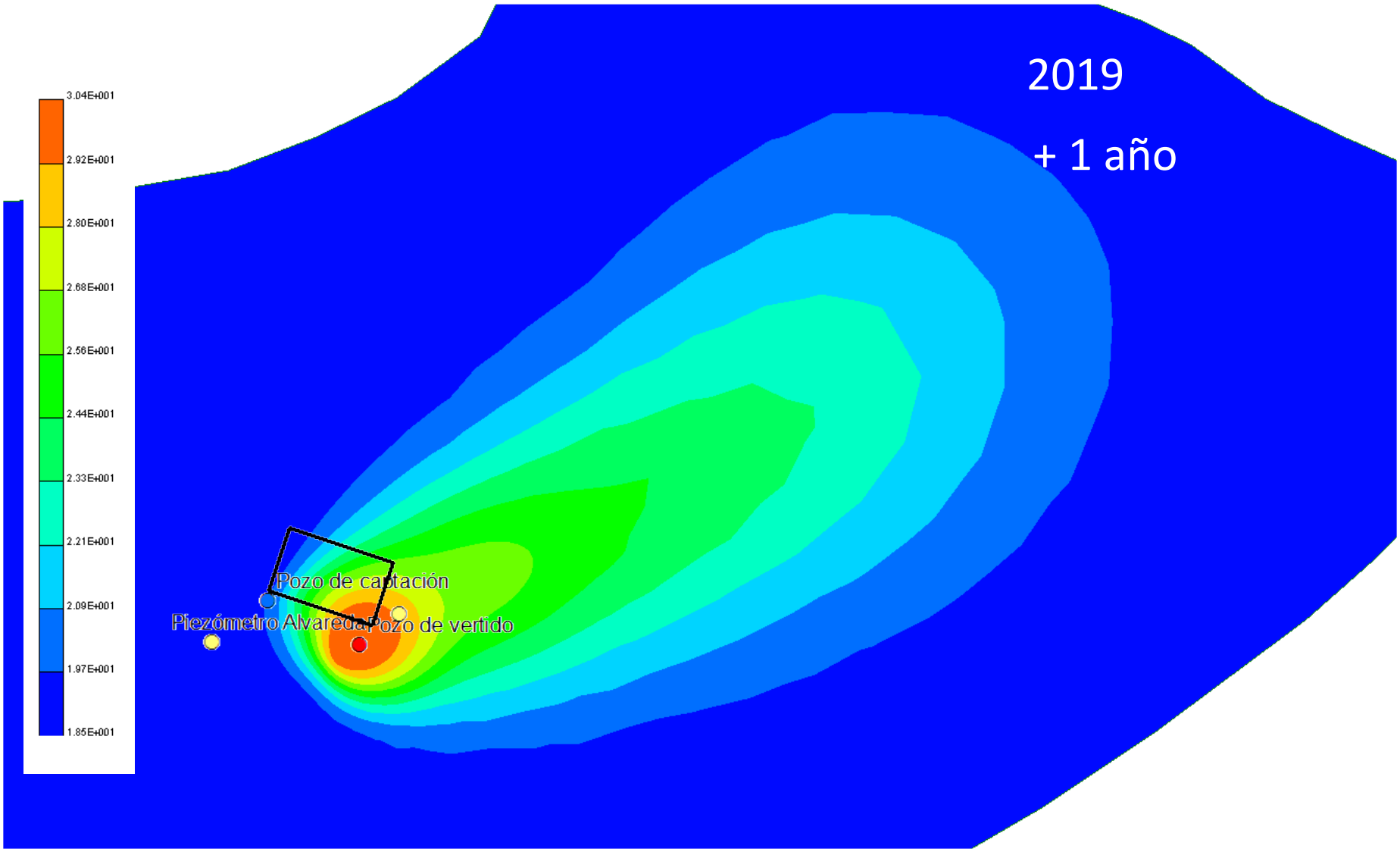



FIG. 17. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

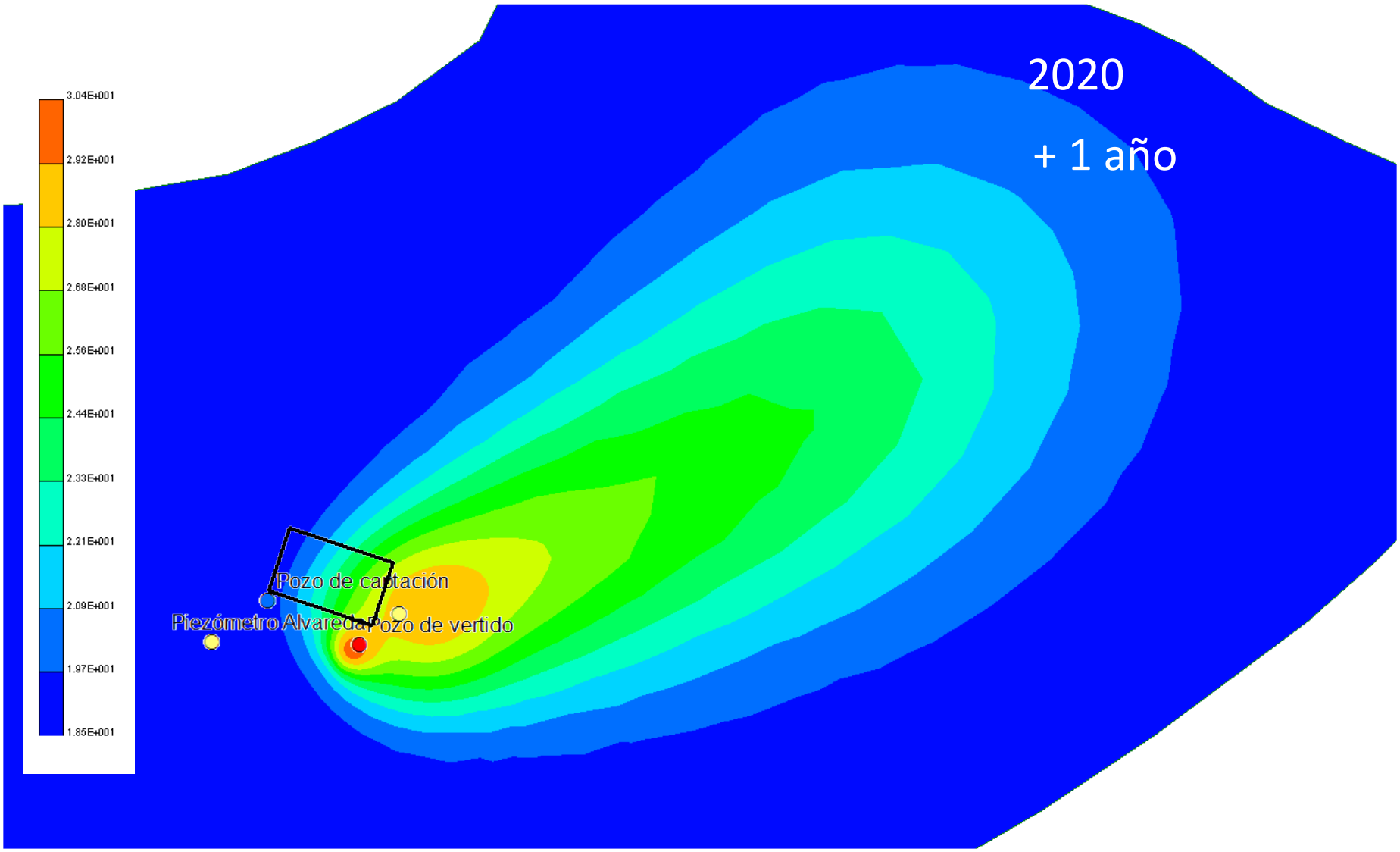



FIG. 24. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

Anejo 1

# MODELO DE TRANSPORTE DE CALOR PARA EL APROVECHAMIENTO GEOTERMICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ENTORNO DEL HOSPITAL PROVINCIAL DE ZARAGOZA

**Alejandro GARCÍA-GIL (*,**); Enric VÁZQUEZ-SUÑÉ (**); Eduardo A. GARRIDO SCHNEIDER (***); Antonio AZCÓN (***) José Á. SÁNCHEZ NAVARRO(*) y Jesús MATEO LÁZARO(*)**

(*) Dpt. Ciencias de la Tierra. Univ. Zaragoza. Plaza S. Francisco s.n. 50.006 Zaragozajoseange@unizar.es; jesmateo@unizar.es
(**) Grupo Hidrología Subterránea IDÆA (CSIC)-UPC. C/ Jordi Girona, 18, 08034, BCN enric.vazquez@idaea.csic.es
(***) Instituto Geológico y Minero de España. Unidad de Zaragoza. C/ Manuel Lasala 44, 9ºB. 50.006, Zaragoza. e.garrido@igme.es

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE HIDROGEÓLOGOS
GRUPO ESPAÑOL

Congreso sobre
ASPECTOS TECNOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS DE LA GEOTERMIA

Barcelona, 18 y 19 de abril de 2013

# Objetivos

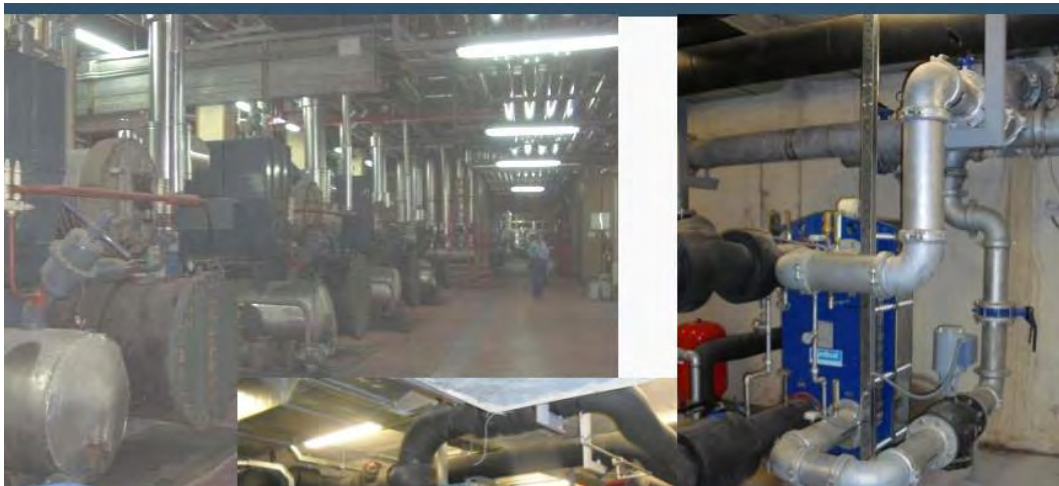
- Interpretación de **datos de Tª** registrados en la red de control IGME-Zaragoza

- Cuantificar los **parámetros** hidráulicos y de trasporte de calor para el acuífero aluvial de Zaragoza (modelación de los procesos de flujo y transporte de calor)

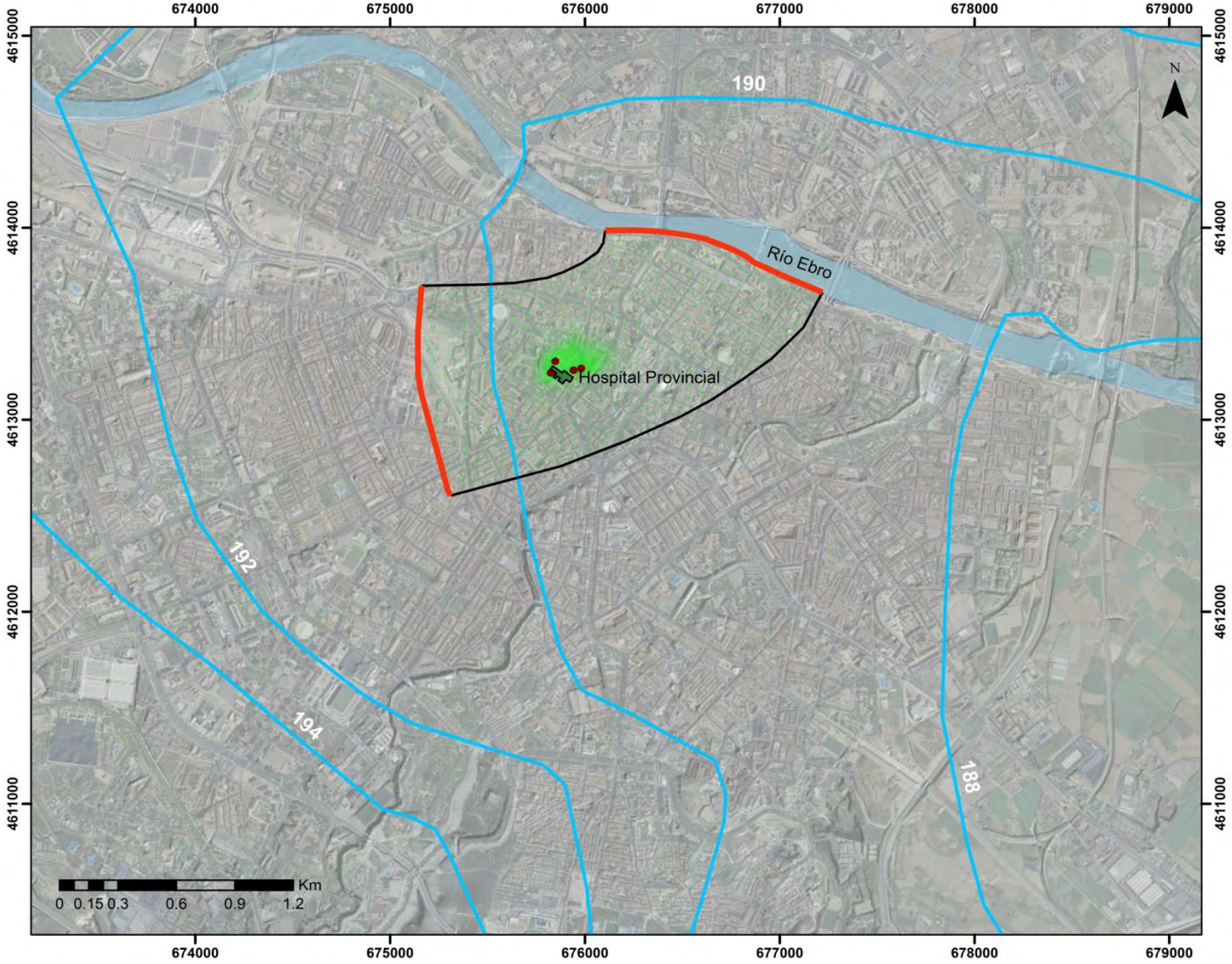
- Evaluar interacción entre los pozos sistemas implementados y el impacto sobre el acuífero que pueda generar dicha explotación.

# Infraestructura del sistema de climatización

- El aprovechamiento geotérmico del Hospital Provincial de Zaragoza
- 2 pozos de captación → 1 pozo de vertido
- Las necesidades térmicas del edificio son la disipación de **1374 kW**
- Se dispone de los datos de **bombeo- vertido** del sistema geotérmico y datos de temperatura de captación-inyección

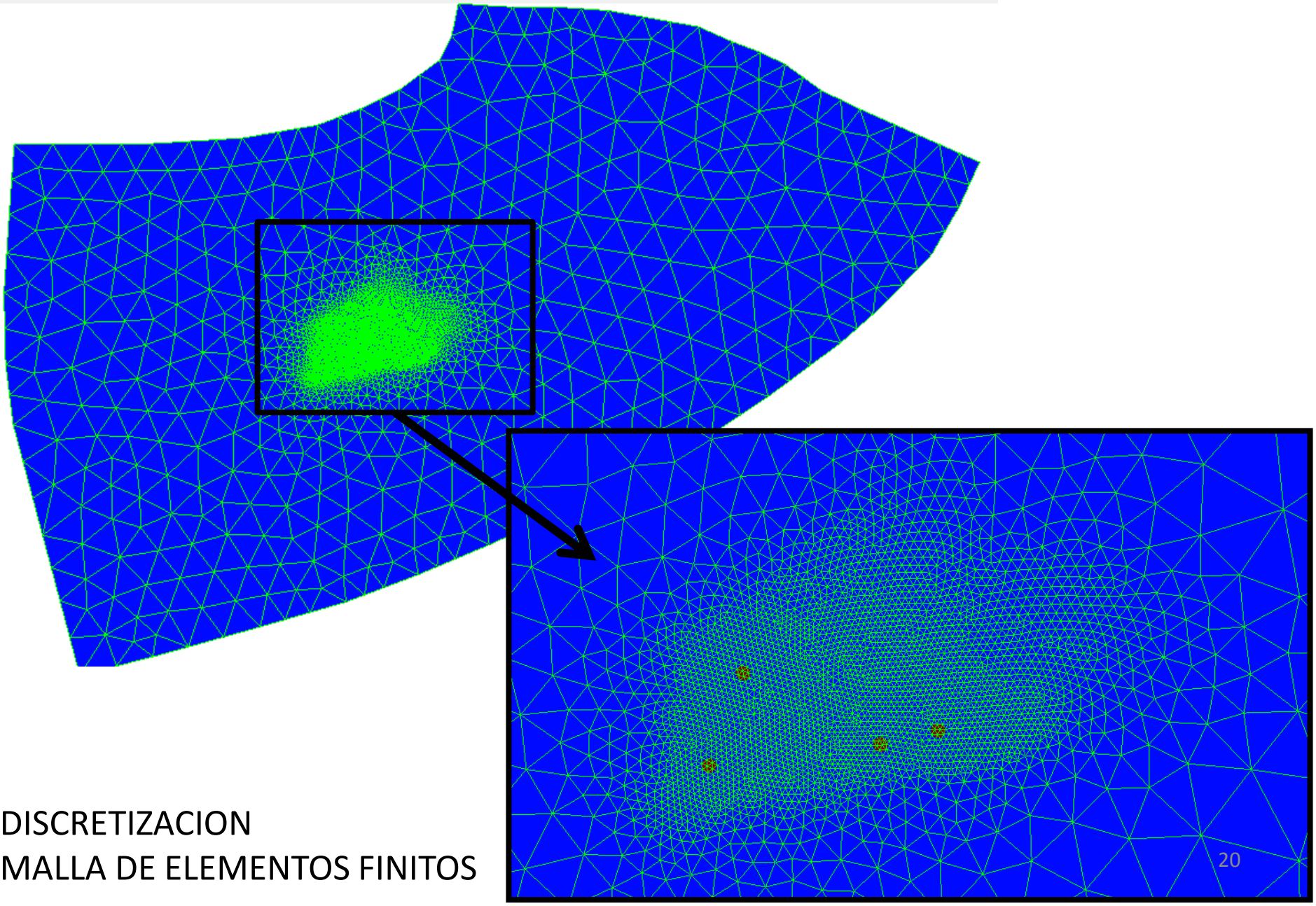


UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



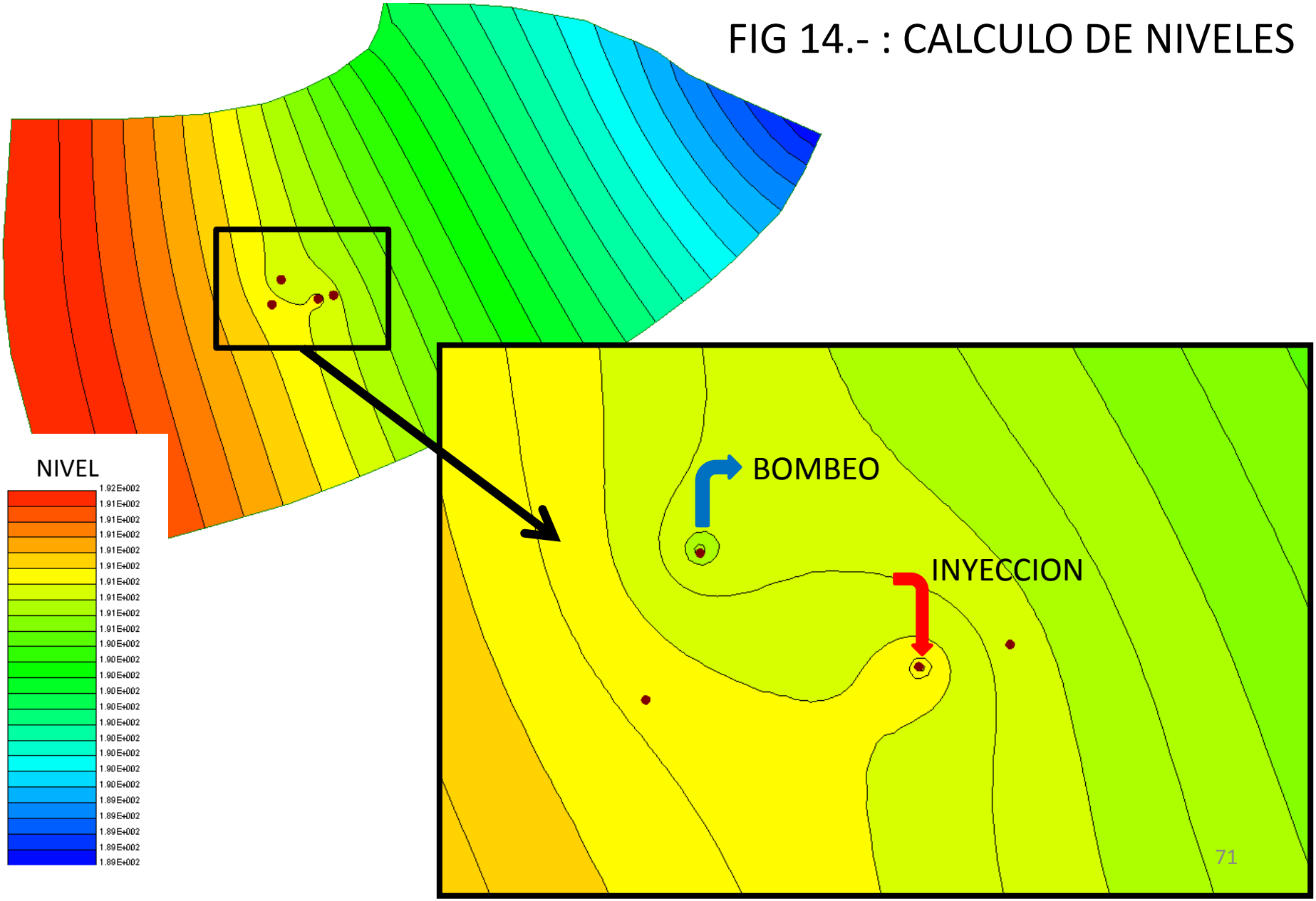

Modelo de flujo y transporte de calor

VISUALTRANSIN



DISCRETIZACION
MALLA DE ELEMENTOS FINITOS

# FIG 14.- : CALCULO DE NIVELES



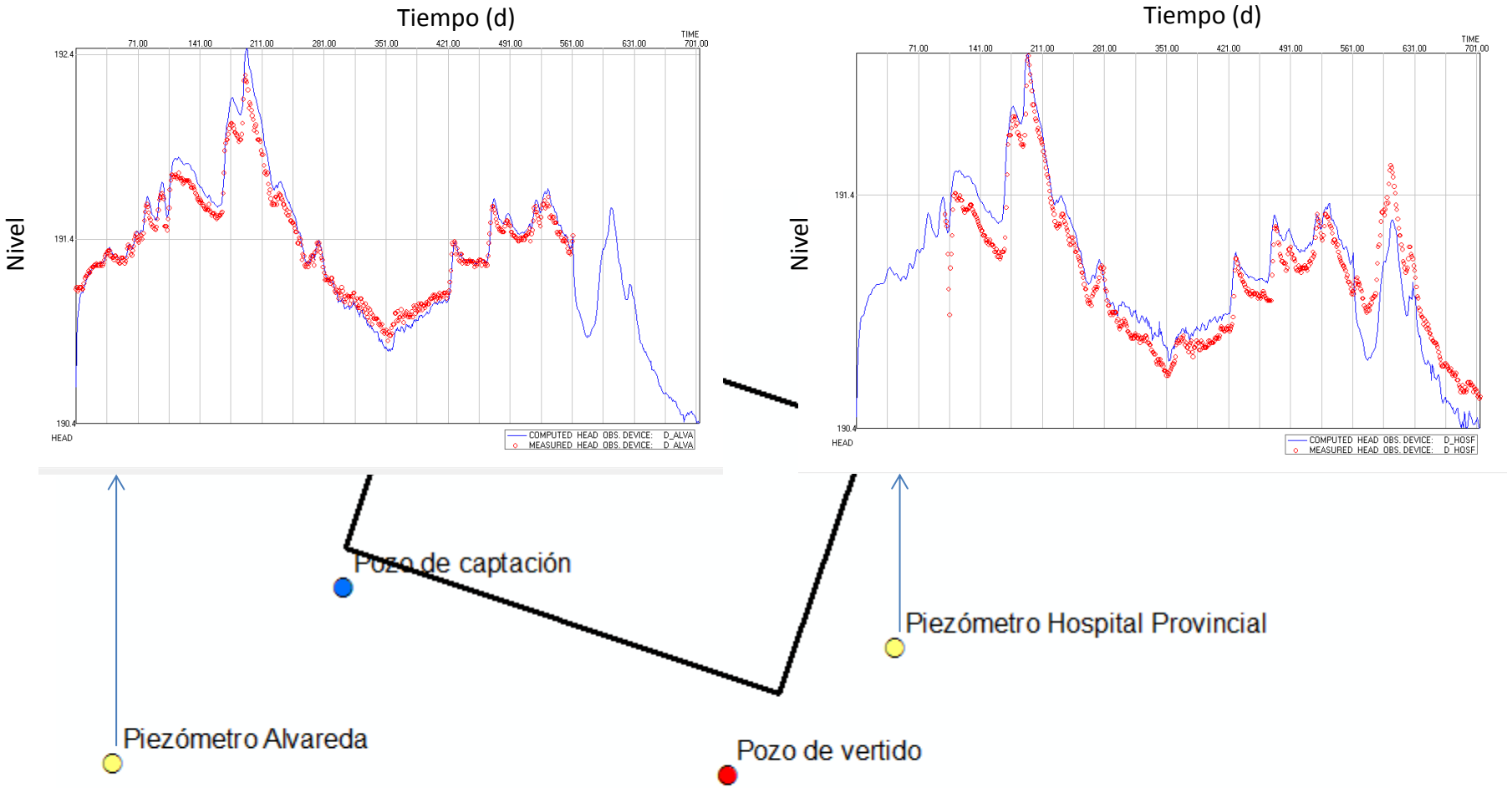



FIG.- 15: AJUSTE DE NIVELES

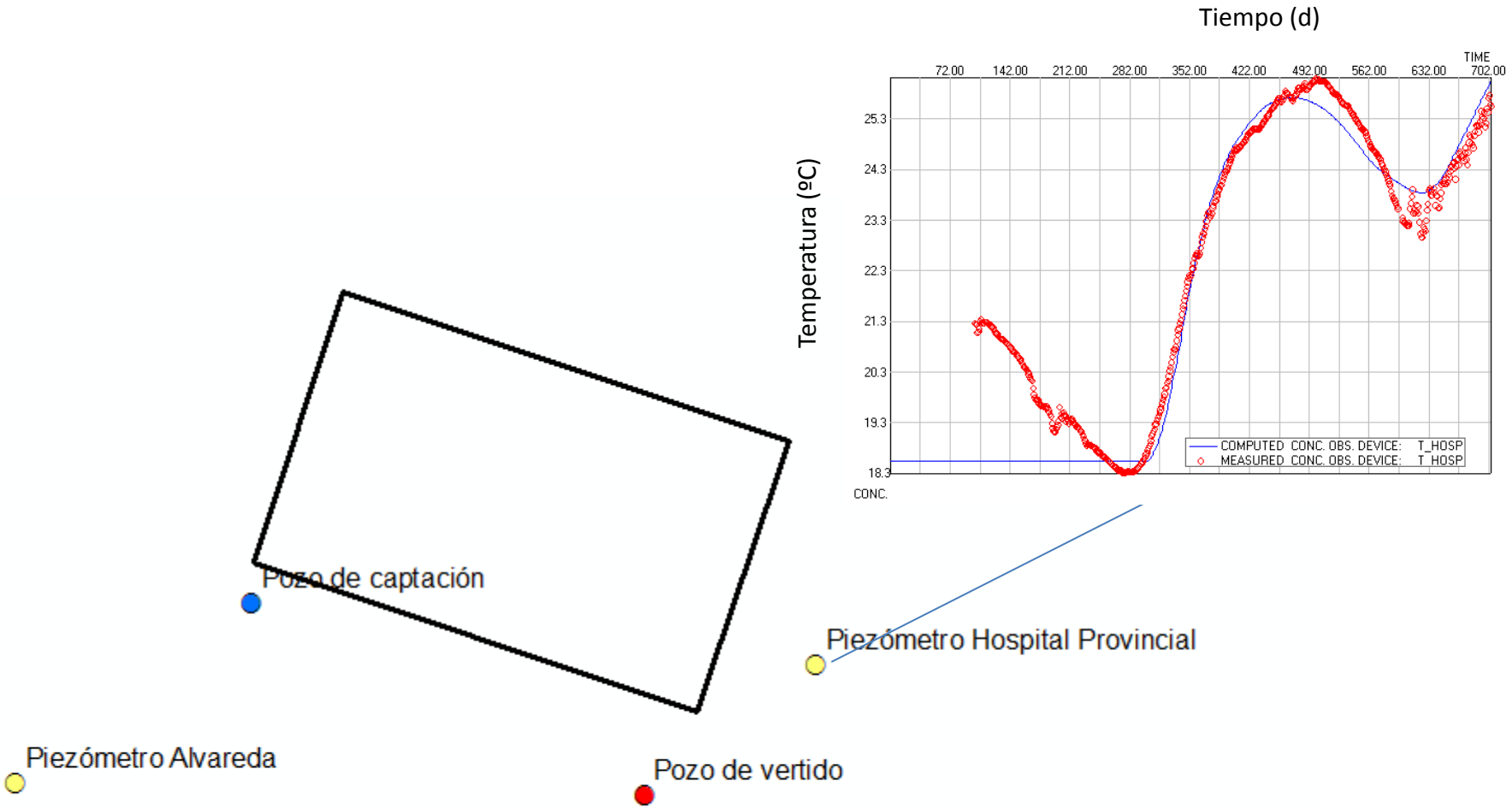
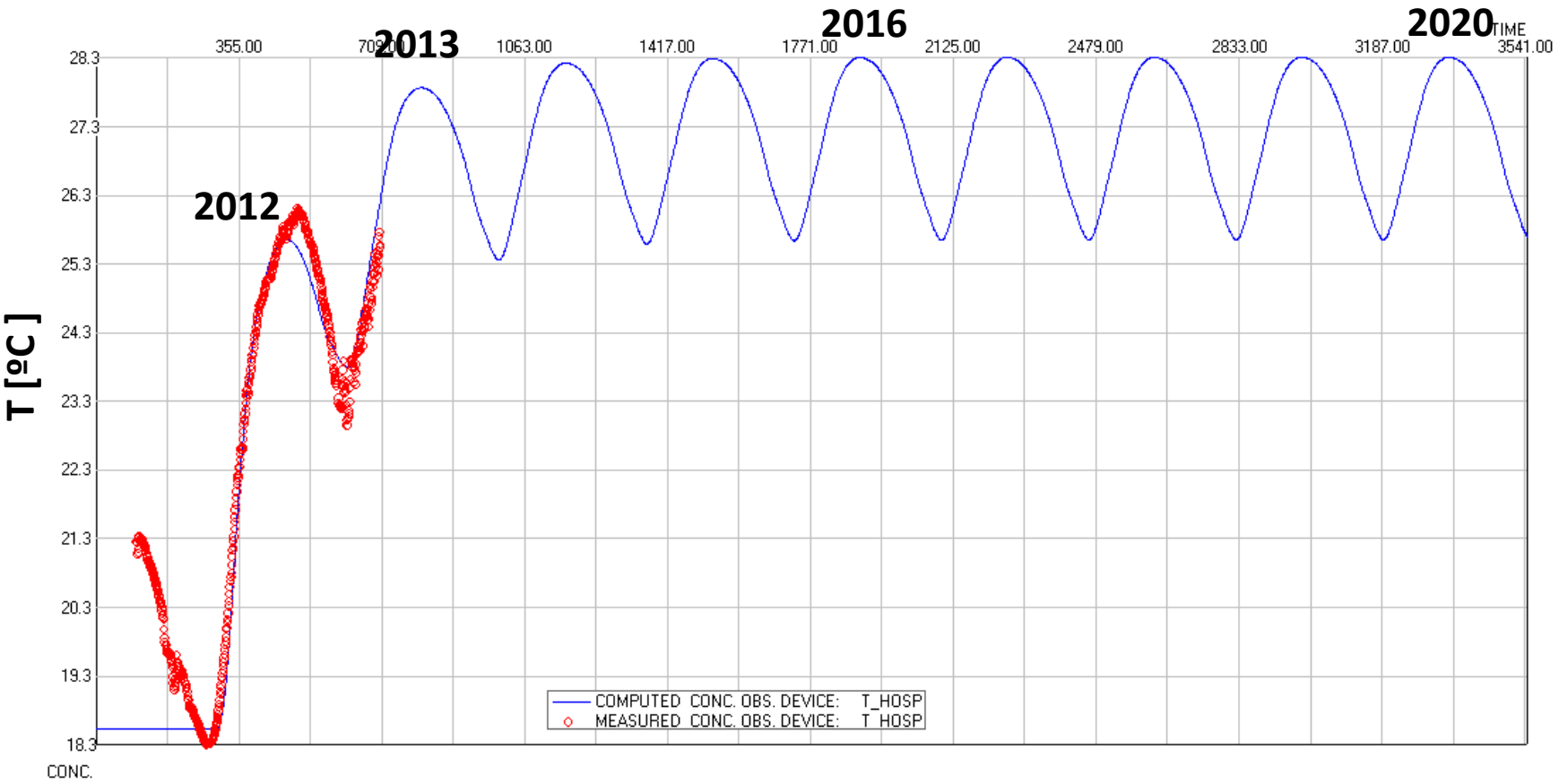



FIG.- 16: AJUSTE DE TEMPERATURAS

# Resultados calibración

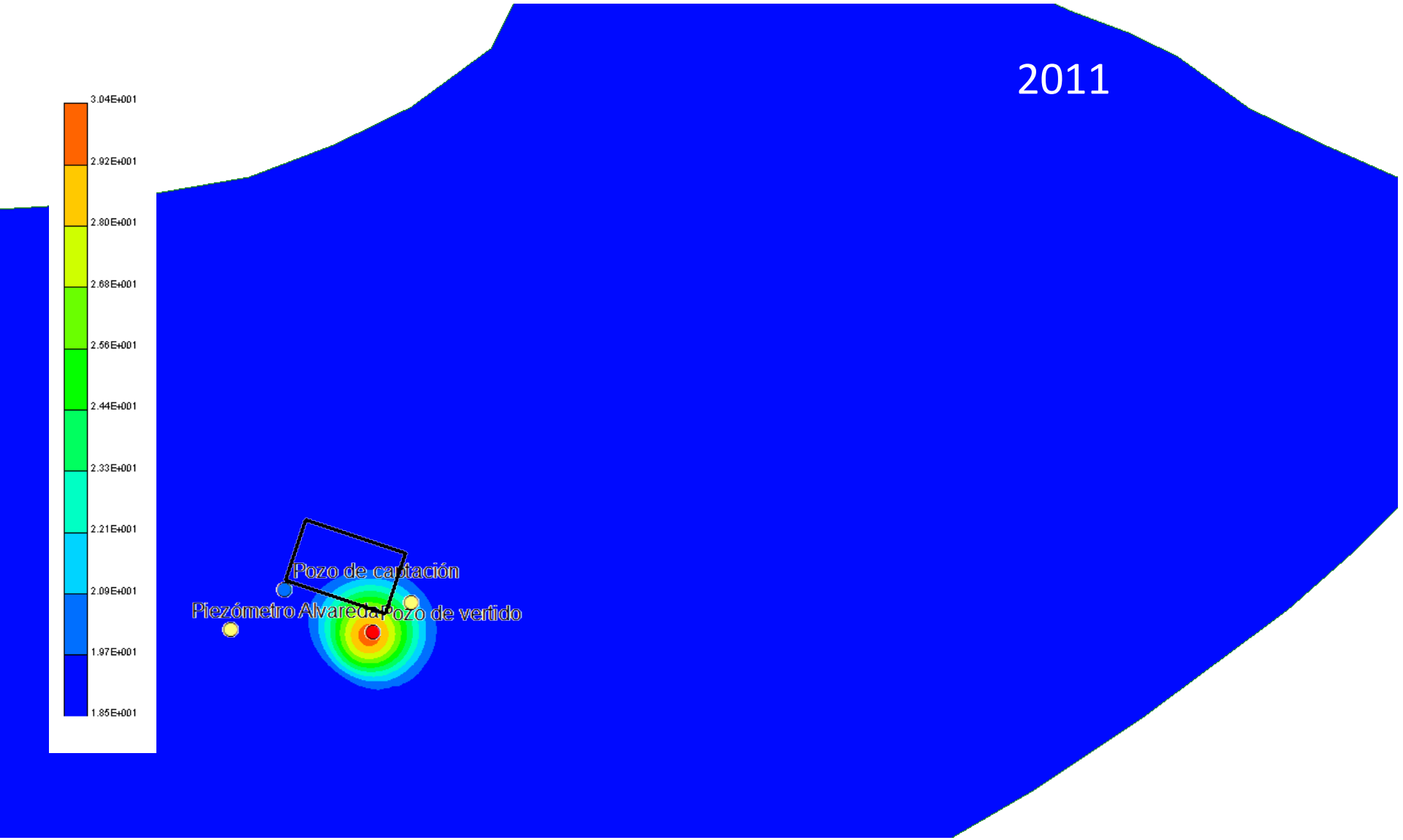
| Parámetro | Dimensiones | Valor calibrado | Valores previos |
|---|---|---|---|
| **Transmisividad** | $T[m^2d^{-1}]$ | 1389 | 5000±2000 |
| **Coeficiente de almacenamiento** | $S[m^{-1}]$ | 8.50E-03 | 0.1-0.2 |
| **Dispersividad longitudinal** | $\alpha L[m]$ | 17.1 | 10 |
| **Dispersividad trasversal** | $\alpha T[m]$ | 17.2 | 2 |
| **Difusión térmica** | D[m] | 0.4 | 0.4 |
| **Porosidad** | $\phi[-]$ | 0.33 | 0.3-0.4 |
| **Retardo** | R[-] | 24 | 2.5-5 |

# Predicción de T en Piezómetro HP hasta 2020

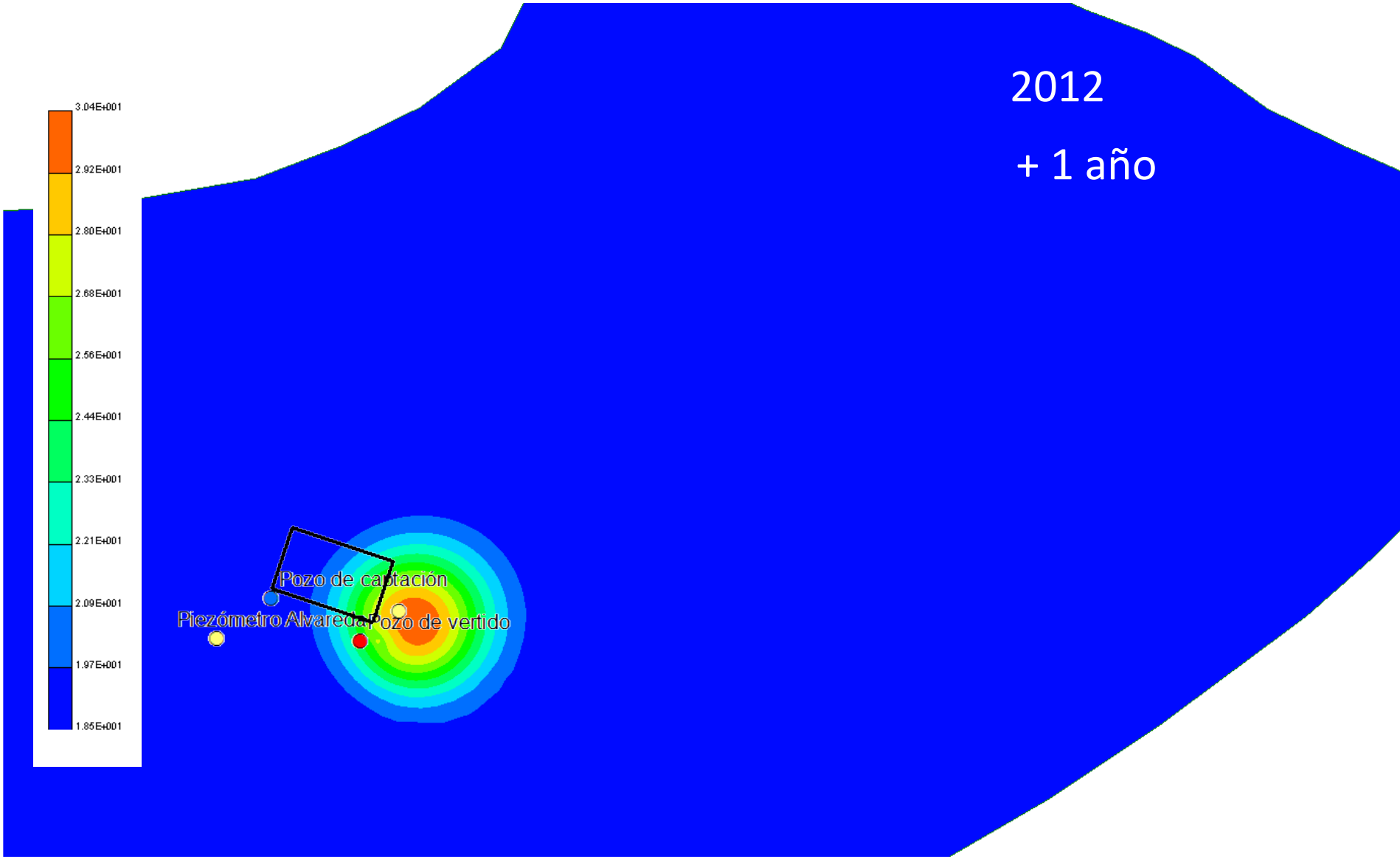



t [d]

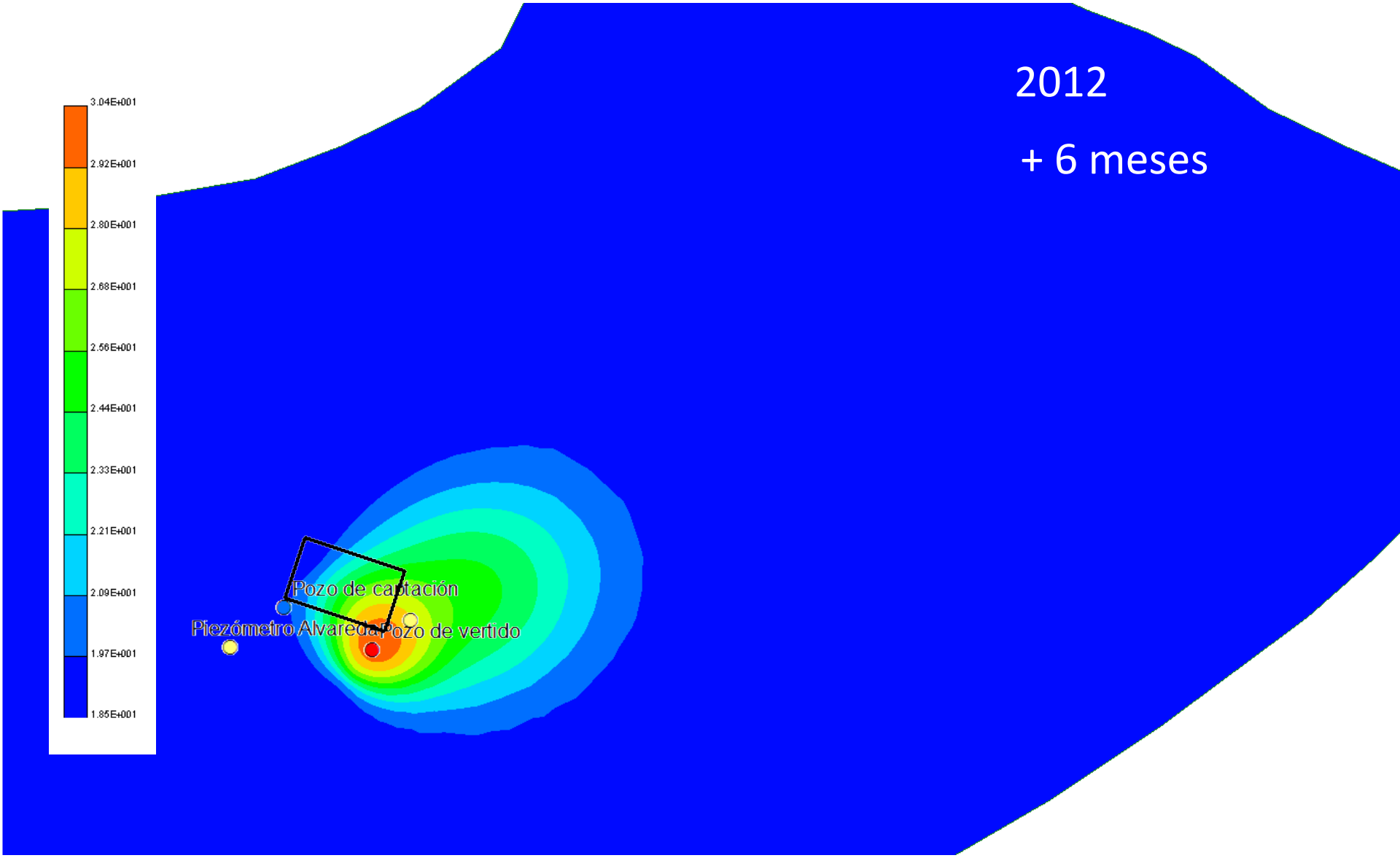
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



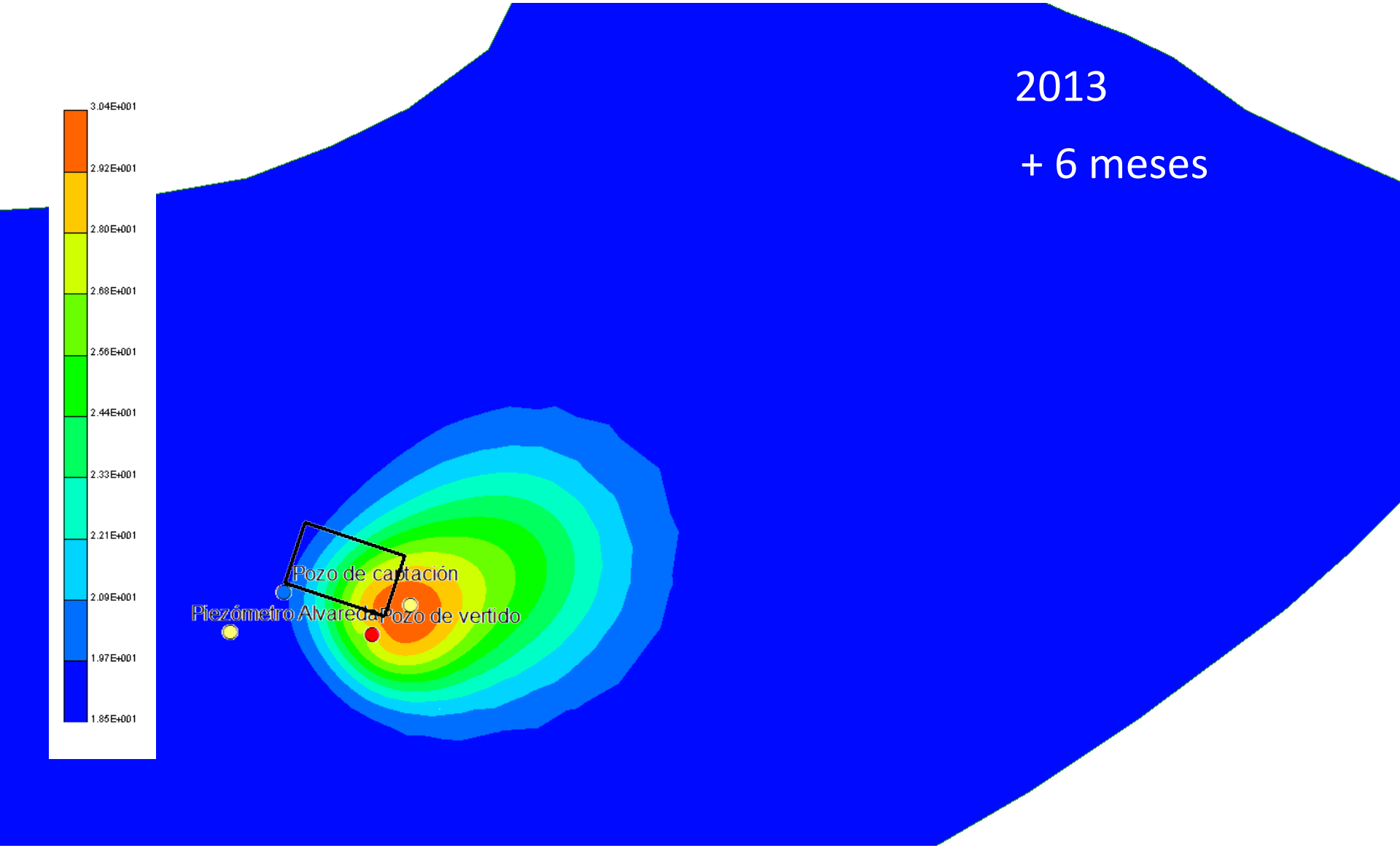
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



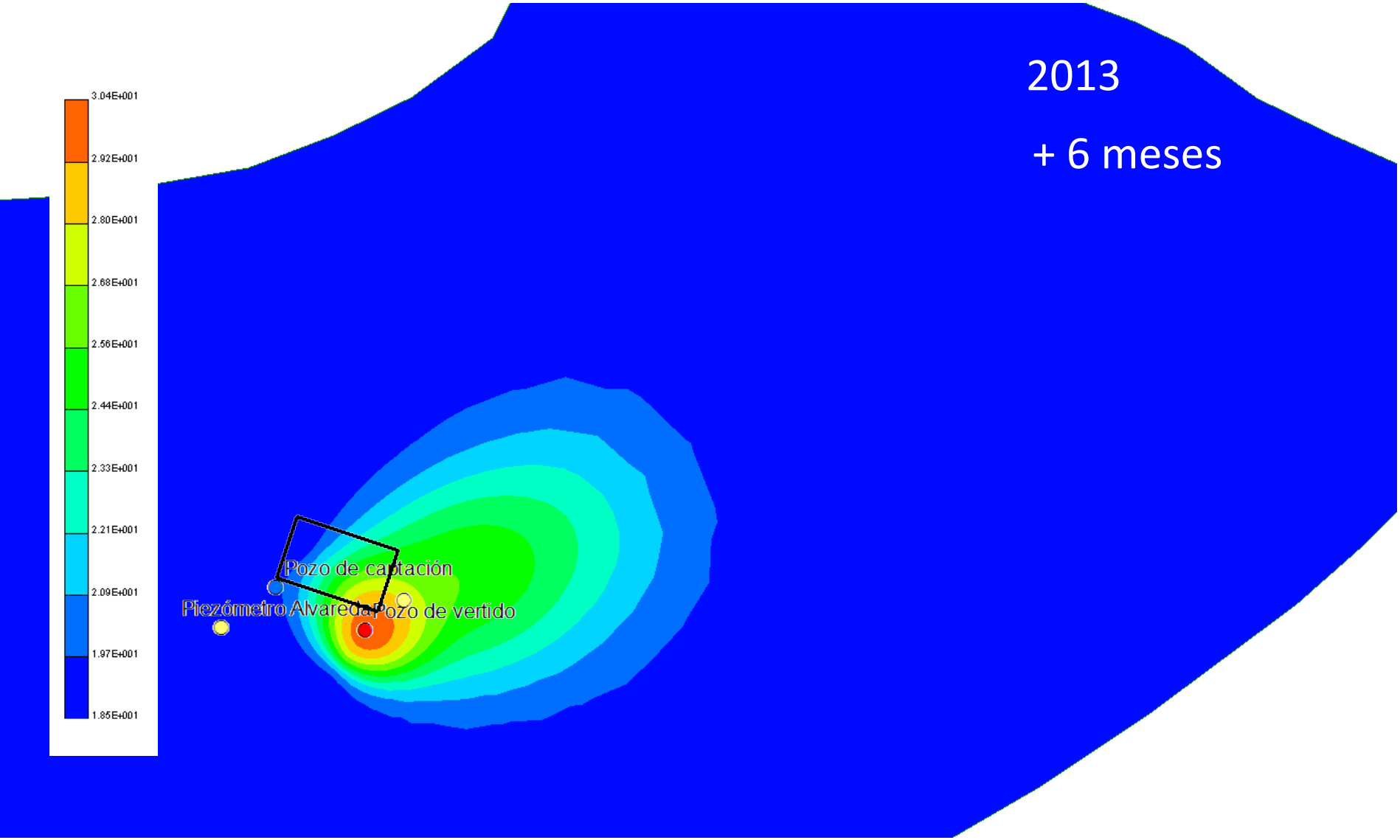
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



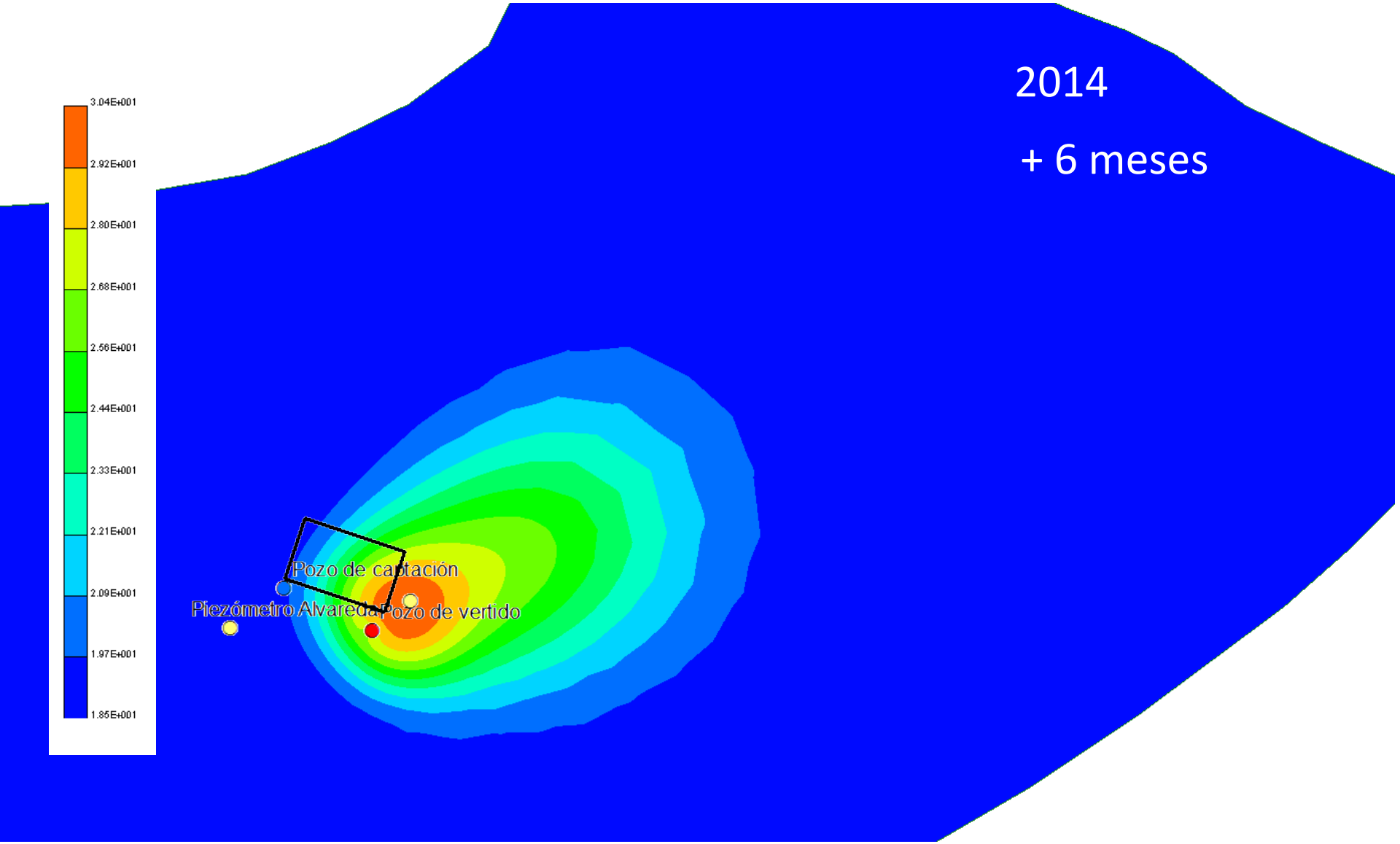
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



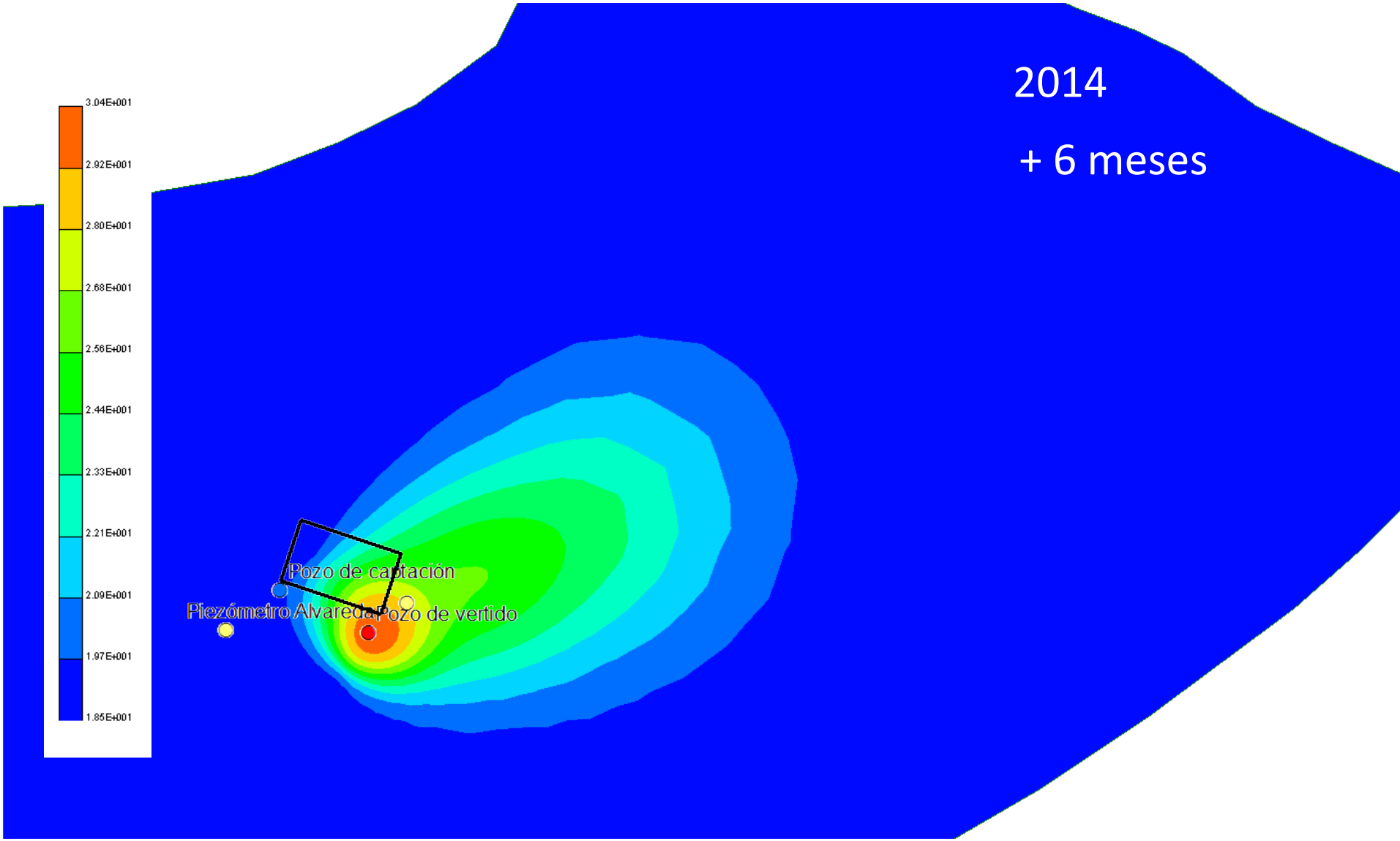
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



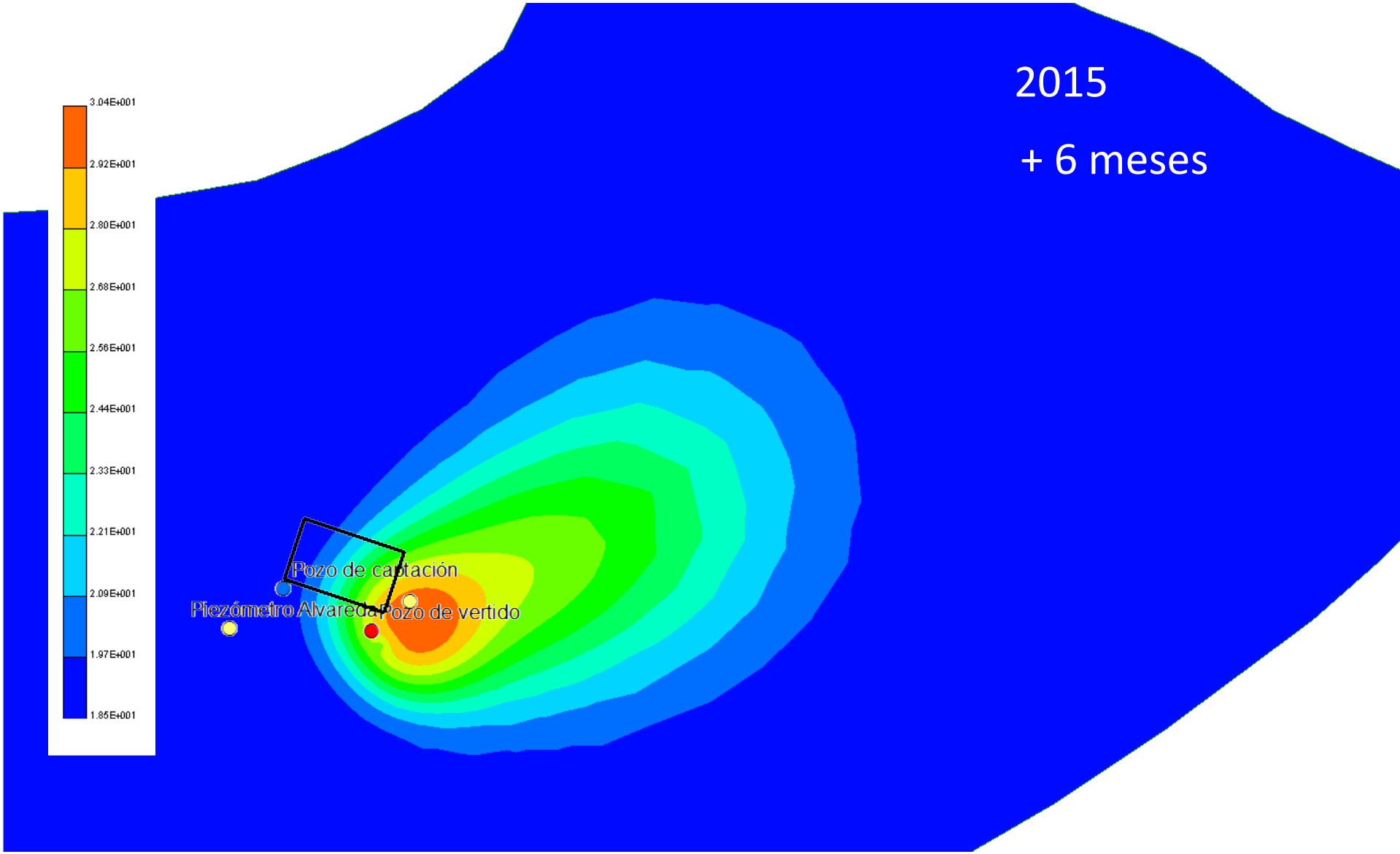
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



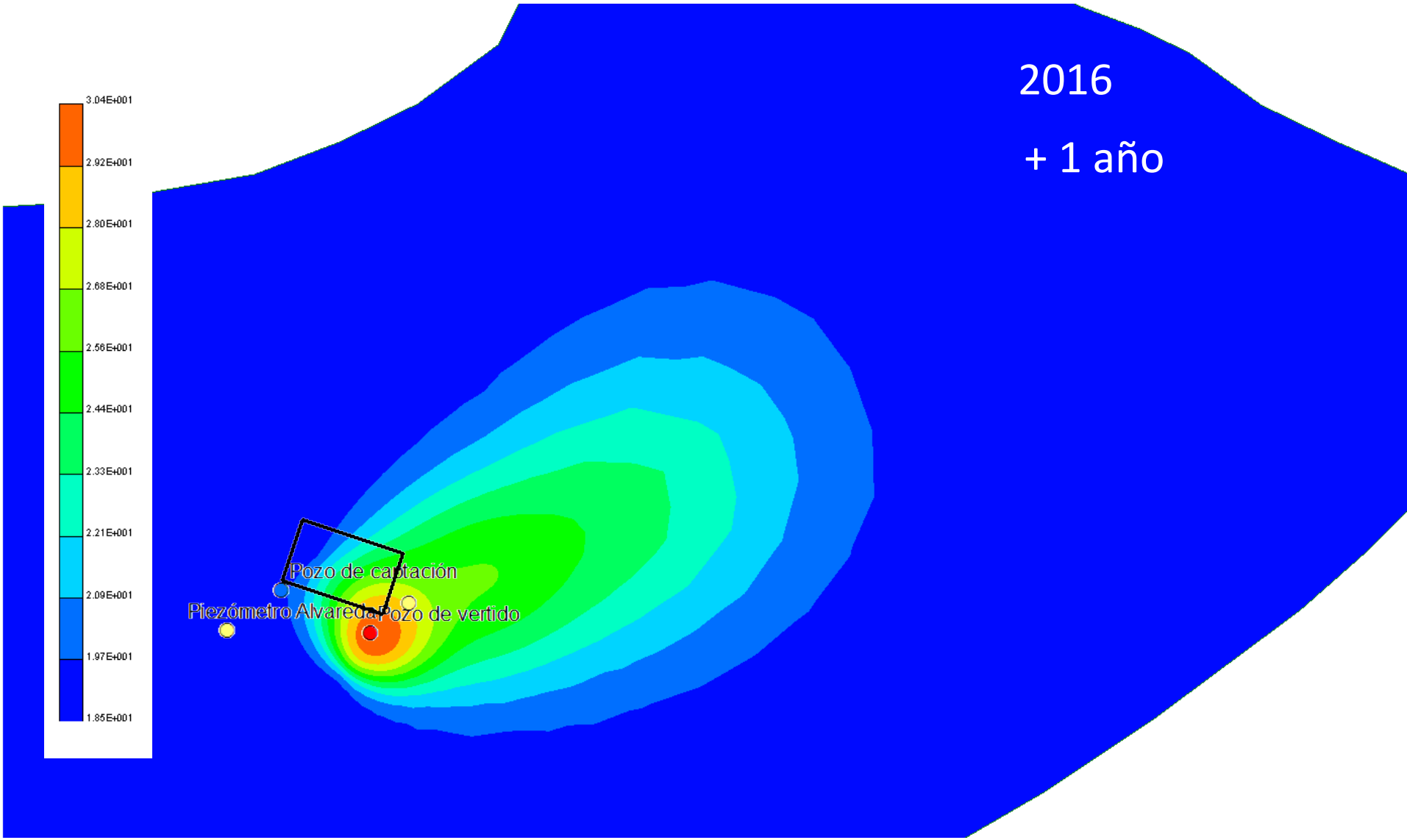
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



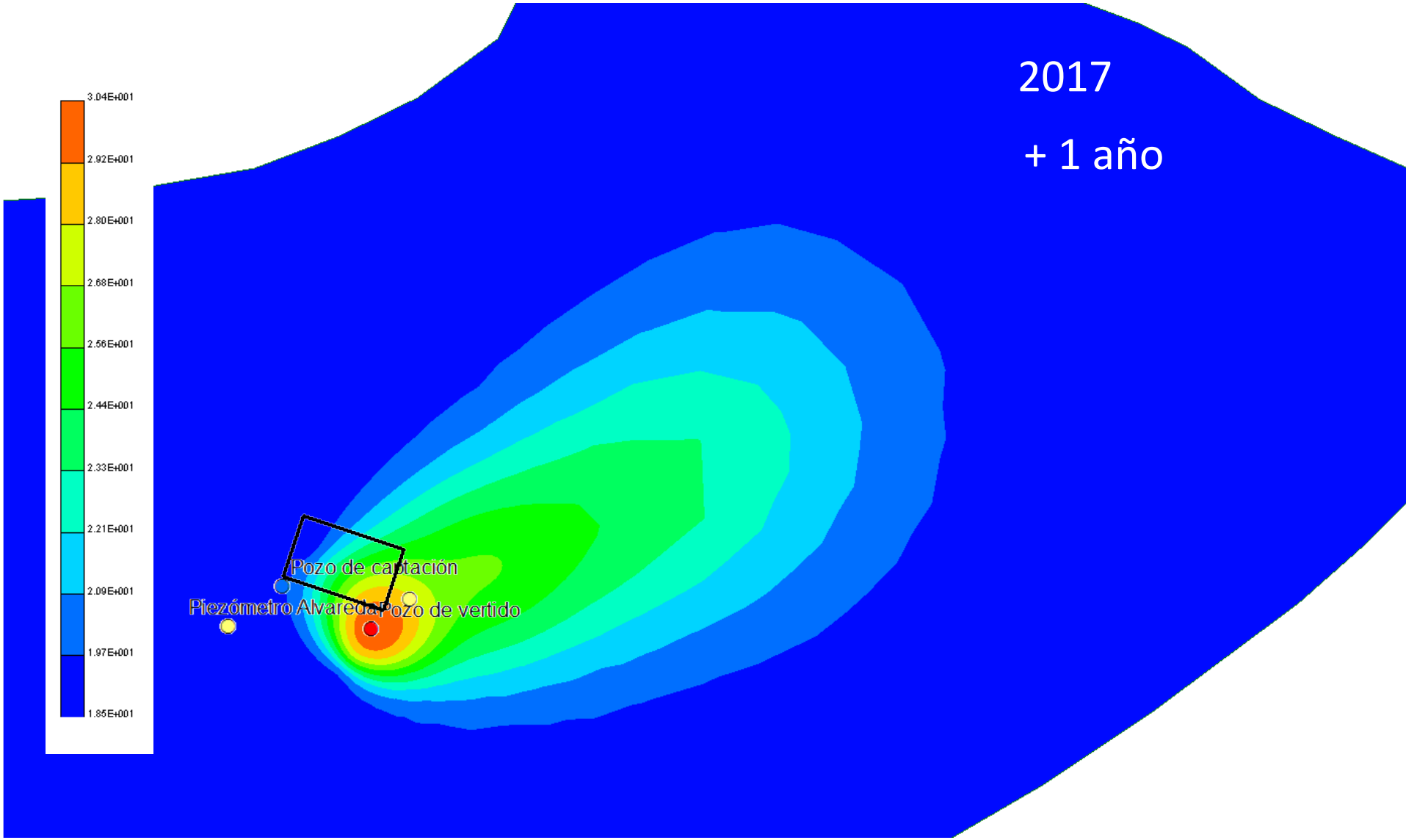
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



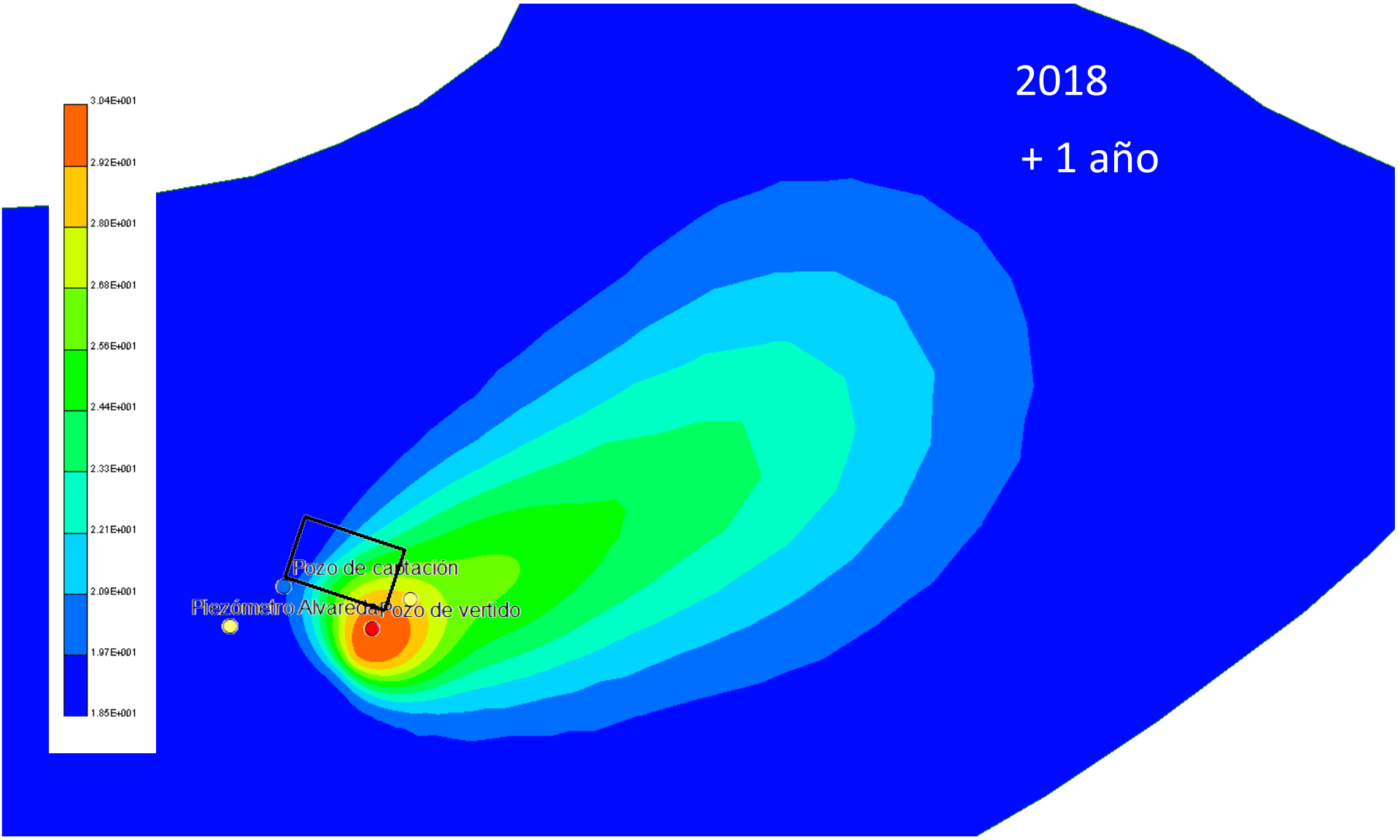
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



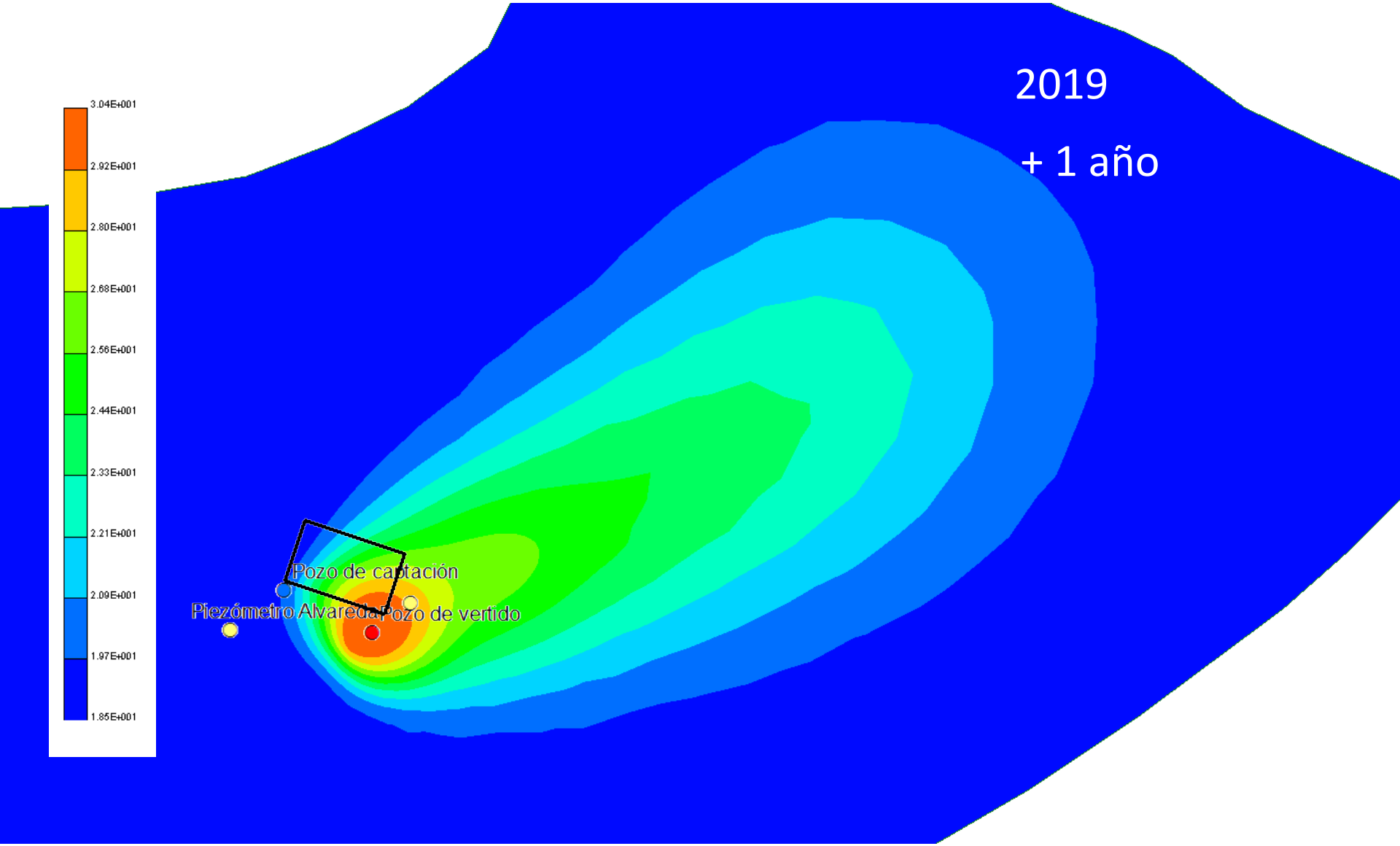
UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



UPC CSIC
Instituto Geológico y Minero de España
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza