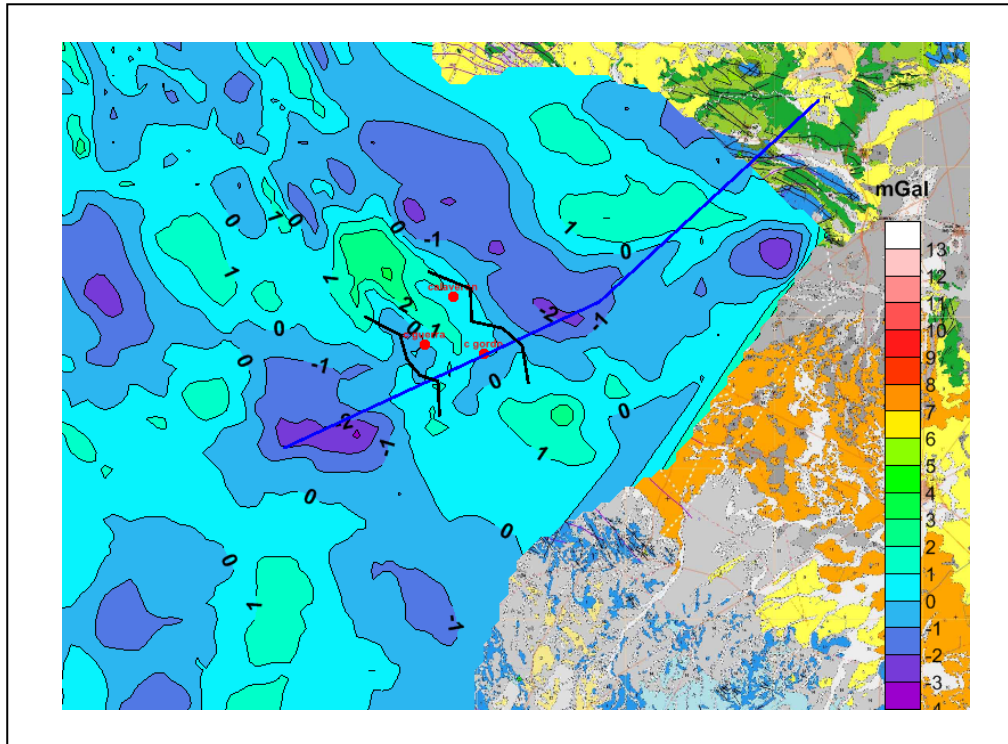


## PROYECTO

# ASESORAMIENTO A LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA EN MATERIA DE GESTIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, E INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, MEJORA, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO HIDROGEOLÓGICO



## AMPLIACIÓN DEL INFORME DE LA DETERMINACIÓN POR GEOFÍSICA DE LA MORFOLOGÍA DEL TECHO DEL JURÁSICO

Juan Luís Plata Torres

Grupo de Geofísica del IGME  
Tres Cantos, Octubre 2010



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



Instituto Geológico  
y Minero de España



## **PROYECTO**

### **ASESORAMIENTO A LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA EN MATERIA DE GESTIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, E INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, MEJORA, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO HIDROGEOLOGICO**

### **AMPLIACIÓN DEL INFORME DE LA DETERMINACIÓN POR GEOFÍSICA DE LA MORFOLOGÍA DEL TECHO DEL JURÁSICO**

#### **Índice**

- 1. Objetivo y Antecedentes**
- 2. Síntesis de los trabajos anteriores**
  - 2.1 Hipótesis geológica**
  - 2.2 Información disponible**
  - 2.3 Análisis de los datos**
  - 2.4 Síntesis de la información geofísica respecto del corte I-II-II**
  - 2.5 Limitaciones de la interpretación**
- 3. Nuevos datos de Gravimetría**
  - 3.1 Medición en campo y control de calidad**
  - 3.2 Cálculo de la Anomalía de Bouguer**
- 4. Interpretación del mapa de Anomalías de Bouguer**
- 5. Nuevos datos de resistividad**
  - 5.1 Valores de resistividad en SEV**
  - 5.2 Valores de resistividad en testificaciones de sondeos**
  - 5.3 Relación entre la columna litológica de los sondeos y los resistivos 1-2**
  - 5.4 Nueva campaña de mediciones eléctricas mediante SEDT**
  - 5.5 SEDT paramétricos**
- 6. Interpretación de las secciones de resistividad**
- 7. Conclusiones**

**ANEXO: Informe de campaña de SEDT. Geognosia.**

Proyecto de Asesoramiento a la CHG en la gestión de las masas de agua subterránea.

Ampliación del Informe de determinación por Geofísica de la morfología del techo del Jurásico.2010.

## 1. Objetivo y Antecedentes

Este Informe corresponde al Proyecto TRABAJOS GEOFÍSICOS E HIDROGEOLOGICOS COMPLEMENTARIOS EN EL LÍMITE GUADIANA-JÚCAR, encuadrado en el Convenio “Asesoramiento a la Confederación Hidrográfica del Guadiana en materia de gestión de las aguas subterráneas, e investigación, desarrollo, mejora, difusión y divulgación del conocimiento hidrogeológico”, cuyo objetivo final es la mejora en la gestión de las masas de agua subterránea.

Como parte de este Convenio, la CHG encargó al IGME un estudio relativo a la continuidad hidrogeológica de las formaciones acuíferas en la zona de la divisoria Guadiana-Júcar. Usando criterios hidrogeológicos, se propuso una hipótesis de la geometría de las estructuras geológicas en dicha divisoria, para cuya verificación se llevó a cabo una revisión de la información geofísica ya existente y disponible en la zona, presentándose en agosto de 2009 el INFORME DE LA DETERMINACIÓN POR GEOFÍSICA DE LA MORFOLOGÍA DEL TECHO DE JURÁSICO (SID IGME-63823). En dicho Informe se concluye que la gravimetría (mapa de anomalías de Bouguer) presenta una buena correspondencia con las estructuras jurásicas (y cretácicas densas), aunque no es posible asegurar que corrobora la estructura del Jurásico que quiere ratificarse, ya que la información gravimétrica no cubre toda el área investigada. Por otra parte los datos geoeléctricos ponen de manifiesto que existen varios horizontes resistivos, siendo difícil diferenciar si pertenecen al Jurásico, a un basamento más profundo o al Cretácico. La morfología del techo de la primera capa resistiva mantiene una cierta correspondencia con las anomalías gravimétricas, y justifica aceptablemente la hipótesis geológica establecida, con discrepancias que pueden deberse a la distancia entre mediciones de SEV, y que podrían ser verificadas si se dispusiera de más información. La información de gravimetría y de resistividad indica la existencia de un hundimiento acusado de las estructuras hacia el Norte, con un alto gradiente de posición y rumbo en coincidencia con el perfil establecido en la hipótesis hidrogeológica, por lo que la morfología de las estructuras varía notablemente en cortas distancias hacia el norte o hacia el sur del perfil.

Aunque el análisis efectuado de la información geofísica no descarta la viabilidad de la hipótesis hidrogeológica establecida, para tener mayor seguridad es preciso disponer de más datos geofísicos. En consecuencia se propuso la realización de los siguientes trabajos:

- Completar la gravimetría existente con la toma de nuevos datos en el área entorno del perfil geológico que desea confirmarse, y que permita corroborar la morfología del basamento, supuestamente Jurásico, de la zona.
- Densificar la información geoeléctrica mediante la medición de Sondeos Electromagnéticos en el Dominio del Tiempo, como mejor alternativa a los Sondeos Eléctricos Verticales, dada la profundidad de investigación requerida.

La presentación de estos nuevos trabajos es el objetivo de este Informe, complemento del efectuado en 2009.

## 2. Síntesis de los trabajos anteriores

### 2.1 Hipótesis geológica

En la Figura 1 se representa el corte geológico con la hipótesis estructural que desea verificarse por métodos geofísicos: elevación del Jurásico que pone en contacto el acuífero profundo (calizas del Jurásico y Cretácico Superior) con el carbonatado superficial, formado por las calizas pliocenas que culminan la serie terciaria, y con el acuífero detrítico mioceno. Se supone una continuidad litológica y estructural del Jurásico. En otros lugares ambos acuíferos están separados por un relleno mioceno arcilloso o por las margas y arcillas del Cretácico Inferior.

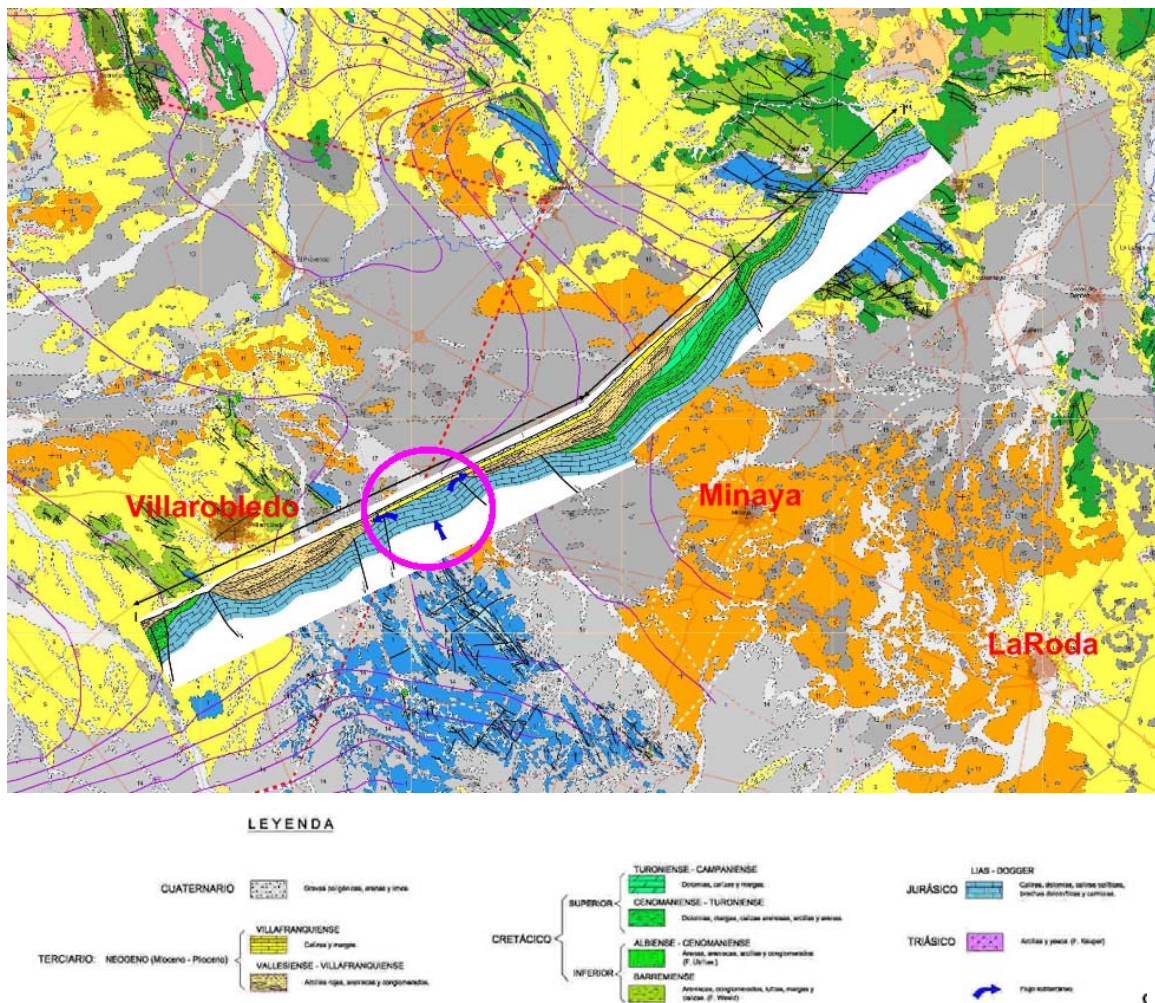
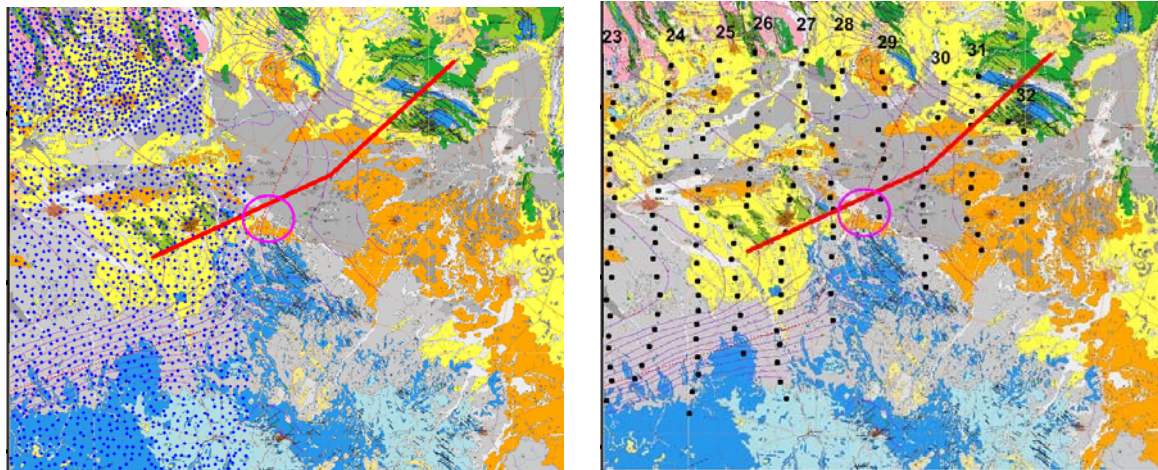


Fig. 1 Corte geológico hipotético I-II-III, con indicación de la estructura jurásica que desea verificarse (círculo morado)

### 2.2 Información disponible

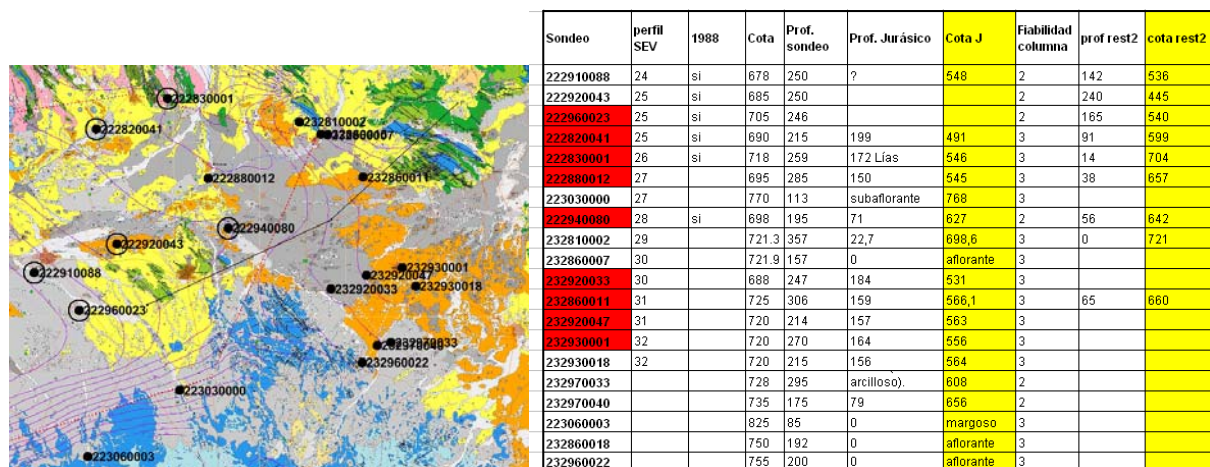
A través de la Base de Datos Geofísicos (SIGEOF) y del Sistema de Información Documental (SID) del IGME, se dispuso de valores de Gravimetría (Anomalía de Bouguer) medidos en la década de 1980, que cubren parcialmente el área de interés con una densidad de dos estaciones por km<sup>2</sup> (Figura 2). Así mismo, se recuperaron trabajos de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) de 1988, organizados por perfiles que cubren prácticamente toda el área de estudio con una distancia media

entre perfiles del orden de 5 km, estando los SEV medidos cada 1.5-3 km (Figura 2). Los datos de los SEV fueron objeto de un proceso de preparación a fin de obtener de forma digital todos los elementos necesarios para su utilización en este Proyecto, recuperando la resistividad y profundidad del techo del Jurásico (última capa resistiva localizada en los SEV) a partir de documentos escritos (hojas de interpretación) y gráficos (secciones geoelectricas) que figuraban en los correspondientes trabajos.



**Fig. 2 Resultado de la búsqueda en SIGEOF y SID-IGME de información gravimétrica [izquierda] y de SEV [derecha]. Se indica la posición del corte geológico I-II-III de la Figura 1.**

En la base de datos de sondeos de Aguas Subterráneas del IGME se localizaron 51 sondeos mecánicos en el área, aunque solamente de 17 se disponen de información fiable sobre la profundidad del Jurásico, de los cuales 7 sondeos ya fueron tenidos en cuenta en 1988 en la interpretación de los SEV (Figura 3). La cota del Jurásico en estos sondeos se indica en la Tabla de la Figura 3, en la que se ha añadido la cota de un nuevo horizonte resistivo (resistivo2) obtenido en la reinterpretación de los SEV efectuada para este trabajo.



**Fig. 3 Posición de los sondeos mecánicos localizados con fiabilidad de su columna litológica e información del Jurásico útiles para este trabajo. Circulo negro: sondeo ya tenido en cuenta en la interpretación de los SEV en 1988. Los datos se indican en la Tabla adjunta.**

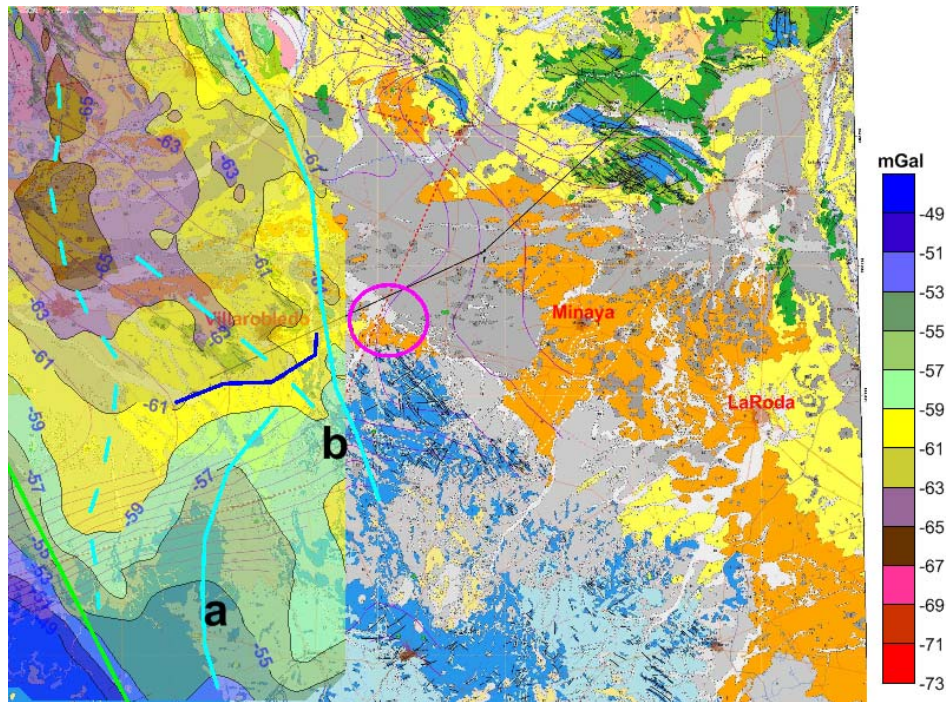
### 2.3 Análisis de los datos

Las propiedades físicas de las rocas es la base de los métodos de prospección geofísica. Los materiales involucrados en esta zona son: 1/ El Trías (Keuper) base impermeable del acuífero, formado por arcillas y yesos 2/ Jurásico (Lías y Dogger) con calizas, dolomías, brechas y carnioles, que pueden contener agua. 3/ El Cretácico Inferior (Barreniense, Albiense-Cenomaniense) contiene rocas detríticas impermeables (lutitas, arcillas, margas), y permeables (arenas, areniscas, conglomerados y calizas), por lo que puede ocasionalmente suponer una barrera hidráulica entre Cretácico y Jurásico. 4/ El Cretácico Superior (Turoniense-Campaniense y Cenomaniense) lo forman calizas y dolomías, aunque con existencia de algunas margas, arcillas y arenas. 5/ El recubrimiento Terciario (Mioceno y Plioceno) lo forman arcillas, areniscas y conglomerados, coronados por calizas y margas del Villafranchiense, y 6/ la cobertera Cuaternaria de gravas, arenas y limos.

No se dispone de valores de densidad medidos en muestras de estas rocas; en principio todo el Cuaternario, Terciario y Cretácico Inferior debe tener la menor densidad global, siendo algo más densas las rocas del Cretácico Superior, y las de mayor densidad las del Jurásico. La base Keuper puede tener menor densidad que la cobertera. A falta de información petrofísica, se ha trazado una serie de perfiles de Nettleton (anomalía de Bouguer calculada con distintos valores de la densidad de reducción) deduciéndose que los relieves topográficos están asociados a anomalías de densidad, y que por lo tanto el mapa de anomalías de Bouguer está reflejando la morfología o topografía del basamento denso aflorante, que se trata del Jurásico; considerando la litología de la cobertera terciaria y cuaternaria, se ha optado por utilizar  $2.4 \text{ g/cm}^3$  como densidad de reducción.

El mapa de anomalías de Bouguer (Figura 4) tiene un profundo mínimo en todo el sector occidental, interpretable como una cubeta cerrada con mayor potencia de rocas de menor densidad (del Terciario y Cuaternario). El extremo sur de esta cubeta continúa en una depresión gravimétrica encajada entre dos máximos relativos (rocas del Cretácico Superior y Jurásico que se mantienen a menor profundidad), con alto gradiente en la esquina sur-occidental, que puede indicar la presencia de una falla no muy profunda en los materiales más densos. El máximo de la parte derecha (a) parece continuarse hacia el norte, orientándose (supuesta alineación b) en la dirección del afloramiento Jurásico situado fuera del mapa gravimétrico. La información gravimétrica cubre solamente el primer tercio del perfil geológico I-II-III que desea verificarse. En la Figura 4 se ha marcado la zona donde se supone en dicho corte la menor profundidad del Jurásico, que se sitúa un poco hacia el Este de la posible alineación de máximos (b) del borde oriental del mapa de Bouguer, lo que en principio, si bien no permite corroborar la hipótesis establecida en el corte, tampoco permite descartarla. No obstante, hay que tener en cuenta que se trata de utilizar información incompleta, por lo que de momento, la mejor conclusión que puede establecerse es que la anomalía de gravedad es muy probable que esté reflejando la morfología del basamento denso del Jurásico, al menos en el sur de la zona cubierta.

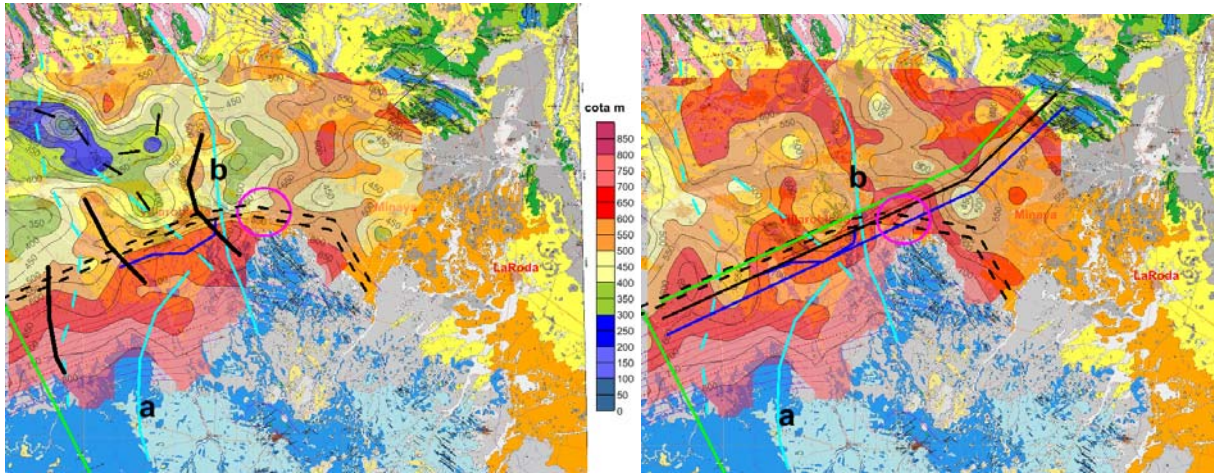




**Fig. 4 Interpretación del mapa de Anomalías de Bouguer. Ejes de máximos (línea azul claro continuo), mínimos (línea azul claro discontinuo), zona de máximo gradiente (línea azul fuerte) y falla (verde). Circulo violeta: situación de la elevación del Jurásico en el corte geológico.**

La información de resistividad cubre todo el corte geológico, excepto su extremo más nororiental. Respecto de la resistividad, excepto el Keuper, que debe tener menor resistividad que el resto de las unidades, los demás pisos contienen una mezcla de rocas de variada resistividad. En un esquema inicial, las formaciones con mayor resistividad serían las del Jurásico y Cretácico Superior, aunque pueden estar disminuidas por su contenido en agua, seguidas por el Cretácico Inferior. El Cuaternario debe presentar la menor resistividad de todos los pisos, y el Terciario puede dar lugar a cualquier valor.

El trabajo de SEV realizado en 1988 tuvo por objetivo localizar el basamento resistivo (que denominamos resistivo1), asignado al Jurásico. El mapa que se obtiene para las cotas del techo de este resistivo (Figura 5) marca unos rasgos regionales en los que el basamento resistivo1 se va hundiendo suavemente hacia el norte, con una zona de mayor gradiente aproximadamente coincidente por la cota 550 m; desde el norte, las prolongaciones de la Sierra de Altomira parecen presentar un hundimiento hacia el sur, pasando a partir de la cota 500 a una zona con alternancias de estructuras hundidas y elevadas de dirección N-S o NO-SE, que forman un área complicada donde se alcanzan las mayores profundidades del resistivo1 (Jurásico?). Según este mapa, aparece una elevación del Jurásico situada más hacia el Oeste que la indicada en el corte geológico I-II-III (Figura 5), zona que se sitúa precisamente en un alto gradiente o hundimiento brusco de las estructuras hacia el Norte. Debido a este gradiente, la morfología del techo del resistivo varía mucho en cortas distancias, de tal forma que la situación es diferente en cortes geoelectrónicos paralelos al corte geológico (Figura 6), presentando todos ellos una profundidad del basamento resistivo res1 algo contradictoria con la supuesta, o al menos no coincidente.



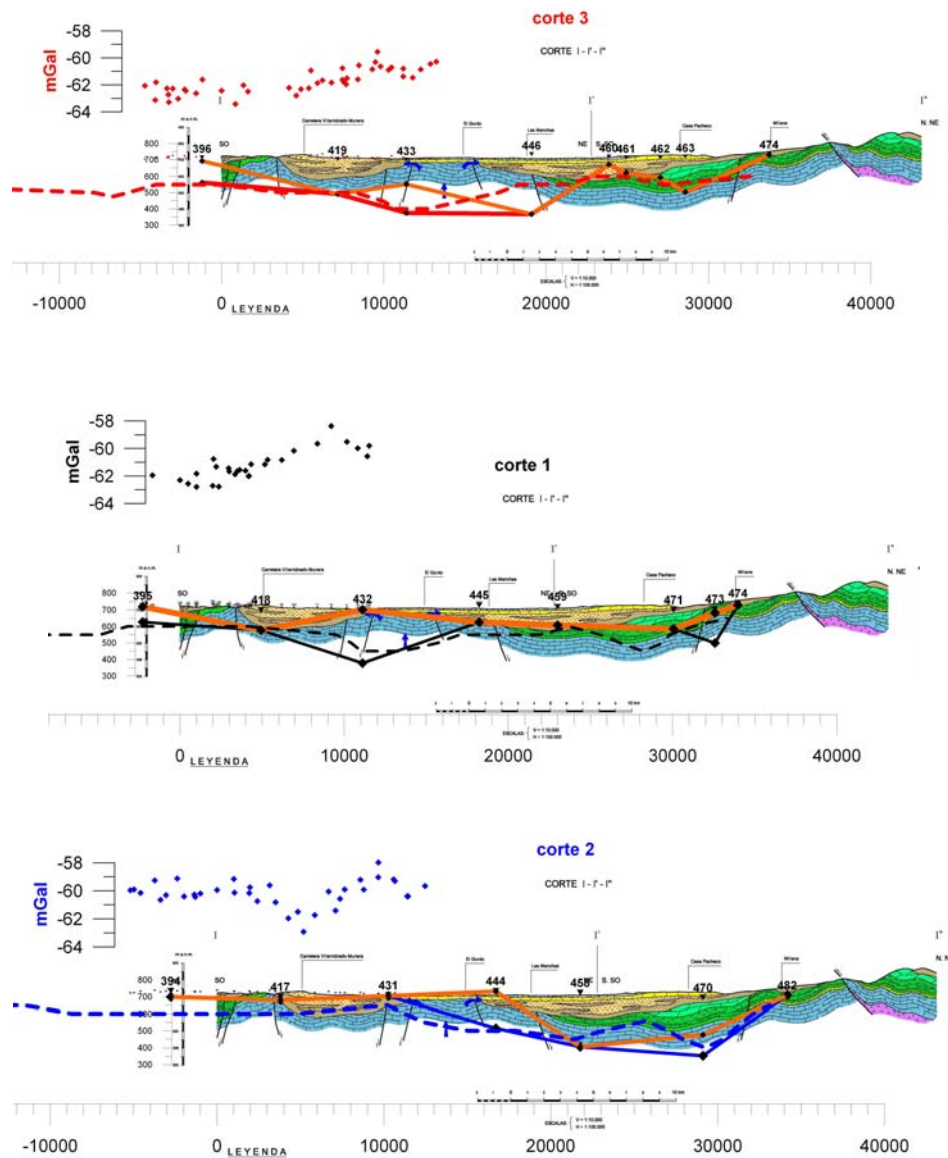
**Fig. 5 Mapa de cotas del resistivo1 (izquierda) y resistivo-2 (derecha) sobre la cartografía geológica. Líneas negras: alineación de elevaciones (continua) y depresiones (discontinua) del Jurásico en res-1. Línea de trazos dobles: máximo gradiente de hundimiento hacia el Norte de res-1. Circulo violeta: situación de la elevación del Jurásico en el corte geológico. Líneas azules: ejes de anomalías gravimétricas. Perfiles de resistividad entorno del corte geológico (Figura 6): en negro, Pe-1 coincidente; en rojo Pe-3, hacia el norte; en azul, Pe-2 hacia el Sur.**

Comparando las estructuras reflejadas por este resistivo-1 con las obtenidas por gravimetría (Figura 5), se aprecia que ambas denotan la presencia de una estructura que se hunde hacia el norte, donde forma una cubeta. La zona de máximo gradiente coincide bien en ambos datos, así como la orientación y posición de los ejes de máximos (zonas menos profundas) y mínimos (zonas más hundidas), con algunas discrepancias importantes; en el extremo sur occidental la menor profundidad de rocas resistentes se correspondería con mínimos gravimétricos, situación petrofísicamente no viable, a no ser que bajo ese resistivo se situaran rocas de muy poca densidad (Keuper), lo que podría ser la causa de la anomalía de falla gravimétrica, no observable en la resistividad por estar fuera de la cobertura de datos.

En la reinterpretación de los SEV se ha observado que en muchas situaciones existe una capa resistente (resistivo-2) anterior a la más profunda, y que puede corresponder tanto al Jurásico (contrastado en algunos sondeos mecánicos), como al Cretácico. El techo de esta capa, coincidente con el resistivo-1 en algunas posiciones, deja ver una situación algo diferente (Figura 5): aunque sigue existiendo el aludido gradiente de hundimiento del techo del resistivo hacia el Norte, la evolución de la cota a lo largo del corte geológico coincide muy aproximadamente con la hipótesis establecida, así como la existencia de una posible continuidad de la mínima profundidad del techo del resistivo en la dirección supuesta por la anomalía gravimétrica (línea b de la Figura 5). Esta elevación queda bordeada de dos fosas (por debajo de la cota 600 m), que justifican las depresiones rellenas de terciario a ambos lados de la elevación jurásica; así mismo, la presencia de calizas del Jurásico muy someras en ambos extremos del corte quedan también señaladas por las cotas de este resistivo2.

## 2.4 Síntesis de la información geofísica respecto del corte I-II-III

Para poner mejor en evidencia la estructura que resulta de las interpretaciones geofísicas establecidas, se han trazado tres perfiles paralelos al corte I-II-III (posición en la Figura 5) con las cotas de los diferentes resistivos y la anomalía gravimétrica.



**Fig. 6** Corte geológico I-II-III, con proyección de las profundidades del resistivo1 y resistivo2 (en color naranja) de los SEV más próximos a la alineación, En línea discontinua: resistivo1 según mapa de isolinéas. Arriba: perfil 3, al norte del corte (resistivo 1 en rojo). Centro: perfil 1 coincidente con el corte geológico (resistivo 1 en negro). Inferior: perfil 3, al sur (resistivo 1 en azul).

Un perfil trazado exactamente por la línea del corte geológico (corte 1, Figura 6-centro) pone de manifiesto que si el resistivo1 se refiere al techo del Jurásico, la hipótesis de su elevación no es cierta, siéndolo para el resistivo-2, debiendo justificar entonces que el resistivo1 pertenece a materiales por debajo del Jurásico. El resistivo2 en algunas partes se refiere al Jurásico y en otras al Cretácico, con una coincidencia bastante aceptable de la profundidad con la sugerida por el corte geológico. La anomalía gravimétrica indica la existencia de una elevación de las masas más densas (las calizas),

coincidente en parte con la marcha del resistivo2 y en discreta correspondencia con la cubeta terciaria. En el extremo sur del perfil, donde aflora el Cretácico y Jurásico, tanto el resistivo1 como el resistivo2 se sitúan a mayor profundidad, con una clara falta de coincidencia que puede ser debida a un efecto del muestreo, ya que se trata de una interpolación entre los valores detectados por dos SEV situados a ambos extremos de la estructura.

Si el perfil se traza 2 km hacia el Sur (corte 2, Figura 6-inferior), el resistivo1 está más somero en el segmento I-II, y más profundo en II-III; el resistivo2 mantiene mejor coincidencia con el corte geológico. La gravimetría justifica bien la existencia de la fosa terciaria del extremo sur.

Si el corte se traza unos 2 km hacia el norte (corte 3, Figura 6-superior), tanto el resistivo1 como el 2 están más profundos en el sector I-II, como consecuencia del escalón existente, elevándose en la segunda mitad del corte, en coincidencia con la hipótesis del sector II-III. La anomalía gravimétrica indica, por su ligera elevación hacia el norte, que debe estar reflejando la profundidad del resistivo2.

## **2.5 Limitaciones de la interpretación**

Debido a las propiedades físicas de las rocas involucradas, no es posible diferenciar ni por su densidad ni por su resistividad a las calizas jurásicas de las cretácicas o terciarias.

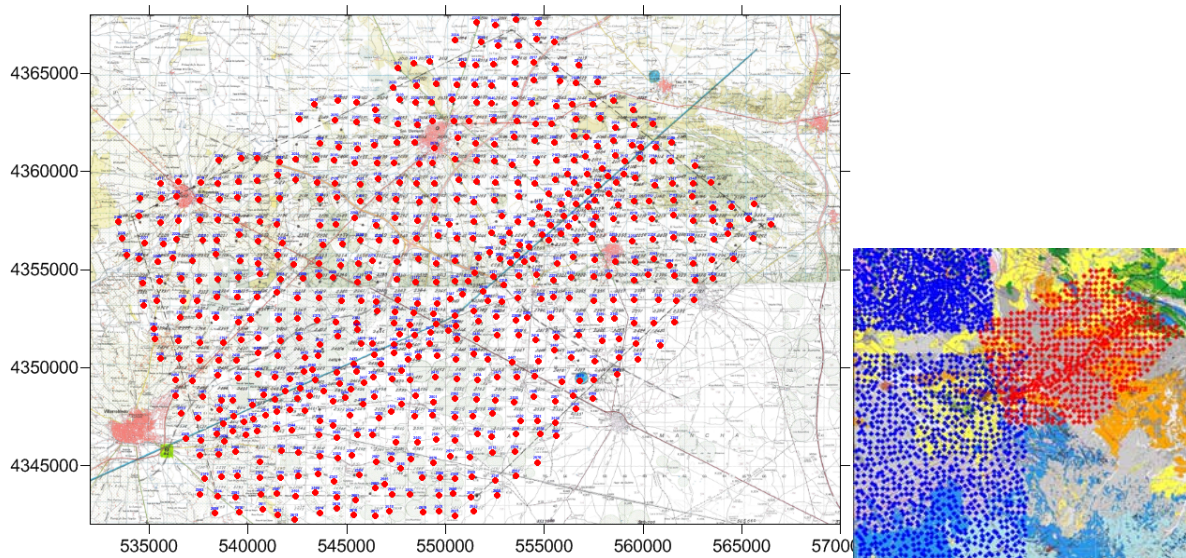
Respecto de la Gravimetría, puede aceptarse que las anomalías reflejan fundamentalmente la morfología del Jurásico, en función de su mayor continuidad y potencia, aunque estará afectada por la presencia de otros materiales densos allí donde existan, con difícil diferenciación. Para el objetivo de este trabajo, sería necesario confirmar la posible existencia de la anomalía positiva de dirección marcada como eje b en las Figuras 4 y 5.

Respecto de la cartografía geoelectrica, la situación es más compleja. Las calizas terciarias sólo se manifestarán como resistivos muy someros, y por lo tanto no pueden confundirse con el resto de horizontes resistivos. En principio, las calizas del Cretácico Superior están separadas de las del Jurásico por materiales conductores del Cretácico Inferior, por lo que entre ambos horizontes debería situarse un nivel conductor, no siempre detectado por los SEV, por lo que su diferenciación no es posible. Por otra parte, en algunas localizaciones donde el resistivo-2 pertenece al Jurásico habría que justificar la existencia de un horizonte con gran resistividad a mayor profundidad, ya que los materiales del Keuper deben comportarse como conductores eléctricos. Por lo que respecta en especial al objetivo de este trabajo, el seguimiento de la morfología de estos horizontes se ve además dificultado por la distancia entre mediciones, muy superior a la longitud de las estructuras que desean verificarse.

### 3. Nuevos datos de Gravimetría

#### 3.1 Medición en campo y control de calidad

Durante los meses de marzo y abril de 2010 se ha procedido a la medición de 611 nuevas estaciones gravimétricas en la zona, con una distribución de 1 e/km<sup>2</sup>, que ha sido densificada a lo largo del perfil geológico I-II-III (Figura 7). Los trabajos de campo han sido llevados a cabo por el Grupo de Geofísica del IGME, utilizando instrumentación propia.



**Fig. 7 Izquierda: Posición de las nuevas estaciones gravimétricas medidas en 2010. Derecha: situación de la ampliación (en rojo) respecto de las estaciones anteriormente disponibles (en azul).**

Se ha empleado un gravímetro **Scintrex autograv CG-5**, utilizándose como única base la situada en las proximidades de Villarrobledo (Figura 8), que fue una de las empleadas en los trabajos de gravimetría de 1987 recopilados en la primera fase de este estudio. Esta base tiene coordenadas UTM H30 X= 535912.3 Y=4347635.9 Z=721.32, y gravedad absoluta (unida a la Red Gravimétrica Nacional referencia IGSN71) de 979893.14 mGal. El control del gravímetro se efectuó diariamente en dicha base (Figura 9); hasta el 31 de marzo tanto la deriva secular como la de trabajo fue normalmente decreciente; tras un salto de 11 mGal observado el 5 de abril, el comportamiento del gravímetro pasa a ser el contrario, con derivas positivas y de valores algo más elevados. El 70 % de los programas de lectura tiene correcciones por deriva inferiores a 1 cmGal/h, siendo el valor máximo de 6 cmGal/h.



Fig. 8 Croquis de la situación de la base gravimétrica de Villarobledo.

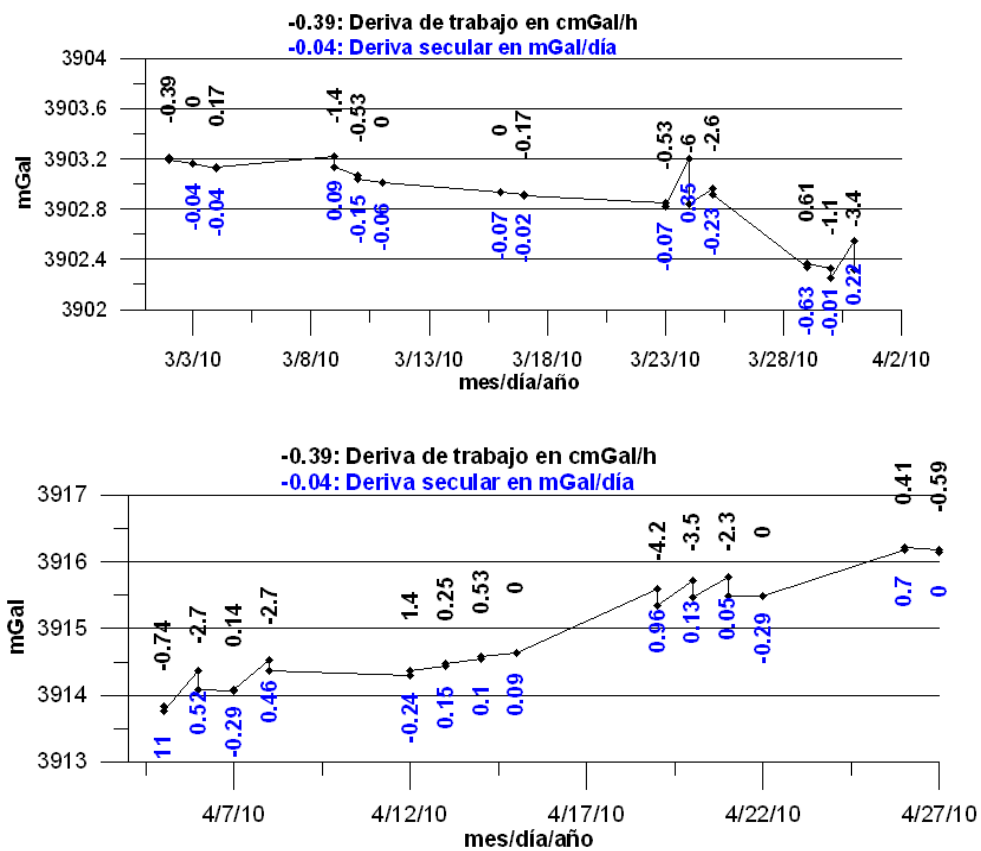


Fig. 9 Control de deriva secular y de trabajo del Gravímetro Scintrex. Parte superior: marzo; parte inferior: abril de 2010.

Como control de calidad de las mediciones en campo se han repetido las lecturas en 64 estaciones (el 10.5 %) en programas independientes, obteniéndose un error medio de 3 cmGal (Figura 10), con desviación estándar de 2.7 cmGal. El 70 % de las estaciones se han medido con error igual o inferior a 2 cmGal, y sólo el 10% puede tener desviaciones superiores a las 5 cmGal.

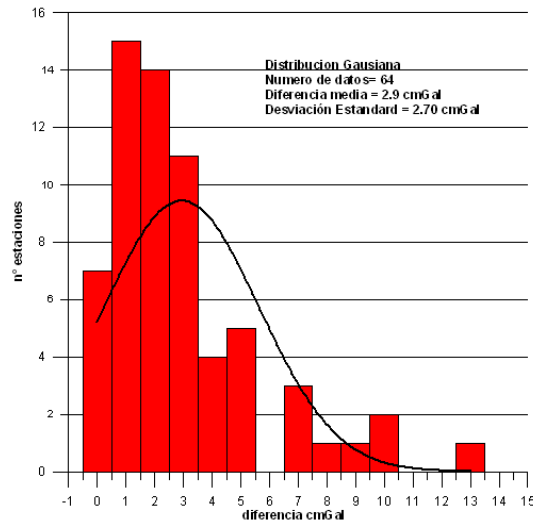


Fig. 10 Histograma de diferencias entre repeticiones de lectura del gravímetro en las estaciones

Las coordenadas X,Y,Z de las estaciones se han determinado simultáneamente a la lectura del gravímetro utilizando el sistema GPS con el instrumento CPG ProMark 3 – Thales, siguiendo el método de corrección diferencial, para lo que un receptor fue situado en el vértice Viejas del IGN, cuya ficha descriptiva se incluye en la Figura 11. Para control de calidad, en 44 estaciones se han repetido las mediciones topográficas, obteniéndose la distribución de diferencias que se indica en la Figura 12. Para las coordenadas planimétricas X, Y las diferencias son inferiores a 1 m para el 89 % de las estaciones (equivalente a 0.1 cmGal) y máximas de 4 m. La cota Z ha sido determinada con precisión mejor de 0.3 m (equivalente a 6 cmGal) para el 80 % de las estaciones, con diferencias máximas de 1 m (20 cmGal).

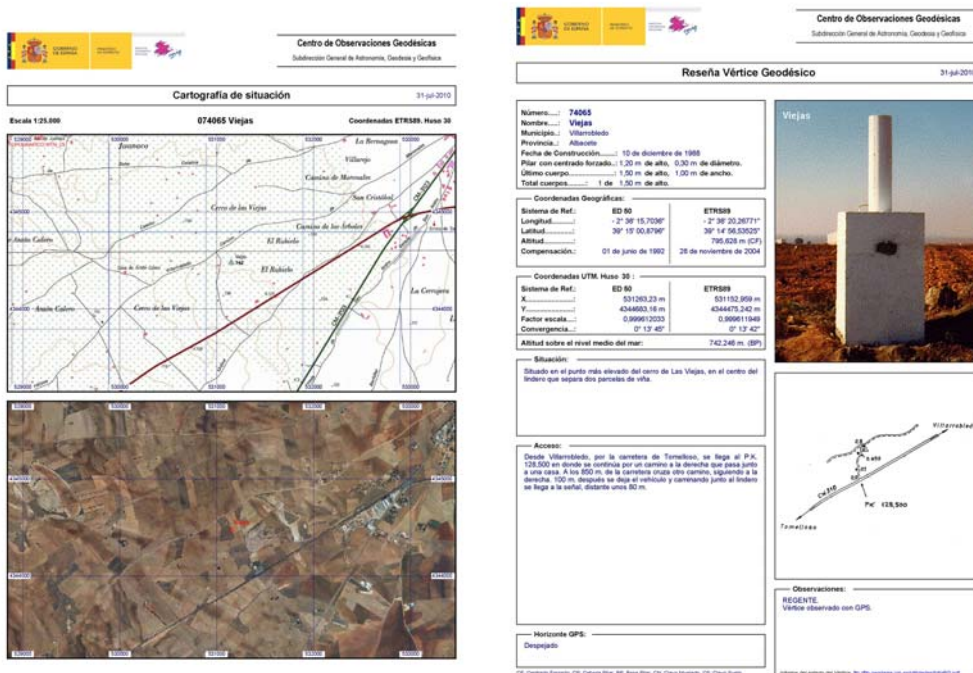
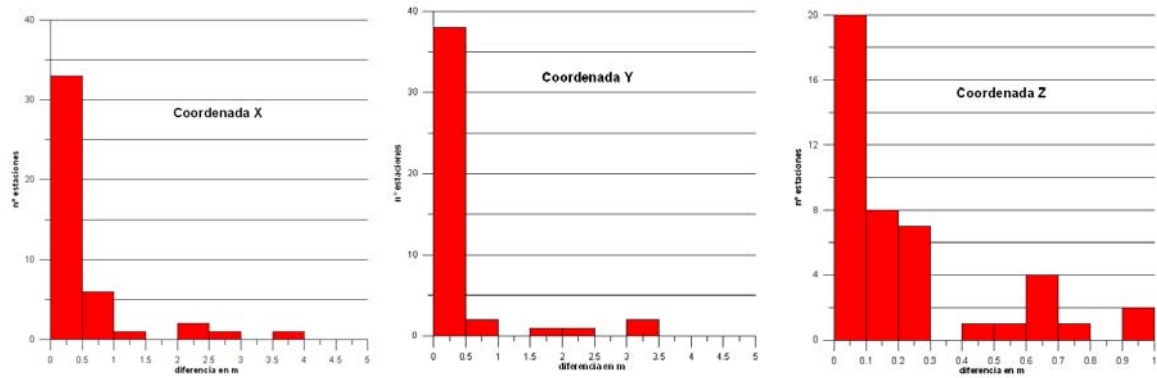
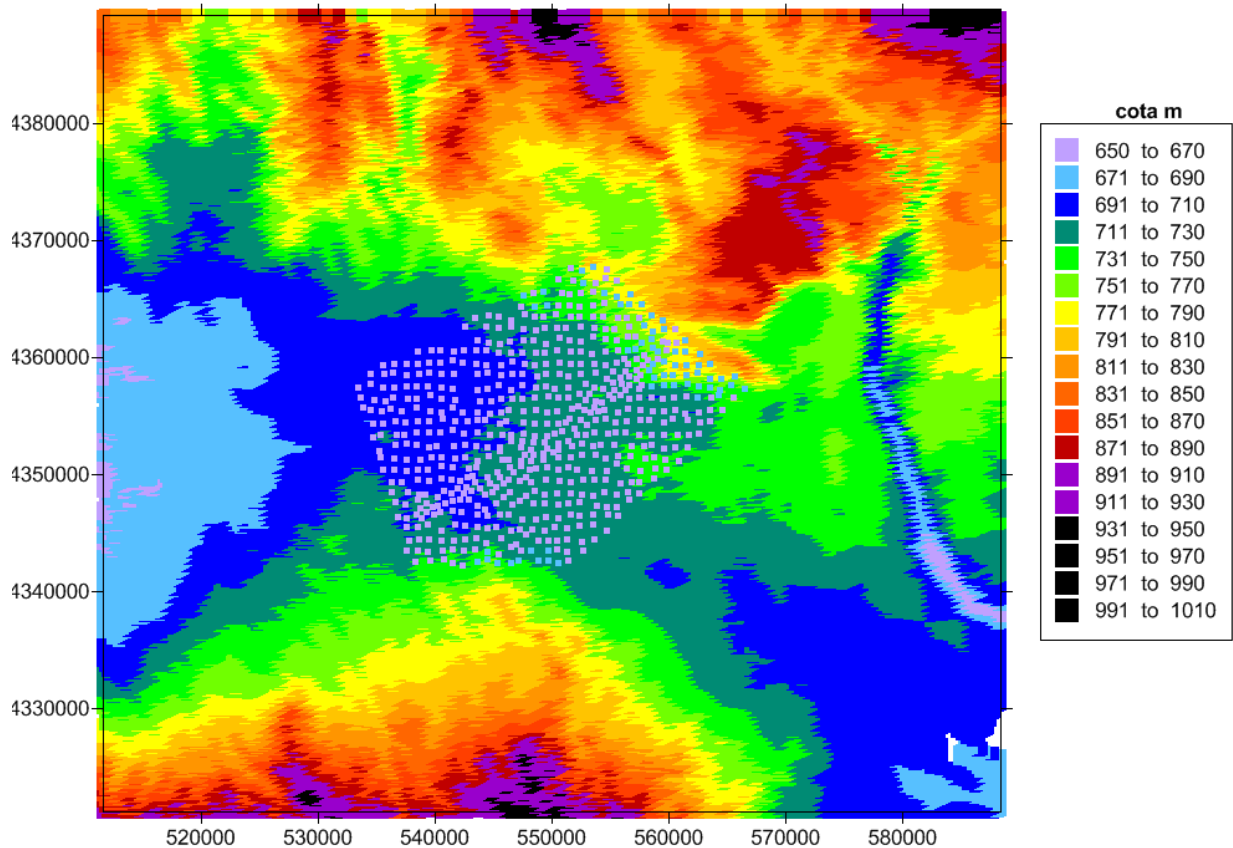


Fig. 11 Fichas del Vértice geodésico Viejas.



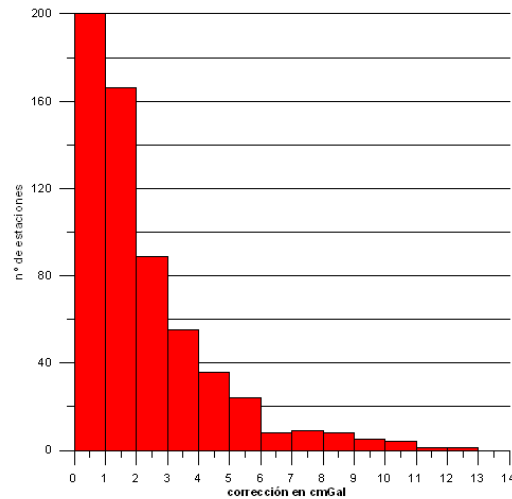
**Fig. 12 Histogramas de las diferencias de las mediciones repetidas de coordenadas X, Y, Z**

La corrección topográfica ha sido dividida en dos zonas siguiendo el método de Hammer: la corrección próxima (zonas B, C y D, hasta 170 m) se ha estimado visualmente en campo; la corrección media y lejana (zonas E a M, hasta 22 km) se ha calculado en densidad  $2.0 \text{ g/cm}^3$  con la aplicación CCT (IGME-1992) a partir del modelo digital del terreno en malla de 100 m (Figura 13). Dado lo llano del terreno (cotas comprendidas entre 692 y 790 m para los puntos medidos, y entre 650 y 950 para un entorno de 22 km) las correcciones de relieve son muy pequeñas, en general inferiores a 5 cmGal (Figura 14).



**Fig. 13 Modelo digital del terreno utilizado en la corrección topográfica, con indicación de la posición de las estaciones gravimétricas.**

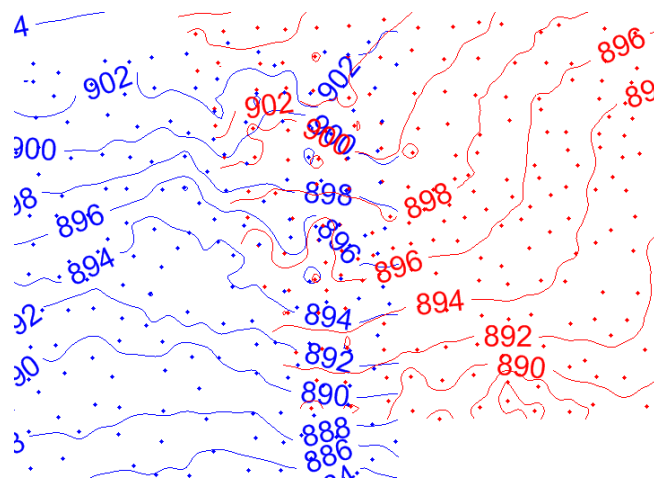




**Fig. 14 Histograma de distribución de la corrección topográfica**

El cálculo de la gravedad medida se ha efectuado mediante la aplicación Estadillo (IGME). La fusión de los ficheros de valores estación-gravedad medida, estación-X,Y,Z y estación-CTT ha dado lugar al fichero **graviGuadiana.xls** con los valores nº estación, X, Y (UTM H30) m, Z m, gravedad medida gm mGal, CTprox cmGal, CT ML cmGal, CTT en densidad 2.0 g/cm<sup>3</sup> cmGal. En su conjunto, desde un punto de vista metrológico los valores de gravedad han sido determinados con precisión mejor de 10 cmGal, pudiendo haber menos del 10 % de las estaciones cuyo valor tenga una imprecisión de 15-20 cmGal. Dado que se trata de una campaña de gravimetría estructural, este error permite trazar las curvas isoanómalas con intervalos de 0.5 mGal.

Los valores de gravedad medidos actualmente son perfectamente comparables con los obtenidos en los anteriores trabajos de 1988, según se deduce del trazado obtenido (Figura 15) para ambos conjuntos de datos en su zona de solape.



**Fig. 15 Isolíneas de valores de gravedad medida. En azul, gravimetría de 1988. En rojo, medidas de 2010.**

### 3.2 Cálculo de la Anomalía de Bouguer

La anomalía de Bouguer ha sido calculada con la aplicación Oasis (Geosoft), utilizando la siguiente expresión y coeficientes:

$$AB = g_{\text{observada}} - g_{\text{teórica}}$$

$$g_{\text{teórica}} = g_0 - f z + b \rho z + T$$

La gravedad normal viene dada por  $g_0 = G_e(1 + a \sin^2\varphi - b \sin^2 2\varphi)$  Gal donde  $\varphi$  es la latitud geográfica,  $G_e$  es la gravedad absoluta en el ecuador,  $a$  y  $b$  son coeficientes que dependen del elipsoide adoptado. Para el Sistema Internacional de Referencia de la Gravedad GRS1967 utilizado en este caso (elipsoide internacional y datum de gravedad absoluta en Postdam 981260 mGal) se tiene:

$$g_0 = 978031.85 * [1 + 0.005278895 * \sin^2(\varphi) + 0.000023462 * \sin^4(\varphi)]$$

donde  $\varphi$  es la latitud en el sistema de referencia ED50, calculada a partir de las coordenadas X, Y UTM H30.

El coeficiente  $f$  de aire libre o de Faye medio para la Península Ibérica de  $f = 0,30854$  mGal/m.

El coeficiente  $b$  de Bouguer vale  $2\pi G \rho z = b \rho z$  m, con  $b = 0,04191$  mGal/m, siendo  $z$  la cota de la estación y  $\rho$  es la *densidad de reducción* o densidad homogénea asignada a los terrenos. Se ha utilizado el valor de  $2.0 \text{ g/cm}^3$ , posteriormente modificado a  $2.4 \text{ g/cm}^3$  (según el valor más adecuado deducido en el Informe de 2009) mediante la expresión:

$$A_1 = A_0 - (d_1 - d_0) / d_0 (z - b d_0 - T_0)$$

$A_1$  y  $A_0$  es la Anomalía de Bouguer calculada con densidad de reducción  $d_1$  y  $d_0$  respectivamente, y  $T_0$  es la corrección topográfica con  $d_0$ . Para  $d_1 = 2.4$  y  $d_0 = 2.0$

$$A_{2.4} = A_{2.0} - 0.2 (z - 0.08384 - T_0)$$

El cálculo ha dado lugar al fichero **graviGuadianaBouguer NUEVO.xls**, con los variables: nº estación, X, Y UTM H30 m, Z m, gravedad medida mGal, CTprox 2.0 cmGal, CTML 2.0 cmGal, CTT 2.0 cmGal, Bouguer 2.0 mGal, Bouguer 2.4 mGal, para las 611 nuevas estaciones medidas. Este fichero se ha fusionado con el anteriormente disponible de 1710 estaciones, formando el fichero **toda gravi.xls** de 2321 estaciones con los valores nº estación, X, Y UTM H30 m, Z m, gravedad medida -979000 mGal, Bouguer 2.4 mGal, que ha sido el utilizado para el resto de los cálculos realizados.

Con el conjunto de las estaciones anteriormente disponibles y las nuevas medidas se ha trazado el nuevo mapa de anomalías de Bouguer utilizando una densidad de reducción de  $2.4 \text{ g/cm}^3$ . Los

valores de las estaciones se han interpolado en la aplicación SURFER de Golden a malla regular de 560x560 m por el método de interpolación Natural Neighbour. El mapa está representado en la Figura 16 con intervalo de 1 mGal entre isólinas.

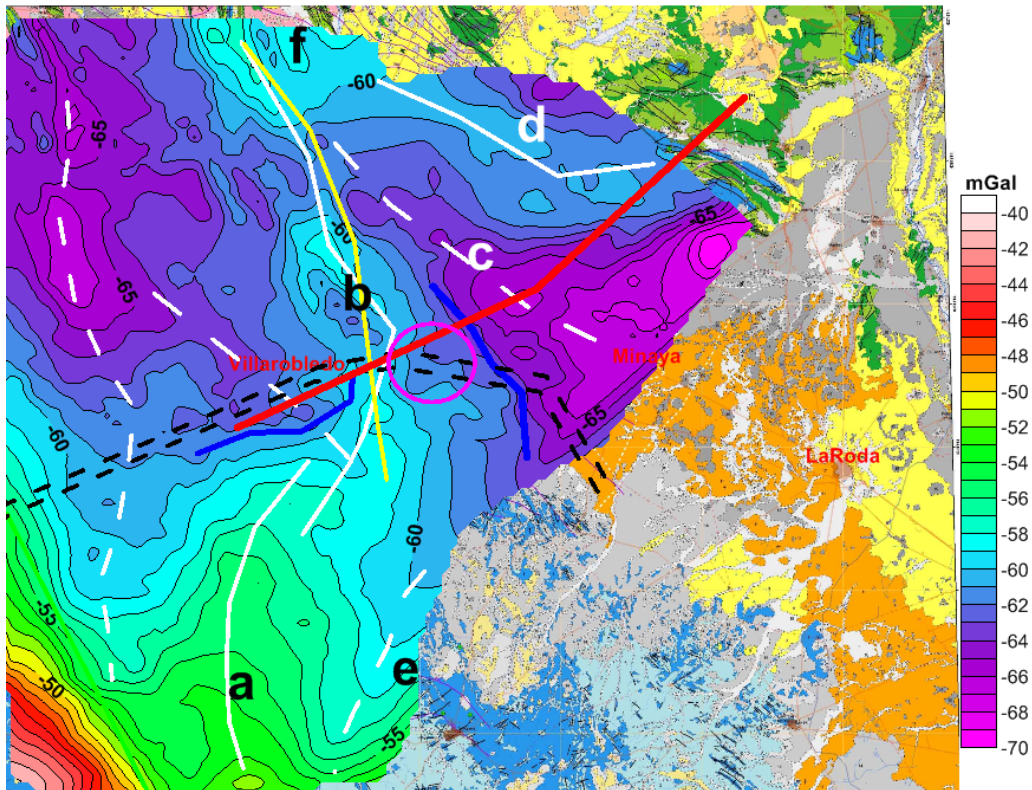
Mediante la aplicación REGRES (IGME) se ha calculado la anomalía regional formada por las grandes estructuras mediante ajuste de una función de sexto grado a la anomalía de Bouguer, determinando así mismo, por diferencia, la anomalía residual debidas a las estructuras geológicas más someras o locales. Los correspondientes mapas se han trazado utilizando el mismo método de interpolación y paso de malla que para las Anomalías de Bouguer.

Para su análisis a lo largo del perfil geológico I-II-III, se han extraído mediante la aplicación PERFIL (IGME) los valores de la Anomalía de Bouguer, Regional y Residual de las estaciones en una banda de 2000 m entorno de la alineación del perfil, formado por dos grupos (segmento I-II y segmento II-III), con las siguientes coordenadas extremas:

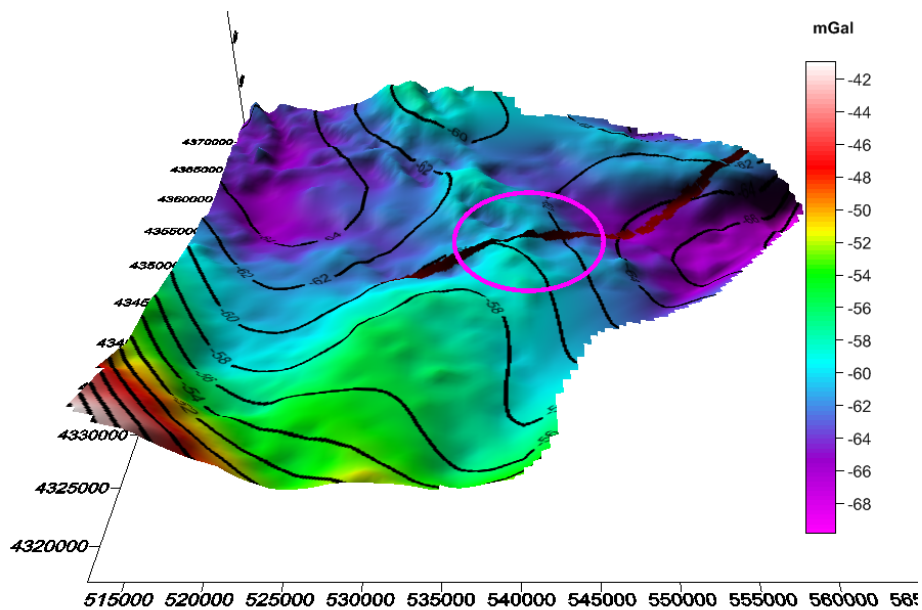
	<b>Punto I</b>	<b>Punto II</b>	<b>Punto III</b>
<b>X</b>	529735	550791	565233
<b>Y</b>	4343114	4352882	4366315

#### 4. Interpretación del mapa de Anomalías de Bouguer

El mapa de Anomalías de Bouguer se representa en la Figura 16 y su vista en perspectiva en la Figura 17.



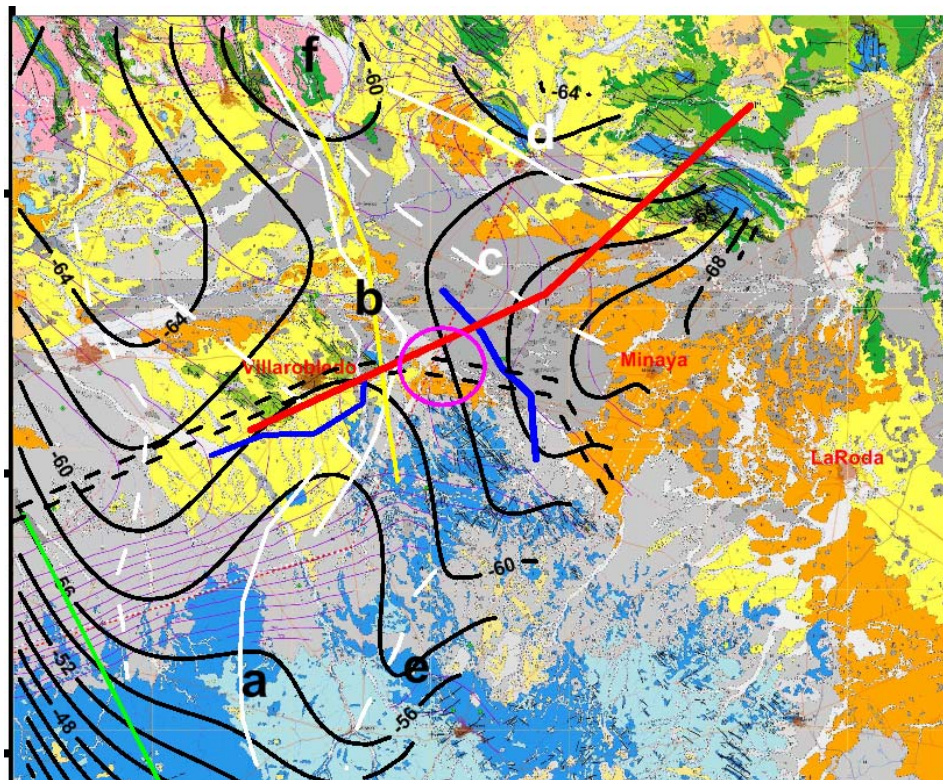
**Fig. 16** Mapa de Anomalías de Bouguer. Líneas blancas: ejes estructurales gravimétricos (máximos en línea continua y mínimos en discontinua). Rojo: perfil geológico I-II-III. Línea doble negra: máximo gradiente de hundimiento del techo del horizonte resistivo. Línea azul: máximo gradiente gravimétrico. Línea amarilla: máximo gravimétrico del Bouguer parcial de la Figura 4.



**Fig. 17** Vista en perspectiva del Mapa de Anomalías de Bouguer, con superposición de isonómalas regionales. Se indica la posición del perfil geológico y máxima elevación supuesta en el mismo para el Jurásico (círculo violeta).

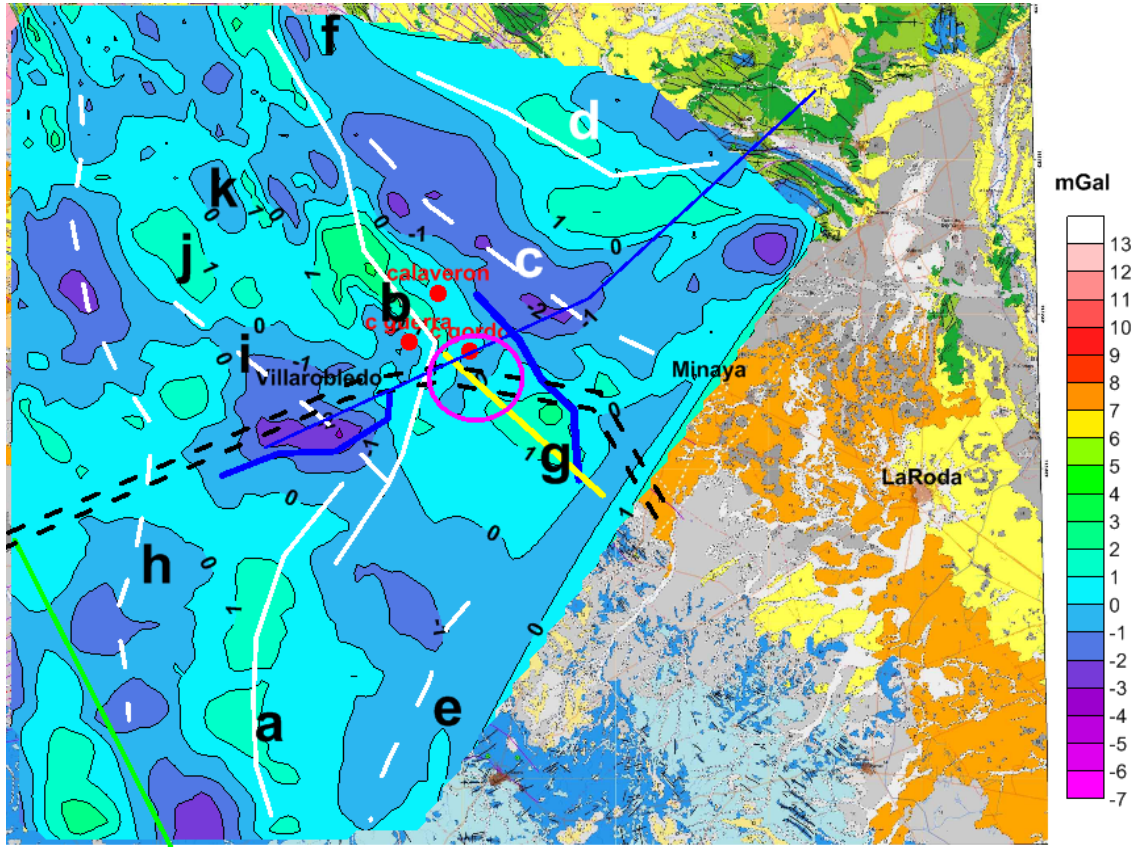
Este mapa permite confirmar la existencia de la alineación de máximos que se insinuaba en la interpretación efectuada con la cobertura parcial anteriormente disponible (Figura 4), marcada con la letra **b**, que se configura como continuación del máximo **a**. Se pone además de relieve la presencia de otra cubeta o alineación de valores mínimos al noroeste de Minaya, marcado con la letra **c**, limitado por una nueva elevación de las rocas densas, alineación **d**. La alineación de máximos **a-b** indica la presencia de una estructura que se van hundiendo hacia el Norte, alcanzando su máxima profundidad en la parte central, desde donde se eleva de nuevo hacia el Norte. Esta estructura separa dos cuencas con rellenos cuaternarios y terciarios. En la parte meridional puede asociarse esta anomalía a la presencia del Jurásico aflorante, aunque esta condición no es determinante, como se aprecia por la aparición de una alineación de mínimos **e**, que no obstante parece iniciar un nuevo máximo en el este. Al norte, zona **f**, los máximos parecen estar asociados a las calizas cretácicas.

El máximo gravimétrico **b** se sitúa al oeste de la zona donde se supone la menor profundidad del Jurásico en el perfil geológico I-II-III, que se localiza en una pequeña depresión. Es evidente que sobre las grandes anomalías, debidas a estructuras de grandes dimensiones con relación a la del área prospectada, se superponen anomalías de menor extensión, debidas a la existencia de masas más locales. Una posible separación de ambos tipos de anomalías, regional y residual, puede hacerse mediante ajuste de una superficie al mapa de Bouguer, eligiendo el grado que mejor refleje lo que se considere como regional. En este caso se ha seleccionado una superficie de sexto grado, cuyas isoanómalas se han superpuesto al Bouguer en la Figura 17 y que se ajusta adecuadamente a las grandes estructuras anteriormente comentadas (Figura 18).



**Fig. 18 Isoanómalas regionales con intervalo de 2 mGal.**

Como resultado, el mapa de anomalías residuales (Figura 19) dibuja una situación en la que la alineación **b** aparece prolongada hacia el sureste, según la alineación **g**. Aunque la zona de supuesta menor profundidad del Jurásico en la hipótesis del perfil geológico I-II-III sigue situándose sobre un mínimo relativo, la anomalía residual lo sitúa más claramente en una región de rocas más densas y superficiales que las colindantes.



**Fig. 19** Mapa de anomalías residuales con intervalo de 1 mGal. Se han posicionado los sondeos efectuados en 2010.

Una interpretación posible de esta circunstancia puede ser que la gran anomalía positiva se debe fundamentalmente a una gran estructura de las rocas del Jurásico de mayor extensión y profundidad, mientras que las locales están indicando preferentemente la presencia de calizas cretácicas, o incluso terciarias, y partes más someras de las calizas jurásicas. Para analizar esta hipótesis interpretativa se han trazado los perfiles de Anomalía de Bouguer, regional y residual sobre el perfil geológico I-II-III (Figura 20). El máximo de la anomalía de Bouguer **b** se desplaza a la zona **g** al considerar la anomalía residual, en mejor coincidencia con la zona supuesta en el corte geológico. En cualquier caso, es evidente que existe dicha estructura, aunque pueda matizarse su forma y localización exactas. Es notable que el resto del perfil de anomalías residuales, hacia el noreste, refleja con gran coincidencia la presencia de calizas del Cretácico Superior, llegando al máximo de la zona **d** allí donde se supone a estas a menor profundidad.

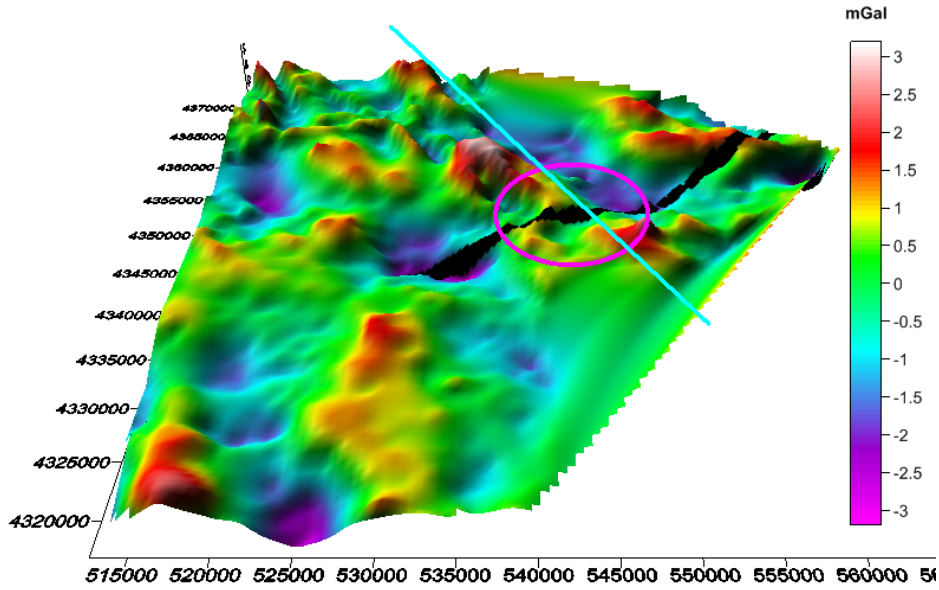


Fig. 20 Vista en perspectiva del Mapa de Anomalías gravimétricas residuales. Se indica la dirección de la estructura (en azul), perfil geológico (en negro) y de la máxima elevación supuesta para el Jurásico (circulo violeta).

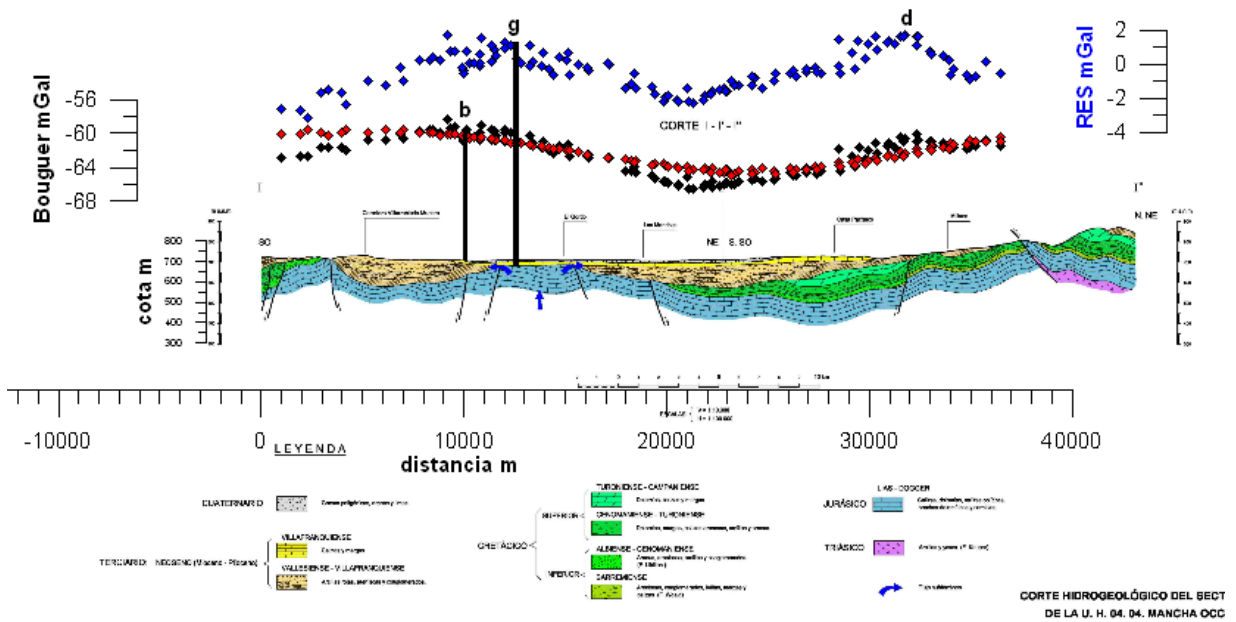
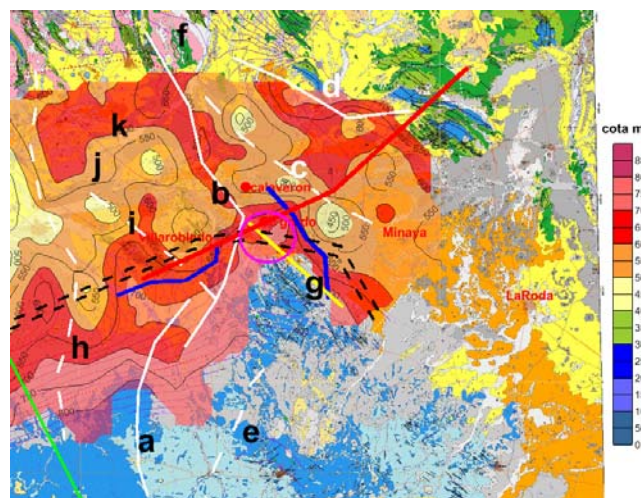


Fig. 21 Perfil de Anomalia de Bouguer, regional y residual sobre el corte geológico I-II-III.

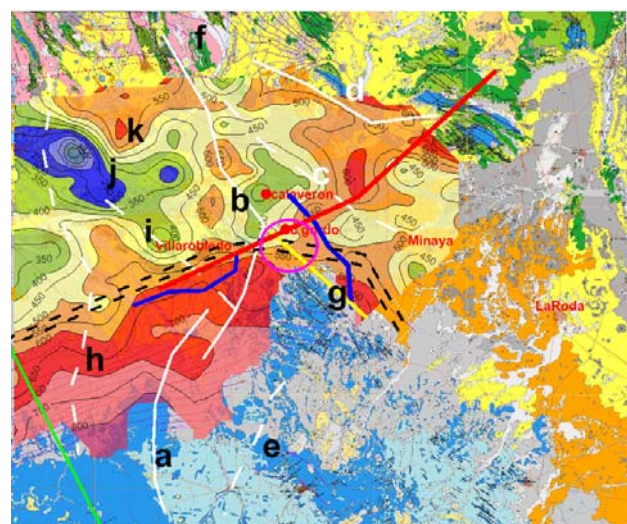
Tanto la anomalía de Bouguer como la residual son en realidad una alineación de máximos discontinuos, separados por “valles” o depresiones gravimétricas; es decir, la estructura de rocas densas no mantiene una continuidad o bien su morfología es muy cambiante, o bien aparece distorsionada por la presencia ocasional de otras rocas densas más superficiales. Este carácter discontinuo ya se observó en la topografía del techo del resistivo 1 (el más profundo) y el resistivo 2

(más superficial) (Figuras 22 y 23), que mantiene una buena correspondencia con la anomalía gravimétrica residual:

- la estructura de mínimos **h** y de máximos **a** se encuentran bien reflejadas en la morfología del resistivo 1 y 2
- el mínimo **i** tiene mejor correspondencia en el techo del resistivo 1, así como las estructuras **j-k**
- las alineaciones de mínimos gravimétricos **c** y de máximos **d** tienen buena correspondencia con la topografía del techo de ambos resistivos, en especial con el más superficial.
- La estructura de máximos **b-g**, principal objeto de esta interpretación, tiene igualmente una aceptable coincidencia con las elevaciones del techo de ambos resistivos.



**Fig. 22** Cota resistivo 2 con superposición de los ejes estructurales derivados de la gravimetría.



**Fig. 23** Cota resistivo 1 con superposición de los ejes estructurales derivados de la gravimetría.

Puede por lo tanto concluirse que la anomalía de gravedad está reflejando la morfología de las rocas resistivas, que no pertenecen a un único horizonte.



## 5. Nuevos datos de resistividad

### 5.1 Valores de resistividad en SEV

En la campaña de SEV de 1988 se detectó la presencia de un basamento resistivo que fue asignado al techo de las calizas Jurásicas, y al que en este estudio hemos denominado resistivo-1. La resistividad de este basamento es normalmente superior a 100 ohm.m (Figura 24), llegando a manifestarse en la interpretación hasta con valores superiores a 1000 ohm.m. En la reinterpretación efectuada en 2009 para el presente estudio se consideró la existencia de un resistivo anterior al más profundo, y que no ocupa toda la zona prospectada, al que denominamos resistivo-2 y asignamos tanto a calizas Jurásicas como Cretácicas, con valores de resistividad en general inferiores a 100 ohm.m, aunque puede alcanzar varios centenares (Figura 24). Sobre estos basamentos resistivos, el resto de las rocas del Cretácico y Terciario tienen en las secciones geoelectricas de 1988 valores comprendidos entre 25 y 60 ohm.m, con algunas zonas donde se sitúan capas más conductoras, con valores entre 3 y 10 ohm.m. El carácter de “resistivo” es por lo tanto relativo, se decir, se trata de un basamento que es más resistivo que las rocas suprayacentes, aunque su resistividad pueda ser del mismo orden de magnitud que la de dichas rocas en otras partes del perfil geoelectrico.

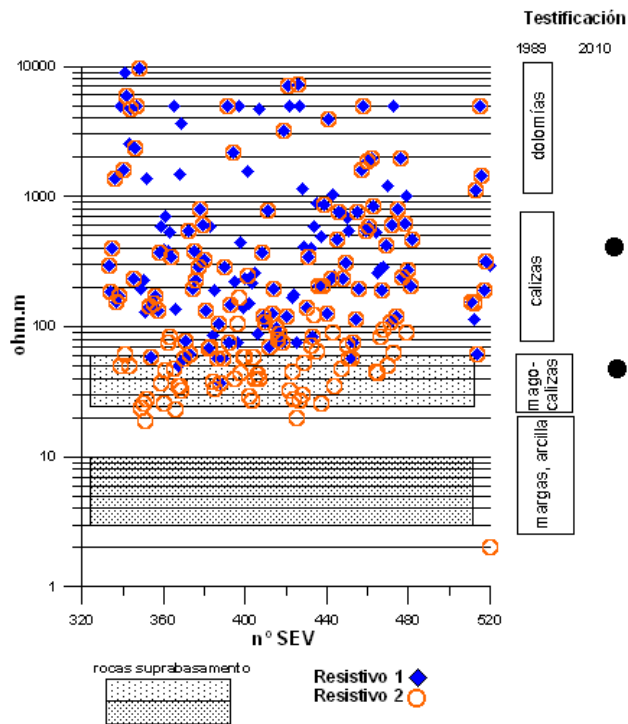


Fig. 24 Resistividad deducida de las mediciones de SEV de 1988

### 5.2 Valores de resistividad en testificaciones de sondeos

Se dispone de la testificación de resistividad de un sondeo denominado Villarrobledo I, efectuada en 1989 (Documento 40391 del CID IGME), del que desconocemos sus coordenadas y columna con diferenciación estratigráfica. Fue testificado desde los 88 a los 233 m de profundidad, con la secuencia, según la columna elaborada durante la perforación y apoyada en la testificación:

Profundidad	Litología
90-103	calizas
103-126	margas
126-152	calizas dolomíticas o dolomías
152-152.5	intercalación margosa
152.5-176	calizas tableadas o en bancos
176-190	calizas poco competentes o margosas
190-216	margas a margas arcillosas

Con los siguientes valores de resistividad, cuyos rangos se han localizado en la Figura 24:

litología	Resistividad
Calizas	400-700 ohm.m
Margo-calizas	50 ohm.m
Dolomías	>1000 ohm.m
Margas y arcillas	≤ 50 ohm.m

Los sondeos mecánicos perforados en 2010 El Calaverón, Casa del Gordo y Casa de Guerra (posición en la Figura 25) solo han sido testificados de resistividad en sus últimos tramos, lo que no permite establecer una buena correlación de la resistividad con la litología para toda la columna.

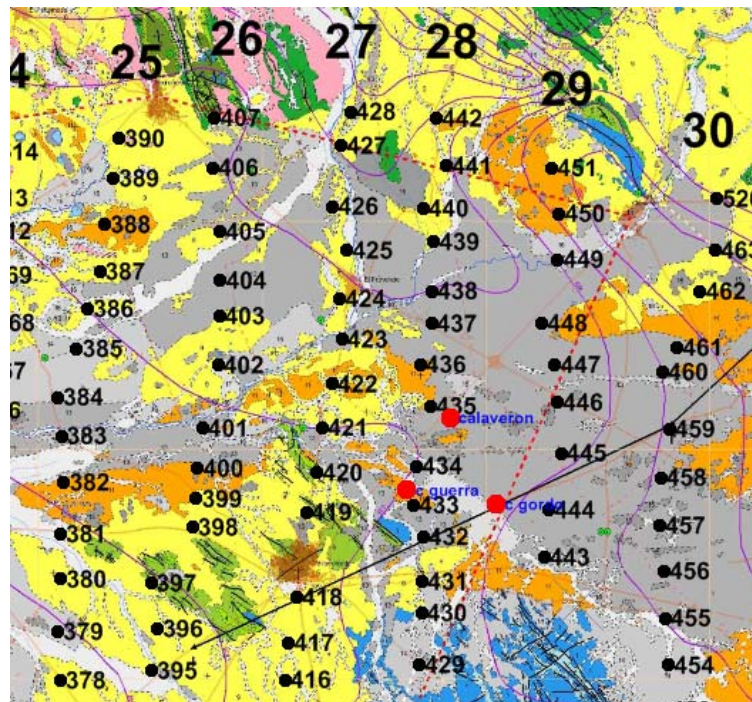


Fig. 25 Posición de los sondeos perforados en 2010 (en rojo) y SEV de 1988 (en negro).

Para el sondeo El Calaverón (Figura 26) se dispone de testificación de resistividad a partir de los 164 m de profundidad. Hasta los 200 m de profundidad se registran valores de unos 50 ohm.m acompañados de valores altos de radiación Gamma natural, que corresponden a las arenas y arcillas

detectadas en parte de este tramo, pero no justifican la presencia de calizas a partir de los 188 m, que según la testificación no se encontrarían hasta los 200 m, donde la gamma natural disminuye drásticamente y la resistividad aumenta a valores superiores a los 400 ohm.m; a partir de 225 m de profundidad la resistividad disminuye a 250 ohm.m con aumento de la gamma natural, lo que significa un aumento en el contenido arcilloso de las calizas; se concluye que la presencia de calizas no siempre se manifiesta como un alto resistivo, dependiendo la resistividad de su contenido margoso. A efectos de interpretación de datos geoelectricos de superficie la única conclusión que puede obtenerse es cualitativa, indicando que en esta zona debe existir un resistivo sobre los 200 m de profundidad.

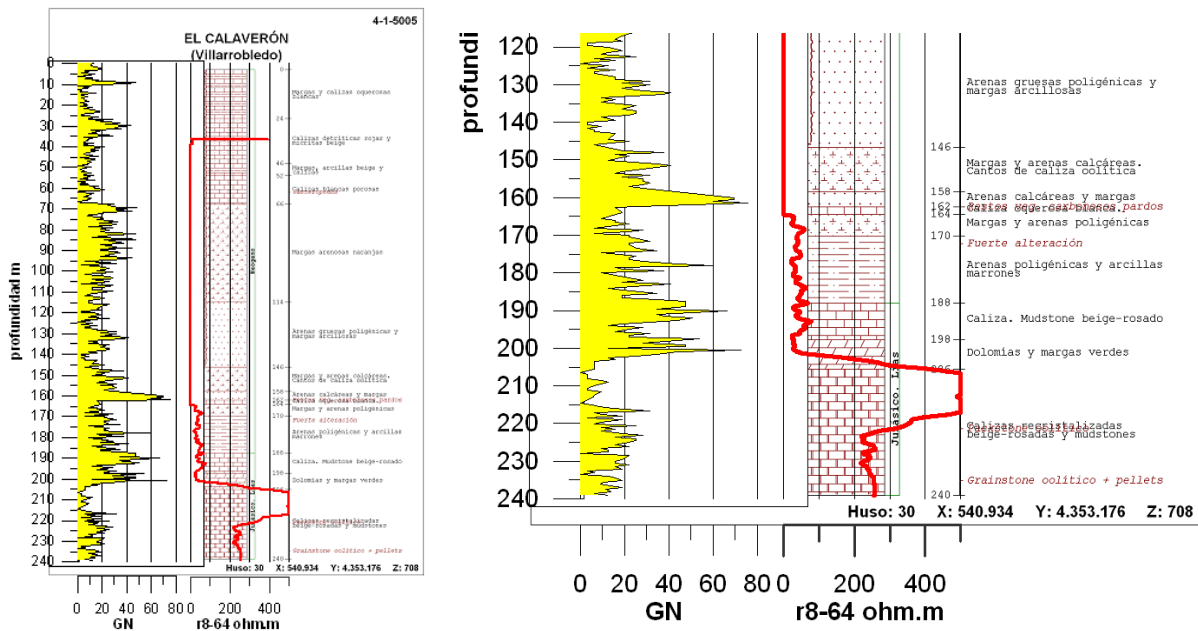


Fig. 26 Testificación GN y resistividad del sondeo El Calaverón.

La información disponible de resistividad en el sondeo Casa del Gordo (Figura 27) parece que se inicia sobre los 248 m de profundidad, con valores de 50 ohm.m y radiactividad media hasta aproximadamente los 265 m, por lo que debe de tratarse de calizas muy margosas; a partir de esa profundidad la resistividad disminuye a 30 ohm.m hasta el final del sondeo, mientras que la radiactividad, que debería aumentar debido a la presencia de margas y arcillas, se mantiene sin variación hasta los 275 m, donde disminuye indicando la existencia de calizas a partir de los 288 m, aunque sin variación de la resistividad. Se presenta por lo tanto, nuevamente, una discrepancia entre la litología y valores de los parámetros petrofísicos medidos, en el sentido de que no es posible la asignación inequívoca de valores, es especial a las calizas, en las que se mide incluso menos 50 ohm.m, sin diferenciación de arcillas-areniscas. Las medidas desde superficie en esta zona es posible que no sean capaces de detectar un paquete resistivo de 10 m de potencia a casi 250 m de profundidad.

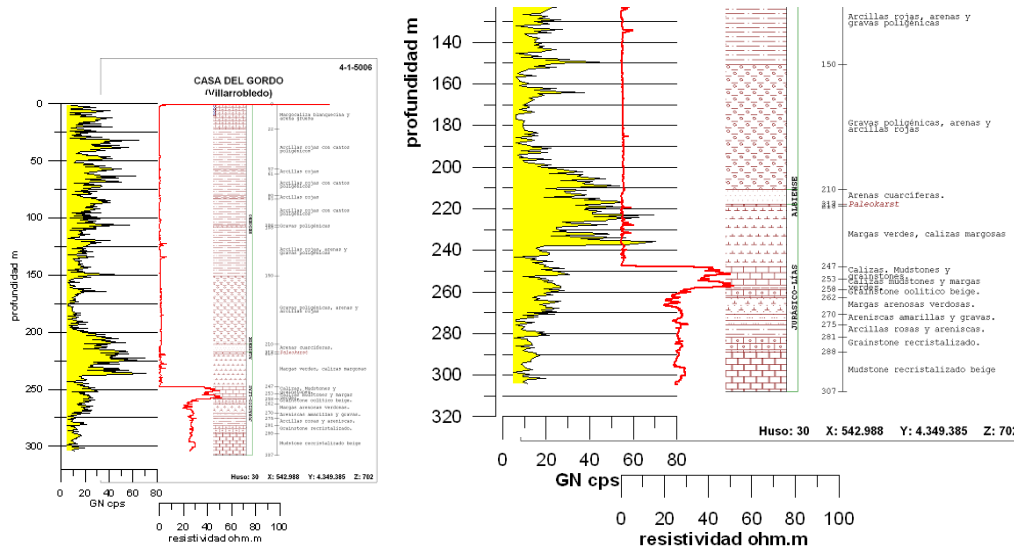


Fig. 27 Testificación GN y resistividad del sondeo Casa del Gordo.

El registro de Gamma Natural en el sondeo Casa de Guerra (Figura 28) refleja bien los cambios de la litología, aunque tiene aspecto de estar afectado por la disminución progresiva del diámetro del sondeo, que casi coincide con variaciones litológicas. Como en los casos anteriores, desconocemos la profundidad de inicio de la testificación de resistividad, que parece comenzar sobre los 250 m, con valores del orden de 50 ohm.m en calizas margosas; las calizas y dolomías situadas entre los 275 y 298 m presentan un aumento de la resistividad a unos 400 ohm.m en sólo un tramo de menos de 15 m de potencia, que será difícil detectar desde superficie.

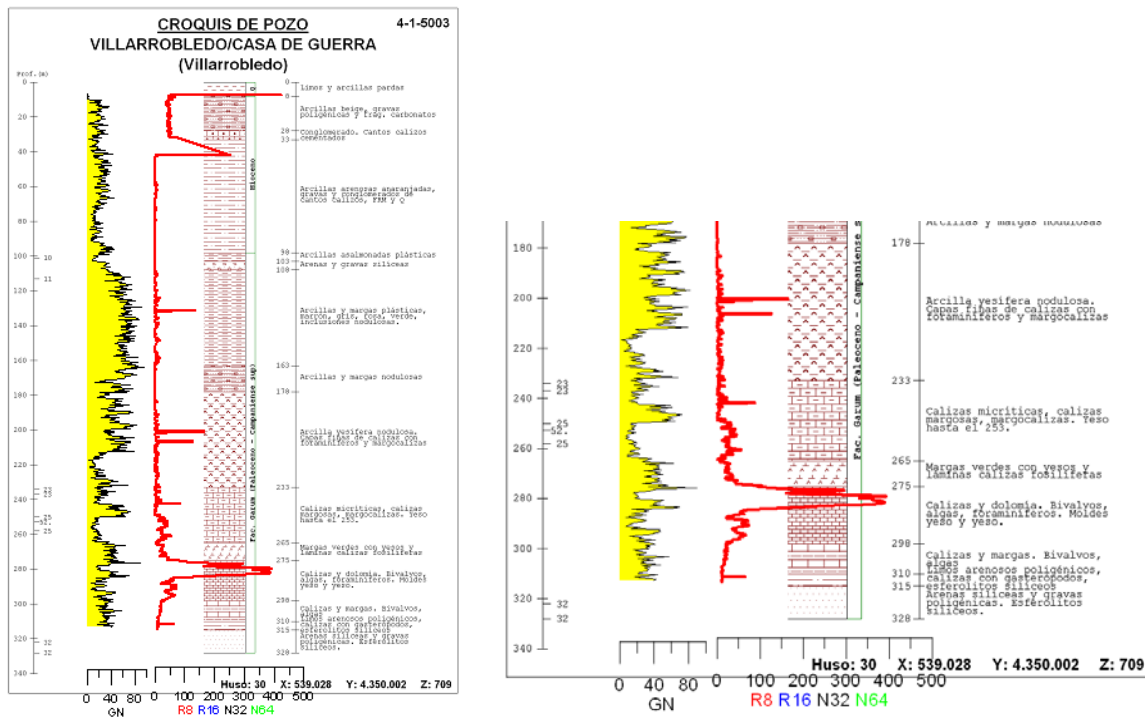


Fig. 28 Testificación GN y resistividad del sondeo Casa de Guerra.

Los valores de resistividad identificados en la testificación geofísica de los sondeos efectuados en 2010 se han reflejado también en la Figura 24. De acuerdo con los resultados de la testificación de resistividad puede concluirse que la presencia de calizas puede manifestarse con valores a partir de unos 50-100 ohm.m, aunque en ocasiones puede ser inferior, por lo que no siempre serán diferenciables de otras litologías presentes; por otra parte, la potencia en la que se manifiesta en la testificación valores de resistividad superior a los 100 ohm.m es siempre inferior a la potencia real del tramo litológico, e inferior a unos 10 m, por lo que pueden no ser detectables desde superficie.

### **5.3 Relación entre la columna litológica de los sondeos y los resistivos 1-2**

El sondeo Calaverón corta el Jurásico a los 188 m de profundidad (cota 520 m), correspondiéndose con la presencia de calizas (Figura 29), por lo que cabría esperar la existencia de un tramo resistivo a dicha profundidad, que sin embargo aparece según la testificación a los 206 m. En la columna litológica aparecen calizas también a la cota 684, donde debería identificarse la presencia de otro tramo resistivo. La posición de este sondeo en los mapas de cotas del resistivo 1 y 2 (Figura 30) indica que el resistivo 2 se corresponde aceptablemente con la presencia de las calizas del Jurásico.

En el sondeo Casa del Gordo el Jurásico aparece en la cota 485, pero sin carácter resistivo; las calizas aparecen más profundas, a la cota 455 y 421 m, dentro de la zona donde se sitúa el resistivo 1, correspondiéndose el resistivo 2, a la cota 650-700 con margo-calizas del Cretácico.

El sondeo Casa del Guerra no llega al Jurásico, que se encuentra por lo tanto por debajo de la cota 381 (a más de 328 m de profundidad). El resistivo 2 se localiza en una zona donde no se identifica ninguna litología que pueda manifestarse como más resistiva que las suprayacentes, salvo una pequeña capa de gravas, mientras que el resistivo 1 está a mayor profundidad que la alcanzada por el sondeo, lo que puede interpretarse como que pertenece al Jurásico.

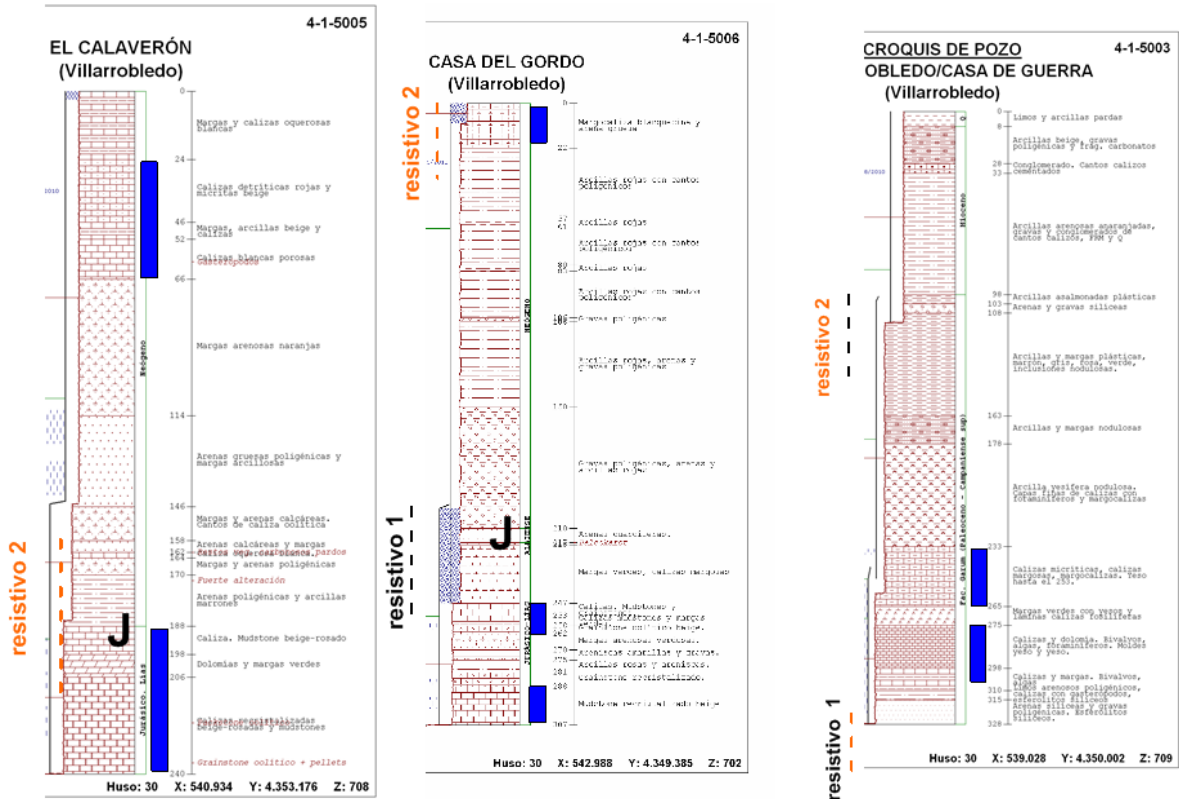


Fig. 29 Columnas litológicas de los sondeos Calaverón, Casa del Gordo y Casa de Guerra con indicación de las litologías que deben presentar la mayor resistividad (en azul), comienzo del Jurásico J y posición de los resistivos 1 y 2 deducidos de la interpretación de los SEV.

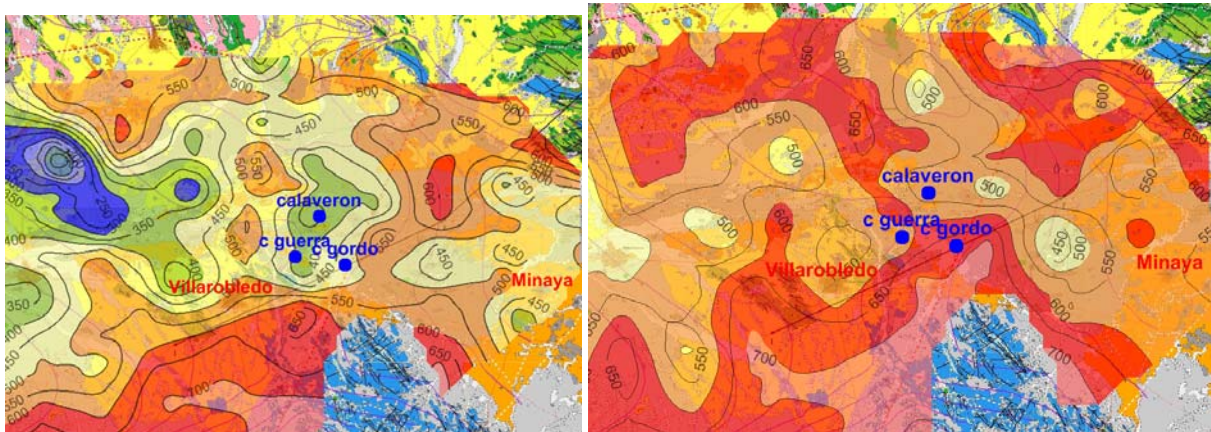


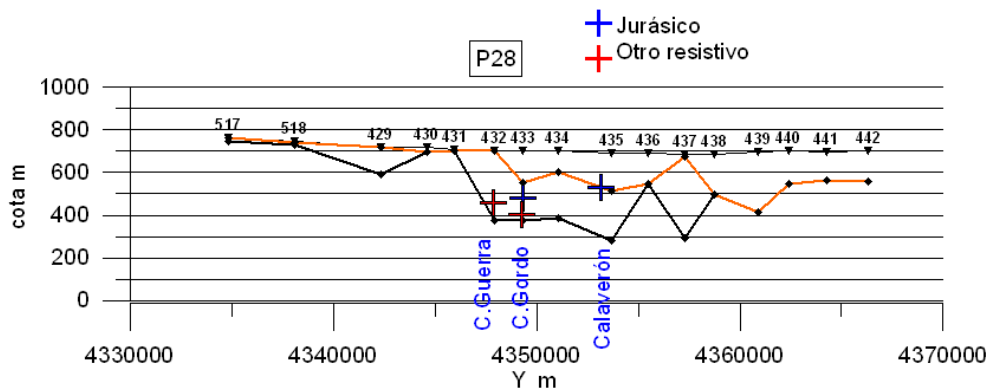
Fig. 30 Situación de los sondeos perforados en 2010 sobre los mapas de cotas del resistivo 1 (izquierda) y resistivo 2 (derecha)

La siguiente tabla resume las cotas a las que se ha localizado el Jurásico en estos sondeos mecánicos, así como la de otros tramos resistivos, indicándose también la posición de los resistivos 1 y 2 en esas zonas.

sondeo	X utm 30	Y utm 30	Z	cota Jurásico	otro	cota r1	cota r2
--------	----------	----------	---	---------------	------	---------	---------

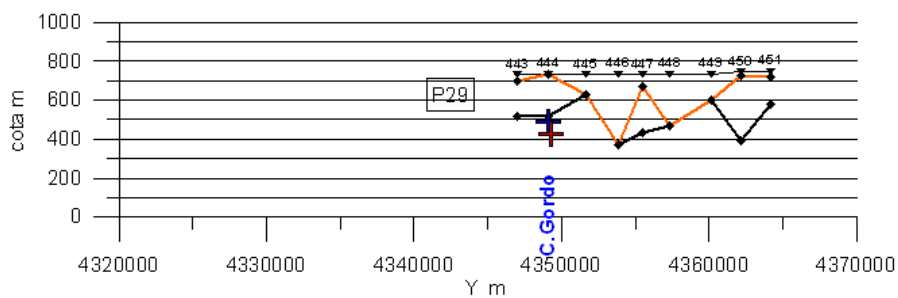
					resistivo		
<b>El Calaverón</b>	540934	4353176	708	520	684	300-350	500-550
<b>Casa del Gordo</b>	542988	4349385	702	485 (no resistivo)	421	450-500	650-700
<b>Casa de Guerra</b>	539028	4350002	709	<381	476	380	550-600

Estos mismos datos se han trasladado a los perfiles de SEV más próximos, que son el 28 y 29 (Figura 25). En la Figura 31, perfil 28 de SEV, se aprecia que en definitiva la información suministrada por los sondeos ratifica la interpretación de los SEV, en el sentido de que los mapas trazados reflejan (con la precisión del método) la existencia de rocas resistivas, pero que su asignación estratigráfica no es posible, ya que incluso no siempre el Jurásico se inicia con rocas de mayor resistividad eléctrica.



**Fig. 31 Perfil de SEV 28 con indicación de la posición del resistivo 1 y 2. Se han marcado las cotas del Jurásico y de otra capa resistiva existente en los sondeos Calaverón, Casa del Gordo y Casa Guerra.**

Por otra parte, el sondeo Casa del Gordo también está próximo al perfil 29 (Figura 25); aunque la situación de esta zona es diferente, también existe coincidencia en la posición del Jurásico en el sondeo con el resistivo 1 (Figura 32).



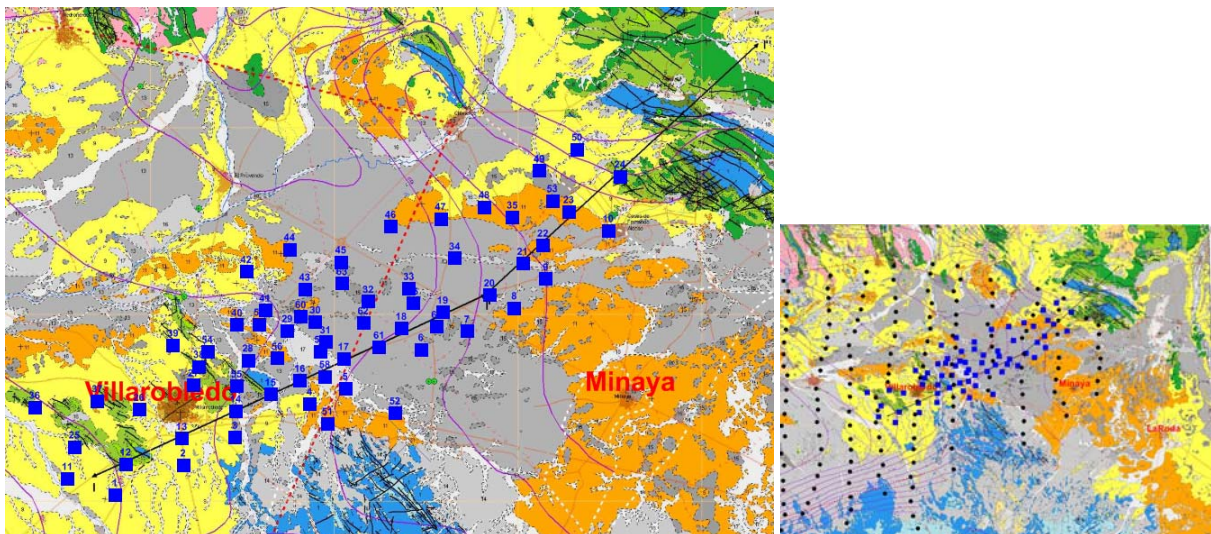
**Fig. 32 Perfil de SEV 29 con indicación de la posición del resistivo 1 y 2. Se han marcado las cotas del Jurásico y de otra capa resistiva existente en el sondeo Casa del Gordo.**

Se confirma por lo tanto que existen ambos horizontes resistivos, no siendo posible diferenciar su naturaleza, ya que aunque lógicamente el más profundo se debería a las calizas del Jurásico, pueden darse casos en que pertenezca a las del Cretácico Inferior, siendo entonces el más somero debido a la presencia de materiales resistivos del Terciario.

#### 5.4 Nueva campaña de mediciones eléctricas mediante SEDT

Para la nueva obtención de la distribución de la resistividad del subsuelo se ha optado por el método SEDT por dos razones fundamentales: 1/ los resultados obtenidos con los valores anteriormente disponibles indican que la distribución de resistividad (estructuras del subsuelo) se aparta considerablemente de un modelo de capas horizontales 1D, por lo que conviene utilizar métodos que integren menor volumen del subsuelo, es decir, que den información más focalizada y menos influenciada por efectos laterales que los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV); 2/ toda la superficie del terreno de la zona a investigar está ocupada por cultivos, lo que imposibilita utilizar dispositivos de gran longitud (los SEV de 1988 eran de 2000 m de AB).

Durante los meses de junio y julio de 2010 se ha procedido a la medición de 65 Sondeos Electromagnéticos en el Dominio del Tiempo (SEDT), distribuidos en una banda de unos 10 km de anchura a lo largo del perfil I-II-III, densificando las mediciones en el área donde se supone que existe la elevación de la estructura jurásica (Figura 33). Los emplazamientos para las nuevas mediciones se han preseleccionado de acuerdo con la morfología conocida del techo del resistivo, siendo su localización final la impuesta por la posibilidad de acceso en el terreno, existencia y tipo de cultivo de los campos y dimensiones de los mismos. Los trabajos de campo han sido llevados a cabo mediante asistencia técnica por la empresa GEOGNOSIA bajo supervisión del Grupo de Geofísica del IGME. El Informe de ejecución se encuentra en ANEXO.



**Fig. 33** Posición de nuevas mediciones de SEDT (puntos en azul), con indicación de su situación respecto de los SEV de 1988 (puntos negros en el mapa de la derecha).

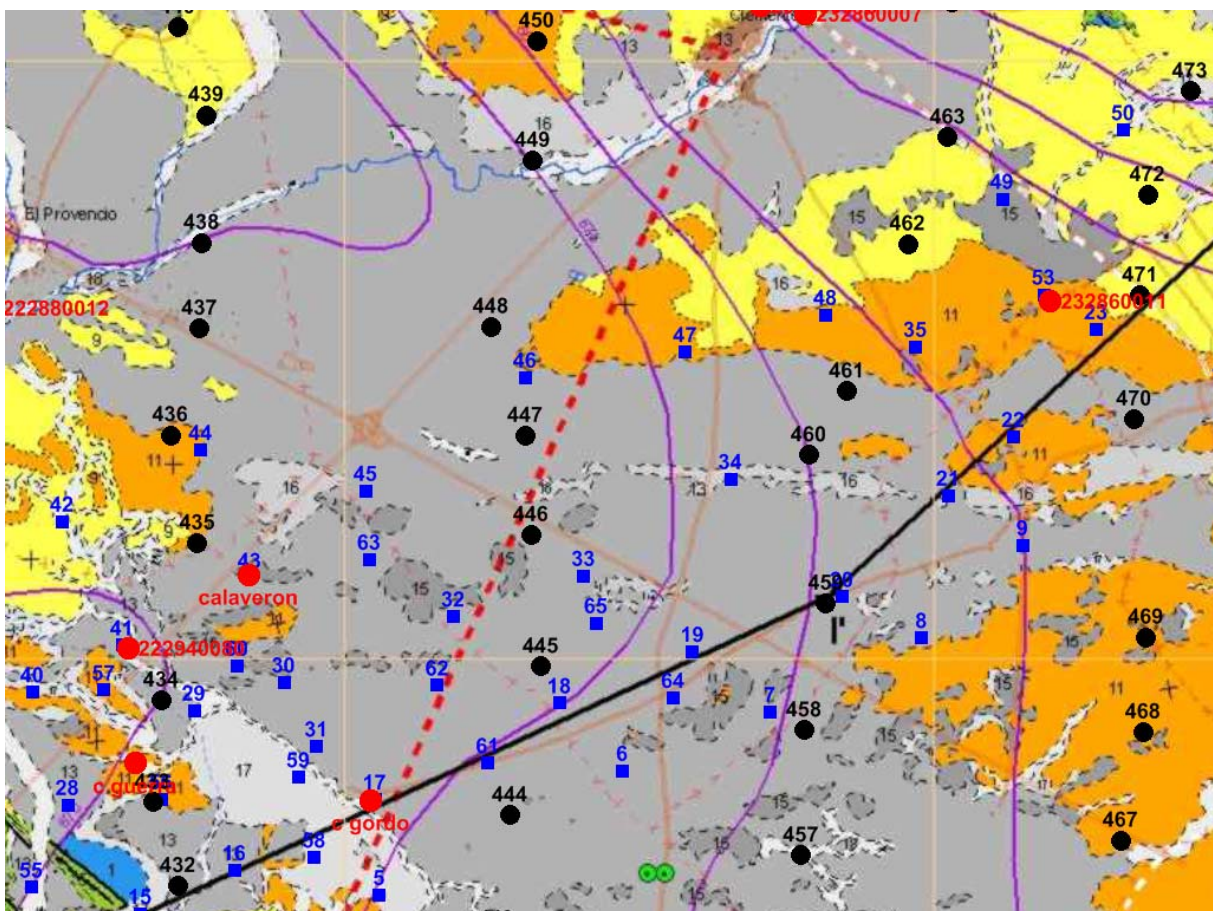
Tras las pruebas iniciales efectuadas junto a los sondeos mecánicos El Calaverón (SEDT 43) y Casa del Gordo (SEDT 17) se seleccionaron como parámetros de medición un bucle de 100x100 m, con una o dos vueltas de cable y con campo emisor de 4 y 16 Hz e intensidad de corriente del orden de 10 a 30 Amp. La utilización de bucles de 200x200 m inicialmente prevista no fue posible de llevar a cabo por la limitación de espacio para extender los cables. Las coordenadas de todos los emplazamientos fueron determinadas por GPS.



## 5.5 SEDT paramétricos

La disponibilidad en el área cubierta por los SEDT de varios sondeos mecánicos ofrece la posibilidad de verificar el alcance que la utilización de los métodos de resistividad ofrece en este tipo de estructuras. Los SEDT y SEV más próximos a dichos sondeos son los siguientes (Figura 34):

- Sondeo El Calaverón: SEDT 43 (perfil 5-2° y perfil 3-5°); SEV 435
- Sondeo C. Gordo: SEDT 17 (Perfil 5-5° y perfil 2-8°); no hay ningún SEV próximo
- Sondeo C. Guerra: SEDT 56 (perfil 8-2°); SEV 433
- Sondeo 232860011: SEDT 53 (Perfil 1-12°) y SEDT 23 (Perfil 2-16°); SEV 462 y 471
- Sondeo 222940080: SEDT 41 (Perfil 3-4°, Perfil 9-2°, Perfil 12-2° ) y SEDT 57 (Perfil 12-3°); SEV 434



**Fig. 34** Posición de los sondeos mecánicos disponibles en el área, junto con los SEV y SEDT

En la Figura 35 se muestran las curvas de campo de los SEV (AB/2- resistividad aparente) y los modelos del subsuelo (profundidad- resistividad) resultado de su interpretación, en las que es notorio que todos los SEV han localizado un tramo final de mayor resistividad; dicha resistividad adopta valores de 82, 322, 585, 875 y 1965 ohm.m. Las rocas suprabasamento resistivo tienen una resistividad entre 12 y 160 ohm.m.

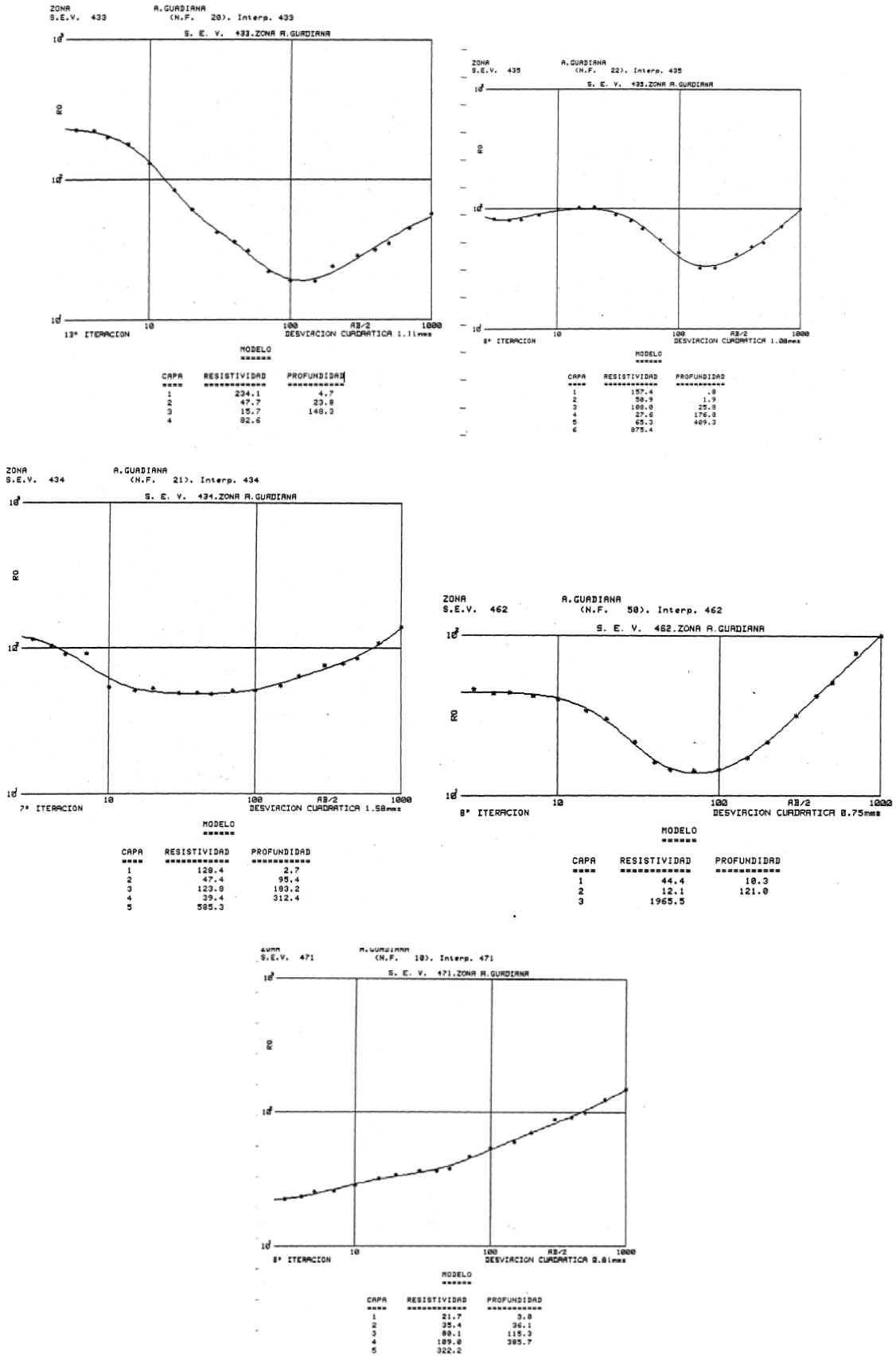


Fig. 35 Curvas de campo e interpretación de los SEV 433, 434, 435, 462 y 471

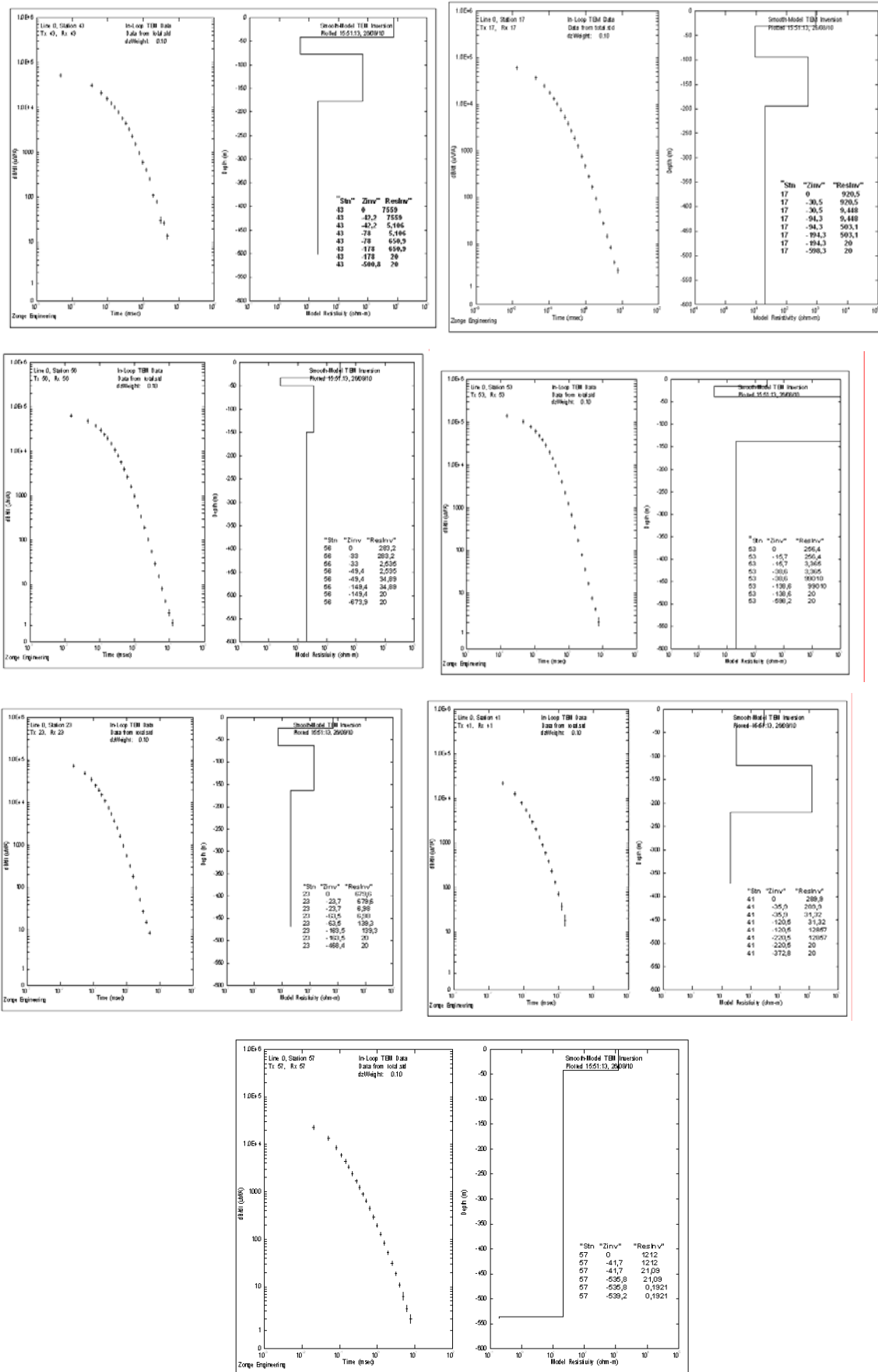
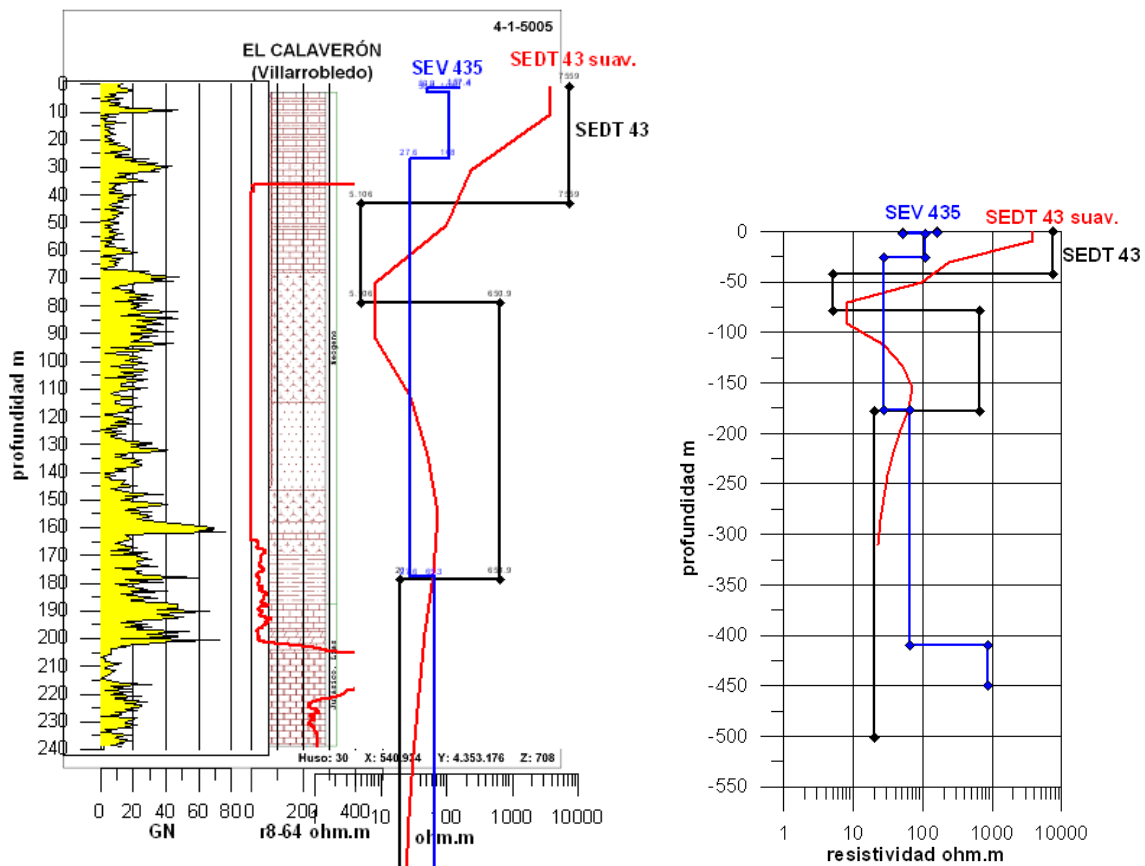


Fig. 36 Curvas de campo e interpretación de los SEDT 43, 17, 56, 53, 23, 41 y 57

El valor medido en un SEDT es la variación de la amplitud del campo electromagnético secundario respecto del tiempo, a través de la f.e.m. inducida en una bobina en superficie o transitorio, siendo el tiempo la variable que gobierna la profundidad del origen del campo secundario. La presencia de una capa de mayor resistividad se traduce en la curva del transitorio en una disminución más rápida de su amplitud, mientras que una capa conductora produce el efecto contrario. Estos cambios de pendiente no son tan fáciles de ver en la curva de campo de un SEDT cómo ocurre con los SEV, por lo que es necesario recurrir al modelo resistividad-profundidad resultado de su inversión, que se ha efectuado siguiendo dos criterios: uno de ellos mediante modelos de variación suave de la resistividad, y otro en el que se impone la condición de que los cambios sean netos o límites rígidos. En la Figura 36 se representan las curvas de campo (amplitud del transitorio- tiempo) y el modelo del subsuelo profundidad-resistividad reducido a cuatro capas con cambio neto. Como puede apreciarse, en todos los casos el SEDT finaliza en rocas conductoras, siendo del tipo resistivo-conductor-resistivo-conductor, lo que supone una gran discrepancia con los modelos de corriente continua. Para analizar esta situación se van a comparar los resultados obtenidos con cada método geoelectrico junto a los sondeos mecánicos. En la inversión de los SEDT se muestran las dos soluciones: suavizada y por cambios netos, cuya mayor diferencia, aparte de la definición de los límites o profundidad de las capas, es que el rango de valores de resistividad es más pequeño en los modelos suavizados, mostrando los modelos de capas rígidas valores de resistividad excesivamente altos o excesivamente bajos respecto del rango real de las litologías presentes.

**Sondeo Calaverón:**



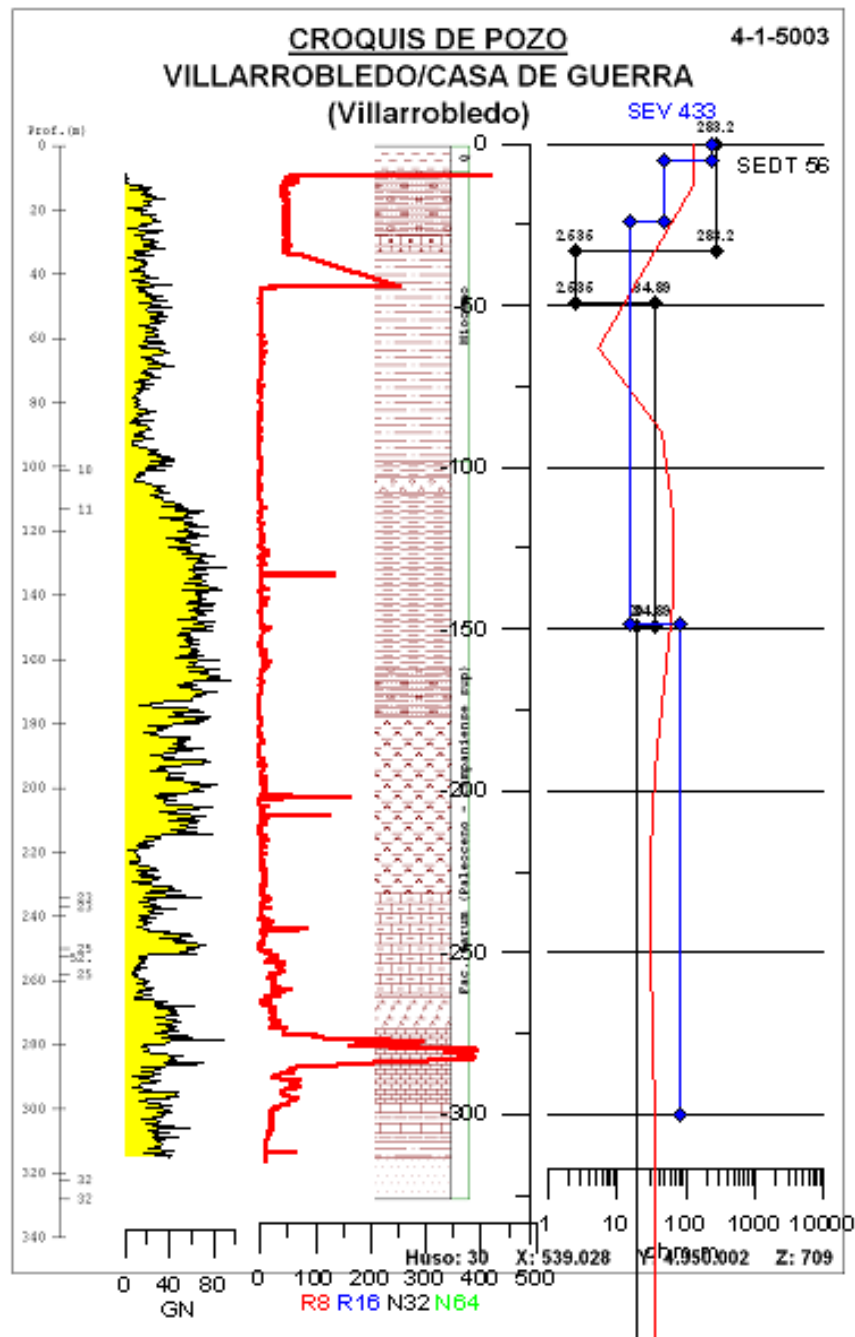
**Fig. 37 Información geoelectrónica y de testificación junto a la columna litológica del sondeo Calaverón**

El modelo producido por la inversión rígida del SEDT 43 (Figura 37) es difícilmente reconciliable con la información litológica. Sin embargo, el modelo suavizado ofrece una variación de la resistividad que disminuye desde la superficie alcanzando los valores mínimos en buena coincidencia con la existencia de un paquete de margas, para aumentar posteriormente debido a la presencia de arenas y disminuyendo de nuevo a partir de unos 150 m de profundidad por la presencia de nuevas margas. Las calizas situadas a los 200 m no son vistas por el SEDT. El SEV 435 se encuentra a más de 1 km del SEDT y del sondeo mecánico (Figura 34), por lo que su comparación hay que tomarla con todas las reservas. En principio, también indica que tras un resistivo en superficie se sitúa una capa más conductora, a la que el SEV adjudica mayor potencia, con una fuerte discrepancia a los 175 m, a partir de donde el SEV detecta resistividades crecientes con la profundidad (mientras que el SEDT indica disminución de la resistividad): el primer aumento, sobre los 175 m tiene correlación con la litología del sondeo, indicando el inicio de las calizas jurásicas, pero el segundo aumento a los 400 m no puede comprobarse.

En definitiva, es posible que la baja resistividad de los materiales de este emplazamiento haya impedido mayor penetración del SEDT, o que el tramo resistivo no se haya reflejado suficientemente en la curva del transitorio para ser considerado en la inversión de los datos. En el resto del sondeo, la versión suavizada representa adecuadamente las variaciones litológicas.

**Sondeo Casa de Guerra:**

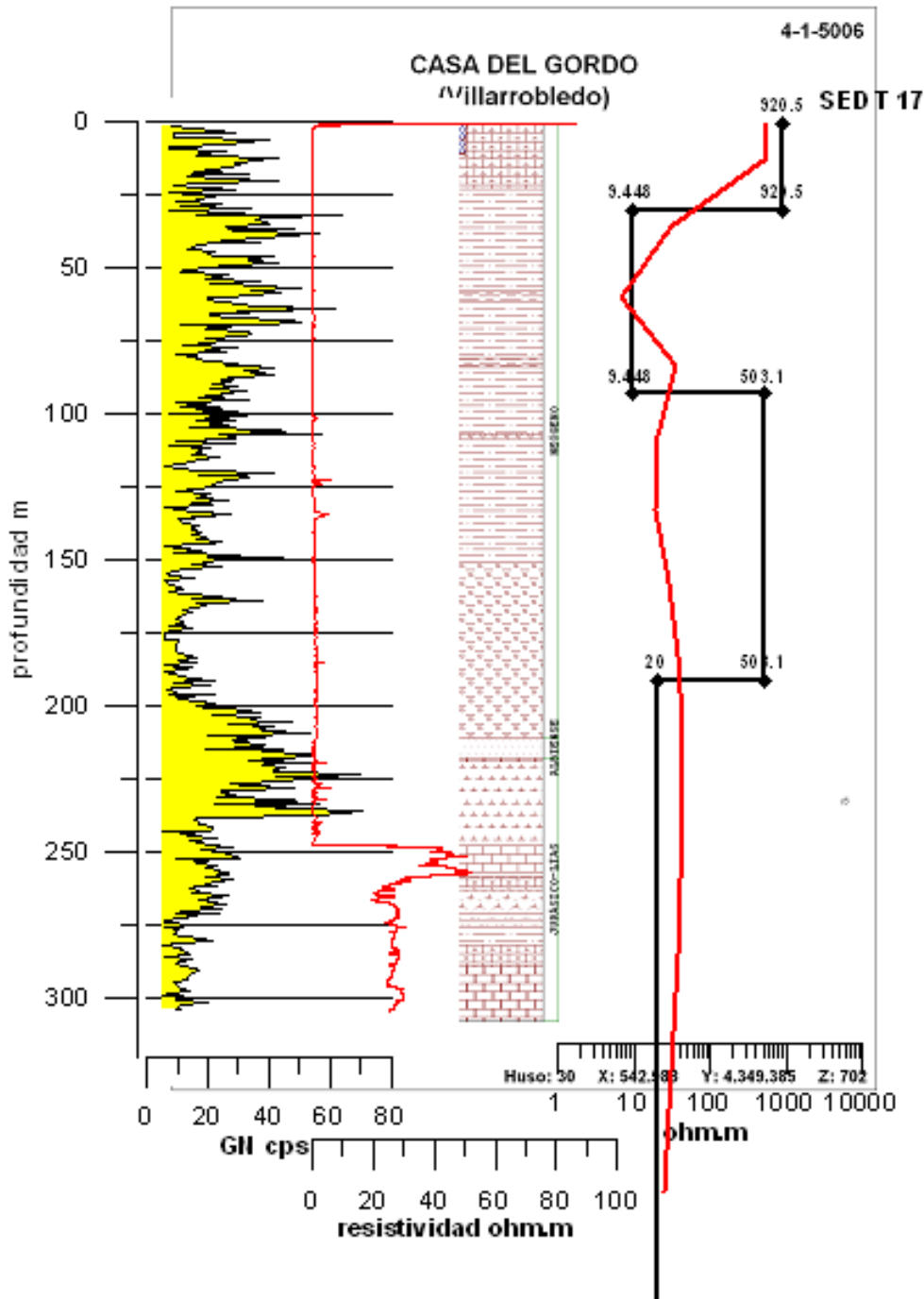
El SEDT 56 sólo detecta terrenos de baja resistividad (Figura 38), sin que aparentemente esté justificada por la columna litológica un tramo muy conductor (2 ohm.m) entre los 25-50 m. El mismo comportamiento tiene el SEV 433, situado a unos 500 m, cuya ligera subida de la resistividad sobre los 150 m de profundidad tampoco parece justificada por un cambio en la columna del sondeo. La capa de calizas entre los 275 y 296 m, cuya potencia de alta resistividad se ve reducida a escasos 10 m según la testificación, cae fuera de la resolución de los métodos de suficiente para poder ser detectada a esa profundidad.



**Fig. 38 Información geoelectrónica y de testificación junto a la columna litológica del sondeo C. Guerra**

**Sondeo Casa del Gordo:**

El SEDT 17 en su inversión suavizada (Figura 39) representa mejor que el modelo de bloques las variaciones de resistividad, que van siguiendo el mayor o menor contenido en arenas, siempre con resistividades inferiores a los 30 ohm.m. Las calizas jurásicas a los 247 m de profundidad no son vistas por el SEDT.

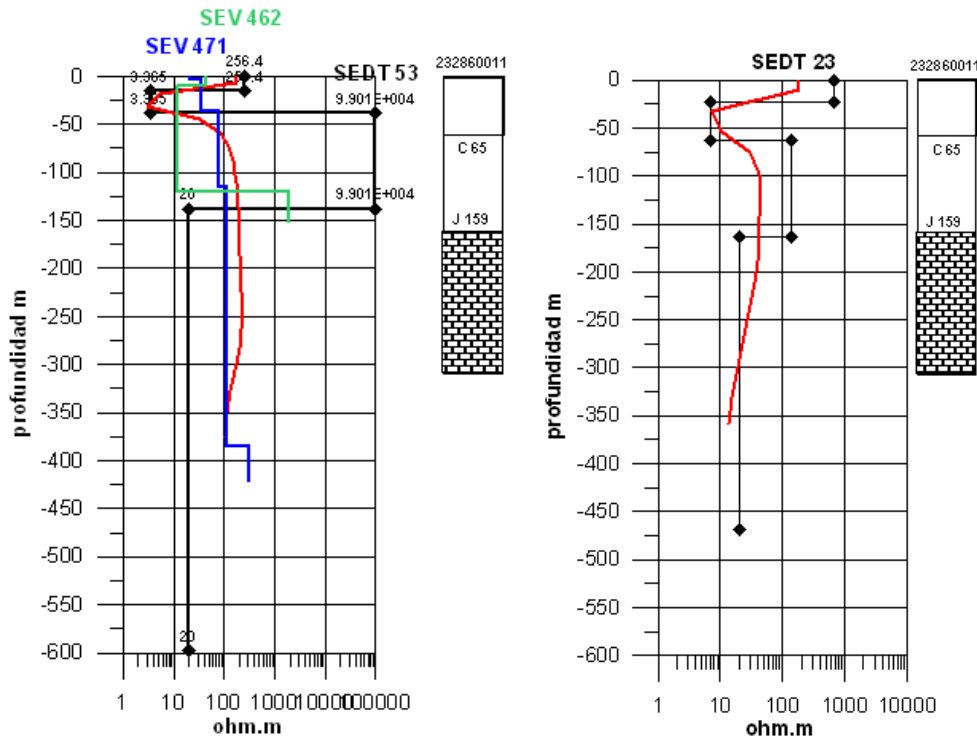


**Fig. 39 Información geoelectrónica y de testificación junto a la columna litológica del sondeo C. Gordo**

**Sondeo 232860011:**

La capa resistiva detectada por el SEDT 53 (Figura 40) sobre los 38 m de profundidad coincide bien con el Cretácico, aunque el valor de resistividad atribuido en la inversión por bloques (9900 ohm.m) es excesivo, siendo el orden de magnitud en la inversión suavizada (de unos 200 ohm.m) más aceptable. Por otra parte, el Jurásico, a los 159 m, no está reflejado en la inversión de bloques de este SEDT, por lo que debe descartarse dicha interpretación, siendo nuevamente más fiable la inversión suavizada, que si es compatible con la existencia de las calizas jurásicas, detectando a mayor profundidad rocas más conductoras.

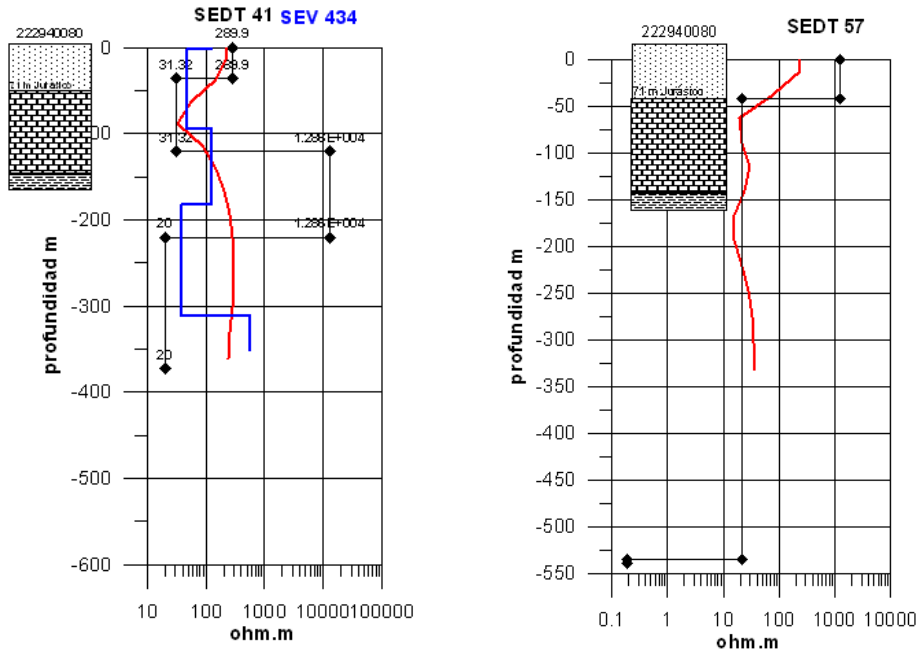
No hay ningún SEV realmente próximo a este sondeo. El SEV 471 está a más de 1 km hacia el Este, y tiene un resultado muy parecido al SEDT suavizado. El SEV 462, a más de 3 km hacia el Oeste, presenta un aumento de resistividad congruente con la presencia del Jurásico. El resultado del SEDT 23, también en cierta proximidad del sondeo mecánico es muy parecido al SEDT 53, con una disminución final de la resistividad a menor profundidad.



**Fig. 40 Información geoelectrica y columna litológica del sondeo 232860011**



**Sondeo mecánico 222940080:**



**Fig. 41 Información geoelectrónica y columna litológica del sondeo 222940080**

Las secuencias de resistividad mostradas por el SEDT 41 y el SEV 434 (Figura 41) son prácticamente coincidentes, pero ambos métodos detectan el contacto del Jurásico resistivo a más profundidad de la real. Sin embargo, el SEDT 57, situado a tan sólo unos 600 m del sondeo mecánico refleja una situación completamente distinta, presentándose una capa más conductora (de unos 20 ohm.m) a la profundidad donde en el SEDT 41 se localiza un resistivo de más de 300 ohm.m.

En conclusión, puede estimarse que el basamento resistivo no siempre ha sido detectado por el método SEDT, bien porque su potencia ha resultado insuficiente para reflejarse adecuadamente en el transitorio, bien porque la existencia de terrenos de muy baja resistividad ha apantallado su localización. Ello hace que el resultado de SEV y SEDT no sea bien comparable. La inversión suavizada proporciona un resultado más realista de la distribución de resistividad, que el modelo de cuatro capas con cambio rígido, en el que los valores tanto de profundidad como de resistividad guardan menos relación con la geología; por otra parte las secuencias litológicas mostradas en los sondeos mecánicos no ofrecen en la mayoría de los casos capas con contrastes netos. La diferencia de resultados obtenidos entre lugares muy próximos (menos de 1000 m), al margen de su mejor o peor coincidencia aparente con datos litológicos, es una manifestación de la gran heterogeneidad de este entorno geológico.

## 6. Interpretación de las secciones de resistividad

La distribución de resistividad obtenida con la inversión de los SEDT se ha representado en forma de secciones mediante interpolación entre los lugares de medición. Para ello se han trazado 7 perfiles longitudinales (los numerados 1, 2, 3, 4, 6, 7 y 8) y 5 transversales (5, 9, 10, 11 y 12), cuya posición se indica en las Figuras 42 y 43.

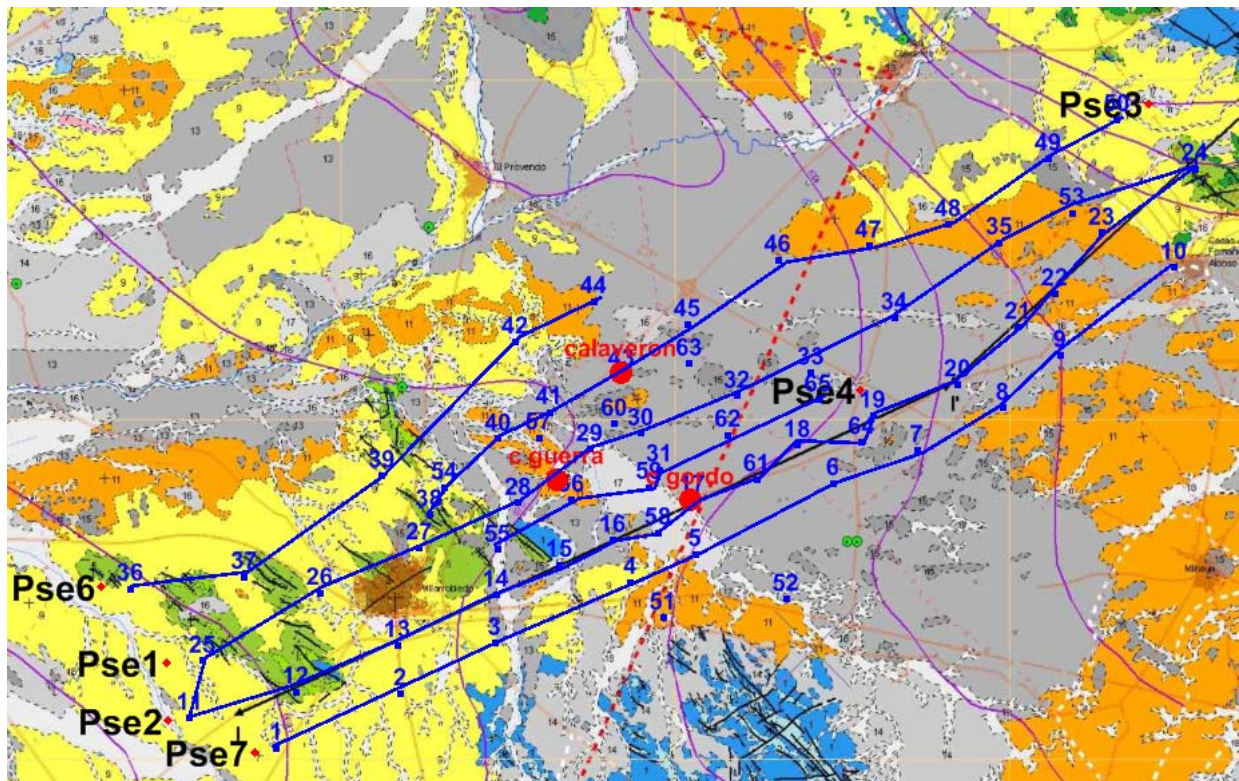


Fig. 42 Perfiles de SEDT para formar secciones de resistividad longitudinales

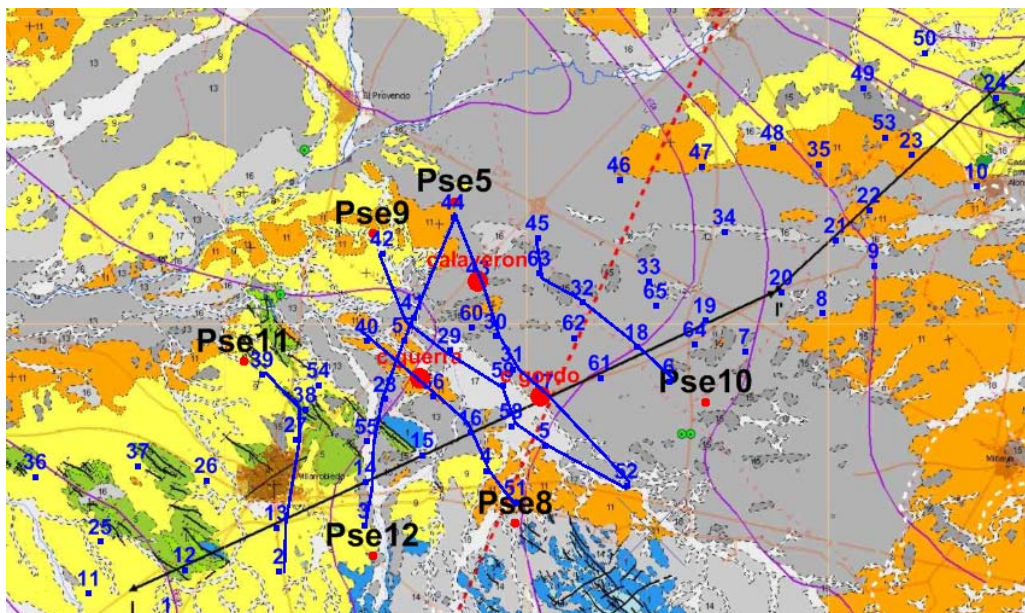


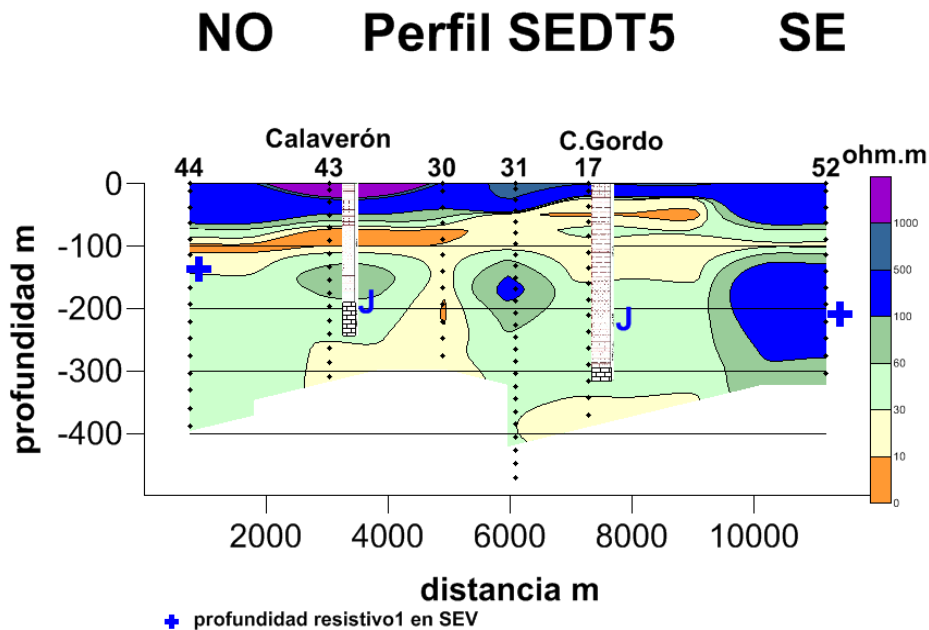
Fig. 43 Perfiles de SEDT para formar secciones de resistividad transversales

Estos perfiles están formados por las siguientes estaciones de SEDT:

- PERFIL 1: 11, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 53, 24
- PERFIL 2: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 58, 17, 61, 18, 64, 19, 20, 21, 22, 23, 24
- PERFIL 3: 38, 54, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50
- PERFIL 4: 55, 56, 59, 31, 62, 65
- PSED5: 44, 43, 30, 31, 17, 52
- PERFIL 6: 36, 37, 39, 42, 44
- PERFIL 7: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
- PSED8: 40, 56, 16, 4, 51
- PERFIL 9: 42, 41, 29, 59, 58, 5, 52
- PERFIL 10: 45, 63, 32, 18, 6
- PSED11: 39, 38, 27, 13, 2
- PSED12: 44, 41, 57, 28, 55, 14, 3

Para el trazado de las secciones se han utilizado los valores de resistividad suavizada, efectuando la interpolación por el método de "nearest neighbour", en malla de 1000x25 m. La paleta de colores se ha adecuado a los rangos de resistividad indicados en la Figura 24, si bien, dado que se trata de valores suavizados, habrá que tener en cuenta que valores en el rango 30-60 ohm.m pueden ser considerados como manifestación de materiales resistentes (calizas). Aunque con los mismos valores, el aspecto de estas secciones es diferente de las mostradas en Anexo, donde la paleta utilizada tiene diferente rango.

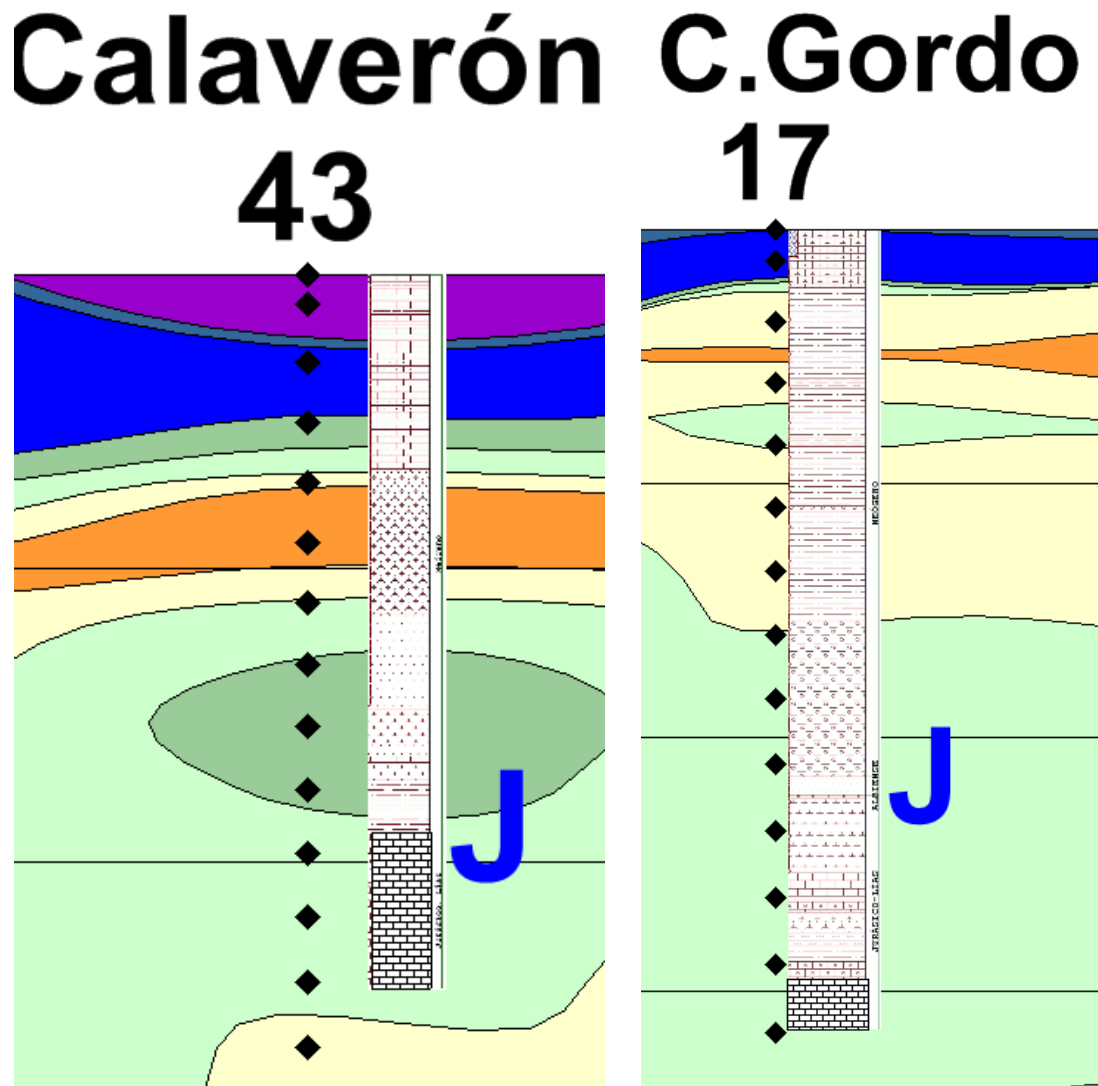
El perfil más controlado por sondeos mecánicos es el **transversal PSED5** (Figura 44).



**Fig. 44 Perfil de SEDT 5**

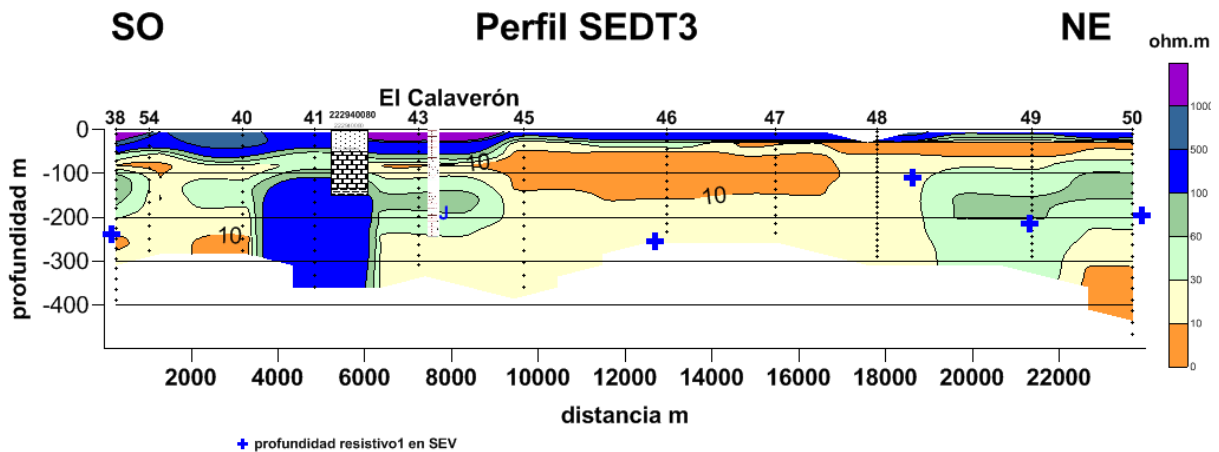
Se manifiesta una primera capa del terreno de naturaleza resistiva (de resistividad superior a 100 ohm.m, que en algunos lugares llega a más de 1000 ohm.m) de potencia variable del orden de los 20-80 m. En el sondeo El Calaverón (Figura 45) este tramo se corresponde con la existencia de calizas oquerosas y detríticas, aunque también hay capas de margas; en el sondeo C. Gordo se corresponde

con margocalizas. Por debajo de este resistivo se sitúa, también a lo largo de todo el perfil, una capa de baja resistividad, con valores inferiores a 30 ohm.m (pudiendo tener incluso menos de 10 ohm.m); se corresponde con un tramo de margas arenosas naranjas en el sondeo El Calaverón y con arcillas y margas en el C. Gordo, coincidiendo bien con la potencia de sendas capas en ambos sondeos. A mayor profundidad aumenta la resistividad por encima de los 30 ohm.m, en coincidencia con la entrada en una capa de arenas y/o gravas, seguida de capas de margas. Aunque dentro de este tramo hay zonas con más de 60 ohm.m (llegando a más de 100 ohm.m), no se aprecia que estén en correspondencia exacta con la situación de las calizas en los sondeos, aunque reflejan su presencia, como ya ha sido comentado al analizar los SEDT efectuados junto a los mismos, y cuyo detalle en la sección se representa en la Figura 45. Este resistivo es más notable bajo el SEDT 31 y puede tener mayores dimensiones bajo el SEDT 52, y se corresponde con la profundidad interpretada para el resistivo 1 en los SEV. Una conclusión que puede obtenerse es que la potencia de los materiales calizos no es la suficiente para entrar dentro de la resolución de los SEDT, aparte de que su techo tiene bruscos cambios de profundidad.



**Fig. 45** Detalle de las columnas litológicas de los sondeos mecánicos El Calaverón y Casa del Gordo en el Perfil de SEDT 5

Este perfil se cruza con el **longitudinal PSED T 3** en el sondeo Calaverón. La distribución de resistividad (Figura 46) es análoga a la del perfil 5, con una primera capa resistiva que en gran parte del perfil es seguida de una capa de muy baja resistividad; valores superiores a 60 ohm.m se localizan en el inicio (SED T 38), zona de los SED T 40-41-43, y en el extremo NE a partir del SED T 48. Este tramo resistivo se corresponde en el sondeo El Calaverón, como ya se comentó anteriormente, con la presencia de capas de arenas y calizas, con intercalación de margas, sin que sea posible distinguir entre ellas; no obstante, las calizas jurásicas de la columna del sondeo 222940080 pueden interpretarse como los valores superiores a 30 ohm.m del SED T 41. En consecuencia, y de acuerdo con la coincidencia del resistivo 1 detectado en los SEV, puede decirse que salvo en las zonas indicadas, las calizas jurásicas se sitúan a mayor profundidad de la alcanzada por los sondeos electromagnéticos, debido a la presencia de tramos muy conductores de gran potencia (p.e. es la situación de la zona SED T 45-46-47).



**Fig. 46 Perfil de SED T 3. La ausencia (no detección) de resistivo en la porción central puede deberse a la falta de penetración de los SED T por la existencia de tramos potentes muy conductores.**

El resto de los perfiles longitudinales conservan el estilo definido en el 3 (Figura 47). Puede establecerse una correlación de las zonas donde se han localizado rocas más resistivas, teniendo en cuenta que en donde no se han localizado deben de situarse a mayor profundidad que la investigada. Esta correlación permite establecer que hay una continuidad de las zonas anómalas detectadas en cada perfil en su parte central y en ambos extremos, lo que dibuja una estructura de altos y bajos con ejes orientados en dirección SE-NO. Este estilo estructural está en concordancia con la hipótesis que se desea comprobar. En particular, para el perfil PSED T 2, cuyo trazado coincide con el perfil geológico de la Figura 1, se puede verificar (Figura 48) que la presencia de materiales resistivos guarda una buena correspondencia con la posible existencia de calizas cretácicas y/o jurásicas; así mismo, el resistivo superficial estaría en correspondencia con la posible existencia de rocas calcáreas en el Terciario.

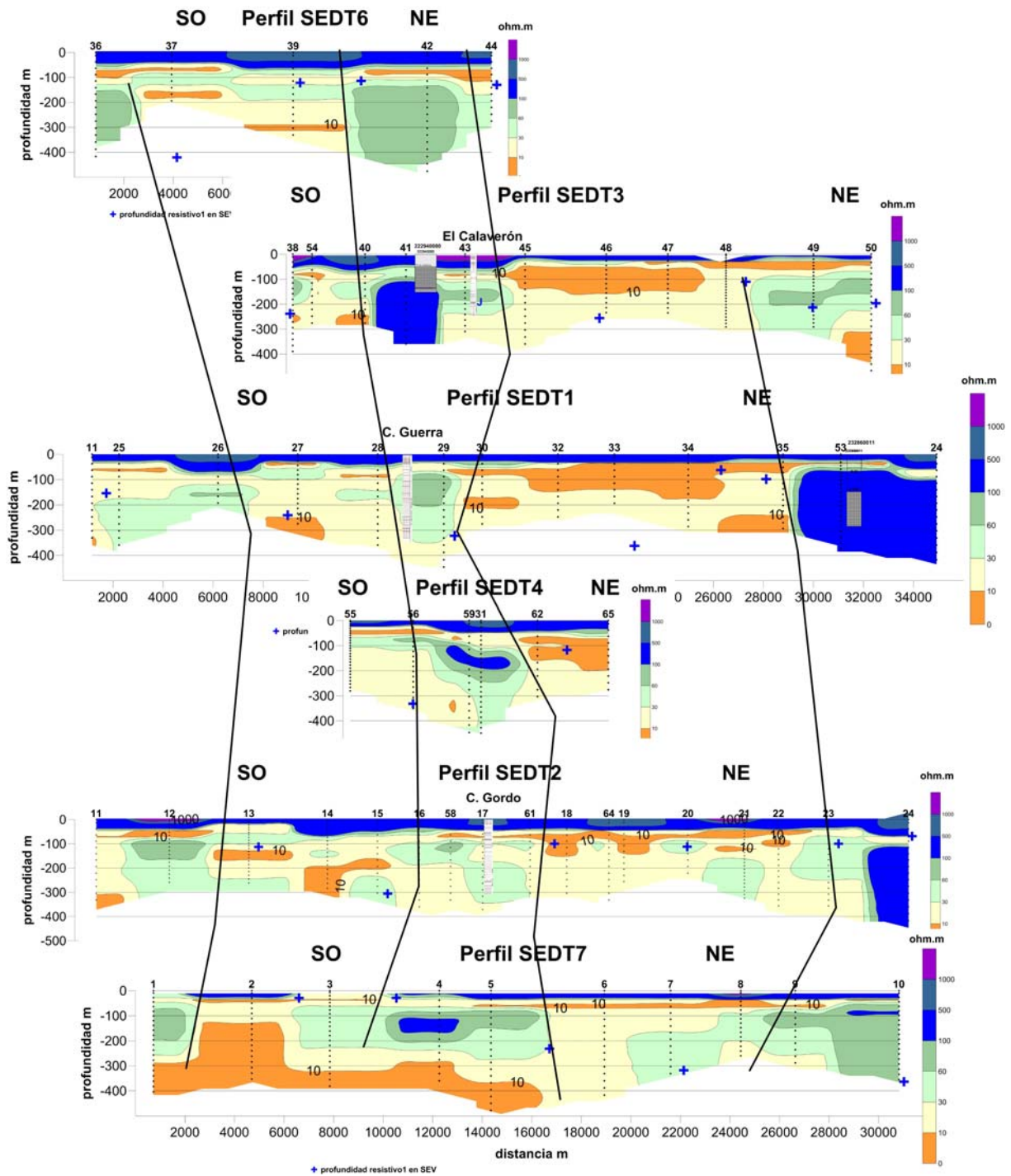
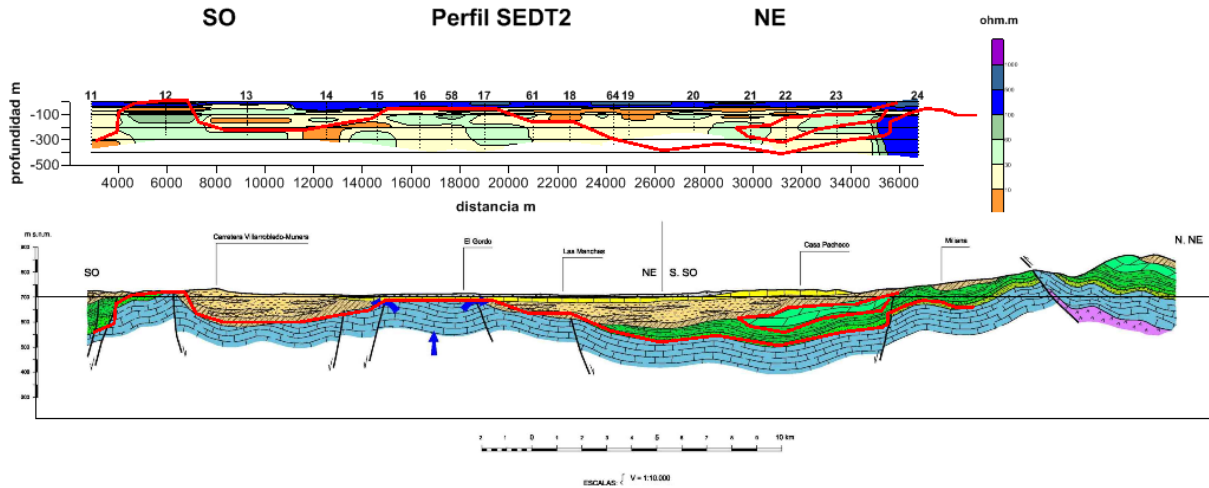
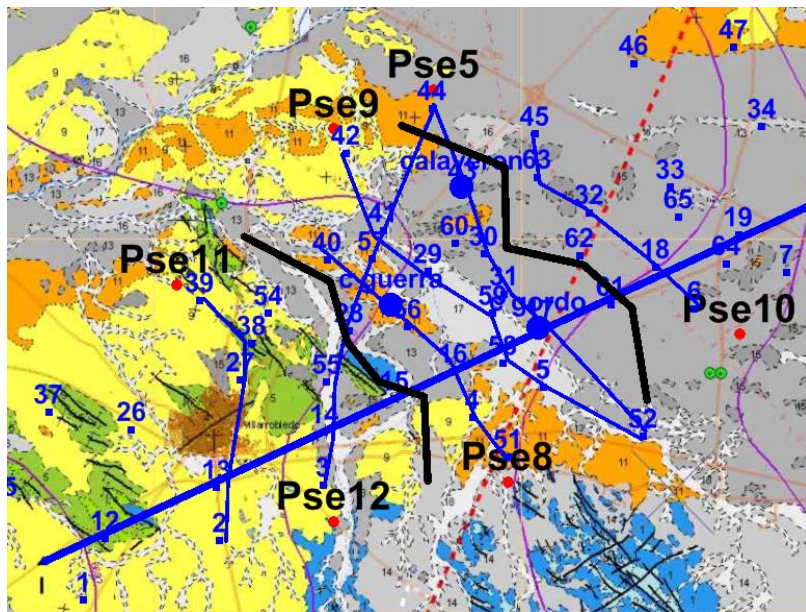


Fig. 47 Correlación de zonas resistivas en los perfiles longitudinales.



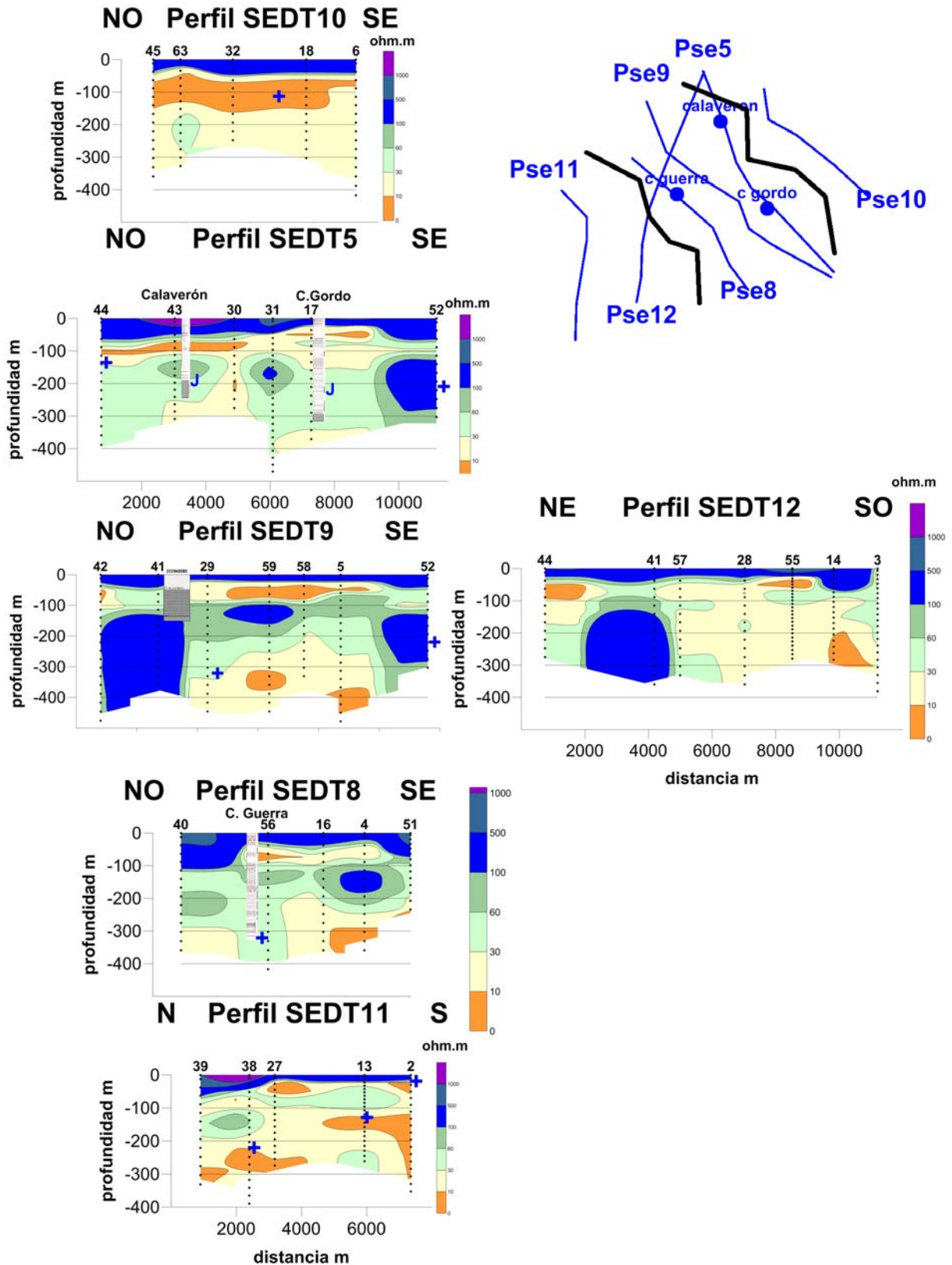
**Fig. 48** Comparación entre el perfil geológico I-II-III y el perfil de resistividad SEDT2, sobre el que se ha superpuesto los límites de zonas de las calizas cretácicas y jurásicas de la hipótesis geológica (línea en rojo).

La zona resistiva central queda localizada en la situación que indica la Figura 49, y no es por lo tanto detectada por los perfiles transversales 10 ni 11 (Figura 50).



**Fig. 49** Posición de la zona resistiva central (límites indicados por las líneas en negro) sobre la cartografía geológica y perfiles de SEDT transversales.

El resto de los perfiles transversales permiten apreciar que la profundidad de las estructuras no se mantiene en el sentido de sus ejes (SE-NO), sino que presenta también ciertos cambios, aunque de mucha menor importancia que en la dirección ortogonal.

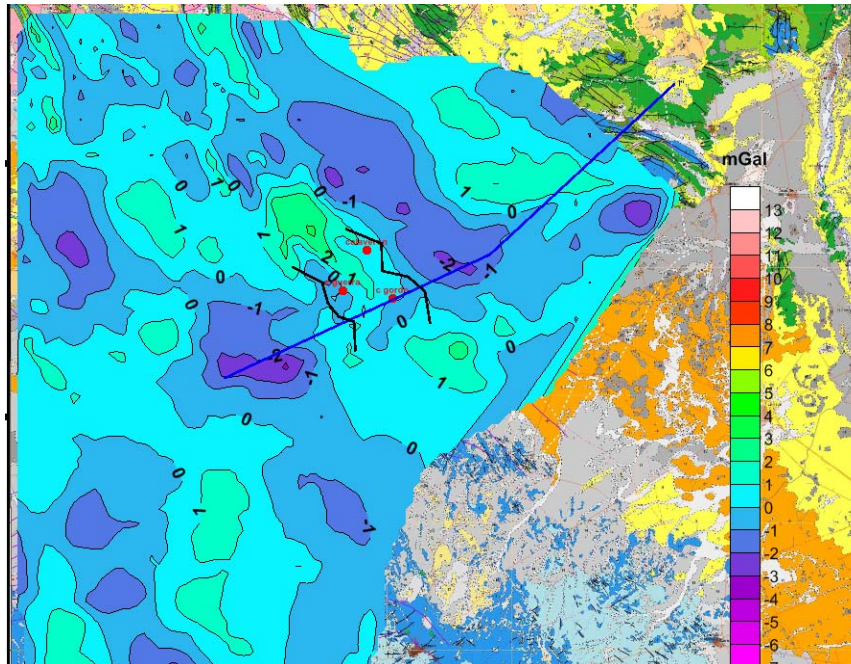


**Fig. 50 Perfiles de resistividad transversales.**

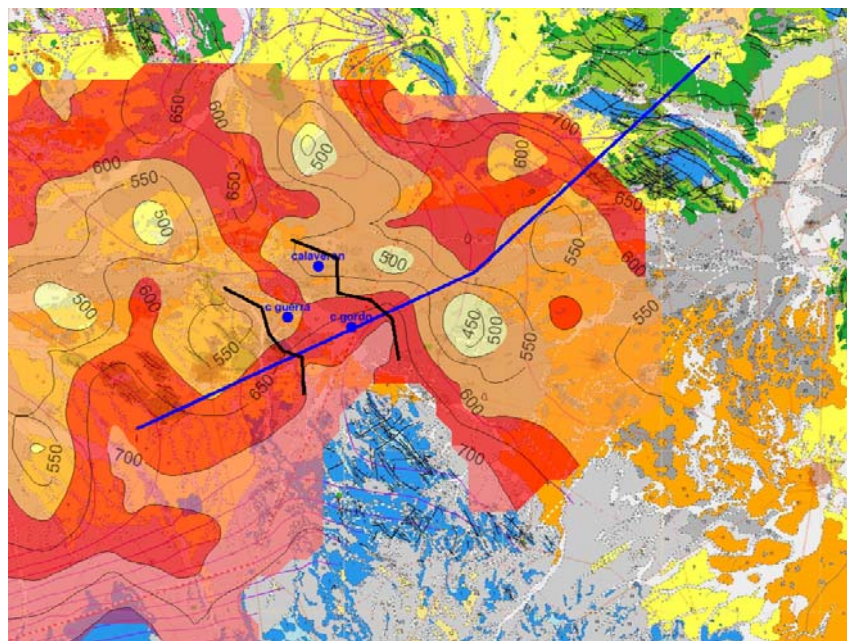
Finalmente, se ha superpuesto esta zona resistiva intermedia a las anomalías gravimétricas (Figura 51) y al mapa de cotas del resistivo 2 (Figura 52), apreciándose la buena correspondencia con un



máximo gravimétrico, que presenta además variaciones laterales concordantes con los cambios apreciados en la estructura resistiva.



**Fig. 51** Posición de la zona resistiva intermedia (líneas negras) sobre el mapa de anomalías residuales gravimétricas.



**Fig. 52** Posición de la zona resistiva intermedia (líneas negras) sobre el mapa de cotas del techo del resistivo 2 localizado con SEV.

Por otra parte, el techo del resistivo 2 (que incluye tanto las calizas del Jurásico como las del Cretácico), deducido con la información de los SEV, refleja bien la existencia de esta zona resistiva detectada con los SEDT, permitiendo así corroborar con ambos métodos geoelectrónicos la veracidad de su existencia, al menos desde un punto de vista cualitativo.

## 7. Conclusiones

En el Informe presentado en 2009 se concluye que la gravimetría (mapa de anomalías de Bouguer) presenta una buena correspondencia con las rocas jurásicas (y cretácicas densas), aunque no es posible asegurar que corrobore la estructura del Jurásico que quiere ratificarse, ya que la información gravimétrica no cubría toda el área investigada. Por otra parte los datos geoelectrónicos pusieron de manifiesto que existen varios horizontes resistivos, siendo difícil diferenciar si pertenecen al Jurásico, a un basamento más profundo o al Cretácico, manteniendo la morfología del techo de la primera capa resistiva una cierta correspondencia con las anomalías gravimétricas, con discrepancias que pueden deberse a la distancia entre mediciones de SEV. Tanto la información de gravimetría como la de resistividad indican la existencia de un hundimiento acusado de las estructuras hacia el Norte, con un alto gradiente de posición y rumbo en coincidencia con el perfil establecido en la hipótesis hidrogeológica, por lo que la morfología de las estructuras varía notablemente en cortas distancias hacia el norte o hacia el sur del perfil. Para corroborar estas conclusiones se ha completado en 2010 la cobertura de datos gravimétricos y eléctricos.

Para la interpretación de los documentos geofísicos obtenidos hay que tener en cuenta los valores de densidad y resistividad de las rocas involucradas. En principio todo el Cuaternario, Terciario y Cretácico Inferior debe tener menor densidad que las rocas del Cretácico Superior, siendo las calizas y dolomías del Jurásico las de mayor densidad. La base Keuper puede tener menor densidad que la cobertera. Respecto de la resistividad, excepto el Keuper, que debe tener menor resistividad que el resto de las unidades, los demás pisos contienen una mezcla de rocas de variada resistividad. En un esquema inicial, las formaciones con mayor resistividad serían las del Jurásico y Cretácico Superior, aunque pueden estar disminuidas por su contenido en agua, seguidas por el Cretácico Inferior. El Cuaternario debe presentar la menor resistividad de todos los pisos, y el Terciario puede dar lugar a cualquier valor. Por lo tanto, debido a las propiedades físicas de las rocas involucradas, no es posible diferenciar ni por su densidad ni por su resistividad a las calizas jurásicas de las cretácicas o terciarias.

El nuevo mapa obtenido de anomalías de Bouguer permite confirmar la existencia de la alineación de máximos que se insinuaba en la interpretación efectuada con la cobertura parcial anteriormente disponible; su comparación con la morfología del techo del resistivo permite concluir que la anomalía de gravedad está reflejando la morfología de las rocas resistivas, que no pertenecen a un único horizonte. Tanto la anomalía de Bouguer como la residual son en realidad una alineación de máximos discontinuos, separados por “valles” o depresiones gravimétricas; es decir, la estructura de rocas densas no mantiene una continuidad o bien su morfología es muy cambiante, o bien aparece distorsionada por la presencia ocasional de otras rocas densas más superficiales. [Figuras 16, 17, 19, 20, 21 y 22]

La disponibilidad de sondeos mecánicos realizados en 2010 permite profundizar en la relación entre las rocas encontradas, su resistividad y la posibilidad de detectar desde superficie sus variaciones.

De la testificación Gamma Natural y Resistividad de los sondeos se concluye que la presencia de calizas no siempre se manifiesta como un alto resistivo, pudiendo tener valores a partir de unos 50 ohm.m, por lo que pueden resultar no diferenciables de otras litologías presentes; por otra parte, la potencia en la que se manifiesta en la testificación valores de resistividad superior a los 100 ohm.m es siempre inferior a la potencia real del tramo litológico, e inferior a unos 10 m, por lo que estas capas pueden no ser detectables desde superficie. [Figuras 26, 27 y 28]

El análisis de las columnas litológicas de los sondeos y su relación con la profundidad de los resistivos 1 y 2 deducidos de la interpretación de los SEV de 1988 confirma que existen ambos horizontes resistivos, no siendo posible diferenciar su naturaleza, ya que aunque lógicamente el más profundo se debería a las calizas del Jurásico, pueden darse casos en que pertenezca a las del Cretácico Inferior, siendo entonces el más somero debido a la presencia de materiales resistivos del Terciario. Del análisis comparativo de los SEV, SEDT y columnas de sondeos mecánicos se concluye que es posible que la baja resistividad de los materiales en algunas zonas haya impedido mayor penetración del SEDT, o que el tramo resistivo no se haya reflejado suficientemente en la curva del transitorio para ser considerado en la inversión de los datos. La diferencia de resultados obtenidos entre lugares muy próximos (menos de 1000 m), al margen de su mejor o peor coincidencia aparente con datos litológicos, es una manifestación de la gran heterogeneidad de este entorno geológico.

[Figuras 37 a 41]

La inversión suavizada de los datos de SEDT proporciona un resultado más realista de la distribución de resistividad que el modelo de cuatro capas con cambio rígido, en el que los valores tanto de profundidad como de resistividad guardan menos relación con la geología; por otra parte las secuencias litológicas mostradas en los sondeos mecánicos no ofrecen en la mayoría de los casos capas con contrastes netos.

La interpretación de las secciones de resistividad obtenidas permiten establecerse una correlación de las zonas donde se han localizado rocas más resistivas, teniendo en cuenta que en donde no se han localizado deben de situarse a mayor profundidad que la investigada. Esta correlación indica una continuidad de las zonas resistivas detectadas en cada perfil en su parte central y en ambos extremos, formando estructuras de altos y bajos con ejes orientados en dirección SE-NO. Este estilo estructural está en concordancia con la hipótesis que se desea comprobar. En particular, para el perfil PSED 2, cuyo trazado coincide con el perfil geológico se puede verificar que la presencia de materiales resistivos guarda una buena correspondencia con la posible existencia de calizas cretácicas y/o jurásicas; así mismo, el resistivo superficial estaría en correspondencia con la posible existencia de rocas calcáreas en el Terciario.[Figuras 47 y 48]

El resto de los perfiles transversales permiten apreciar que la profundidad de las estructuras no se mantiene en el sentido de sus ejes (SE-NO), sino que presenta también ciertos cambios, aunque de mucha menor importancia que en la dirección ortogonal.

Finalmente, se ha superpuesto esta zona resistiva intermedia a las anomalías gravimétricas y al mapa de cotas del resistivo 2, apreciándose buena correspondencia con un máximo gravimétrico, que presenta además variaciones laterales concordantes con los cambios apreciados en la estructura resistiva, y con el techo del resistivo 2 (que incluye tanto las calizas del Jurásico como las del Cretácico) deducido con la información de los SEV, permitiendo así corroborar con ambos métodos geoelectrónicos la veracidad de su existencia, al menos desde un punto de vista cualitativo.[Figuras 51 y 52].

La conclusión global es que las estructuras existentes son bastante complejas, de tal forma que, si bien se corrobora el estilo del corte geológico objeto de este estudio, su variación hacia el norte o hacia el sur no se corresponde con un modelo tabular. Existe una correspondencia entre la anomalía de gravedad residual y la existencia de una estructura resistiva detectada por los SEV y SEDT.

NOTA SOBRE PROCESO DE DATOS:

- El origen para todos los valores a lo largo de los perfiles de la Figura 21 es el punto X=529735 Y=4343114. A dicho punto se refieren las distancias.
  
- Para el proceso por el programa PERFIL se han preparado en Excel los ficheros tipo **csv** con los valores X,Y, V (V= Bouguer, regional o residual) a partir del fichero general de gravimetría. Este fichero es preciso leerlo con Golden para general el csv separado con comas (Excel genera separadores ;).
  
- Para el proceso por el programa REGRES se ha preparado el fichero graguaN.txt con los valores X,Y,ABouguer2.4 en formato F9.2,1X,F10.2,1X,F6.2 (los ficheros xls pueden guardarse como texto tipo Unicode para que conserven un número indicado de decimales, pero al convertirlos en ficheros tipo csv se pierde la última cifra si ésta es cero, debiendo de completarla (cambiándola por un 1) manualmente.



# **ANEXO**

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA  
ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

**INFORME PREPARADO POR GEOGNOSIA S.L.L. PARA EL IGME.**

**JUNIO 2010**





**CAMPAÑA DE SONDEOS  
ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

**INFORME PREPARADO POR GEOGNOSIA S.L.L. PARA EL  
IGME.**

**JUNIO 2010**

# INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. INTRODUCCIÓN GEOLÓGICA	2
3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	4
4. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN	8
5. PERFILES	47
6. CONCLUSIONES	55
APÉNDICE A. EXPLICACIÓN DEL MÉTODO (SED-T)	56
APÉNDICE B. INSTRUMENTACIÓN	57
APÉNDICE C. FORMATOS DE LOS DATOS	60
APÉNDICE D. IMÁGENES	65
APÉNDICE E. FOTOS	78

# 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo consiste en la realización de una campaña de Sondeos Electromagnéticos en el Dominio del Tiempo (SEDT), de acuerdo a las siguientes prescripciones técnicas:

- Se efectuarán SEDT paramétricos junto a sondeos mecánicos de columna conocida, a fin de determinar las dimensiones más adecuadas del bucle emisor y los parámetros de inversión.
- La posición de los puntos de medición serán determinados por el supervisor del IGME, constituyendo básicamente una cobertura de intercalación entre los perfiles de SEV actualmente disponibles, con una distancia media entre mediciones del orden de 1500 m. Se medirán las coordenadas UTM-30 de todas las estaciones.
- El trabajo incluirá el proceso de datos y la modelización de los resultados encaminada a determinar la profundidad del techo del Jurásico.

El área de investigación propuesta se enmarca en la Cuenca Alta del Guadiana, entre las poblaciones de Villarobledo (Albacete) y Sisante (Cuenca), cubriendo una extensión aproximada de 450 km<sup>2</sup>.

Todas las medidas están identificadas con un número de estación, y con sus coordenadas geográficas X e Y (en UTM Huso 30, Datum ED50). Estas coordenadas se han medido en campo con un GPS GARMIN 72.

Para la realización de la campaña se han utilizado equipos de la firma Zonge, pertenecientes a GEOGNOSIA S.L.L.

En total se tomaron medidas en 65 posiciones con bucles de 100x100 con una y dos vueltas de cable. Excepto

## 2. INTRODUCCIÓN GEOLÓGICA.

Toda la información geológica la ha aportado el cliente:

### **MARCO GEOLÓGICO**

*“Los sondeos Villarro-1 y Villarro-2, se ubican en el sector sur oriental de la Llanura Manchega, quedando emboquillados en materiales detríticos pleistocenos, que se superponen al relleno continental detrítico-carbonatado de la cuenca neógena Manchega. El sustrato lo constituyen materiales carbonatados y detríticos cretácicos (Cenomaniense-Albiense) y carbonatados jurásicos (Lías medio-superior), que en el interior de la cuenca llegan a aflorar, aunque deficientemente, en los núcleos de pliegues anticlinales de dirección NO-SE. Las mejores condiciones de afloramiento del sustrato mesozoico se encuentran hacia los bordes N y S de la cuenca, en las estribaciones meridionales de la Sierra de Altomira, al norte, y en el Campo de Montiel, al sur. En el primero de los dominios se encuentran buenos registros de la serie cretácica, mientras que en el Campo de Montiel aflora extensamente el Lías medio-inferior, que a modo de plataforma, se prolonga hacia el norte en profundidad bajo la llanura manchega. Desde un punto de vista estructural, el área se encuentra en la zona de enlace entre la rama castellana de la cordillera Ibérica y el dominio Prebético Externo de la cordillera Bética. De hecho, la plataforma del Campo de Montiel, situada inmediatamente al sur de la Llanura Manchega, constituye el antepaís de la cordillera Bética. Por ello, las principales estructuras que se identifican en superficie corresponden al campo de deformación Bético, como consecuencia de la propagación de los esfuerzos alpinos desde el frente Prebético del Arco de Alcaraz. Por ello las estructuras encontradas son las correspondientes a un tensor de esfuerzos bético con un eje principal compresivo horizontal ( $s_1$ ) de dirección N130-150E, un eje de mínima compresión o extensión ( $s_3$ ) también horizontal de dirección N40-60E y un eje intermedio( $s_2$ ) vertical. El resultado es una sucesión de flexuras a gran escala de dirección ENE-OSO, que configuran los principales dominios fisiográficos de la región (Campo de Montiel – Llanura Manchega), los cuales aparecen atravesados por fracturas de desgarre de dirección NO2 SE, NE-SO; y con componente vertical inversa ENE-OSO, coherentes con el tensor de esfuerzos bético. Además se identifican estructuras de plegamiento de dirección NO-SE de componente Ibérica. Esto último implica que aun predominando las estructuras béticas, es muy probable que en el basamento de la Llanura Manchega se desarrollen estructuras de interferencia por superposición de los campos ibérico y bético.”*

**SONDEO VILLARRO-1.  $x= 540.934$ ;  $y= 4.353.176$ ;  $z= 708$  m**

### **INTERPRETACIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA**

- Tramo 1-188 m. Relleno neógeno, correspondiente a la Unidad carbonatada superior. Presenta una indentación en el tramo 84-132 que puede corresponder a la Unidad detrítica roja intermedia. La zona del tramo 172-186 puede corresponder a un paleokarst desarrollado sobre el techo del Jurásico.

- Tramo 188-240 m. Jurásico. Lías medio-superior. Se distingue un subtramo superior 186-198 de calizas micríticas, un subtramo intermedio 198-204 de margas verdes con intercalaciones dolomíticas, y un subtramo inferior 204-240 de calizas micríticas recristalizadas con niveles oolíticos.

Por lo tanto en este sondeo faltaría el nivel guía albiense, por erosión total del mismo, situándose el neógeno directamente sobre el Lías. Así los granos de cuarzo existentes

*en las arenas poligénicas del neógeno, con un carácter evidentemente más redondeado que los granos carbonatados, procederían del desmantelamiento por erosión del Albiense. El techo de la serie jurásica estaría afectada por una fuerte alteración-paleokarst.*

**SONDEO VILLARRO-2 x 542.988; y= 4.349.385; z= 702 m**

**INTERPRETACIÓN DE LA COLUMNA LITOLÓGICA**

*- Tramo 1-210 m. Neógeno. Los primeros 22 metros pueden corresponder a la Unidad carbonatada superior, y del metro 22 al 210 corresponde a la Unidad detrítica roja intermedia.*

*- Tramo 210-217 m. Albiense. Arenas cuarcíferas de grano fino. Facies Utrillas. Este tramo se utiliza como nivel guía que permite atribuir el resto de la serie al Jurásico.*

*- Tramo 217-307 m. Jurásico. Lías medio-superior. Se distingue un subtramo superior 217-247 predominantemente margoso verde, al que le sigue un tramo más carbonatado entre 247 y 262 m constituido por barras oolíticas. De nuevo la serie se hace más margosa-detrítica entre 262-281 m, finalizando el sondeo en un tramo compacto de calizas oolíticas recristalizadas de color beige.*

### **3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.**

Para la realización del estudio electromagnético en el dominio de tiempos se empleó un equipo para prospección electromagnética de la marca ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION que constaba de un receptor GDP-32, y un transmisor ZT-30 y demás equipos y accesorios necesarios para la realización de este tipo de estudios (para más detalle ver Apéndice B).

La realización del trabajo de campo siguió estos pasos:

- Se sincroniza el receptor y el transmisor, para medir los datos siempre en ausencia de campo primario.
- Se localiza en el campo el cuadrado de cable que hace las funciones de antena emisora (en este caso el tamaño es de 100x100 metros con 1 o 2 vueltas)
- Se mide en la primera posición, bucle 17, para comprobar si con un bucle transmisor de tamaño 100mx100m es suficiente para alcanzar el objetivo. Se mide con distintas frecuencias (4Hz, 8Hz y 16Hz). Se decide realizar la campaña con este tamaño y 1 y 2 vueltas y 4Hz. y 16Hz.
- La visualización de los datos en el campo permite determinar con cierta precisión si los datos medidos son lo suficientemente limpios para llegar a una profundidad determinada, pero la determinación de la profundidad del estudio puede variar respecto a la estimada en campo con el receptor de manera notable después de depurar los datos y modelarlos con algoritmos más precisos que los que usa el receptor, por esta razón en ese punto se para el trabajo de campo, se procesan los datos en gabinete y se deciden nuevas posiciones, ya que varias de las medidas tienen bastante ruido y no se llega a la profundidad requerida.
- Se miden el resto de estaciones y casi todos dan datos limpios.
- Todas las coordenadas de las medidas se presentan en UTM Huso 30 Norte DATUM ED50.

Una vez realizada la toma de datos en campo se pasa al procesado e interpretación de los perfiles en gabinete. Dentro de esta etapa podemos destacar:

- Se depuraron los datos y se modelaron las medidas tomadas en el centro del bucle. Se modelan todas las diferentes frecuencias y se decide para cual de ellas tenemos los datos más limpios.

### **MODELOS:**

Revisamos todas las medidas, seleccionando el mejor tamaño de bucle (si se ha tomado mas de uno por estación) y la frecuencia mas limpia para elegir esos datos para su posterior modelado.

Realizamos modelos directos de bloques tomando como modelo inicial el siguiente:

Un modelo de tierra de 4 capas con las siguientes características:

- 1ª capa: Resistividad 100 Ohm-m , Espesor de la capa; 20m
- 2ª capa. Resistividad 20 Ohm-m , Espesor de la capa; 50m
- 3ª capa. Resistividad 100 Ohm-m , Espesor de la capa; 50m
- 4ª capa. Resistividad 20 Ohm-m , Espesor de la capa; sin determinar

Se ha tomado este modelo de partida después de realizar una primera inversión de los datos utilizando valores estándar solo para buscar un modelo inicial para nuestro modelo de bloques.

Este modelado de inversión utiliza el siguiente algoritmo:

Los modelos de inversión suavizados convierten los datos medidos (dB/dt) en perfiles de resistividad respecto a la profundidad. Los datos observados de tiempos y dB/dt se utilizan en cada estación para determinar el modelo de partida o inicial que es un modelo de capas horizontales.

El espesor de las capas se determina calculando la profundidad de penetración del campo fuente para cada ventana de tiempos. La resistividad de cada capa se ajusta iterativamente hasta que la diferencia entre el modelo y los datos observados se ajusta al error determinado, siempre que sea consistente con un contraste suavizado. El contraste suavizado limita la variación de resistividad entre las distintas capas.

Existen dos parámetros en los modelos que determinan el tipo de resultado, estos son el peso que se le da al modelo inicial y el peso que se le da al suavizado.

El peso del modelo inicial puede variar entre 0.001 y 100, siendo los valores más altos los que calculan modelos más parecidos al modelo inicial y los más bajos al contrario.

Cuanto más alto es el peso del suavizado, menos contrastes son permitidos en el modelo., si el valor es muy bajo los cambios serán muy bruscos.

En todos los casos se debe jugar con estos parámetros para crear modelos con errores bajos pero reales geológicamente.

El resultado de un modelo de suavizado es un conjunto de resistividades estimadas que varían suavemente con la profundidad. La variación lateral es calculada invirtiendo sucesivamente las estaciones a lo largo de un perfil. Los resultados para una línea completa se presentan en una pseudo-sección con los contornos de resistividades.

Para calcular los contornos se localiza por convenio, las resistividades en el punto medio de cada capa, formando una columna por debajo de cada estación.

Los modelos de suavizado no requieren modelos iniciales, estos se calculan a partir de los propios datos observados.

Los datos observados se preparan para la inversión con el programa TEMAVG, que lo que hace es cambiar el formato de los datos de volcado del receptor para que pueda ser leído por los programas de inversión de ZONGE. Todos los parámetros de la campaña, junto con los propios de los datos, pueden modificarse en el paso previo a la inversión, además de asociar los datos con sus coordenadas y borrar los datos de las ventanas de tiempos con ruido o mala repetibilidad.

Los modelos resultantes se muestran con las secciones de los modelos de bloques utilizadas para la interpretación.

Los modelos de bloques son modelos directos, que como hemos dicho utilizan un modelo inicial, calculan la medida que se obtendría con este modelo de tierra y comparan los



datos medidos iterativamente con esta respuesta, variando tanto el espesor como la resistividad de las capas del modelo inicial, de forma que el error entre los datos de partida y la respuesta del modelo sea mínimo.

Una vez que tenemos los modelos realizados para cada una de las medidas unimos en un fichero único por secciones representativas de la variación geológica de la zona.

Para visualizar la información de los modelos por secciones interpolamos entre estaciones mediante el método de mínimos curvatura.

Hemos utilizado una escala de colores logarítmica que varía entre 1 Ohm-m y 10000 Ohm-m.

## 4. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN Y MODELOS DE BLOQUES.

Como control de calidad de todas las medidas a parte del tiempo de muestreo, (256 ciclos utilizando como frecuencia de emisión 8Hz y 512 ciclos utilizando 16Hz) se han medido en todas las estaciones por lo menos 3 repeticiones. El que las repeticiones sean o no similares ayuda a rechazar las ventanas de tiempos que no tengan la calidad suficiente.

El medir con dos frecuencias distintas de emisión ayuda a discriminar si ciertos datos extraños son debidos a ruidos externos.

Para definir los parámetros de adquisición se eligió la **estación 17** de coordenadas X: 543055 e Y: 4349390, por tener información de un sondeo mecánico (**VILLARRO-2. CASAS DEL GORDO.**)

A la hora de determinar los parámetros que se iban a utilizar en las medidas en el resto de la campaña se tuvieron en cuenta varias razones:

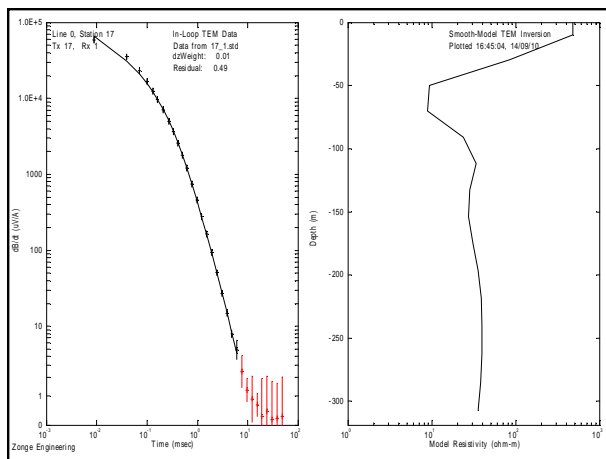
La profundidad de penetración.

La resolución de los datos.

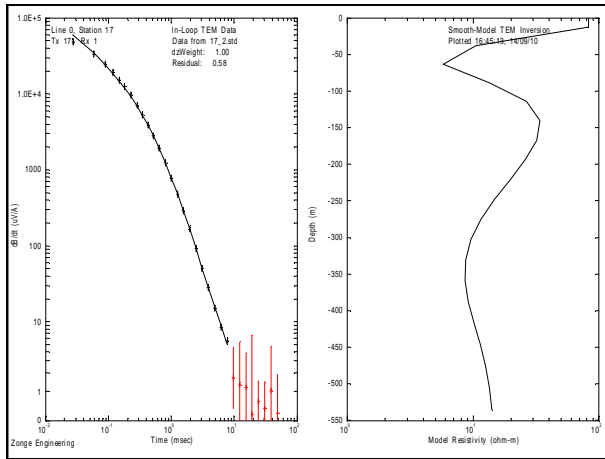
La operatividad en el campo.

La secuencia de medidas en este punto fue la siguiente:

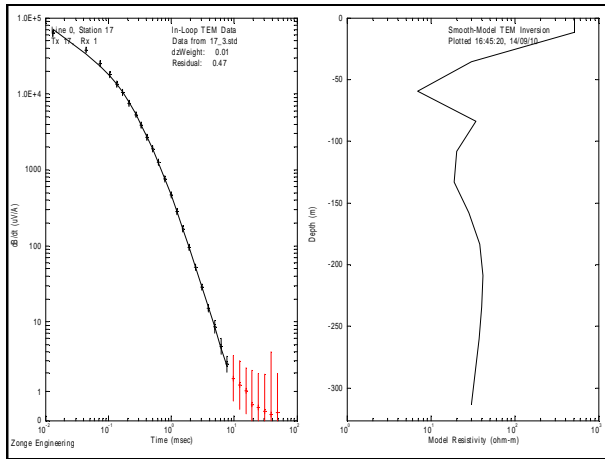
1.- Bucle de 100metros x 100 metros con una vuelta de cable, y con una intensidad de corriente de 23.5 Amperios. Frecuencia 4 Hz.



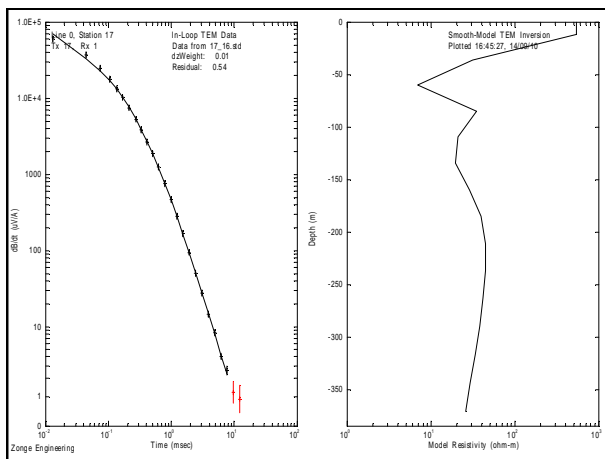
2.- Bucle de 100x100 metros con dos vueltas e intensidad de corriente de 10 Amperios. Frecuencia 4 Hz.



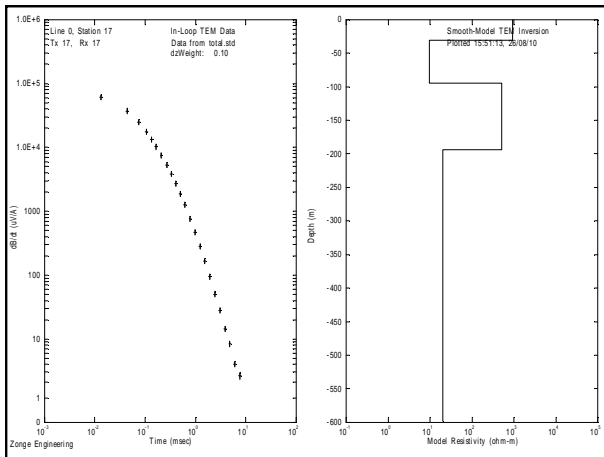
3.- Bucle de 100x100 metros con una vuelta e intensidad de corriente de 12.7 Amp. Frecuencia 4 Hz..



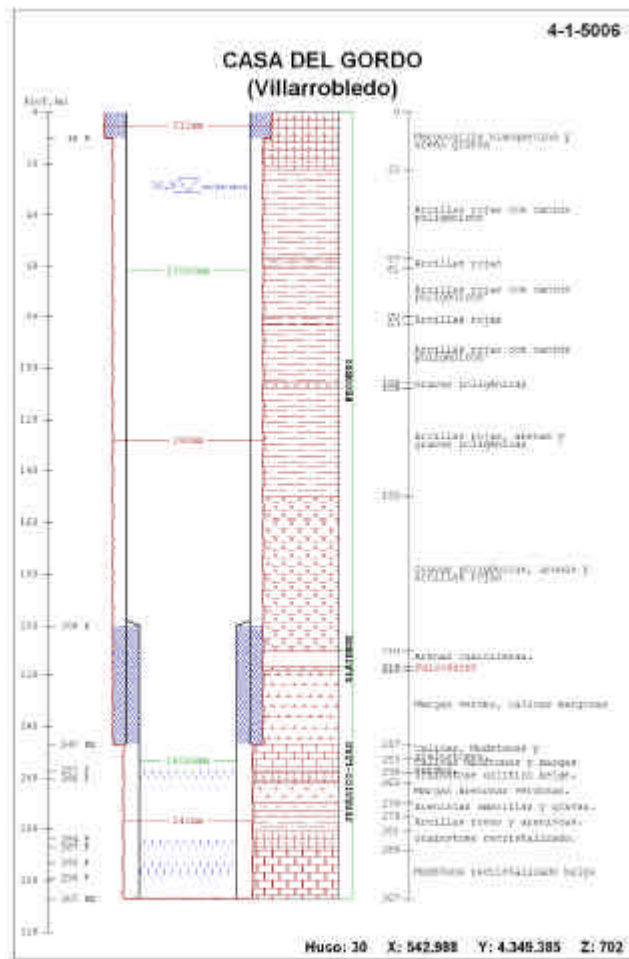
4.- Bucle de 100x100 metros con una vuelta e intensidad de corriente de 12.7 Amp. Frecuencia 16 Hz..



## Modelo de Bloques de la estación 17:



La columna litológica del sondeo es la siguiente:



Atendiendo a la descripción del sondeo, establecemos las siguientes equivalencias:

0-20 metros encontramos un cambio claro de un resistivo a un conductor, coherente con la información del sondeo mecánico, en donde se define un paso de margolizas a arcillas.

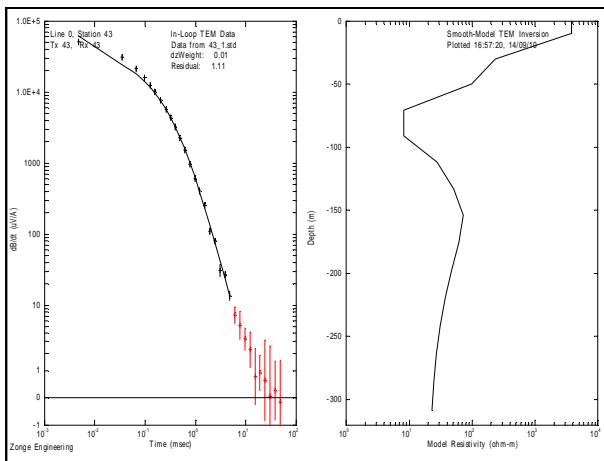
20-100 metros tenemos unos materiales conductores y a 100 metros encontramos de nuevo una variación, que podría corresponder del cambio de materiales arcillosos a gravas

100-200 metros sería el paquete de gravas que se define en la columna litológica del sondeo, el contacto lo tendríamos a unos 200 metros donde según el sondeo también pasamos a materiales mas conductores (margas).

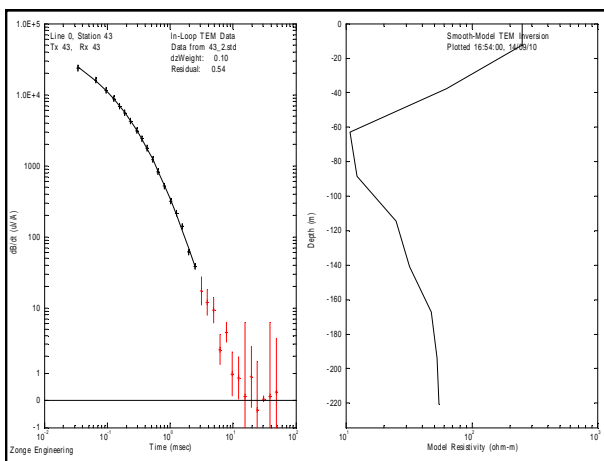
Tomamos como segunda estación de referencia la **número 43** (donde también tenemos información de un sondeo paramétrico **VILLARRO-1. EL CALAVERÓN.**), en este caso tenemos mucho mas ruido cultural debido a la presencia de varias líneas eléctricas, un convertidor de corriente y un campo de placas solares.

En este caso la secuencia de medida es:

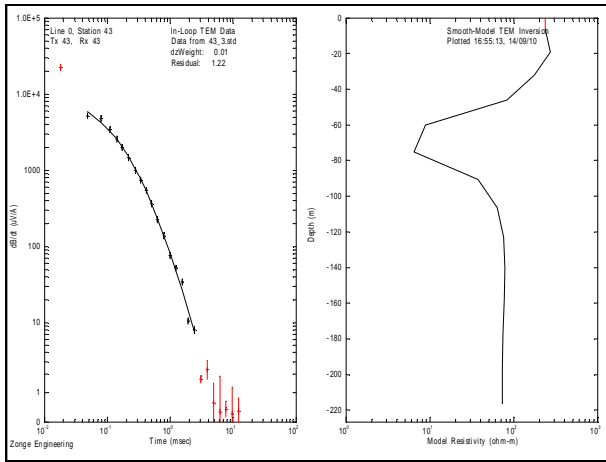
1.- Bucle de 100metros x 100 metros con dos vueltas de cable, y con una intensidad de corriente de 10 Amperios. Frecuencia 4 Hz.



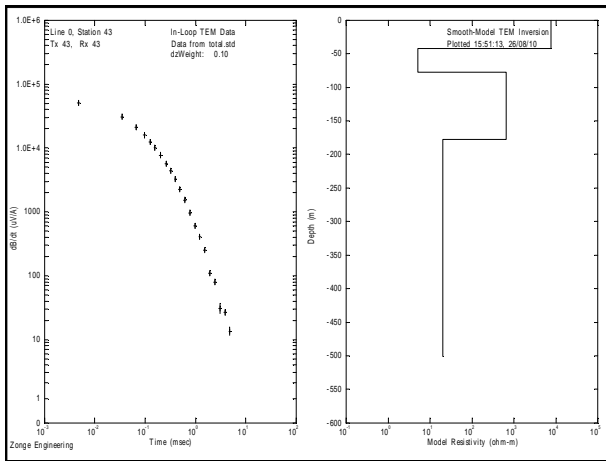
2.- Bucle de 100metros x 100 metros con una vuelta de cable, y con una intensidad de corriente de 30.5 Amperios. Frecuencia 4 Hz.



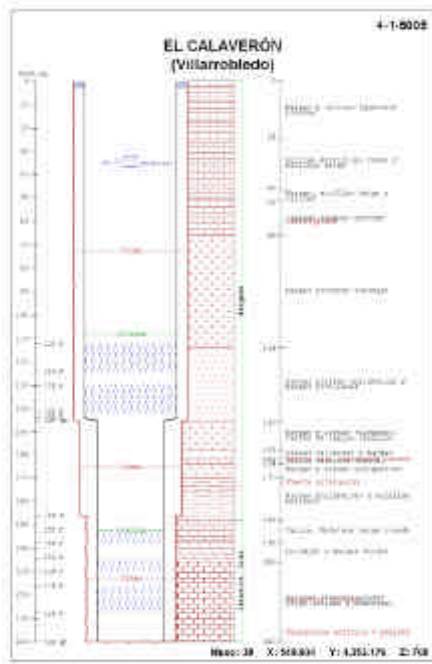
3.- Bucle de 50metros x 50 metros con una vuelta de cable, y con una intensidad de corriente de 25.7 Amperios. Frecuencia 16 Hz.



**Modelo de Bloques de la estación 43:**



La columna litológica del sondeo es la siguiente:



Atendiendo a la descripción del sondeo, establecemos las siguientes equivalencias:

En este caso es un poco mas difícil la equivalencia ya que aparentemente no coincide:

0-40 metros tenemos una resistividad muy alta, el contacto que encontramos en el SEDT no tiene una clara equivalencia con la información litológica, ya que no hay un cambio sustancial de materiales según el sondeo mecánico, podría deberse a presencia de agua en materiales calizos muy alterados.

40-80 metros tenemos materiales mucho más conductivos. Y a 80 metros no hay ningún cambio en la columna litológica que pueda corresponder al cambio que encontramos en el SEDT.

80-180 metros tenemos un material resistivo, que podría tener correspondencia con materiales calizos, pero que no están definidos en el sondeo.

A 180 metros pasamos a un conductor y según el sondeo cambiamos a materiales calizos, nuevamente no se corresponde la información.

Este SEDT no tiene una clara equivalencia con la columna litológica, por lo que consideramos que lo que realmente estamos viendo en los datos EM, pueden ser variaciones en la alteración de los distintos materiales y presencia de acuíferos.

Vemos que prácticamente tenemos las mismas ventanas limpias con un bucle de 100x100 metros que con uno mas pequeño, y que la información resultante es muy parecida. En algunas ocasiones es preferible reducir el tamaño del bucle para penetrar mas o evitar el ruido ya que nos permite alejarnos de las fuentes de ruido.

Al finalizar el día de prueba concluimos realizar la campaña con bucles de 100x100 metros con doble vuelta a 4Hz y 16 Hz, y con 1 vuelta solo a 16Hz. En algunos puntos en los que las fuentes de ruido EM rodean la posición elegida, y no es posible alejarnos de dichas fuentes, reducimos el tamaño del bucle para disminuir su efecto en los datos medidos.

A continuación vemos la imagen de cada una de las medidas y su modelo de bloques en una dimensión, con sus parámetros de medida en campo. (solo visualizamos la medida mas limpia de cada una de las tres hechas para cada estación):

### **ESTACIÓN 1**

UTM: 530726; 4342049

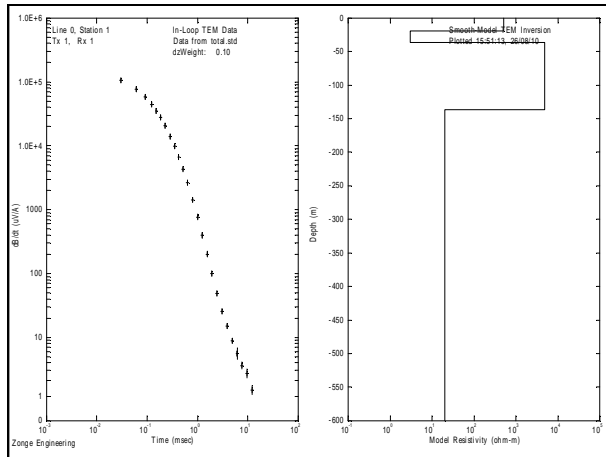
Resistencia cable vueltas 2: 8,5

Resistencia cable vueltas 1:3,4

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	Observaciones
2	4	10,4	295	807-809	Se ve la subida a 130 m..
2	16	10,4	295	810-812	Gráfica buena
1	16	24,0	230	816-818	Gráfica con subida y bajada. Curva de caída limpia. Profundidad de 470 metros.

### **OBSERVACIONES**

Tendidos a 500 metros del bucle. Se cambia la coordenada del punto original para salir de las parras y viñedos.



### ESTACIÓN 2

UTM: 534395; 4343657

Resistencia cable vueltas 2: 9,2

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	
2	4	11,2	295	884-886

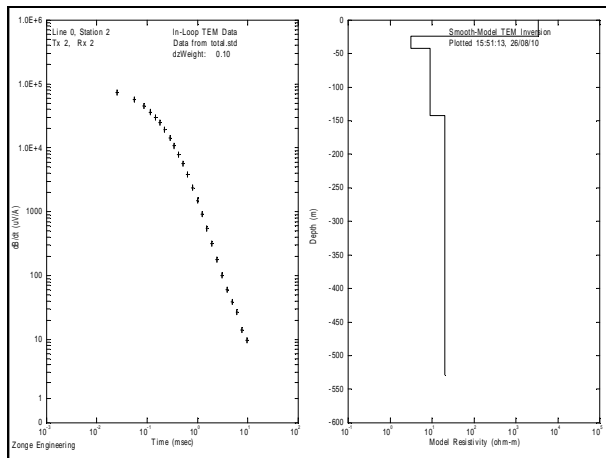
BLOQUES Observaciones  
curva de caída limpia. No llegamos a ver

2	16	11,2	300	889-891
1	16	27,5	230	893-895

Caída limpia. Pequeña subida a 300 metros.  
Igual a la anterior.

### OBSERVACIONES

Valla metálica a pocos metros del cable. pequeños tendidos a 250 metros. El carril de acceso a la coordenada original está cortado con una cadena que nos impide el paso.



### ESTACIÓN 3

UTM: 537192; 4345150

Resistencia cable vueltas 2: 9,9

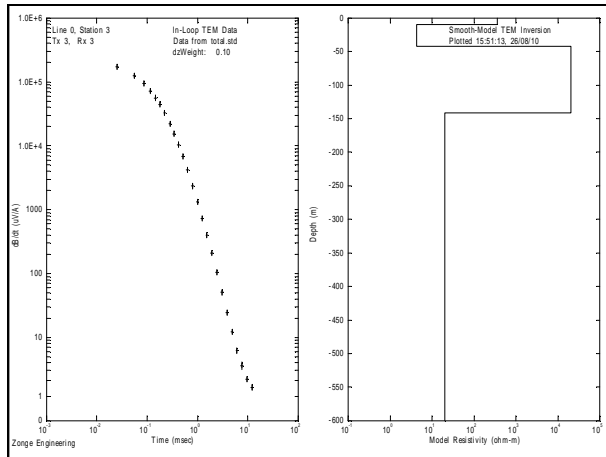
Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	
2	4	12,2	302	913-915
2	16	11,9	300	917-919
1	16	30	235	921-923

BLOQUES

### OBSERVACIONES

Partimos del punto original.





### ESTACIÓN 4

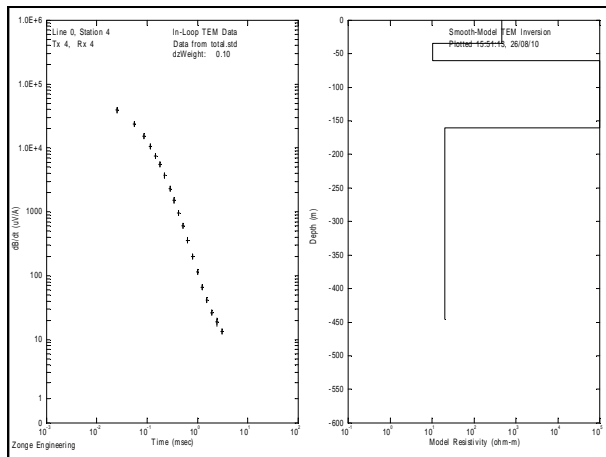
UTM: 541219; 4346961

Resistencia cable vueltas 2: 11,2

Resistencia cable vueltas 1: 5,3

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11,5	300	1007-1009
2	4	12,3	300	1010-1012
1	16	12,1	300	1013-1015
1	16	24,5	257	1017-1019

OBSERVACIONES: En la coordenada original no se puede hacer porque esta rodeada de sembrados de trigo. Las fuentes posibles de ruido son la vía del tren a menos de 1km y una antena repetidora a 1km aproximadamente.



### ESTACIÓN 5

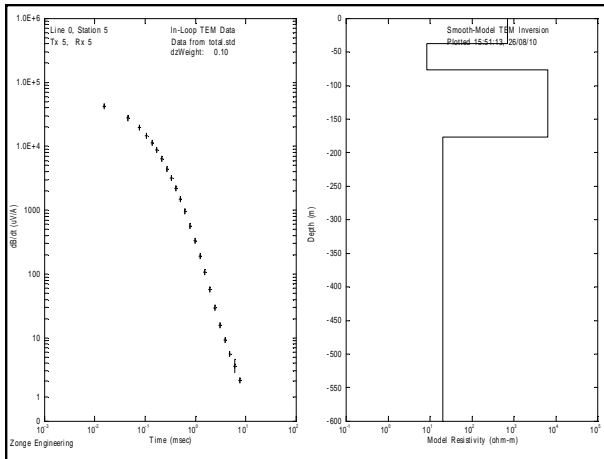
UTM: 543130, 4347785

Resistencia cable vueltas 2: 10,2

Resistencia cable vueltas 1: 4.8

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11,9	310	1021-1023
2	16	11,6	310	1024-1026
1	16	28,8	248	1028-1030

OBSERVACIONES: Alejamos un poco el punto para no estar cerca de una valla metálica.

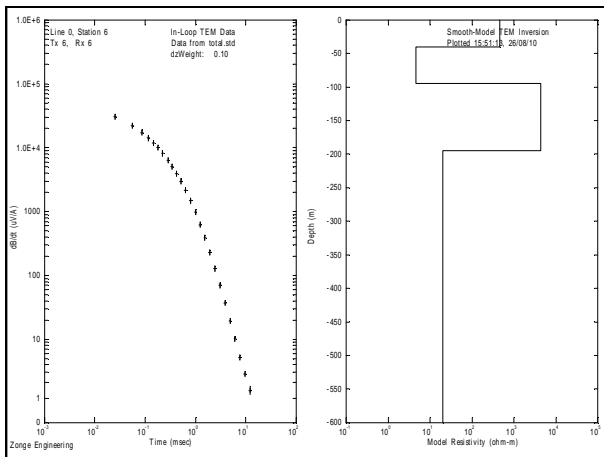


### ESTACIÓN 6

UTM: 547214, 4249880

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	9,9	300	1033-1035
2	16	9,7	300	1037-1039
1	16	28	235	1041-1043

OBSERVACIONES: El bucle se hace de 120x80 debido a problemas con el espacio.

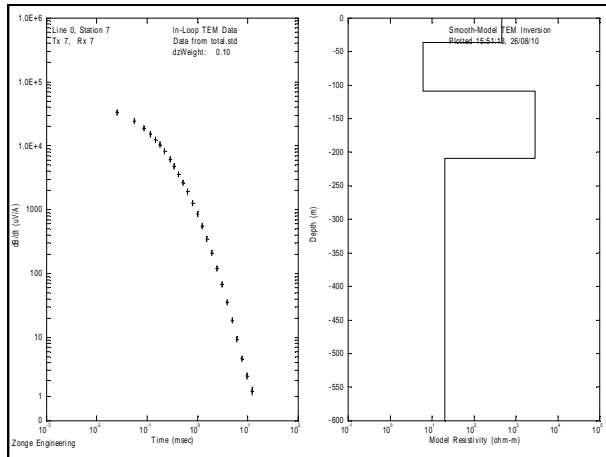


### ESTACIÓN 7

UTM: 549698, 4350865

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11	300	1057-1059
2	16	11	300	1060-1062
1	16	26,5	232	1064-1066

OBSERVACIONES: Alejamos un poco el punto por un tendido eléctrico.



## ESTACIÓN 8

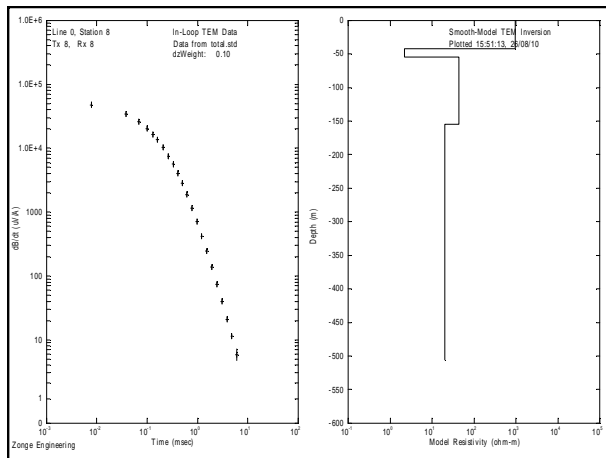
UTM: 552245, 4352112

Resistencia cable vueltas 2: 10,2

Resistencia cable vueltas 1: 5,1

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11	285	1068-1070
2	16	10,8	287	1072-1074
1	16	28	225	1077-1079

OBSERVACIONES: Alejamos un poco el punto por un tendido eléctrico.



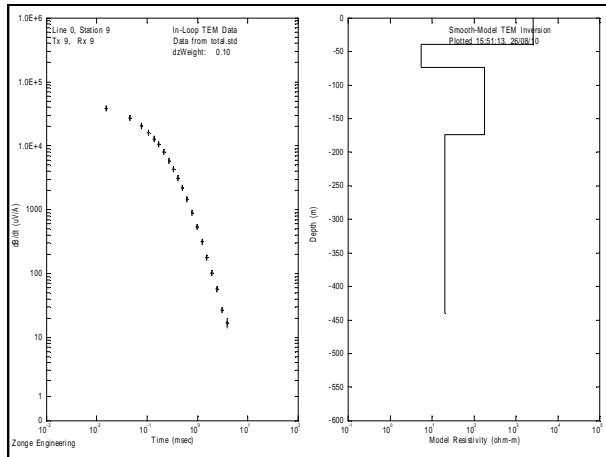
## ESTACIÓN 9

UTM: 553943; 4353668

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11,3	310	951-953
2	16	11,3	310	954-956
1	16	28	247	958-960

OBSERVACIONES

Estamos a 500 metros de Casas de los Pinos (aldea), única fuente visible de ruido.



### ESTACIÓN 10

OBSERVACIONES: Pueblo a menos de 1 kilómetro. Tendidos eléctricos a 300 metros. Maquinaria agrícola trabajando cerca. Alejamos el bucle unos 100 metros para alejarlo de fuentes de ruido. En Vueltas 1 16 Hz solo medimos con cuatro baterías porque superamos el máximo de transmisor.

Resistencia de cable 1: 6,1

Resistencia de cable 2: 5,8

Resistencia vueltas 2: 8,3

Resistencia vueltas 1: 3

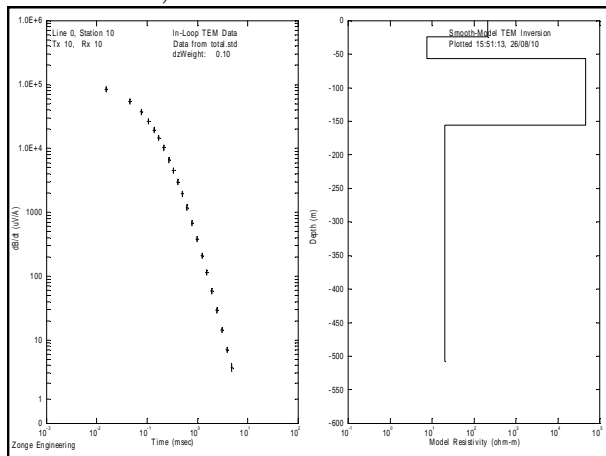
UTM: 557315; 4356275

VUELTAS    FREQ.    AMPS    CAIDA    BLOQUES    OBSERVACIONES

2      4    10,6    310    599-601    Caída con ruido, se ve bien la subida a un resistivo

2      16    10,5    310    602-604    Menos ruido. Se aprecia la subida seguida de la bajada

1      16    24,4    245    607-609    Gráfica correcta y bastante limpia



### ESTACIÓN 11

UTM: 528158; 4342937

Resistencia cable vueltas 2: 7,9

Resistencia cable vueltas 1: 3,4

Vueltas      FREQ.    AMPS    CAIDA    BLOQUES    Observaciones

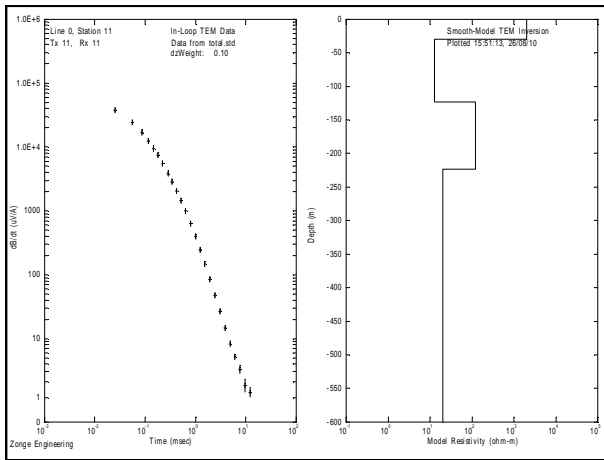
2      4      10,1    295    833-835    Gráfica con ruido. No veo la subida.

2      16      10,1    300    837-839    Caída limpia. Profundidad 500 metros.

1      16      29,2    232    841-833    Igual al anterior.

OBSERVACIONES

Existe un sondeo mecánico de 400 metros de profundidad en las inmediaciones de bucle y dentro de la misma propiedad donde trabajamos. El sondeo fue realizado por Confederación Hidrográfica. El propietario de las fincas es Julián de Villarrobledo.



### ESTACIÓN 12

UTM: 531300; 4343706

Resistencia cable vueltas 2:7,9

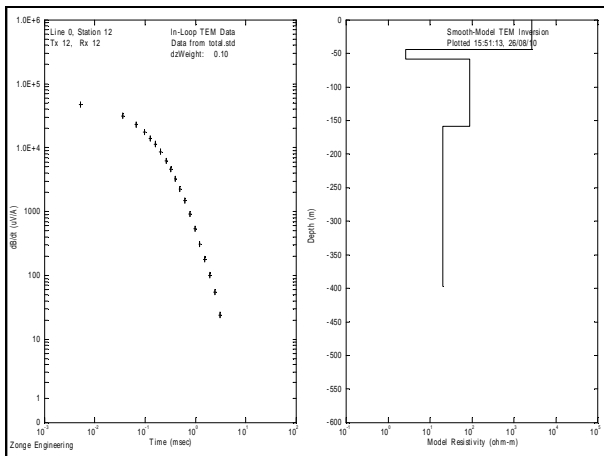
Resistencia cable vueltas 1:3,4

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	Observaciones
2	4	10,3	325	820-822	Algo de ruido en la caída. No veo resistivo.
2	16	10,1	320	824-826	Hay poco ruido. Profundidad 400 metros.
1	16	29,6	260	829-831	Igual al anterior.

Gráfica parecida a la obtenida en la estación 13.

### OBSERVACIONES

Partimos del punto de coordenadas original. Tendido a unos 200 metros. Autovía a 100 metros del bucle. En estos momentos poco tráfico, o casi ningún vehículo. Oleoducto a 100 metros.



### ESTACIÓN 13

UTM: 534314; 4345081

Resistencia cable vueltas 2: 7,6

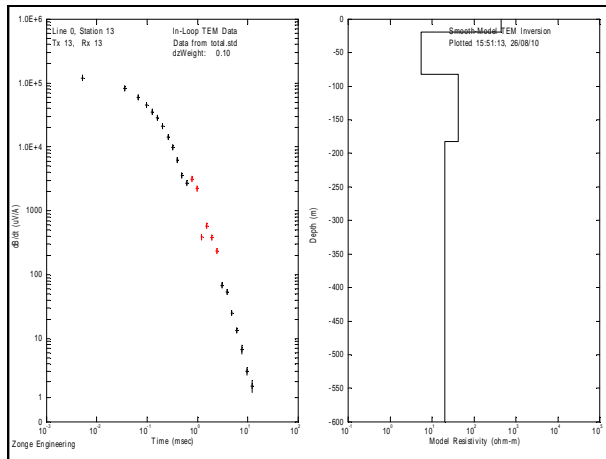
Resistencia cable vueltas 1: 2,8

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	Observaciones
2	7,6				
1	2,8				

2	4	10,8	315	794-796	Hago esta medida 2 veces y obtengo exactamente el mismo resultado
2	16	10,7	320	798-800	Curva de caída igual a la anterior pero sin ruido. Profundidad 400 metros
1	16	24,7	246	803-805	Curva de caída sin ruido.

**OBSERVACIONES:**

Desplazamos el punto original por estar debajo de un pequeño tendido eléctrico y junto a la carretera Nacional. Nos alejamos así de la fábrica Martínez Sole. Hay un oleoducto a 50 metros del bucle



**ESTACIÓN 14**

UTM: 537254; 4346560

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,8	300	1180-1182
2	16	10,4	305	1185-1187
1	16	29.8	236	1189-1191

**OBSERVACIONES**

Hay mucho ruido pero no se ven fuentes cercanas. Puede haber bombas de pozo funcionando. Se prueba con bucles de 50x50 metros.

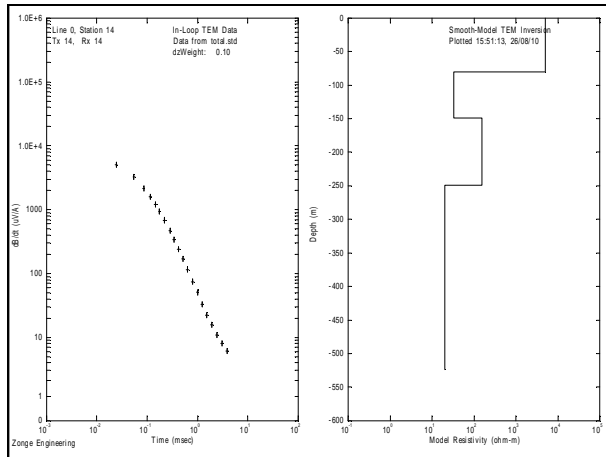
**ESTACIÓN 14 (50X50)**

UTM: 537228, 4346576

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	13,3	240	1193-1195
2	16	13,3	240	1196-1198
1	16	22	184	1200-1202

**OBSERVACIONES**

Se mejora bastante la medida anterior, aunque profundizamos 250 metros no se ve el resistivo.



### ESTACIÓN 15

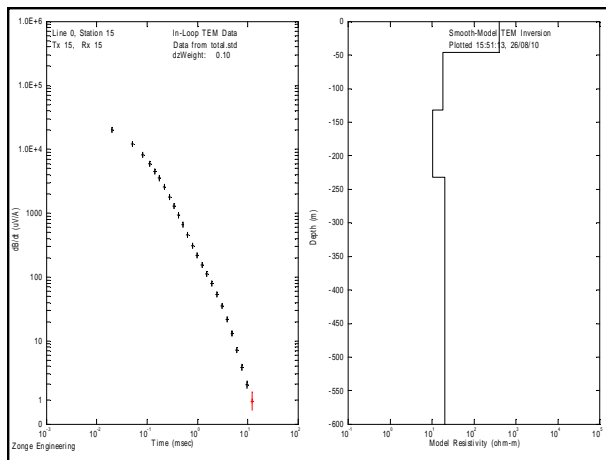
UTM: 539110; 4347470

Resistencia cable vueltas 2: 8,8

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,2	300	1219-1221
2	16	10	305	1223-1225
1	16	29	241	1227-1229

#### OBSERVACIONES

No hay tendidos eléctricos a menos de 1km. Partimos de la coordenada exacta. Se levanta algo de viento.



### ESTACIÓN 16

UTM: 540695; 4348205

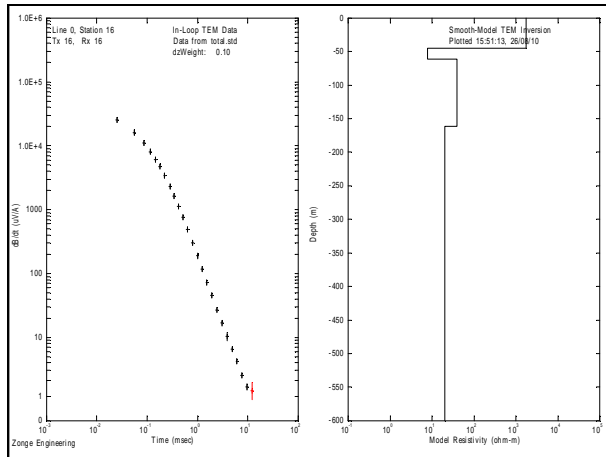
Resistencia cable vueltas 2: 10,5

Resistencia cable vueltas 1: 4,8

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	9,9	300	1231-1233
2	16	9,7	300	1234-1236
1	16	28	240	1238-1240

#### OBSERVACIONES

Partimos de la coordenada exacta. Un poco de viento.



### ESTACIÓN 18

UTM: 546160; 4351015

Resistencia cable vueltas 2: 10,5

Resistencia cable vueltas 1: 4,9

Vueltas            FREC. AMPS CAIDA            BLOQUES

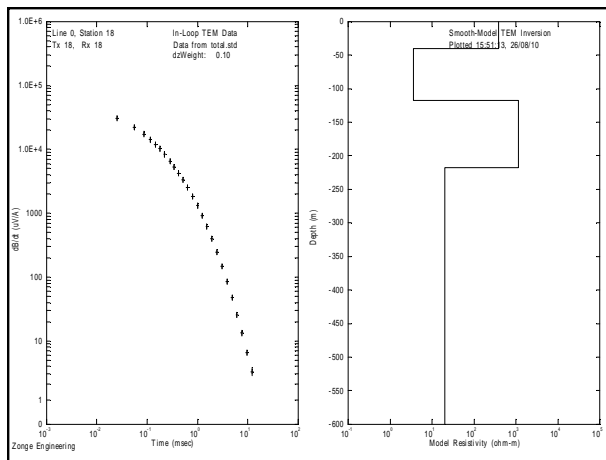
2     4     9,9     300     1133-1135

2     16     9,7     300     1136-1138

1     16     28,3     240     1140-1142

#### OBSERVACIONES

Situado junto al vértice Numancia.



### ESTACIÓN 19

UTM: 540695; 4348205

Resistencia cable vueltas 2: 10,5

Resistencia cable vueltas 1: 4,8

Vueltas            FREC. AMPS CAIDA            BLOQUES

2     4     9,9     300     1231-1233

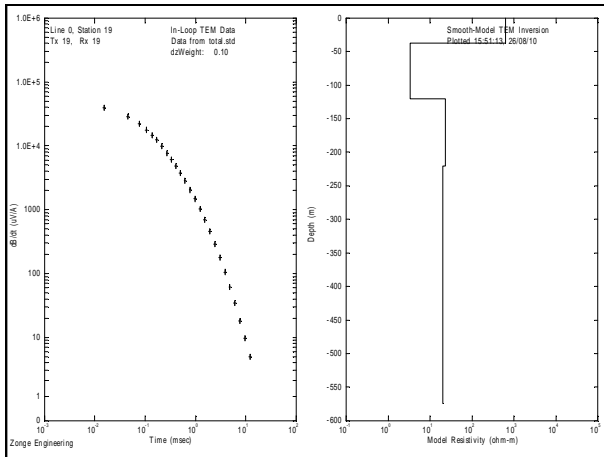
2     16     9,7     300     1234-1236

1     16     28     240     1238-1240

#### OBSERVACIONES

Pequeño tendido y carretera Nacional a más de 1 km. Es una zona bastante despejada de fuentes de ruido.





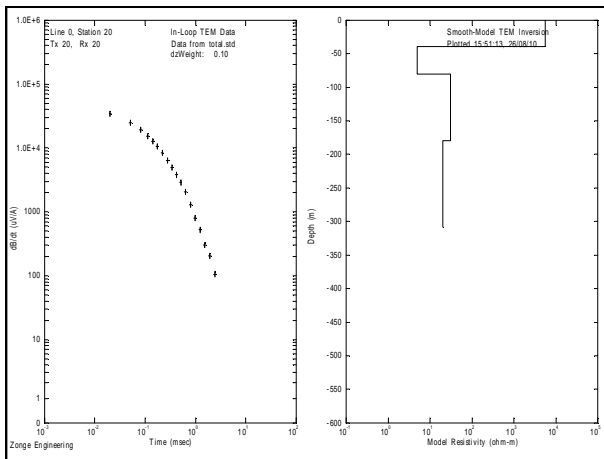
### ESTACIÓN 20

UTM: 550908; 4352803

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11,4	300	962-964
2	4	11,4	300	965-967
2	16	11	305	969-971
1	16	30	235	974-976

### OBSERVACIONES

Partimos de las coordenadas originales. (definimos las coordenadas originales como las aportadas por el cliente, que en varias ocasiones hubo que variar en el campo para evitar fuentes de ruido o para no estropear algún campo sembrado), a 150 metros hay un tendido eléctrico.



### ESTACIÓN 21

UTM: 552695; 4354505

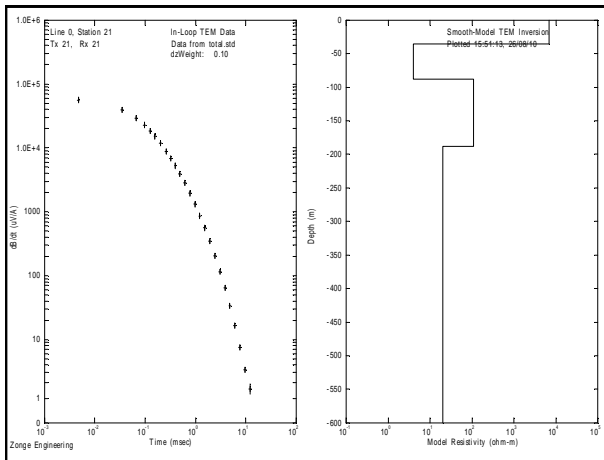
Resistencia cable vueltas 2: 8,3

Resistencia cable vueltas 1: 4,2

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10	285	548-550
2	16	9,9	290	552-554
1	16	28,8	226	556-558

### OBSERVACIONES

Desplazamos el bucle de 100 metros para alejarnos del tendido y de las parras (que tenían barras metálicas).



### ESTACIÓN 22

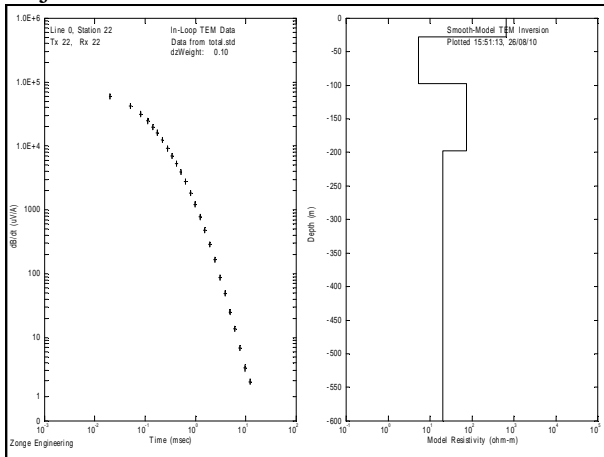
UTM: 553790; 4355490

Resistencia cable vueltas 2: 8,8

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11,7	305	938-940
2	16	11,6	305	941-943
1	16	28,8	240	946-948

### OBSERVACIONES

El punto de coordenadas original tenía encima un pequeño tendido. Lo movimos para alejarlo.



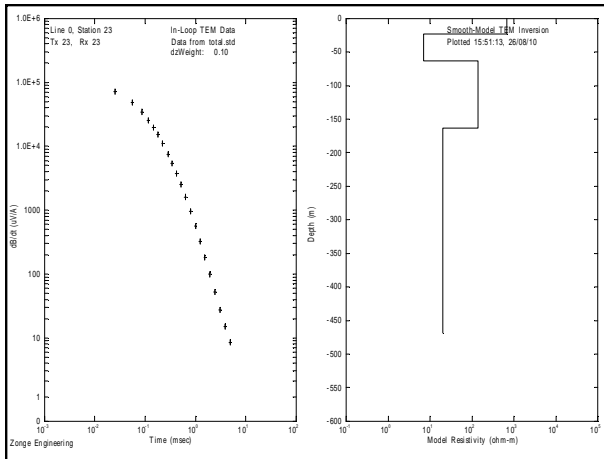
### ESTACIÓN 23

UTM: 555181; 4357302

Resistencia vueltas 2: 8,8

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERVACIONES
2	4	10,4	295	611-613	Caída con algo de ruido. No se ve la subida del resistivo con claridad.
2	16	10,4	300	615-617	Curva de caída más limpia que la anterior. Se aprecia una leve subida a una profundidad de 200 metros.
1	16	23,7	230	619-631	Gráfica muy buena.

OBSERVACIONES: Zona despejada de posible fuentes de ruido.



### ESTACIÓN 24

UTM: 557940; 4359195

Resistencia vueltas 2: 8,8

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA
2	4	9,4	300

572-574  
subida.

BLOQUES OBSERVACIONES

Tienen mucho ruido pero se observa la

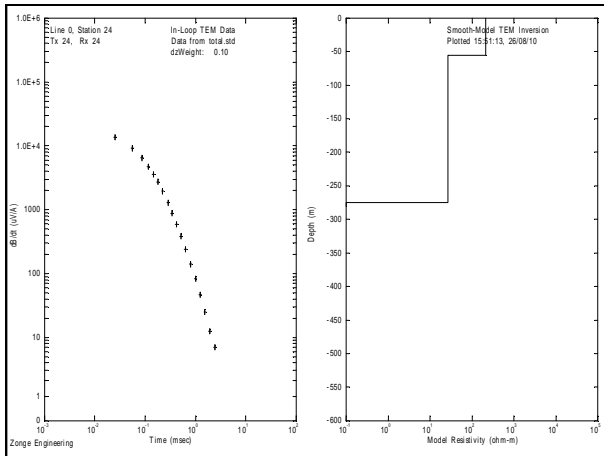
2	16	9	300
---	----	---	-----

Sigue habiendo ruido pero se ve la subida.

1	16	26	235
---	----	----	-----

Gráfica similares a las anteriores.

OBSERVACIONES: Posibles fuentes de ruido antenas repetidoras a unos 4km.  
Tendidos eléctricos pequeños a 300m.



### ESTACIÓN 25

UTM: 528538; 4344631

Resistencia cable vueltas 2: 8,1

Resistencia cable vueltas 1: 3

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA
2	4	9,9	300

846-848  
resistivo

BLOQUES Observaciones

Algo de ruido. Apenas se ve la subida del

2	16	9,8	300
---	----	-----	-----

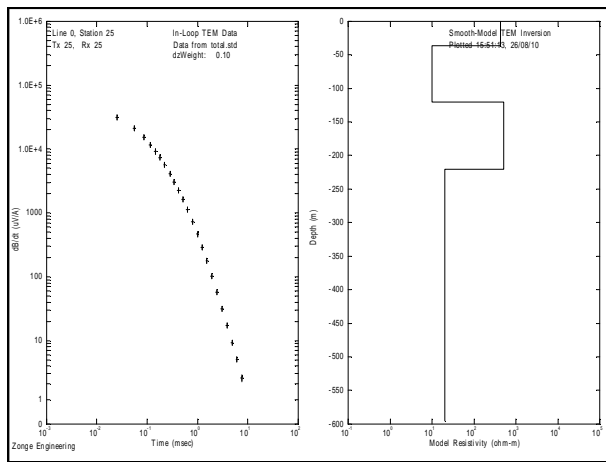
Se ve la subida. Llegamos a 600 metros

1	16	26,4	234
---	----	------	-----

Se ve la subda.

OBSERVACIONES

Movemos el bucle a una zona sin sembrar y así conseguimos alejarlo de un pozo que puede estar funcionando. Paramos la primera medida de Vueltas 1, frez 16 por problemas durante la medida con el transmisor.



### Estación 26

OBSERVACIONES: Estamos rodeados de fuentes de ruido. Por esa razón no colocamos la estación en las coordenadas originales. Aún así tenemos un tendido pequeño a 100 metros y la línea férrea a 200 y multitud de tendidos a 300 metros además de antenas repetidores. Hay algo de viento

Resistencia cable vueltas 2: 9,2

UTM: 532014; 4346641

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERV.
2	4	9,8	305	750-752	Mucho ruido.
2	16	9,8	310	754-756	Mucho ruido

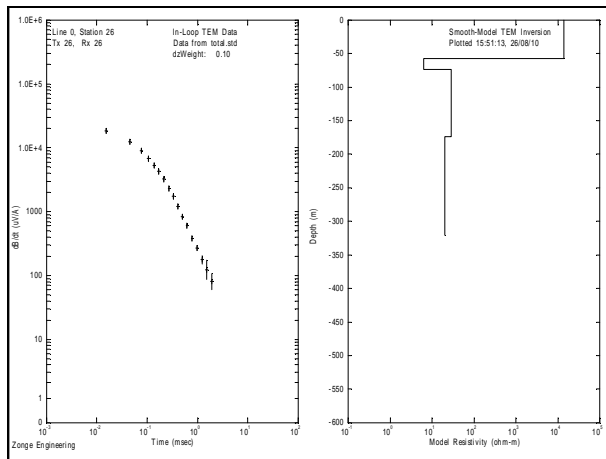
Decidimos pasar a un bucle de 50x50 porque no es posible cambiar de situación para alejarnos de nada.

Resistencia del cable vueltas 2: 5,2

Resistencia del cable vueltas 1: 2,0

UTM: 532033; 4346647

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERV.
2	4	15,2	236	758-760	Mucho ruido
2	4	18,5	240	762-764	Mucho ruido. Parece intuirse el resistivo.
2	16	18,6	240	765-767	Mucho ruido. Para el tren mientras medimos. Repetimos medida.
2	16	18,6	240	768-770	Menos ruido que la anterior pero con una curva Log Rho que no me gusta nada.
1	16	18,8	176	772-774	Gráfica con mucho ruido.



### Estación 27

OBSERVACIONES: Punto pegado a un polígono industrial y muy cerca del pueblo. Muchas fuentes de ruido. Medimos en el lugar más lógico, ya que el marcado en coordenadas del papel está dentro de la propiedad de la fábrica.

Resistencia cable vueltas 2: 13

UTM: 534960; 4347971

VUELTAS FREQ. AMPS CAIDA  
2 4 10,8 310 674-676

BLOQUES OBSERV.

Curva de caída con ruido. Casi no se intuye

la subida del resistivo

2 16 10,7 310 677-679

Curva de caída con ruido. Aquí no se

observa la subida del resistivo

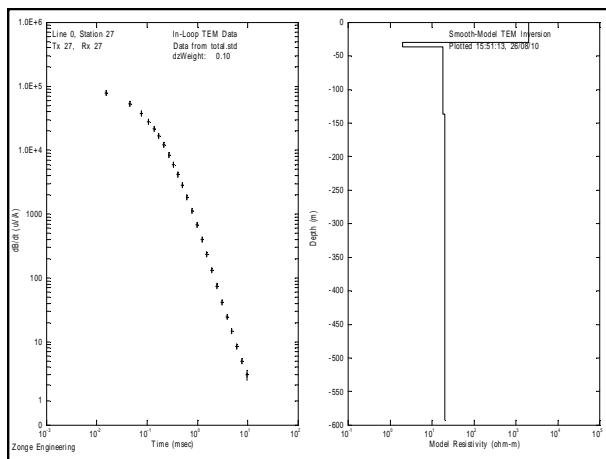
2 16 10,6 310 680-682

Curva de caída limpia. Llegamos a 450

metros y no se ve la subida del resistivo

1 16 24,5 242 685-687

Curva de caída limpia. Gráfica LogRho con leve subida a 200 metros. Vuelve a bajar a 300 para bajar a 400, aunque no lo tengo claro.



### Estación 28

OBSERVACIONES: Desplazamos el punto del original para alejarnos de los tendidos. El tendido estaba encima del punto original.

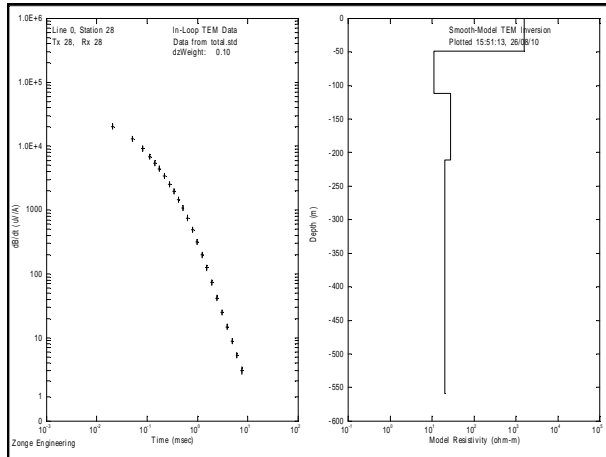
Resistencia cable vueltas 1: 5,1

UTM: 537892; 4349302

VUELTAS FREQ. AMPS CAIDA

BLOQUES OBSERV.

2	4	10,0	330	723-725	Tiene ruido y no se ve el resistivo.
2	4	10,1	335	727-729	No se ve el resistivo.
2	16	10,0	335	731-733	Gráfica de caída limpia. Llegamos a 500 metros y no llegamos a resistivo.
1	16	29,2	262	735-737	Curva de caída limpia. 500 metros sin resistivo

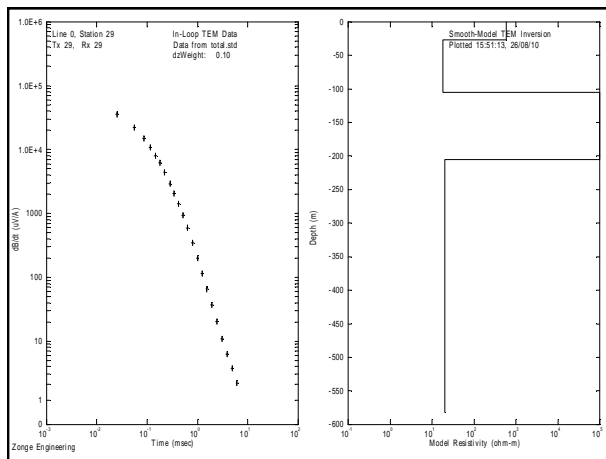


### ESTACIÓN 29

UTM: 540015, 4350890

Resistencia cable vueltas 2: 10.5

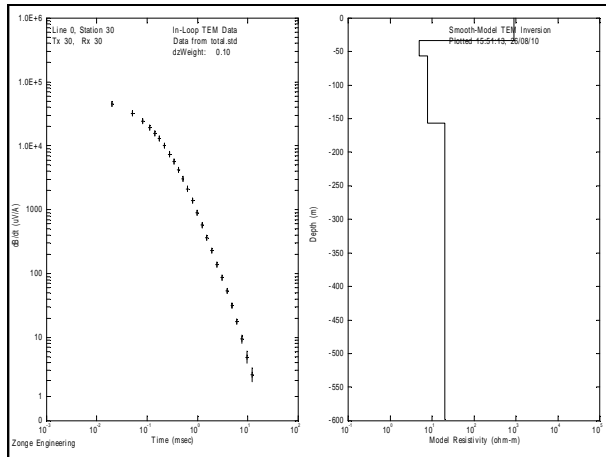
Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,5	300	500-502
2	16	10,4	300	503-505
1	16	30,5	240	507-509



### ESTACIÓN 30

UTM: 541525, 4351360

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,3	305	432-434
2	16	10,2	305	435-437
1	16	30,3	247	439-441



### ESTACIÓN 31

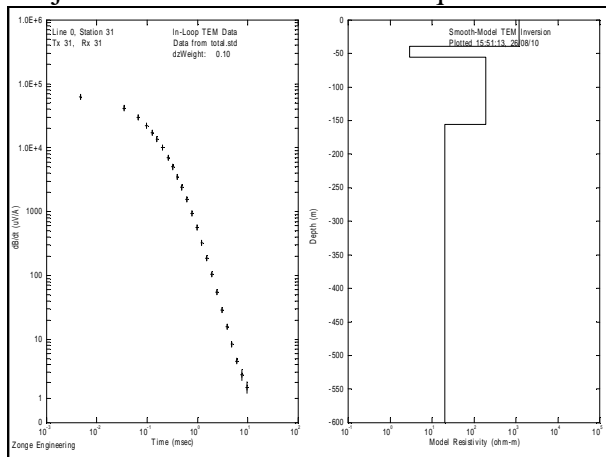
UTM: 542075, 4350285

Resistencia cable vueltas 2: 10.5

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,2	290	443-445
2	16	10	290	446-448
1	16	24,3	233	453-455

### OBSERVACIONES

Alejamos el bucle de un tendido que estaba cerca de la coordenada exacta original.



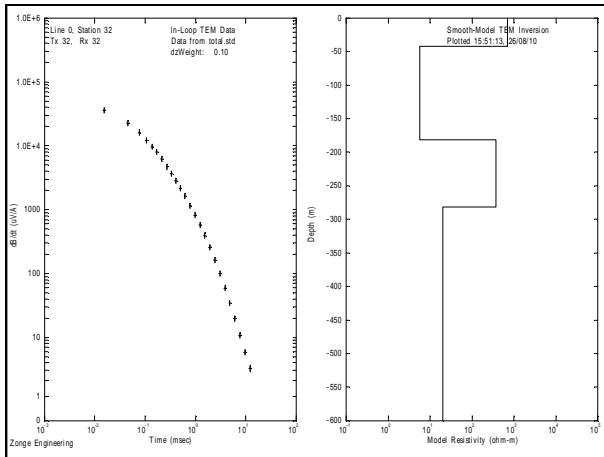
### ESTACIÓN 32

UTM: 544375, 4352470

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,4	310	1110-1112
2	16	10,1	310	1114-1116
1	16	29,5	250	1118-1120

### OBSERVACIONES

Pequeño tendido eléctrico a 80 metros del bucle.



### ESTACIÓN 33

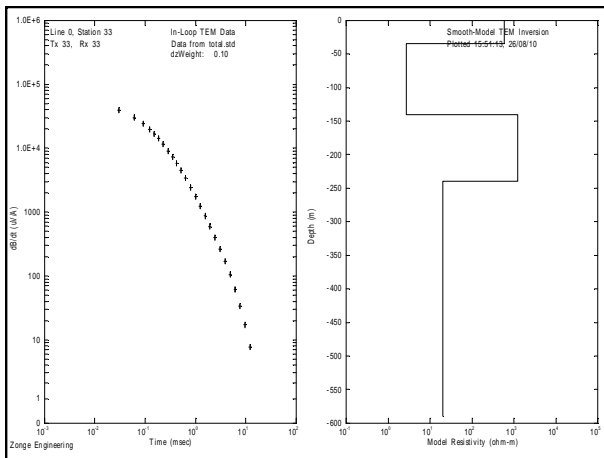
UTM: 546566, 4353155

Resistencia cable vueltas 2: 10.5

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,6	290	990-992
2	16	10,4	295	994-996
1	16	24,7	222	1000-1002

### OBSERVACIONES

Alejamos el bucle de un tendido que estaba cerca de la coordenada exacta original.

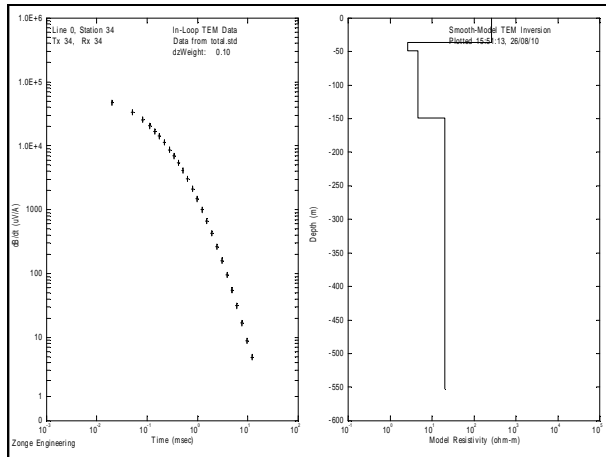


### ESTACIÓN 34

UTM: 549035; 4354785

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,3	310	536-538
2	16	10,2	305	540-542
1	16	29,7	245	544-546





### ESTACIÓN 35

UTM: 552140; 4357008

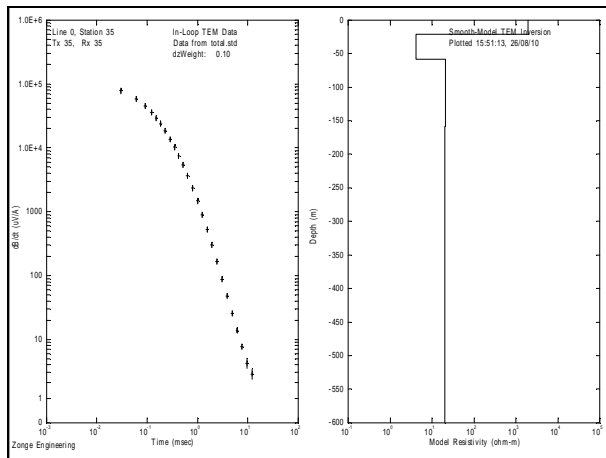
Resistencia cable vueltas 2: 10

Resistencia cable vueltas 1: 4.1

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11,7	295	927-929
2	16	11,6	295	930-932
1	16	29	232	934-936

### OBSERVACIONES

Estamos junto a la carretera (que no tiene vehículos). Pequeño tendido a 150 metros aprox.



### ESTACIÓN 36

UTM: 526394; 4346766

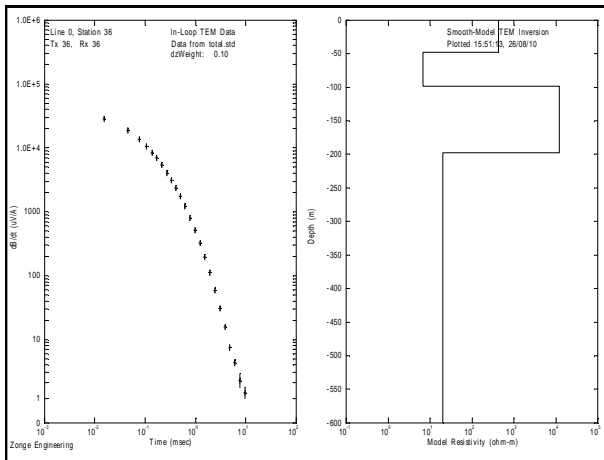
Resistencia cable vueltas 2: 8,2

Resistencia cable vueltas 1: 3

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	Observaciones
2	4	9,0	310	860-862	Mucho ruido pero veo la subida del resistivo.
2	16	8,8	310	863-865	Gráfica aceptable
1	16	29	238	867-869	Gráfica aceptable

### OBSERVACIONES

El punto original está en la esquina de un garbanzal. Desplazamos las coordenadas para no pisarlo. No se observan fuentes de ruido, excepto un transformador a 500 metros.

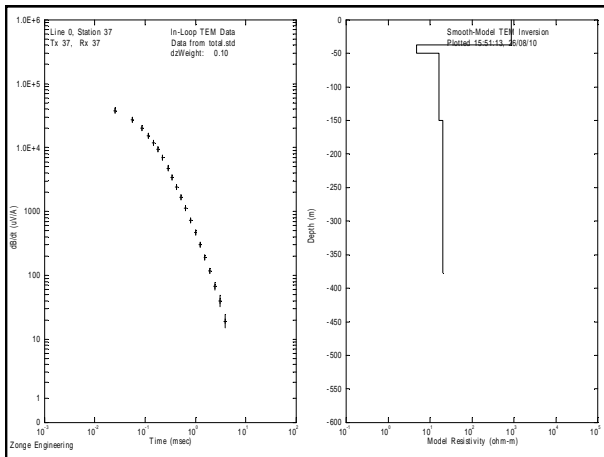


**Estación 37**

OBSERVACIONES: Instalamos el punto de medida alejándonos del original para así retirarnos de un pequeño tendido que dejamos a mas de 200 metros.

UTM: 529773; 4347109

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERV.
2	4	9,8	300	777-779	Caída con ruido aunque parece verse la subida del resistivo
2	16	9,7	300	780-782	Caída con bastante ruido aunque parece verse la subida
1	16	28,4	237	784-786	Caída más limpia. Se obtiene una curva LogRho bastante buena.



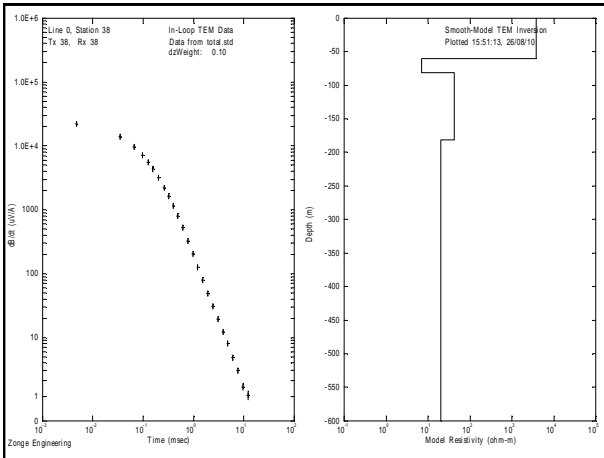
**ESTACIÓN 38**

UTM: 535256; 4348954

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	Observaciones
2	4	12,6	290	873-875	Algo de ruido. No se ve el resistivo, pero la profundidad es aceptable
2	16	11,2	290	876-878	caída limpia. 500 metros y sin resistivo.
1	16	29	232	880-882	500 metros sin resistivo

OBSERVACIONES

Se realiza el bucle de 130x70. Son zonas sembradas y/o valladas que no nos dejan mas espacio.



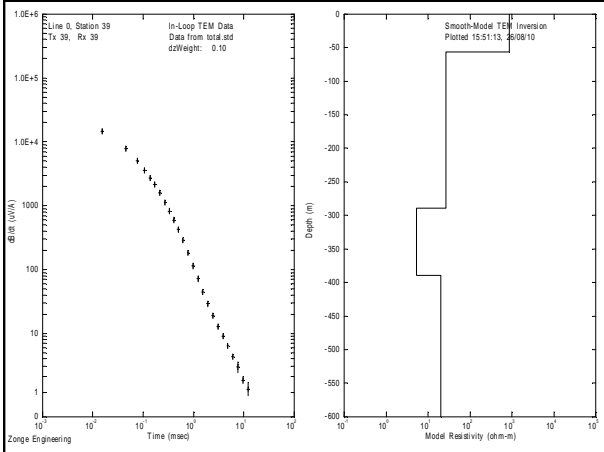
**ESTACIÓN 39:**

UTM: 533855; 4350110

Vueltas	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11	305	901-903
2	16	10,7	310	905-907
1	16	24,6	244	909-911

**OBSERVACIONES**

Cerca de un tendido telefónico.



**Estación 40**

UTM: 537325; 4351184

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERV.
2	4	10,5	310	689-691	Mucho ruido. Seguramente por tendido cerca.

Hay mucho ruido y no llegamos al resistivo posiblemente por culpa de un pequeño tendido que se encuentra a 100 metros. Pasamos a un bucle de 50x50 usando la esquina mas alejada del tendido.

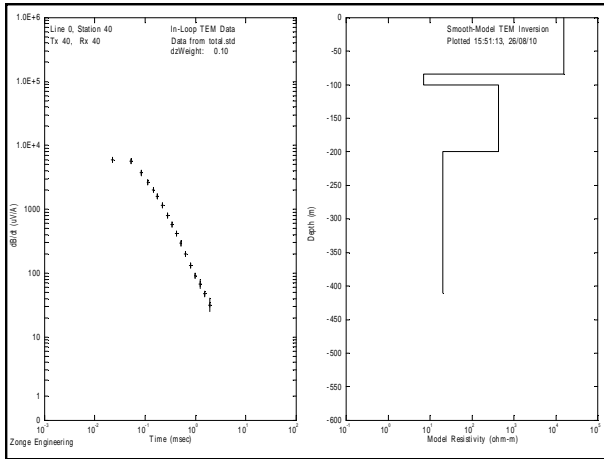
Resistencia cable vueltas 2: 4,4

Resistencia cable vueltas 1: 2,2

UTM: 537302; 4351198

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERV.
2	4	13	244	693-695	Mucho ruido en la caída, pero se intuye la subida, aunque es posible que sea del ruido.
2	16	12,8	244	696-698	No obtengo buenos resultados.
2	16	12,6	242	700-702	Sigo sin obtener buenos resultados.
1	16	19,6	180	704-706	

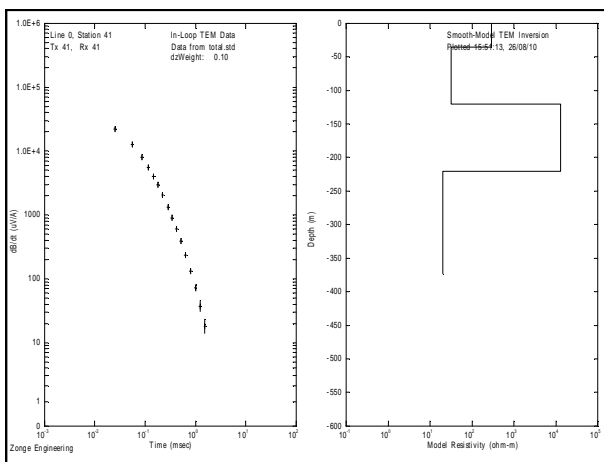
**OBSERVACIONES:** Cambiamos la situación del bucle y lo alejamos del tendido eléctrico. No podemos movernos a otros lugares porque hay parras con palos de metal, fincas valladas y otros tendidos. Es una zona de pequeñas fincas donde se puede intuir la existencia de algún pozo.



### ESTACIÓN 41

UTM: 538810; 4351990

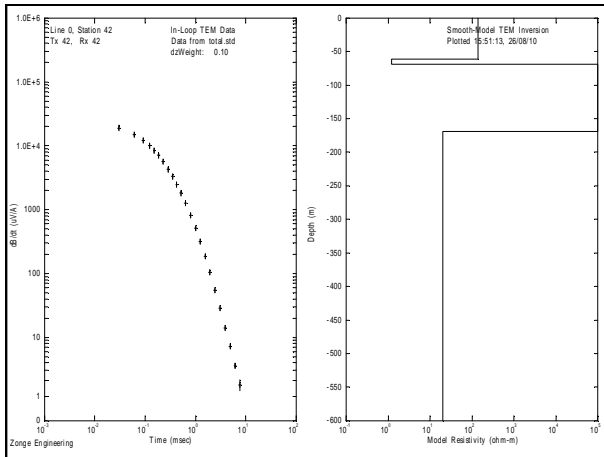
**Sin Observaciones:**



### ESTACIÓN 42

UTM: 537800; 4358070

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERVACIONES
2	4	8,4	295	486-488	Profundidad unos 500m
2	16	8,4	295	489-491	Muy clara
1	16	28,9	235	493-495	Muy clara

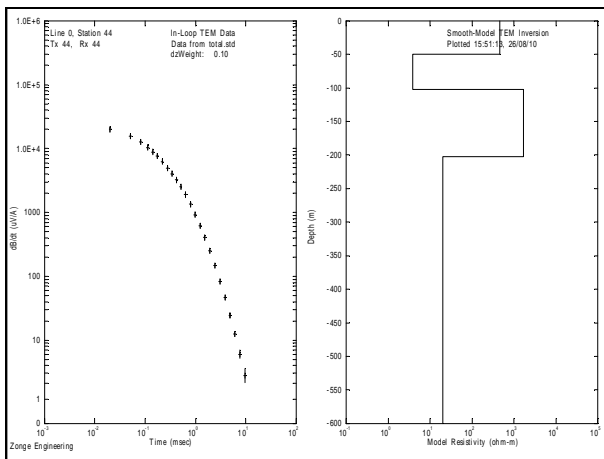


### ESTACIÓN 44

UTM: 537800; 4358070

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERVACIONES
2	4	8,4	295	474-476	Poco clara
2	16	8,3	305	478-480	Muy clara
1	16	29	235	482-484	Muy clara

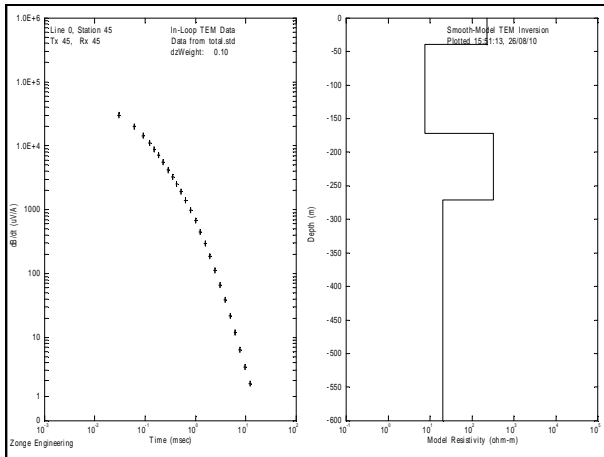
OBSERVACIONES: Tendido eléctrico a 300 metros.



### ESTACIÓN 45

UTM: 542900; 4354585

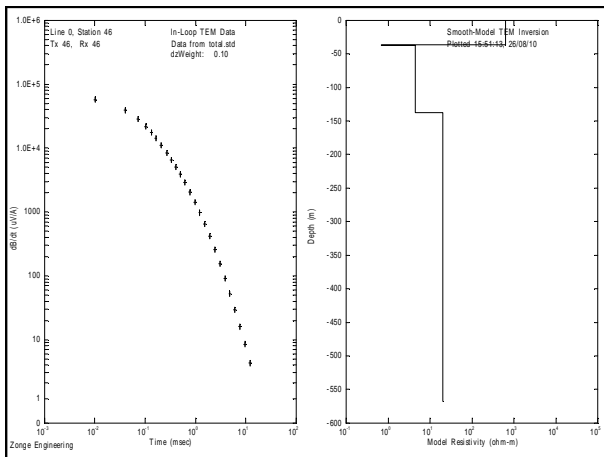
VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,4	295	511-513
2	16	10,2	295	514-516
1	16	30,2	235	519-521



### ESTACIÓN 46

UTM: 542900; 4354585

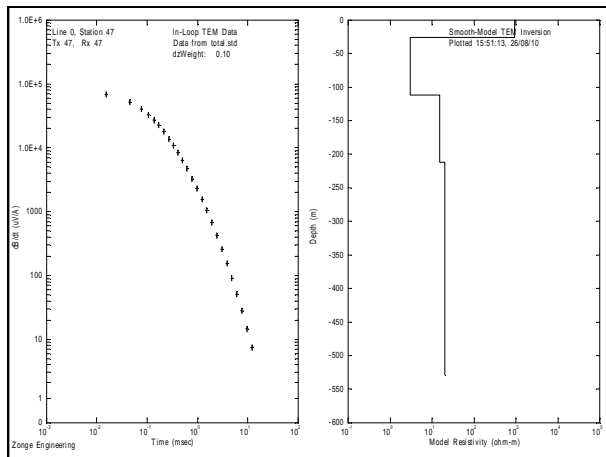
VUELTAS		FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,3	315	523-525	
2	16	10,2	315	527-529	
1	16	30	254	532-534	



### ESTACIÓN 47

UTM: 548275; 4356920

VUELTAS		FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	9,2	295	583-585	
2	16	9,1	310	587-589	
1	16	28,4	232	591-593	



### ESTACIÓN 48

UTM: 550630; 4357546

Resistencia vueltas 2: 8,8

Resistencia vueltas 1:3

VUELTAS FREQ. AMPS CAIDA

2 4 10,1 310 659-661

2 16 9,9 320 663-665

1 16 28 240 667-669

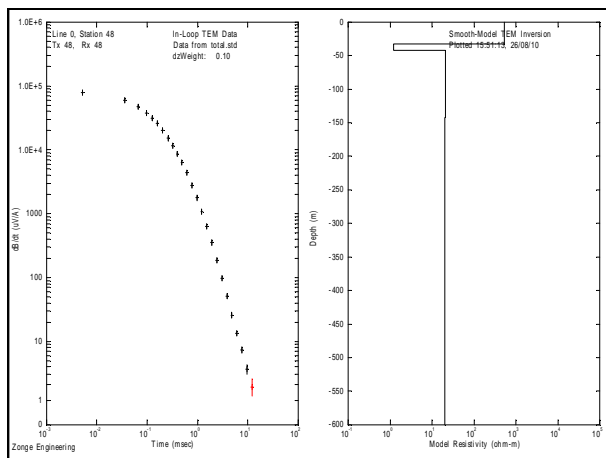
BLOQUES OBSERVACIONES

Algo de ruido pero gráfica LogRho buena.

Subida LogRho muy clara

Subida LogRho muy clara

OBSERVACIONES: Se mueve el punto unos 100 metros para no entrar en los viñedos. Zona con suelo arenoso. Tras este bucle dejamos de medir porque no cesan las tormentas eléctricas.



### ESTACIÓN 49

UTM: 553601; 4359495

Resistencia vueltas 2:14

Resistencia vueltas 1:2,9

VUELTAS FREQ. AMPS CAIDA

2 4 10,2 310 635-637

2 16 10,2 310 638-640

1 16 29,6 238 643-645

BLOQUES OBSERVACIONES

Leve subida. Comienza a llover. Hay

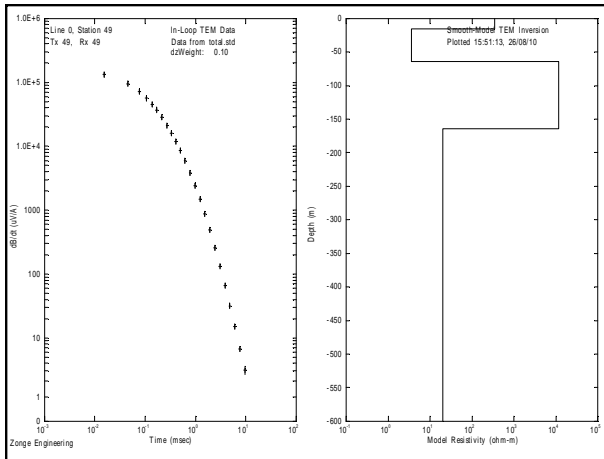
algunas tormentas a lo lejos

Muy buena gráfica. Deja de llover y el

tiempo mejora algo.

Gráfica muy buena.

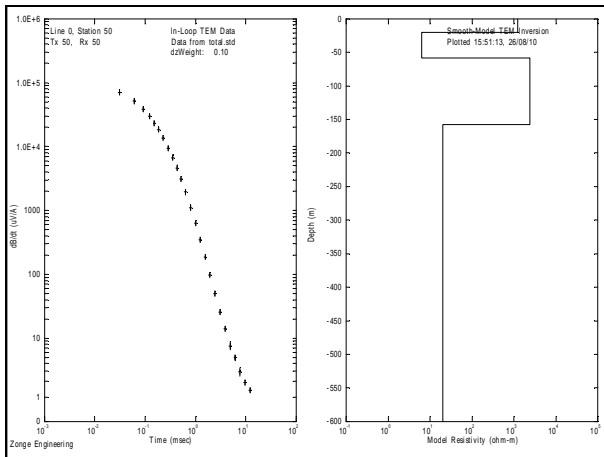
OBSERVACIONES: Zona despejada de fuentes de ruido



### ESTACIÓN 50

UTM: 555630; 4360655

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	9,8	320	560-562
2	16	9,6	325	564-566
1	16	27,8	244	568-570



### ESTACIÓN 51

**Bucle de 100x100**

UTM: 542180; 4345900

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	9,8	290	1156-1158
2	16	9,6	290	1159-1160

**MUCHO RUIDO.**

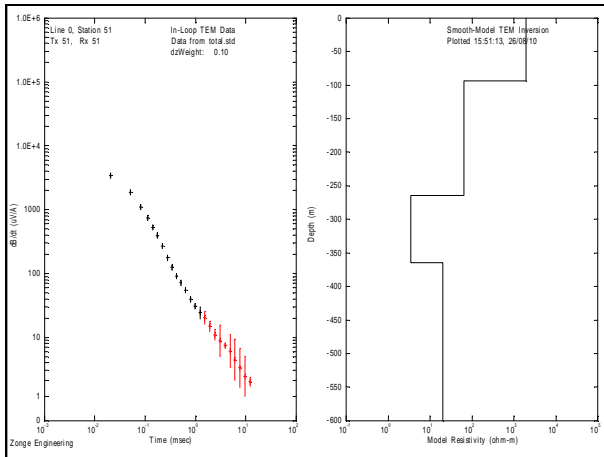
**Se repite con un bucle de 50x50**

UTM: 542180; 4345900

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	14,7	274	1168-1170
2	16	14	274	1172-1174
1	16	24	210	1176-1178

Sigue habiendo ruido, pero mejora un poco.

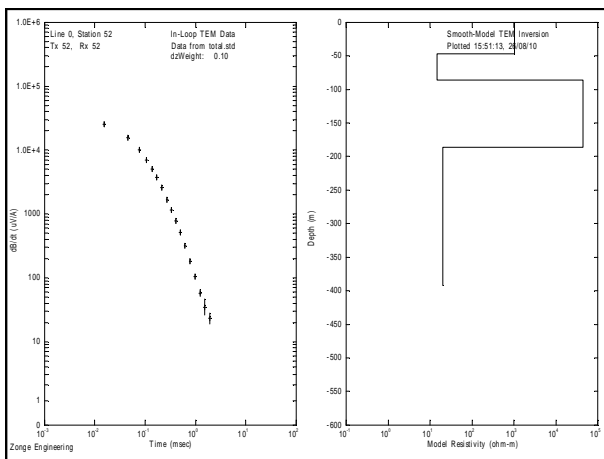




### ESTACIÓN 52

UTM: 545820; 4346700

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	8,4	305	462-464
2	16	8,3	310	466-468
1	16	29	245	470-472

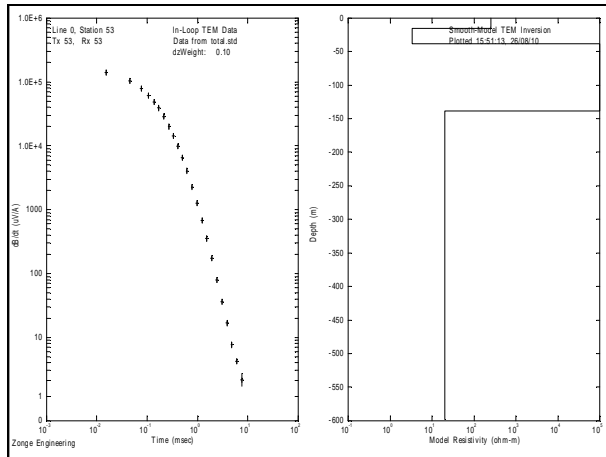


### ESTACIÓN 53

UTM: 554297; 4357883

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERVACIONES
2	4	10,0	300	623-625	
2	16	9,9	310	627-629	
1	16	29,5	235	631-633	Muy buenas gráficas

OBSERVACIONES: Campo lentejas. Volvemos a 5 baterías en Vueltas 1.



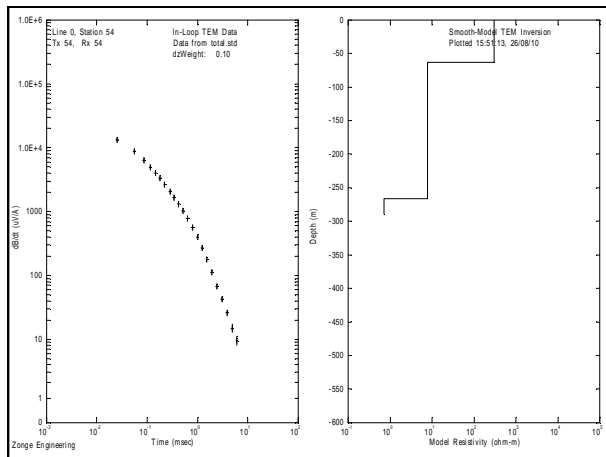
### Estación 54

UTM: 535705; 4349765

Resistencia cable vueltas 2: 9

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	11	300	1264-1266
2	16	11	300	1267-1269
1	16	27,3	236	1271-1273

OBSERVACIONES:



### Estación 55

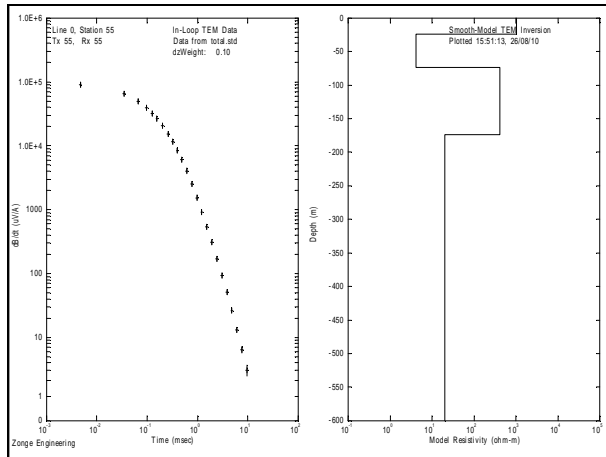
UTM: 537280; 4347915

Resistencia cable vueltas 2: 10,8

Resistencia cable vueltas 1: 5,5

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	10,4	290	1208-1210
2	16	10,2	290	1211-1213
1	16	24	230	1215-1217

OBSERVACIONES: Hacemos un bucle de 105x95 por problemas de espacio. Hay un tendido a 400 metros al sur y otro a 600 metros al norte.



### Estación 56

UTM: 539460; 4349398

Resistencia cable vueltas 2: 11,2

Resistencia cable vueltas 1: 3,2

VUELTAS FREC. AMPS CAIDA

2 4 9,9 310 739-741

2 16 9,8 310 742-744

1 16 27,7 242 746-748

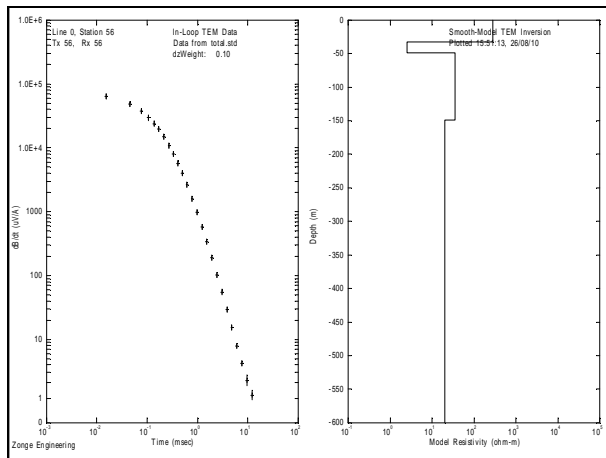
BLOQUES OBSERV.

Hay ruido pero se ve el resistivo.

Caída limpia y resistivo visible.

Curva parecida a la anterior

OBSERVACIONES: El punto original cae en el centro de un trigal y junto a una casa a la que le llega un tendido eléctrico. Lo desplazamos para salir del trigal y del pequeño tendido.



### Estación 57

UTM: 538499; 4351234

VUELTAS FREC. AMPS CAIDA

2 4 10,2 300 708-710

Decido repetirla.

2 4 10,2 300 711.713

ve claro.

2 16 10 305 715-717

BLOQUES OBSERV.

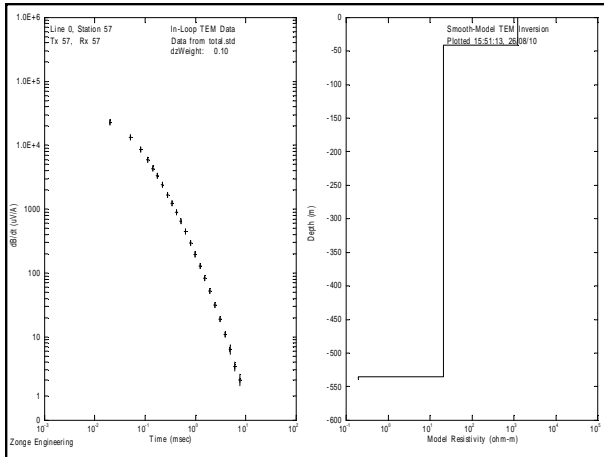
Hay ruido y obtengo una gráfica rara.

Curva de caída con ruido. El resistivo no se ve claro.

Curva de caída con algo de ruido. Parece apreciarse la subida del resistivo. De todos modos llegamos a una profundidad de 600 metros.

1 16 29,5 240 719-721 Caída limpia. Y llegamos a una profundidad de 550 metros y no se ve la subida.

OBSERVACIONES: Colocamos el punto alejándolo de fuentes de ruido. Nos colocamos equidistantes a tres tendidos eléctricos que nos rodean, quedando a 200 o 300 metros del bucle. Es el lugar más alejado de los tendidos, si nos moviéramos en alguna dirección nos acercaríamos a alguno de ellos. Hay una antena repetidor a menos de 1 km., viviendas y naves industriales a menos de 500m.



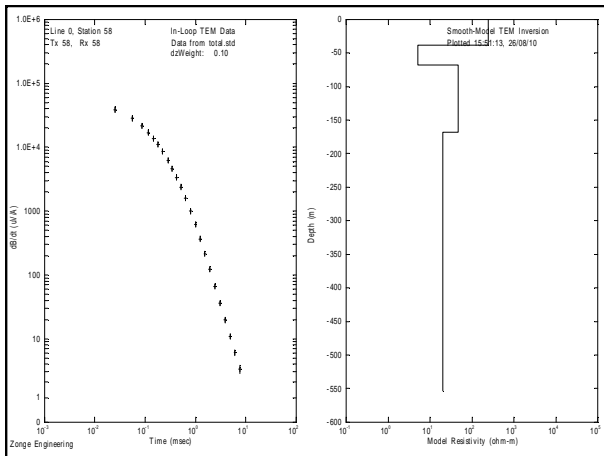
### ESTACIÓN 58

UTM: 542035; 4348420

Resistencia cable vueltas 2: 9,4

Resistencia cable vueltas 1: 4,8

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	9,8	300	1242-1244
2	16	9,6	300	1245-1247
1	16	28	235	1249-1251



### ESTACIÓN 59

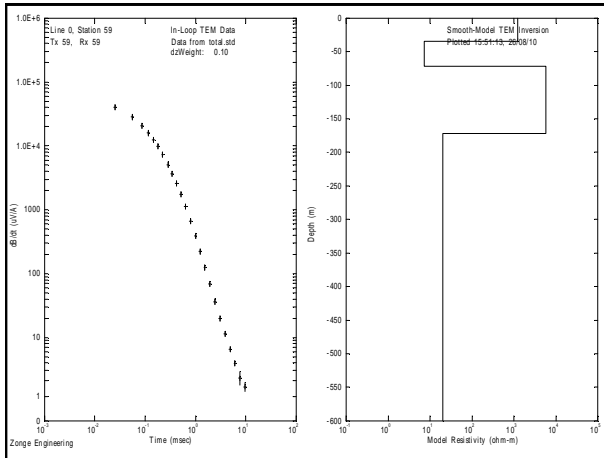
UTM: 541770; 4349770

Resistencia cable vueltas 2: 8,7

Resistencia cable vueltas 1: 4,8

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	9,6	300	1253-1255

2	16	9,6	300	1256-1258
1	16	28,6	238	1260-1262

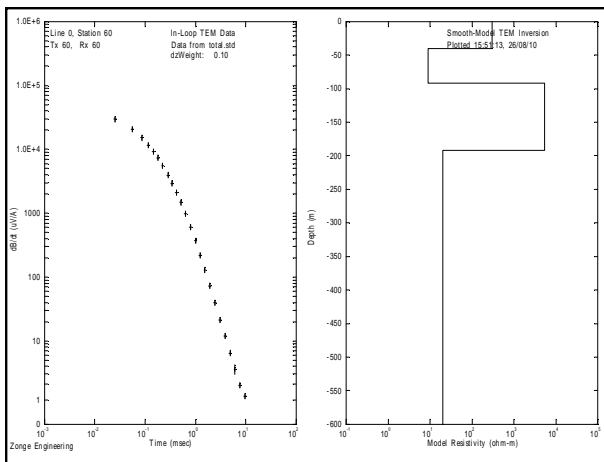


### ESTACIÓN 60

UTM: 540740; 4351647

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES	OBSERVACIONES
2	4	9,7	295	647-649	Subida muy leve
2	16	9,6	300	651-653	Gráfica limpia
1	16	28,6	238	655-657	Igual a las anteriores

OBSERVACIONES: Desplazamos el bucle 300 metros para no pisar un trigal grande.

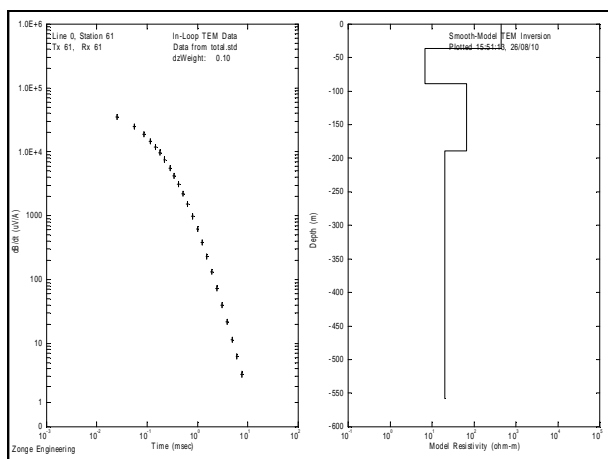


### ESTACIÓN 61

UTM: 544955; 4350005

VUELTAS	FREC.	AMPS	CAIDA	BLOQUES
2	4	9,5	300	1144-1146
2	16	9,2	300	1147-1149
1	16	27	230	1152-1154

OBSERVACIONES: Aspersores dentro del bucle.



## ESTACIÓN 62

UTM: 544105; 4351315

Resistencia cable vueltas 2: 9,7

Resistencia cable vueltas 1: 3,5

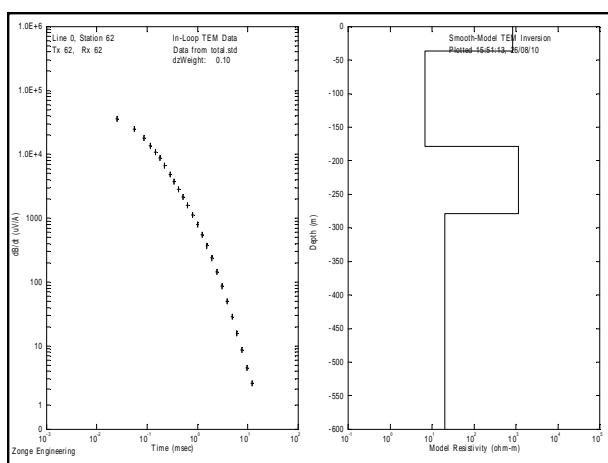
VUELTAS      FREC.    AMPS CAIDA      BLOQUES

2      4      10,0    300    1122-1124

2      16      9,9      300    1125-1127

1      16      29      238    1129-1131

OBSERVACIONES: Transformadores y tendidos a 200 metros. Junto a las coordenadas originales.



## ESTACIÓN 63

UTM: 542960; 4353430

Resistencia cable vueltas 2: 11,2

Resistencia cable vueltas 1: 4,8

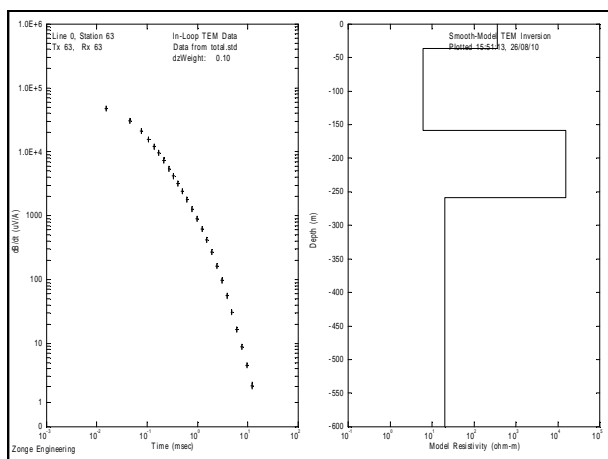
VUELTAS      FREC.    AMPS CAIDA      BLOQUES

2      4      10,8    310    1097-1099

2      16      10,4    310    1101-1103

1      16      24      240    1105-1107

OBSERVACIONES: Movida por no pisar sembrados. Tendido eléctrico a 300 metros.



### ESTACIÓN 64

Resistencia cable vueltas 2: 10,3

Resistencia cable vueltas 1: 6

UTM: 548070; 4351105

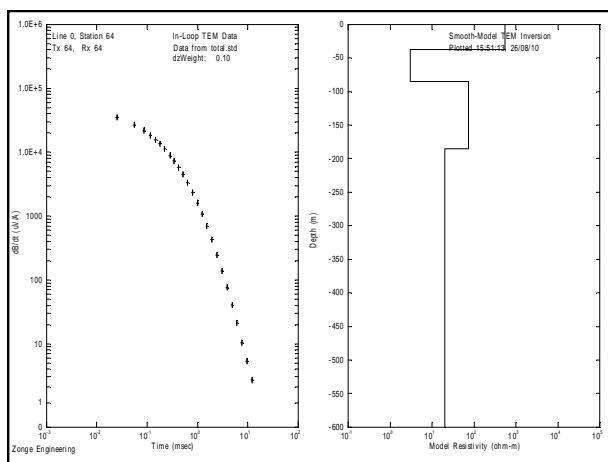
VUELTAS      FREC.    AMPS CAIDA      BLOQUES

2      4      11,3    300    1046-1048

2      16      11      300    1049-1051

1      16      27      234    1053-1055

OBSERVACIONES: Desplazamos el bucle para no pisar sembrados.



### ESTACIÓN 65

UTM: 546777; 4352360

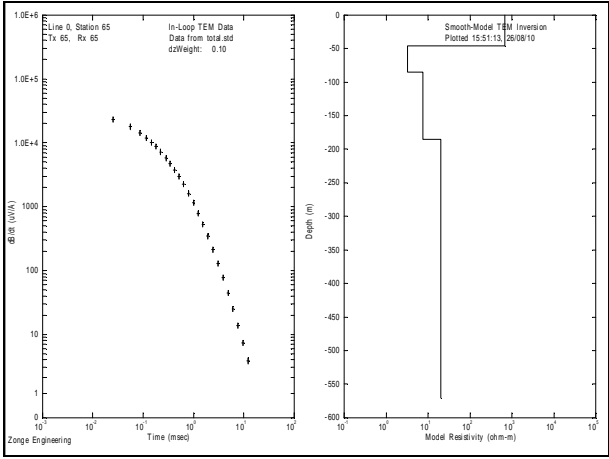
VUELTAS      FREC.    AMPS CAIDA      BLOQUES

2      4      11      285    1082-1084

2      16      10,7    300    1086-1088

1      16      25,5    223    1090-1092

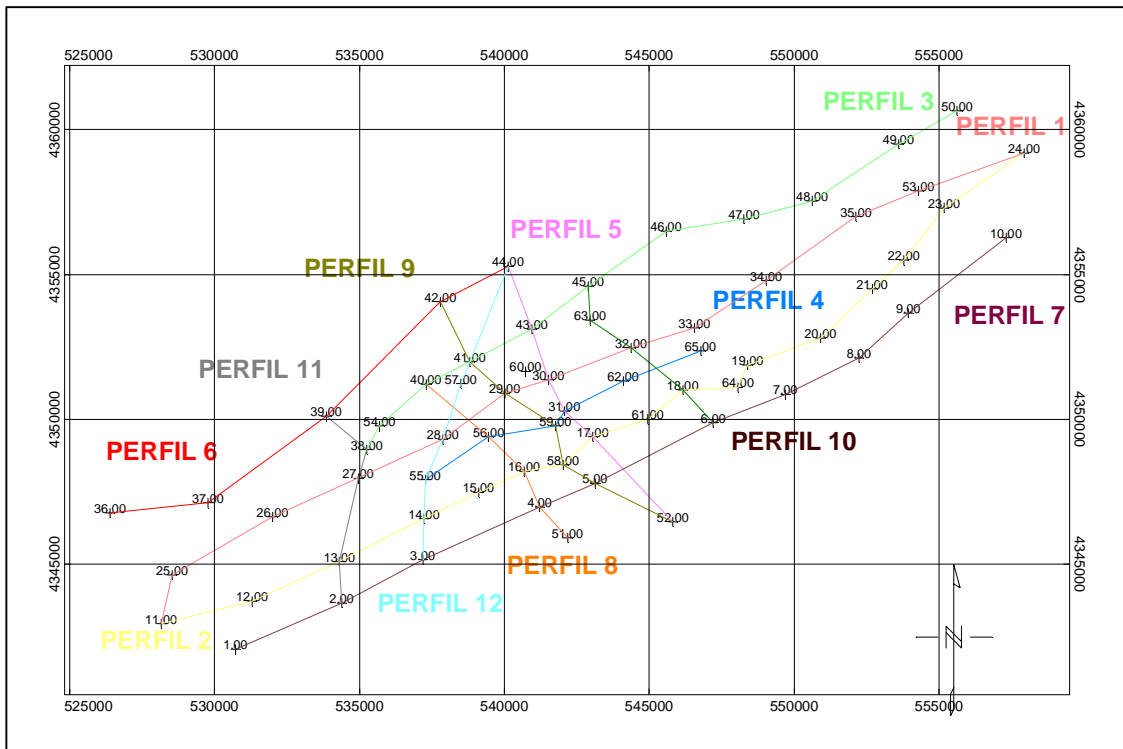
OBSERVACIONES: Desplazamos el bucle para no posicionarlo en un tragal.





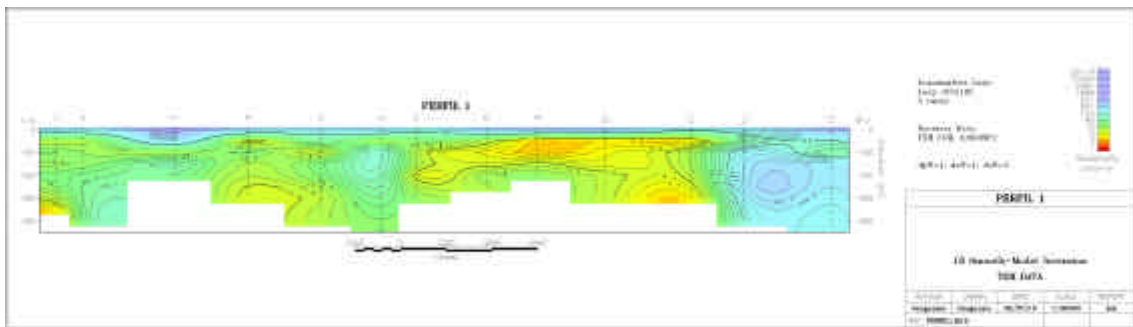
# 5. PERFILES MODELOS DE INVERSIÓN

Con todos los datos medidos se realizan los siguientes perfiles:

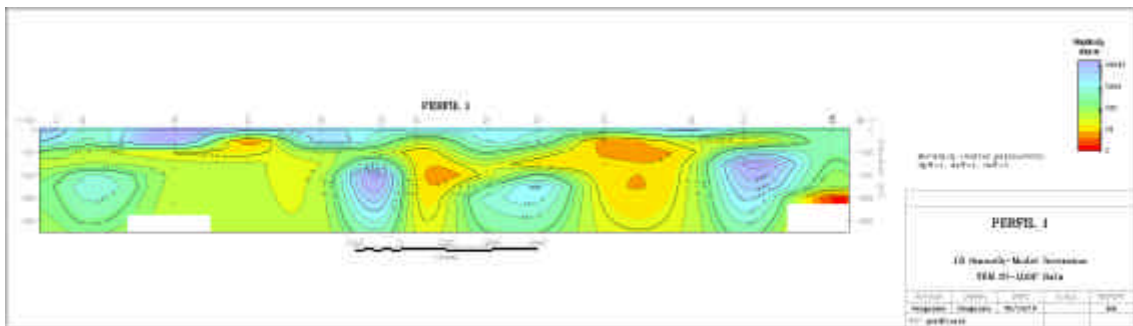


**PERFIL 1: ESTACIONES: 11, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 53, 24**

MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO

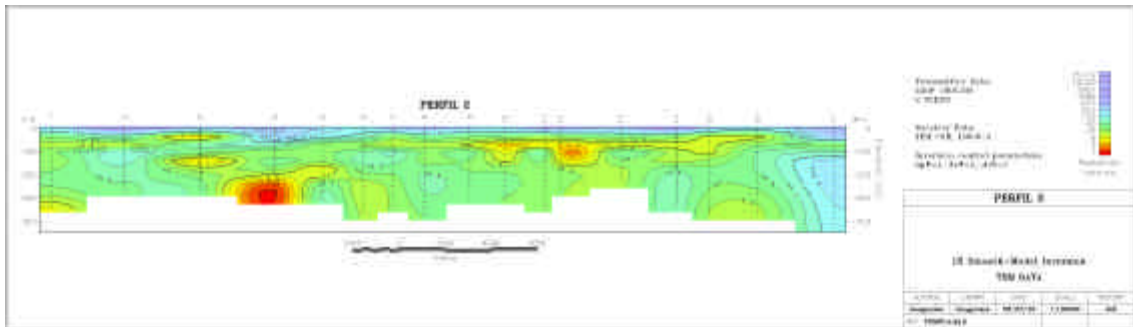


MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)

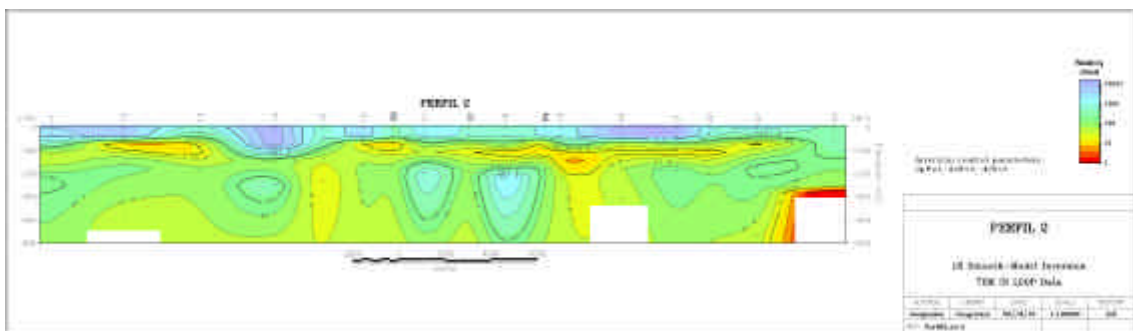


**PERFIL 2: ESTACIONES: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 58, 17, 61, 18, 64, 19, 20, 21, 22, 23, 24**

MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO

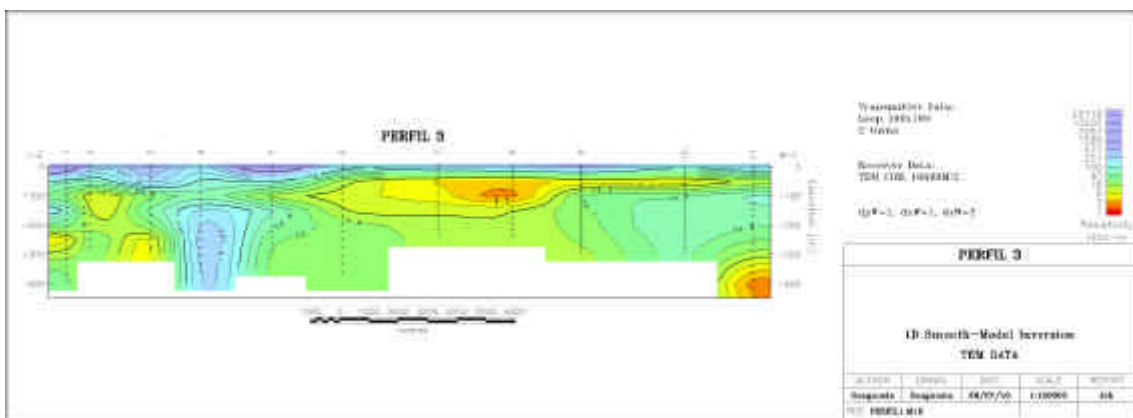


MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)

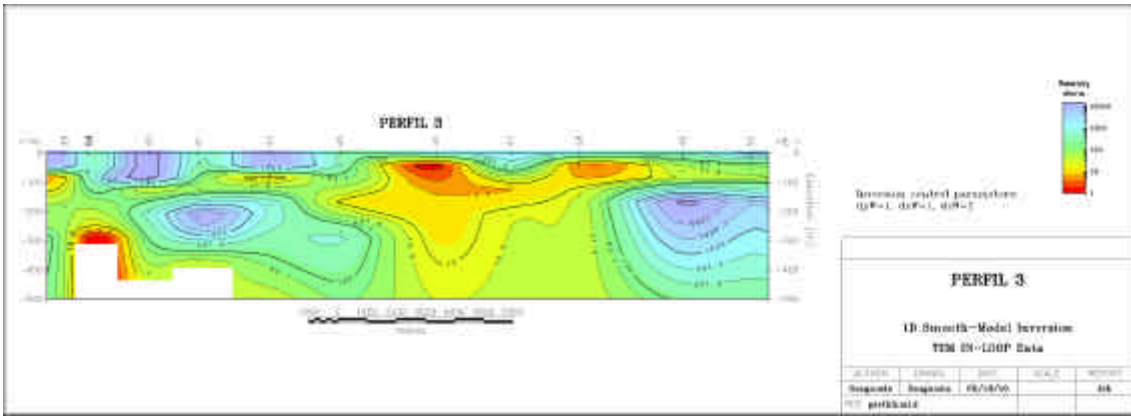


**PERFIL 3: ESTACIONES: 38, 54, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50**

MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO

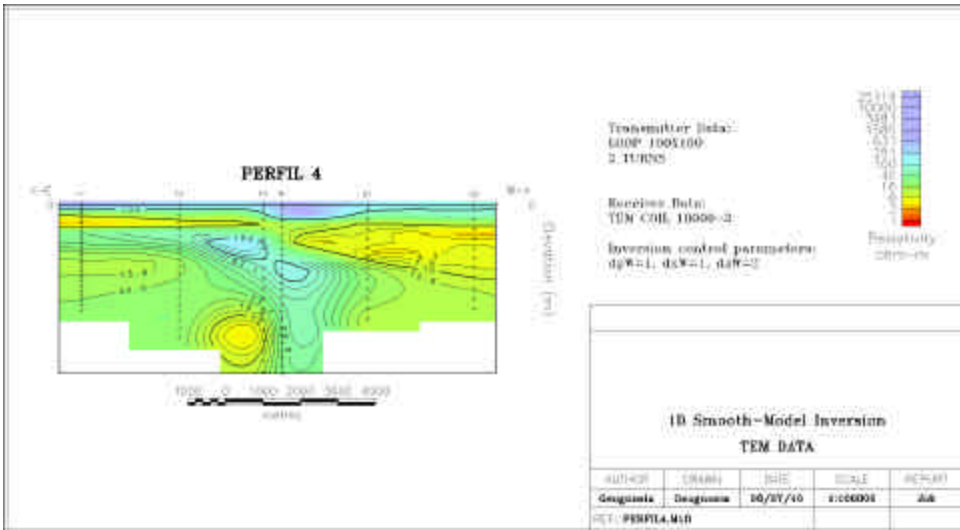


MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)

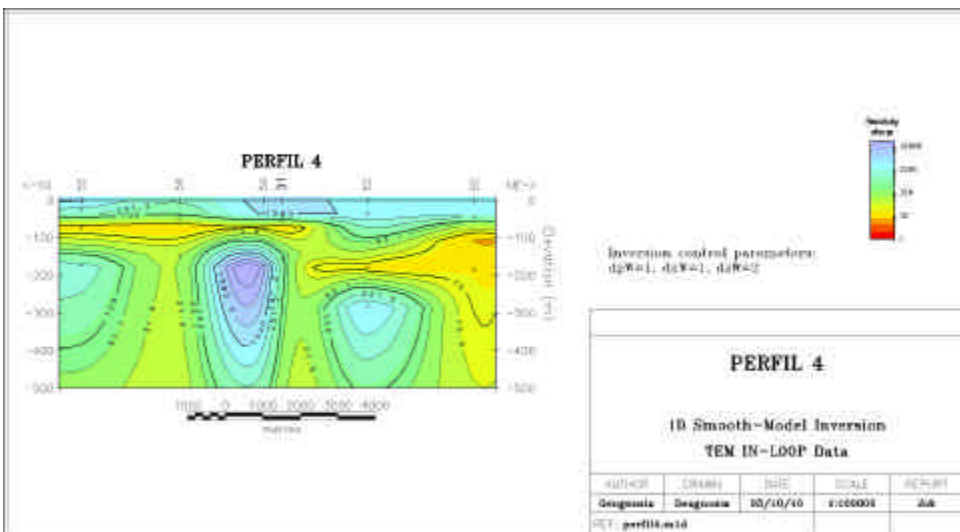


**PERFIL 4: ESTACIONES: 55, 56, 59, 31, 62, 65**

MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO

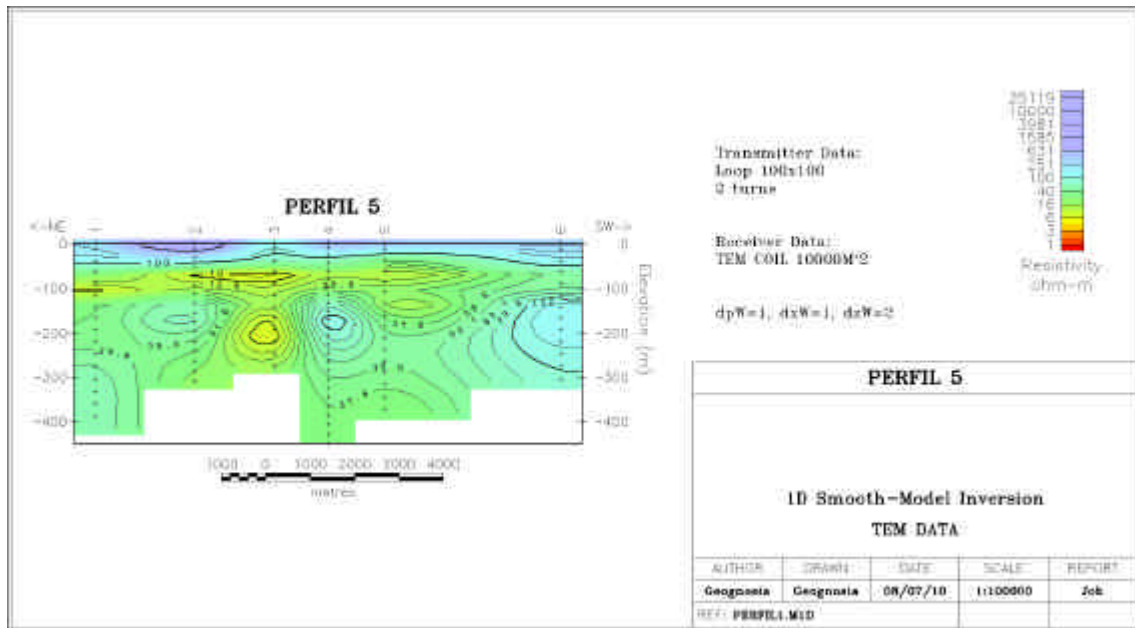


MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)

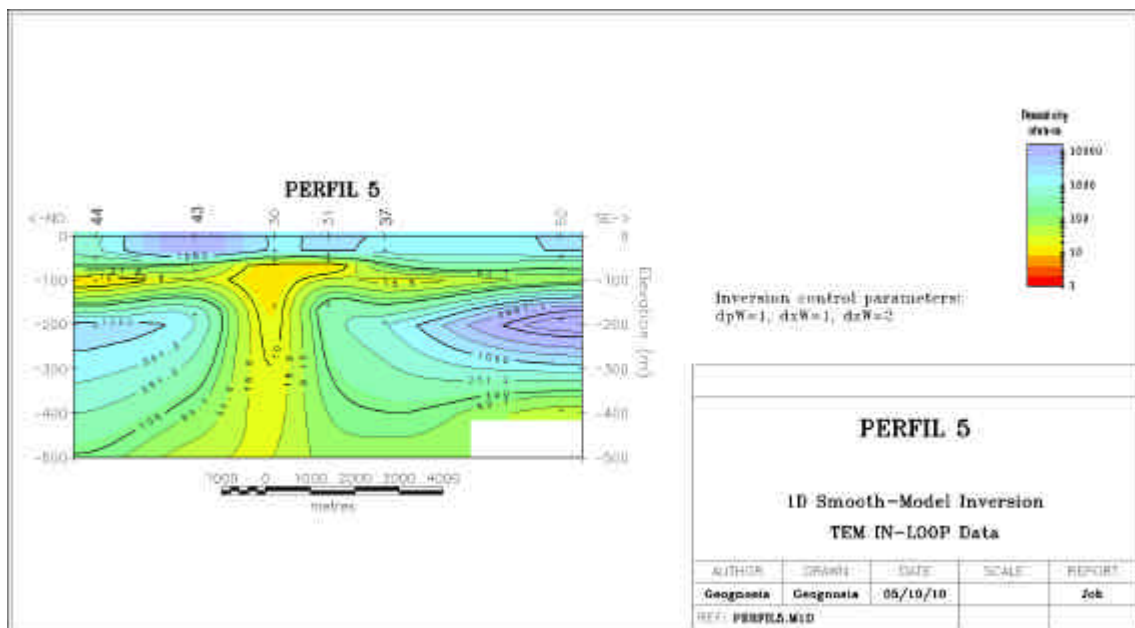


**PERFIL 5: ESTACIONES: 44, 43, 30, 31, 17, 52**

**MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO**

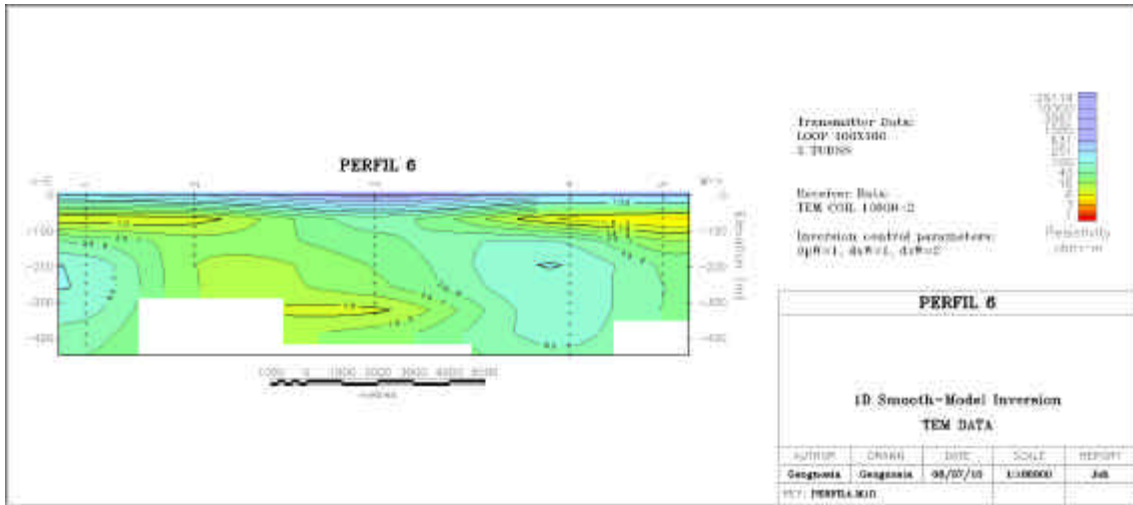


**MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)**

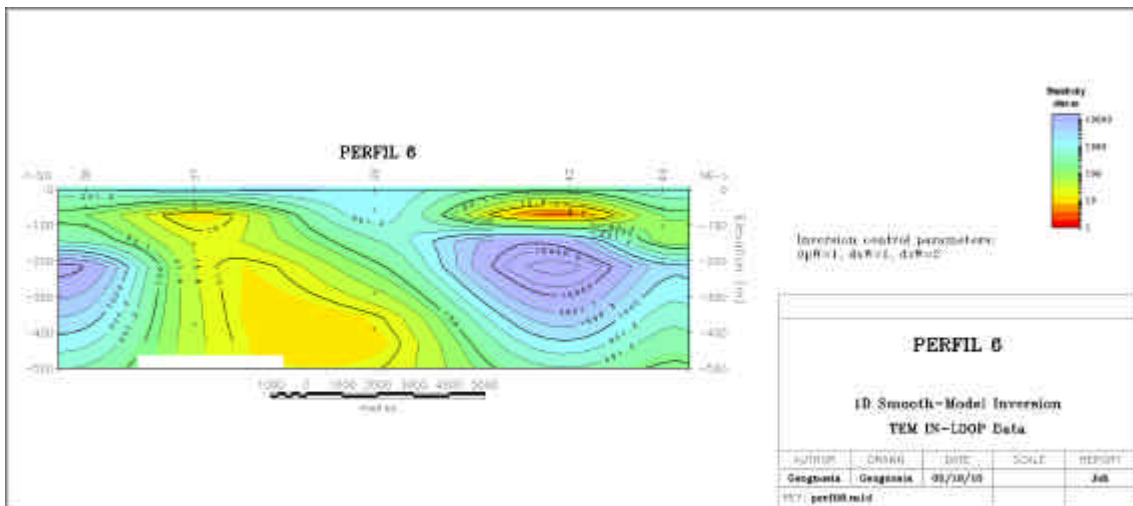


**PERFIL 6: ESTACIONES: 36, 37, 39, 42, 44**

**MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO**

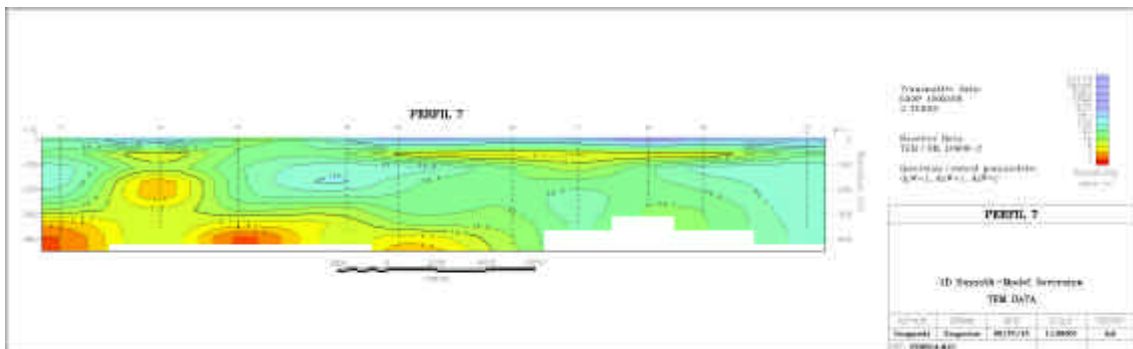


**MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)**

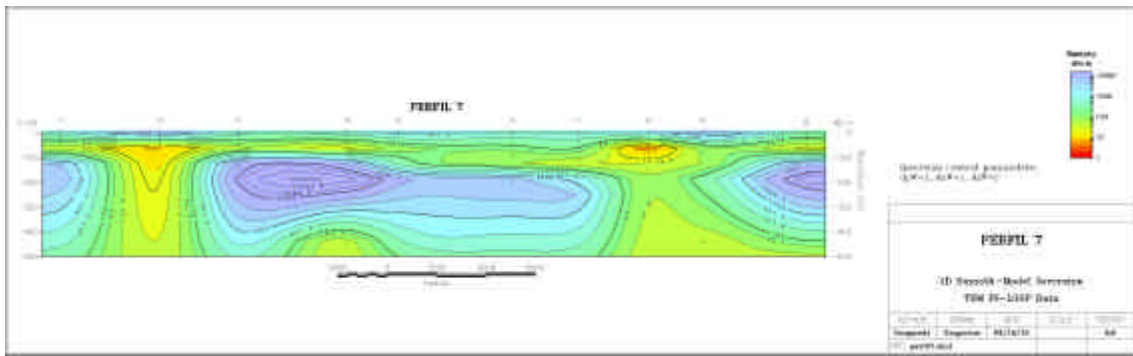


**PERFIL 7: ESTACIONES: 1-10**

**MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO**

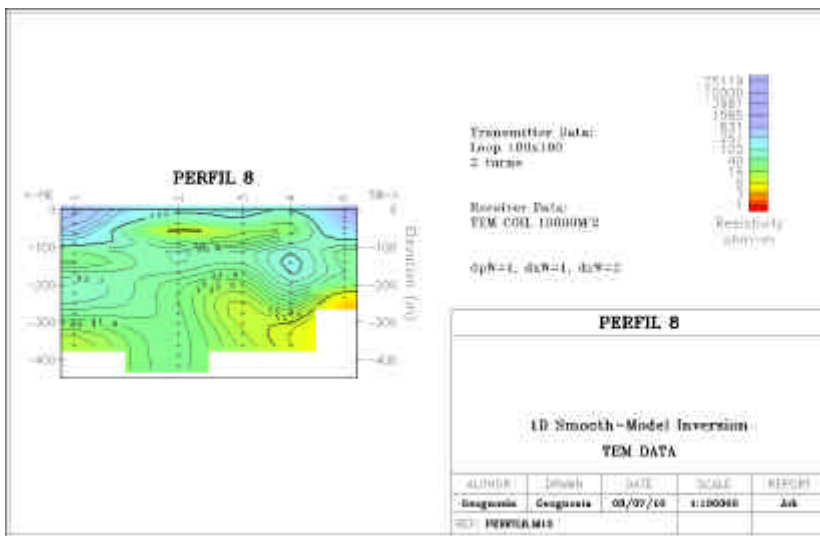


MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)

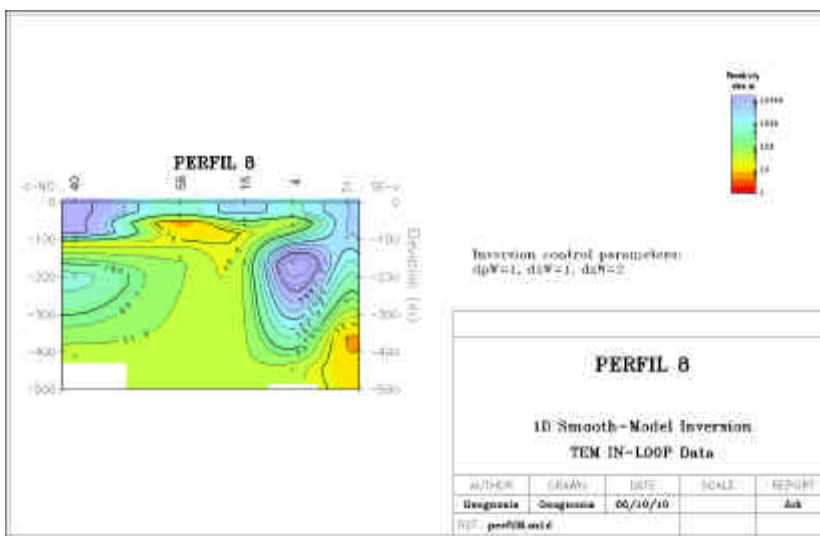


**PERFIL 8: ESTACIONES: 40, 56, 16, 4, 51**

MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO

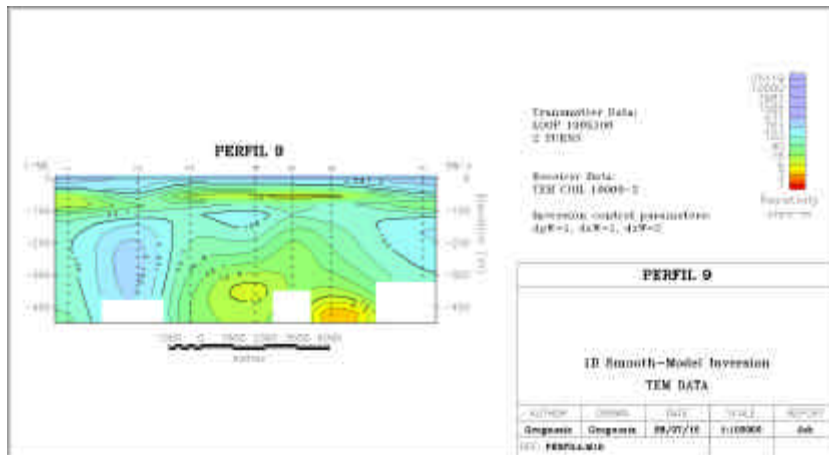


MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)

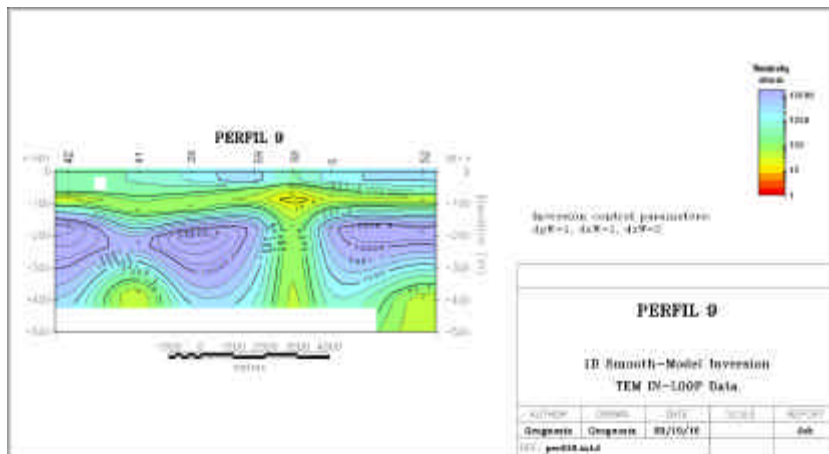


**PERFIL 9: ESTACIONES: 42, 41, 29, 59, 58, 5, 52**

**MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO**

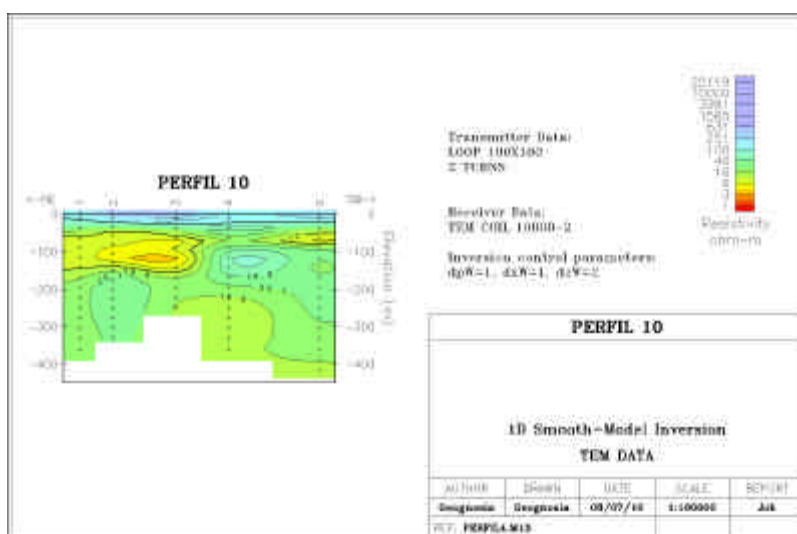


**MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)**

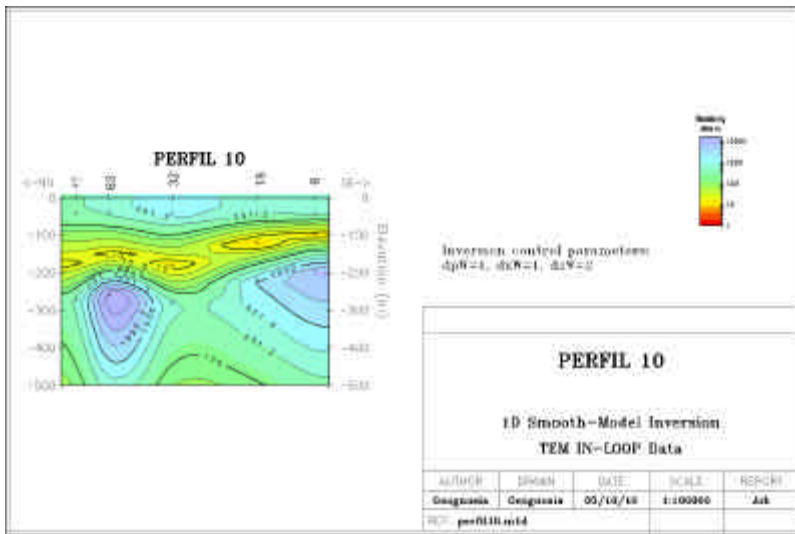


**PERFIL 10: ESTACIONES: 45, 63, 32, 18, 6**

**MODELO DE INVERSIÓN SUAVIZADO**

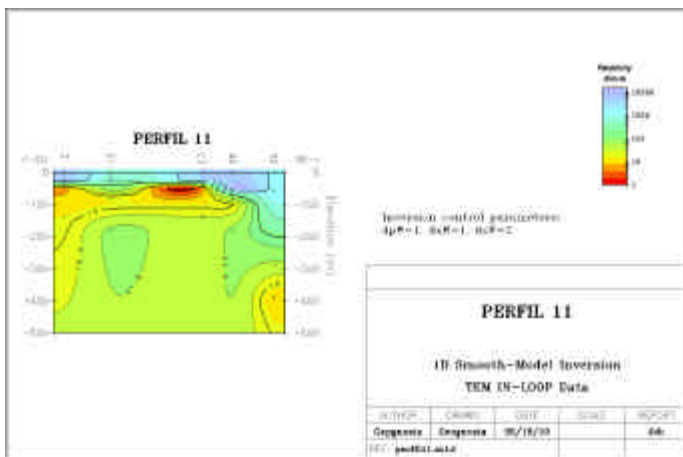


MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)



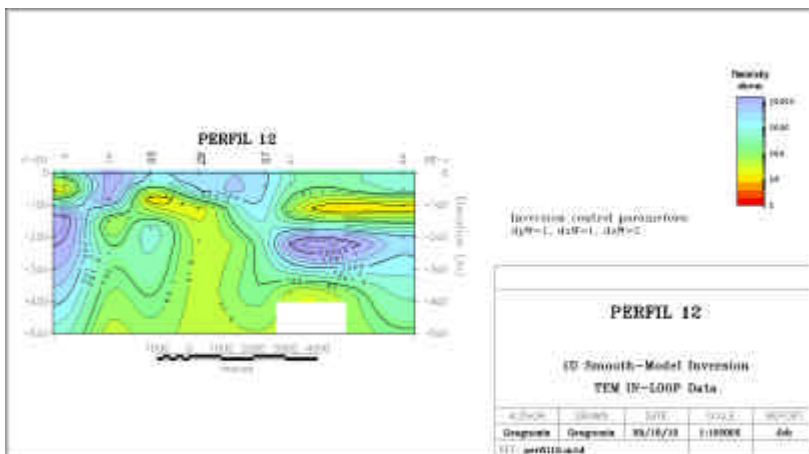
**PERFIL 11: ESTACIONES: 2, 13, 27, 38,39**

MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)



**PERFIL 12: ESTACIONES: 3, 14, 55, 28, 57, 41, 44**

MODELO DIRECTO DE BLOQUES (O CAPAS)





## **6. CONCLUSIONES**

**Como conclusión del trabajo cabe señalar que se ha conseguido el objetivo de llegar a profundidades de unos 300 metros en casi todos los puntos del estudio y en muchas zonas se ha sobrepasado.**

**La calidad de los datos es buena, y son solo las últimas ventanas de algunas estaciones las que no se han utilizado.**

**Son muy pocas las estaciones con ruido y todas se han podido utilizar, aunque muchas se han movido de su posición inicial unos pocos metros.**

**En casi todos los puntos hemos utilizado la medida de los bucles de 100x100 metros con doble vuelta a 16 Hz, pro ser la mas limpia de todas.**

**Los modelos utilizados han sido realizados con un peso de suavizado bajo para ajustarse a la información de los datos de campo lo mas posible, sin suavizar la curva en gran medida.**

**Los perfiles son en general coherentes con la geología de la zona, aunque queda pendiente una interpretación y comparación mas exhaustiva con los datos que se tenían a priori.**

# APÉNDICE A

## BREVE EXPLICACIÓN DEL MÉTODO.

El SEDT (Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempo) es un método electromagnético en el dominio de tiempos. El equipo necesario consiste en un transmisor que inyecta corriente en un bucle de distintas dimensiones (dependiendo de la profundidad a la que se quiere llegar en el estudio, el área a cubrir y los niveles de ruido ambiental) y un receptor.

La corriente que se inyecta en el bucle es una corriente en forma de ciclo alternando la polaridad. Las medidas en el receptor se miden durante el tiempo en que no se esta inyectando corriente, de forma que solo están presentes los campos secundarios. Se crea un campo magnético por la inyección de corriente en el bucle, y durante el tiempo en que no hay corriente se mide con la antena receptora el voltaje generado por la difusión de la energía inducida.

Normalmente los intervalos de tiempo de caída en que no se inyecta corriente varían desde 30 microsegundos a cientos de milisegundos para exploraciones profundas.

Es fundamental sincronizar el transmisor y el receptor, para realmente medir solo en los intervalos de tiempo en que no se esta inyectando corriente en el bucle.

La topografía del terreno si es abrupta puede afectar negativamente a las medidas, ya que se asume que el bucle transmisor y la antena receptora se sitúan sobre superficies paralelas. En este estudio la topografía es llana con lo que no tenemos este problema.

La configuración de campo que se utilice va a variar los resultados finales de las medidas tomadas en el campo.

## APÉNDICE B

### ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS. ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION

#### RECEPTOR MULTIFUNCIÓN GDP-32<sup>II</sup>.

El ZONGE GDP-32<sup>II</sup> es la cuarta generación de receptores GDP de la marca ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION. Es un receptor multicanal en el dominio de tiempos o frecuencias para campos eléctricos y magnéticos de fuente natural o controlada.



**Figura 15. Receptor de Zonge (GPD32)**

Para la sincronización temporal emplea un sistema de oscilador de cuarzo de alta precisión con reloj que mantiene unos tiempos muy estables de referencia con rangos de deriva típica de menos de  $5 \mu\text{s/hr}$  (aproximadamente  $0.03 \text{ mrad/hr}$  de deriva de fase en 1 Hz). Opcionalmente el oscilador puede incorporar un sistema global de posicionamiento (GPS) para reducir los errores temporales. Un reloj idéntico en un controlador de transmisor (XMT-32) puede ser sincronizado con uno o más receptores GDP y usado para conducir un transmisor, eliminando así la necesidad de una conexión física que proporcione la referencia de fase.

El receptor GDP-32<sup>II</sup> puede adquirir datos para más de 16 canales analógicos independientes. Cada señal de entrada está condicionada por la ganancia aplicada a la señal y por un circuito de filtrado, después del cuál es muestreado y convertido a formato digital. El receptor GDP-32<sup>II</sup> lleva incorporados programas que permiten al operador revisar los datos numérica y gráficamente en el campo. Un error medio (SEM) es calculado para cada medida así como la resistividad aparente para las distintas

antenas y programas de adquisición. Las curvas de caída en el dominio de tiempos y el espectro en el dominio de frecuencias puede visualizarse gráficamente. Así mismo se puede mostrar la barra de error para un conjunto de medidas repetidas.

Otras características del GDP-32<sup>II</sup> son:

Es un receptor duro y hermético transportable por un operador.

Posee un procesador de 66 MHz y 586 MPU (opcional hasta 133 MHz).

Es un sistema de banda ancha en el dominio de tiempos y de frecuencias ( $0.001 = f = 8192$  Hz).

Al ser un sistema multifunción permite realizar distinto tipo de estudios: resistividad, PI en Dominio de Tiempos o de Frecuencias, Resistividad Compleja, MTAFC, MT/AMT, SEDT/nanoSEDT,...).

Permite un gran almacenamiento de datos, más de 4 GB de disco duro.

Sistema "Ethernet" para el volcado de datos (0.5 a 1.2 MB/sg).

Sistema de operación remota mediante el puerto serie.

Fuente de calibración interna con Programas que permiten la calibración de los datos.

Control automático de ganancia y de Potencial Espontáneo.

### **TRANSMISOR ZT-30**

ZONGE ha desarrollado 4 transmisores que utilizan fuentes de corriente continua como fuentes primarias de energía (además de los transmisores GGT que utilizan un motor como generador). Tres de estos transmisores fueron desarrollados para estudios SEDT y el cuarto para estudios de PI o resistividad a pequeña escala.

El ZT-30 utiliza fuente corriente continua (24-120 V) generando corrientes que pueden superar los 30 A. Dos o más baterías de coche pueden conectarse en serie de forma que pueden utilizarse como fuente de energía para estudios SEDT con un transmisor ZT-30.

El ZT-30 puede también utilizarse como transmisor para estudios de PI/resistividad que necesiten poca energía en estudios en los que la intensidad no requiera ser regulada (PI en Dominio de Tiempos) o en los que la forma de la curva de corriente pueda ser medida directamente.

El ZT-30 es pequeño y de fácil transporte por una persona. Es un transmisor apropiado para estudios SEDT con objetivos a profundidades menores de 500 metros.



**Figura 16. Transmisor ZT30 y controlados de corriente XMT.**

### **ANTENA TEM-3**

Con los avances en los equipos receptores se ha hecho necesario el incremento en la calidad de los sensores para el campo magnético. ZONGE fabrica un completo rango de bobinas de inducción basadas en detectores de campo magnético adaptados a las condiciones de cada aplicación. Poco ruido, poca potencia y estabilidad térmica son importantes objetivos para los sensores magnéticos aplicados a la exploración geofísica.

Alguna característica de la antena TEM-3 son:

$F_0 > 20 \text{ kHz}$

$\text{dB/dt respuesta } A_e = 10.000 \text{ m}^2$ .



**Figura 17. Antena TEM-3 de Zonge.**

## APÉNDICE C. FORMATOS

Los datos de esta campaña se presentan en dos formatos distintos:

1. Formato con extensión txt. Son los datos directamente volcados del receptor.
2. Formato con extensión tem. Formato solicitado por el IGME.

### Datos del volcado del receptor:

Son los datos como se vuelcan del receptor directamente. Tiene tres tipos de cabeceros y sus datos correspondientes:

1. Cabecera y datos de sincronización:

```
0110
SYNC0537 2004-12-14 9:09:54 12.7v D-D 0.0% 0.0 DegC
OPER isla TX ID 1 A-SP 50 M
JOB lanes LINE 1 E SPREAD 25 MAV Enabled
1 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 737 Passed 1.00000
2 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 594 Passed 1.00000
3 NanoTEM A/D 16-bit S/N 13 Passed 1.00000
Front Panel S/N 39, Cal S/N 10, Temp 0.0, Humidity 0.0, EPROM
030901BLD321
```

```
0111
SYNC0537 2004-12-14 9:28:03 12.7v D-D 0.0% 0.0 DegC
Tx 1 Rx 1 N 50, 5 ESys 1.000
1 Hz 8 Cyc Tx AMPS 4.6
1 ON 1 1.2699 4.9 940.0 010O 0.76 0.00 0
2 ON 2 3.3819 10.01K 000O 0.01 6.59 0
```

El primer bloque es la cabecera y solo es información general del receptor.

El segundo bloque es la medida de sincronización. En este caso lo único importante es la diferencia de fase entre el receptor y el XMT (controlador de corriente del transmisor). Este datos se encuentra en la quinta fila y la quinta columna y las unidades son mrad (deben ser cercanas a 0).

2. Datos de calibración:

```
TEM 0618 2004-12-15 10:05:04 12.7v INL 58.2% 22.2 DegC
Tx 1400 Rx 1400 N OUT ICal 1.000
8 Hz 256 Cyc Tx AMPS 6.2 244.1u 26u 30.52u
1 Hz 1400 0.9996 817.6u 0 000O 0.551u 0.00 0
```

Lo importante en este caso es comprobar que el valor de la columna 4 de la fila cuarta sea cercano a 1. Ya que lo que hace la calibración interna es introducir 1 Voltio y medir, si no hay problemas debe medir también 1V.

3. Cabecera y datos de medidas:

0277

TEM 0618 2004-12-15 10:36:50 12.6v INL 59.6% 21.1 DegC  
OPER isla TX ID 1 A-SP 50 M  
JOB lanes LINE 1 E SPREAD 25  
50% RxM 10000 TxX 100 TxY 100 #T 1  
Tx Delay 160 Antenna Delay 15 Alias IN  
Robust None  
1 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 737 Passed 1.00000  
2 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 594 Passed 1.00000  
3 NanoTEM A/D 16-bit S/N 13 Passed 1.00000  
Front Panel S/N 39, Cal S/N 10, Temp 21.1, Humidity 59.6, EPROM  
030901BLD321

**Nombre del campo Unidades Rango Tipo Anchura Final**

**Línea 1**

Número de bloque Varía del 0 al 9999

**Línea 2**

Tipo de campaña – ej.: "TEM "  
Número de versión: Varía del 0 al 9999  
Rechazar el bloque: x o espacio  
Fecha dd mmm yy  
Tiempo hh:mm:ss  
Voltaje Varía de 0 a 99.9  
Configuración ej.: "INL" (in loop/ dentro del bucle)

**Línea 3**

Operador ej.: "Emilio"  
Identificación del transmisor ej.: "UNO"  
Espacio entre dipolos No se usa en SEDT

**Línea 4**

Identificación de trabajo ej.: "Blan"  
Línea ej.: "1+00"  
Dirección de la línea ej.: "N"  
Identificación de la línea ej.: "A"

**Línea 5**

Duty Cycle % 50 or 100%  
Área de la antena receptora Medida en m2 varía entre 1 y 999999  
Longitud del bucle transmisor (X) Medida en m varía entre 1 y 9999  
Longitud del bucle transmisor (Y) Medida en m varía entre 1 y 9999  
Número de vueltas del bucle Varía entre 1 y 99  
Referencia de la antena Varía entre .001 y 9.999

**Línea 6**

Tiempo de caída Medido en  $\mu$ s y varía entre 1 y 9999  
Retraso de la antena Medido en  $\mu$ s y varía entre 1 y 9999  
Filtro alias ej.: "OUT"

**Línea 7+**

Información de las tarjetas internas del receptor de los canales instalados. Una línea por canal.

0278  
 TEM 0618 2004-12-15 10:38:55 12.6v INL 59.6% 21.1 DegC  
 Tx 0.00000 Rx 0.00000 N OUT  
 8 Hz 64 Cyc Tx AMPS 6.2 244.1u 26u 30.52u  
 1 Hz 0.000 1.8355m 817.6u 12.71 0300 2.342u 0.55 0  
 Wn Mag 1 Rho 1  
 43.14u 37.120m 230.66  
 73.66u 23.016m 130.06  
 104.2u 16.470m 91.224  
 134.7u 12.781m 70.398  
 165.2u 10.395m 57.485  
 195.7u 8.7489m 48.617  
 240.9u 7.0826m 39.592  
 302.1u 5.5856m 31.810  
 363.2u 4.6034m 26.619  
 438.7u 3.7164m 22.413  
 530.5u 3.0273m 18.723  
 650.4u 2.3922m 15.595  
 817.6u 1.8355m 12.709  
 1.015m 1.4101m 10.559  
 1.258m 1.0795m 8.8322  
 1.561m 801.39u 7.5123  
 1.954m 570.53u 6.4840  
 2.469m 388.01u 5.6764  
 3.107m 252.32u 5.1557  
 3.895m 157.32u 4.8466  
 4.881m 96.544u 4.6075  
 6.137m 53.352u 4.6720  
 7.730m 29.071u 4.7667  
 9.702m 13.762u 5.3735  
 12.19m 7.7523u 5.3882  
 15.34m 3.1980u 6.6263  
 19.30m 2.1866u 5.8236  
 24.28m -0.0415u 55.791

**Línea 1**

Número de bloque Varía del 0 al 9999

**Línea 2**

Tipo de campaña – ej.: "TEM "  
 Número de versión: Varía del 0 al 9999  
 Rechazar el bloque: x o espacio  
 Fecha dd mmm yy  
 Tiempo hh:mm:ss  
 Voltaje Varía de 0 a 99.9  
 Configuración ej.: "INL" (in loop/ dentro del bucle)

**Línea 3**

Operador ej.: "Emilio"



Identificación del transmisor	ej.:"UNO"
Espacio entre dipolos	No se usa en SEDT
<b>Línea 4</b>	
FREC.uencia	Medida en Hz ej.:" 1"
Ciclos de la medida	Varían entre 1 y 16384
Intensidad de corriente	Medida en Amperios Varía entre 0 y 99999
Retraso de muestreo	Medido en sg
Retraso del filtro alias	Medido en sg
Intervalo de muestreo	Medido en sg
<b>Línea 5:</b>	
Número de canal	Varía entre el 1 y el 8
Rechazo de medidas	X rechazada, espacio no rechazada
Tipo de canal	ej.:"Hz" (Componente z del campo magnético)
Número de estación	Varía entre 0 a +/- 99999
Tiempo de la ventana de referencia	Medido en sg
Resistividad de la ventana de referencia	Medido en ohm-m
Ganancias/Atenuación	ej.:"0600"
Error cuadrático medio	Medido en V/A
Potencial espontáneo	Medido en mV
Resistencia de contacto	Medida en ohm
Ganancia externa de la amplitud	Varía entre 1 y 9

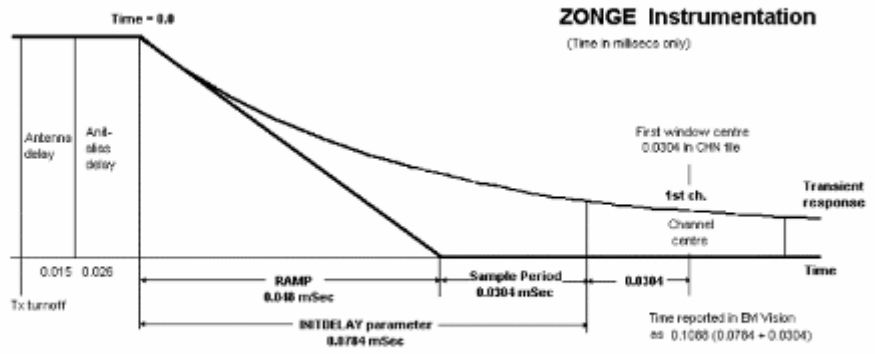
**Línea 6:**

Wn(Ventana de tiempos en sg)      Mag 1 (dB/dt en V/A)      Rho  
1(Resistividad aparente calculada en ohm)

**Línea 7 y siguientes**

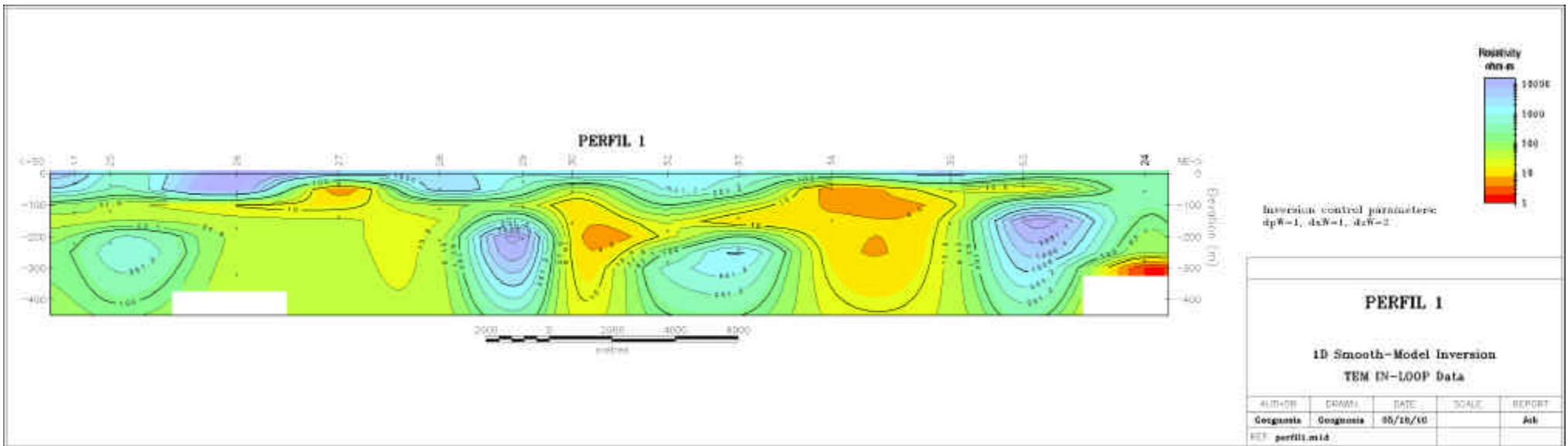
Datos  
Tiempo en sg  
Magnitud en V/A  
Resistividad en ohm\*m

Nota: Las ventanas de tiempo en los ficheros de volcado de los equipos de Zonge están referenciadas desde el final de la rampa mas los retrasos de la antena y del filtro alias. La siguiente imagen representa los tiempos después de convertirlos a formatos compatibles con datos de otros fabricantes.



## **APÉNDICE D. IMÁGENES**

# PERFIL 1



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO

AUTOR:



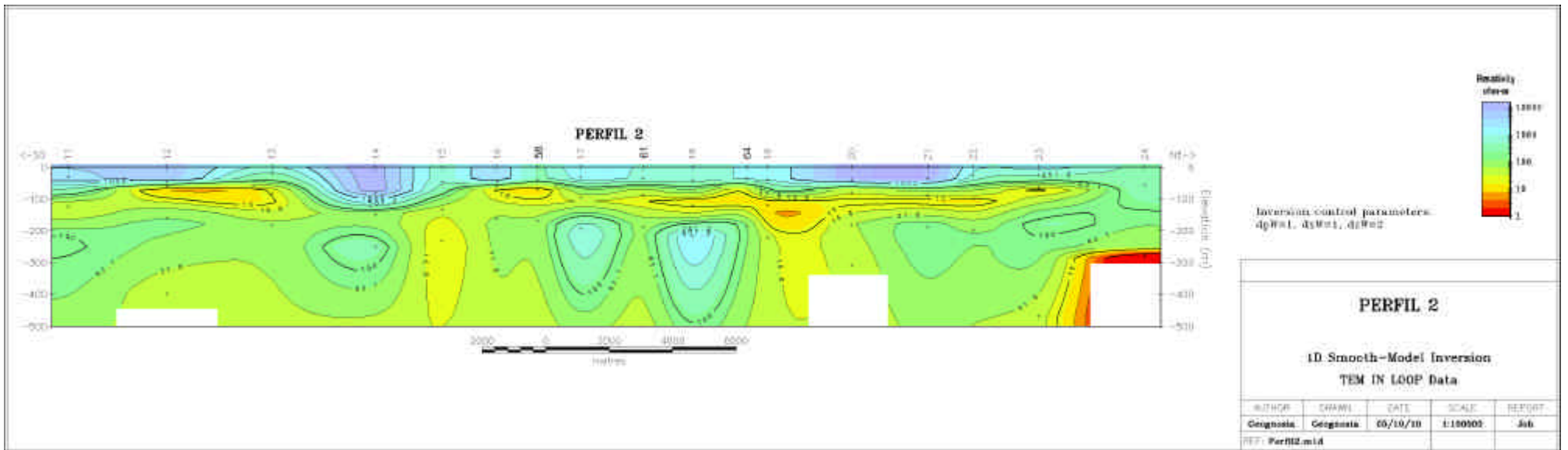
FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**1**

# PERFIL 2



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO

AUTOR:



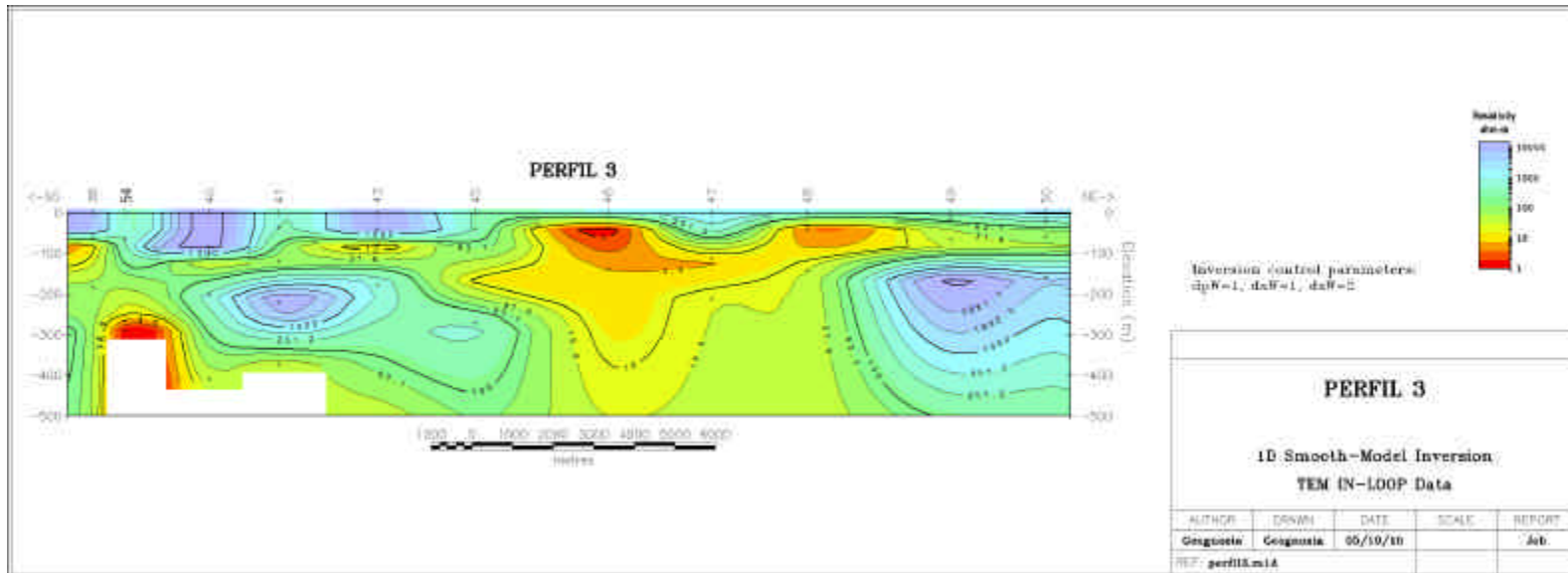
FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**2**

# PERFIL 3



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGICO

AUTOR:



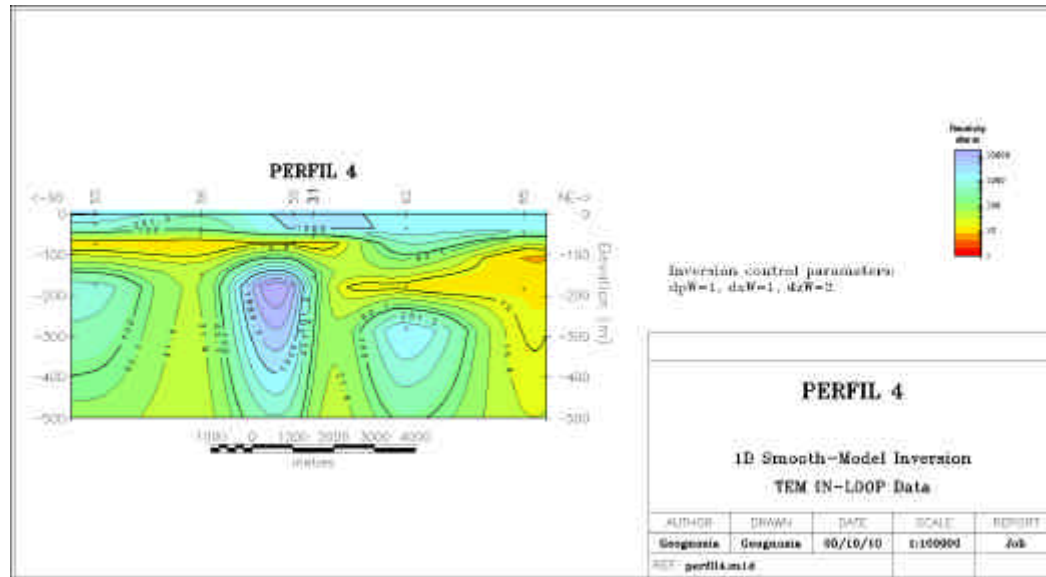
FECHA:


JULIO 2010

LÁMINA:

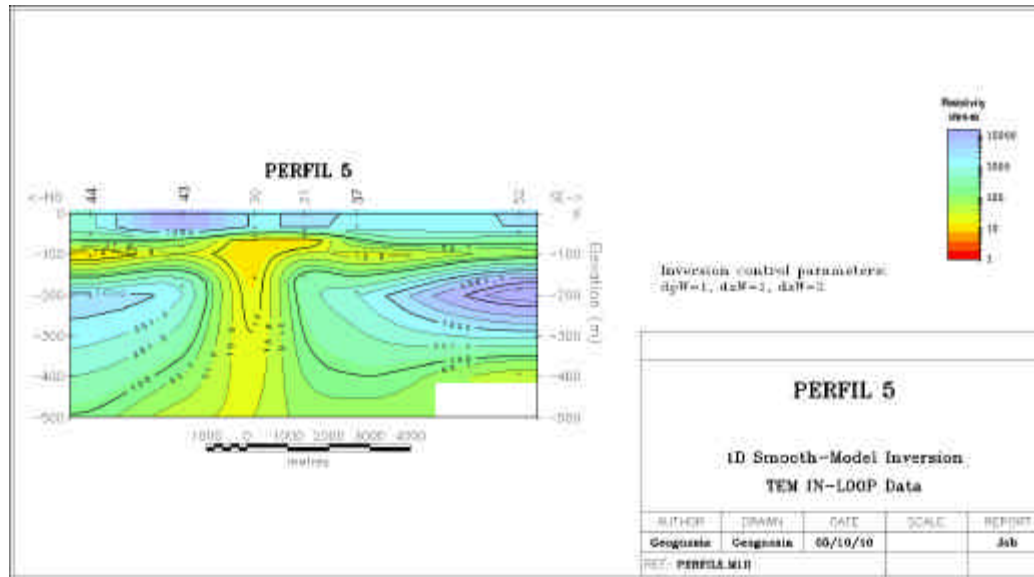
**3**

# PERFIL 4



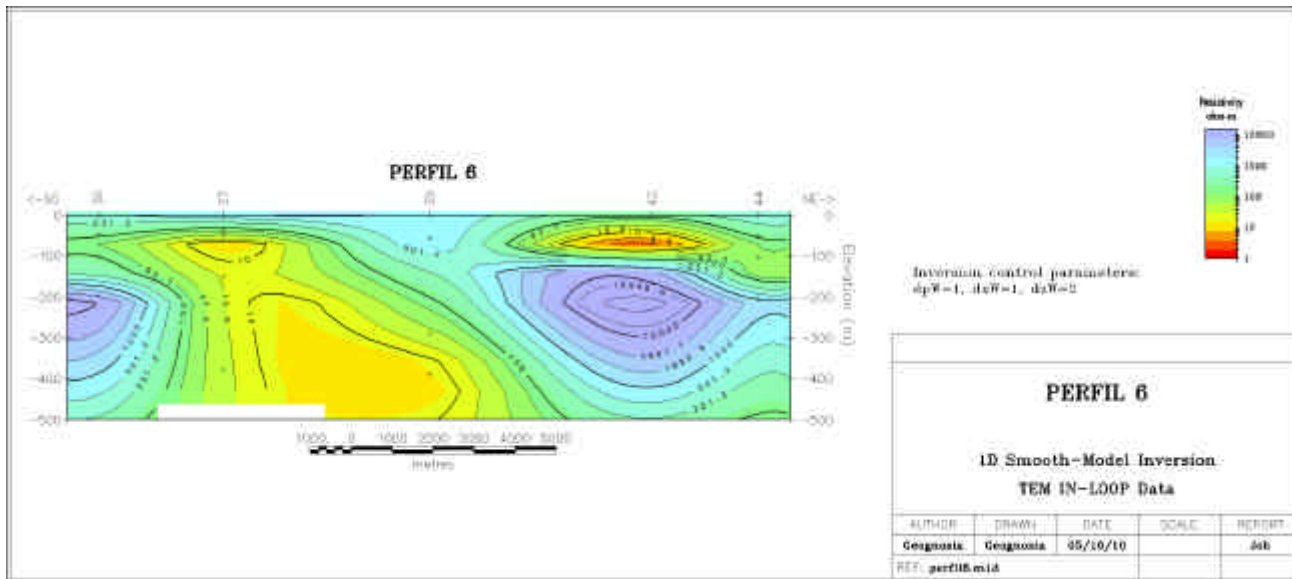
CLIENTE: <b>IGME.</b>	ESTUDIO: CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO	AUTOR: 	FECHA: JULIO 2010	LÁMINA: <b>4</b>
--------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------	---------------------

# PERFIL 5

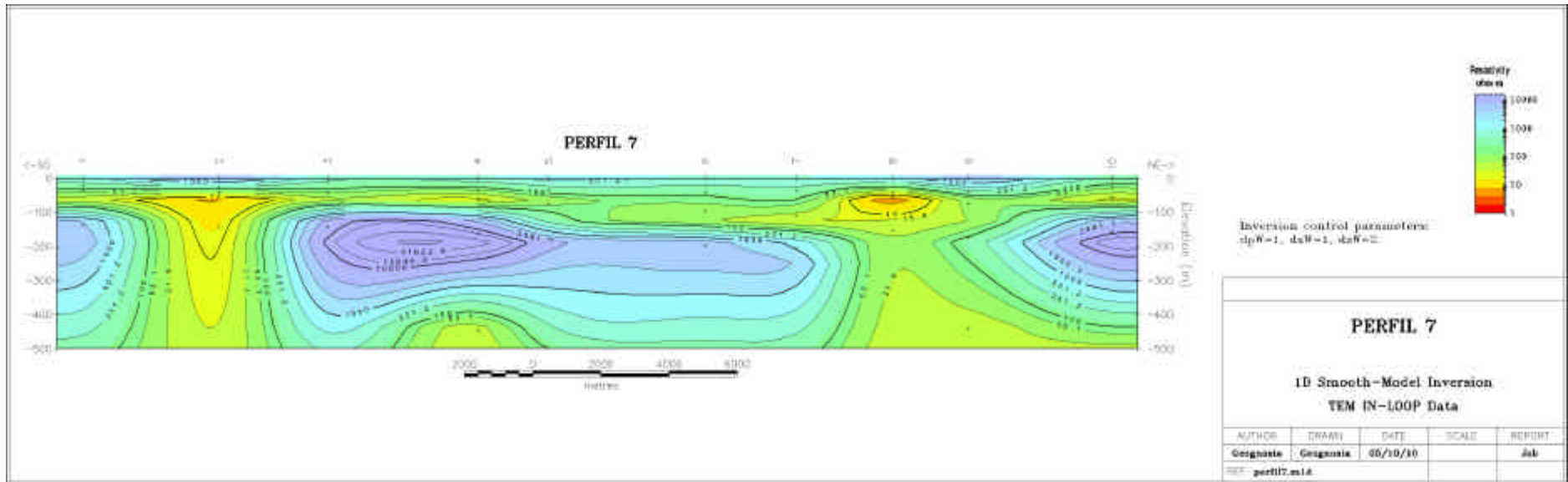




# PERFIL 6



# PERFIL 7



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGICO

AUTOR:



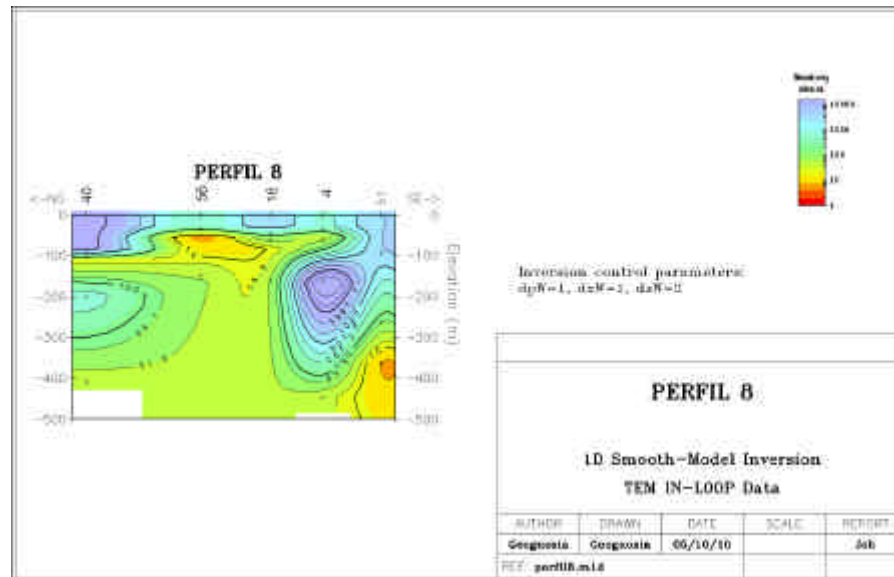
FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**7**

# PERFIL 8



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO

AUTOR:



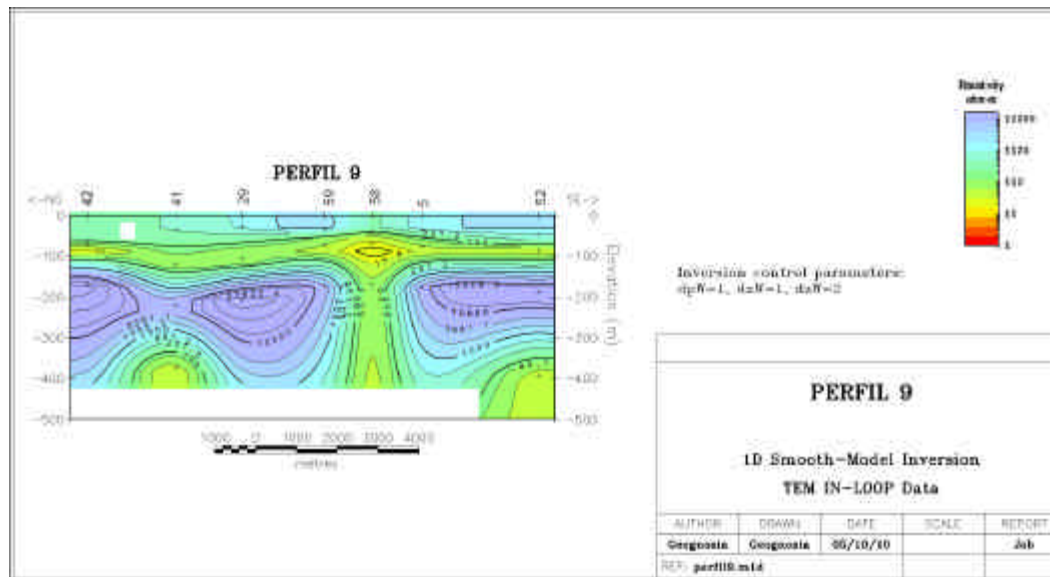
FECHA:

JULIO 2010

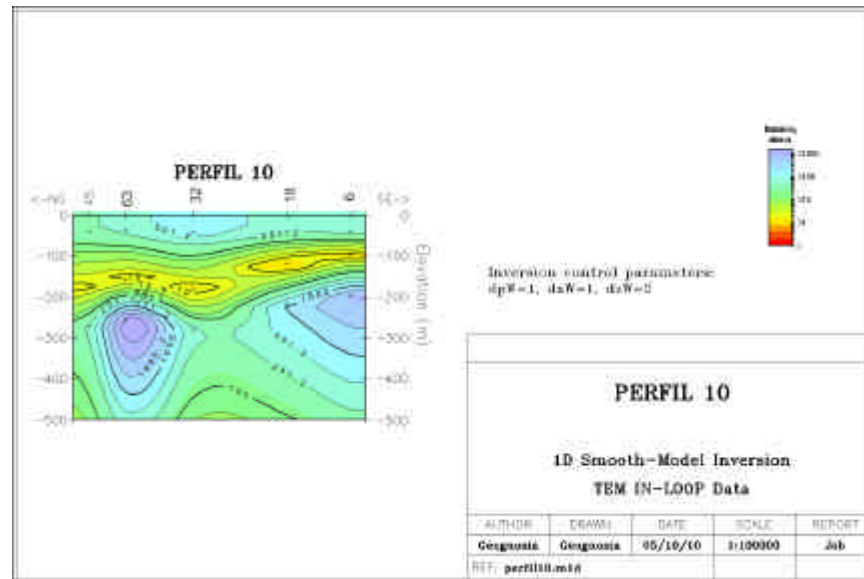
LÁMINA:

**8**

# PERFIL 9



# PERFIL 10



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO

AUTOR:



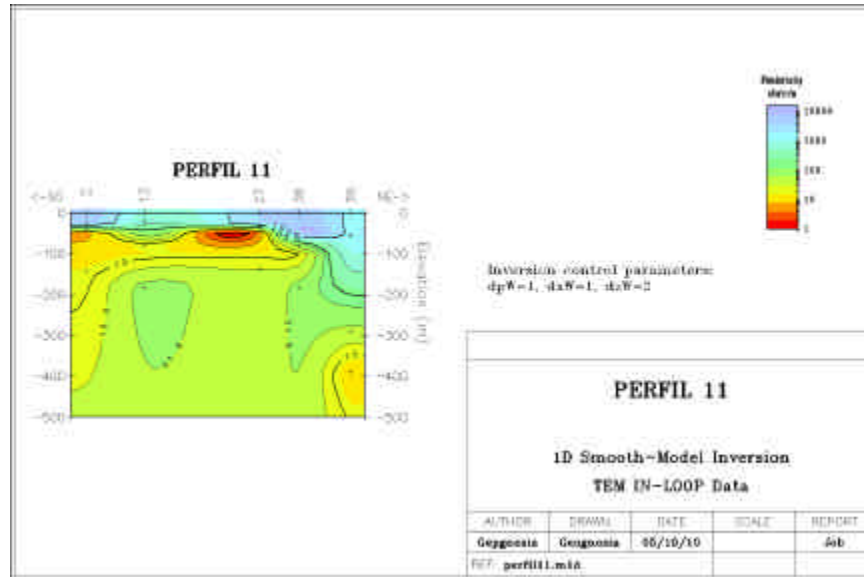
FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**10**

# PERFIL 11



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO

AUTOR:



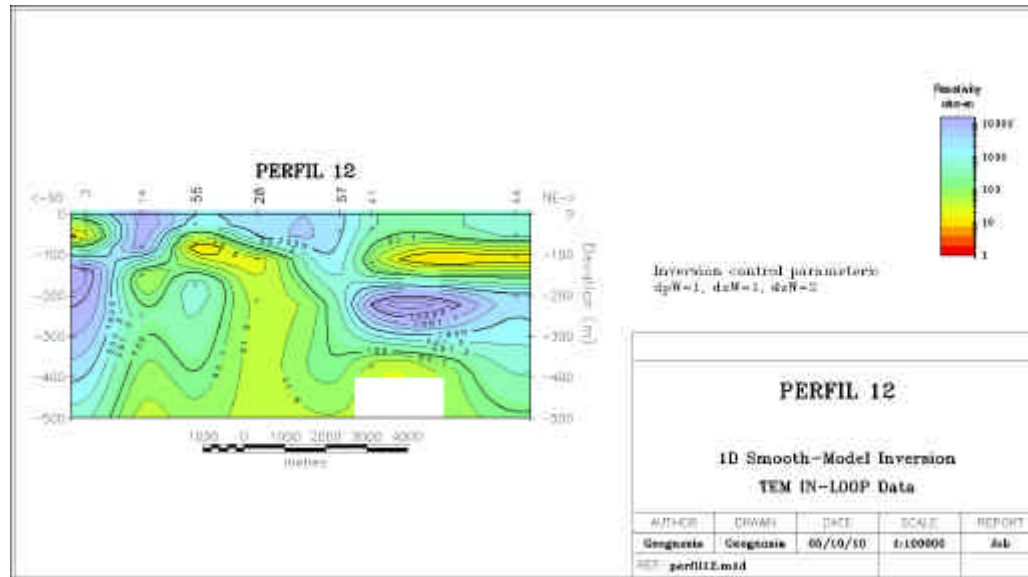
FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**11**

# PERFIL 12



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO

AUTOR:



FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**12**

## **APÉNDICE E. FOTOS**



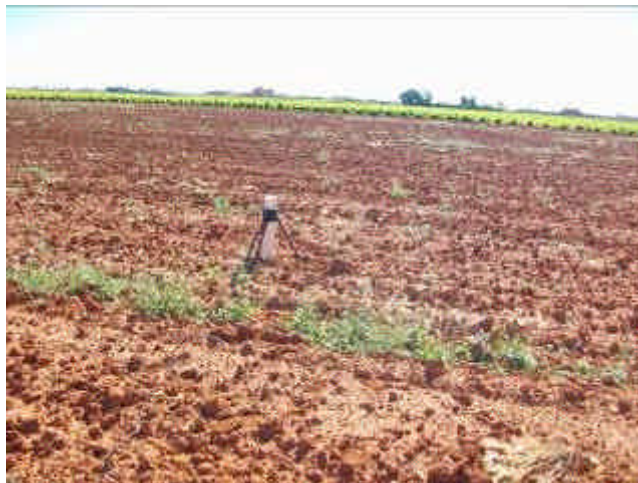
**SEDT 1**



**SEDT 2**



**SEDT 3**



**SEDT 4**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**13**

**SEDT 5**



**SEDT 6**



**SEDT 7**



**SEDT 8**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**14**

**SEDT 9**



**SEDT 10**



**SEDT 11**



**SEDT 12**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**15**

**SEDT 13**



**SEDT 14**



**SEDT 15**



**SEDT 16**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**16**

**SEDT 17**



**SEDT 18**



**SEDT 19**



**SEDT 20**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**17**

**SEDT 21**



**SEDT 22**



**SEDT 23**



**SEDT 24**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**18**

**SEDT 25**



**SEDT 26**



**SEDT 27**



**SEDT 28**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**19**

**SEDT 29**



**SEDT 30**



**SEDT 31**



**SEDT 32**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**20**



**SEDT 33**



**SEDT 34**



**SEDT 35**



**SEDT 36**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**21**

**SEDT 37**



**SEDT 38**



**SEDT 39**



**SEDT 40**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**22**

**SEDT 41**



**SEDT 42**



**SEDT 43**



**SEDT 44**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**23**

**SEDT 45**



**SEDT 46**



**SEDT 47**



**SEDT 48**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**24**

**SEDT 49**



**SEDT 50**



**SEDT 51**



**SEDT 52**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**25**

**SEDT 53**



**SEDT 54**



**SEDT 55**



**SEDT 56**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**26**

**SEDT 57**



**SEDT 58**



**SEDT 59**



**SEDT 60**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**27**

**SEDT 61**



**SEDT 62**



**SEDT 63**



**SEDT 64**



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

**CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO**

AUTOR:



FECHA:

**Julio 2010**

LÁMINA:

**28**



## SEDT 65



CLIENTE:

**IGME**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO

AUTOR:



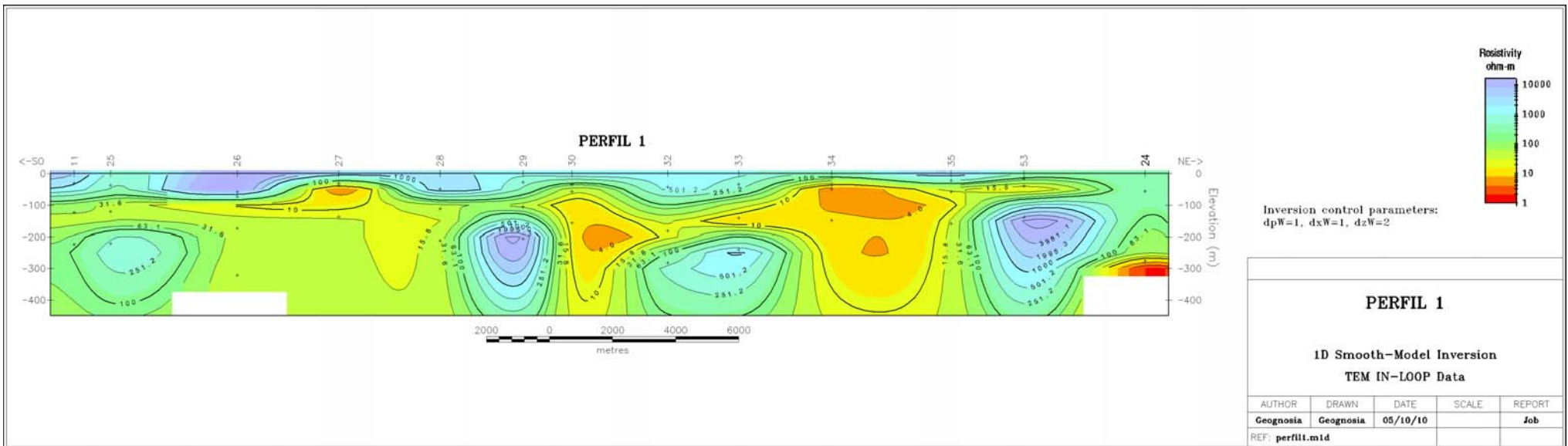
FECHA:

Julio 2010

LÁMINA:

**29**

# PERFIL 1



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO

AUTOR:



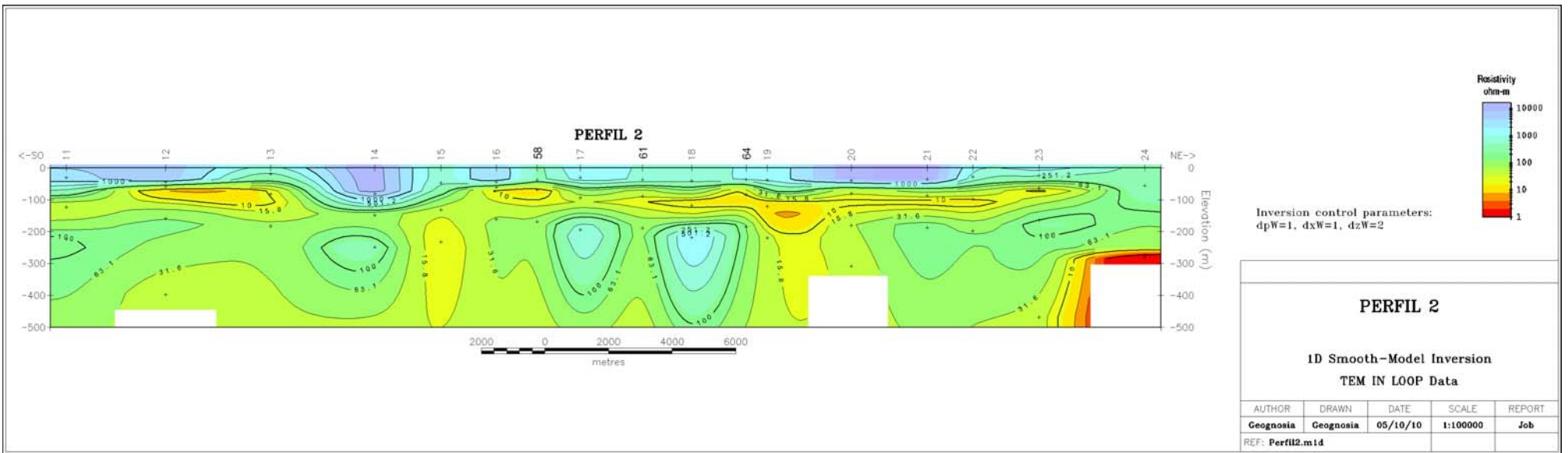
FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**1**

# PERFIL 2



CLIENTE:  
**IGME.**

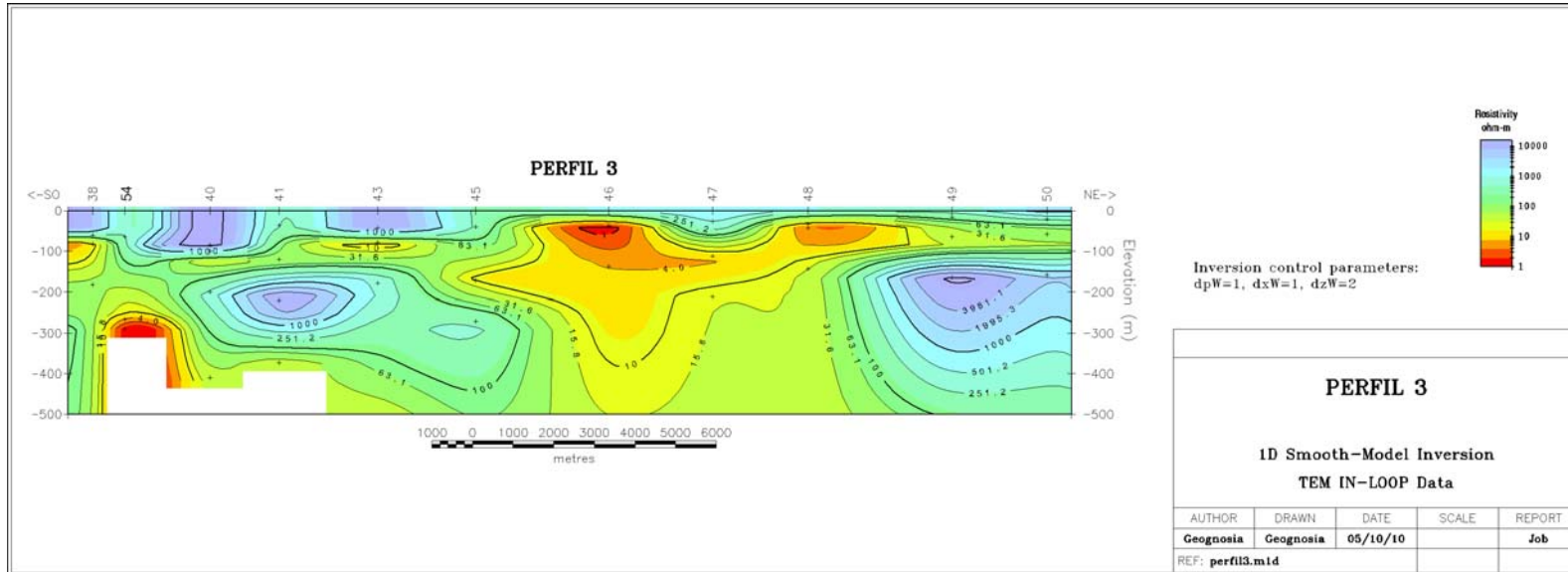
ESTUDIO:  
CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGICO

AUTOR:  


FECHA:  
JULIO 2010

LÁMINA:  
**2**

# PERFIL 3



CLIENTE:  
**IGME.**

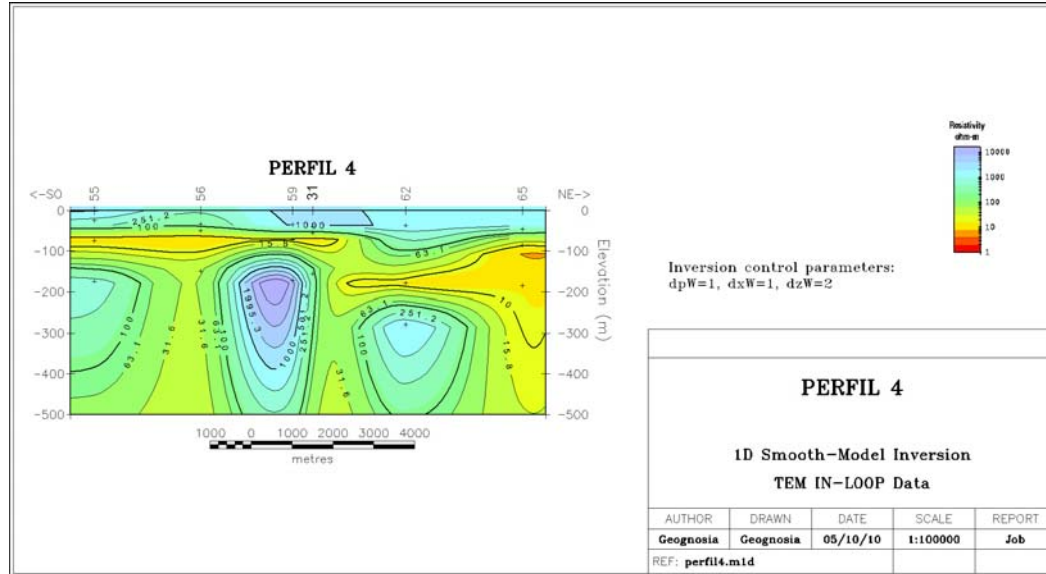
ESTUDIO:  
CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO

AUTOR:  


FECHA:  
JULIO 2010

LÁMINA:  
**3**

# PERFIL 4



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGICO

AUTOR:



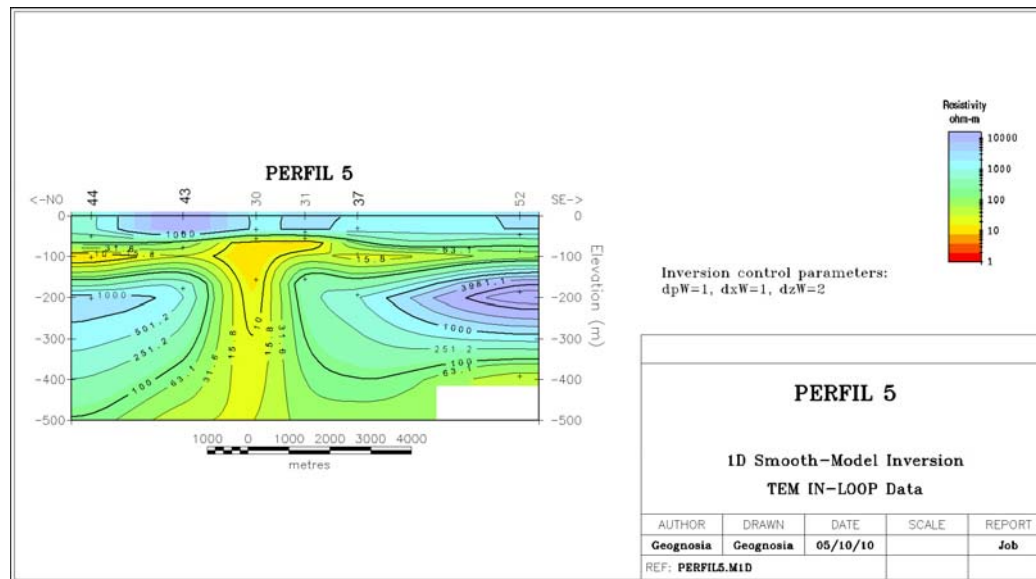
FECHA:


JULIO 2010

LÁMINA:

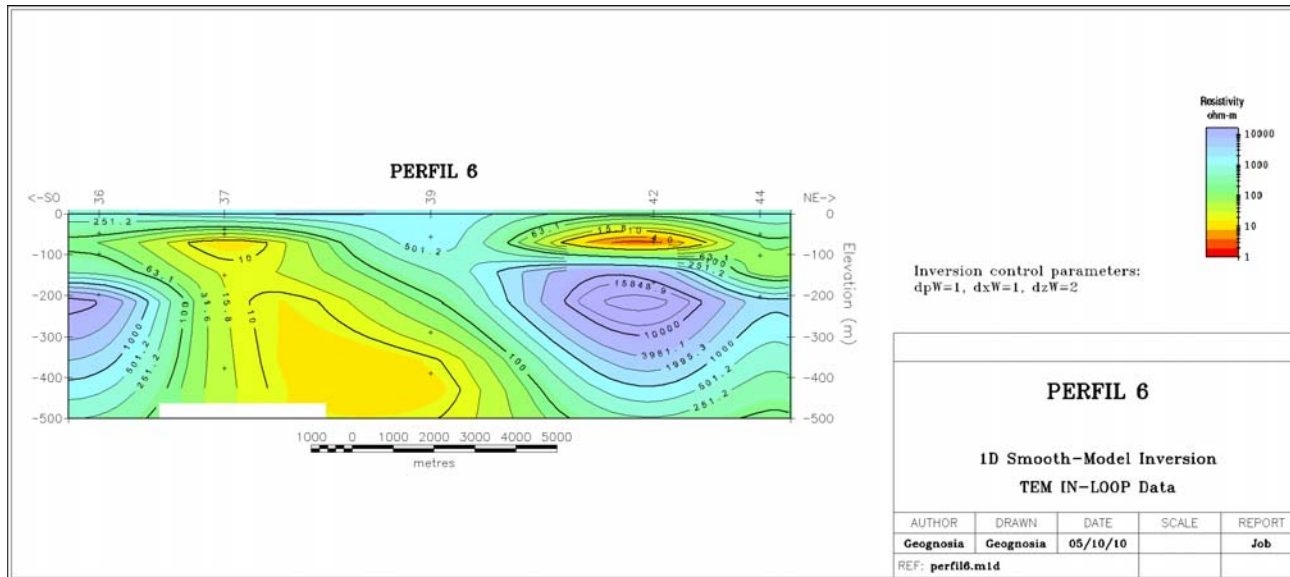
**4**

# PERFIL 5



CLIENTE: <b>IGME.</b>	ESTUDIO: CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO	AUTOR: 	FECHA: JULIO 2010	LÁMINA: <b>5</b>
--------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------	---------------------

# PERFIL 6



CLIENTE:  
**IGME.**

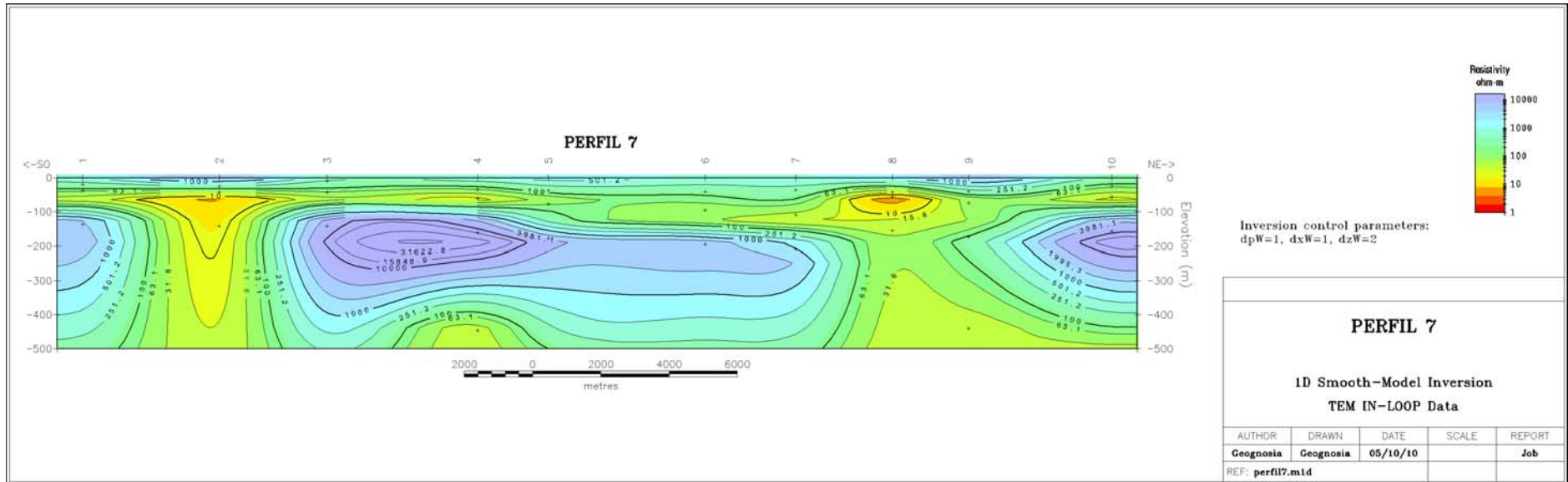
ESTUDIO:  
CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO

AUTOR:  


FECHA:  
JULIO 2010

LÁMINA:  
**6**

# PERFIL 7



CLIENTE:  
**IGME.**

ESTUDIO:  
CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLÓGICO

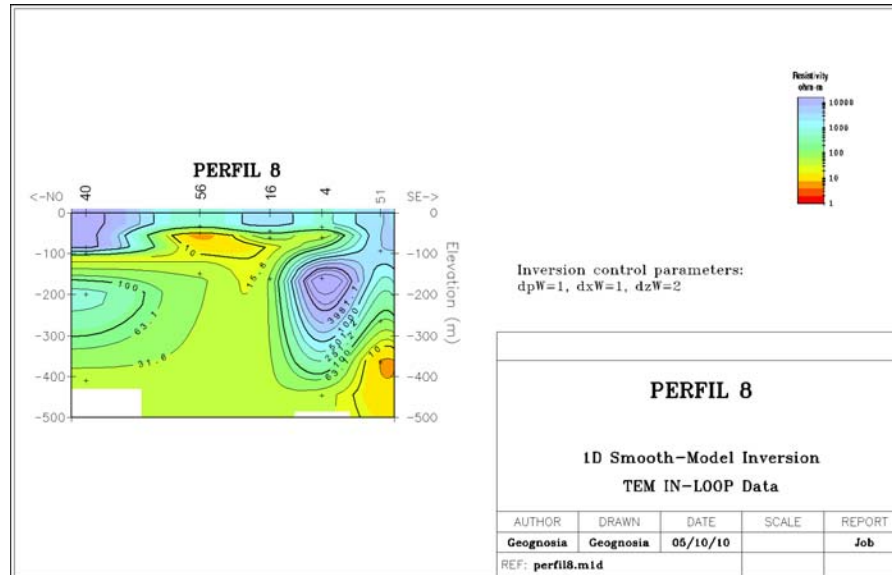
AUTOR:  


FECHA:  
JULIO 2010

LÁMINA:  
**7**



# PERFIL 8



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGICO

AUTOR:



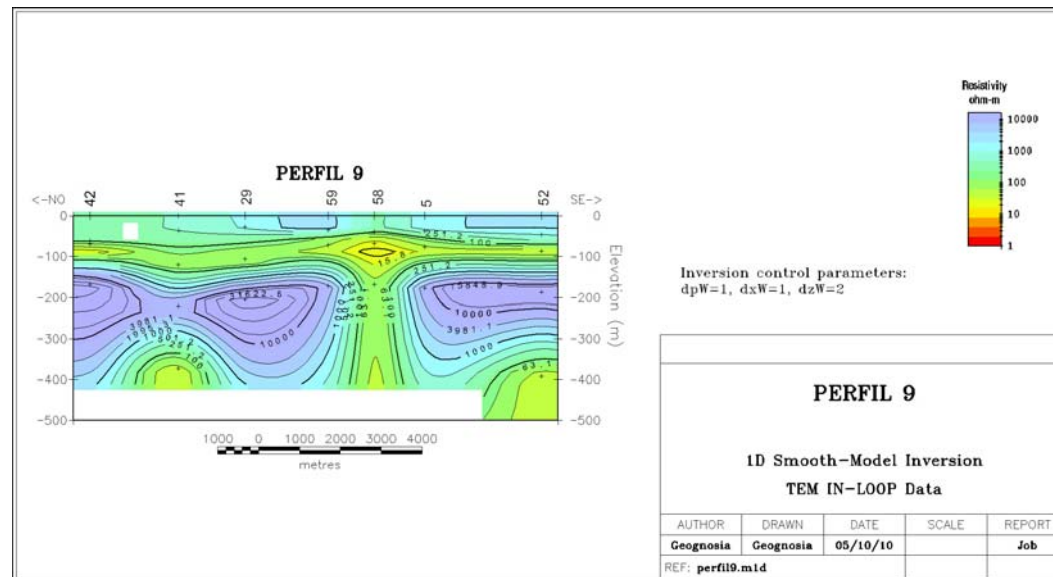
FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**8**

# PERFIL 9



CLIENTE:  
**IGME.**

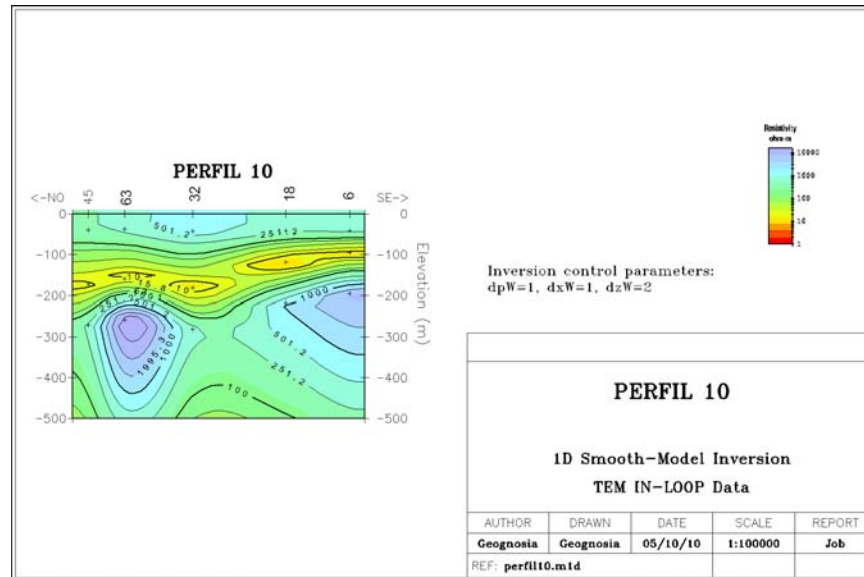
ESTUDIO:  
CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA  
DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO

AUTOR:  


FECHA:  
JULIO 2010

LÁMINA:  
**9**

# PERFIL 10



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO

AUTOR:



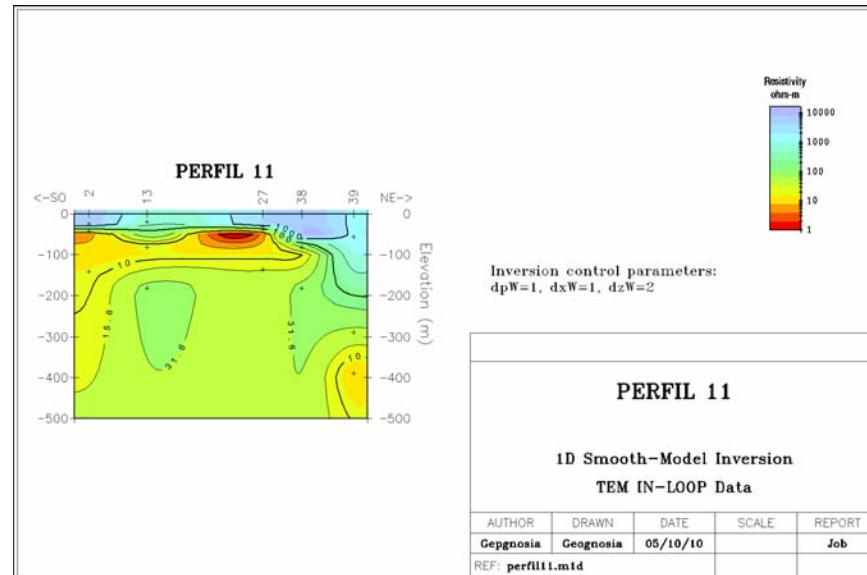
FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**10**

# PERFIL 11



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO

AUTOR:



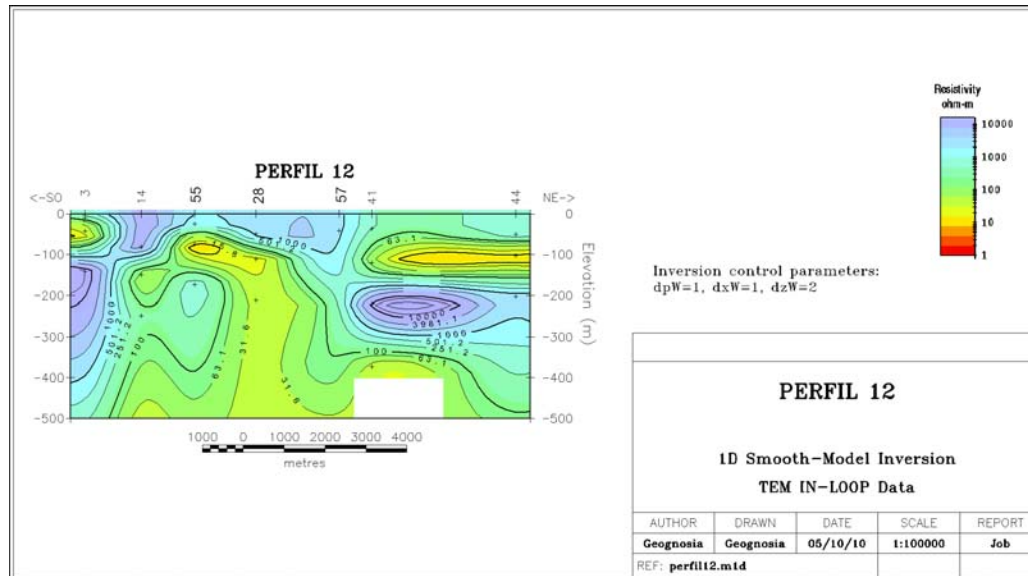
FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**11**

# PERFIL 12



CLIENTE:

**IGME.**

ESTUDIO:

CAMPAÑA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA, LÍMITE HIDROGEOLOGÍCO

AUTOR:



FECHA:

JULIO 2010

LÁMINA:

**12**