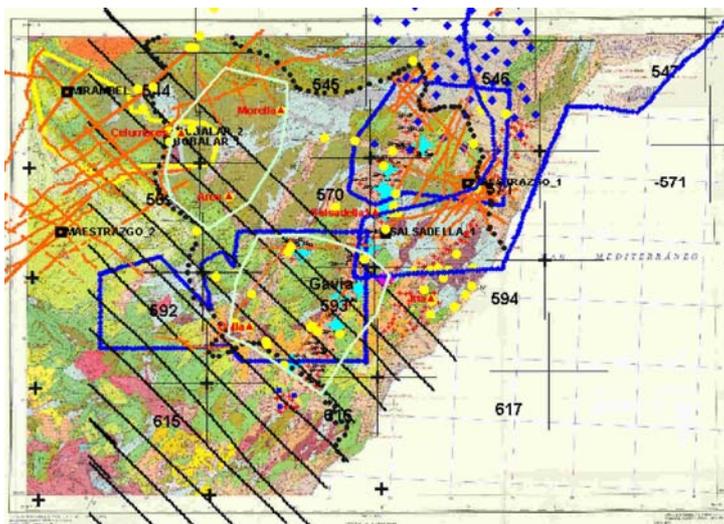


INVESTIGACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE FORMACIONES ACUÍFERAS PROFUNDAS. APLICACIÓN A LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 08.07 (EL MAESTRAZGO). DESARROLLO METODOLÓGICO.

HIPROMA



INFORME DE LA RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GEOFÍSICA PREVIA EN EL MAESTRAZGO PARA EL PROYECTO HIPROMA

Juan Lu3s Plata Torres
Irene Jim3nez

3rea de Geof3sica del IGME
Tres Cantos, octubre 2004



INVESTIGACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE FORMACIONES ACUÍFERAS PROFUNDAS. APLICACIÓN A LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 08.07 (EL MAESTRAZGO). DESARROLLO METODOLÓGICO.

HIPROMA

INFORME DE LA RECOPILOCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GEOFÍSICA PREVIA EN EL MAESTRAZGO PARA EL PROYECTO HIPROMA

Juan L. Plata, Área de Geofísica del IGME. La Calera 1, 28760 Tres Cantos (Madrid), España. jl.plata@igme.es
Irene Jiménez, Lcda. C. Físicas. Ex-becaria de formación del IGME (2004)

**Área de Geofísica del IGME
Tres Cantos
Octubre 2004**

NOTA: Constituye **este Informe** parte de las actividades llevadas a cabo por el Grupo de Geofísica del IGME dentro del proyecto HIPROMA. El conjunto de actividades está resumido en el

Informe de las actividades geofísicas efectuadas:

- 1 Recopilación y análisis de la información geofísica (a)**
- 2 Estado del Arte del uso de la Geofísica en investigación de acuíferos profundos**
- 3 Planificación de las actividades a desarrollar**
- 4 Interpretación de la Gravimetría (b)**
- 5 Análisis de los SEV para obtención de resistividades tipo en el área**
- 6 Estudio previo de las testificaciones de los sondeos profundos**
- 7 Testificación del sondeo San Juan (Cabanés) (c)**
- 8 Reinterpretación de diagráfias y secciones de sísmica de reflexión (d)**
- 9 Campañas de prospección magnetotelúrica (e)**

Anexo I: Informe completo *Estado del arte sobre el uso de las técnicas geofísicas en investigación de acuíferos profundos.*

Anexo II: Anexo Informático

Informes editados de forma independiente:

- (a) Informe de la recopilación y análisis de la información geofísica previa en el Maestrazgo para el Proyecto HIPROMA. IGME**
- (b) Informe de los trabajos de Gravimetría en el Maestrazgo para el Proyecto HIPROMA. IGME**
- (c) Testificación geofísica del pozo San Juan, Cabanés (Castellón). Borelog**
- (d) Interpretación de perfiles sísmicos y sondeos profundos de hidrocarburos. GESSAL**
- (e) Campañas de AMT (AudioMagnetoTelúrico) en el Maestrazgo para el proyecto HIPROMA. U.B.**

INDICE

- 1. Introducción. Alcance de la búsqueda efectuada**
- 2. Información geofísica encontrada**
- 3. Información geoelectrica (SEV)**
 - 3.1 Investigación Geoelectrica de los Acuíferos de la Cuenca Baja y Media del Júcar. IGME (1984). N° CDIGME 40255 (ADG-N° 265)**
 - 3.2 Investigación Geofísica mediante SEV en la zona de San Mateo (Castellón). ITGE. 1990. (ADG-N° 391)**
 - 3.3 Campaña Geofísica Mediante SEV en Villafamés (Castellón).IGME. 1993. (ADG-N° 465)**
- 4. Información de Gravimetría**
 - 4.1 Valores digitales**
 - 4.2 Mapas de anomalías de Bouguer en formato de papel**
- 5. Información de Aeromagnética**
- 6. Información de Sísmica de Reflexión.**
 - 6.1 Campañas Sísmicas.**
 - 6.2 Datos de interés del Proyecto de ENAGAS-1995**
 - 6.3 Datos de interés del Proyecto ENRESA-1990**
 - 6.4 Otra información geológica recogida de la documentación sísmica**
- 7. Testificación geofísica de sondeos.**
- 8. Otra información de posible utilidad. Sondeos mecánicos y síntesis geológicas.**
- 9. Organización de la información digital.**

NOTA: Las reproducciones de documentos escaneados incluidas en las Figuras de este Informe se presentan a efectos de identificación de la correspondiente imagen, que para su mejor observación debe ser visualizada en el documento digital correspondiente.

La referencia N° CDIGME xxxx es el número con el que el documento original se encuentra archivado en el Centro de Documentación del IGME.

La referencia ADG-N° xxx es el número del documento original en el Archivo de Geofísica del IGME.

1. Introducción. Alcance de la búsqueda efectuada

El objetivo de este Informe es describir el resultado de las acciones emprendidas por el Grupo de Geofísica del IGME dentro del Paquete de trabajo 3.1 **Recopilación y análisis de información Geofísica**, del Proyecto INVESTIGACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO DE FORMACIONES ACUÍFERAS PROFUNDAS. APLICACIÓN A LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA 08.07 (EL MAESTRAZGO). DESARROLLO METODOLÓGICO (**PROYECTO HIPROMA**).

Geográficamente la búsqueda de la información se ha ceñido al área delimitada por el Director del Proyecto e indicada en la Figura 1 como límite del acuífero Jurásico del Maestrazgo, comprendida casi totalmente dentro de la hoja del MTN 1/200.000 n° 48 VINAROS, y que incluye las hojas 1/50000 n° 544, 545, 546, 569, 570, 571, 593, 594 y 616.

La consulta de la información existente se ha realizado sobre la base de datos en Knosys del Área de Geofísica del IGME, que contiene todos los trabajos de Geofísica realizados por o para el IGME a través de dicha Área, completándose con la información existente en el Centro de Información Documental central del IGME y del Archivo Técnico de Hidrocarburos del MINECO. Se utilizará como referencia el número de Informe interno del Archivo de Documentación del Área de Geofísica (**ADG**), indicándose, cuando exista, el correspondiente número de archivo en el Centro de Documentación del IGME (**CDIGME**). Los datos originales digitales, en caso de su existencia, se han recuperado de los ficheros archivados en Geofísica y a través de consulta a la Base de Datos SIGEOF. Otros datos han sido objeto de especial obtención para este Proyecto, según se describirá en cada caso.

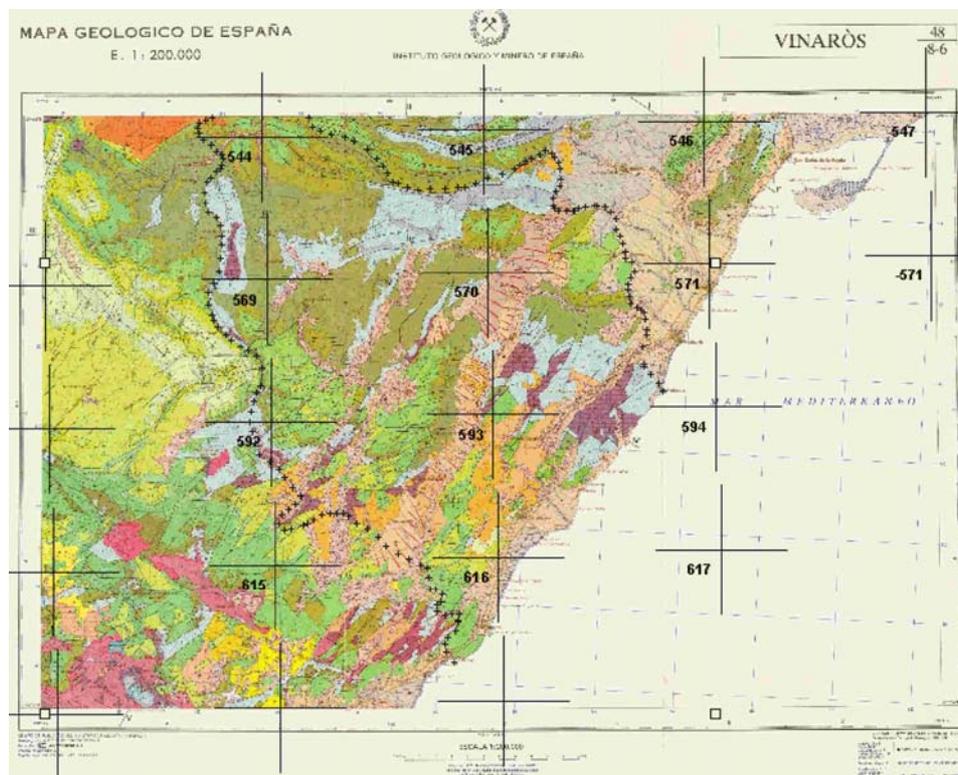


Figura 1. Hoja Geológica 1/200.000 n° 48 VINAROS, con indicación del límite de las correspondientes hojas a escala 1/50.000 que comprende y límite del acuífero Jurásico del Maestrazgo (línea de cruces +)

Toda la información recogida y generada se ha posicionado sobre el mapa geológico a escala 1/200.000, obtenido del fichero **editado_geo200_48** de INGEOS (hoja MAGNA scaneada)

(Figura 1), previa su referenciación en la aplicación SURFER con coordenadas UTM en huso 30.

2. Información geofísica encontrada

La información geofísica existente en esta zona es bastante amplia, obedeciendo a los siguientes orígenes:

- Trabajos de prospección eléctrica (Sondeos Eléctricos Verticales, SEV), realizados en gran parte del área oriental, sobre el Terciario y Cuaternario, con objetivos hidrogeológicos entre 1984 y 1993.
- Trabajos de prospección gravimétrica, realizados entre 1963 y 1979 para prospección de hidrocarburos, que cubren gran parte del acuífero, excepto el área subtabular central.
- La magnetometría aérea, efectuada en 1971 para prospección de hidrocarburos, cubre también gran parte del sector meridional del área.
- Existen varias campañas de Sísmica de reflexión, efectuadas entre 1973 y 1979, también para hidrocarburos, de las que solamente unas pocas líneas se sitúan dentro de los límites del área de estudio, en su parte nororiental.
- Se han localizado algunas testificaciones de sondeos profundos, efectuados junto a las líneas sísmicas, así como otros de menor profundidad realizados para prospección de lignito.

Sobre la información geoelectrónica se dispone de toda la documentación, tanto de datos de campo como de la interpretación efectuada.

La mayor parte de la información proporcionada por los estudios originales efectuados para prospección de Hidrocarburos ha sido utilizada posteriormente para dos grandes Proyectos de Geología del Subsuelo:

- El efectuado en el plan REA de ENDESA, desde 1987 a 1989, parte del cual fue posteriormente (1990) recogido en el trabajo de recopilación llevado a cabo por el IGME sobre Geología del Subsuelo.
- El llevado a cabo por el IGME para ENAGAS, “Consideraciones exploratorias sobre la investigación de formaciones y estructuras geológicas de interés para almacenamiento de gas en la hoja 48 Vinaroz (sector oriental del Maestrazgo)”, de 1995.

En estos trabajos se llega a elaborar documentos cartográficos sobre determinados pisos geológicos, pero debido a sus objetivos, estos resultados ofrecen un interés limitado para el Proyecto hidrogeológico que nos ocupa, ya que se centran fundamentalmente en formaciones del Triásico Medio y Superior (Keuper o Muschelkalk). Sobre los resultados elaborados de los trabajos originales de hidrocarburos no hay prácticamente ninguno disponible, por lo que sólo son utilizables los documentos brutos (líneas sísmicas, diagráffas, mapas de gravimetría y magnetometría).

En la Figura 2 se refleja de forma conjunta la posición de toda esta información. A continuación se pasará a definir la misma de forma detallada, tanto del tipo de documento

disponible o elaborado en este Proyecto, como de la interpretación de interés que haya sido encontrada.

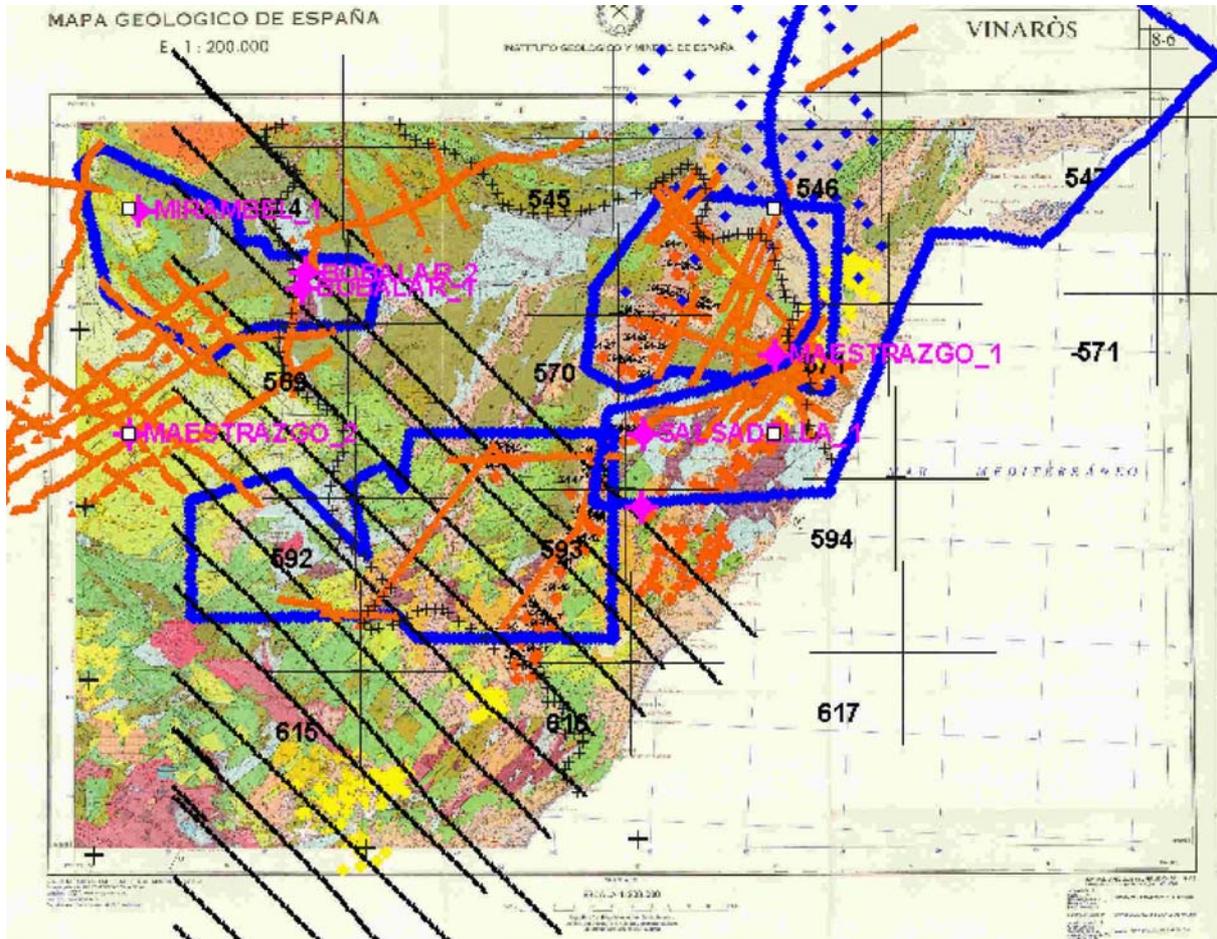


Figura 2. Posición general de la información geofísica encontrada. SEV: puntos rojos (amarillos para campañas fuera del área del acuífero). Gravimetría: puntos y límites de coberturas en azul. Aeromagnético: líneas de vuelo en negro. Sísmica de reflexión: líneas en naranja. Testificación de sondeos: en morado.

3. Información geoelectrica (SEV)

3.1 Investigación Geoelectrica de los Acuíferos de la Cuenca Baja y Media del Júcar. IGME (1984). N° CDIGME 40255 (ADG-N° 265)

Proyecto realizado con el objetivo de mejorar el grado de conocimiento sobre varias zonas, para ubicación de sondeos de abastecimiento de agua a núcleos urbanos. Cubre dos áreas: al norte, en la Plana de Vinaroz-Peñíscola, sobre parte del sistema acuíferos 55 (Javalambre-Maestrazgo, actual Subsistema Vinaroz-Peñíscola), marcados en color azul en la Figura 3, y al sur, en la Plana de Oropesa-Torreblanca, en el acuífero n° 50 (actual Acuífero Jurásico del Maestrazgo), quedando dentro de las hojas 1/50.000 571 y 594, y marcados en rojo sobre la Figura 3. Se efectuaron 120 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), con AB/2 entre 500 y 1000 m, medidos en su mayoría sobre el Cuaternario.

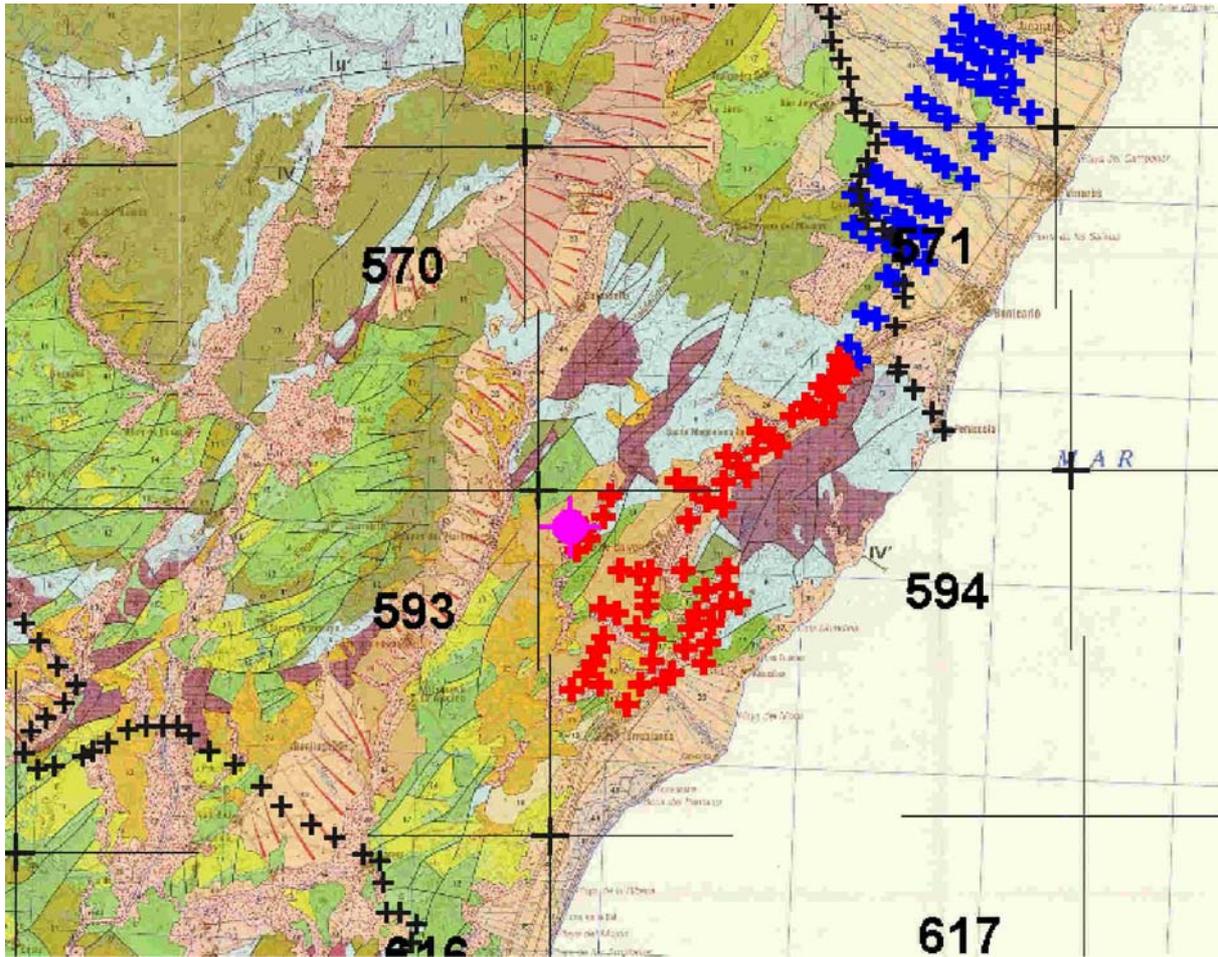


Figura 3. Posición de los SEV del Informe 265. En azul, sobre el Subsistema Vinaroz-Peñíscola, en rojo sobre el Acuífero Jurásico del Maestrazgo. Puntos morados: sondeos del área de Gavia (Informe 471)

Se dispone de la siguiente documentación:

Plana de Vinaroz-Peñíscola : 58 SEV

- ficheros de posición **265_7posicion.xls** (X,Y,Z (sin dato), nº SEV)
- Datos de campo (AB/2, resistividad aparente) en los ficheros **265_7vp_xx.rpd**. Las hojas de campo en papel bilogarítmico se encuentran también en el informe.
- Ficheros con el resultado de la inversión: **265_7vp_xx.mdl** (profundidad, resistividad)
- Los cortes con la interpretación geoelectrica, establecida en 11 perfiles (Planos nº 16 y 17 del Informe), que han sido escaneados, y se encuentran en los ficheros: **265_p16** y **265_p17**

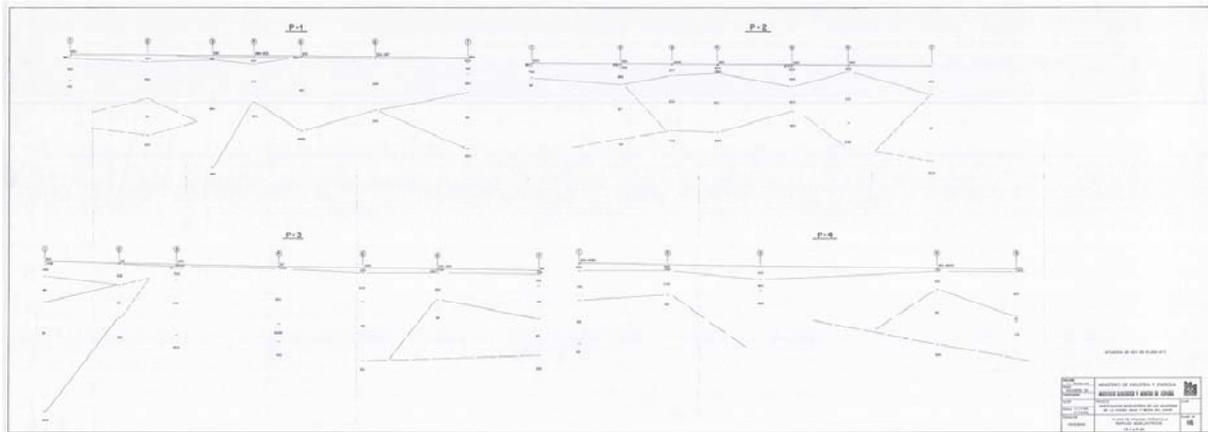


Figura 4. Perfiles geoelectricos de la Plana Vinaroz-Peñíscola (fichero 265_p16)

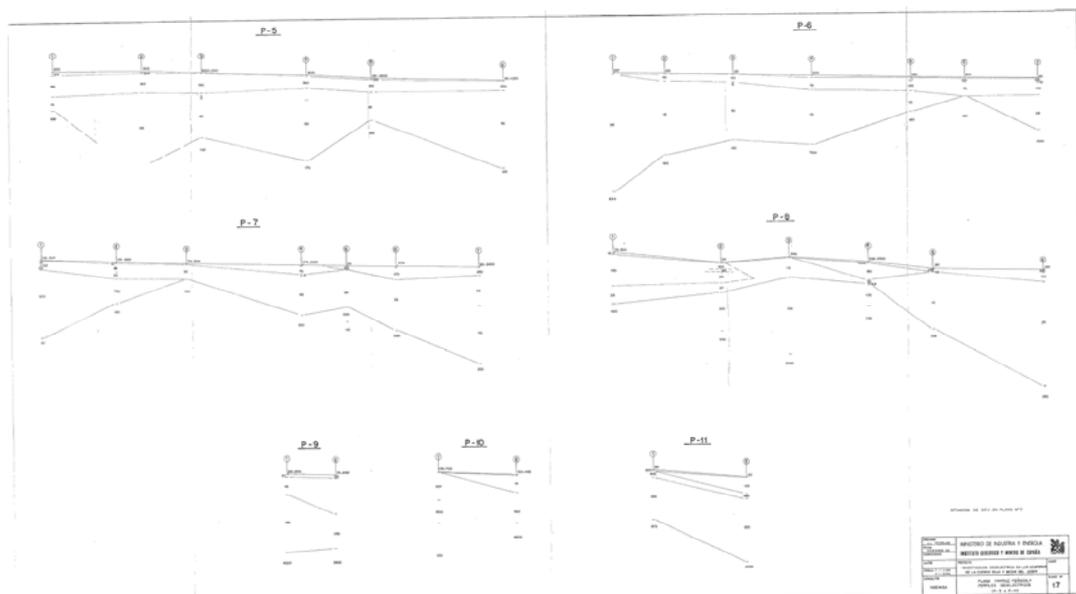


Figura 5. Perfiles geoelectricos de la Plana Vinaroz-Peñíscola (fichero 265_p17)

Plana de Oropesa-Torreblanca: 62 SEV

- fichero de posición **265_8posicion.xls** (X,Y,Z (sin dato), SEV)
- Datos de campo en los ficheros **265_8op_xx.rpd** (AB/2, resistividad aparente). Las hojas de campo en papel bilogarítmico se encuentran también en el informe.
- Ficheros con el resultado de la inversión: **265_8op_xx.mdl** (profundidad, resistividad)
- Los cortes con la interpretación geoelectrica, establecida en 18 perfiles (Plano nº 18 al 21 del Informe). Se ha escaneado el plano 18, fichero: **265_p18**

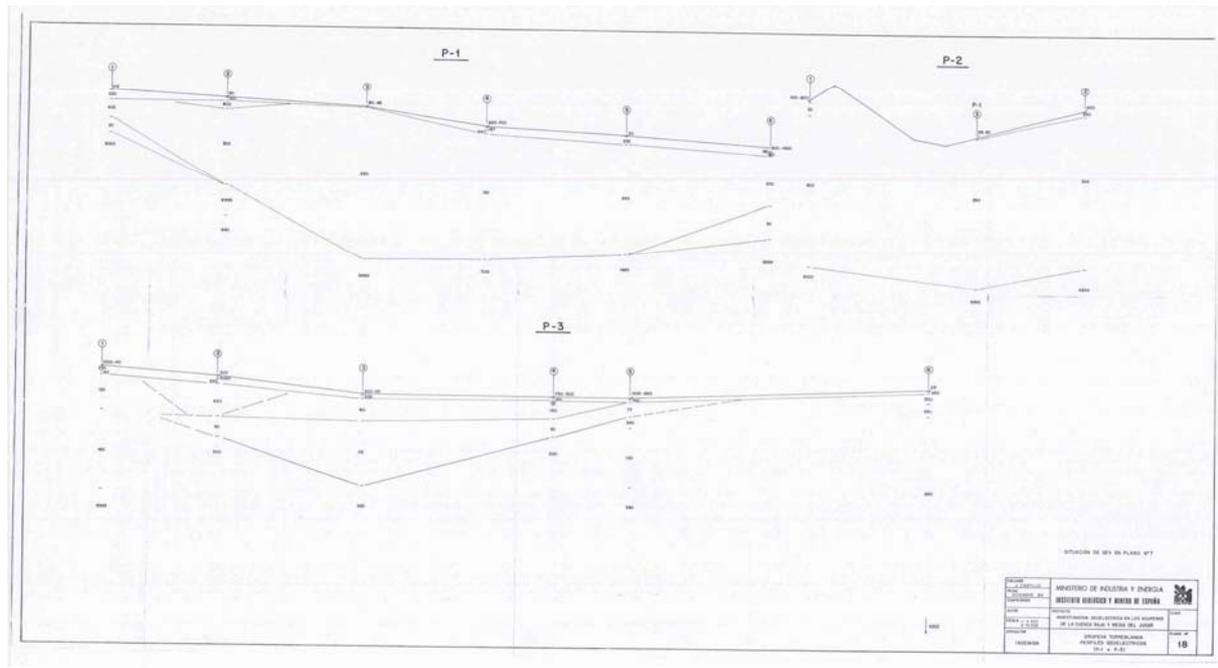


Figura 6. Perfiles geoeléctricos de la parte Sur de la Plana Oropesa-Torreblanca (archivo 265_p18)

En el propio Informe se realiza una explicación de los cortes geoeléctricos, que se transcribe parcialmente:

La Plana de Vinaroz-Peñíscola está ocupada en su mayor parte por materiales cuaternarios y pliocuaternarios que se disponen sobre la serie cretácica, esencialmente carbonática, que aflora en el borde occidental de la zona en los relieves residuales que emergen de la llanura.

Los objetivos de la campaña de investigación geofísica consisten en definir la geometría de los materiales detríticos de la Plana de Vinaroz-Peñíscola en las zonas de borde, así como la evolución de la profundidad del **substrato calizo mesozoico**, con el fin de conocer las relaciones hidráulicas laterales entre la unidad hidrogeológica de la Plana y los acuíferos que afloran en sus bordes. Complementariamente se pretende obtener información sobre la viabilidad de explotación, en estas zonas, del acuífero carbonatado mesozoico.

Se obtuvieron las siguientes conclusiones (los perfiles siguen las alineaciones de SEV, ordenados de Norte a Sur):

- En los perfiles P-1 a P-4 (Figura 4) se observa que, en general, los valores de resistividad detectados son elevados, diferenciándose bajo unos niveles superficiales (hasta 35 m) de variada resistividad, un conjunto con valores comprendidos entre 100 y 400 $\Omega.m$ (a profundidades incluso de 250 m) que podría atribuirse a depósitos detríticos recientes dispuestos sobre materiales carbonáticos del Cretácico de alta resistividad.
- En los extremos de todos estos perfiles, los valores de resistividad inferiores a 100 $\Omega.m$ detectados a profundidades relativamente elevadas (llegando incluso a 400 m), se identificarían con terrenos de carácter margoso

- Los perfiles P-5 a P-11 (Figura 5) presentan características comunes diferenciándose a grandes rasgos tres conjuntos de diferente resistividad:
 - Nivel Superior, de resistividad variable pero superior a 100 Ω .m, atribuido a depósitos detríticos recientes, cuyos espesores podrían sobrepasar en algunos puntos los 50 metros.
 - Nivel Intermedio. Valores de resistividad inferiores, en general, a los 50 Ω .m y espesor muy variable que llegaría en algunos puntos hasta 250 m.
 - Nivel Inferior que corresponde a un substrato resistivo con valores de resistividad siempre superiores a 100 Ω .m que presentan un notable grado de adaptación a los relieves carbonatados existentes entre los perfiles

La Plana de Oropesa-Torreblanca, dentro del acuífero Jurásico del Maestrazgo, en el sector estudiado está ocupada por materiales cuaternarios y terciarios bordeados por materiales mesozoicos carbonáticos que conforman los relieves de sus límites. La investigación realizada tiene por objeto precisar las características del contacto de los materiales de borde con el relleno mioceno y cuaternario de la Plana, así como su disposición en profundidad. Los sondeos mecánicos del área de Gavia, testificados de gamma natural, podrían ser de utilidad para la interpretación de los SEV 17-3 y 17-4 (ver Informe 471). Se han obtenido las siguientes conclusiones, para el Sur de esta zona (Figura 6):

- De los tres perfiles realizados en el Sur de esta zona, los dos primeros presentan características similares. Tienen valores de resistividad muy elevados y se diferencia un potente conjunto con resistividad inferior a 1000 Ω .m y otro infrayacente en el que la resistividad llega a ser próxima a 10000 Ω .m a una profundidad incluso de 300 m.
- El tercer perfil, con trazado paralelo a las alineaciones montañosas de borde, difiere notablemente con respecto a los anteriores, disminuyendo las resistividades hasta valores inferiores a 100 Ω .m, lo que pondría de manifiesto la presencia de materiales margosos suprayacentes a un substrato resistivo situado a profundidades que podrían superar los 150 metros.

3.2 Investigación Geofísica mediante SEV en la zona de San Mateo (Castellón). ITGE. 1990. (ADG-Nº 391)

Esta campaña de Geofísica mediante sondeos eléctricos SEV está integrada en el proyecto “Apoyo Geofísico a Investigaciones Hidrogeológicas 1989-1992”. La zona de estudio ocupa una gran extensión, y se encuentra ubicada dentro de las hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50000 nº 616, 593, 570, 571 y 546, y se sitúa sobre los acuíferos del Turnell, Depresión de San Mateo, depresión de Cuevas de Vinromá, y depresión de Alcoceber (Figura 7). El objetivo de este trabajo es definir la morfología del sustrato calizo bajo los sedimentos cuaternarios.

El número de SEV realizados fue de 45 con un AB/2 normalmente de 1000 m.

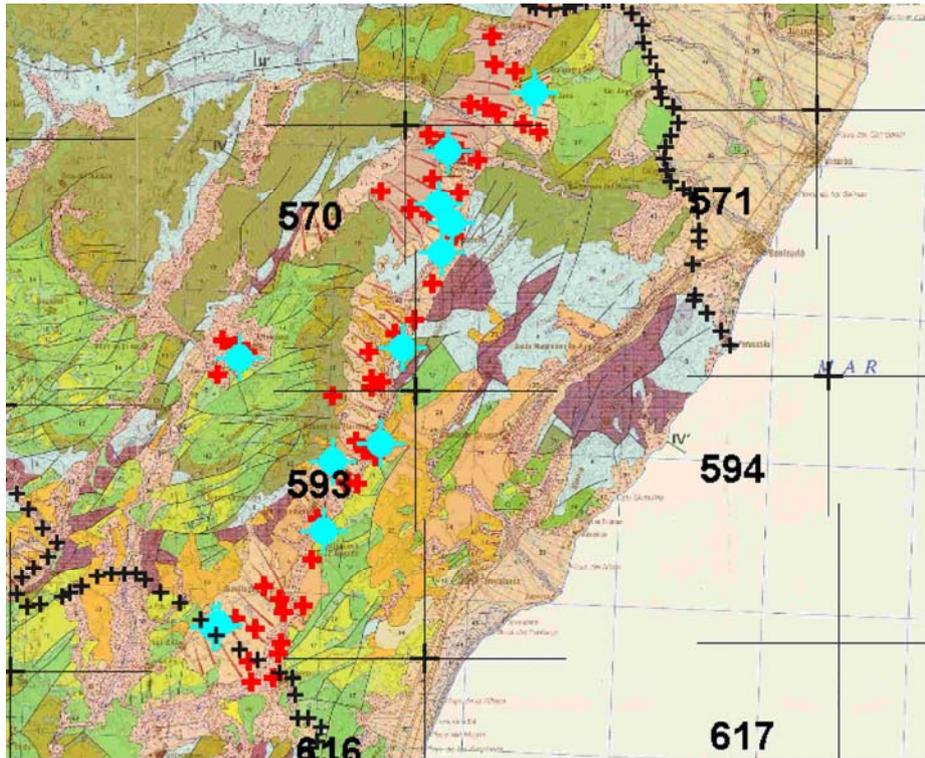


Figura 7. Posición de los SEV del Informe 391. Cruces rojas: SEV. Cruces negras: límite del acuífero Jurásico. Puntos azules: sondeos mecánicos de apoyo a la interpretación.

Se dispone de los siguientes datos:

- Situación de los SEV en el fichero **391posicion.xls** (X,Y,Z,SEV)
- Curvas de campo 53 SEV (45 + 8 repetidos) ficheros **391_xx.rpd** (AB/2-resistividad)
- Ficheros con el resultado de la interpretación: **391_xx.mdl** (profundidad, resistividad)
- 14 cortes geoelectricos 1 a 14.(Planos nº 2,3,4,5 del Informe), que han sido escaneados y corresponden a los ficheros **391_p2** ,**391_p3**, **391_p4** y **391_p5**
- Fichero de posición de los sondeos mecánicos utilizados en la interpretación **sondeosm_391.xls**, cuya descripción litológica está recogida en el Anexo 1.

A la hora de realizar la interpretación se han tenido en cuenta algunos sondeos mecánicos existentes en la zona, con profundidades de 140 a 353 m: sondeos 701, 6008, 8001, 1001, 1004, 1005, 6015, 4011, 4010, 7001, 8001 y 1016. En el capítulo 8 de este Informe se proporciona más información de estos sondeos.

Con todos los SEV realizados se han confeccionado 14 cortes geoelectricos: planos 2, 3, 4 y 5, reproducidos en las Figuras 8, 9,10 y 11. La numeración de los perfiles se realiza de Sur a Norte del área cubierta.

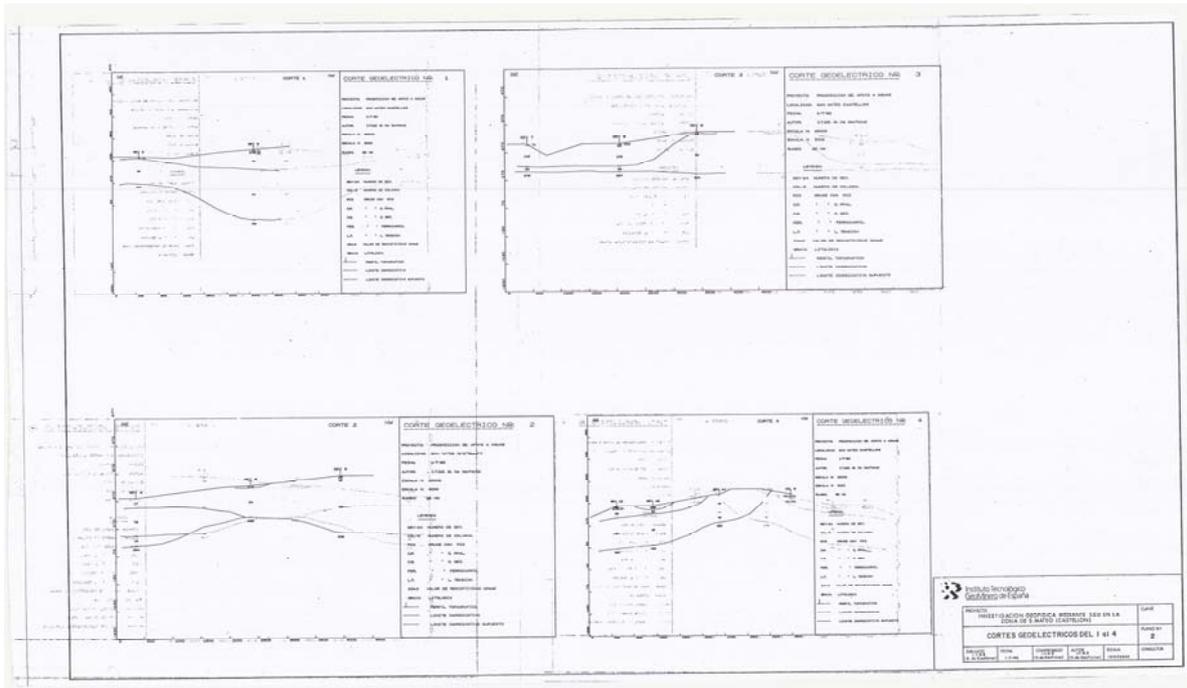


Figura 8. Cortes geoelectrónicos 1 a 4. Fichero 391_p2

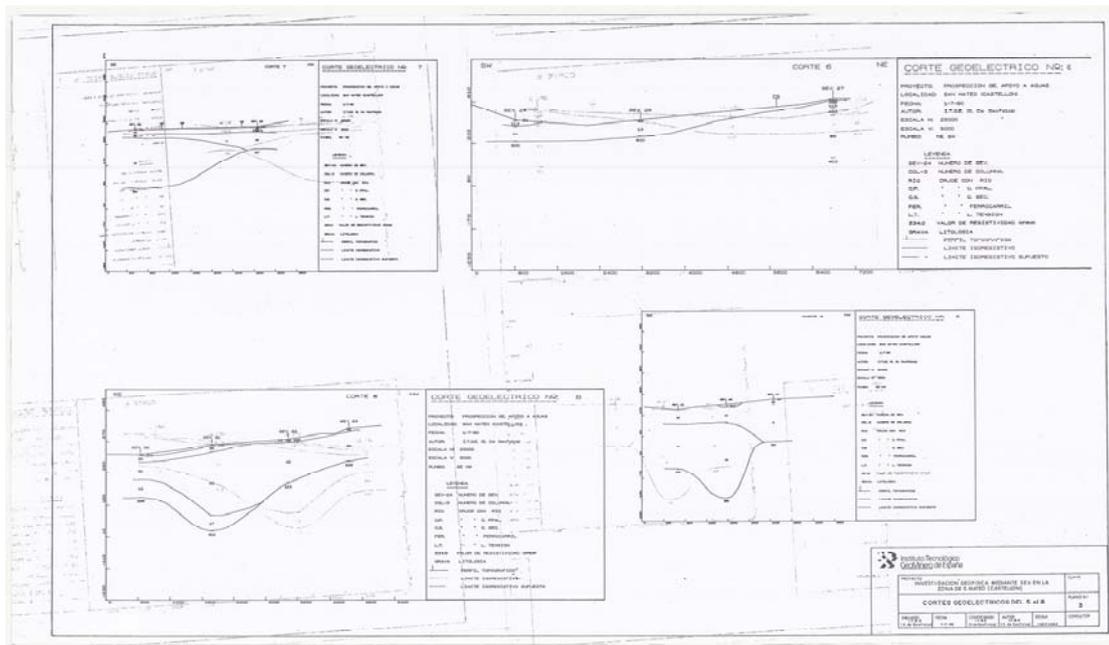


Figura 9. Cortes geoelectrónicos 5 a 8. Fichero 391_p3

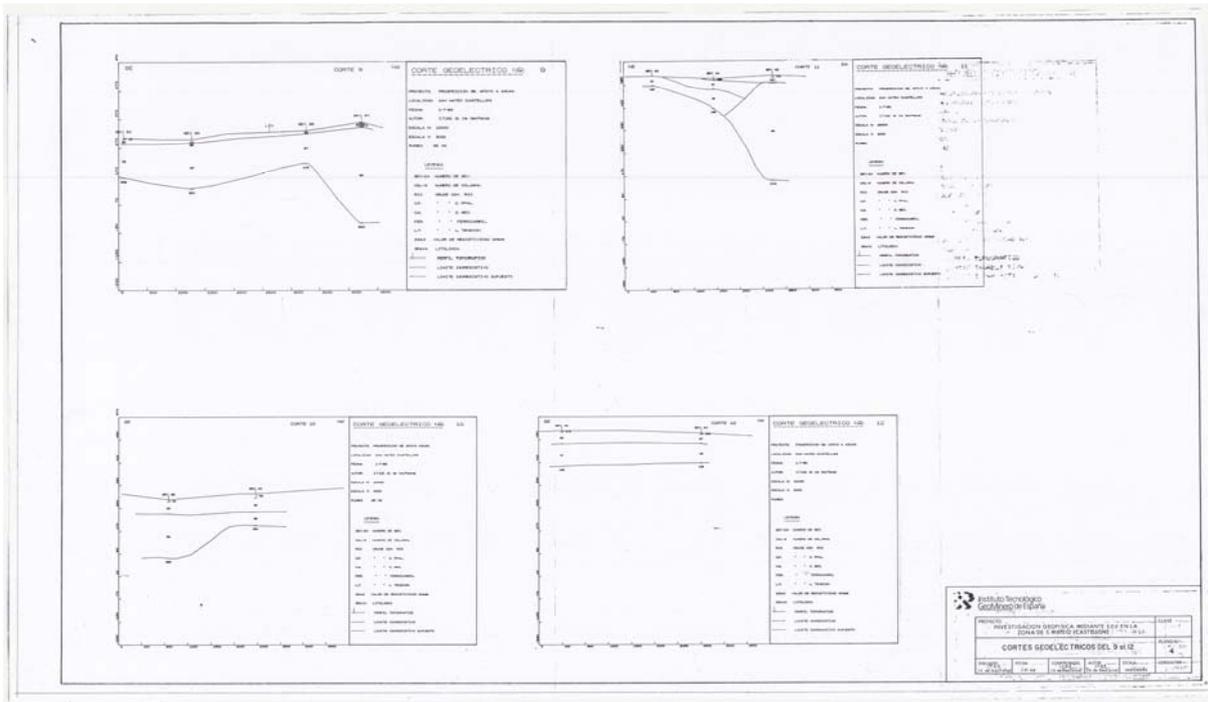


Figura 10. Cortes geoelectricos 9 a 12. Fichero 391_p4

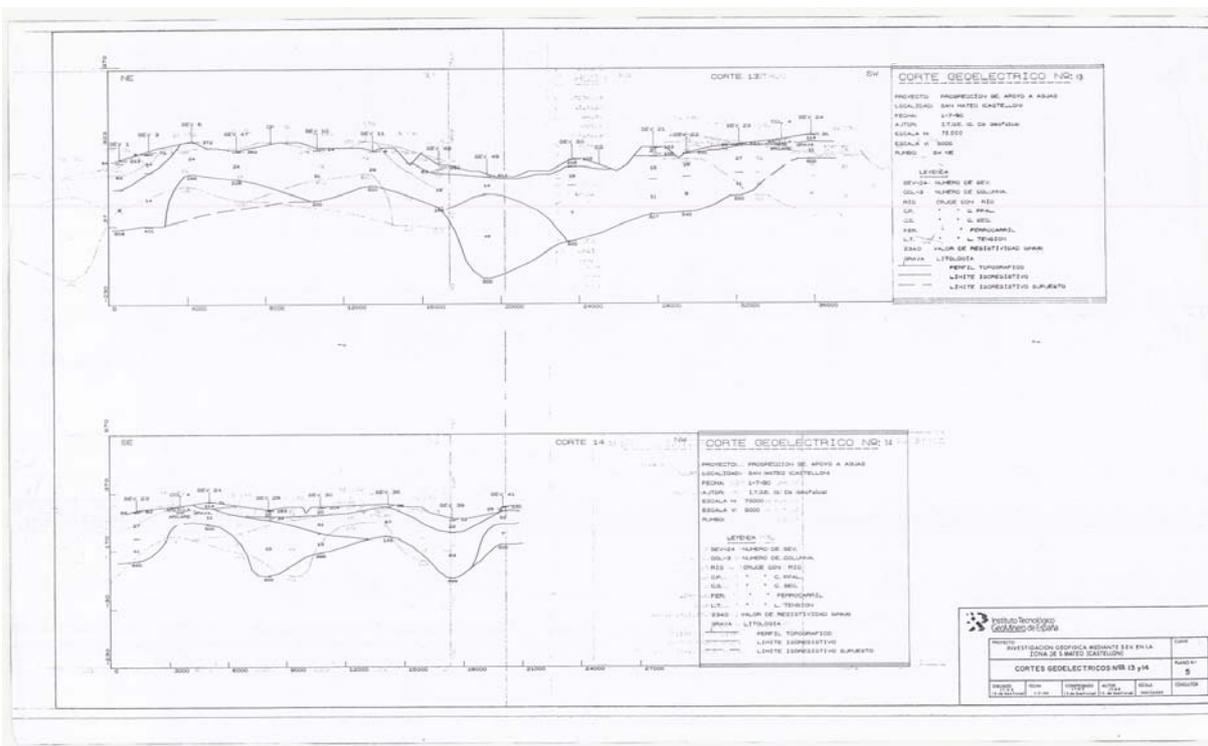


Figura 11. Cortes geoelectricos 13 y 14. Fichero 391_p5

En todos los cortes geoelectricos se observa un pequeño tramo de poco espesor (unos pocos metros), que corresponde a materiales superficiales y que no han sido tenidos en cuenta en la

interpretación (aunque se halla representado en los cortes). Este tramo presenta un carácter poco definido, unas veces conductor, otras resistivo.

Por debajo de este tramo superficial se encuentra un tramo de carácter conductor ($9 \Omega.m$), que parece corresponder al Terciario, en el que se observan variaciones en los valores de resistividad que indican la existencia de cambios de facies, así como la diversa composición de estos materiales (arcilla, tramos conglomeráticos, arenas, etc.).

Por último se observa una base resistiva (en algunos puntos alcanza una profundidad de hasta 350 m) que se hace corresponder con los materiales del substrato calizo buscados. Este tramo presenta también variedad en los valores de resistividad, aunque se ha procurado asignarle un valor uniforme de unos $500 \Omega.m$. En los casos donde no es así puede ser debido a la orientación de las alas tomada a causa de las características del terreno.

Existe un tramo resistivo en el corte 13, en los SEV 6 y 8r, donde éste puede no corresponder al sustrato buscado, sino que puede ser material conglomerático no Jurásico, dada la poca profundidad a la que se localiza. Este dato ha sido deducido de la consulta sobre esta interpretación realizada a los técnicos de Valencia conocedores de la zona. Es posible que en los sondeos próximos a éstos (2, 4, 5...) este dato deba tenerse en cuenta.

Los sondeos mecánicos coinciden en general bastante bien con esta interpretación; solamente el sondeo 1001 que no llega hasta las calizas, pone en duda los cortes 13 y 14 entre los sondeos 23 y 24; no obstante el sondeo 1004, próximo al anterior, sí concuerda bien con la interpretación adoptada en los sondeos 24 y 29. Esto parece indicar la posible existencia de cambios rápidos en distancias próximas y la importancia que parece tener en algunas zonas la ubicación de los SEV a la hora de proceder a la interpretación

Los cortes 11 y 12 se correlacionan bien; la interpretación obtenida del sondeo 45, la cual no ha sido posible modificar, parece indicar un cambio en las características de la Cuenca con respecto al resto de los sondeos.

En conclusión, se puede decir que salvo en los casos señalados, y con los datos de los que se dispone es posible seguir la morfología del sustrato buscado en los cortes representados.

3.3 Campaña Geofísica Mediante SEV en Villafamés (Castellón).IGME. 1993. (ADG-Nº 465)

Aunque esta campaña se encuentra fuera del área contemplada del acuífero jurásico del Maestrazgo, se incluye en esta recopilación por su especial interés, al haberse efectuado la interpretación mediante SEV parámetros junto a sondeos mecánicos.

El trabajo está realizado en la cubeta de Villafamés, integrada dentro del subsistema del Maestrazgo, y con materiales de relleno cretácicos, terciarios y cuaternarios, aunque estos dos últimos con poca entidad, si bien son los aflorantes en toda la zona, bordeada por afloramientos de materiales del Cretácico y Jurásico. El objetivo de este trabajo fue estudiar el espesor de estos materiales de relleno y la morfología del sustrato. La campaña consistió en 16 SEV de AB/2 1000 m, totalmente medidos en la hoja topográfica 1/50000 nº 616 (Figura 12).

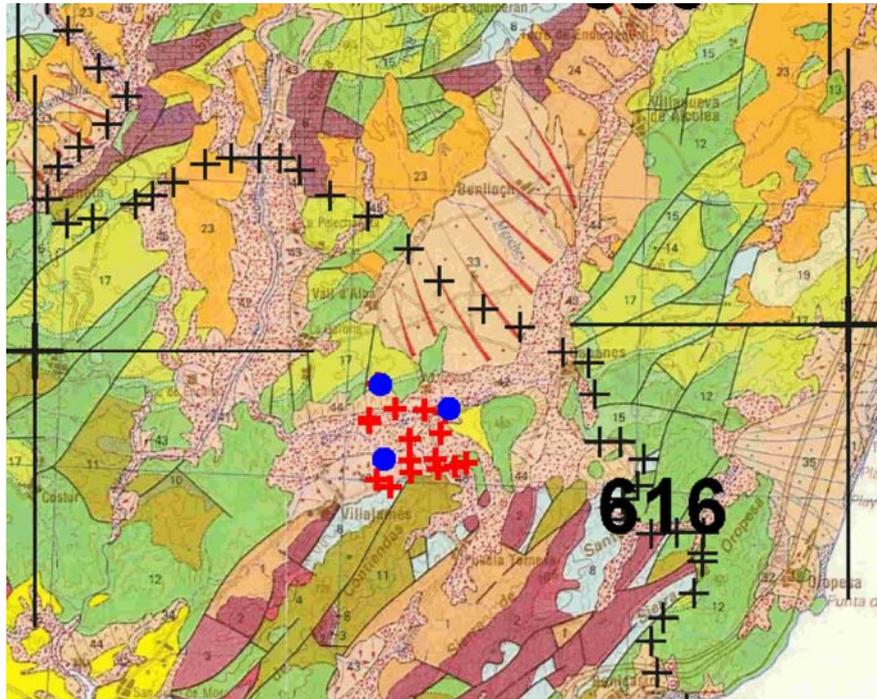


Figura 12. Posición de los SEV de la zona de Villafamés, junto con los sondeos mecánicos que sirvieron de apoyo a su interpretación.

Se dispone de la siguiente información:

- Datos de situación de los SEV en el fichero **465posición.xls** (X,Y,Z,SEV)
- Datos de campo en los ficheros **465_xx.rpd** (AB/2-resistividad aparente)
- Resultado de la inversión (interpretación) en los ficheros **465_xx.mdl** (profundidad-resistividad)
- Fichero de posición de los sondeos mecánicos La Balsa (278 m), San Patricio (240 m) y Villa Roig (240 m), utilizados en la interpretación: **sondeosm_465.xls**; las columnas litológicas se encuentran recogidas en el capítulo 8 de este Informe.
- Los 7 cortes geoelectrónicos efectuados y representados en las Figuras 3, 4, 5 y 6 del informe 465, han sido escaneados y se encuentran en los ficheros **465_F3**, **465_F4**, **465_F5** y **465_F6**, reproducidos en las Figuras 13 a 16.

Los SEV se han distribuido por toda la zona intentando obtener la mayor información posible de la misma. Se han representado 7 cortes geoelectrónicos en los cuales se han correlacionado las interpretaciones obtenidas en los SEV.

NOTA: Leyenda para las figuras.

- Tramo rojo: Cuaternario y Terciario.
- Tramo amarillo: Materiales cretácicos del Gargasien principalmente.
- Tramo verde: Materiales cretácicos del Bedoulien.
- Tramo azul: Materiales Jurásicos y de la base del Cretácico.
- Tramo naranja: Materiales Triásicos.

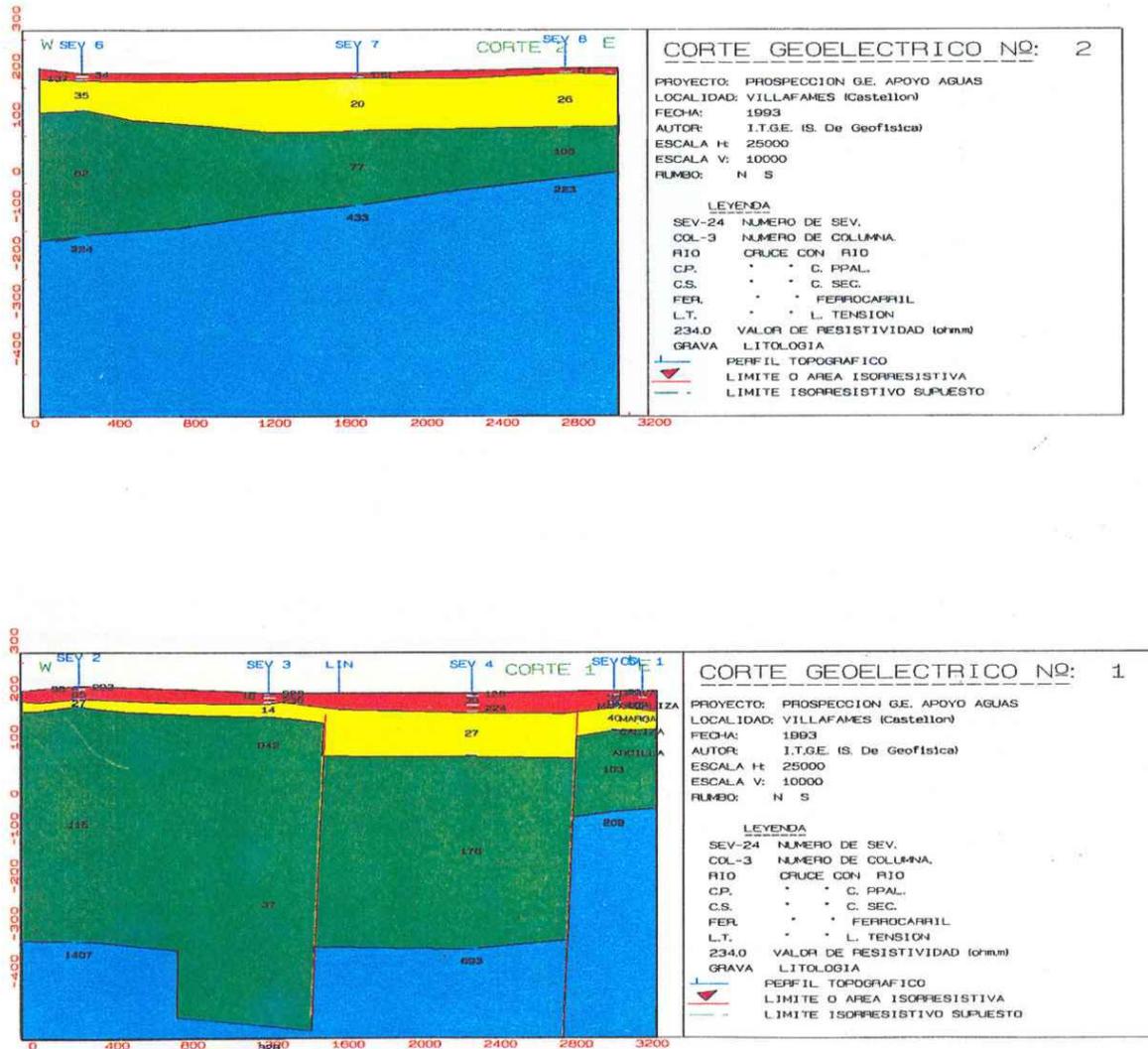


Figura 13. Cortes geoelectrónicos 1 y 2 de la zona de Villafamé. Fichero 465_F3

En el corte 1 (Figura 13, inferior), el SEV 5 es un paramétrico realizado junto al sondeo mecánico Villa Roig, cuya interpretación muestra un tramo heterogéneo hasta los 35 m, primero conductor de 30 $\Omega.m$ y luego resistivo con 170 $\Omega.m$, que puede corresponderse con los tramos margosos y de calizas del sondeo; a continuación hay un conductor de 41 $\Omega.m$ que se corresponde con un tramo margoso, le sigue un tramo con resistividad 130 $\Omega.m$ y que se identifica con los materiales del Bedouliense con carácter calizo-arcilloso. Por último se encuentra un tramo resistivo que se correlaciona con materiales jurásicos y de la base del Cretácico. El SEV 4 se correlaciona bien con el anterior y muestra un mayor espesor en todos los tramos, que están desplazados hacia abajo posiblemente debido al efecto de una falla. El SEV 3 es el que presenta un tramo final con menor calidad; se ha tomado como Bedouliense el conjunto del resistivo (942 $\Omega.m$) y del conductor (37 $\Omega.m$), que se intuye en la curva, prolongándose a gran profundidad (700 m), aunque estos valores son muy cuestionables debido a que la interpretación es dudosa. El último SEV de este corte, muestra una secuencia similar a los anteriores, con menor espesor del tramo cretácico del Gargasense y una elevada resistividad del sustrato (1407 $\Omega.m$).

En el corte 2 (Figura 13, superior) presenta las mismas características que el corte anterior, siguiendo el modelo obtenido en el SEV 5. El tramo cretácico del Bedouliense se estrecha hacia el Este, 230 m bajo el SEV 6 y unos 100 m en el SEV 2, elevándose los materiales jurásicos y de la base del Cretácico simultáneamente, el espesor de los materiales cretácicos del Gargasiense es de unos 70 m en el SEV 6 y unos 120 m en los otros.

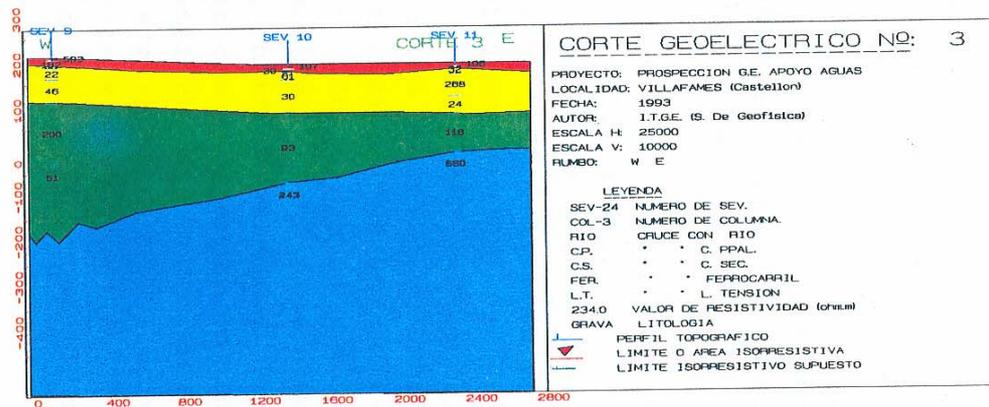
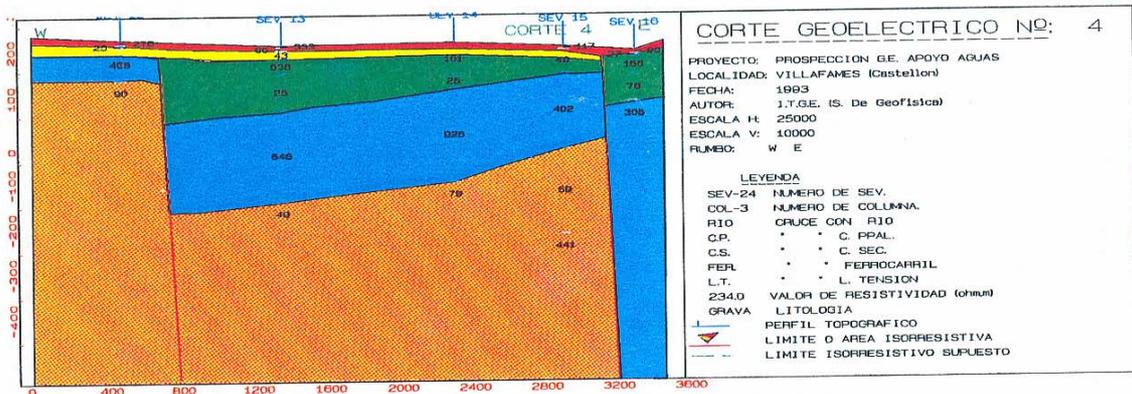


Figura 14. Cortes geoelectricos 3 y 4 de la zona de Villafamés. Fichero 465_F4

El corte 3 (Figura 14, inferior) presenta las mismas características. Bajo el SEV 11 se observa un tramo resistivo (268 Ω .m) dentro del conjunto Cretácico Gargasiense. El conjunto Cretácico del Bedouliense bajo el SEV 9 presenta un tramo superior de unos 130 m con carácter resistivo (200 Ω .m) y otro inferior de carácter más conductor (50 Ω .m). Bajo este SEV no se alcanza el sustrato.

En el corte 4 (Figura 14, superior) se observa el menor espesor de los materiales cretácicos del Gargasiense y que prácticamente desaparecen bajo el SEV 16; dos discontinuidades separan los SEV 12 y 16 del resto del corte. Bajo el SEV12 los materiales cretácicos del Gargasiense descansan directamente sobre los jurásicos, teniendo éstos un espesor de uno 60 m; el sustrato conductor se ha tomado como triásico. Existe otra interpretación que atribuye a los dos tramos como pertenecientes a materiales cretácicos del Bedouliense como en el SEV9, sin que llegue al sustrato jurásico. Los SEV 13 y 14 presentan características similares, con un

estrechamiento de los materiales cretácicos del Bedouliense hacia el Este y la presencia de un sustrato triásico; bajo el SEV 15 se observa una última capa resistiva de 441 Ω .m. Por último el SEV 16 muestra los dos tramos cretácicos bedoulienses y el sustrato jurásico a 115 m.

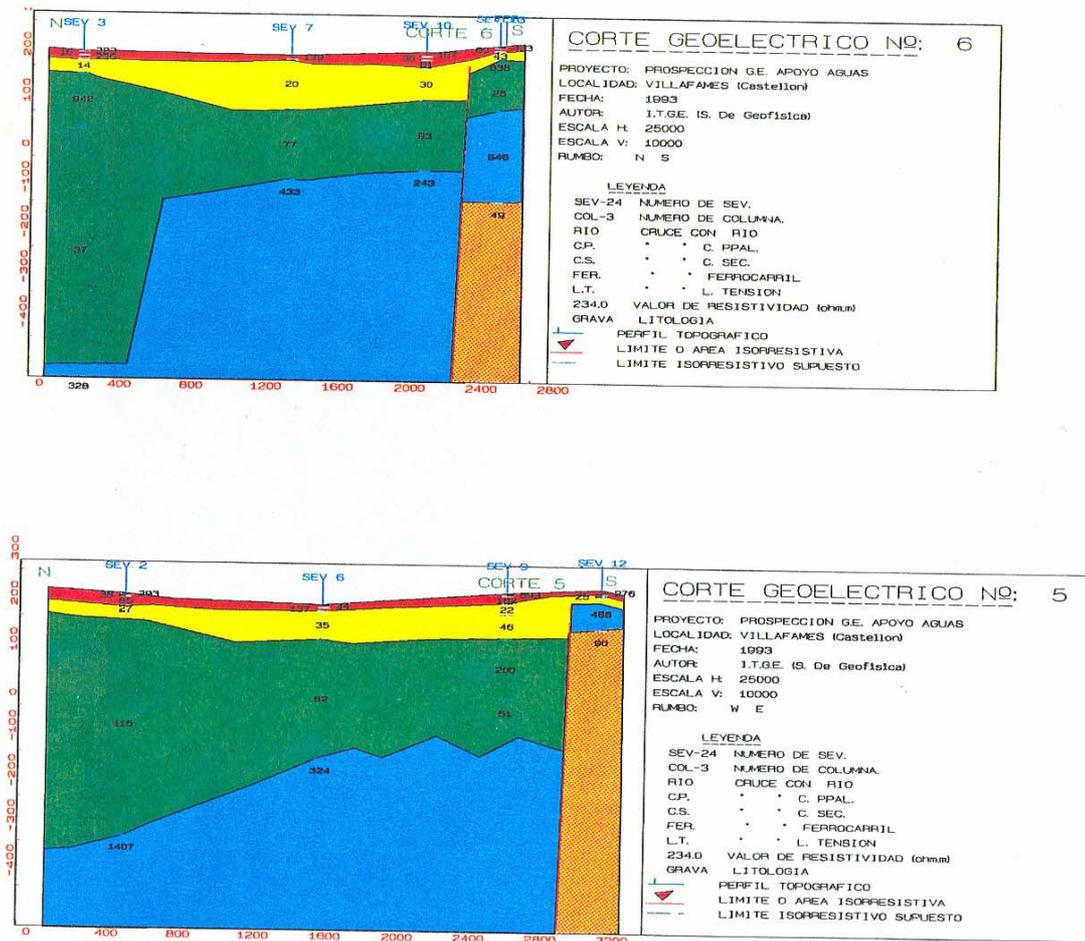


Figura 15. Cortes geoelectricos 5 y 6 de la zona de Villafamés. Fichero 465_F5

El corte 5 (Figura 15, inferior) es perpendicular a los anteriores, y en él se observa el desarrollo de la cuenca bajo los SEV 2, 6 y 9, y separado por una discontinuidad el SEV 12; se recuerda la otra posible interpretación de este SEV mencionada al comentar el Corte 4.

En el corte 6 (Figura 15, superior), el SEV3 muestra las características ya comentadas en el Corte 1. El resto del corte muestra el desarrollo de la cuenca, separada por una discontinuidad del SEV 13.

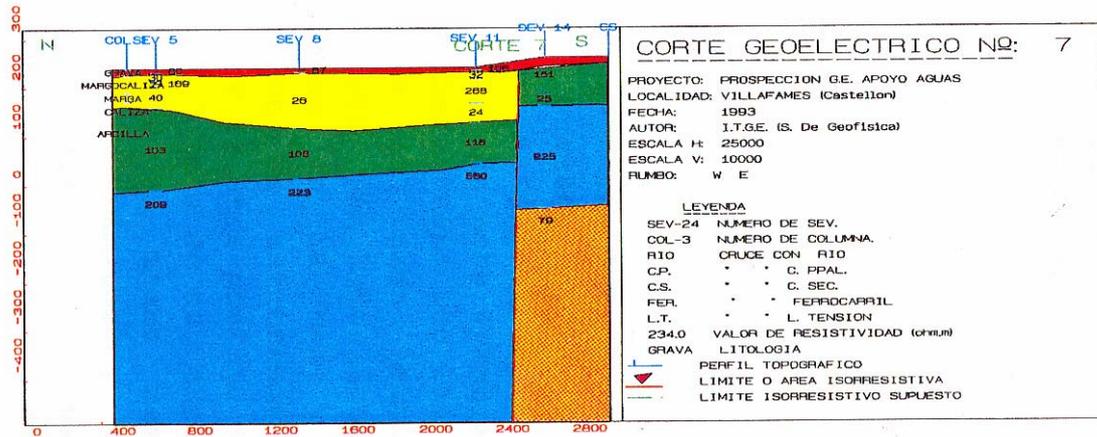


Figura 16. Corte geoelectrico 7 de la zona de Villafamés Fichero 465_F6

El corte 7 (Figura 16) presenta características similares al anterior. Tiene correlación con el sondeo mecánico de la Basa, ubicado en las calizas del Cretácico superior que afloran al Norte de la zona (SEV parámetro P1).

En conclusión, la interpretación realizada con los SEV en la zona de Villafamés indica la presencia de una cuenca con un espesor medio de relleno de materiales cuaternarios-terciarios que, aunque es difícil de precisar, parece no sobrepasar los 50 m. Por debajo se encuentran materiales cretácicos del Gargasense con presencia de tramos más margosos y otros más calizos y arenosos; el mayor espesor de este tramo se encuentra bajo los SEV 7, 8 y 11 donde llega hasta los 110 m. Por debajo de este tramo se encuentra un tramo también de materiales cretácicos fundamentalmente del Bedouliense, y que hacia el Sur se hace más margoso en la base y más calizo en el techo. Toda la serie se va estrechando hacia el Este y hacia el Sur. En el SEV 12, otra posible interpretación es que los tramos de 468 $\Omega.m$ y de 90 $\Omega.m$ pertenezcan a esta serie. Por debajo, aparece un tramo resistivo que se ha asimilado a materiales jurásicos y de la base del Cretácico; esta serie constituye el sustrato en toda la cuenca excepto en el Sur, Corte 4, donde por debajo aparece un tramo conductor la mayoría de las veces tomado con uno o dos puntos únicamente de la curva y que se ha tomado como materiales triásicos. El SEV 3 presenta una interpretación dudosa en los tramos finales de la curva, por lo que los valores representados y su correlación dentro de los cortes debe tomarse como más dudosa. En general, la cuenca se va elevando hacia el Sur separada por unas discontinuidades (fallas) del corte n.º 4 donde aparecen materiales triásicos en el sustrato.

4. Información de Gravimetría

4.1 Valores digitales

Los únicos valores digitales que existen sobre el área de la hoja 1/200.000 n° 48 son las procedentes del **Mapa gravimétrico de Cataluña 1:500000**, realizado por el Servicio Geológico de Cataluña en 1986 (Informe n° 492 del ADG), e integrados dentro de la base de datos SIGEOF.

Este mapa (Figura 17) fue elaborado mediante el procesado de 2366 estaciones apoyadas en 35 bases gravimétricas unidas al sistema IGSN71, utilizando como referencia el Geoide de 1967. El 65% de las observaciones fueron medidas específicamente para ese mapa, mientras que el resto son datos disponibles de organismos públicos y compañías privadas. La influencia del relieve en las observaciones ha sido corregida hasta una distancia de 167 km de los puntos de medida, considerando una densidad media del terreno de 2.67 g/cm^3 .

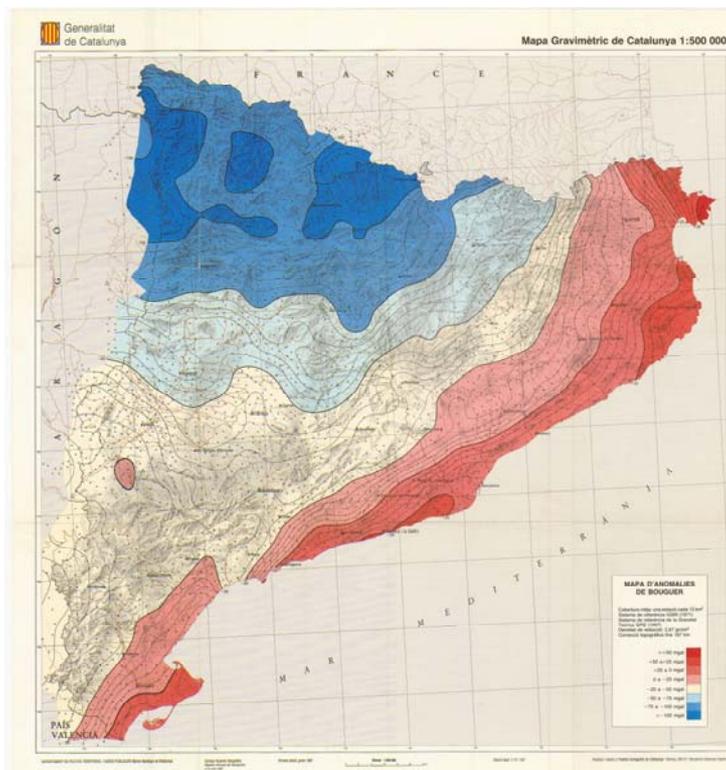


Figura 17. Mapa Gravimétrico de Cataluña. Imagen 492_mapa.jpeg.

Para el Proyecto de El Maestrazgo, únicamente son válidas 34 estaciones medidas dentro de la hoja 1/50000 n° 521 y 32 medidas en la n° 546 (Figura 18), que se han reunido en el fichero **521+546.txt** con el siguiente contenido:

Hoja50, XUTM30, YUTM30, Z, GRABS(gravidad observada) ,CTP(corrección topográfica próxima) ,CTT (lejana) ,BOUG(2,6), # IE IDTR(índices de calidad), habiéndose añadido para el proyecto HIPROMA las coordenadas en huso 31.

Estas estaciones pueden ser de utilidad para establecer un nivel de referencia gravimétrico de la zona. Con los datos del fichero 521+546.txt se ha dibujado (Figura 18) el correspondiente

mapa de anomalías de Bouguer, que presenta un fuerte gradiente descendente hacia el Noroeste.

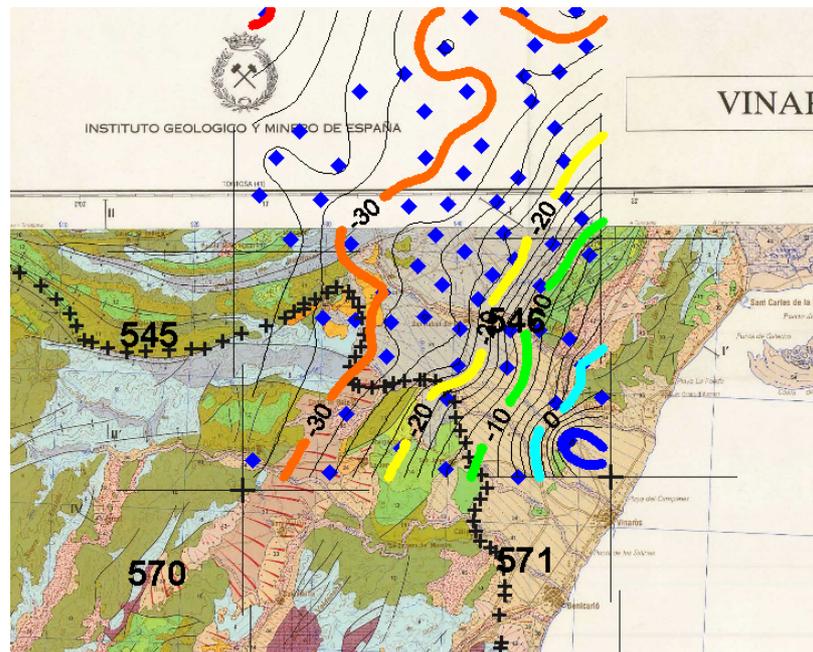


Figura 18. Estaciones gravimétricas del mapa de Cataluña dentro de las hojas 521 y 546; trazado de la anomalía de Bouguer en densidad 2.67 g/cm^3 . Mapa en fichero Bouguer521+546.srf. Datos en fichero 521+546.txt.

4.2 Mapas de anomalías de Bouguer en formato de papel

Se han localizado una serie de mapas de anomalías de Bouguer, procedentes de la recopilación de datos gravimétricos efectuada por el IGME en 1987 (Proyecto de recopilación de datos Gravimétricos y Aeromagnéticos de España. 1º Fase. IGME. 1987, Informe nº 328 del ADG, que tenía como objetivo realizar una síntesis de los mapas existentes), así como de la participación del Área de Geofísica en un proyecto para ENAGAS de almacenamiento subterráneo de gas (Informe interno IGME nº 515 del ADG). Todos estos mapas proceden del archivo de REPSOL, y pertenecen a una serie de campañas de gravimetría efectuadas sobre la zona del Maestrazgo con el objetivo de prospección de hidrocarburos, entre los años 1963 y 1979.

Los datos gravimétricos de interés se localizan en los siguientes dominios (Figura 19):

Área subtabular central, cubierta por la campaña: Estudio Gravimétrico (1) en el Maestrazgo realizado por INI Coparex en el año 1965. Este estudio fue utilizado en 1974 en los trabajos efectuados por Auxini en el permiso Cañada (Estudio Gravimétrico (2))

Área meridional: Estudio Gravimétrico (3) en las zonas de Vistabella del Maestrazgo y Cuevas de Vinromá, realizado por CGG para CAMPSA (¿1975?).

Área de horst y Fosas orientales:

- Estudio Gravimétrico (4) San Carlos Norte y Sur, realizado por CGG para CAMPSA en el año 1979.
- Campañas Estudio gravimétrico (5) en la zona de San Mateo, realizado por CGG para CAMPSA en 1979.

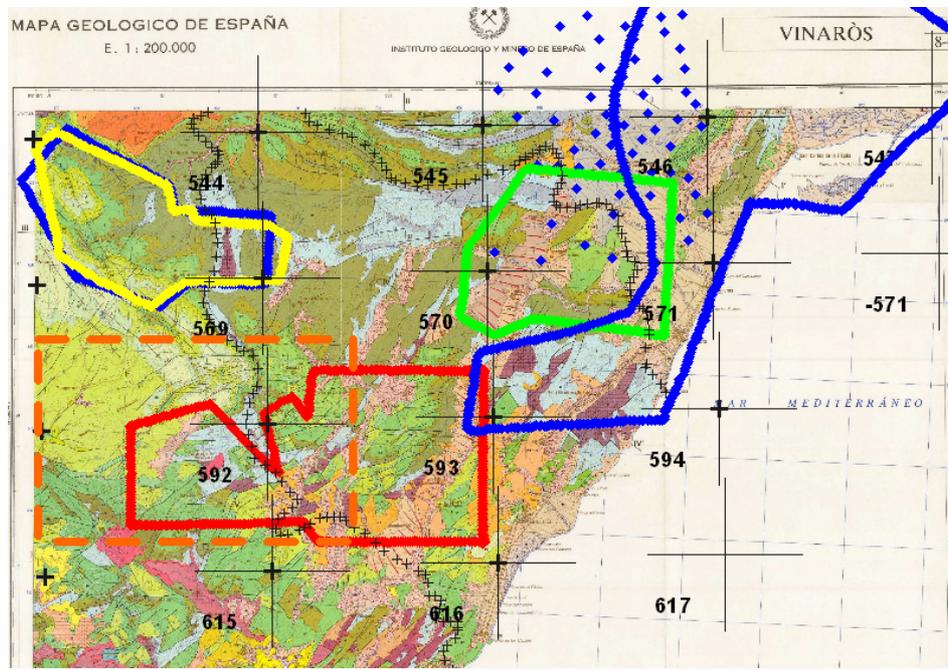


Figura 19. Zonas cubiertas por mapas de Anomalías de Bouguer. Amarillo: zona1 del Maestrazgo (y Cañada); rojo: zona3 de Vistavella; azul: zona4 de San Carlos; verde: zona5 de San Mateo. Se indica además la posición de las estaciones con valor de gravedad procedentes del Mapa de Cataluña (rombos azules). En línea discontinua naranja se indica la posición del mapa de anomalías de Shell de 1989.

Estas campañas fueron realizadas principalmente a lo largo de itinerarios por caminos según una planificación entonces típica de trabajos estructurales. La densidad de estaciones es variable, generalmente entre 0.5 y 2 estaciones/km², lo mismo que la densidad de reducción, comprendida entre 2.0 y 2.6 g/cm³. No existe ningún listado de valores, disponiéndose tan sólo de los mapas en papel de anomalías de Bouguer, que han sido escaneados y se encuentran en los ficheros de imágenes (posteriormente estos ficheros han sido preparados para su digitalización, por lo que se proporcionan aquí ambos nombres):

- (1) Estudio Gravimétrico en el Maestrazgo 1963. Fichero original **515_F3** y preparado **GRVMaestrazgo(1)**. Densidad de reducción 2.4 g/cm³, e intervalo de isolíneas de 0.5 mGal.
- (2) Estudio Gravimétrico en el permiso Cañada 1974. Fichero original **515_F-4** y preparado **GRVCañada(2)**. Densidad de reducción 2.4 g/cm³, e intervalo de isolíneas de 0.5 mGal.
- (3) Estudio Gravimétrico en las zonas de Vistabella del Maestrazgo y Cuevas de Vinroma. Fichero original **515_F-5** y preparado **GRVVistabella(3)**. Densidad de reducción 2.4 g/cm³, e intervalo de isolíneas de 0.25 mGal.

- (4) Estudio Gravimétrico San Carlos, originalmente en un único fichero **515_F6** que se ha dividido en las zonas San Carlos Sur, fichero preparado **GRVSanCarlosS(4)**, y San Carlos Norte fichero, **GRVSanCarlosN(4)** (existe además un fichero **delta.dxf** con las anomalías de San Carlos 1, con su correspondiente trazado de isolíneas, fichero **Delta(GraviSanCarlos).jpeg**). Densidad de reducción 2.4 g/cm^3 , e intervalo de isolíneas de 0.5 mGal. También existe un mapa en 2.55 g/cm^3
- (5) Estudio gravimétrico en la zona de San Mateo. Fichero original **515_F-7** y preparado **GRVSanMateo(5)**. La posición de las líneas sísmicas SM no están en el segundo fichero. Densidad de reducción 2.4 g/cm^3 , e intervalo de isolíneas de 0.25 mGal.

Estos datos gravimétricos tienen los siguientes números en el archivo de Hispanoil:

- (1) Maestrazgo: Coparex 65 , rollo 51 1/50.000, Hispanoil 1078, en densidad 2.4, 2.5 y 2.6, sólo en papel
- (2) Cañada: Auxini 74, rollo 33, densidad 2.4, contracalco 04241
- (3) Vistabella: CGG, rollo 50, Hispanoil 50723 1/50.000, densidad 2.4, sólo papel
- (4) S. Carlos: CGG 79, rollo 8, Hispanoil 50481 1/50.000, densidad 2.4 y 2.5, vegetal y papel
- (5) S. Mateo: CGG 79, rollo 50, 1/50.000, sólo papel.

Se han preparado ficheros de posición de los límites de todos los mapas anteriores:

- 1- Estudio Gravimétrico en el Maestrazgo. (**Poligono Maestrazgo.txt**)
- 2- Estudio Gravimétrico Permiso Cañada .(**Poligono Cañada.txt**)
- 3- Estudio Gravimétrico en las zonas de Vistabella del Maestrazgo y Cuevas de Vinromá. (**Poligono Vistabella.txt**)
- 4 - Estudio Gravimétrico San Carlos (1 y 2). (**Poligono S.Carlos.txt**)
- 5 - Estudio gravimétrico en la zona de San Mateo. (**Poligono S.Mateo.txt**)

Las coordenadas de representación de todos estos mapas gravimétricos están en el sistema Lambert. Solamente para la zona del Maestrazgo **1** (Figura 20) se encuentra representada en los mapas la posición de las estaciones gravimétricas y su valor. En los mapas del resto de las zonas aparecen unas marcas que pudiera ser la posición de las estaciones leídas, pero sin ir acompañadas del valor de anomalía correspondiente.

Las zonas del Maestrazgo-Cañadas (1 y 2) y San Carlos Norte (4), se encuentran prácticamente fuera de los límites del acuífero Jurásico del Maestrazgo (ver Figura 19), por lo que son de escasa utilidad; así mismo, el sector occidental de la zona de Vistabella (3). La zona de San Mateo (5) tiene un pequeño solape con San Carlos Sur (4).

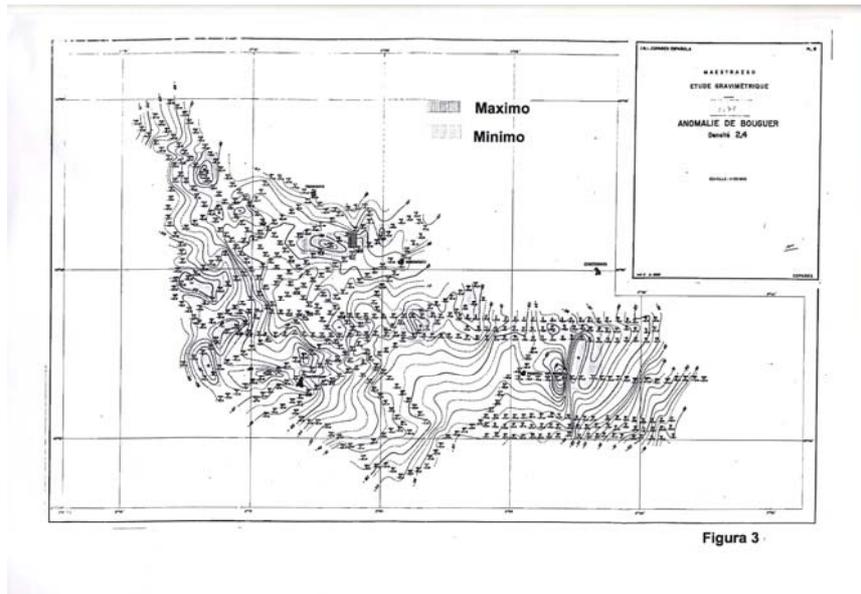


Figura 20. Mapa de anomalías de Bouguer de la zona Maestrazgo(1) Ficheros original 515_F3

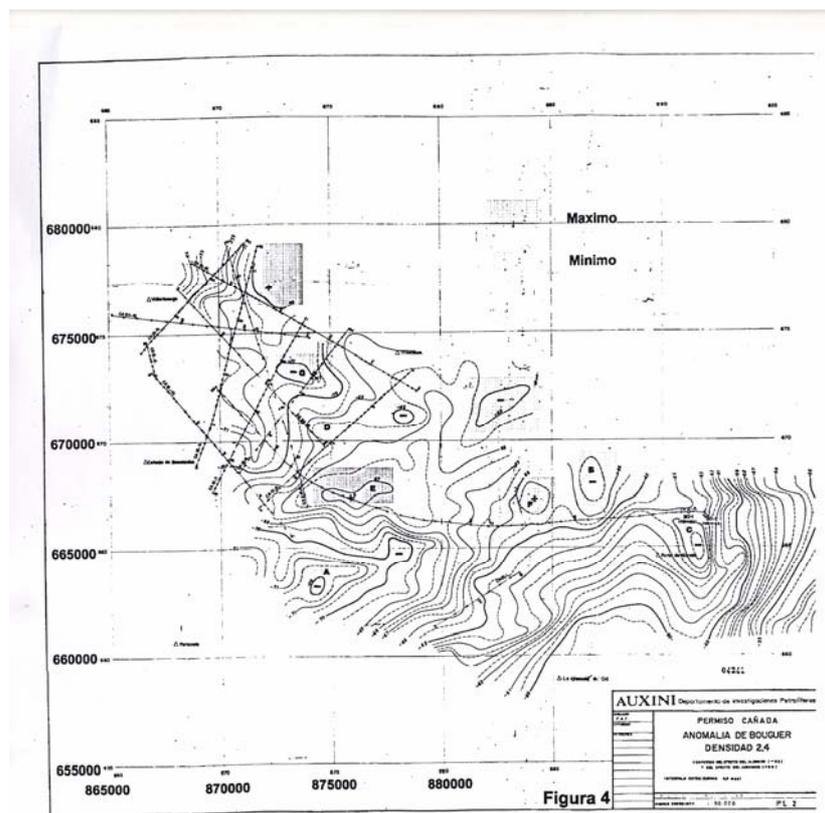


Figura 21. Mapa de anomalías gravimétricas del permiso Cañada(2). Fichero original 515_F-4

No se conserva la interpretación que en su día pudo hacerse de estos mapas. En el mapa del trabajo de Auxini (2), de 1974 (Figura 21), a la anomalía de Bouguer se le ha eliminado el efecto del Albense y del Jurásico, presentándose las anomalías con intervalo de 1 mGal, estando identificados los máximos, mínimos y ejes gravimétricos. En este mapa se indica la posición de los sondeos mecánicos Bobalar 1 y 2 (zona de mínimos C), sondeo Mirambell 1 (próximo al mínimo gravimétrico G). Se indica también la posición de líneas sísmicas de la

campana CA (parte de las cuales son las mismas que aparecen en el Informe 523 de 1990, realizado por Gessal sobre el Maestrazgo, y al que nos referiremos en el capítulo de información sísmica).

En el Área meridional, el mapa de anomalías de Bouguer de la zona (3) (figura 22) se inicia con un valor de 0 mGal al Sureste, terminando con -46 mGal al Noroeste, lo que constituye un gradiente regional de 1.2 mGal/km. En la parte oriental del mapa se observa una zona caracterizada por máximos relativos gravimétricos que muestran una dirección SW-NE, finalizando con un mínimo en la esquina noroeste del mapa; ésta zona limita al Oeste con un fuerte gradiente (falla?) que lo separa de otra zona de igual complejidad con máximos relativos alineados en la misma dirección y con un mínimo al Norte. En la parte occidental el mapa presenta un aspecto más tranquilo, observándose un máximo y un mínimo al sureste con dirección SW-NE. Es posible que como consecuencia de la gravimetría se realizaran las líneas sísmicas C y V (Campaña de Cuevas de Vinromá, realizada por CGG para CAMPSA en 1975), que se han desestimado debido a su pobre calidad.

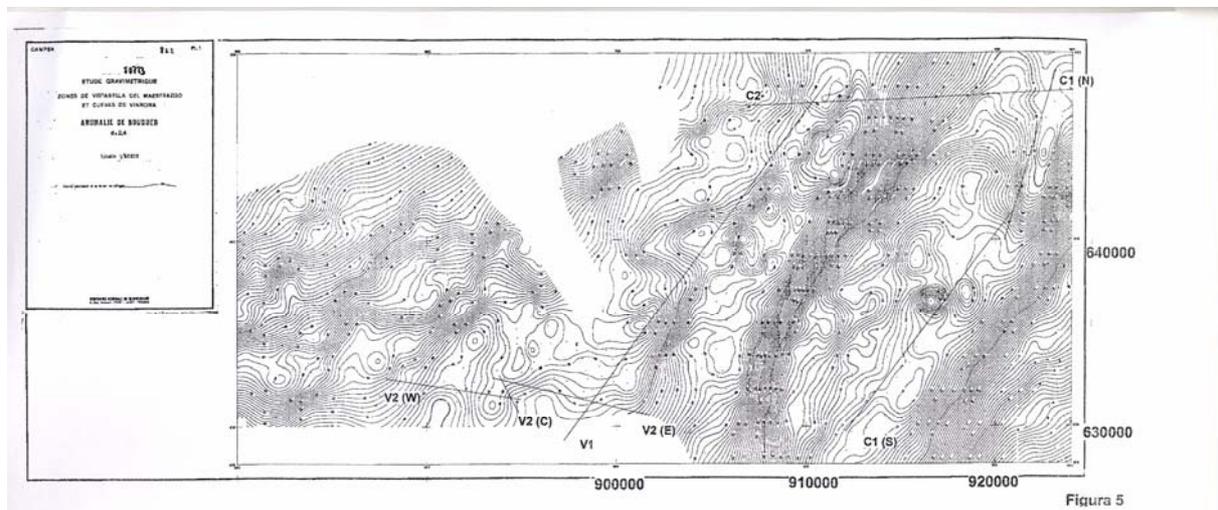


Figura 22. Mapa de anomalías de Bouguer de la zona Vistabella(3). Fichero original 515_F-5

Sobre esta zona se ha localizado también el mapa Anomalía de Bouguer, con intervalo de 1 mGal, realizado por Shell en 1989 sobre perfiles que cubren gran parte de la zona de Vistabella. El área cubierta por este mapa se indica en la Figura 19. En este mapa no existe indicación de la densidad de reducción, y las anomalías van de 66 a 35 mGal, en vez del rango -1 a -42 mGal con que está dibujado el mapa de Hispanoil de la Figura 22. Dado que la información suplementaria aportada sobre la zona del acuífero es muy pequeña, se ha preferido no tener en cuenta esta información, de la que sólo se deja constancia (mapa de la Figura 23, fichero scanado **graviShell89.jpeg** y coordenadas de posición de las esquinas en fichero **graviShell89.xls**)

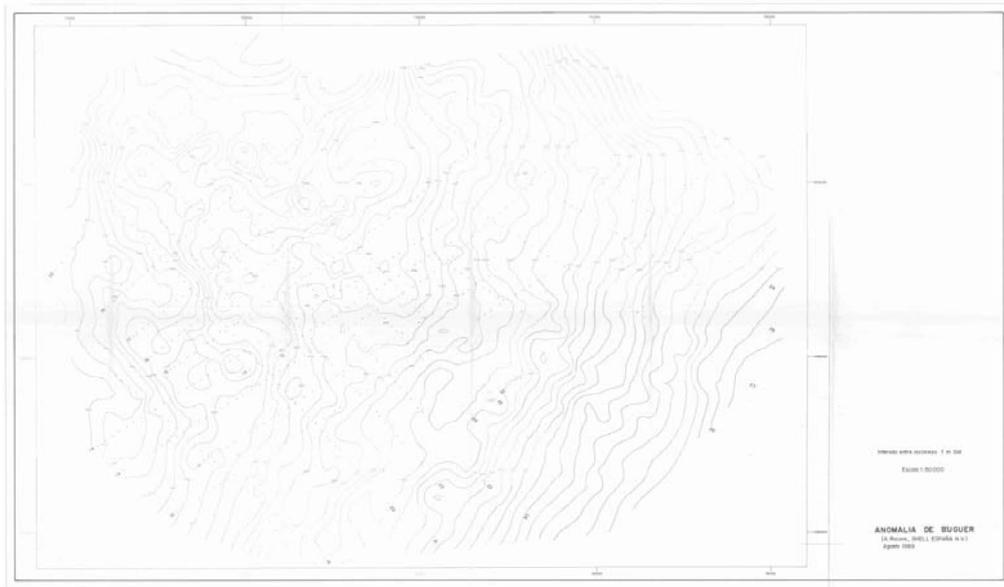


Figura 23. Mapa de anomalías de Bouguer de Shell 16989 en la zona Vistabella. Fichero graviShell89.

En el área de Horst y Fosas Orientales, en la gravimetría de la zona de San Carlos (4) destaca al Norte de la hoja 48 (Figura 24) una estructura denominada A3, que constituye un máximo gravimétrico, muy próxima al mar. También se destacan zonas de gradiente que pueden indicar posibles estructuras y que se han denominado G1 y G2, realizándose el sondeo mecánico Salsadella próximo a G1. La zona de mayor interés para esta recopilación es la de San Carlos Sur (Figura 25).

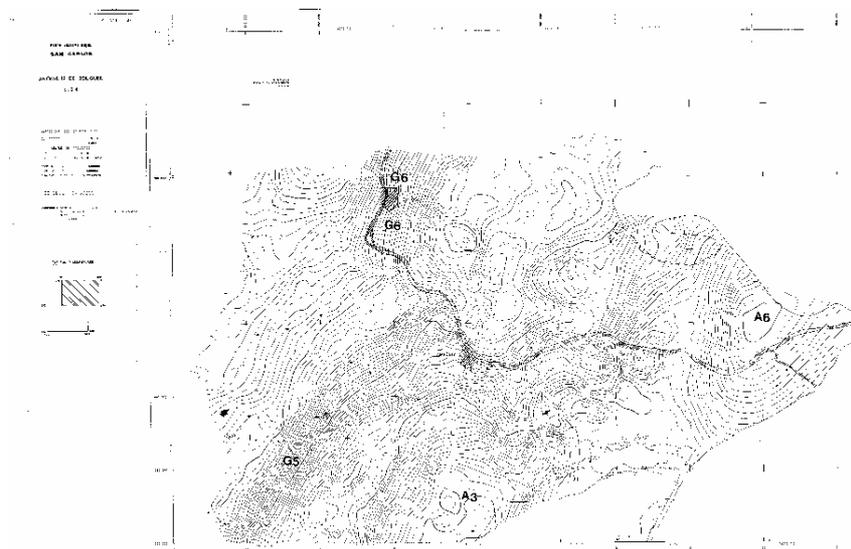


Figura 24. Mapa de anomalías de Bouguer de la zona(4) San Carlos Norte. Fichero 515_F6 que se ha dividido y preparado en las zonas San Carlos Sur fichero GRVSanCarlosS(4) y San Carlos Norte fichero GRVSanCarlosN(4)

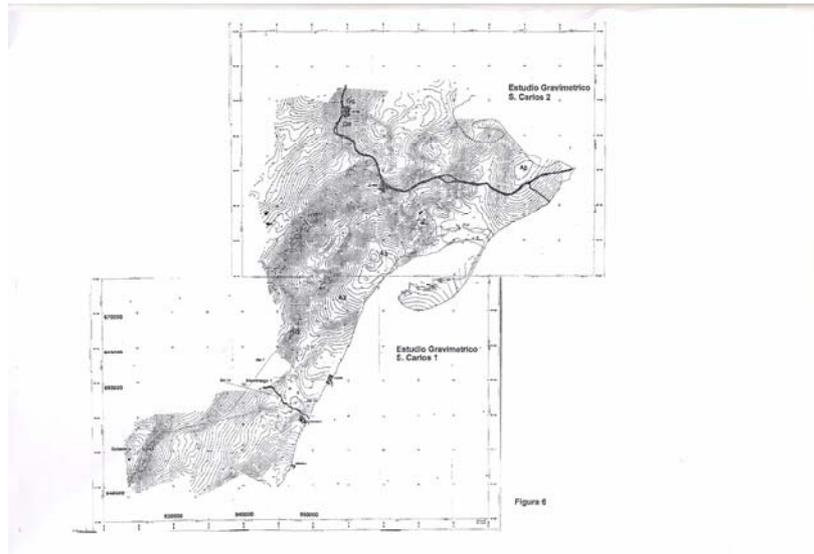


Figura 25. Mapa de anomalías de Bouguer de la zona (4) San Carlos Sur. Fichero original 515_F6 que se ha dividido y preparado en las zonas San Carlos Sur fichero GRVSanCarlosS(4) y San Carlos Norte fichero GRVSanCarlosN(4)

La zona de San Mateo (Figura 26) se solapa en su borde oriental con la de San Carlos. Presenta una variación desde 3 mGal en el extremo sureste a -30 mGal en el noroeste, con las mismas direcciones de gradientes que la zona de Vistabella (Figura 22). Las líneas sísmicas

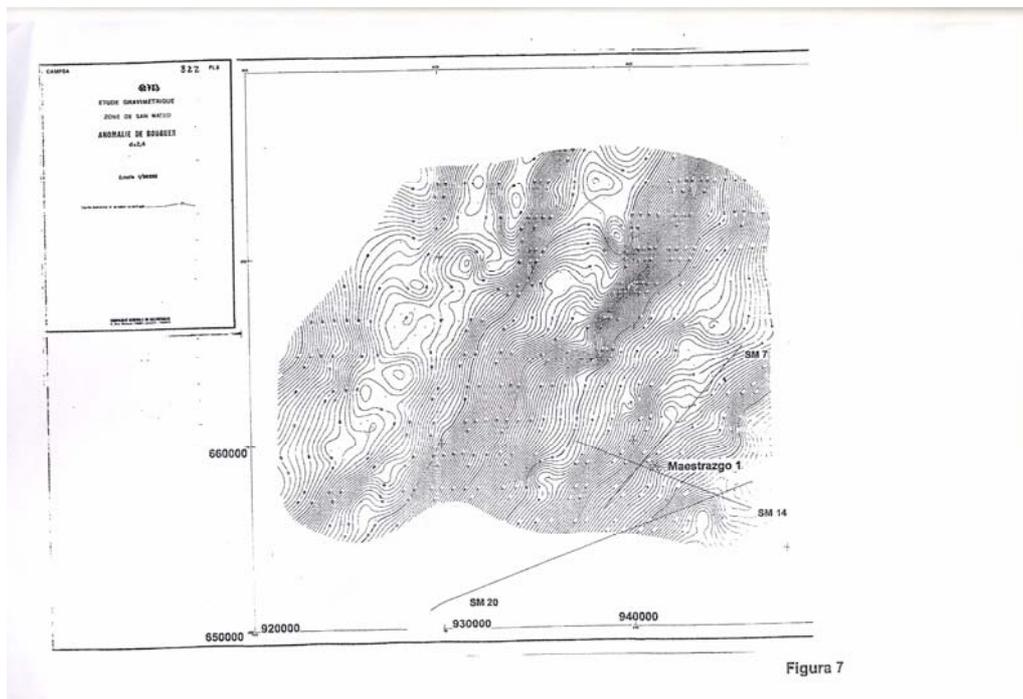


Figura 26 Mapa de anomalías de Bouguer de la zona(5) San Mateo. Fichero original 515_F-7

Toda esta información gravimétrica no es utilizable en su estado actual, tanto por su formato como su parcelación. Para formar un mapa único es indispensable proceder a su digitalización. Las imágenes escaneadas de los planos en papel, debido a su gran tamaño y distorsiones de los originales no mantienen su orientación correcta, sino que los mapas resultan mas o menos girados respecto de los bordes de la imagen, como se aprecia claramente en la Figura 26. Por ello, a fin de proceder a la digitalización de las curvas de

isovalores en pantalla de ordenador, ha sido necesario previamente preparar las imágenes adecuadamente, corrigiendo los giros y distorsiones comentados. Ello ha dado lugar a los nuevos ficheros, denominados GRVzona(x). Ejemplo de los mismos se dan en las Figuras 27 y 28.

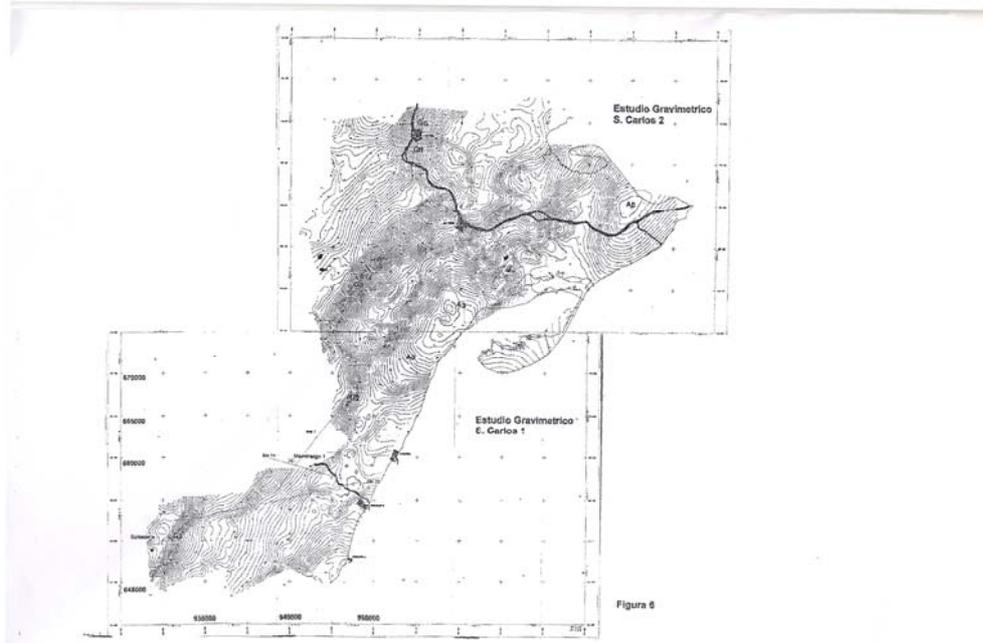


Figura 27. Mapa de anomalías de Bouguer de la zona(4) San Carlos Sur. Fichero preparado GRVSanCarlosS(4).

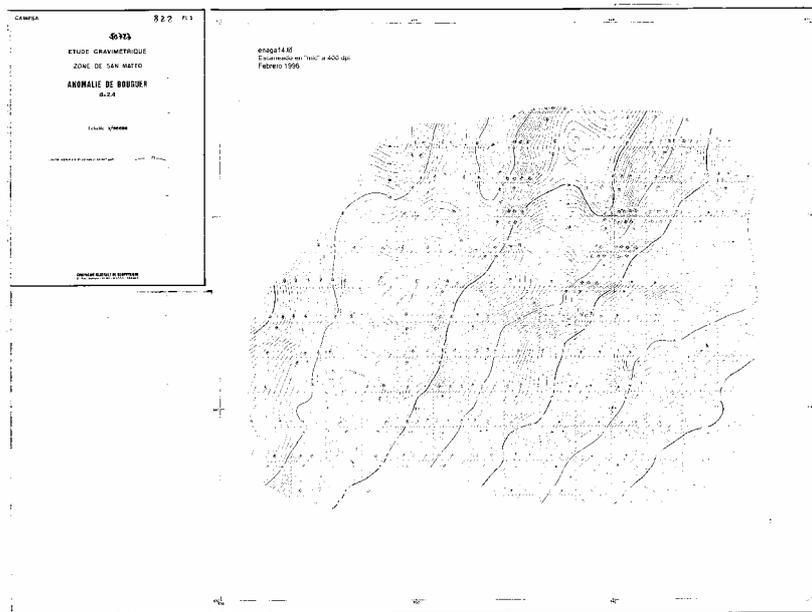


Figura 28. Mapa de anomalías de Bouguer de la zona(5) San Mateo. Fichero preparado GRVSanMateo(5).

5. Información de Aeromagnética

En 1972 la compañía CGG efectuó el **Estudio Aeromagnético del Centro y Nordeste de España** para CAMPSA. El documento 536 del ADG es una copia parcial del Informe original de este trabajo (nº 51.179 del archivo de ENIEPSA).

El estudio cubre toda la Cuenca del Ebro, y está distribuido en varios bloques (Figura 29) que se volaron con altitud respecto al nivel del mar de 1700 y 2500 m, y espaciado entre líneas de 5 km (mayor en algunos bloques). Se utilizó un magnetómetro de vapor de Cesio. Los 63 mapas originales de campo magnético a escala 1/100.000, así como los mapas de interpretación, no han podido ser recuperados, excepto la parte que será posteriormente comentada. Se dispone tan solo de un listado con 11594 estaciones, con los valores del día de vuelo, hora, número del perfil, trazo(ζ), coordenadas X e Y Lambert en hectómetros, valor del campo residual en décimas de nT, y la compensación en centésimas de nT. Para el proyecto HIPROMA el listado en papel se ha pasado a fichero digital, mediante tecleo de los datos, creando el fichero **I_536.xls**, donde las coordenadas Lambert están en metros, se han añadido las coordenadas UTM en los husos 30 y 31, y los valores de campo magnético están en nT. Este fichero ha permitido comprobar que estos datos corresponden a parte de los perfiles volados en los bloques E y D (Figuras 29), cubriendo el bloque D parte del acuífero Jurásico del Maestrazgo.

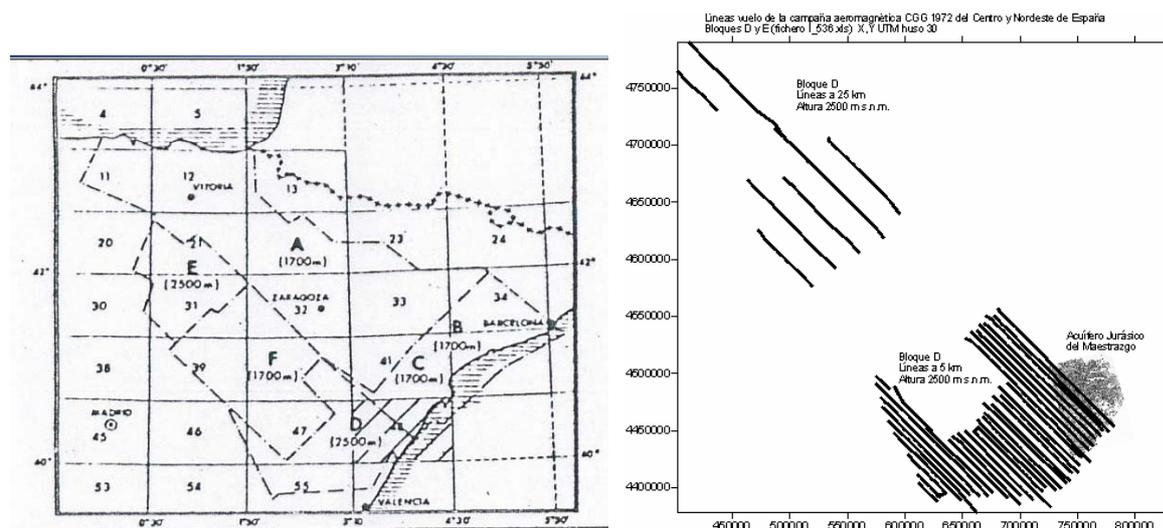


Figura 29. Izquierda: Cobertura de la prospección aeromagnética de CGG en 1972. Cada bloque fue volado a la altura que se indica, barométrica s.n.m. Derecha: líneas recuperadas del listado existente en el Informe 328 (fichero I_536.xls).

Los mapas de anomalías de este vuelo fueron recogidos en el Proyecto de recopilación de datos Gravimétricos y Aeromagnéticos de España. 1º Fase. IGME. 1987 (**Informe nº 328 del ADG**), donde se realizó una síntesis a escala 1/200.000, mediante calco en papel de los mapas originales, cuya hoja nº 48 Vinaroz es la representada en la Figura 30. Este mapa cubre de forma total el acuífero Jurásico del Maestrazgo, pero la porción nororiental pertenece al bloque de vuelo C, realizado 1700 m de altura s.n.m., sin que se dispongan de los datos originales, y no siendo posible por tanto intentar construir un mapa único.

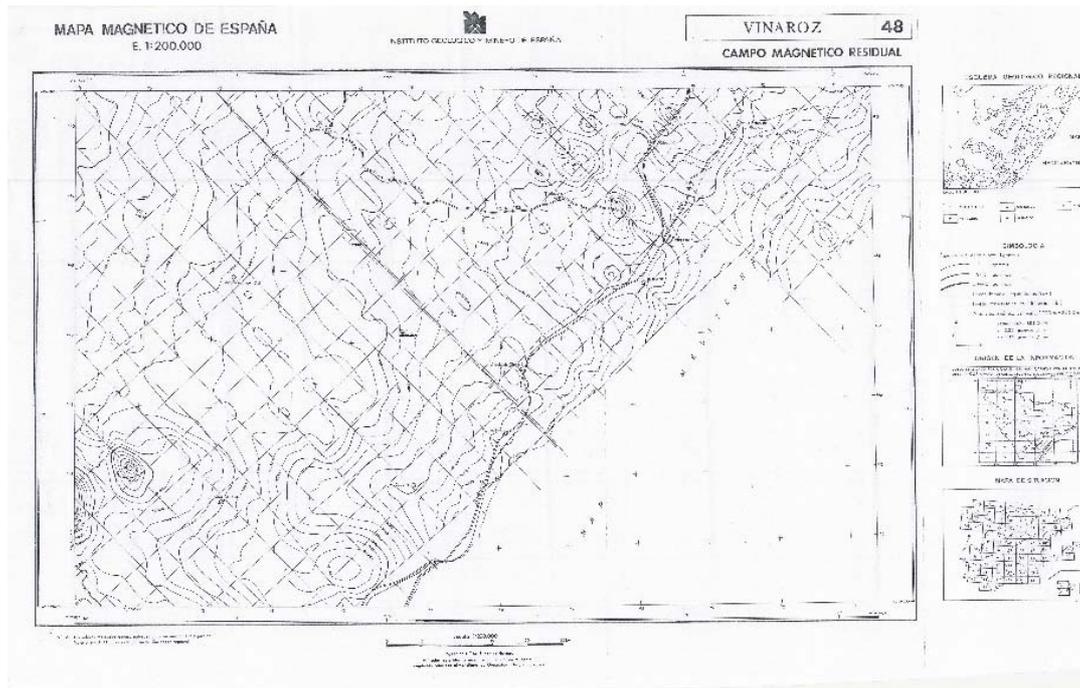


Figura 30. Mapa aeromagnético de la hoja 48 Vinaroz 1/200.000, que recoge parte del vuelo original de CGG en 1972 (fichero 328_mapa).

Los mapas del vuelo de 1972 fueron posteriormente recogidos en el trabajo realizado por GESSAL para el IGME en 1990 sobre Geología del Subsuelo en España, tomo IV-Maestrazgo (CDIGME 29039, y nº 523 del ADG). Ha podido recuperarse (de Gessal en 2006) el Mapa Magnético del Maestrazgo y zonas limítrofes (Figura 31), así como dos mapas de la interpretación original efectuada por CGG, que pertenecen al bloque D y parte del C (Figura 32), que se corresponde con el área cubierta por el mapa de la figura 31.

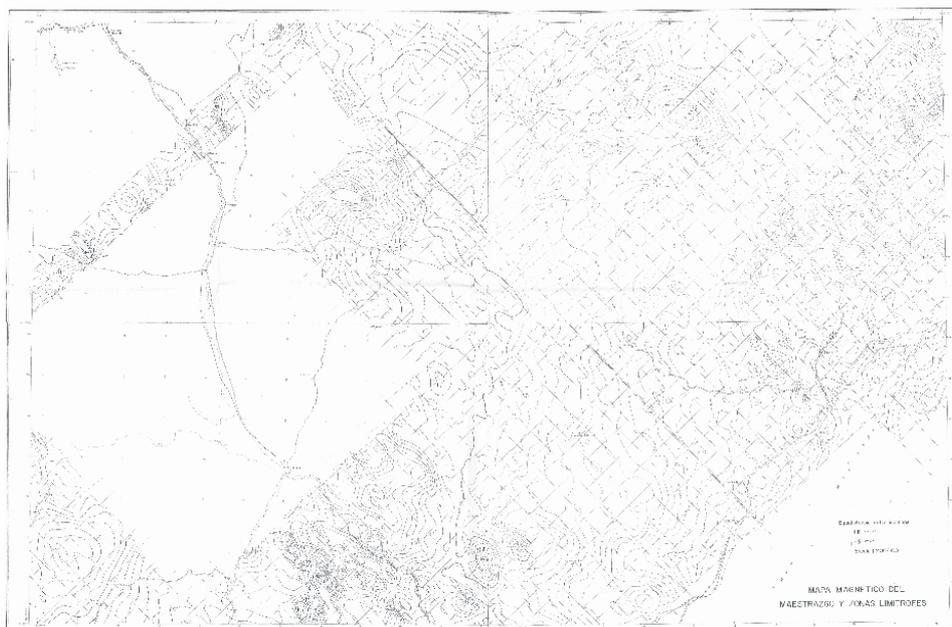


Figura 31. Mapa aeromagnético del Maestrazgo y zonas limítrofes (fichero magneticoGe06).

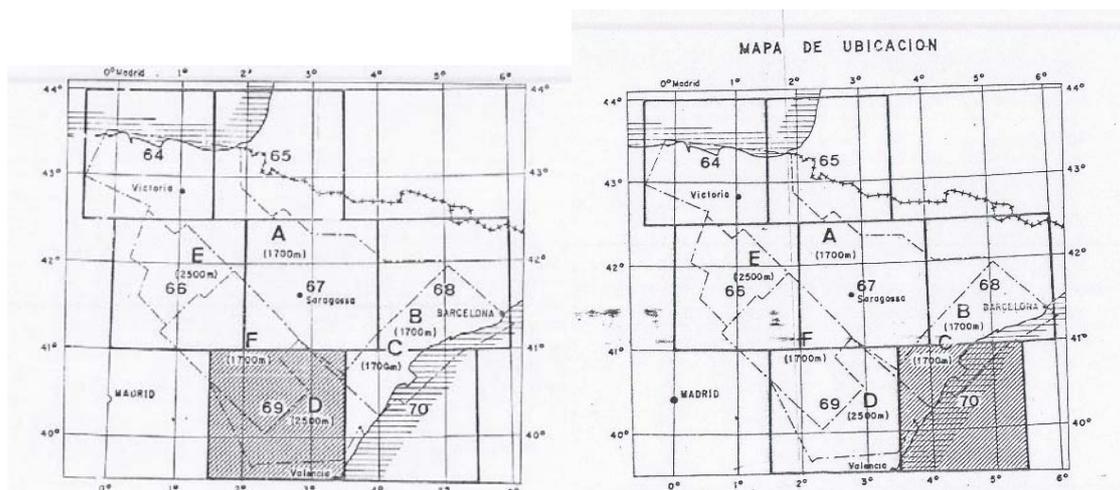


Figura 32. Los bloques sombreados indican la porción del vuelo de CGG en 1972 cuya interpretación está recogida en los mapas de las figuras 33 y 34.

La interpretación presenta un mapa de las estructuras y de la profundidad (isobatas) del basamento magnético a escala 1/200.000, y está escaneada en los ficheros **523_M12** y **523_M13**, representados en las Figuras 33 y 34. En el informe de Geología del Subsuelo se indica que estos mapas se incluyen a título informativo, señalando que se precisaría reinterpretarlos a la luz de los datos recientes.

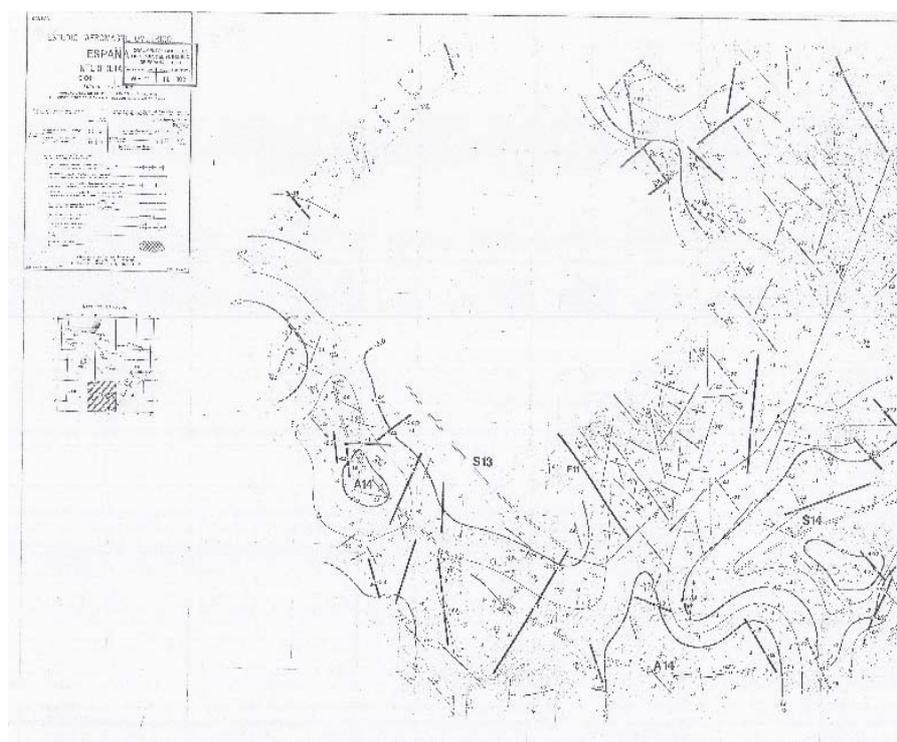


Figura 33. Interpretación del Mapa aeromagnético de la hoja 48 Vinaroz 1/200.000, que recoge parte del vuelo original de CGG en 1972. Parte occidental.(fichero 523_M12)

Según el Informe de interpretación realizado por CGG en 1971 (Informe de Geofísica IGME 536), existen dos marcadores magnéticos principales: el basamento (Paleozoico), que dará lugar preferentemente a anomalías anchas, y las ofitas del Trías, marcador intrasedimentario, existiendo otro superior no identificado.



Figura 34. Interpretación del Mapa aeromagnético de la hoja 48 Vinaroz 1/200.000, que recoge parte del vuelo original de CGG en 1972. Parte oriental (archivo 523_M13).

La interpretación cuantitativa recogida en las Figuras 33 y 34 ha generado un mapa de isobatas del basamento magnético en km bajo el nivel del mar, y está limitada a las grandes unidades tectónicas. Además, se dibujan los grandes ejes estructurales, de los que son de interés para el acuífero Jurásico del Maestrazgo los siguientes:

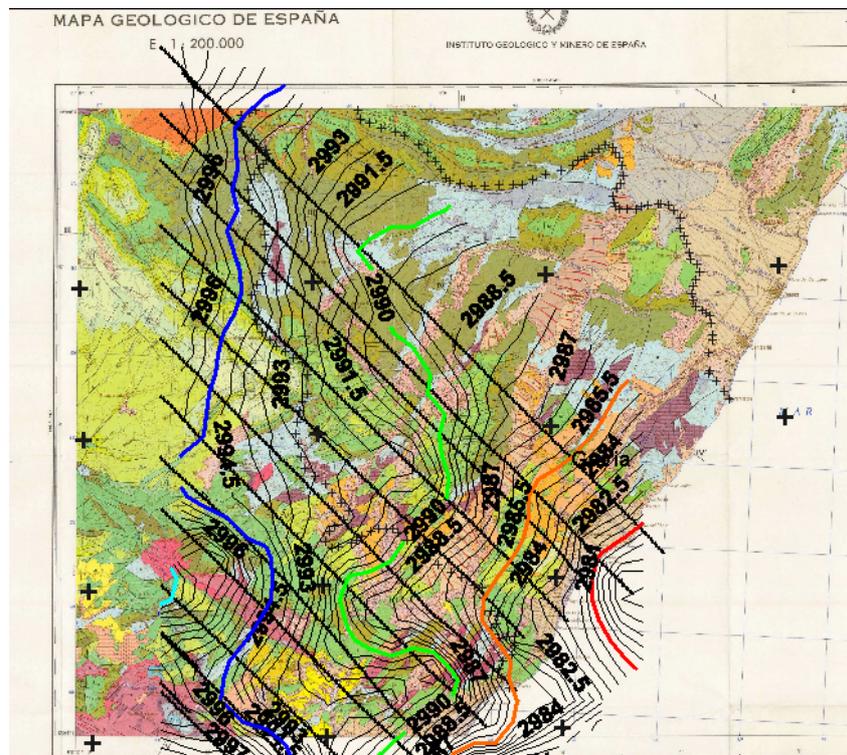
Zona de mínimos S12 y máximos A13: (Figura 34, mapa M-13) las anomalías anchas atribuidas al basamento, están deformadas por anomalías de origen más superficial. De forma aproximada (estos trabajos se realizaban por ajustes de curvas efectuados con métodos manuales), el espesor de sedimentos en la zona S12 podría ser de más de 3500 m. El origen de las anomalías intrasedimentarias se localiza entre los 200 los 700 m bajo el nivel del mar, no existiendo evidencias de su relación con ofitas triásicas. Otras anomalías de esta zona son de origen más superficial.

Zona de mínimos S14 y máximos A15: (Figuras 33 y 34, Mapas M-12 y M-13) Aunque basándose en un número pequeño de estimaciones, la existencia de este mínimo parece indudable, con un espesor de sedimentos del orden de 4000 m. Hacia el sudeste, se produce una rápida subida del basamento, hacia el eje A15, cuya parte menos profunda estaría a 2500 m bajo el nivel del mar. Al sur de Villahermosa del Río, hay tres anomalías que afectan al flanco noreste del eje S14, con unas 5 a 12 nT de intensidad, correspondiendo a estructuras a unos 300 a 600 m s.n.m.

Zona de mínimos S13 y máximos A14: (Figura 34, Mapa M-12) La dirección Noroeste Sudeste del eje de máximos está basada en la interpretación de tres débiles anomalías que ubican el basamento magnético entre los 2000 y 2500 m bajo el nivel del mar. El hundimiento hacia el eje S13 está peor definido, y no es posible determinar el espesor de sedimentos, que podría ser superior a los 3000 m. Los máximos están marcando los afloramientos de ofitas del Trías, por lo que resulta lógico atribuir las numerosas anomalías estrechas que afectan este eje a las ofitas, en particular el grupo de anomalías ubicado al sudeste de la población de Poyatos. Al norte del S13, las anomalías estrechas y circulares son características de afloramientos del Triásico.

De este trabajo aeromagnético se dispone por lo tanto de la siguiente documentación:

- Listado de valores residuales de líneas de vuelo de los bloques D y E (del Informe 536), pasado al fichero **I_536.xls** (realizado por el Área de Geofísica del IGME para el proyecto HIPROMA)
- Del fichero **I_536.xls** se han dejado exclusivamente la porción de líneas que corresponden al acuífero Jurásico del Maestrazgo en el fichero **I_536reducido.xls**, que es una parte del bloque D. Estas líneas, así como el mapa de anomalías con ellas obtenido se representa en la Figura 35 (ficheros Surfer).
- Mapa de campo magnético residual de la hoja 1/200000 nº48 VINAROZ escaneado en fichero **328_mapa**. Procede del Informe 328. (Figura 30).
- Mapa aeromagnético del Maestrazgo y zonas limítrofes (Figura 31), escaneado en fichero **MagneticoGe06**
- Mapas aeromagnéticos con interpretación de profundidad del basamento en km b.n.m). escaneados en los ficheros **523_M012** (Procede de la figura M- 12, PL-102 del Informe 523) (Figura 33) y **523_M013** (Procede de la figura M- 13, PL-103 del Informe 523) (Figura 34).



6. Información de Sísmica de Reflexión.

6.1 Campañas Sísmicas

En la cuenca del Maestrazgo existen bastantes líneas sísmicas, realizadas para las Compañías de exploración de hidrocarburos AUXINI, CAMPSA y SHELL; todas ellas fueron operadas por CGG, con el uso de explosivos. El objetivo de estas campañas era la investigación de estructuras en los niveles dolomíticos del Muschelkalk-I y III. Están distribuidas en dos áreas del Maestrazgo donde existen sondeos profundos de investigación de hidrocarburos (Figura 36): área de Mirambel - Maestrazgo2 - Bobalar1 y 2 en el Oeste, y que queda en gran parte fuera de la zona de interés para el proyecto HIPROMA, y área de Salsadella - Maestrazgo1 en el Este, quedando pues grandes áreas sin cubrir tanto entre las zonas ya mencionadas como al norte y sur de las mismas, excepto las líneas efectuadas en la zona de Cuevas de Vinromá (C y V). El siguiente cuadro resume los datos sísmicos existentes:

CAMPAÑA	VERSIÓN/cobertura	COMPAÑIA	ZONA	CALIDAD
CA-12	Stack 12	AUXINI - 1973	Mirambel Bobalar	Regular
CA-24	Stack 24	AUXINI - 1973	Mirambel Bobalar	Regular
MA	Slalom Migradas 12	CAMPSA- 1978	Maestrazgo Morella	Regular
MA	Stack 12	SHELL - 1987	Maestrazgo Morella	Buena- Regular
C CINICS	12	CAMPSA-1975	Albocácer, Salsadella y Villanueva de Alcole	Pobre
CT	24	SHELL-1989	Superpuesta a MA y CA	
SM	Stack 24	CAMPSA- 1975	Áreas de Benicarló, Triquera, San Mateo y Salsadella	Pobre - Regular
V	12	CAMPSA-1975	Benifagos y Useras	Pobre

La posición de estas líneas se ha recuperado de la base de datos SIGEOF (obtenida a su vez de la información facilitada por REPSOL), extrayendo los ficheros parciales de las hojas 1/50.000 que comprenden la hoja 1/200.000 n° 48. De estos ficheros se ha tomado la información de posición X,Y en UTM30, componiendo un solo fichero **TodasMarTierraSigeof.xls** y otro con sólo las líneas de tierra **LineasSigeofTierra.xls**, que es el representado en la Figura 36, que no incluye las campañas CT ni CA.

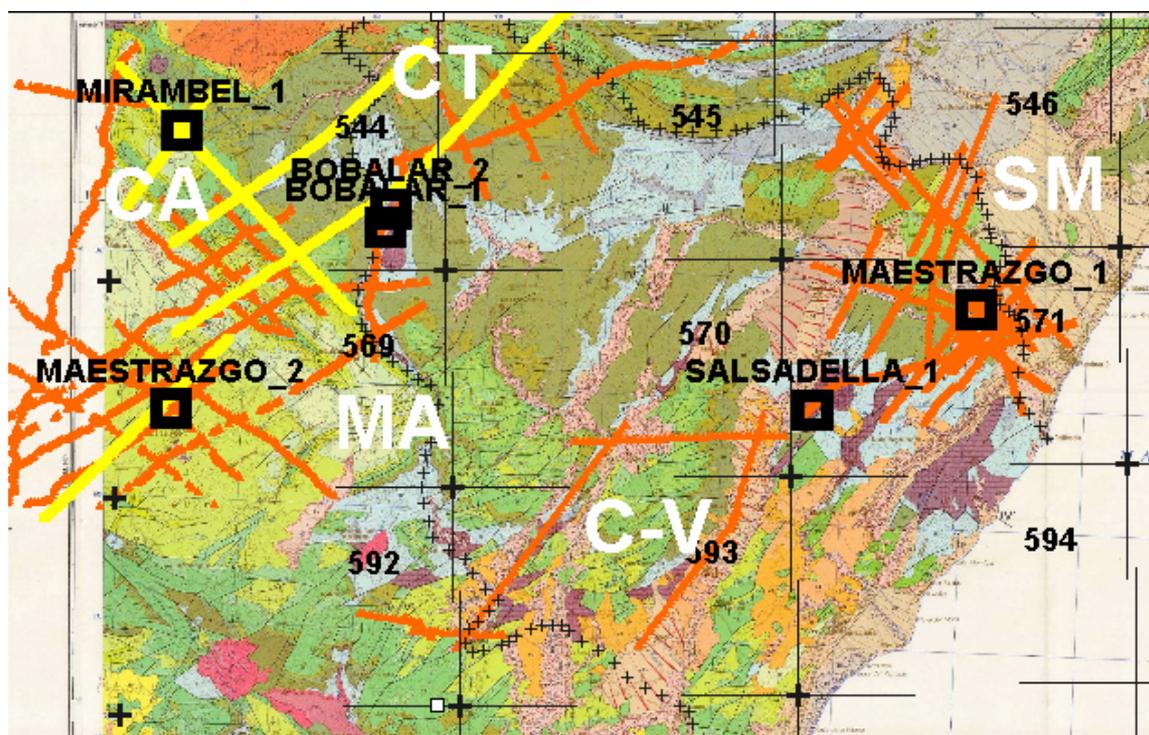


Figura 36. Posición de líneas sísmicas, con indicación de la nomenclatura de las campañas. En color amarillo se han añadido algunas líneas de la campaña CT, cuya posición aproximada se ha recuperado a partir de mapas. Se han situado además los sondeos mecánicos profundos existentes en esta zona.

De la interpretación que en su día pudieron hacer las compañías que adquirieron las líneas no hay información disponible. Posteriormente, han sido empleadas en dos trabajos de geología del subsuelo:

- Estudio de formaciones favorables para almacenamiento de residuos en la región del Maestrazgo. Fase ERA. **ENRESA** en **1989**, efectuado por INYPSA y GESSAL, con participación del IGME.
- Proyecto para la localización de estructuras para almacenamiento subterráneo de gas. Fase 1, para **ENAGAS** en **1995**, realizado por GESSAL, también con participación del IGME.

De estos trabajos se han localizado el informe elaborado por GESSAL para ENAGAS, archivado con el nº 507 del ADG, y algunos documentos provenientes del trabajo para ENRESA que fueron incorporados al Documento sobre la Geología del Subsuelo en España, tomo IV Maestrazgo 1990, con número 29039 del CDIGME y nº 523 del ADG.

Analizada esta documentación, se han extraído los datos de interés para el proyecto HIPROMA.

6.2 Datos de interés del Proyecto de ENAGAS- 1995

El estudio “Consideraciones exploratorias sobre la investigación de formaciones y estructuras geológicas de interés para almacenamiento de gas en la hoja 48 Vinaroz (sector oriental de El Maestrazgo)” tenía por objetivo la investigación del subsuelo de la serie estratigráfica mesozoica con objeto de delimitar las formaciones geológicas de interés para la inyección y almacenamiento de gas natural. De este Informe se han seleccionado los siguientes documentos:

Formato papel (escaneados):

- Correlación de sondeos Maestrazgo-1, Salsadella-1, Bobalar-1, Maestrazgo-2, Mirambel-1 (Plano nº 2). Fichero **507_p2** (Figura 37). Las columnas de estos sondeos se encuentran escaneadas en el Informe 515 de Gravimetría. Ver también figura del fichero **523_M04**, con correlación de los mismos sondeos.
- Líneas sísmicas interpretadas SM 7, SM 14 y SM 20, en los ficheros **507_SM7**, (Figura 41) **507_SM14** (Figura 42) y **507_SM20** (Figura 43)
- Corte sismo estratigráfico de las líneas sísmicas MA-22 y MA-16, fichero **507_f2** (Figura 51).
- Isobatas de un horizonte próximo al techo del Keuper (próximo a la base del Jurásico) (Plano nº 3). Fichero **507_p3**. (Figura 44) Ver también figura de fichero **523_M14**.

Formato digital:

- La posición de algunas líneas de la campaña CT (8705, 8810 y 8822), MA (04,16 y 22) se han obtenido por digitalización sobre el Plano 1 de ENAGAS, y sus coordenadas están en el fichero **lineasconInformacion.xls**, ya que su posición no está incluida en la base SIGEOF. Se han obtenido asimismo ficheros específicos por digitalización de los mapas de este Informe para las líneas y SM (07,14 y 20), incluidas en el fichero anterior.
- Fichero de posición de los sondeos Mirambel-1, Bobalar-1, Bobalar-2, Maestrazgo-1, Maestrazgo-2, Salsadella-1 (**Sondeos_507.xls**).

Utilizando los sondeos mecánicos profundos y las líneas sísmicas de 1973 (CA), 1975 (SM y C), 1978 (MA), 1987 (MA) y 1988 (CT), en este trabajo para ENAGAS se preparó un mapa de isobatas de un horizonte próximo al techo del Keuper y otro al techo de Muschelkalk II., desestimando las líneas C (Cuevas de Vinromá) dada su pobre calidad.

La selección del horizonte cartografiado (fase Imón) obedece a que actúa como buen marcador sísmico. Este piso puede considerarse a efectos del Proyecto HIPROMA como la base del Jurásico, por lo que se ha considerado de interés su recuperación. Sin embargo, las fases cartografiadas por este estudio sísmico correspondientes al Muschelkalk no se consideran de interés. Ambos horizontes están correlacionados en los sondeos mecánicos profundos disponibles, mostrándose en la Figura 37, con detalles de la misma en las Figuras 38 y 39.

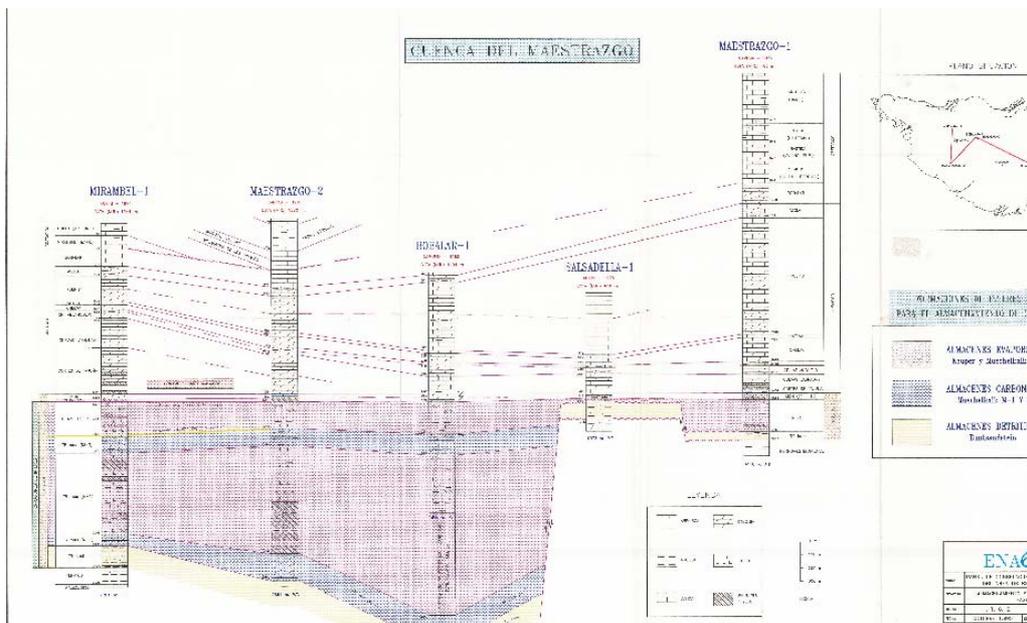


Figura 37. Correlación de los sondeos profundos, indicando los pisos seleccionados como marcadores sísmicos en el proyecto de ENAGAS. Fichero 507_p2.

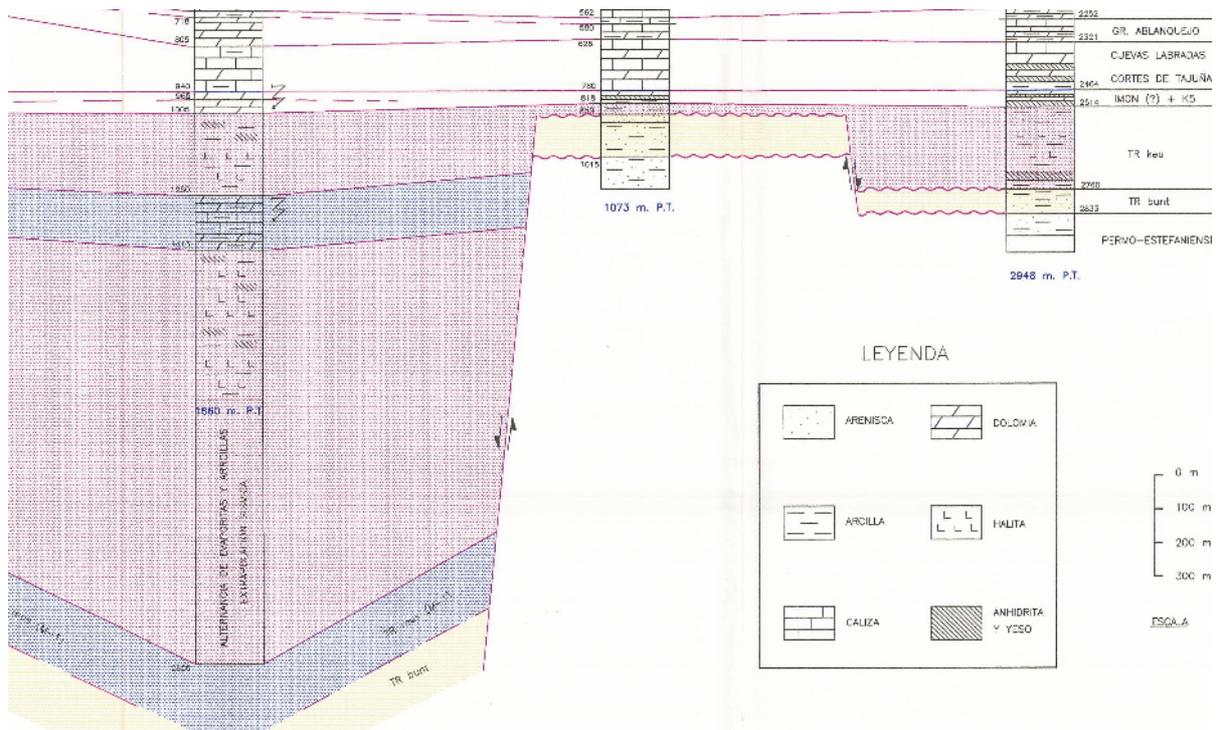


Figura 38. Detalle de la figura 37, para los sondeos Bobalar1, Salsadella y Maestrazgo 1.

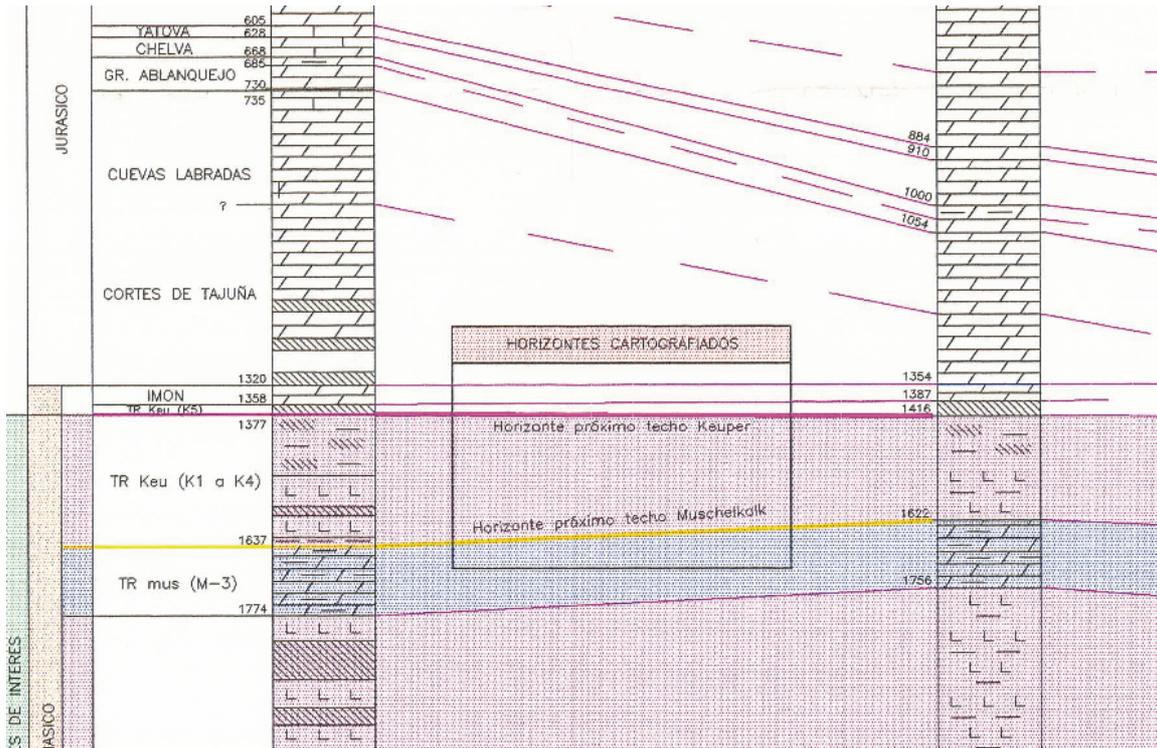


Figura 39. Detalle de la figura 37 para los sondeos Mirambel, Maestrazgo 2 y Bobalar.

Un ejemplo de la localización de estos reflectores en las secciones sísmicas puede verse en las figuras 41, 42 y 43 para los perfiles sísmicos del sector oriental, que quedan íntegramente dentro del Proyecto HIPROMA, posicionados en la Figura 40.

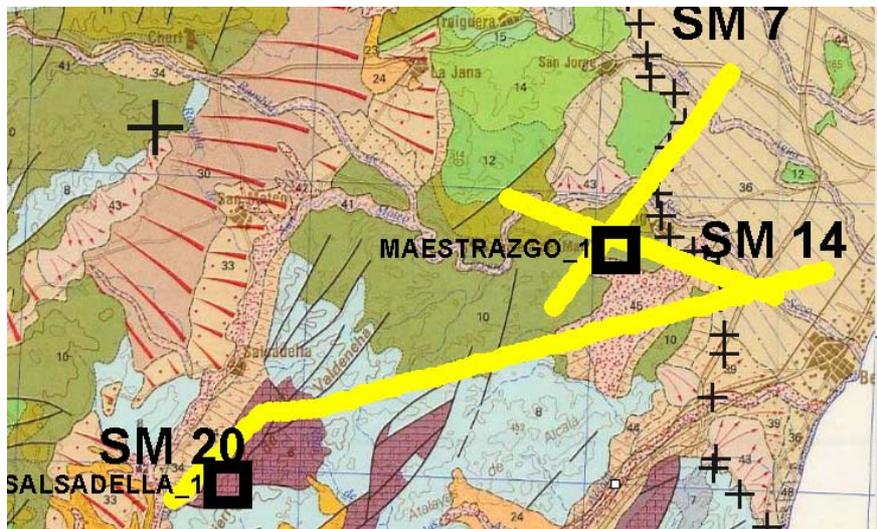


Figura 40. Posición de líneas sísmica SM7, SM14 y SM20, cuya interpretación se muestra en las figuras siguientes.

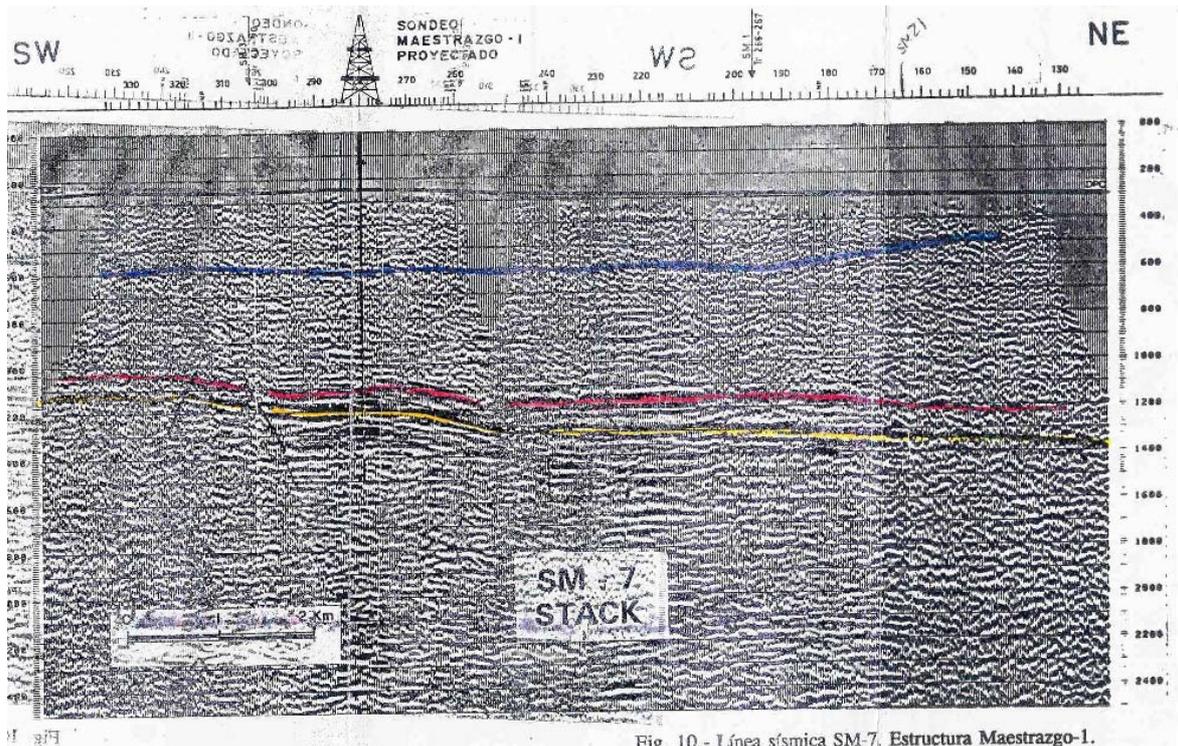


Fig. 10.- Línea sísmica SM-7, Estructura Maestrazgo-1.

Figura 41. Interpretación de la línea SM7 Horizonte rosa próximo al techo del Keuper (Figura 45). Horizonte amarillo próximo al techo del Muschelkal. Horizonte azul: techo del Jurásico. Fichero 507_SM7

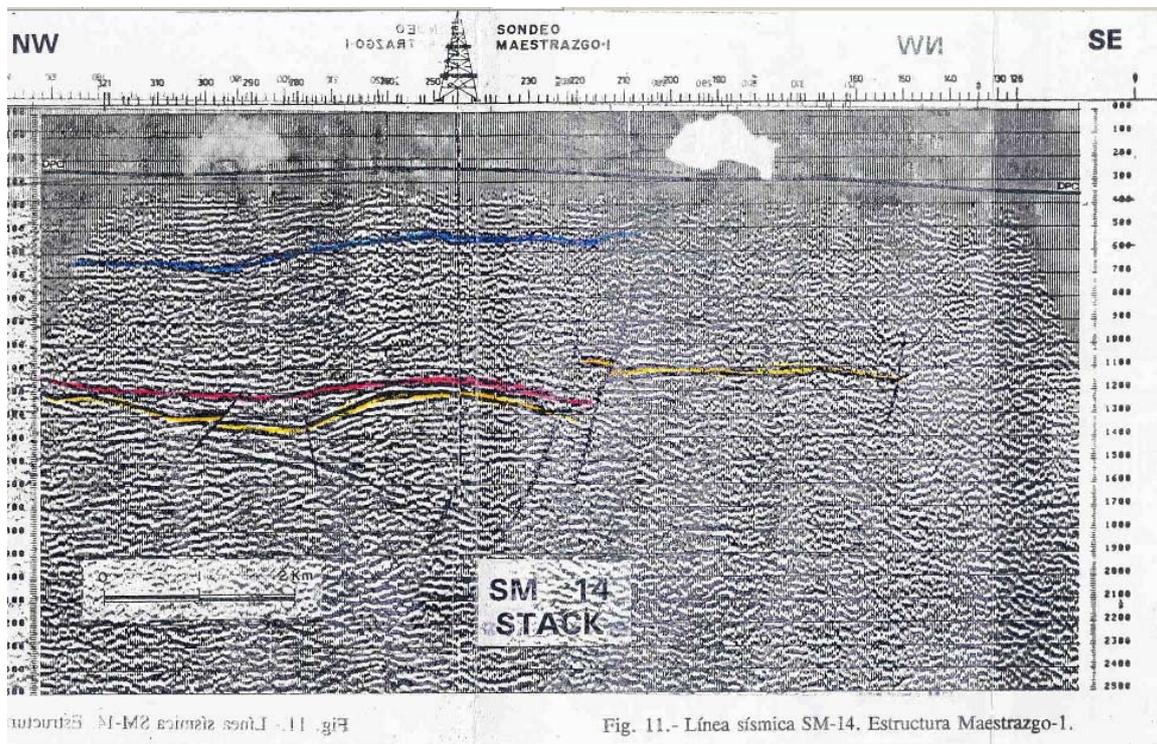


Fig. 11.- Línea sísmica SM-14, Estructura Maestrazgo-1.

Figura 42. Interpretación de la línea SM14 Horizonte rosa próximo al techo del Keuper. (Figura 44). Horizonte amarillo próximo al techo del Muschelkal. Horizonte azul: techo del Jurásico. Fichero 507_SM14

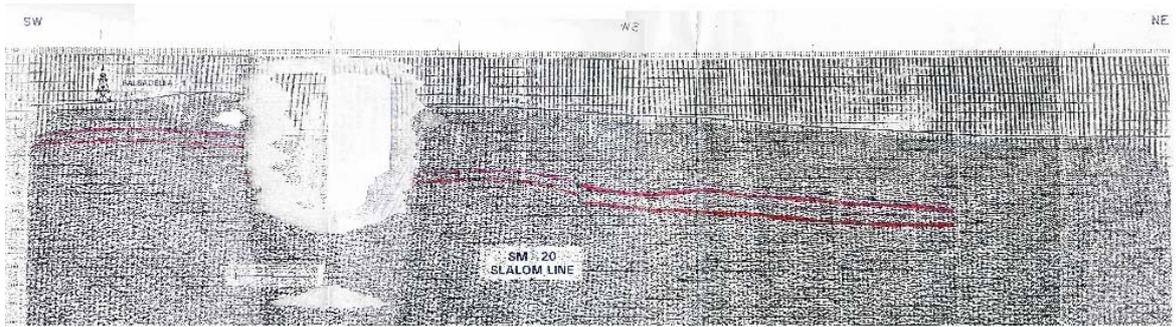


Figura 43. Interpretación de la línea SM20 Horizonte rosa próximo al techo del Keupe (Figura 45). Horizonte rojo: basamento hercínico. Fichero 507_SM20

Otras líneas mostradas en el Informe de Gessal (CT8815, CT8705, CT8810 y CT8705) no están aquí reproducidas.

El mapa de isobatas del horizonte próximo al techo del Keuper se muestra en la Figura 44, con detalles del mismo en las Figuras 45 y 46.

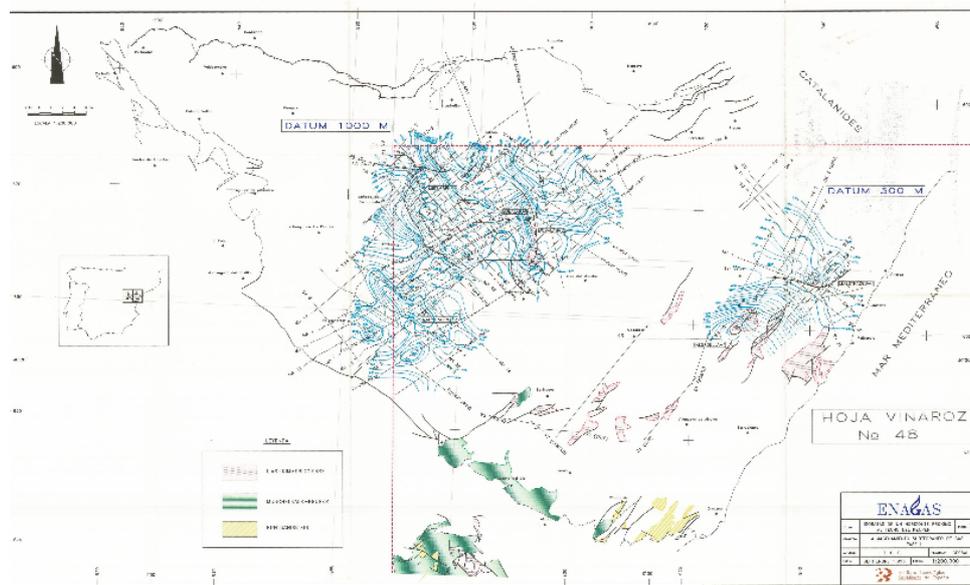


Figura 44. Isobatas de un horizonte próximo al techo del Keuper.

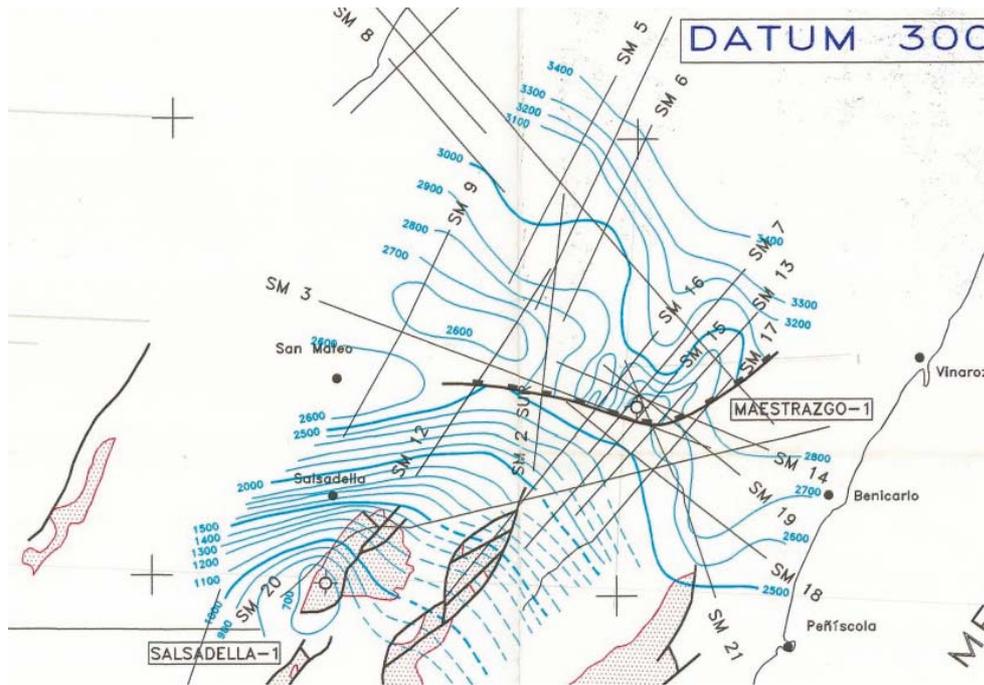


Figura 45. Detalle de isobatas de un horizonte próximo al techo del Keuper en el sector oriental. Posición línea sísmica SM20.

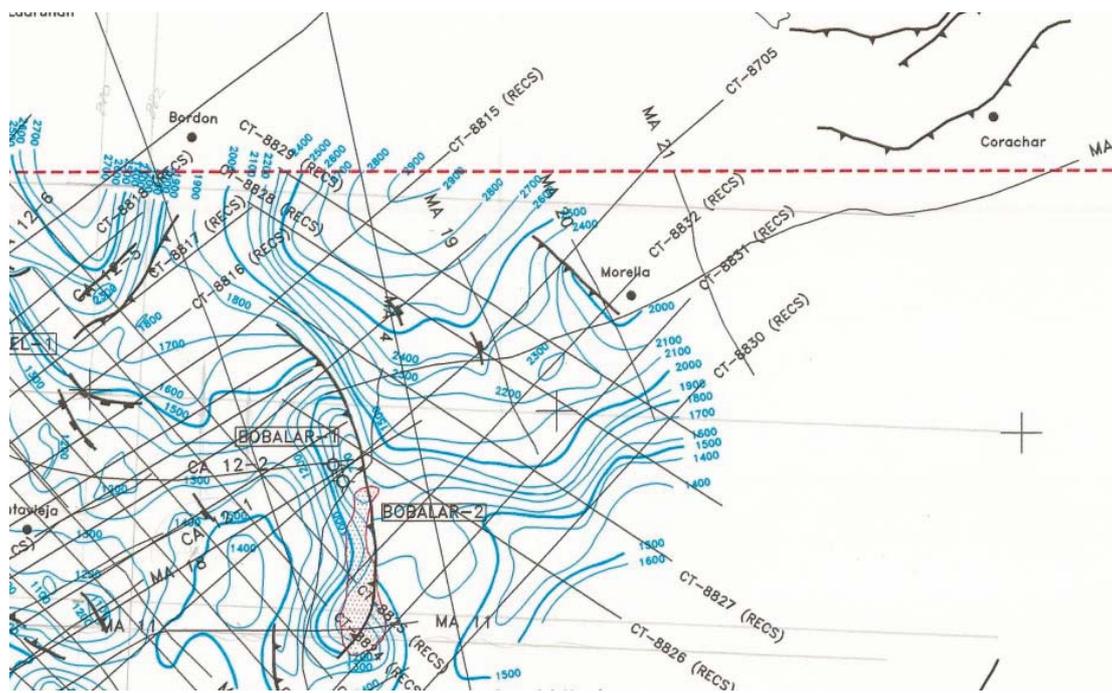


Figura 46. Detalle de isobatas de un horizonte próximo al techo del Keuper en el sector occidental. La posición de los sondeos Bobalar coincide prácticamente con el límite del acuífero Jurásico del Maestrazgo.

De esta interpretación se ponen de manifiesto los siguientes hechos para las unidades triásicas de interés en el Proyecto de ENAGAS:

- El Triásico del área de estudio se halla estructurado en un gran dominio paleogeográfico, en el área de los sondeos Salsadella 1 y Maestrazgo 1.

- En el bloque alto, que corresponde aproximadamente con el área septentrional de horst y fosas oriental, el Muschelkalk completo y parte del Keuper más antiguo faltan localmente, por lo que la sucesión está muy reducida: 369 m en el sondeo Maestrazgo 1 y 235 m en Salsadella 1.
- Esta estructuración sugiere la existencia de un importante accidente intratriásico al oeste de dicho bloque, probablemente en el contexto general de un dispositivo de horst y fosas. Este accidente es sellado a finales del Triásico por la unidad K-5 del Keuper. En efecto, esta unidad muestra un carácter netamente expansivo que fosiliza el conjunto del dispositivo estructural. Este carácter expansivo tiene su continuación en las formaciones del techo del Triásico (Dolomías de Imon) y unidades transicionales triásico-jurásicas (Formación cortes de Tajuña) que no muestran aparentemente ninguna influencia de los accidentes triásicos.
- Los estudios de subsuelo corroboran el estilo estructural propuesto para el área. Las diversas secciones sísmicas ilustran el carácter solidario del Buntsandstein y de la barra carbonatada inferior del Muschelkalk con el Paleozoico, y la estructuración de este conjunto en bloques limitados por fallas de orientación preferencial NO-SE.
- El tramo M-II del Muschelkalk, que se comporta como nivel estructural de despegue, aparece estructurado en morfologías de almohadillas debido posiblemente a una fase inicial de evolución halocinética, no desarrollada en su totalidad.
- La estructura del M-III, Keuper, Jurásico y Cretácico queda condicionada en gran parte por la estructuración del M-II, respetando los anticlinales regionales y las estructuras de las almohadillas salinas.
- Estas geometrías quedan marcadas en los mapas de isolíneas resultantes de la interpretación sísmica. Debido a la configuración de los materiales Triásicos anteriormente expuesta, el mapa del horizonte próximo al techo del Muschelkalk se restringe al área occidental de la hoja, donde ha sido detectada la existencia de esta unidad. **El mapa del horizonte próximo al techo del Keuper ha sido cartografiado prácticamente para todo el área de la que se dispone de información del subsuelo, exceptuando el área suroriental, donde la baja calidad de la sísmica no ha permitido la definición de los horizontes seleccionados.**

6.3 Datos de interés del Proyecto de ENRESA- 1990

Por otra parte, de la información incorporada al Documento sobre la Geología del Subsuelo en España, tomo IV Maestrazgo 1990, con número 29039 del CDIGME y nº 523 del ADG, proveniente del Estudio de formaciones favorables para almacenamiento de residuos en la región del Maestrazgo, Fase ERA, ENRESA, 1989, se han seleccionado los siguientes documentos (escaneados):

- Correlación de sondeos en la zona del Maestrazgo, fichero **523_M4**
- Ejemplos de Secciones Sísmicas interpretadas (MA-22, MA-16 y MA-4), fichero **523_M11**
- Cortes estructurales basados en líneas sísmicas, fichero **523_M16**

En la documentación se hace constar que la calidad de los datos sísmicos es, en general, regular debido, posiblemente a dos hechos:

- Afloramiento en la zona de las calizas del cretácico, lo que dificulta la diferenciación de los niveles cretácicos - jurásicos.
- Las fácies Keuper y Muschelkalk - II, consistentes en arcillas, anhidritas y sal están afectadas por halocinesis, lo que dificulta la diferenciación tanto del techo del M - II como del muro (techo del M - I).

El calado de las líneas sísmicas se efectuó a partir de las testificaciones o logs sísmicos, salvo en el caso de los pozos Bobalar-1 y 2 en los que, debido a que no se realizaron diagrfías sísmicas, se han calaron a partir de las velocidades calculadas en las mismas líneas sísmicas que atraviesan los pozos (MA - 4) realizándose un gráfico profundidad – tiempo a partir de las velocidades de corrección dinámica.

En las Figura 47 y 48 se presenta la correlación efectuada con los sondeos mecánicos para identificación de reflectores:

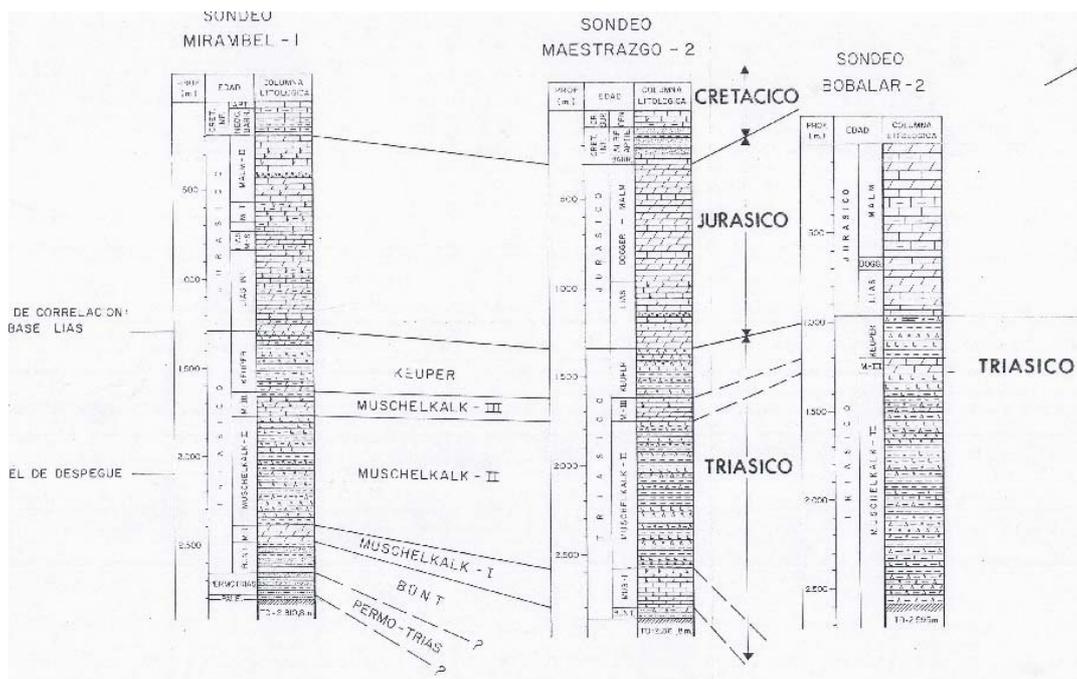


Figura 47. Correlación de las formaciones cartografiadas en los sondeos Mirambel-1, Maestrazgo-2 y Bobalar-2. Detalle del fichero 523_M4.

Se identificaron los siguientes horizontes:

- Techo del Keuper (Fm. Imón). Es el reflector más claro regionalmente y se ha utilizado como referencia en toda la zona.
- Techo del Muschelkalk-II. En algunas zonas no se sigue claramente, tomándose como referencias:
 - Cambio de impedancia producida por la barra del M-III

- Posibles niveles anhidríticos dentro del M-II, con pliegues intraformacionales que no sobrepasan al posible techo de la unidad (MA - 22).
 - Potencia regional conocida del Keuper y del M-III
- Base del Muschelkalk–II / techo del M-I. Su seguimiento es también bastante irregular. Se ha tomado como criterio el último reflector claro, bajo unos reflectores intra M-II que posiblemente corresponden a anhidrita (MA-9).

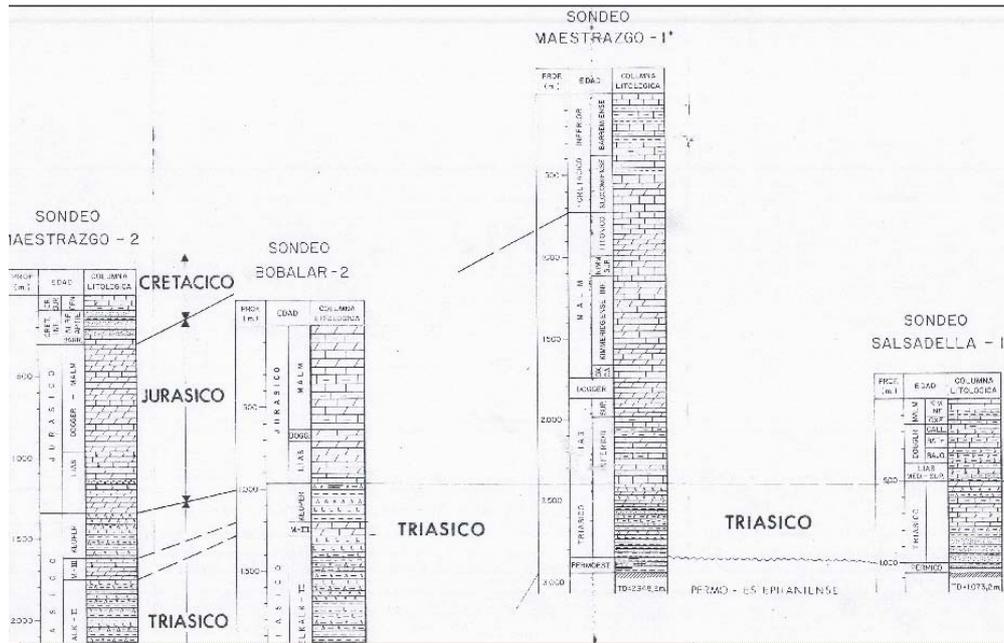


Figura 48. Correlación de las formaciones cartografiadas en los sondeos, Maestrazgo-2,y Bobalar-2, Maestrazgo-1 y Salsadella. Detalle del fichero 523_M4.

En la zona Maestrazgo–1, Salsadella–1, sólo se ha podido identificar el posible techo del M - II dado que la calidad de datos sísmicos y su resolución es mala. Como resultado de este estudio se realizó un mapa de isopacas y otro de isobatas de la formación Muschelkalk II, que no consideramos de interés para el proyecto HIPROMA.

6.4 Otra información geológica recogida de la documentación sísmica

Se recogen aquí los cortes geológicos encontrados como resultado de la interpretación de las líneas sísmicas, con apoyo de los sondeos mecánicos y de las diagrafiás:

En el Informe de Geología del Subsuelo, nº 523, se presenta el plano M-11 (fichero de imagen escaneada **523_M-11**) “Ejemplos de líneas sísmicas interpretadas en la zona del Maestrazgo”, donde se muestra una selección de la líneas sísmicas MA-22, MA-16 y MA-4 del sector occidental (área de los sondeos Maestrazgo-2 y Bobalar), como características y representativas de la cuenca (en el área tabular central). Estas líneas están prácticamente fuera del acuífero Jurásico del Maestrazgo. En la línea MA-4 (Figura 49) se observa la estructura atravesada por el sondeo Bobalar-2, situada sobre una almohadilla halocinética. En los perfiles MA-16 y MA-22 se observa en su zona SO cómo se reducen los espesores del mesozoico debido al ascenso del basamento provocado por la serie de fallas de tipo distensivo que le afectan (fallas asociadas al accidente de Ateca – Castellón). En general, se observa la

configuración en cubetas originadas por fallas normales de zócalo y el estadio minal de desarrollo halocinético del Muschelkalk medio. Las intumescencias del M-II coinciden en superficie con alineaciones anticlinales como la de Bobalar.

No se presentan ejemplos representativos del área oriental ya que como se ha mencionado, la calidad de los datos sísmicos es de regular a muy pobre (Campaña SM).

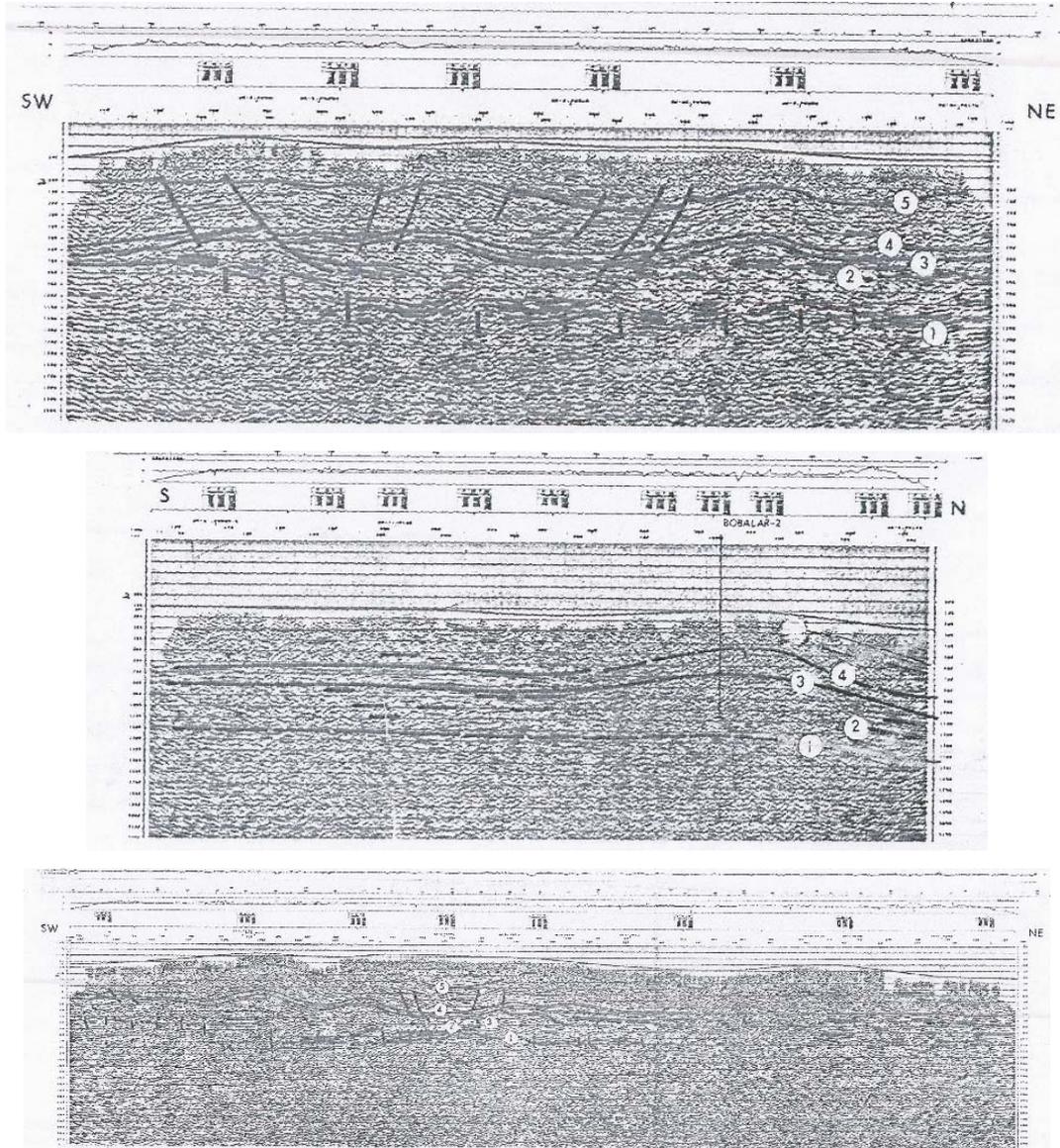


Figura 49. Interpretación de las líneas sísmicas MA-16, MA-4 y MA-22 (de arriba abajo). Los horizontes sísmicos son: 1-base del Muschelkalk II, 2- niveles de anhidritas intraMuschelkalk II, 3- techo del Muschelkalk II, 4- techo del Keuper, 5 posible techo del Jurásico. (parcial del fichero 523_M-11)

En el mismo Informe de Geología del Subsuelo, n° 523, el plano M-16 “Cortes estructurales basados en líneas sísmicas - Área del Maestrazgo” consiste en la interpretación geológica, conversión a profundidad, de las líneas sísmicas MA-16 y MA-22, y se reproduce en la Figura 50 (Fichero 523_M16). Las características geológicas más importantes reflejadas en estos cortes son las siguientes:

- Compartimentación de la cuenca por las fallas distensivas de basamento

- Ascenso hacia el SO del basamento, con reducción de las series mesozoicas y de las acumulaciones halocinéticas.
- Fallas distensivas lítricas, que afectan a la serie Mesozoica siendo absorbidas a nivel del Muschelkalk medio (Fallas de cobertera).
- Muschelkalk medio que actúa como nivel de despegue. Se encuentra muy tectonizado presentado niveles muy plegados y fracturados de anhidrita en su interior.
- En algunos perfiles sísmicos se aprecia que la barra carbonatada del Muschelkalk superior puede encontrarse fragmentada “flotando”, dentro de las estructuras halocinéticas.
- Serie Jurásico - Cretácico muy potente; presenta variaciones de potencia con reducción de la misma sobre los núcleos anticlinales halocinéticos.

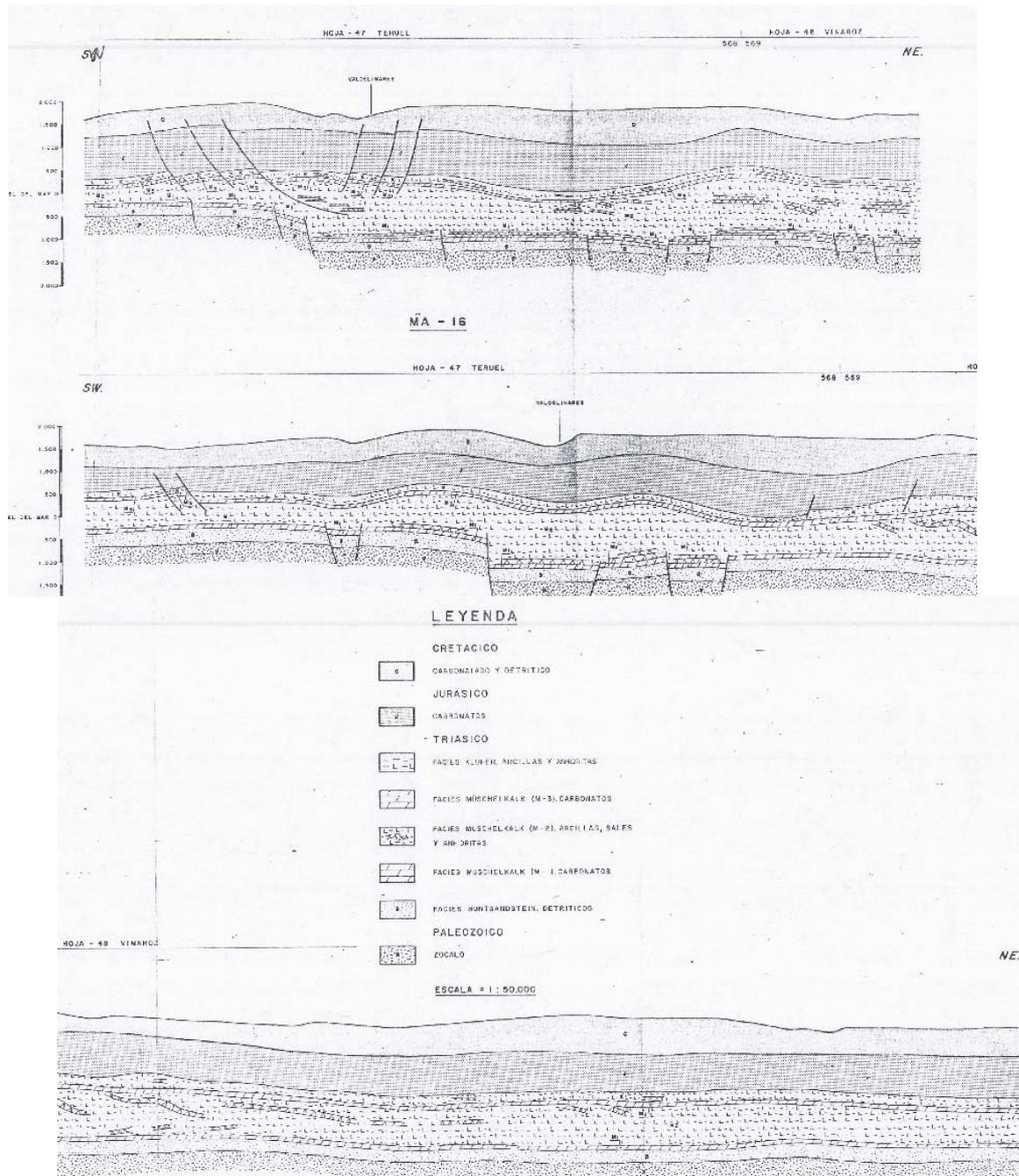


Figura 50. Cortes Estructurales basados en las líneas sísmicas MA-16 y MA-22. Sólo la parte del NE se encuentra dentro de la hoja 1/200.000 n° 48 Maestrazgo (fichero 523_M16).

Estas mismas secciones se presentan en el informe para ENAGAS (Figura 51) en 1995.

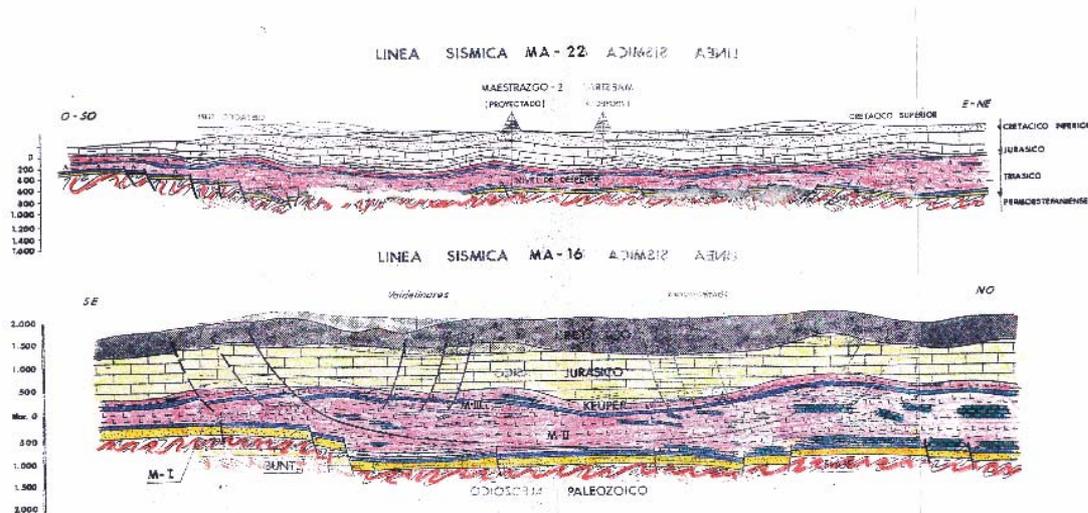


Figura 51. Cortes Sismoestratigráficos basados en las líneas sísmicas MA-16 y MA-22 (sólo la parte del NE se encuentra dentro de la hoja 1/200.000 n° 48 Maestrazgo. (fichero 507_f2)

En conclusión: la información proveniente de las líneas sísmicas que resulta de utilidad para el proyecto HIPROMA es el mapa de isobatas del horizonte próximo al techo del Keuper, del que sólo se dispone en formato de papel. Es posible que de las líneas sísmicas pudiera extraerse además la información referente al techo del Jurásico, pudiendo así calcular su potencia como formación acuífera. De todas formas, esto sólo cubriría una pequeña porción de área de estudio; para extender esta información al resto, habría que utilizar la gravimetría, con apoyo de nuevos estudios por métodos eléctricos (SED, MT).

7. Testificación geofísica de sondeos.

En el Proyecto “Testificación Geofísica de Sondeos Mecánicos, divulgación y desarrollo metodológico de esta Técnica”, realizado por el IGME en 1990 (nº 40433 del CDIGME y nº 471 del ADG), se dispone de la testificación geofísica de un grupo de sondeos cortos y muy próximos entre sí, realizados en la zona de Gavía, con interés para prospección de lignito:

DOC	SONDEO	AREA	PR.	HOJA	X	Y	Z	TESTIF.	SONDAS	INVEST.	CLIENTE	FECHA
160	S-1136	GAVIA	CS	594	259241	4466835		123.00	GR-D	LIGNITO	HCC	IV-82
161	S-1126	GAVIA	CS	594	259241	4466835		100.00	GR-D	LIGNITO	HCC	IV-82
162	S-956	GAVIA	CS	594	259241	4466835		65.00	GR-D	LIGNITO	HCC	VIII-81
163	S-1116	GAVIA	CS	594	259241	4466835		75.00	GR-D	LIGNITO	HCC	IV-82
163	S-1026	GAVIA	CS	594				54.8	GR-D	LIGNITO	HCC	XI-91

Estas testificaciones, de gamma natural y de densidad, están sólo en soporte de papel vegetal. Su posición (fichero **471posicion.xls**) se indica en la Figura 52.

En el Documento sobre la Geología del Subsuelo de España, tomo IV. Maestrazgo (nº 29039 del CDIGME y nº 523 del ADG) se han localizado las siguientes testificaciones geofísicas:

- Sondeo Bobalar2: gamma natural y neutrón desde superficie hasta los 1100 m (el Keuper comienza a los 1000 m); desde 1100 a 1750 (dentro del Muschelkalk) valores de Potencial Espontáneo y resistividad (Laterolog), y de 1750 m al final (2591.6 m) sin testificar. Documento escaneado en el fichero **523_M02**
- Sondeo Salsadella 1: sónico, gamma natural. También se registró de cáliper a partir de 555 m. Documento escaneado en el fichero **523_M03**

Procedente del informe “Consideraciones exploratorias sobre la investigación de formaciones y estructuras geológicas de interés para almacenamiento de gas en la hoja 48 Vinaroz. 1995”, para ENAGAS, se dispone de la testificación:

- Sondeo Mirambel 1 (parcial de 1320 a 2810 m): sónico y gamma natural en la zona del Triásico. Documento escaneado en el fichero **507_f3**

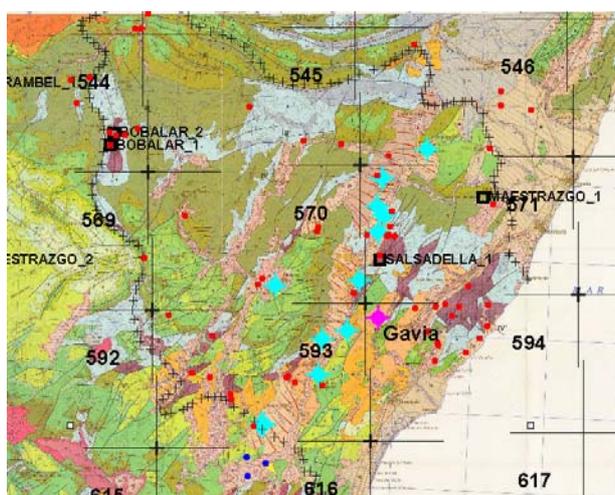


Figura 52. Posición de sondeos mecánicos testificados: Gavía, Bobalar2, Salsadella1 y Mirambel1. Se indica además la situación de otros sondeos mecánicos cuya columna litológica está disponible: en negro: los procedentes de hidrocarburos. En azul claro: sondeos del informe 391 Anexo I. En azul oscuro: sondeos del informe 465 Anexo II. En rojo: sondeos del Archivo de puntos acuíferos.

Ejemplo de las testificaciones de los sondeo Bobalar2 (gamma natural y neutrón) y Salsadella 1(sónico y cáliper), puede verse en la Figura 53, 54 y 55.

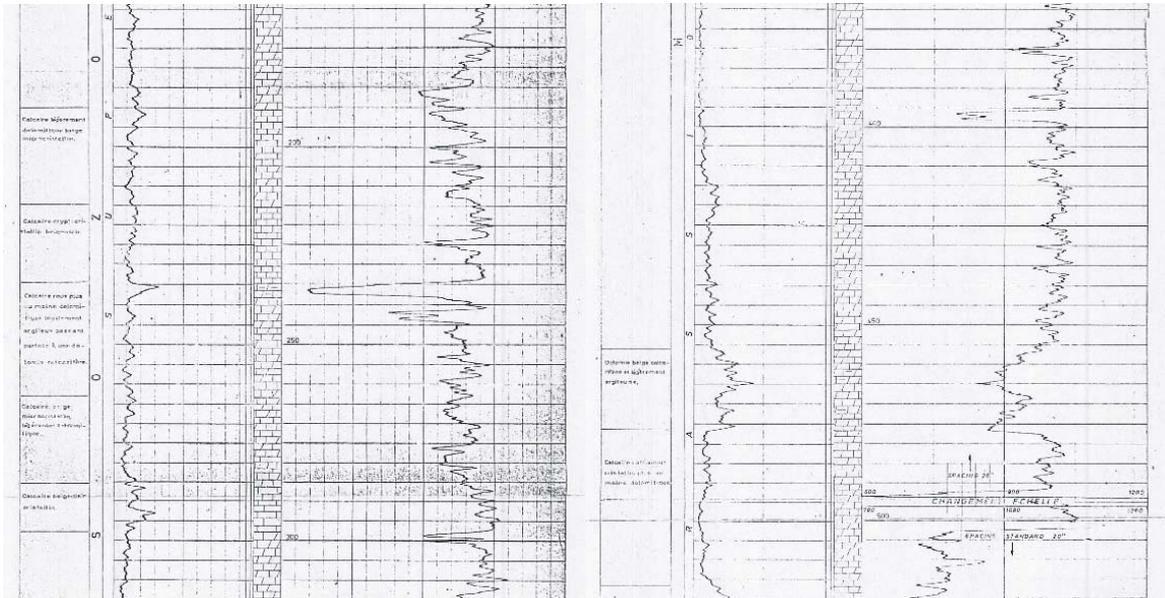


Figura 53. Fragmentos del sondeo Bobalar2. Testificación izquierda GN, derecha neutrón. Se puede apreciar cómo el aumento en el contenido de arcilla, dentro de paquetes de calizas hace aumentar los valores de GN, mientras disminuyen los valores de la testificación de neutrón (menor porosidad). Detalle del fichero 523_M02

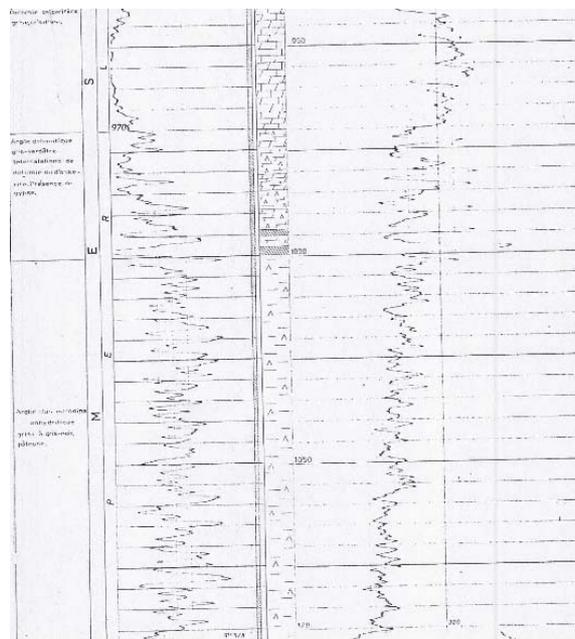


Figura 54. Fragmento del sondeo Bobalar2. Testificación izquierda GN, derecha neutrón. La entrada en la formación Keuper se caracteriza por un fuerte aumento los valores de GN y disminución en los valores de la testificación de neutrón (menor porosidad). fichero 523_M02

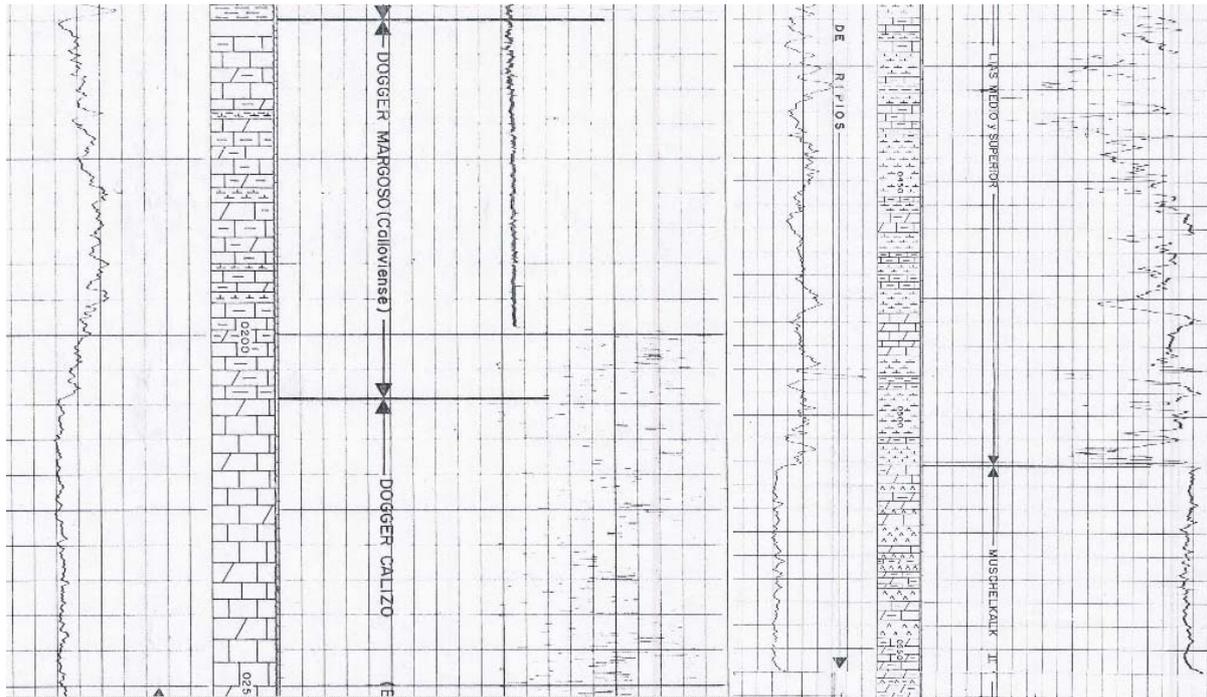


Figura 55. Fragmentos del sondeo Salsadella1. Testificación izquierda cáliper, derecha sónico en microsegundos por pié. Al pasar de una formación margosa a caliza, el diámetro del sondeo se hace más estable, aumentando la velocidad sónica. Lo mismo se observa al pasar del Lías al Muschelkalk. Detalle del fichero 523_M03.

En la Figura 56 se reproduce la testificación del sondeo Mirambel 1. Se aprecia cómo en el paso de la formación Imón (Base del Jurásico) al Keuper, se produce un notable aumento de radiación gamma natural y una disminución del valor del sónico, que explica su naturaleza de marcador sísmico.

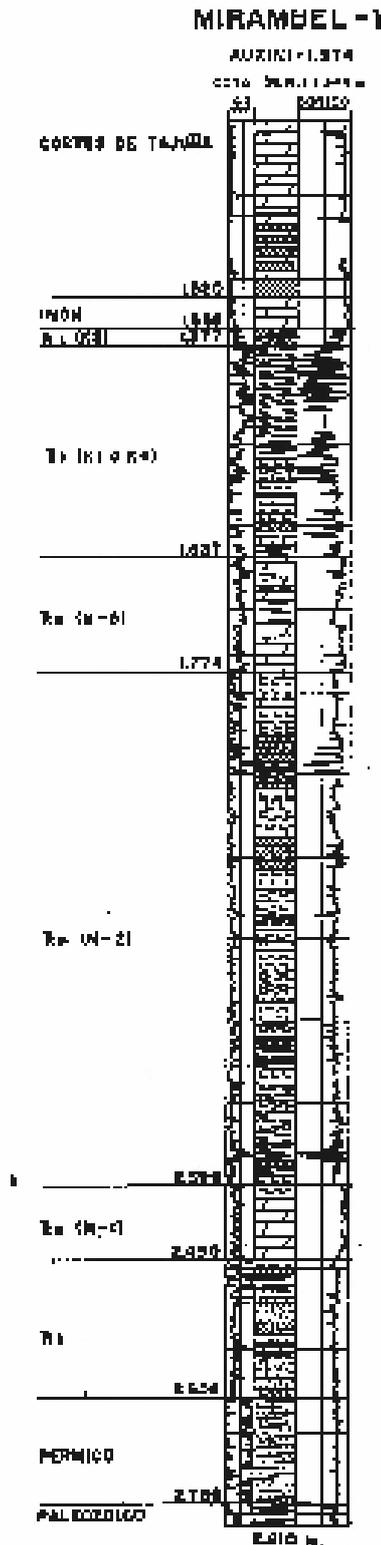


Fig. 3.- Detalle del

Figura 56. Testificación del sondeo Mirambell. Fichero 507_f3.

En conclusión, la utilidad que pueden tener las testificaciones encontradas pueden resumirse en:

- de los sondeos de Gavia (471) quizá pueda obtenerse algún valor de interés para la determinación de la densidad, a tener en cuenta en los modelos de Gravimetría.

- de las testificaciones de los sondeos de hidrocarburos, quizá pueda obtenerse alguna información sobre la permeabilidad del Jurásico, de forma indirecta a través del neutrón.

Respecto a la realización nuevos trabajos de testificación, se encuentra supeditada a la disponibilidad de los sondeos mecánicos adecuados. Tras la verificación de los existentes, el grupo de Hidrogeología del Proyecto HIPROMA ha seleccionado los siguientes:

n°IGME	toponimia	Xutm30	Yutm30	z	prof
2921-8-0018	Celumbres-1	735432	4492280	838	538
3021-6-0004	Morella	751920	4496070	971	1060
3022-1-0099	Ares	743340	4481486	898	900
3023-1-0007	Culla	746750	4459750	410	458
3122-5-0003	Salsadella1	767620	4478800	329	1051
3123-2-0010	Irta	776905	4464395	138	453

Cuya posición se indica en la Figura 57.

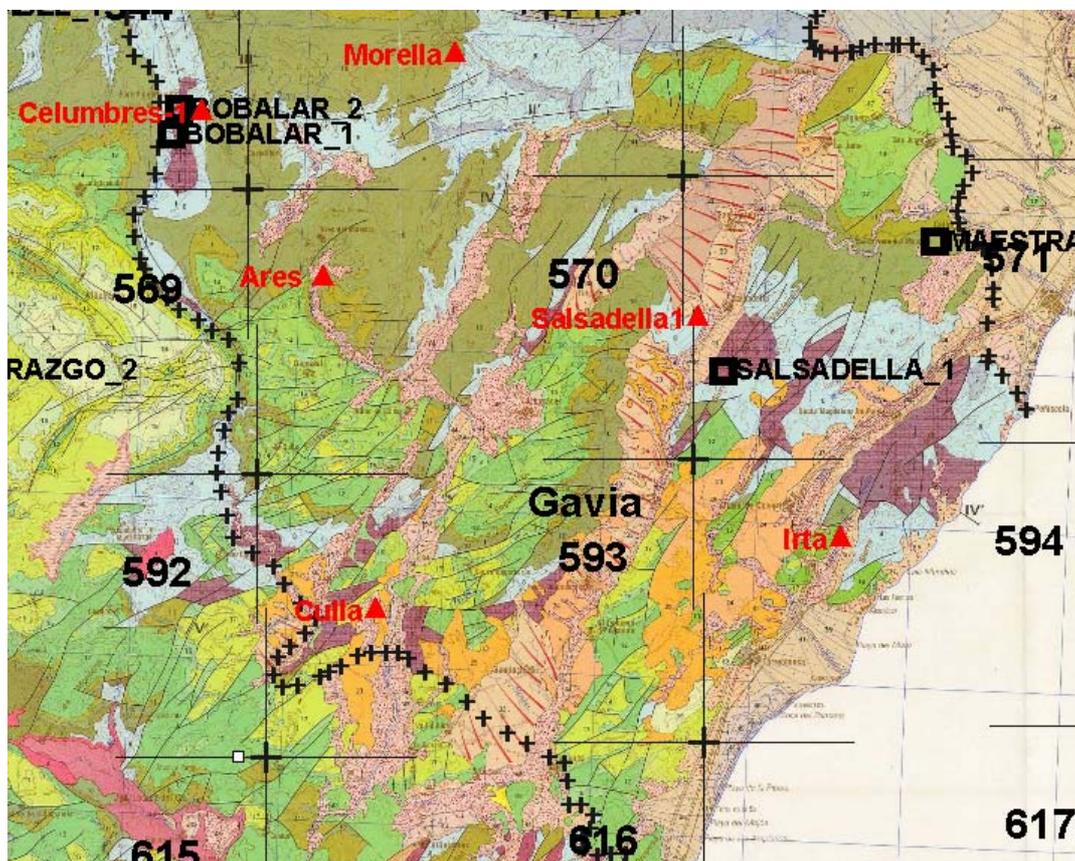


Figura 57. Localización de posibles sondeos a testificar

Una vez vista la lito-estratigrafía atravesada por cada sondeo, así como el tipo de entubación que tiene, podrán definirse los parámetros que pueden ser testificados, siempre que ello aporte alguna información útil al Proyecto.

8. Otra información de posible utilidad. Sondeos mecánicos y síntesis geológicas.

En los diversos documentos analizados en esta revisión de datos geofísicos de interés para el proyecto HIPROMA, se hace referencia a varios sondeos mecánicos (Figura 58). Algunos de ellos han sido utilizados como sondeos paramétricos para la interpretación de campañas eléctricas:

- Procedentes del Informe Investigación geofísica mediante SEV en la zona de San Mateo (Castellón). IGME, 1990 (nº 391), cuyas columnas están recogidas en el Anexo I de este párrafo (fichero con coordenadas de posición **sondeosm_391.xls**)
- Procedentes del Informe Campaña Geofísica mediante SEV en Villafamés (Castellón). IGME. 1993 (nº465), cuyas columnas están recogidas en el Anexo II de este párrafo. (fichero con coordenadas de posición **sondeosm_465.xls**)

En otros casos, se trata de sondeos profundos en los que se ha apoyado la interpretación de las líneas sísmicas, realizando en los Informes amplios comentarios de contenido geológico:

- Columnas de los sondeos de hidrocarburos, procedentes de la recopilación de sondeos de hidrocarburos, sintetizadas en grandes tramos estratigráficos, y que se reproducen en las siguientes figuras (escaneadas) en los ficheros **515_MIRAMBEL1**, **515_MAESTRAZGO1**, **515_MAESTRAZGO2**, **515_BOBALAR1**, **515_BOBALAR2** y **515_SALSADELLA1**. Su posición se encuentra en el fichero **Sondeos_507.xls**

Finalmente, se dispone de las columnas procedentes del Archivo de Puntos de Acuíferos (seleccionados por el grupo de Hidrogeología del Proyecto HIPROMA), fichero de posición **puntosinventario.xls**.

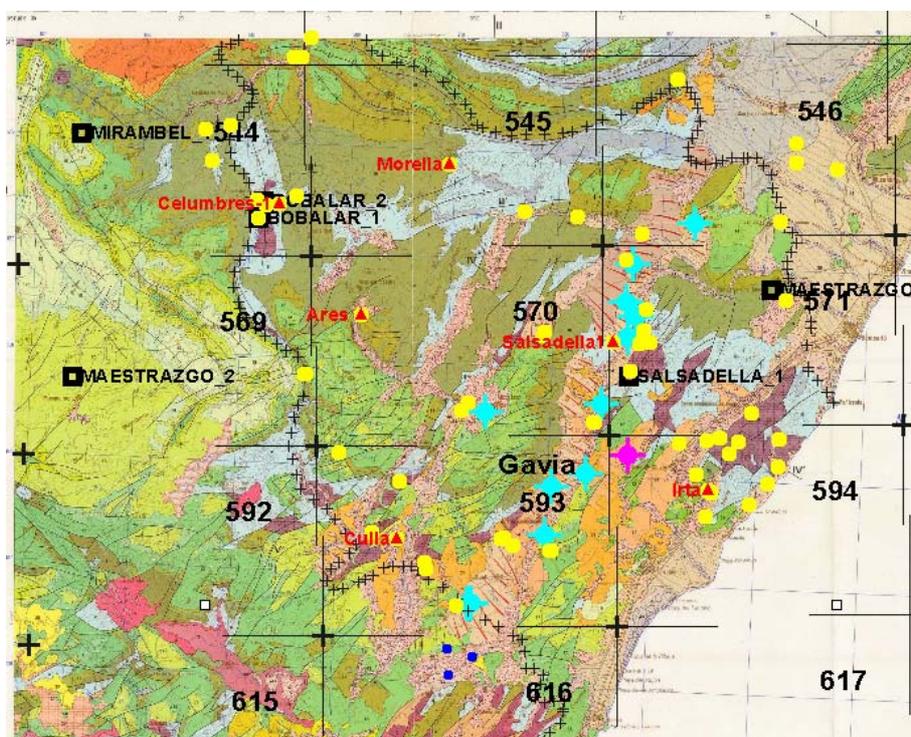


Figura 58. Posición de los sondeos mecánicos disponibles sobre la zona del Maestrazgo. Azul: informe de SEV 391. Azul fuerte: informe SEV 465. Morado: testificación Gavia. Negro: de hidrocarburos. Amarillo: base de puntos de agua. Rojo: posibilidad de testificación.

La calidad de los datos de los sondeos de Exploración de Hidrocarburos perforados en la Cuenca del Maestrazgo de que se dispone es muy variable en cantidad y calidad, en función principalmente del año de realización de los mismos: Bobalar – 1 y 2 para COPAREX son de 1963; Maestrazgo-1 y 2, para CAMPSA son de 1977 y 1981; Mirambel 1 para UXINI es de 1974; y Salsadella – 1, para AUXINI es de 1975.

Sus columnas lito-estratigráficas simplificadas se reproducen en las siguientes figuras (fichero 515_xxx):

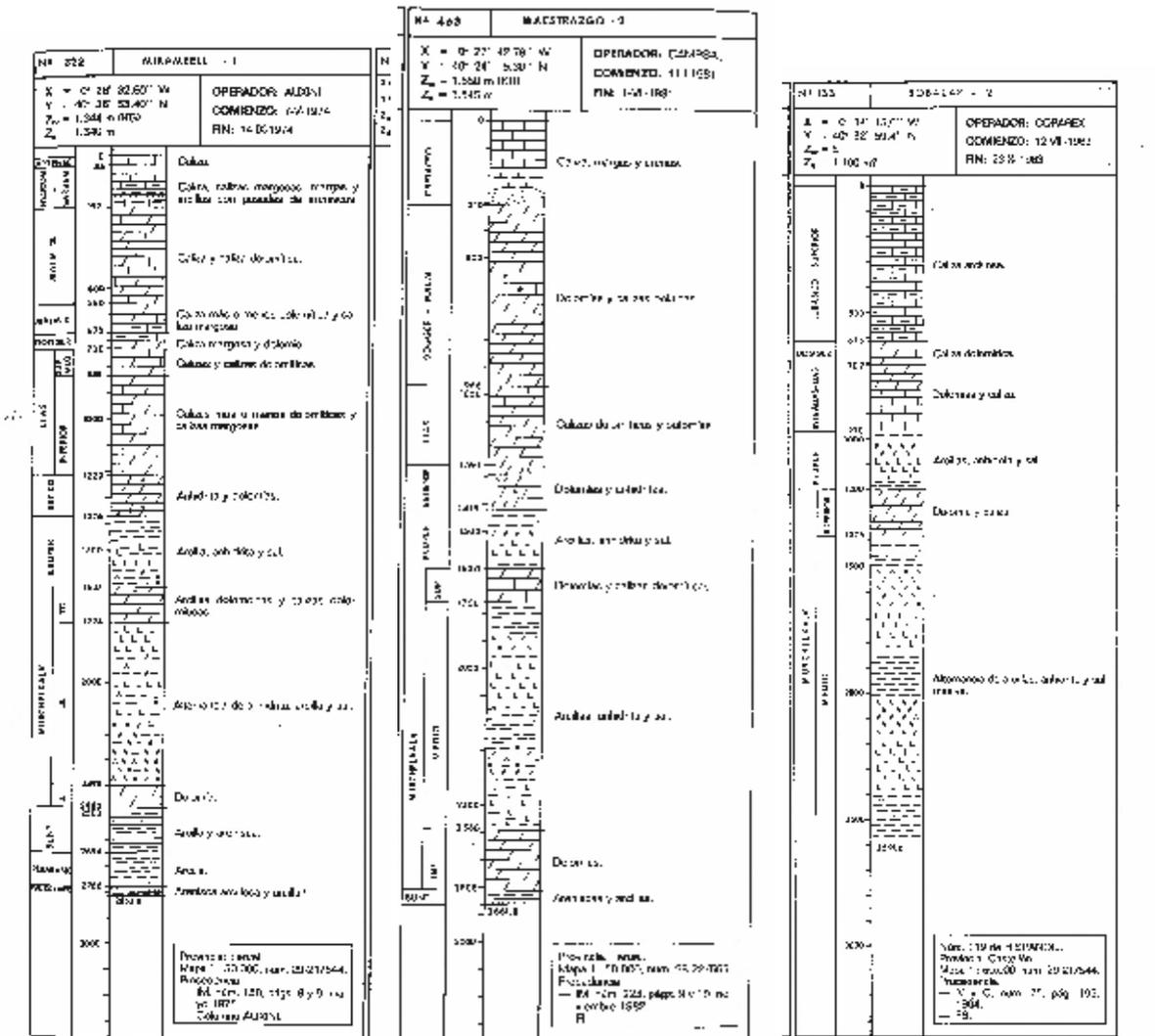


Figura 59. Columnas litoestratigráficas simplificadas de los sondeos Mirambel 1, Maestrazgo 2 y Bobalar 2 (Ficheros escaneados 515_Mirambel 1, 515_Maestrazgo2, 515_Bobalar2)

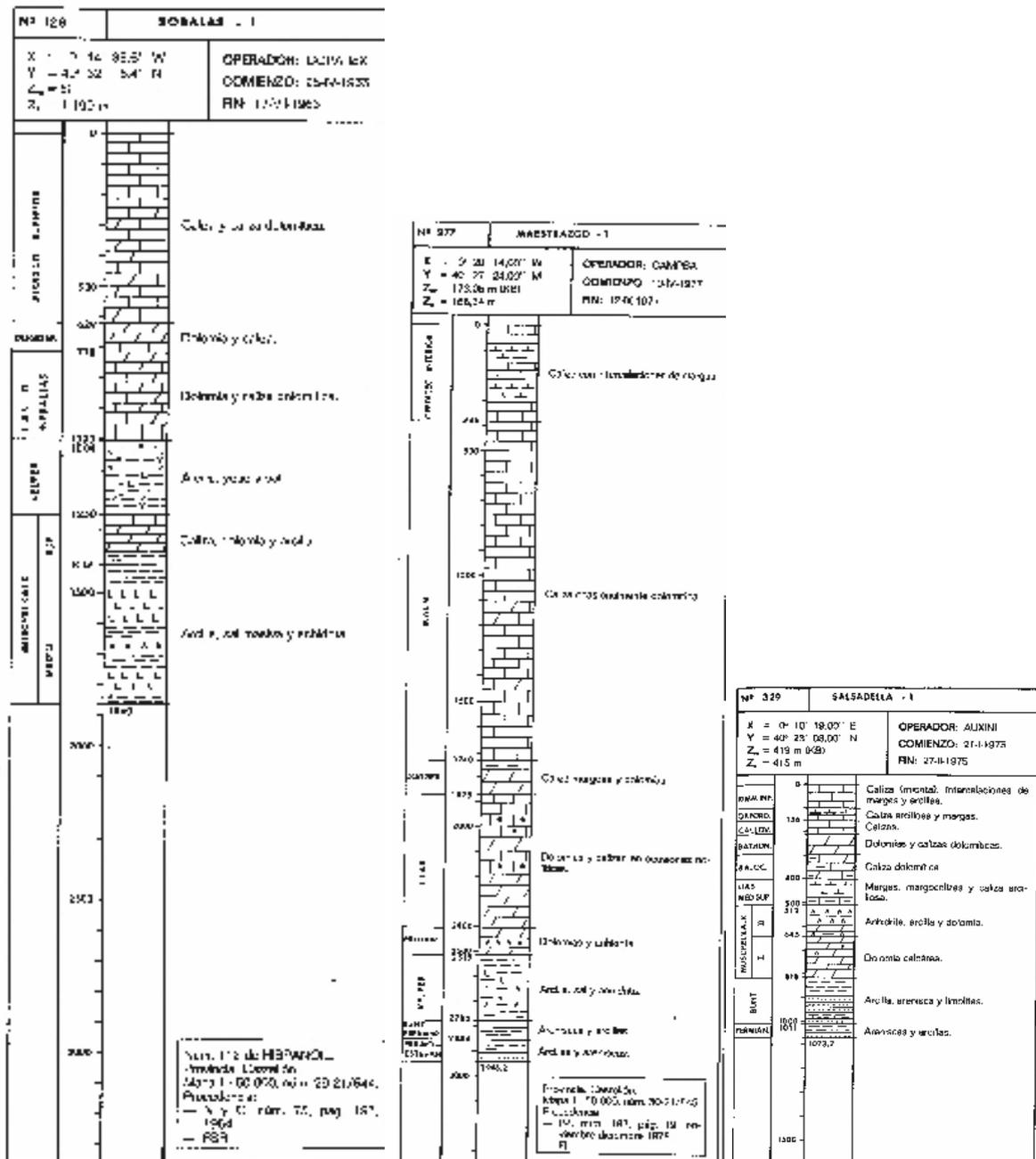


Figura 60. Columnas litoestratigráficas simplificadas de los sondeos Bobalar 1, Maestrazgo 1 y Salsadella1 (Ficheros escaneados 515_Salsadella1, 515_Maestrazgo1, 515_Bobalar1)

Una correlación de estos sondeos se presenta en la Figura 61 (fichero de imagen escaneada 523_M4). Está basada en en diagráfias de los sondeos Mirambel-1, Maestrazgo-2, Bobalar -2 Maestrazgo-1 y Salsadella-1. La correlación está realizada tomando como referencia la base del Lías. Dentro de la serie triásica, se puede observar que en el área central - tabular, donde se encuentran los sondeos Maestrazgo-2, Mirambel-1 y Bobalar-2, el Muschelkalk medio presenta estructuras halocinéticas en estado de intumescencia o de almohadilla, con potencias que oscilan entre 800 m y más de 1200 m. La litología corresponde principalmente

a sales con intercalaciones de anhidrita y arcilla. En el área Oriental - costera, se encuentran los sondeos Maestrazgo-1 y Salsadella-1, que presentan un Muschelkalk medio mucho menos potente y con un carácter menos evaporítico.

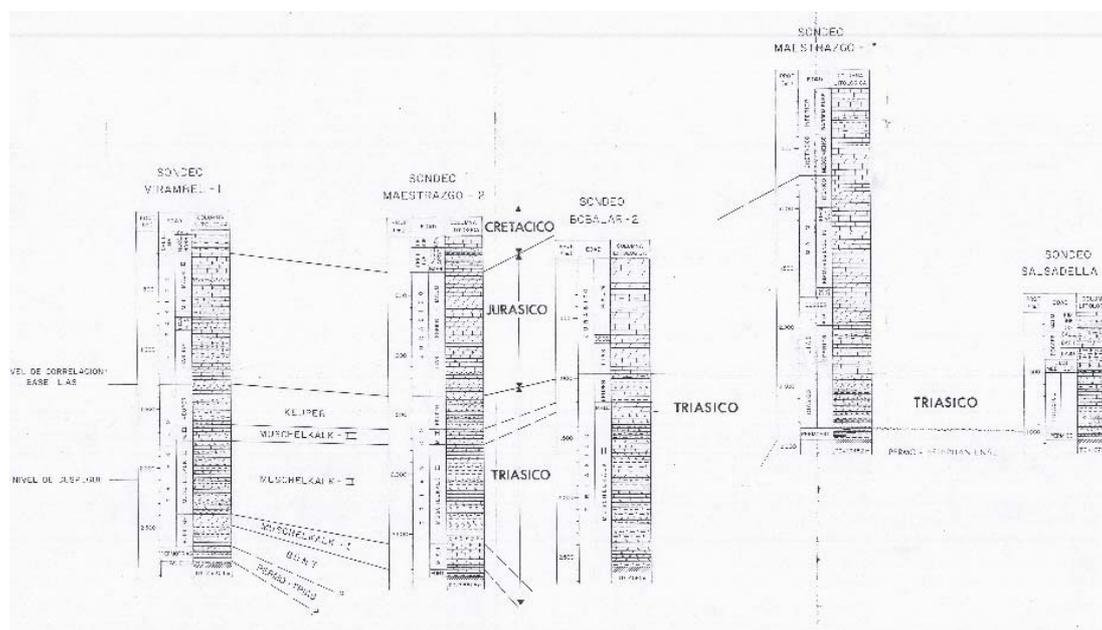


Figura 61. Correlación de sondeos profundos de hidrocarburos en la zona del Maestrazgo(Fichero 523_M4).

Procedentes del Informe de Geología del Subsuelo (nº 29039 del CDIGME y nº 523 del ADG), se transcriben literalmente a continuación los siguientes comentarios sobre estos sondeos y su correlación (hay que considerar que este Informe recoge a su vez parte del trabajo efectuado para ENRESA en 1989, cuyo interés se centraba en formaciones del Triásico):

Para ese trabajo se seleccionaron como sondeos representativos de la Cuenca del Maestrazgo el sondeo Bobalar2, situado en la zona tabular - central, y el sondeo Salsadella 1, situado en el área de horst y fosas oriental. El sondeo Salsadella1 cortó un Jurásico calizo margoso, un Triásico carbonatado-anhidrítico y un Permo-Triásico clástico en el que finalizó el sondeo. Gran parte se perforó con pérdidas totales y sin ripios por lo que una parte de la serie tiene poca definición. El sondeo Bobalar 1 se comenzó a perforar en el Malm (Jurásico superior), y alcanza una profundidad total de 2591 m en Muschelkalk medio. A partir de 1752 m no se realizaron diagráfias por lo que la interpretación se basa en las descripciones litológicas de ripios. La característica principal del sondeo es la potencia, de 1213 m perforados de Muschelkalk medio consistente en una litología de sales con intercalaciones de arcillas y anhidritas. Este sondeo (perfil sísmico MA4) (ver Figura 49) atraviesa una estructura de almohadilla de origen halocinéxico. Sobre el Muschelkalk medio se encuentra el Muschelkalk superior, carbonatado, de 180 m de potencia, y el Keuper con 220 m de potencia y que litológicamente consiste en intercalaciones de tramos salinos con tramos arcillosos y anhidríticos. El Jurásico se caracteriza por una serie carbonatada calizo-dolomítica.

De la correlación efectuada entre sondeos, junto con columnas estratigráficas (recogidas en los documentos escaneados 523_M05 a 523_M010), y que forman grandes perfiles cubriendo

todo el Maestrazgo en varias direcciones, se extrae los siguientes comentarios (en la Figura 62 se reproduce un ejemplo de este tipo de documentos):

Paleozoico: Los afloramientos paleozoicos que se localizan en el sureste de la zona corresponden a depósitos del Carbonífero con una litología de areniscas, grauwacas y pizarras de edad Namuriense. El metamorfismo regional es muy débil. No se observan señales de metamorfismo de contacto. Estos materiales están afectados por deformaciones hercínicas y alpídicas. En el pozo Maestrazgo-1 se perforó Carbonífero bajo el Bunt; el Carbonífero consiste en arenisca arcillosa negra - gris y siltstone. En Salsadella-1, el sondeo perforó hasta el Pérmico superior, consistente en una alternancia de areniscas arcillosas en secuencias "fining upwards" con clastos de arcillas, partículas de feldespatos y carbón estratificado. En el sondeo Mirambel-1 se perforaron areniscas arcillosas indiferenciadas de edad carbonífera, por debajo del Pérmico. El Pérmico se ha encontrado en los pozos Mirambel-1 y Salsadella-1 mientras que en los demás sondeos se encuentra el Buntsandstein discordante sobre el Carbonífero.

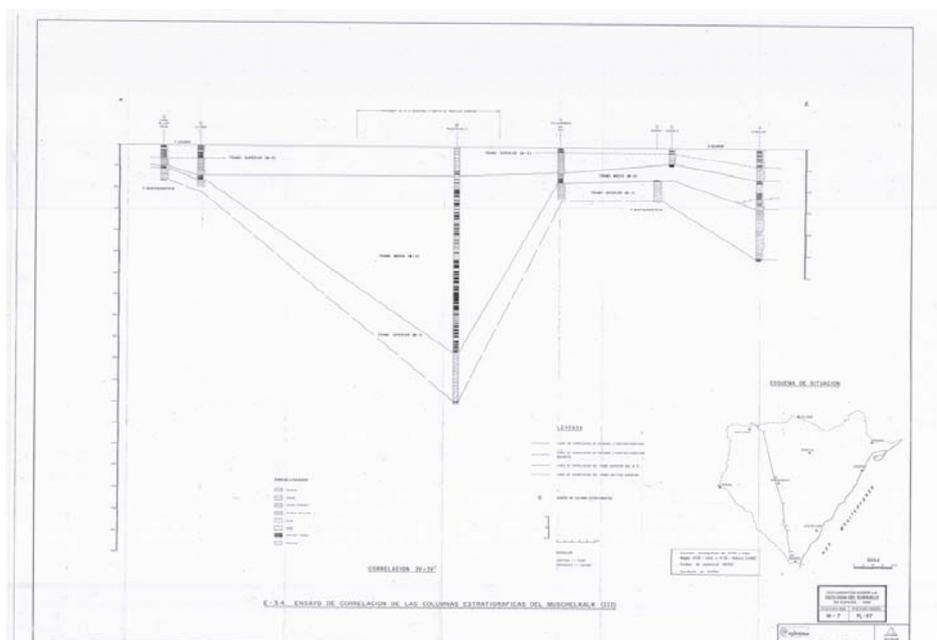


Figura 62. Ejemplo de correlación entre sondeos en un perfil N-S pasando por el Sondeo Maestrazgo-2 (fichero 523_M07)

Triásico: El Triásico se presenta en facies Germánicas. Las facies Buntsandstein se reconocen en los sondeos Maestrazgo-1 y 2; Salsadella-1 y Mirambel-1. Estos materiales en facies Buntsandstein presentan importantes variaciones laterales de potencia que indican que, como en otras áreas, los materiales en facies Buntsandstein uniformizan paleorrelieves hercínicos. Las facies Muschelkalk han sido perforadas por los seis sondeos (Maestrazgo-1 y 2, Salsadella-1, Mirambel-1 y Bobalar-1 y 2). Los cuatro sondeos citados en primer lugar cortan una serie en facies Muschelkalk que corresponde a un Trias de tipo catalán, es decir, constituido por dos tramos carbonáticos (Muschelkalk inferior y superior) y un tramo intermedio de carácter detrítico - evaporítico. Los sondeos Bobalar 1 y 2 finalizan en el tramo evaporítico que corresponde al Muschelkalk medio.

La potencia del tramo carbonático inferior, Muschelkalk inferior, puede oscilar entre 50 y 200 m. El Muschelkalk medio, de carácter evaporítico (constituido por sales, con anhidritas y arcillas) puede alcanzar potencias mayores de 1000 m en la zona tabular central, deducida

tanto a partir de perfiles sísmicos, como por datos de sondeos (1200 m en Bobalar-2). Estas potencias tan notables se deben a una acumulación halocinética. El Muschelkalk superior, carbonático, con intercalaciones arcillosas, tiene una potencia de unos 150 m.

Las facies Keuper tienen un carácter lutítico y evaporítico (anhidrita y halita). La potencia de estas facies puede oscilar entre unos 50 m y unos 280 m. La serie muestra un tramo salino a la base, un tramo arcilloso intermedio y un tramo anhidrítico superior, en una distribución similar a la Cuenca del Ebro; sobre las facies Keuper se encuentra la formación Dolomías Tableadas de Imón con una potencia de 25-30 m., dando paso a la sedimentación del Lias inferior.

Jurásico: *El Jurásico tiene carácter eminentemente carbonático. En sus tramos basales está representada la Fm. Carisolas. El Lías con potencias que oscilan entre 200 y 500 m es carbonático y está constituido por calizas, dolomías y margas. El Dogger está constituida por calizas y dolomías, su potencia varía entre 0 - 250 m, aumentando en general ligeramente hacia el SE. El Malm consiste en calizas bioclásticas, dolomías, margas con algunas intercalaciones de arenas. Los sondeos Bobalar 1 y 2 y Salsadella-1 comenzaron a perforarse en Malm, las potencias en los sondeos varían entre 500 - 1000 m. El sondeo Maestrazgo-1 es probablemente el que presenta una secuencia Jurásica más completa.*

Cretácico: *Al estar la mayor parte de los sondeos emplazados en estructuras antiformes, la serie Mesozoica se puede encontrar erosionada a nivel Jurásico, Cretácico inferior o Cretácico superior. Tan solo el sondeo Maestrazgo-2 cortó 100 m de Cretácico superior (Cenomanense) consistente en calizas tipo grainstone y margas grises. La serie del Cretácico inferior consiste en una serie Neocomiense—Barremiense carbonatada, consistente en calizas, calizas margosas, dolomías y margas, y una serie Albense - Aptense como la cortada por el sondeo Maestrazgo-2, de 160 m de arenas blancas con cemento carbonático y arcilla gris (facies Utrillas). El sondeo Mirambel-1 comenzó a perforar en Cretácico inferior (Aptense) y el sondeo Maestrazgo-1 en Barremiense (200 y 700 m de serie cretácico inferior respectivamente).*

Finalmente, se transcribe la SÍNTESIS GEOLÓGICA efectuada asimismo en el Informe 523 (todos los documentos referenciados se encuentran escaneados y su fichero puede encontrarse en el Anexo digital de este Informe):

ENCLAVE GEOLÓGICO

La zona del Maestrazgo se encuentra limitada al Este por el mar Mediterráneo, entre las poblaciones de Castellón y Vinaroz; al Norte, por la Cuenca del Ebro y la Cadena Costero Catalana; al Oeste por las sierras de Gudar y Espadán. Comprende parte de las provincias de Teruel y Castellón. En la zona central se encuentran las poblaciones de Morella y Villafranca del Cid.

Las principales características geológicas están señaladas en el Plano M-1. Dentro de la zona, cabe diferenciar desde el punto de vista estructural:

- a) *La franja norte, que corresponde a una alineación este-oeste de pliegues, con frecuencia fallados y con vergencia Norte, que se prolongan hacia el Este con las alineaciones de la Cordillera Costero-Catalana.*

- b) *Un área subtabular Central, con gran predominio de materiales del Cretácico Inferior. El Muschelkalk Medio presenta un estadio inicial de desarrollo halocinético, que corresponde a un estadio de intumescencia o almohadilla salina.*
- c) *Un área de horst y fosas en la zona oriental, que constituyen la continuación meridional de las fosas de la Cadena Costero Catalana. Está formada por un conjunto de horts de materiales mesozoicos y fosas rellenas de materiales neógenos y cuaternarios.*
- d) *El área meridional, en donde se presentan afloramientos del Trías detrítico-evaporítico; su límite oriental viene dado por el conjunto de estructuras asociadas al accidente de Ateca-Castellón.*

El Paleozoico apenas aflora y queda restringido a la parte oriental (desierto de las Palmas: Villafamés).

El Mesozoico está, por el contrario, bien representado. El Triásico aflora en las zonas límites de esta región, sin que se presente en buenas condiciones de estudio debido a estar fuertemente tectonizado. Por otra parte, existe la dificultad de correlacionar columnas de campo del Trías con secciones de sondeos. En las series aflorantes desaparecen por disolución las evaporitas del Muschelkalk medio, por lo que las potencias de campo son inferiores a las de sondeos.

El Jurásico se presenta bastante completo, con variaciones de espesor entre las zonas oriental y occidental.

La característica más sobresaliente de esta zona es el buen desarrollo del Cretácico Inferior, que se presenta tanto en fácies carbonatadas como detríticas, teniendo también buen desarrollo el Cretácico Superior.

Rellenando fosas, aparecen series detríticas terciarias de origen continental.

APORTACIÓN DE LA SÍSMICA A LA GEOLOGÍA DEL SUBSUELO:

La información disponible de subsuelo cubre esencialmente parte de la zona subtabular central y del área de horts y fosas oriental. Por ello es este apartado de síntesis geológica se hablará básicamente de estas zonas.

En conjunto podemos considerar el Maestrazgo como una cubeta cuyo depocentro estaría situado en la zona “subtabular” central con la mayor profundidad del zócalo. Esta cubeta, delimitada por estructuras, queda enmarcada por las elevaciones de zócalo que corresponden en superficie, por el Norte a la “zona septentrional plegada” y por Occidente con el accidente de zócalo de Ateca - Castellón, que limita la zona central con el Dominio Meridional. La interpretación regional de la sísmica existente (M- 14 y M - 15) confirma que el área tabular - central es la cubeta más profunda en la zona del Maestrazgo.

La planta en forma triangular que presenta la zona Tabular - Central se debe principalmente a dos accidentes de zócalo, uno de dirección NO - SE (asimilable al accidente de Ateca - Castellón) y otro de dirección NNE - SSO (asimilable al accidente de Requena - Mora).

Estas estructuras de zócalo son de gran importancia en la evolución mesozoica y terciaria de la cuenca, principalmente debido a que estas fallas tardihercínicas han funcionado como fallas normales durante el Mesozoico, posteriormente fueron reactivadas como inversas o de desgarre durante la compresión terciaria y finalmente la distensión miocena volvió a aprovechar los accidentes tardihercínicos para el desarrollo de las fosas terciarias originadas durante esta época.

A partir de la interpretación de las líneas sísmicas cercanas al accidente de Ateca - Castellón, se observa la posibilidad de que el Paleozoico esté implicado en el acortamiento regional a partir de fallas inicialmente normales (fallas distensivas que afectan a la serie mesozoica siendo "absorbidas" en los niveles evaporíticos. del Muschelkalk medio y coincidentes con fallas importantes de zócalo) que podrían haber actuado posteriormente como inversas. La falta de suficiente calidad en los datos sísmicos, impide confirmar totalmente esta posibilidad. Característica importante de esta cubeta es la tectónica halocinética que presenta el Muschelkalk Medio.

En cuanto a las estructuras de origen halocinético, presentan un estadio de intumescencia o almohadilla salina. Posiblemente no haya llegado a alcanzar el estadio diapírico debido a su alto contenido en arcillas y sobre todo anhídrita, ya que según Boldreel (1985) el bajo grado de pureza de la halita (debido a intercalaciones) puede impedir la evolución de las estructuras halocináticas a los estadios más desarrollados.

En la interpretación sísmica se aprecia la configuración en cubetas originadas por fallas normales en el zócalo. Se considera como sustrato de la serie salina el Paleozoico, así como el Buntsandstein y el Muschelkalk Inferior solidarios al mismo. Esta compartimentación originó probablemente el depósito diferencial, en cuanto a potencia, de los materiales del Muschelkalk Medio.

El factor de desequilibrio que se interpreta como desencadenante de la halocinesis es la presión ejercida por la serie mesozoica superior, el rejuego de las fallas de zócalo durante el Mesozoico y la potencia diferencial del Muschelkalk medio, que produjo la migración del material hacia los ejes de las cubetas. Las intumescencias del Muschelkalk Medio coinciden en superficie con alineaciones anticlinales como la de Bobalar.

El Muscheskalk Medio ha actuado además como nivel de despegue regional, y en él enraizan las fallas de la cobertera, según la interpretación sísmica, lo que así mismo revela la importancia de los esfuerzos tectónicos laterales en el desarrollo de las estructuras salinas (T. Bartrina et al., 1989).

La zona oriental de horts y fosas constituye la continuación meridional de las fosas de la cadena Costero Catalana. Está formada por un conjunto de horts de materiales mesozoicos y fosas rellenas de materiales neógenos y cuaternarios. Estas estructuras están limitadas por grandes fallas normales de orientación general NNE-SSO (accidente de Requena - Mora). En esta zona los datos sísmicos son de escasa calidad y los datos de sondeo, Maestrazgo-1, Salsadella- 1 están siendo actualmente (1990) revisados.

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LOS SONDEOS:

Se cuenta con la información de los sondeos siguientes:

- Bobalar 1 (1860 m) Techo del Keuper a 965 m
- Bobalar 2 (2592m) Techo del Keuper a 970 m
- Mirambel 1 (2811 m) Techo del Keuper a 1358 m
- Salsadella 1 (1073 m) Techo del Trias (Keuper incompleto) a 818 m
- Maestrazgo 1 (2948 m) Techo del Keuper a 2514 m
- Maestrazgo 2 (2862 m) Techo del Keuper a 1387 m

La perforación de estos sondeos se produjo con pérdidas totales sobre grandes intervalos, sin recuperación de ripios hasta que se alcanzó el techo del Triásico. Por lo tanto, la interpretación de los sondeos se ha basado principalmente en los registros (geofísicos) disponibles de cada sondeo. Estos registros presentan en general, una calidad aceptable, si bien en algunos casos se han detectado posibles errores de escala.

La ausencia de recuperación en los carbonatos del Cretácico y Jurásico obedece al desarrollo de un importante karst y fracturación en estos materiales. Se puede deducir por lo tanto una ausencia regional de cobertera eficaz post-triásica, con la presencia de un importante lavado en los carbonatos post-evaporíticos y la presencia de agua confinada salada sólo a partir del Keuper.

Por lo tanto, la sucesión carbonatada del Jurásico y Cretácico presenta un escaso o nulo interés como almacén para el área de estudio, y aunque los valores de porosidad y permeabilidad de estos materiales pueden ser muy elevados, la ausencia de un sello eficaz en estos materiales impide el desarrollo de una trampa adecuada para almacenamiento. La litología de la sucesión Jurásica y Cretácica no se detalla, debido a su escaso interés deducido de las consideraciones anteriormente expuestas, pero se expresa en las columnas sintéticas del panel de correlación del Plano 2.

Del análisis de los sondeos se puede concluir que las formaciones de interés (para hidrocarburos) se restringen al Triásico. (Plano 2):

- En el Keuper se estiman como litologías adecuadas “a priori” tanto las salinas como arenosas. Ahora bien la potencia de los paquetes de sal homogénea no sobrepasan los 18 m (sondeos Bobalar) y las pasadas de areniscas son muy delgadas y escasas y sólo aparecen presentes en el sondeo Maestrazgo 1 y Salsadella 1.

- El Muschelkal se encuentra subdividido en 3 tramos de interés, dos de ellos carbonatados (M I y M III) y uno evaporítico arcilloso, y con un mayor contenido en sal que el Keuper (el M II).

* El M III constituye la barra carbonatada superior del Muschelkal. Está constituido por una serie dolomítico-arcillosa fracturada y sellada en su parte superior por el Triás Keuper y en su parte inferior por el M II. Su potencia en los sondeos que lo atraviesan (Mirambel 1, Maestrazgo 1 y Bobalar 1 y 2) es bastante uniforme con valores entorno a 130-160 m (137 m en Mirambel; 134 m en Maestrazgo y 163 m en Bobalar 1). La profundidad a que se alcanza su techo en dichos sondeos es respectivamente 1637, 1622 y 1250 m. Si bien los valores de porosidad primaria son bajos, la fracturación de este tramo puede proporcionar unas características en cuanto a porosidad secundaria y permeabilidad muy estimables, como ocurre en el sondeo Bobalar 1 donde esta unidad presenta además indicios de petróleo.

** El tramo M II representa un paquete evaporítico-arcilloso, muy desarrollado en el sector occidental del área de estudio. La potencia de la unidad es 625 m en Mirambel 1, 1100 m en Maestrazgo y superior a 1200 m en la estructura de Bobalar. El tramo constituye el nivel de despegue regional en el área como ha sido puesto de manifiesto en el apartado de tectónica. Las evaporitas están constituidas mayoritariamente por anhidritas y sal, la cual si se encuentra a profundidades adecuadas, puede constituir un valioso almacén. Además las mayores acumulaciones salinas parecen estar relacionadas con los ejes de estructuras anticlinales con morfología de almohadillas, según se desprende de la interpretación sísmica junto con los datos de los sondeos. La profundidad a la que se encuentra el techo de la unidad en los diversos sondeos es 1774 en Mirambel 1, 1756 en Maestrazgo 2 y 1413 en Bobalar 1.*

** El tramo MI constituye la barra carbonatada basal del Muschelkalk. Se encuentra perforado en los sondeos Mirambel 1 y Maestrazgo 2 con una potencia de 91 m y 210 m respectivamente. Al igual que ocurre en la barra carbonatada superior (M III) la porosidad primaria de estas facies es baja pero la intensa fracturación que frecuentemente presenta puede proporcionar valores muy estimables de porosidad secundaria y permeabilidad. La profundidad a la que se encuentra el techo en los diversos sondeos que cortan la unidad es : 2399 Mirambel 1 y 2586 Maestrazgo 2.*

- Las facies Buntsandstein están constituidas por una serie areno-arcillosa en la que los paquetes arenosos pueden estar sellados por los tramos arcillosos. La potencia del Buntsandstein es variable en los sondeos perforados que lo atraviesan, 168 m en el sondeo Mirambel 1, 173 m en el sondeo Maestrazgo 1 y 165 m en el sondeo Salsadella 1. La profundidad a la que se encuentra el techo es 2490 m en Mirambel 1, 2796 m en Maestrazgo 2, 850 m en Salsadella y 2760m en Maestrazgo 1. Los valores de porosidad efectiva calculados en estos sondeos varían entre el 18.5 % y el 7 % en el sondeo de Salsadella 1, entre el 15.5 % y el 3% en el sondeo Mirambel 1 y entre el 3.5 y el 1.5 % en el sondeo Maestrazgo 1. Estos valores, salvo en el caso del sondeo Maestrazgo 1, se estiman como suficientes para constituir un almacén adecuado.

Anexo 1

Sondeos mecánicos de la zona de trabajo INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV EN LA ZONA DE SAN MATEO (CASTELLÓN). 1990 INFORME N° 391

Sondeo n° 7011

Denominación en el plano: Sondeo 1
Hoja 1:50000: 593 (Cuevas de Visromá)
Nombre del sondeo: Mas de Julian. N° 2149
Coordenadas UTM (aprox): X = 243079
Y = 4453553
Z = 327

Litología:

0-3 m – Gravas de caliza y arcilla margosa.
3-7 m – Arcilla margosa arenosa.
7-16 m - Arcilla margosa marrón – rojiza con algo de gravas de caliza.
16-20 m - Arcilla margosa arenosa.
20-22 m – Cantos y grava de caliza con arcilla.
22-35 m - Arcilla margosa arenosa con algo de gravas.
35-39 m - Gravas y gravillas de caliza.
39-50 m - Arcilla margosa pardo – rojiza con algo de gravas.
50-52 m - Gravas de caliza y arcilla margosa.
52-59 m - Arcilla margosa con algo de gravas.
59-60 m - Cantos y grava de caliza y arcilla.
60-140 m - Arcilla margosa ocre– marrón y pardo – rojiza con algo de grava de caliza.

Sondeo n° 6008

Denominación en el plano: Sondeo 2
Hoja 1:50000: 593 (Cuevas de Visromá)
Nombre del sondeo: Mas de Isa. N° 2194
Coordenadas UTM (aprox): X = 242698
Y = 4453474
Z = 335

Litología:

0-25 m - Arcilla margosa arenosa con algo de gravas.
25-30 m - Gravas y arcilla margosa.
30-55 m - Arcilla margosa arenosa con algo de grava.
55-65 m - Cantos y grava de caliza.
65-175 m - Arcilla margosa algo arenosa con algo de gravas de caliza.
175- 220 m - Conglomerado de cantos y gravas de caliza y matriz abundante de arcilla margosa.
220-225 m - Cantos y grava de caliza.
225-280 m - Conglomerado de gravas de caliza y matriz de arcilla margosa.

Sondeo n° 8001

Denominación en el plano: Sondeo 3
Hoja 1:50000: 593 (Cuevas de Visromá)
Nombre del sondeo: Llano de la Rosa. N° 1099
Coordenadas UTM (aprox): X = 250764

Y = 4459686
Z = 310

Litología:

0-119 m – Margas arcillosas marrones y pardo – rojizas con gravas de calizas.
119-125 m - Margas arcillosas con mayor proporción de gravas.
125-139 m - Conglomerado de cantos calizos y matriz arcillosa, con escaso o nulo cemento calcáreo – arcilloso.
139-168 m – Calizas.

Sondeo n° 1001

Denominación en el plano: Sondeo 4
Hoja 1:50000: 571 (Vinaroz)
Nombre del sondeo: Salsadella 2ª. N° 1091
Coordenadas UTM (aprox): X = 260064
Y = 4478305
Z = 324

Litología:

0-19 m – Arcillas ocre – rojizas con cantos y gravas.
19-21 m – Gravas.
21-250 m – Arcillas margosas ocres y rojizas seguramente con frecuencia arenosa y con proporción variable de gravas.

Sondeo n° 1004

Denominación en el plano: Sondeo 5
Hoja 1:50000: 571 (Vinaroz)
Nombre del sondeo: El Carrascal 1º. N° 1003
Coordenadas UTM (aprox): X = 260955
Y = 4480345
Z = 335

Litología:

0-5 m – Arcillas rojas con gravas.
5-11 m - Arcillas arenosas rojas con algo de gravas.
11-29 m - Arcillas arenosas ocres con algo de gravas.
29-43 m - Arcillas arenosas rojas con grava.
43-51 m – Conglomerado arcilloso de gravas y arenas.
51-58 m - Arcilla arenosa ocre.
58-61 m – Conglomerado arcilloso.
61- 69 m - Arcillas arenosas ocres.
69-75 m - Conglomerado arcilloso.
75- 81 m - Arcillas arenosas ocres.
81-89 m – Probablemente arcillas arenosas ocres con gravas y cantos.
89-102 m – Calizas margosas.
102-135 m – Margas.
135-145 m – Caliza margosa.
145-200 m – Caliza.

Sondeo n° 1005

Denominación en el plano: Sondeo 6
Hoja 1:50000: 571 (Vinaroz)
Nombre del sondeo: Cuatro Miñana 3ª. N° 1059
Coordenadas UTM (aprox): X = 260175
Y = 4481759
Z = 322

Litología:

0-45 m – Arcillas ocreas con algo de gravas y cantos especialmente en los m 10 y 11.
45-55 m – Gravas y cantos, posiblemente con arcilla.
55-125 m – Arcillas y margas grises.
125- 146 m – Calizas arenosas dolomíticas y calizas.
146-205 m – Calizas y margo – calizas.
205-235 m – Margas, calizas margosas y calizas.
235- 250 m – Margas blancas y calizas.

Sondeo n° 6015

Denominación en el plano: Sondeo 7
Hoja 1:50000: 546 (Uldecona)
Nombre del sondeo: Finca de la fuente. N° 1039
Coordenadas UTM (aprox): X = 267238
Y = 4488945
Z = 290

Litología:

0-59 m – Arcilla margosa.
59-61 m – Caliza margosa.
61-89 m – Margas.
89-91 m – Caliza gris.
91-94 m - Caliza margosa.
94-100 m – Margas arenosas.
100-104 m – Caliza.
104- 150 m - Arcilla margosa arenosa ocre.

Sondeo n° 4011

Denominación en el plano: Sondeo 8
Hoja 1:50000: 593 (Cuevas de Visromá)
Nombre del sondeo: S-4
Coordenadas Lambert (aprox): X = 919650
Y = 639050
Z = 280

Litología:

0-15 m – Dolomías rojizas y grisáceas.
15-55 m – Calizas grisáceas dolomíticas.
55-64 m – Calizas muy margosas.
64-100 m - Calizas dolomíticas y dolomías.
100-113 m – Calizas recristalizadas.
113-172 m – Calizas muy dolomíticas fosilíferas.
172-178 m – Calizas oolíticas.
178-212 m – Calizas dolomíticas con arcillas.

Sondeo n° 4010

Denominación en el plano: Sondeo 9
Hoja 1:50000: 593 (Cuevas de Visromá)
Nombre del sondeo: S-3
Coordenadas Lambert (aprox): X = 922900
Y = 640300
Z = 178

Litología:

0-0.5 m – Suelo vegetal.
0.5-37 m – Derrubios arenosos y arcillosos con gravas.
37-59 m – Arcillas rojas y grises, con tramos arenosos.
59-70 m – Gravas, arenas y arcillas rojas y amarillas.
70-152 m – Arcillas abigarradas, con nódulos calizos y arenas.
152-164 m - Arcillas abigarradas y calizas blancas.
164-184 m – Margas calizas muy compactas, con nódulos.
184-189.5 m – Lignitos.
189.5-204 m – Arcillas gris azuladas carbonosas.
204-208 m – Lignitos.
208-212 m - Arcillas gris azuladas carbonosas.
212-218 m – Margas arcillosas azuladas.
218-226 m - Margas azuladas.
226-232 m – Arcillas rojas.
232-300 m – Conglomerados de cantos calizos.
300-320 m – Areniscas calcáreas pardo amarillentas.
320-353 m - Calizas gris y blanca.

Sondeo n° 7001

Denominación en el plano: Sondeo 10
Hoja 1:50000: 570 (Albocacer)
Nombre del sondeo: La Coma. N° 1114
Coordenadas UTM (aprox): X = 245812
Y = 4472048
Z = 510

Litología:

0-5 m - Arcilla en ocre claro con cantos y gravas de caliza.
5-9 m – Arcillas rojas con algo de grava.
9-12 m – Cantos y gravas con arcilla.
12-21 m – Arcillas plásticas rojas con gravas en los metro 13-16-
21-55 m – Arcillas ocreas con cantos y gravas de caliza.
55-65 m - Conglomerado arcilloso.
65-112 m - Conglomerado arcilloso con pisolitos ferruginosos y mayor proporción de arcillas.
112-121 m – Calizas y calizas margosas.
121-134 m – Calizas tono claro.
134-150 m – Arcillas rojas y arenas con arcillas.

Sondeo n° 8001

Denominación en el plano: Sondeo 11
Hoja 1:50000: 570 (Albocacer)
Nombre del sondeo: Punt. Del Morenal. N° 1082
Coordenadas UTM (aprox): X = 257028
Y = 4471985
Z = 260

Litología:

0-210 m – Arcillas margosas.

Sondeo n° 1016

Denominación en el plano: Sondeo 12

Hoja 1:50000: 571 (Vinaroz)

Nombre del sondeo: SM-2

Coordenadas Lambert (aprox): X = 927400
Y = 660650
Z = 350

Litología:

0-16 m – Arcillas.

16-19 m – Conglomerados calizos con arcillas.

19-27 m – Arcillas ocres rojas.

27-28 m – Conglomerado calizo.

28-34 m - Arcillas ocres rojas.

34-52 m - Conglomerado calizo concantos de gran tamaño.

52-53 m – Arcillas rojas.

53-55 m - Conglomerado calizo.

55-58 m – Arcillas arenosas.

58-60 m – Gravas calizas.

60-62 m – Arcillas ocres.

62-65 m – Cantos calizos.

65-77 – Arcillas amarillentas con niveles de gravas calizas.

77-78 m – Conglomerado calizo.

78-79 m - Arcillas ocres rojas.

79-165 m – Calizas poco compactas y muy trituradas.

Anexo 2

Columnas de sondeos mecánicos del Informe CAMPAÑA GEOFÍSICA MEDIANTE SEV EN VILLAFAMÉS (CASTELLÓN). 1993. INFORME N° 465

Sondeo La Basa

Coordenada X: 751650

Coordenada Y: 4449050

Z: 278

Número base de datos de aguas: 2029, octante 2

0-61 Margas y Calizas

61-115 Margas y areniscas

115-154 Calizas oscuras

154-167 Dolomías oscuras

167-180 Areniscas y Margas

180-181 Dolomías oscuras

181-187 Areniscas

Sondeo San Patricio

Coordenada X: 751773.92

Coordenada Y: 4446482.44

Z: 240

Número base de datos de aguas: 2032, octante 2

0-90 Arenas y arcillas

Sondeo Villa Roig

Coordenada X: 754065.54

Coordenada Y: 4448192.80

Z: 240

Número base de datos de aguas: 3008, octante 3

0-15 Gravas y arenas

15-52 Calizas y calizas margosas

52-70 Margas

70-105 Calizas

105-201 Arcillas margo-arenosas

180-181 Dolomías oscuras

181-187 Areniscas

9. Organización de la información digital.

En los diversos capítulos de este Informe de Recopilación y Análisis de la Información Geofísica se han ido indicando los ficheros informáticos que han sido recuperados o generados expresamente. Todos estos ficheros se recogen en un CD anexo a la memoria.

El fichero **ResumenFicheros.xls** sintetiza esta información, indicando para cada Informe consultado el documento seleccionado, el nombre del fichero donde se encuentra en forma digital, así como el tipo de dato: imagen escaneada o valores digitales.

Nº de Informe	Fecha	Método	Nº Hoja 1/500 00	Información	Fichero (Digital)			
265-40255	1984	SEV	546-571, 594	fichero de situación de los SEV , X.Y,Z(en blanco), SEV . Zona Vinaroz-Peñíscola	265_7posicion.xls			
				fichero de situación de los SEV , X.Y,Z(en blanco), SEV . Zona Oropesa	265_8posicion.xls			
				Curvas de campo zona Vinaroz-Peñíscola (58 SEV) ficheros Ab/2-ro	265_7vp_xx.rpd			
				Curvas de campo zona Oropesa(62 SEV) ficheros AB/2-ro	265_8op_xx.rpd			
				Resistividad_espesores Vinaroz-Peñíscola ficheros mdl z-ro	265_7vp_xx.mdl			
				Resistividad_espesores (zona Oropesa) ficheros mdl z-ro	265_8op_xx.mdl			
				fichero único con los mdl de la zonaVP	265_7_interpretacion.xls			
				fichero único con los mdl de la hoja OP	265_8_interpretacion.xls			
				Interpretación Geoeléctrica. Plano nº 16(Vinaroz-Peñíscola) imagen escaneada	265_p16			
				Interpretación Geoeléctrica. Plano nº 17 (Vinaroz-Peñíscola)imagen escaneada	265_p17			
				Interpretación Geoeléctrica. Plano nº 18 (Oropesa)imagen escaneada	265_p18			
				391- na	1990	SEV	546, 570, 571, 593, 616	fichero de situación de los SEV: X.Y,Z, SEV
Curvas de campo ficheros Ab/2-ro	391_xx.rpd							
Resistividad_espesores ficheros mdl z-ro	391_xx.mdl							
fichero reunión de los mdl	391_interpretacion.xls							
Cortes geoeléctricos 1 a 4. Plano nº 2 escaneado	391_p2							
Cortes geoeléctricos 5 a 8. Plano nº 3	391_p3							

				escaneado	
				Cortes geoelectrónicos 9 a 12. Plano nº 4 escaneado	391_p4
				Cortes geoelectrónicos 13 y 14. Plano nº 5 escaneado	391_p5
				posicion de sondeos mecánicos 7011,6008,8001,1001,1004,1005,6015,4011,4010,7001,8001,1016 (columna en Anexo 1)	sondeosm_391.xls
462-40429	1993	SEV	616	fichero de situación de los SEV: X,Y,Z, SEV	462posicion.xls
				Curvas de campo ficheros Ab/2-ro	462_xx.rpd
FUERA DE ZONA. NO INTERESA				Resistividad -espesores ficheros mdl z-ro	462_xx.mdl
				fichero reunión de los mdl	462_interpretacion.xls
				Cortes Geoelectrónicos 1 a 3. Figura 2 imagen escaneada	462_F2
				Cortes Geoelectrónicos 4 y 5. Figura 3 imagen escaneada	462_F3
				Cortes Geoelectrónicos 6 y 7. Figura 4 imagen escaneada	462_F4
465-40431	1993	SEV	616	fichero de situación de los SEV: X,Y,Z, SEV	465posicion.xls
				Curvas de campo ficheros Ab/2-ro	465_xx.rpd
FUERA DE ZONA				Resistividad_espesores ficheros mdl z-ro	465_xx.mdl
				fichero reunión de los mdl	465_interpretacion.xls
				posición de sondeos mecánicos utilizados en la interpretación La Basa, S.Patricio y Villa Roig (columnas en AnexoII)	sondeosm_465.xls
				Cortes Geoelectrónicos 1 y 2. Figura 3 imagen escaneada	465_F3
				Cortes Geoelectrónicos 3 y 4. Figura 4 imagen escaneada	465_F4
				Cortes Geoelectrónicos 5 y 6. Figura 5 imagen escaneada	465_F5
				Corte Geoelectrico 7. Figura 6 imagen escaneada	465_F6
492- na	1986	Gra	521, 546	Mapa de anomalías de Bouguer de Cataluña (1:500000) escaneado	492_mapa
				Listado de datos (posición, grav obs, grav teórica, AB) Hoja 1:50000 nº 521 y 546	521+546.xls
				mapa de anomalia de Bouger	Bouguer521+546.srf
515- na	1996	Gra	1/200 000 nº 48	Mapa de permisos de exploracion en el Maestrazgo	515_F1permisos
	1963			Mapa de anomalías de Bouguer escaneado de Maestrazgo1	GRVMaestrazgo(1)

	1974		Mapa de anomalías de Bouguer escaneado de Cañadas2	GRVCañada(2)
	1975		Mapa de anomalías de Bouguer escaneado de Vistabella3	GRVVistabella (3)
	1979		Mapa de anomalías de Bouguer escaneado de San Carlos Norte 4 (hay además mapa delta.dxf zona norte)	GRVSanCarlo sNorte(4)
	1979		Mapa de anomalías de Bouguer escaneado de San Carlos Sur 4	GRVSanCarlo sSur(4)
			Mapa de anomalías de Bouguer escaneado de San Mateo5	GRVSanMateo(5)
			limites Mapa de Anomalías de Bouguer Maestrazgo.	Poligono 1 Maestrazgo.xls
			limitesMapa de Anomalías de Bouguer Permiso Cañada	Poligono 2 Cañada.xls
			limitesMapa de Anomalías de Bouguer Vistabella del Maestrazgo, Cuevas de Vinromá.	Poligono 3 Vistabella.xls
			limitesMapa de Anomalías de Bouguer San Carlos 1 y 2.	Poligono 4 S.Carlos.xls
			limitesMapa de Anomalías de Bouguer San Mateo	Poligono 5 S.Mateo.xls
	1989		Mapa de anomalía de Bouguer escaneado de Shell (solape grande con Vistabella)	graviShell89
			limites Mapa de Anomalías de Bouguer de Shell1989	graviShell89.xls
536-na	1972	Ma 1/200 000 nº 48	fichero obtenido del listado de datos (x,y, nT residual) Bloques E y D 11593 estaciones	I_536.xls
			Fichero I_536 limitado a parte del Bloque E, área Maestrazgo. 2091 estaciones	I_536reducido.xls
328-40318	1987		Mapa de campo magnético residual hoja 1/200000 nº 48 escaneado Datos en 536.Interpretado en 523_M12 y M13	328_mapa
523-na	1990		Interpretación, con prof. Basamento magnético (M- 12, PL- 102 1:200000) ver 328_mapa	523_M12
			Interpretación, con prof. Basamento magnético (M- 13, PL- 103 1:200000) ver 328_mapa	523_M13
	2005		mapa de anomalías magneticas de las líneas del bloque D que entran en la zona de estudio	MagneticoD.srf
471-40433	1990	T 594	posición X,Y sondeos 471 zona Gavia	471posicion.xls
			Diagrafias GR y Densidad de los Sondeo S-956 (65 m), 1026 (55m), 1116 (75 m), 1126 (100m) y 1136(123m) en Papel Vegetal	
523-29039	1990		(M- 02, PL- 092) – Diagrafias GR y Neutron, PE y R e interpretación del Sondeo Bobalar – 2, 1:500escaneado	523_M02
			(M- 03, PL- 093) – Diagrafias Sónico, GR y	523_M03

			calibre e interpretación del Sondeo Salsadella -1, 1:500escaneado	
507-na	1995		Columna litológica, sonico y GR de Triasico en Mirambel-1. Figura nº 3 escaneado	507_f3
		S	SIGE	
		i	OF	
		s	posición de puntos de las líneas de SIGEOF (tierra, y tierra+mar)	SigeofTierraMar.xls
			posición de puntos de las líneas de SIGEOF (tierra)	SigeofTierra.xls
523-29039	1990	S	519, 520, 544, 545, 546, 569, 570, 571, 593, 594 y 616.	
		i	(M- 04, PL- 094) – Correlación de sondeos en la zona del Maestrazgo. 1:15000 (ver 507_p2)(fichas en 515)escaneado	523_M04
ENRESA		s	(M- 11, PL- 101) – Ejemplos de líneas sísmicas interpretadas en la zona del Maestrazgo MA16, MA22 y MA4 (ver 507_f2)	523_M11
			(M- 16, PL- 106) – Cortes estructurales basados en líneas sísmicas MA16 y MA22, Zona del Maestrazgo. 1:50000	523_M16
			(M- 14, PL- 104) – Mapa de Isobatas M – II.1:200000 (ver 507_p3)escaneado	523_M14 SIN INTERES
			(M- 15, PL- 105) – Mapa de Isopacas M – II.1:200000 (ver 507_p4)escaneado	523_M15 SIN INTERES
			(M- 01, PL- 091) – Plano Geológico y posicion líneas sísmicas de la Zona del Maestrazgo. 1:200000 escaneado	523_M01 SIN INTERES

507-na	1995	S	1/200	
		i	000 nº	
		s	48	
			posición las líneas pedidas (CT por digitalización, resto sacadas de Sigeof)	lineasPedidas.xls
ENAGAS			posición las líneas 8704,8705,8810,8815,8822(digitalizadas),MA 4,MA16,MA22,SM14,SM20 y SM7 (de Sigeof)Interpretadas	lineasconInformacion.xls
			Correlación de Sondeos.Plano nº 2 (ver también 523_M4)(fichas en 515) escaneado	507_p2
			Cortes Geológicos.Figura nº 2 (ver 523_f2) de líneas sísmicas MA-16 y MA-22 escaneado	507_f2
			Línea sísmica SM 7 interprtetada. Fig. 10 escaneado escaneado	507_SM7
			Línea sísmica SM 14 interprtetada. Fig. 11 escaneado	507_SM14
			Línea sísmica SM 20 interprtetada. Fig. 12 escaneado	507_SM20
			Isobatas de un horizonte próximo al techo del Keuper. Plano nº 3 (ver 523_M14) escaneado	507_p3
			Isobatas de un horizonte próximo al techo del Muschelkalk (M-III). Plano nº 4 (ver 523_15)	507_p4 SIN INTERES

		escaneado		
515, n/a	g	o	Mapa geológico simplificado del área de estudio. Figura 2 escaneado	515_F-2geologia
			Columna litológica Bobalar - 1(ver corelación en 507_p2 y 523_M4) escaneado	515_Bobalar - 1
			Columna litológica Bobalar - 2(ver corelación en 507_p2 y 523_M4) escaneado	515_Bobalar - 2
			Columna litológica Mirambell - 1(ver corelación en 507_p2 y 523_M4) escaneado	515_Mirambell - 1
			Columna litológica Salsadella - 1(ver corelación en 507_p2 y 523_M4) escaneado	515_Salsadella - 1
			Columna litológica Maestrazgo - 1(ver corelación en 507_p2 y 523_M4) escaneado	515_Maestrazgo - 1
			Columna litológica Maestrazgo - 2(ver corelación en 507_p2 y 523_M4) escaneado	515_Maestrazgo - 2
			fichero coordenadas X,Y sondeos mecánicos profundos de hidrocarburos	Sondeos_507.xls
523			(M- 05, PL- 095) – Ensayo de correlación columnas estratigráficas del Muschelkalk – (I). H.:1:200000. V.:1:3500escaneado	523_M05
			(M- 06, PL- 096) – Ensayo de correlación columnas estratigráficas del Muschelkalk – (II). H.:1:200000. V.:1:3500escaneado	523_M06
			(M- 07, PL- 097) – Ensayo de correlación columnas estratigráficas del Muschelkalk – (III). H.:1:200000. V.:1:3500escaneado	523_M07
			(M- 08, PL- 098) – Ensayo de correlación de las columnas estratigráficas del Jurásico. H.:1:200000. V.:1:4000escaneado	523_M08
			(M- 09, PL- 099) – Ensayo de correlación de las columnas estratigráficas del Cretácico Inf. H.:1:200000. V.:1:4000escaneado	523_M09
			(M- 10, PL- 100) – Ensayo de correlación de las columnas estratigráficas del Cretácico Sup. H.:1:200000. V.:1:4000escaneado	523_M10
			sondeos existentes en el Maestrazgo	puntosinventario.xls

En el CD los documentos, tanto ficheros de imágenes escaneadas, como datos digitales, están organizados por métodos, y dentro de ellos, según el número del Informe indicado en el cuadro anterior.

