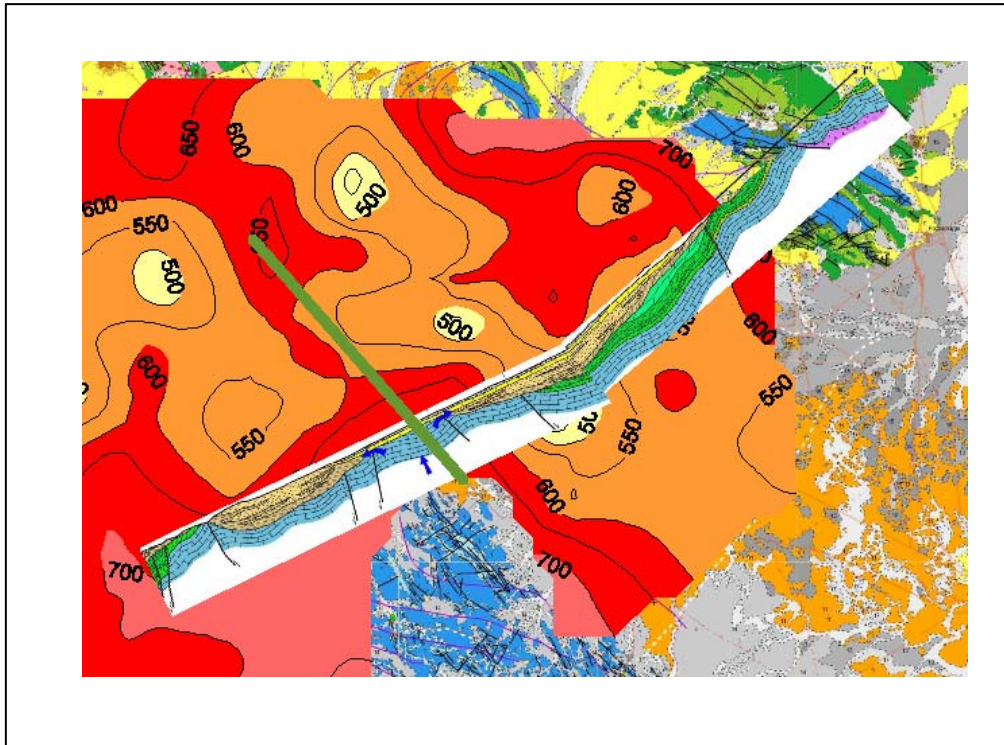


PROYECTO

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



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

Juan Luís Plata Torres

Grupo de Geofísica del IGME
Tres Cantos, Agosto 2009



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



Instituto Geológico
y Minero de España

PROYECTO

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

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

Índice

- 1. Objetivo**
- 2. Zona de estudio**
- 3. Información geofísica existente**
 - 3.1 Sísmica**
 - 3.2 Gravimetría**
 - 3.3 Sondeos Eléctricos Verticales**
 - 3.4 Sondeos mecánicos**
- 4. Análisis de los datos**
 - 4.1 Mapa de anomalías de Bouguer**
 - 4.2 Información geoelectrica**
- 5. Comparación de los datos gravimétricos y geoelectricos**
- 6. Revisión de la interpretación de los SEV**
- 7. Correspondencia del horizonte resistivo2 con la gravimetría**
- 8. Síntesis de la información geofísica respecto del corte I-II-III**
- 9. Conclusión y recomendaciones**

ANEXO INFORMÁTICO

Determinación por Geofísica de la morfología del techo del Jurásico

1. Objetivo

Este Informe está encuadrado en el proyecto: “Asesoramiento a la Confederación Hidrográfica del Guadiana en materia de gestión de las aguas subterráneas, e investigación, desarrollo, mejora, difusión y divulgación del conocimiento hidrogeológico”, cuyo objetivo final es la mejora en la gestión de las masas de agua subterránea.

Como parte de estos trabajos, la CHG encargó al IGME un estudio relativo a la continuidad hidrogeológica de las formaciones acuíferas en la zona de la divisoria Guadiana-Júcar. Usando criterios hidrogeológicos, se ha propuesto una hipótesis de la geometría de las estructuras geológicas en dicha divisoria, para cuya verificación se ha efectuado una revisión de los estudios geofísicos existentes en la zona, objetivo del presente Informe.

2. Zona de estudio

Está situada dentro de la zona oriental de la U.H. 04.04 (Mancha Occidental, Figura 1), comprendiendo las hojas topográficas 1/50.000 nº 715, 716, 740, 741, 763, 764 y el tercio occidental de las hojas 717, 742 y 765, cubriendo el límite de la zona de declaración provisional de sobreexplotación.

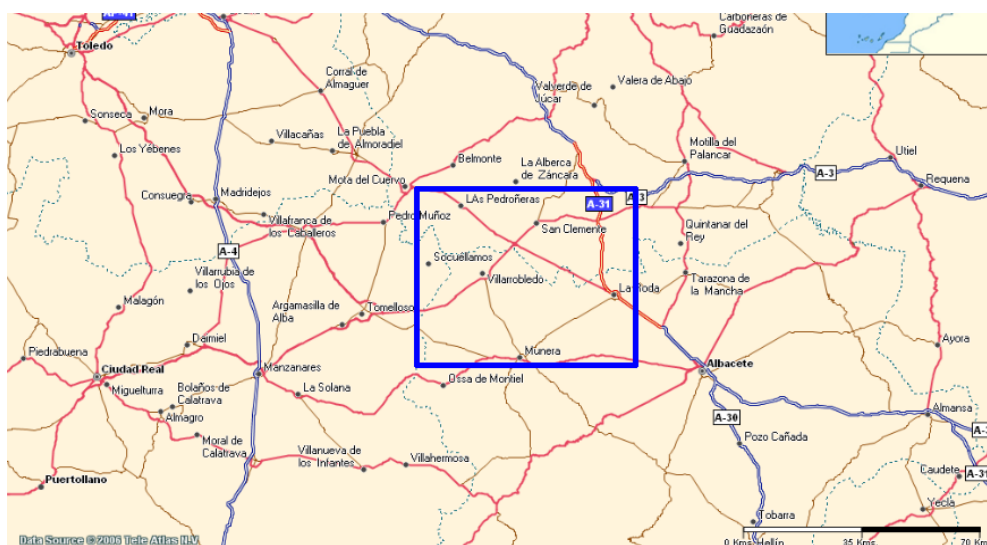


Fig. 1 Situación general de la zona de estudio

Las coordenadas UTM (30) de las esquinas de esta zona (y del mapa geológico de la Figura 2) son:

X30	Y30
512644	4372497
579844	4372895
581140	4317422
512732	4317004

Esta área se sitúa en el entronque de la prolongación hacia el Sur de las estructuras mesozoicas de la Sierra de Altomira con el mesozoico tabular de los campos de Montiel, que se hunde

suavemente hacia el norte, desconociéndose el límite de su profundidad. La cartografía geológica de superficie (Figura 2), refleja efectivamente cómo el Jurásico-Cretácico, aflorantes en el Sur y en el Norte del área, permanecen cubiertos por materiales cuaternarios o terciarios en la porción central.

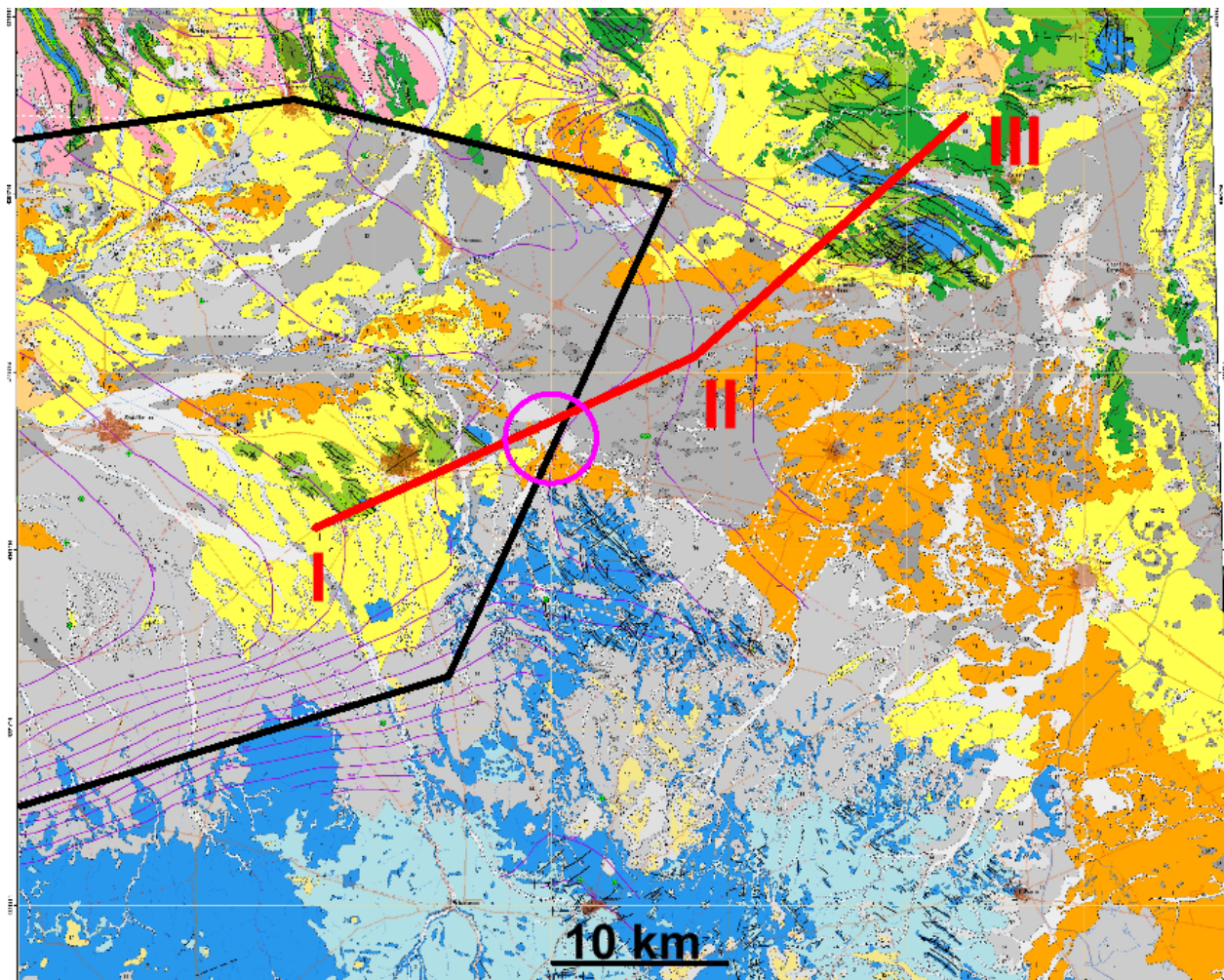
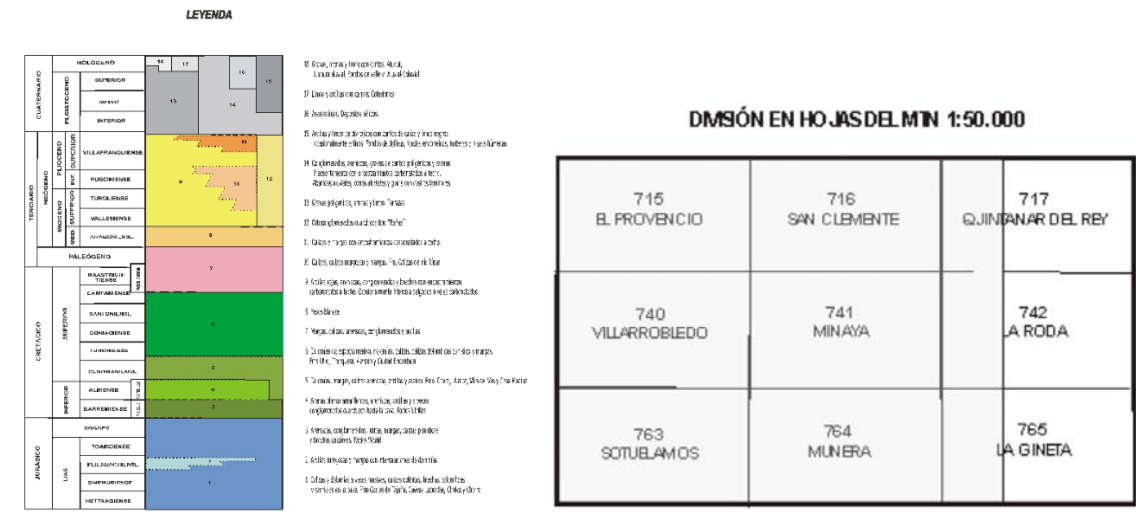


Fig. 2 Mapa geológico de la zona. Posición del corte I-II-III y límite (línea en negro) de la zona de declaración provisional de sobreexplotación. Circulo: posición de la elevación del Jurásico indicada en la Figura 3.

El acuífero lo forman calizas jurásicas y cretácicas, siendo la hipótesis sobre la morfología que daría lugar a la divisoria de aguas la indicada en el corte I-II-III de la Figura 3.

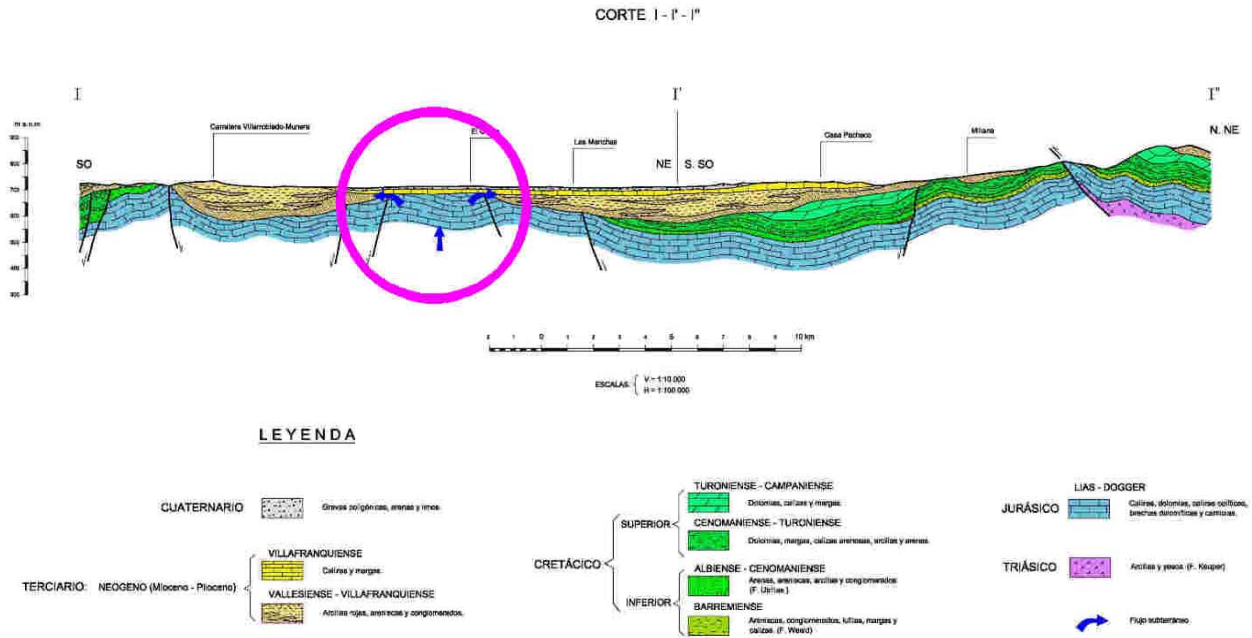


Fig. 3 Corte geológico hipotético I-II-III, con indicación de la estructura jurásica que desea verificarse (círculo)

Como base impermeable del acuífero actúan las arcillas y yesos del Trías (Keuper). El Jurásico (Lías y Dogger) está compuesto por calizas y dolomías, con brechas y carniolas. El Cretácico Inferior (Barreniense, Albiense-Cenomaniense) contiene rocas detríticas impermeables (lutitas, arcillas, margas), y permeables (arenas, areniscas, conglomerados y calizas), por lo que puede ocasionalmente suponer una barrera hidráulica entre Cretácico y Jurásico. El Cretácico Superior (Turoniense-Campaniense y Cenomaniense) lo forman calizas y dolomías, aunque con existencia de algunas margas, arcillas y arenas. El recubrimiento Terciario (Mioceno y Plioceno) lo forman arcillas, areniscas y conglomerados, coronados por calizas y margas del Villafranquiense, siendo la cobertera Cuaternaria de gravas, arenas y limos.

3. Información geofísica existente

3.1 Sísmica

Consultada la base de datos SIGEOF del IGME, se ha encontrado la siguiente información de prospecciones sísmicas comprendidas dentro del mapa geológico de la Figura 1:

- Líneas (disponible sólo información de las coordenadas de posición): D2, D9, C28, C27, LM89-01 y LM89-02. Figura 4.
- Secciones (disponible imagen de la sección de reflexión): D2, D9, C28, C27. Figura 5.

Para el presente trabajo solamente tendría interés (Figura 6) la línea LM89-02, de la que no se dispone de la sección sísmica correspondiente.

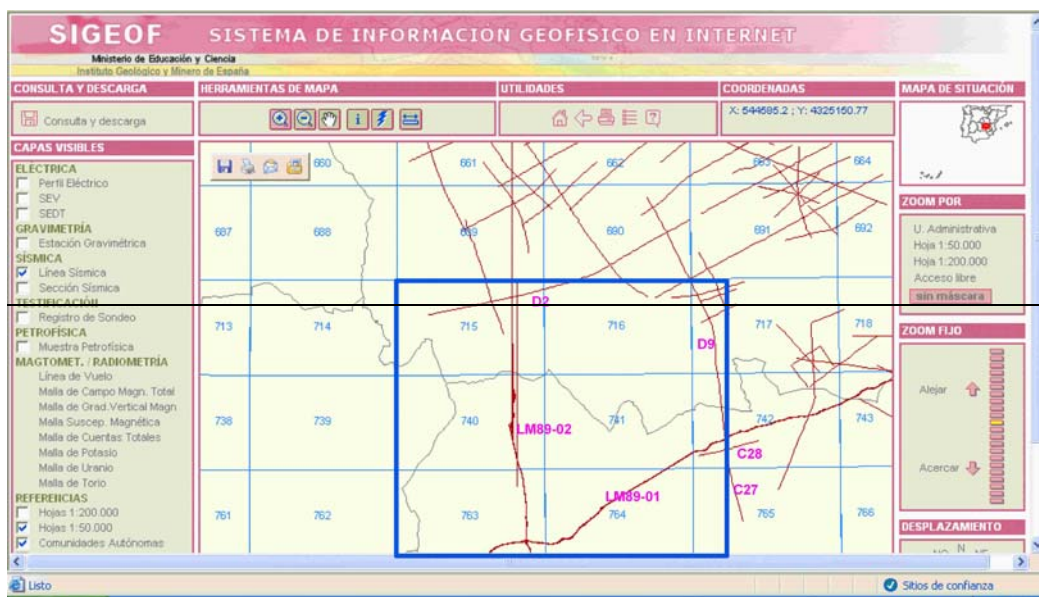


Fig. 4 Posición de líneas sísmicas en el área de trabajo

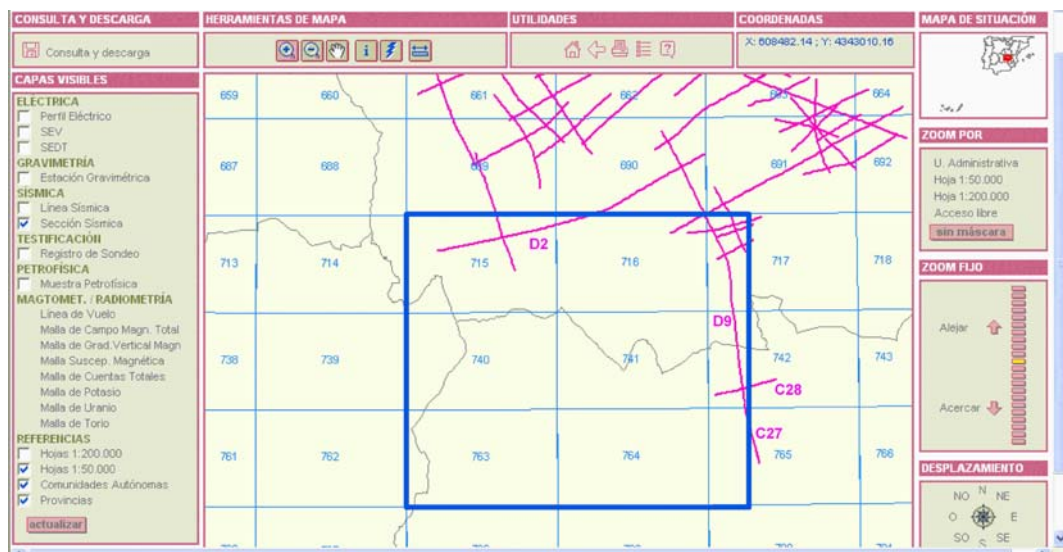


Fig. 5 Posición de Secciones sísmicas disponibles en el área de trabajo.

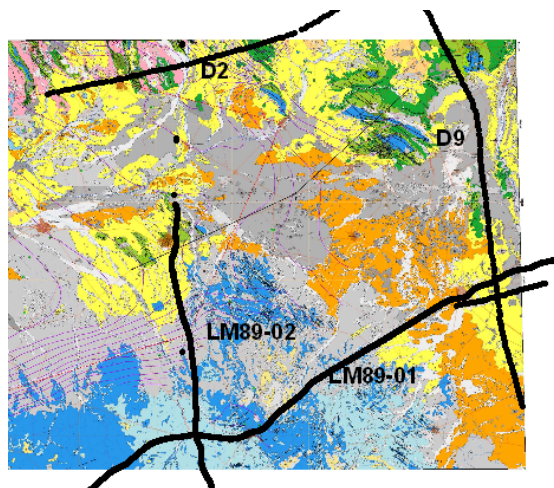


Fig. 6 Información sísmica existente sobre la zona de estudio

3.2 Gravimetría

Se dispone de los ficheros de datos distribuidos por hojas 1/50.000 de las hojas 715, 740 y 763, que cubren parcialmente el área de interés (Figura 7).

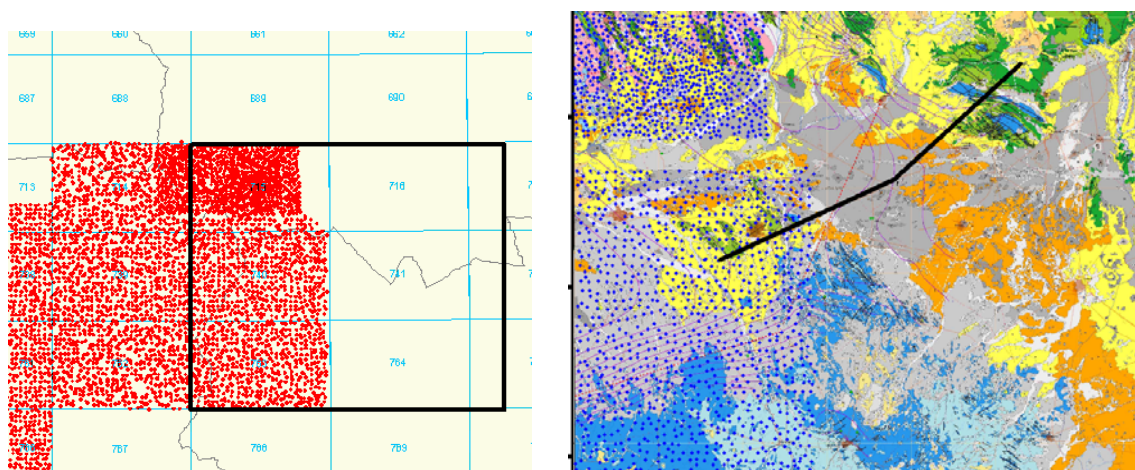


Fig. 7 Resultado de la búsqueda en SIGEOF de información gravimétrica en la zona [izquierda], y su posición sobre la cartografía del área [derecha].

En estos ficheros constan los siguientes datos para cada estación:

H50 (Nº hoja 1/50.000), X, Y (UTM 30), Z, Gravedad observada, Corrección topográfica próxima, corrección topográfica total (campo vacío), Anomalía de Bouguer (calculada con densidad de reducción de 2.6 g/cm^3), **ie** (identificador de tipo de medida 1=estructural), **ed** (indicador del trabajo).

3.3 Sondeos Eléctricos Verticales

De la información encontrada (Figura 8) se consideran de interés para este trabajo los SEV pertenecientes al informe "Trabajos geofísicos complementarios en la Cuenca Alta del río Guadiana (Sistemas acuíferos 19, 23 y 24)", efectuado en 1988. (Informe nº 40337 del Fondo Documental del IGME). Su situación sobre la cartografía se indica en la Figura 9, estando los SEV organizados por perfiles, que cubren prácticamente toda el área de estudio. La distancia media entre perfiles es del orden de 5 km, estando los SEV medidos cada 1.5-3 km.

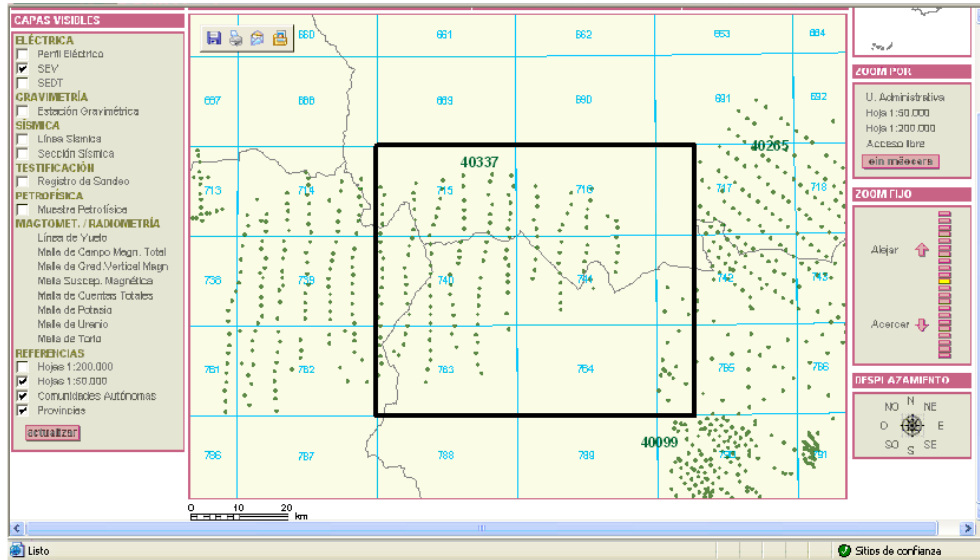


Fig. 8 Información de SEV encontrados en SIGEOF en la zona de estudio, con indicación del nº de Informe del FDI IGME.

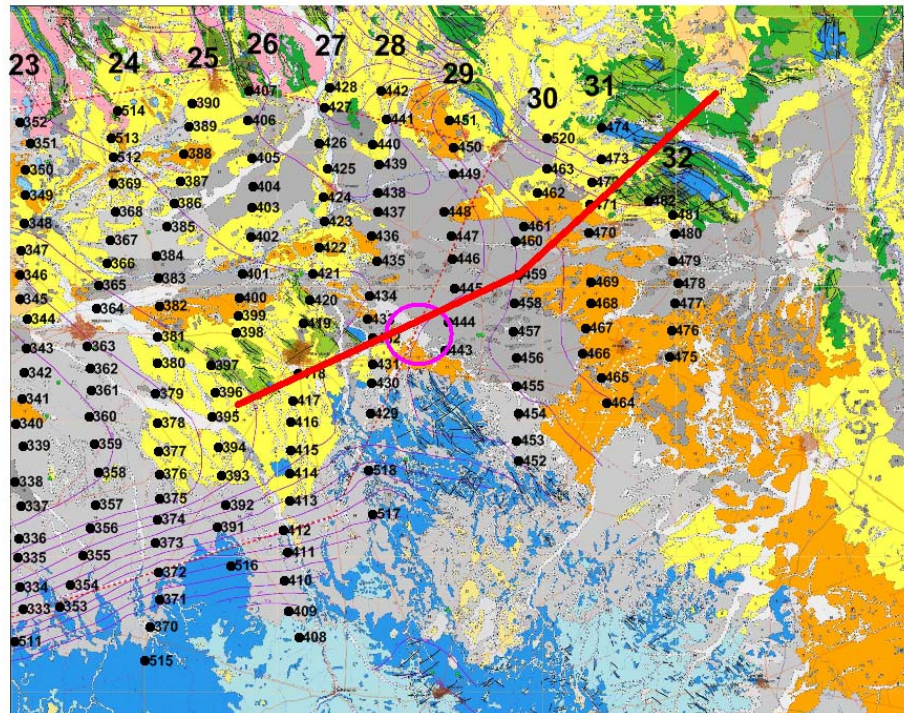


Fig. 9 Posición de los SEV del Informe nº 40337 sobre la cartografía del área de estudio, con indicación del nº de perfil N-S en que están distribuidos (23 a 32). En rojo: perfil geológico. Círculo rosa: zona de supuesta elevación del Jurásico.

Para la hoja 715 se dispone de los ficheros denominados MDL, con los valores resultado de la interpretación: resistividad-potencia de capa (ejemplo en Figura 10), pero para el resto (hojas 716, 717, 740, 741, 742, 763 y 765) sólo se dispone de los ficheros denominados RPD (valores de medición en campo, con los valores AB/2-resistividad aparente, ejemplo en Figura 11).

```

FIDATOS: 347          CORY: 4354489.00 CORX: 513511.00   CORZ: -9999.00
LAYER  RESISTIVITY THICKNESS
1  1.80300E+02  9.00000E-01
2  2.29000E+01  8.20000E+00
3  1.84600E+02  3.40000E+00
4  2.10000E+00  7.20000E+00
5  1.45000E+01  1.99600E+02
6  3.26712E+04
    
```

Fig. 10 Ejemplo de fichero tipo MDL de un SEV

```

447          SCHL -9999.000    0.000    1    545586.000    4355515.000    0
01-10-87
CUENCA ALTA GUADIANA
CUENCA
Informe 348
No.    AB/2    RESISTIVIDAD    IP
1      3.0732    75.7970
2      4.0860    85.8984
3      5.0529    108.2683
4      7.1084    125.0214
5     10.0492    151.9652
6     15.1804    202.6330
7     20.5581    255.4032
8     30.2277    333.8098
9     41.2384    363.4507
10    50.4366    442.3321
11    71.6536    491.9620
12   100.9250    289.0786
13   151.3394    105.3291
14   200.9644    49.4120
15   298.0393    22.2149
16   395.2824    22.4664
17   504.0566    23.9167
18   697.0145    33.9495
19  1013.5960    49.7843
    
```

Fig. 10 Ejemplo de fichero tipo RPD de un SEV

La profundidad, cuando no se ha dispuesto de los ficheros MDL, se ha tomado de las correspondientes hojas de interpretación que figuran en el Informe (Ejemplo en la Figura 12), con el apoyo de las secciones geoelectricas (Ejemplo en la Figura 13). Como profundidad del Jurásico se ha adoptado la del resistivo más profundo, según el criterio de estas secciones geoelectricas disponibles.

Las coordenadas X, Y (Lambert) constan en los ficheros, pero no la cota de cada SEV, que ha sido tomada manualmente de las secciones geoelectricas de los perfiles dibujados en el Informe original (Figura 13), con un error de estimación gráfica mínimo de 10 m.

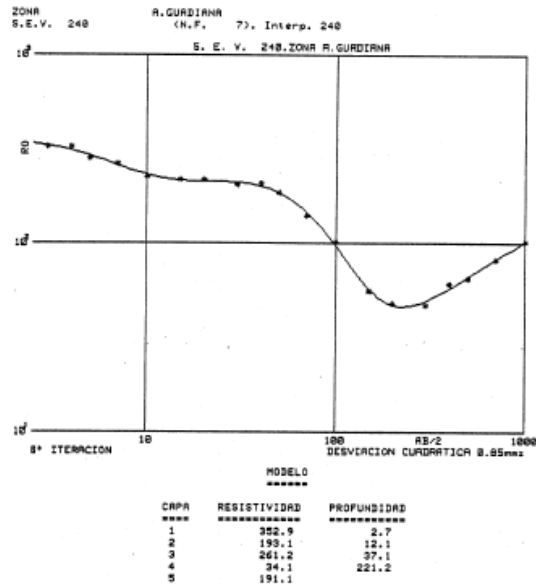


Fig. 12 Ejemplo de curva de SEV interpretada en el Informe 40337, de donde se ha obtenido la profundidad de las capas.

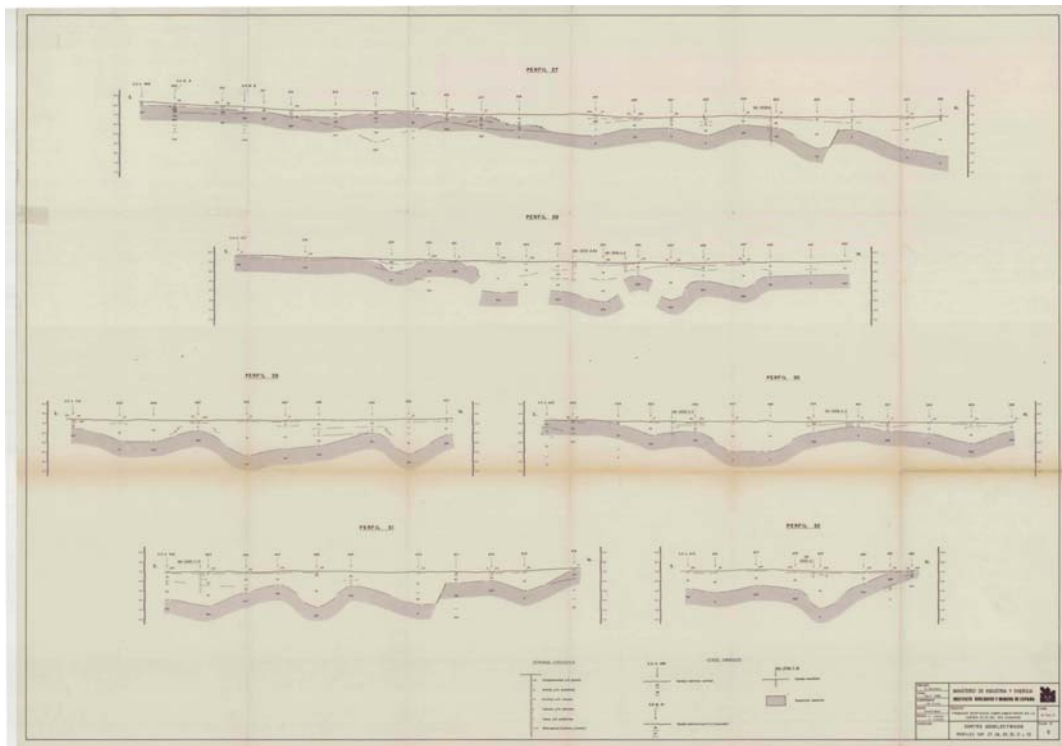


Fig. 13 Ejemplo de las secciones geoelectricas contenidas en el Informe 40337, de donde se han obtenido las cotas de cada SEV. Estas secciones cartografian un sustrato resistivo, asignado al Jurásico.

De esta forma se ha confeccionado un fichero con los valores:

Nº SEV, perfil, X, Y (convertidas a UTM H30), Z (estimada de los cortes geoelectricos), profundidad del resistivo (tomada de la hoja de interpretaci3n), resistividad (tomada de la hoja de interpretaci3n), cota del resistivo (por c3lculo de cota-profundidad).

3.4 Sondeos mecánicos

En la base de datos de sondeos de Aguas del IGME se han localizado 51 sondeos mecánicos, cuya posición se indica en la Figura 14. La información sobre las columnas litológicas de estas fichas ha sido revisada por Julio López, identificando la profundidad del Jurásico, y aportando observaciones a la columna así como una indicación de la fiabilidad de la misma. De un sondeo no se dispone de coordenadas, no hay columna en dos de los sondeos, y para cuatro resulta poco fiable. De los 44 restantes, para 13 hay reservas en su fiabilidad (código 2), quedando 31 sondeos bastante fiables (código 3). Considerando que 12 de estos 44 sondeos están emboquillados en el Jurásico o éste resulta prácticamente aflorante, y que para otros 15 sondeos o no hay información concreta sobre el Jurásico o no llegan al Jurásico, en definitiva restan 17 sondeos mecánicos en la zona con información útil para los objetivos de este Informe, de los cuales 7 sondeos ya fueron tenidos en cuenta en 1988 en la interpretación de los SEV (Figura 14 y Tabla 1).

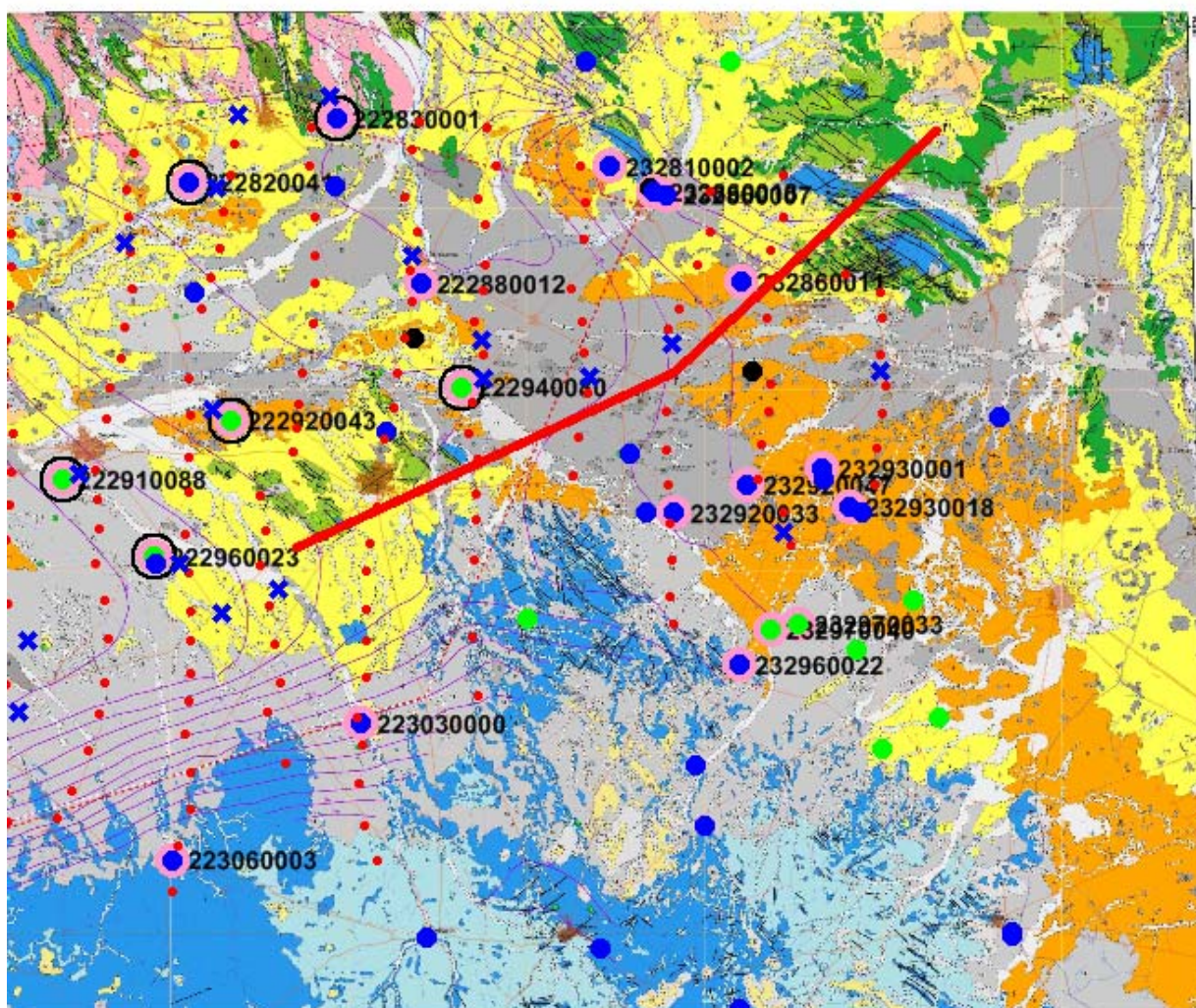


Fig. 14 Posición de los sondeos mecánicos localizados con indicación de la fiabilidad de su columna litológica: poco fiables (negro); con reserva (verde); bastante fiable (azul); Círculo rosa: sondeos con información del Jurásico y útiles para este trabajo. Círculo negro: sondeo ya tenido en cuenta en la interpretación de los SEV en 1988. SEV: puntos rojos. Línea roja: corte geológico de la Figura 3. Aspas azules: sondeos que figuran en la interpretación efectuada de los SEV en 1988.

La información proporcionada por estos sondeos ha sido analizada junto con los cortes geoelectricos, así como con las columnas litológicas en ellos contenidas. Teniendo en cuenta que el basamento resistivo puede en realidad deberse tanto a las calizas de Cretácico como del Jurásico, se ha identificado la posible profundidad del Cretácico (resistivo 2). Con el conjunto de esta información se ha preparado un fichero con los datos: N° sondeo, X, Y (UTM 30), XL, YL (Lambert), cota y profundidad del sondeo, profundidad y cota del techo del Jurásico, profundidad y cota del techo del posible techo del Cretácico, observaciones y código de fiabilidad.

Sondeo	perfil SEV	1988	Cota	Prof. sondeo	Prof. Jurásico	Cota J	Fiabilidad columna	prof rest2	cota rest2
222910088	24	si	678	250	?	548	2	142	536
222920043	25	si	685	250			2	240	445
222960023	25	si	705	246			2	165	540
222820041	25	si	690	215	199	491	3	91	599
222830001	26	si	718	259	172 Lías	546	3	14	704
222880012	27		695	285	150	545	3	38	657
223030000	27		770	113	subaflorante	768	3		
222940080	28	si	698	195	71	627	2	56	642
232810002	29		721.3	357	22,7	698,6	3	0	721
232860007	30		721.9	157	0	aflorante	3		
232920033	30		688	247	184	531	3		
232860011	31		725	306	159	566,1	3	65	660
232920047	31		720	214	157	563	3		
232930001	32		720	270	164	556	3		
232930018	32		720	215	156	564	3		
232970033			728	295	arcilloso).	608	2		
232970040			735	175	79	656	2		
223060003			825	85	0	margoso	3		
232860018			750	192	0	aflorante	3		
232960022			755	200	0	aflorante	3		

Tabla 1. Sondeos mecánicos en los que ha sido posible identificar el techo del Jurásico, con indicación de su fiabilidad

Las interpretaciones de los SEV con las que se realizaron las secciones geoelectricas en 1988 se apoyaron en los sondeos mecánicos entonces disponibles, que se han indicado en la Tabla 2 y cuya posición se ha reflejado en la Figura 14. Algunos de estos sondeos son coincidentes con los incluidos en la tabla 1, aunque la denominación utilizada sea en ocasiones algo diferente. En las columnas que aparecen en las secciones de resistividad solo figura la información litológica, indicando con la letra **c** la presencia de calizas o dolomías, con **ar** la de arenas y con **all** la de arcillas, sin información estratigráfica.

X	Y	perfil	sondeo	lito	cota	observaciones
562140	4352813	32	2329.3.1	c	685	
556797	4343877	31	2329.7.17	c	575	
550533	4354287	30	2328.5.5	c	635	
546019	4352537	30	2329.2.5			no llega a cortar calizas, 65 m prof.
539939	4354563	30	2328.5.5			empieza en c+ar; acaba en yesos a 75 m de prof.
540124	4352352	28	2229.4.80	c	629	a mas prof. corta J con 110 m de potencia, acaba en ar
536163	4359261	27	222880012	c	668	
531557	4368013	26	222830001	c	681	c es Cretacico; corta J a mayor profundidad
528701	4340745	26	2229.7.4	c	715	
526490	4366999	25	2228.2		560	57 m de c; acaba en ar
525200	4362946	25	2228.2	c	605	140 m de c; corta J
525016	4350694	25	2229.2.43	c	436	J a más de 250 m prof.
523174	4342127	25	2229.60023	c	551	
525569	4339364	25	2229.6.22			más de 150 m de terciario
520134	4359906	24	2228.5.18	c+ar	590	
517647	4347102	24	2229.1	c+all	529	
514238	4333929	23	2229.5.6	c	610	
514791	4337890	23	2229.5.4	c	553	

Tabla 2. Sondeos mecánicos que aparecen en las secciones geoelectricas interpretadas en 1988, y cuya posición se indica en la Figura 14

En el análisis de esta información se han encontrado algunas incongruencias en los datos de las columnas:

- en el sondeo 232950001 se indica la presencia de calizas del Pontiense a los 38 m de profundidad; sin embargo el sondeo está emboquillado en un afloramiento Jurásico según la cartografía geológica.
- en el sondeo 232930001 se indica el techo del Jurásico a los 556 m (profundidad de 164); sin embargo, en el sondeo 232930019, que está muy próximo (a unos 500 m) no se alcanza el Jurásico, con 238 m de perforación.

4. Análisis de los datos

4.1 Mapa de anomalías de Bouguer

El mapa geológico de la Figura 2 muestra la existencia de calizas del Jurásico aflorando en toda la parte sur y central, volviendo a aparecer, junto con el Cretácico, en el norte. Entre estos afloramientos deben existir depresiones de las estructuras Mesozoicas, rellenas de Terciario y Cuaternario. Las litologías presentes son:

- Cuaternario: gravas, arenas y limos
- Terciario: arcillas, areniscas y conglomerados, coronados por calizas y margas
- Cretácico Inferior: lutitas, arcillas, margas, arenas, areniscas, conglomerados y calizas
- Cretácico Superior: calizas y dolomías, aunque con existencia de algunas margas, arcillas y arenas.
- Jurásico: calizas y dolomías, con brechas y carniolas.
- Trías Keuper: arcillas y yesos

No se dispone de valores de densidad medidos en muestras de estas rocas; en principio todo el Cuaternario, Terciario y Cretácico Inferior debe tener la menor densidad global, siendo algo más densas las rocas del Cretácico Superior, y las de mayor densidad las del Jurásico. La base Keuper puede tener menor densidad que la cobertera. A falta de información petrofísica, se ha trazado una serie de perfiles de Nettleton (anomalía de Bouguer calculada con distintos valores de la densidad de reducción) (Figura 15) a lo largo de la alineación correspondiente al Perfil 26 de SEV (posición en la Figura 9). El resultado muestra que haría falta utilizar una densidad de reducción del orden de 3.4 g/cm^3 para eliminar la correlación entre la anomalía de Bouguer y la topografía. Esto significa que los relieves topográficos están asociados a anomalías de densidad, y que por lo tanto el mapa de anomalías de Bouguer está reflejando la morfología o topografía del basamento denso aflorante; considerando la litología de la cobertera terciaria y cuaternaria, se ha optado por utilizar 2.4 g/cm^3 como densidad de reducción.

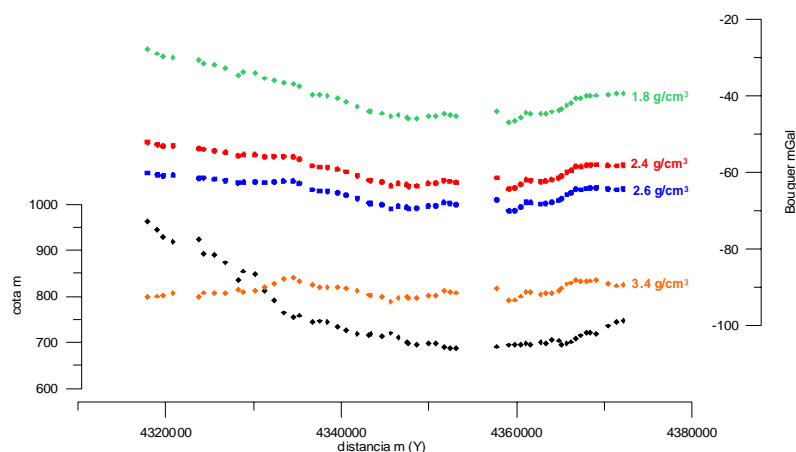


Fig. 15 Perfiles de Nettleton trazados según la alineación del perfil 26 de SEV

En consecuencia, se ha recalculado la Anomalía de Bouguer, disponible en 2.6 g/cm^3 , a densidad 2.4 g/cm^3 , utilizando para ello la expresión:

$$A_{2.4}=A_{2.6}+0.076923 (0.108992 Z-CTT)$$

donde Z es la cota de la estación y CTT es la corrección topográfica total. En los ficheros disponibles en SIGEOF para esta zona sólo se proporciona el valor de CTP (corrección topográfica próxima), que es la que se ha utilizado para hacer la conversión, por lo que los valores finalmente calculados pueden llevar un error incorporado del orden del 7% de la diferencia entre CTT y CPT, error que suponemos inferior a 5 cmGal. En la Figura 16 se muestran los mapas de Anomalía de Bouguer a ambas densidades, junto con la topografía, apreciándose la correspondencia aludida entre los rasgos generales de la gravimetría y de la altimetría. Las isoanómalas están trazadas cada 2 mGal y la altimetría cada 20 m.

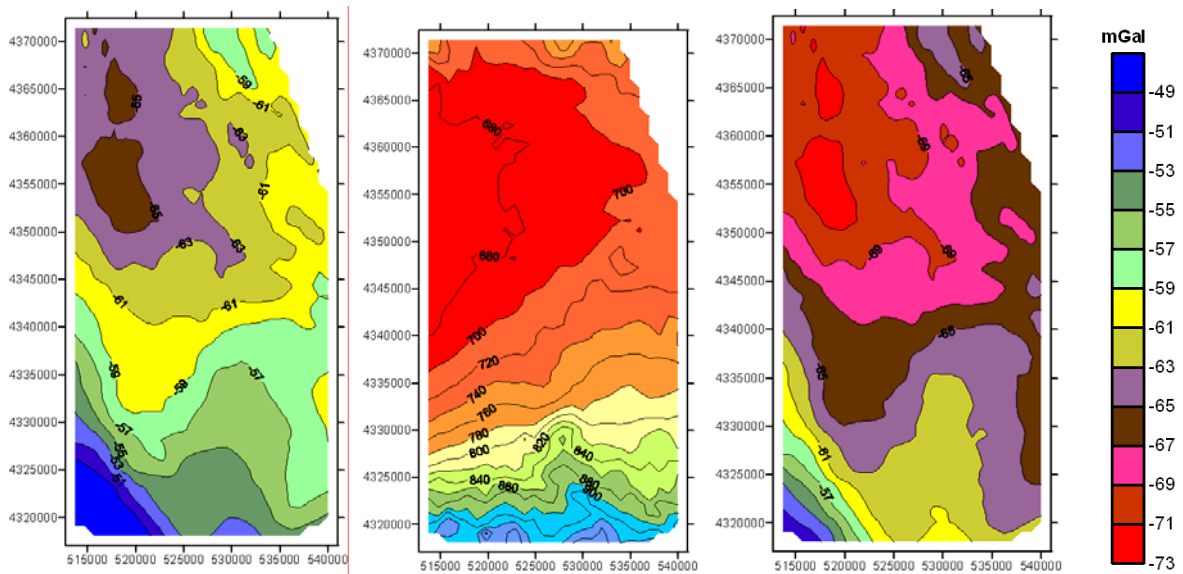


Fig. 16 Derecha: Anomalía de Bouguer (2.6 g/cm³); centro: topografía; izquierda: Anomalía de Bouguer (2.4 g/cm³).

Por otra parte, es evidente que existe una correspondencia entre la topografía y los afloramientos del Mesozoico, como muestra la Figura 17, lo que corrobora la interpretación efectuada del resultado de los perfiles de Nettleton.

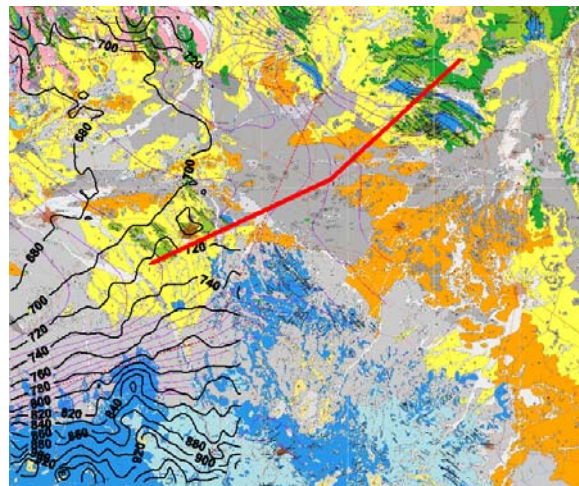


Fig. 17 Curvas de altimetría de la superficie superpuestas a la cartografía geológica.

El mapa de anomalías de Bouguer (Figura 18) marca un profundo mínimo en todo el sector occidental de la zona cubierta, con los valores más bajos en el norte, que tiene forma de cubeta cerrada. El extremo sur de esta cubeta continúa en una depresión gravimétrica encajada entre dos máximos relativos, con alto gradiente en el sur-occidental, que puede indicar la presencia de una falla no muy profunda en los materiales más densos. El máximo de la parte derecha parece continuarse hacia el norte, lo que resulta más visible en el mapa en perspectiva, aunque variando el rumbo de SO-NE a SE-NO, orientándose en la dirección del afloramiento Jurásico situado fuera del mapa gravimétrico.

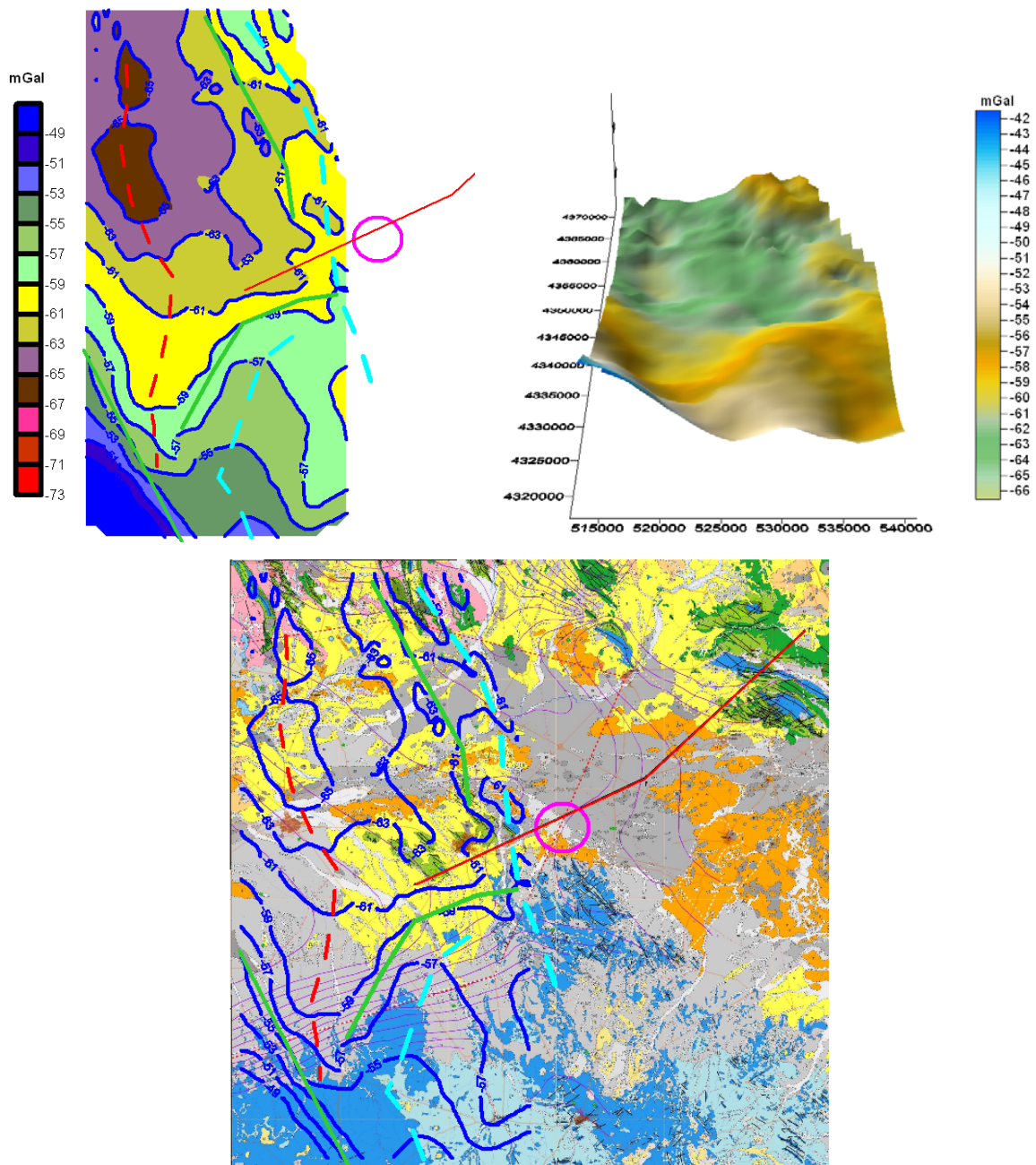


Fig. 18 Interpretación del mapa de Anomalías de Bouguer. Superior izquierda: isoanómalas con trazado de ejes de máximos (azul), mínimos (rojo) y discontinuidades-fallas (verde). Superior derecha: Anomalía de Bouguer en perspectiva. Inferior: superposición de las isoanómalas a la cartografía geológica. Línea roja: corte geológico. Circulo violeta: situación de la elevación del Jurásico en dicho corte.

Su superposición con el mapa geológico (Figura 18, inferior) deja ver que la isolínea de -57 o -59 mGal dibuja bien los afloramientos del Jurásico, rocas responsables por lo tanto del máximo gravimétrico. Estas rocas, junto con las del Cretácico se mantienen a menor profundidad en la parte oriental de la zona cubierta por gravimetría, indicando el mínimo occidental una mayor profundidad, o lo que es lo mismo, una mayor potencia de rocas de menor densidad del Terciario y Cuaternario.

La información gravimétrica cubre solamente el primer tercio del perfil geológico I-II-III que desea verificarse. En la Figura 18 se ha marcado la zona donde se supone en dicho corte la menor profundidad del Jurásico (ver Figura 3), que se sitúa un poco hacia el Este de la alineación de máximos del borde oriental del mapa de Bouguer, lo que en principio, si bien no permite corroborar la hipótesis establecida en el corte, tampoco permite descartarla. No obstante, hay que tener en cuenta que se trata de utilizar información incompleta, por lo que de momento, la mejor conclusión que puede establecerse es que la anomalía de gravedad es muy probable que esté reflejando la morfología del basamento denso del Jurásico, al menos en el sur de la zona cubierta.

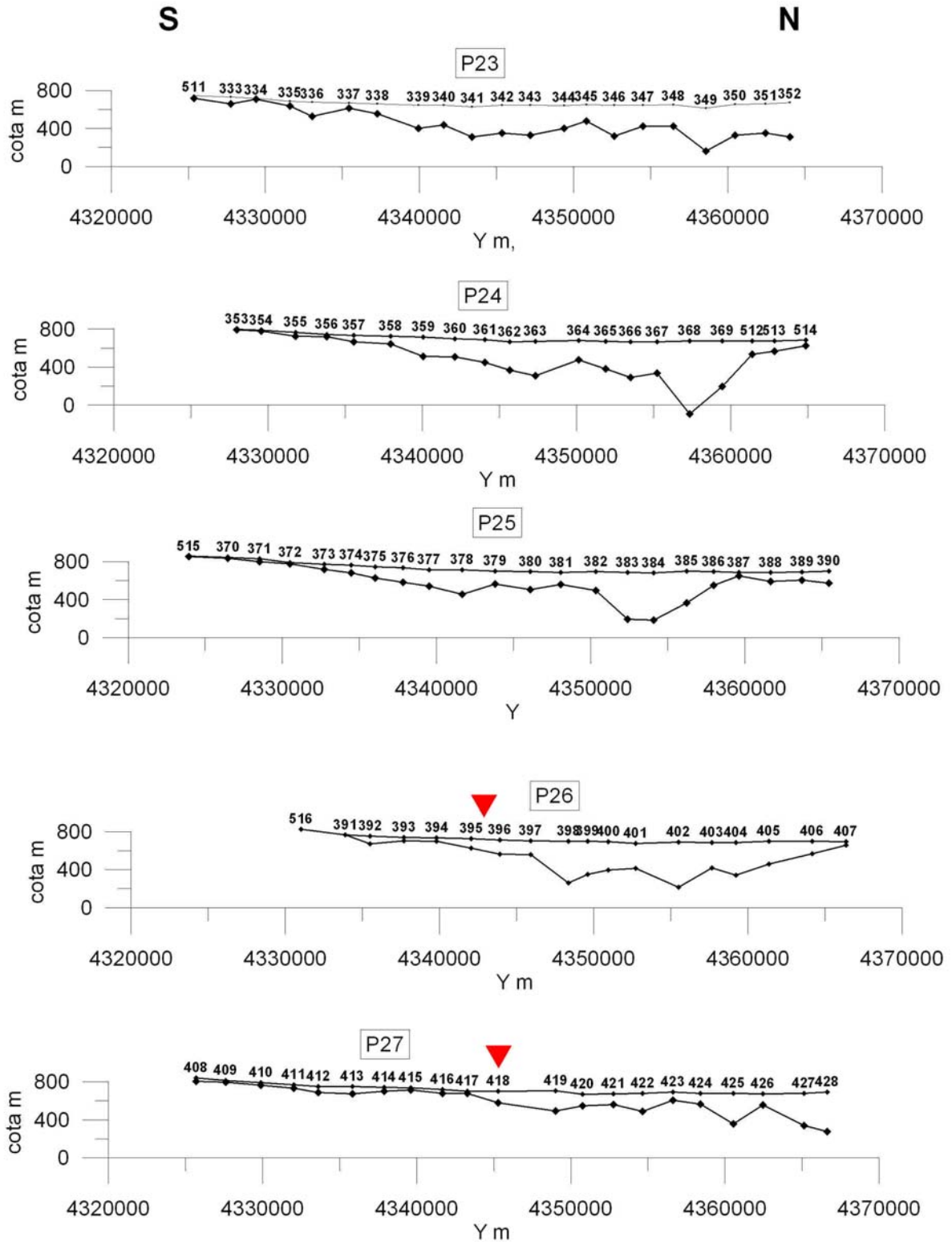
4.2 Información geoelectrica

La resistividad es un parámetro petrofísico que puede variar entre rangos más amplios que la densidad. Las diversas litologías presentes pueden clasificarse por el orden de magnitud relativo de su resistividad eléctrica según la tabla siguiente, aunque la resistividad de cualesquiera de estas rocas puede variar grandemente según su contenido en agua:

resistividad	menor-----mayor			
	margas,arcillas,limos, lutitas	arenas, gravas	areniscas,conglomerados, brechas	calizas, dolomías
Cuaternario				
Terciario				
Cretácico inf.				
Cretácico sup.				
Jurasico				
Trías				

Excepto el Keuper, que debe tener menor resistividad que el resto de las unidades, los demás pisos contienen una mezcla de rocas de variada resistividad. En un esquema primario, las formaciones con mayor resistividad serían las del Jurásico, seguidas por el Cretácico según su contenido en rocas calcáreas y/o conglomerados. El Cuaternario debe presentar la menor resistividad de todos los pisos, y el Terciario puede dar lugar a cualquier valor.

El trabajo de SEV realizado en 1988 tenía como objetivo mejorar el conocimiento de las posibles conexiones entre los acuíferos de la Cuenca alta del río Guadiana nº 19 (Sierra de Altomira), nº 24 (Campo de Montiel) y nº 23 (Mancha Occidental), recibiendo este último aportes laterales importantes de los dos primeros. Con el esquema de resistividades que hemos establecido, es fácil de comprender que la interpretación de los SEV puede ser problemática, siendo el criterio más seguro el de pretender localizar la profundidad de un basamento resistivo; de esta forma los SEV fueron realizados aumentando la distancia entre electrodos de corriente (AB) hasta encontrar varios puntos en subida de la resistividad (tendencia clara a un aumento de la resistividad; ejemplo en la Figura 12), aunque pueda no ser siempre cierto que dicha resistividad corresponda al Jurásico. La interpretación efectuada en 1988 queda reflejada en los cortes geoelectricos, cuyo ejemplo se mostró en la Figura 13, y que, simplificados, se reproducen en la Figura 19, donde solamente se ha dejado la profundidad del basamento resistivo, que denominaremos resistivo1. El mapa que se obtiene para las cotas del techo de este resistivo (Figura 20) permite trazar los grandes rasgos de la morfología de la superficie dibujada, que resulta bien visible en el mapa en perspectiva de la parte inferior de la Figura 20. Su superposición a la cartografía geológica esta representada en la Figura 21.



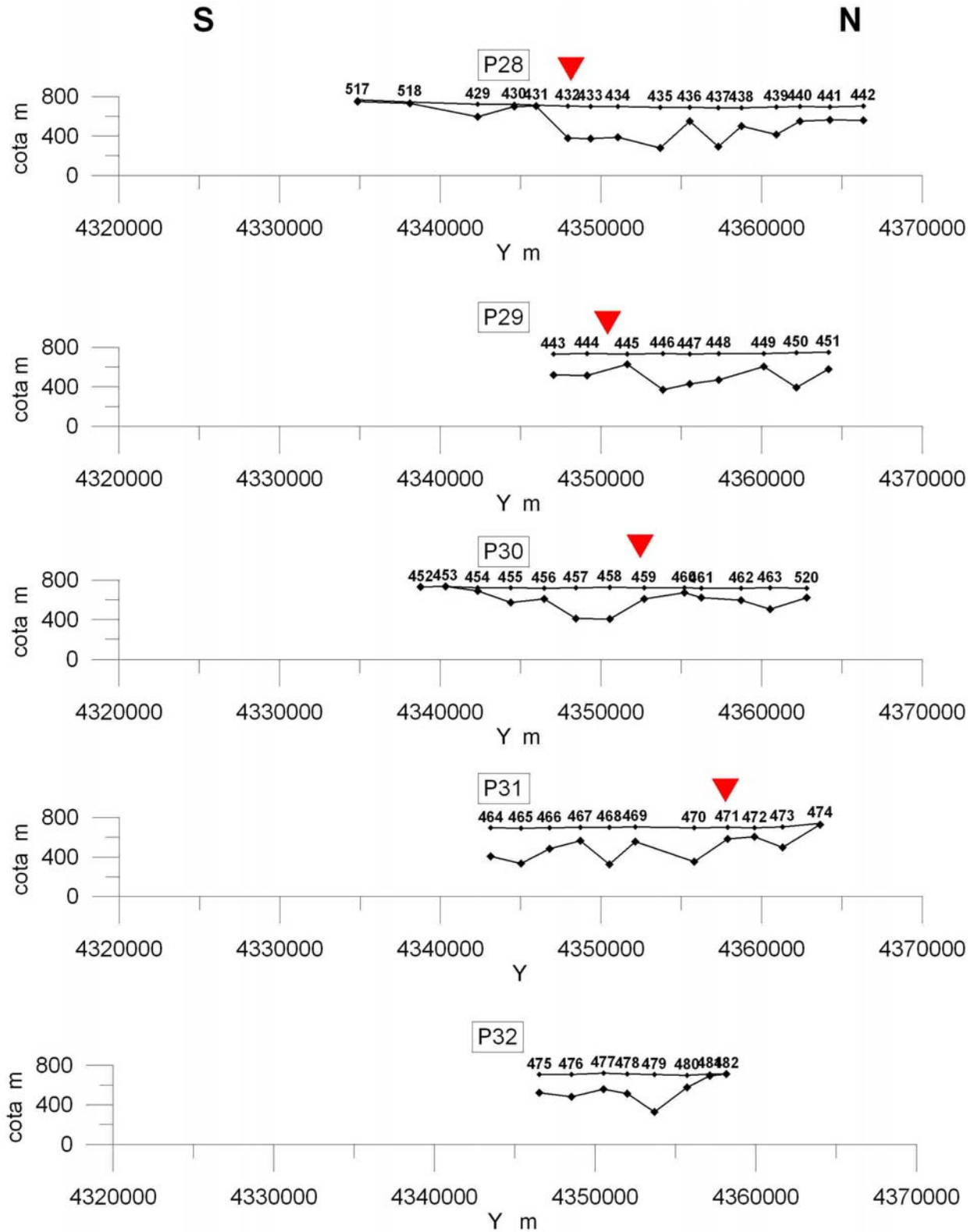


Fig. 19 Cortes geoelectrónicos esquemáticos, mostrando la morfología de la profundidad del sustrato resistivo¹. La posición de los cortes es la indicada en la Figura 9. El cruce con el corte geológico de la Figura 3 se indica por la marca roja.

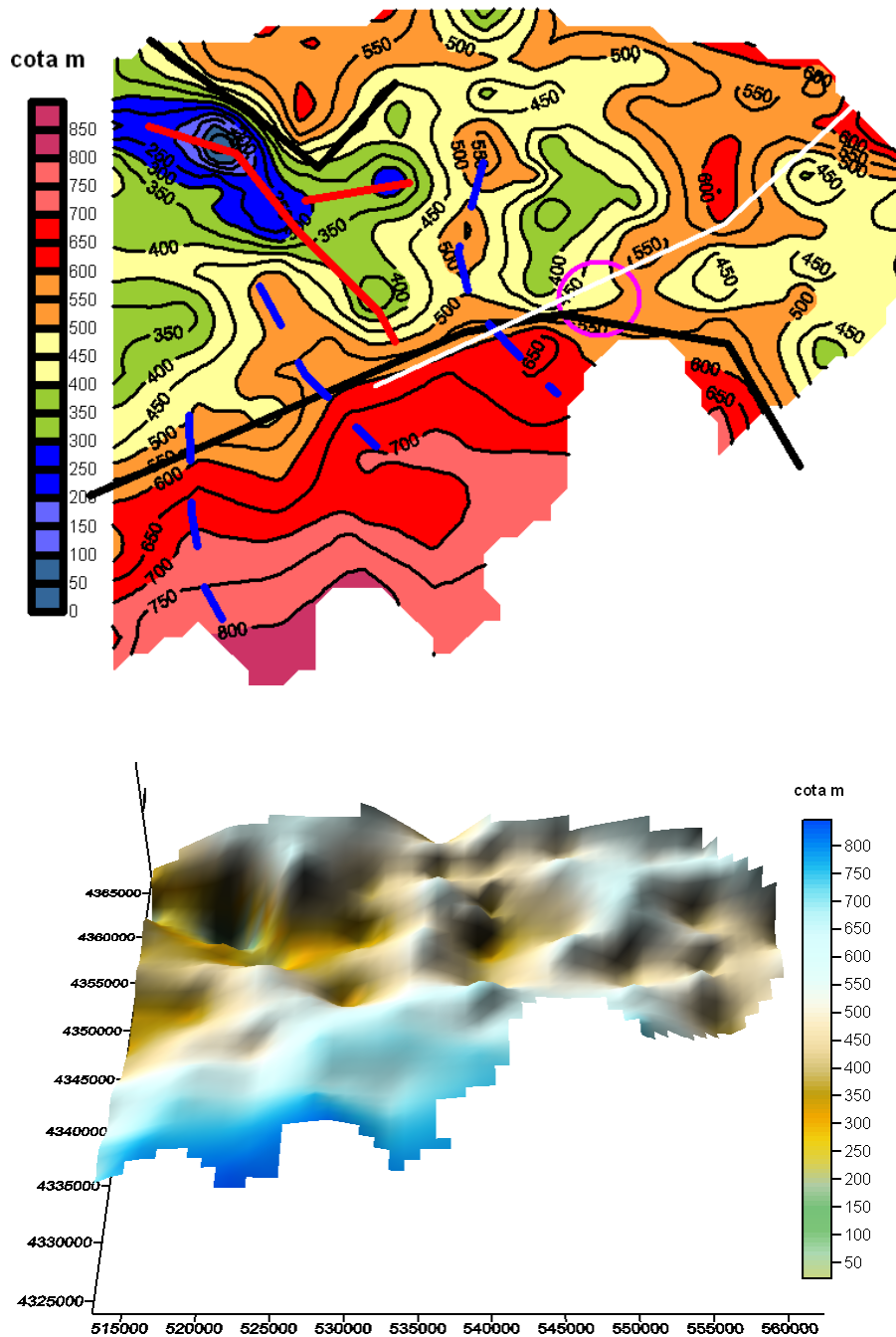


Fig. 20 Parte superior: Mapa de cotas del techo del resistivo1. Línea roja: alineación de mínimos. Línea azul: alineación de máximos. Línea negra: máximos gradientes. Línea blanca: corte geológico. Circulo violeta: situación de la elevación del Jurásico en dicho corte. Parte inferior: vista en perspectiva del mismo mapa.

Según esta interpretación de los SEV, se marcan unos rasgos regionales en los que el basamento resistivo1 del Campo de Montiel se va hundiendo suavemente hacia el norte, hasta una posición en la que se produce un hundimiento más brusco de las estructuras (aproximadamente señalado por la cota 550 m); desde el norte, las prolongaciones de la Sierra de Altomira parecen también presentar un hundimiento hacia el sur, pasando a partir de la cota 500 a una zona con alternancias de estructuras hundidas y elevadas de dirección Norte-Sur o NO-SE, que forman un área complicada

donde se alcanzan las mayores profundidades del resistivo1 (Jurásico?). Las elevaciones, o alineaciones de las mimas, dentro de esta cubeta hundida posicionan la menor profundidad del resistivo más hacia el Sur-Oeste que la indicada en el corte geológico I-II-III (Figuras 20 y 21), zona que se sitúa precisamente en un alto gradiente o hundimiento brusco de las estructuras hacia en Norte.

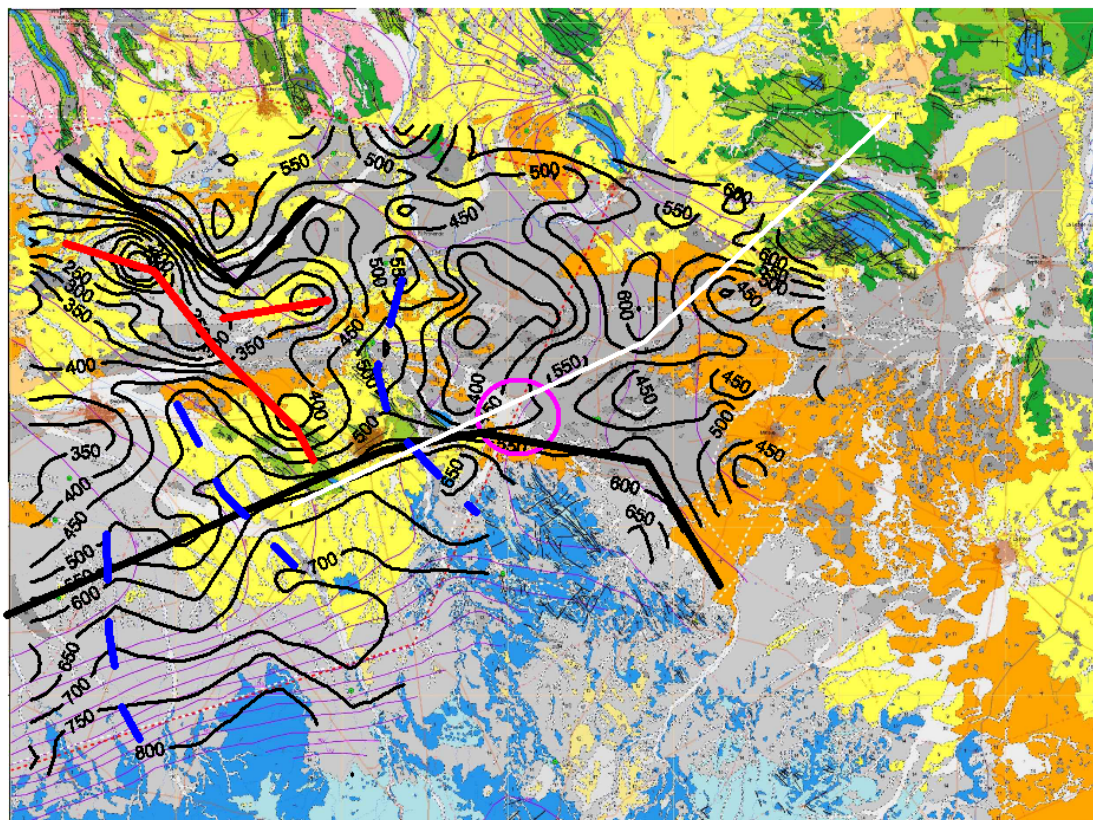
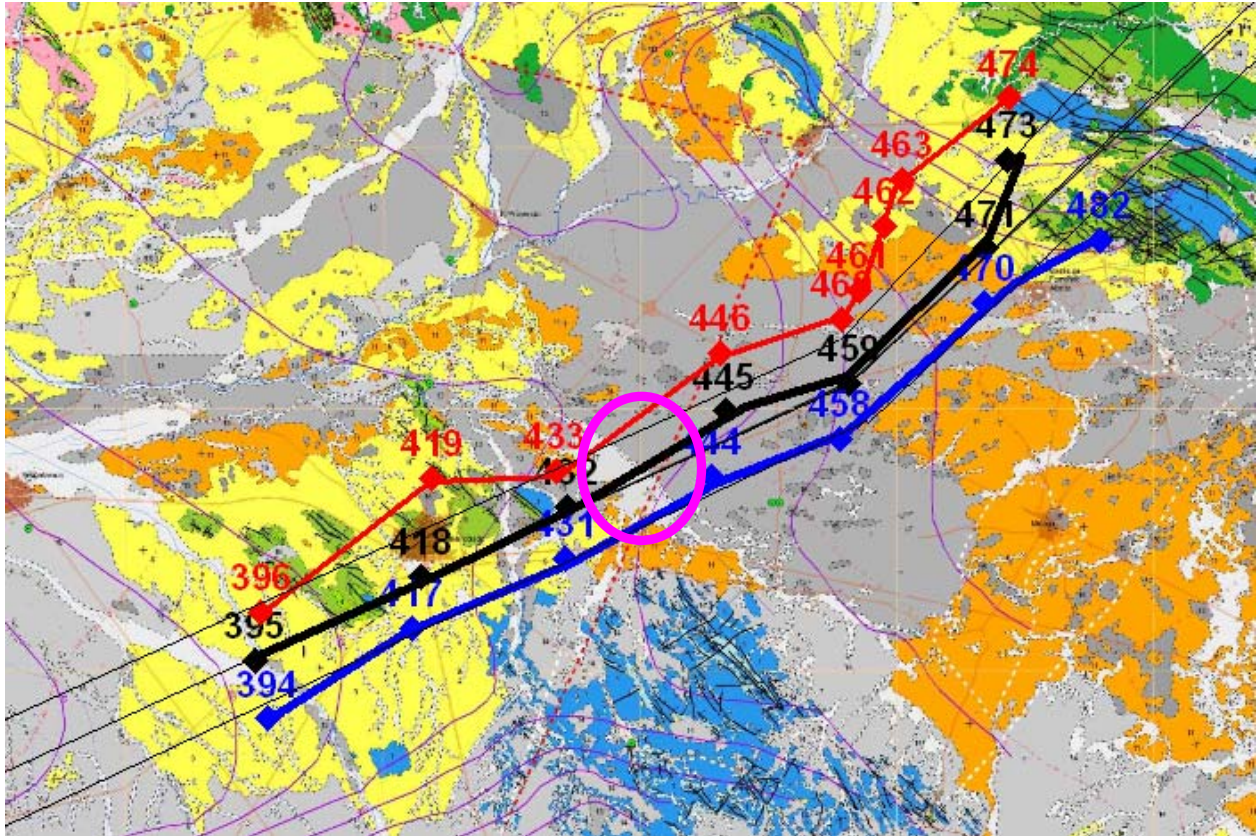


Fig. 21 Mapa de cotas del resistivo1 sobre la cartografía geológica. **Línea roja:** alineación de mínimos. **Línea azul:** alineación de máximos. **Línea negra:** máximos gradientes. **Línea blanca:** corte geológico. **Círculo violeta:** situación de la elevación del Jurásico en dicho corte.

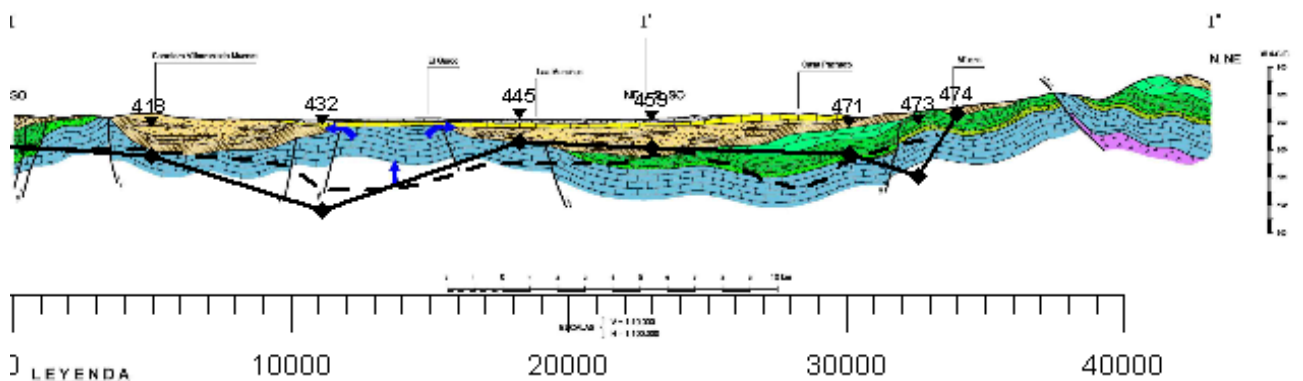
Por lo tanto, según esta información, a lo largo del perfil geológico propuesto se observa (Figuras 21 y 22- perfil pe1) que en el extremo sur el Jurásico está mas somero (cota 600 m), procediendo a hundirse bruscamente hasta la cota 450 m en el sector donde se supone estaría a la menor profundidad, desde donde se eleva de nuevo hasta alcanzar la cota 600 m en la intersección del segmento I-II con el II-III, y tras un nuevo hundimiento, se eleva para aflorar al final del extremo III. Por lo tanto, la elevación del Jurásico supuesta en el perfil geológico no es evidente en el mapa de profundidad de un sustrato resistivo1, con independencia de que se trate del Cretácico o del Jurásico. Hay que tener ,no obstante, en cuenta que el trazado de la profundidad del resistivo reflejado en estos esquemas es una correlación de valores distanciados más de 5 km entre sí, y que además en la zona donde se supone la elevación del Jurásico no existe ningún SEV (se sitúa entre los perfiles 28 y 29).

Por otra parte, el trazado del perfil geológico coincide en su sector occidental con el máximo gradiente de hundimiento hacia el norte del techo del resistivo (Figuras 20 y 21). En un perfil trazado

paralelamente al I-II-III, pero al unos 2 km al sur del mismo (Figura 22, pe2), si que se refleja la estructura elevada del basamento resistivo, manifestándose de nuevo hundida para un perfil paralelo trazado por el Norte (Figura 22-pe3), como resultado del gradiente detectado en esa zona por el mapa de cotas de la Figura 21.



CORTE I - I'



pe-1

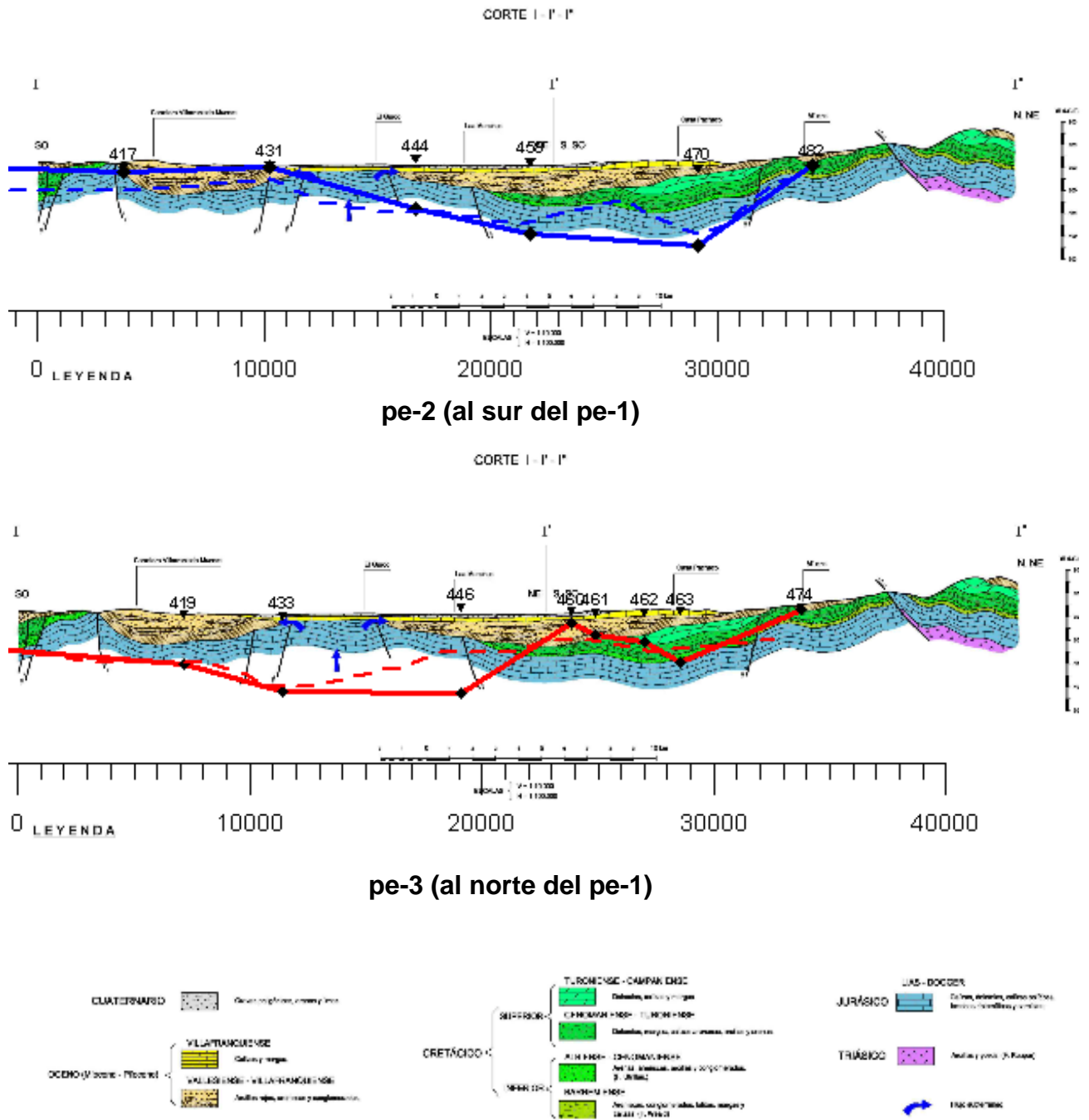


Fig. 22 Comparación de la profundidad del basamento resistivo res1 con la hipótesis establecida para la profundidad del Jurásico según el corte I-II-III. En negro: pe1 perfil central; en azul, pe2 perfil al Sur; en rojo: pe3 perfil al Norte. En línea continua: cota tomada de la interpretación de cada SEV; en discontinua cota digitalizada del mapa de cotas del basamento resistivo1 (Figura 21).

En conclusión, la morfología de la profundidad del basamento resistivo res1 es en principio algo contradictoria, o al menos no coincidente y más compleja, que la obtenida del análisis del mapa de anomalías de Bouguer, por lo que es necesaria la verificación conjunta de ambos tipos de datos.

5. Comparación de los datos gravimétricos y geoelectricos

En la Figura 23 se reproducen las interpretaciones de los grandes rasgos morfológicos de los mapas de Anomalía de Bouguer (Figura 18) y mapa de cotas del basamento resistivo (Figura 20), ofreciendo en la Figura 24 una combinación de ambos (isolíneas del Bouguer sobre cotas del resistivo en color lleno), que se complementa con la superposición inversa.

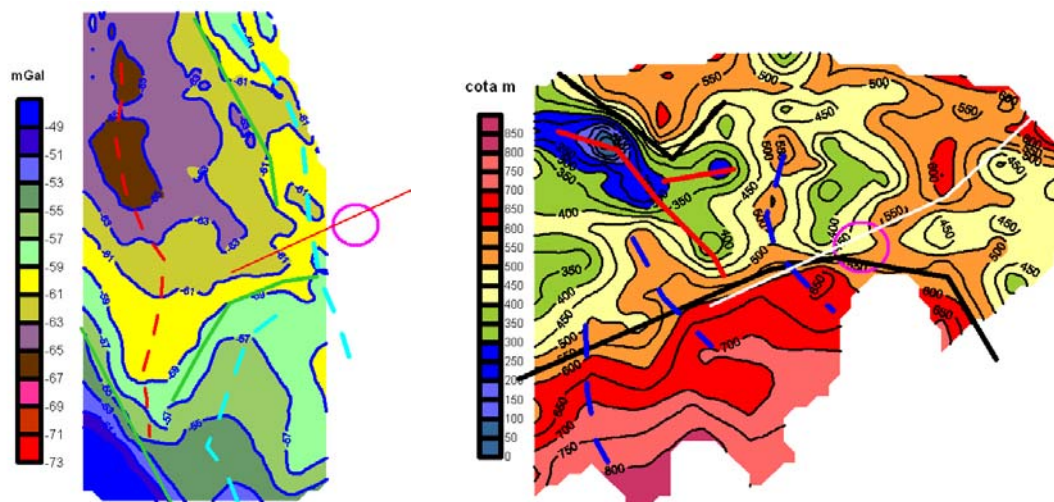


Fig. 23 Comparación de los principales rasgos morfológicos de los mapas de Anomalía de Bouguer (arriba-izquierda) y cotas del basamento resistivo (arriba-derecha).

En la comparación de estos documentos hay que tener en cuenta que el mapa de anomalías de Bouguer está reflejando todas las estructuras existentes, a menor y mayor profundidad que las representadas por el techo del resistivo interpretado. Del análisis de estos documentos pueden destacarse las siguientes singularidades:

- el máximo gravimétrico marcado como **max a** (Figura 24), trazado con las anomalías de Bouguer del borde del mapa, puede aceptarse que mantiene una cierta coincidencia con la situación reflejada por la elevación de las estructuras resistivas. La discrepancia fundamental está en la dirección y magnitud del gradiente en la zona marcada con el recuadro 1.
- el máximo gravimétrico marcado como **max b** tiene buena correspondencia con las estructuras resistivas.
- el mínimo gravimétrico marcado como **min c** también presenta una correlación con los hundimientos que señalan las estructuras del basamento resistivo. En la zona marcada por el recuadro 2 se producen las mayores discrepancias aparentes, porque en realidad la orientación NO-SE de la máxima depresión del resistivo sí que puede correlacionarse con una prolongación del mínimo gravimétrico en esa dirección, muy visible en la línea de -63 mGal.
- Las fallas o líneas de cambio de dirección de estructuras gravimétricas también encuentran su reflejo en las estructuras resistivas, aunque en la zona marcada con el recuadro 3 se produce la mayor discrepancia de toda la comparación, no teniendo ni la dirección ni el gradiente gravimétrico ningún reflejo en las estructuras del resistivo.

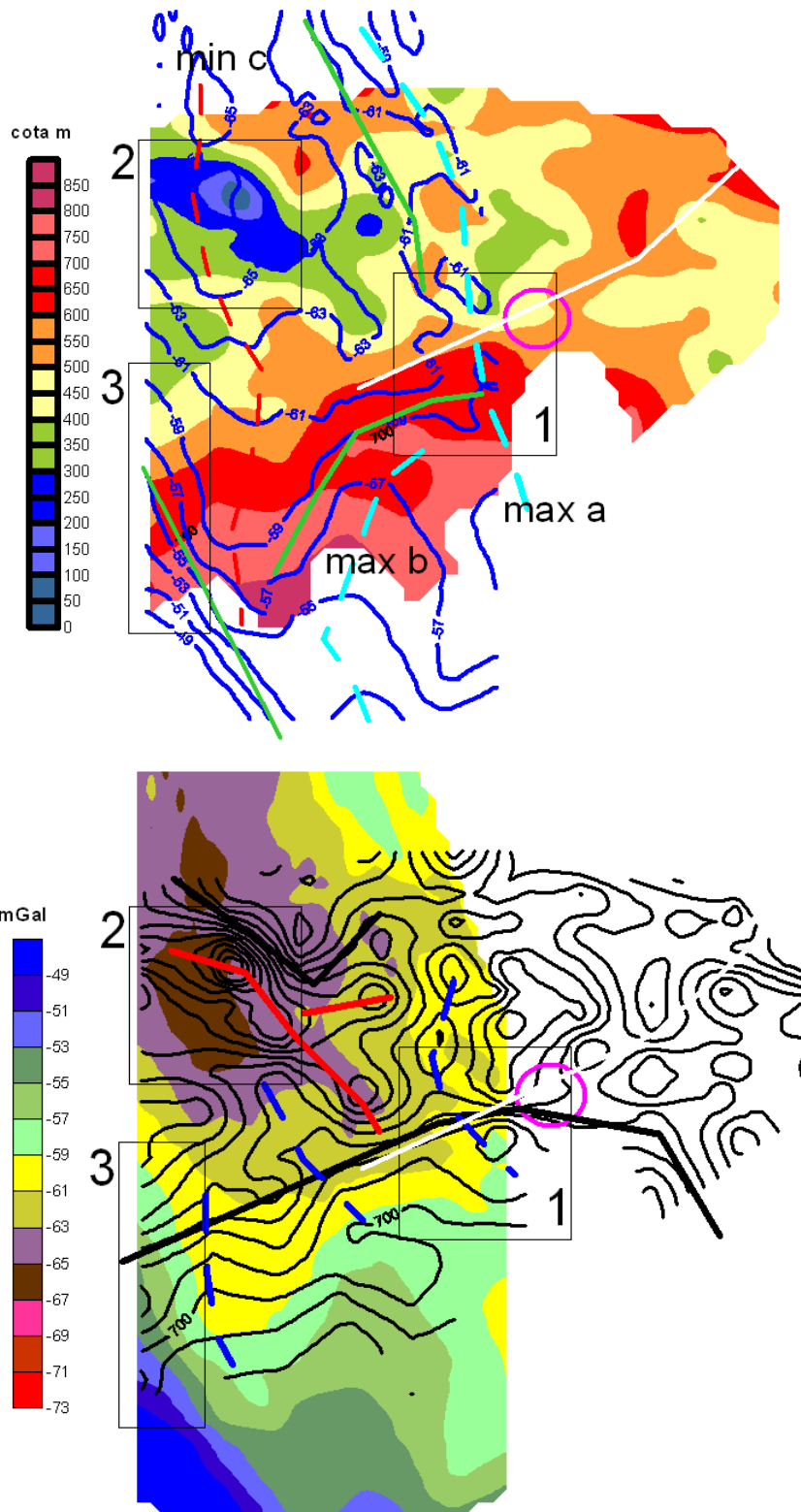


Fig. 24 Parte superior: superposición de las isobéas del Bouguer al mapa de cotas del resistivo en color lleno, con los rasgos de la interpretación gravimétrica. Parte inferior: superposición de las isobéas de cotas del basamento resistivo1 al mapa de Anomalia de Bouguer (en color lleno) con los rasgos de la interpretación geoléctrica. Línea blanca: corte geolóxico I-II-III. Círculo violeta: elevación del Jurásico en dicho corte.

Por lo que a este estudio respecta, la diferencia informativa de mayor importancia estriba en la referida a la zona 1.

6. Revisión de la interpretación de los SEV

Las perspectivas ortográficas de los mapas de Anomalía de Bouguer y de cotas del resistivo1 (Figura 25) pone claramente de relieve una diferencia morfológica fundamental entre ambos: las variaciones de las anomalías gravimétricas son en general suaves, mientras que los cambios en la morfología del resistivo son mucho más bruscos y abundantes.

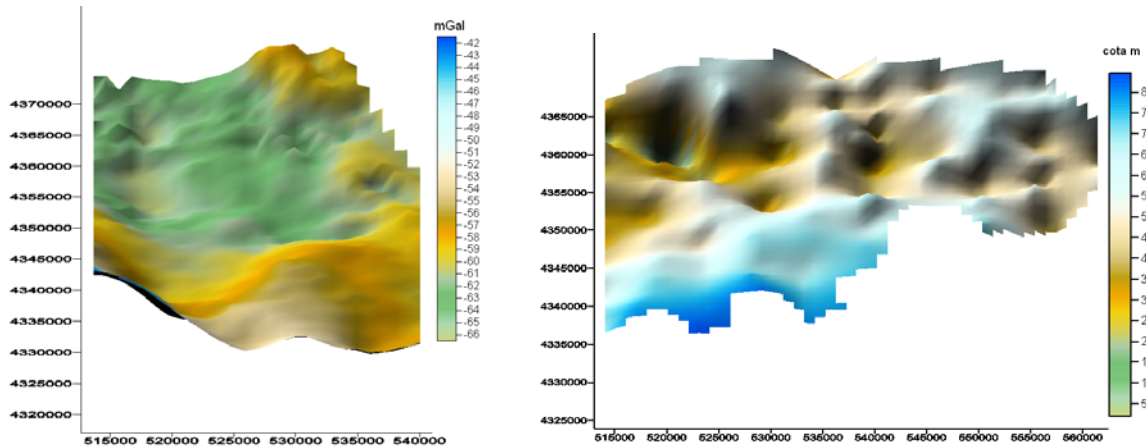


Fig. 25 Perspectivas ortográficas del mapa de Anomalías de Bouguer (izquierda) y cotas del basamento resistivo1 (derecha).

En la hipótesis de que los cambios de gravedad son producidos por el contraste entre la densidad de las rocas carbonatadas del Mesozoico con la cobertera, y que por lo tanto son un reflejo de la profundidad de dicho contraste, es evidente que, aparte de la anteriormente aludida diferencia morfológica, el mapa de cotas del resistivo es demasiado “ruidoso”. Las variaciones de profundidad (Figura 26), que en definitiva serían las reflejadas en la morfología del mapa de Bouguer, definen una superficie que no se corresponde suficientemente con la gravimétrica, lo que puede ser debido a que esta última incorpora otras rocas densas, como son las calizas del Cretácico y un basamento más denso y profundo que puede no ser el Jurásico, mientras que las de resistivo1 se refieren preferentemente a las calizas del Jurásico.

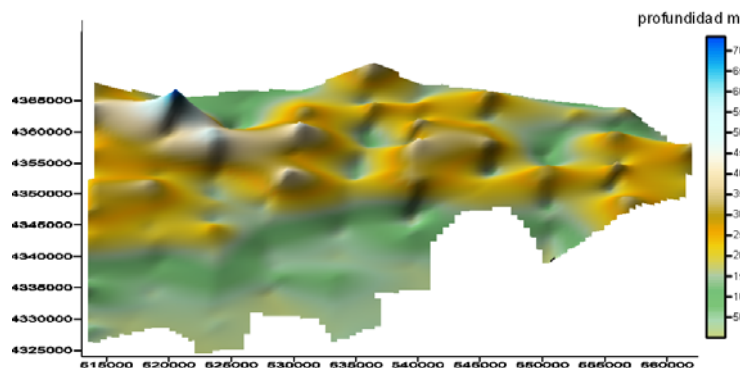


Fig. 26 Perspectiva ortográfica del mapa de profundidad del techo del basamento resistivo1.

Para verificar esta posibilidad, se han revisado todas las curvas e interpretaciones de los SEV. El trabajo de medición en campo efectuado en 1988 siguió el criterio de ir aumentando la distancia entre

electrodos de emisión A-B hasta que se detectara un tramo suficiente de valores de resistividad creciente, que definieran la llegada de la corriente eléctrica al basamento de mayor resistividad. El criterio adoptado para la interpretación de las curvas es asumir que el último resistivo encontrado pertenece siempre a un mismo basamento litológico, y además que este era el Jurásico. Sin embargo el último tramo en subida de las curvas de campo de los SEV suele presentar en muchas ocasiones dos capas resistivas, siendo probable que en unos casos el primer resistivo sea el Cretácico, y en otros que se trate directamente del Jurásico, o incluso que el primero se trate del Jurásico y el último de otro basamento más resistivo y profundo. Aunque lo más frecuente es el tipo de curvas que no dejan lugar a dudas de qué tramo escoger como resistivo, como es el caso del SEV 462 (Figura 27-izquierda), en otros, como por ejemplo en el SEV 443 (Figura 27-derecha) la tendencia al aumento de la resistividad empieza a los 30 m de profundidad (donde se pasa de 47 ohm.m a 99 ohm.m) y continúa hasta los 211 m, donde se detecta un tramo mucho más resistivo (1035 ohm.m). En la interpretación primera (informe de 1988) se adoptó como profundidad del resistivo1 (posiblemente el Jurásico) 211 m; en la revisión que se ha efectuado para este Informe se ha adoptado 30 m como posible profundidad del resistivo (Cretácico), denominando como resistivo2 la del primero o más superficial encontrado dentro del tramo último de subida de cada curva.

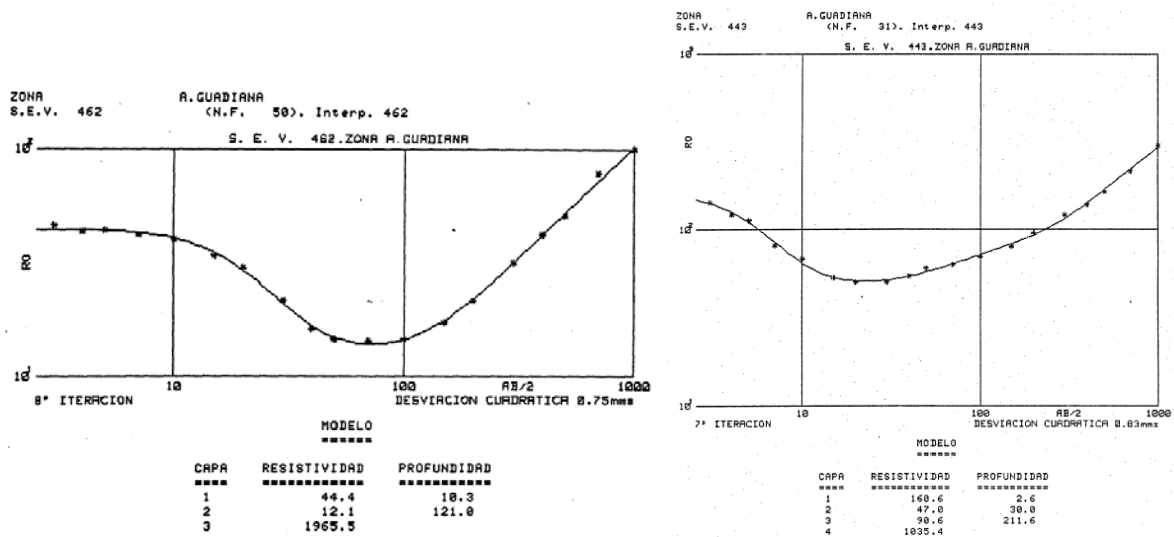


Fig. 27 Curvas de campo AB/2-resistividad aparente e interpretación profundidad-resistividad de los SEV 462 y 443. En el 462 se presenta un sólo resistivo final, mientras que en el 443 existen dos capas resistivas, pudiendo adjudicarse la primera a calizas del Cretácico.

Dada las variaciones litológicas existentes, es evidente que no puede establecerse un criterio infalible de distinción, y que la asignación litológica efectuada al tramo resistivo puede no ser cierta. El mejor elemento de control de la interpretación realizada de los SEV son los sondeos mecánicos allí donde existan en razonable proximidad. Así, por ejemplo, en el SEV 451 (Figura 28) en su primera interpretación se tomó como profundidad del resistivo 173 m; sin embargo la primera subida de la curva se produce a partir de los 34 m (pasa a 57 ohm.m), que es la que se ha adoptado en esta segunda interpretación; en este caso, el sondeo mecánico 23281002, próximo a este SEV, corta el Jurásico a 23 m, por lo que el primer tramo resistivo se trata muy probablemente del Jurásico, y no lo

era el adoptado en 1988. Otro ejemplo es el del SEV 432 (Figura 28, derecha), para el que en 1998 se adoptó como profundidad del resistivo 327 m; en la actual revisión se ha adjudicado como profundidad del resistivo 3 m, que además debe tratarse del Jurásico dado que el SEV está realizado a unos 100-150 m de un afloramiento de este piso; es evidente que en este caso debe existir otro basamento más profundo y resistivo.

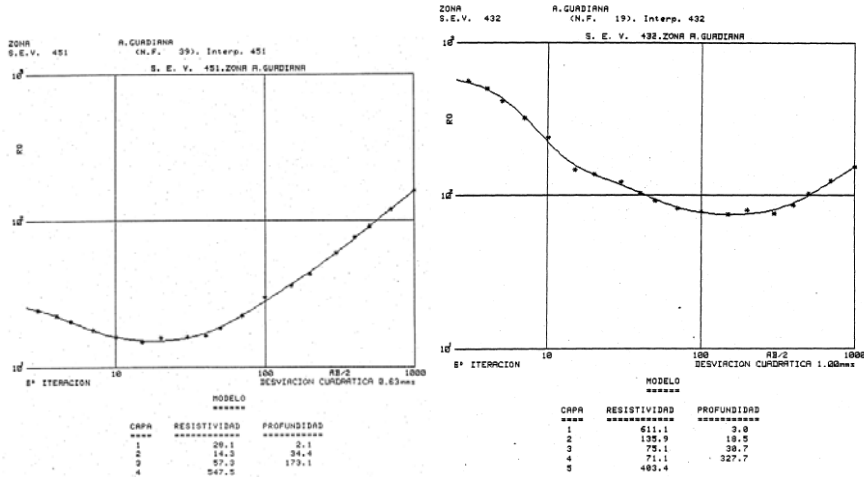


Fig. 28 Izquierda: Curva de campo AB/2-resistividad aparente e interpretación profundidad-resistividad del SEV 451. El tramo final presenta dos capas resistivas, siendo la profundidad de la primera coincidente con la del techo del Jurásico en un sondeo mecánico próximo. **Derecha:** SEV 432, en que el Jurásico podría corresponder a las resistividades desde los 3 m a los 327 m de profundidad, correspondiendo el último tramo más resistivo a un basamento profundo.

En la Figura 29 se indican los SEV para los que se ha detectado la existencia de un tramo resistivo (que denominaremos resistivo2) antes de llegar al inicialmente interpretado como Jurásico (que hemos denominado resistivo1), habiéndose incorporado este dato al fichero de profundidades y cotas del resistivo.

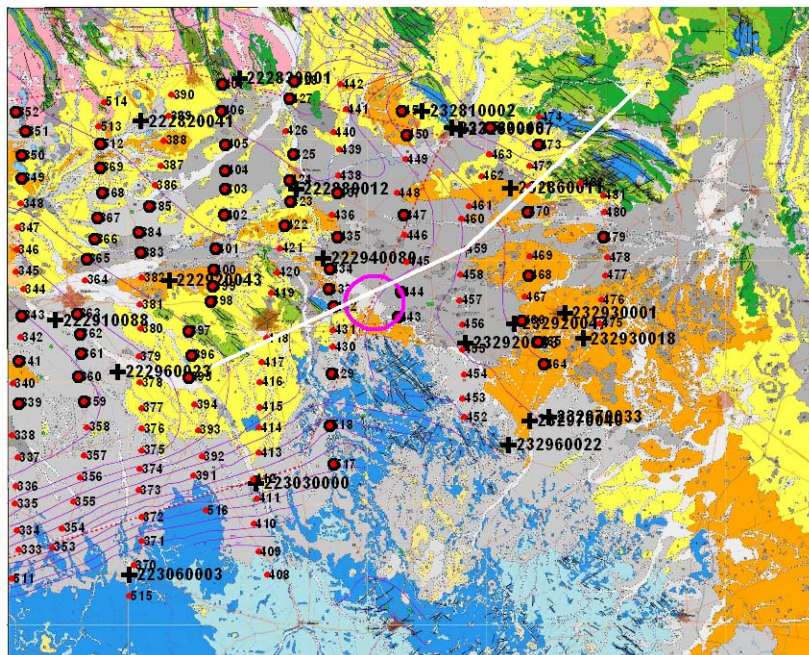


Fig. 29 Situación de los SEV, con indicación (círculo negro) de aquellos en los que se ha introducido una capa resistiva (resistivo2) más somera que la inicialmente tomada (resistivo1), y que supondría la existencia de calizas cretácicas. Cruces: sondeos mecánicos utilizados en la interpretación. Línea blanca: corte geológico I-II-III. Círculo violeta: posición de la elevación del Jurásico en dicho corte.

Al mismo tiempo que la revisión efectuada de las curvas de los SEV y cortes geoelectrónicos iniciales, se ha considerado la información suministrada por los sondeos mecánicos disponibles y la forma en que fueron utilizados en la interpretación de 1988, para el caso de que ya se dispusiera del sondeo. El resultado de la revisión está expresado en la Tabla 3, en la que la columna **prof. rest2** incorpora la profundidad del primer tramo resistivo, identificado como Cretácico, y en la columna perfil SEV se identifica con “si” los sondeos que ya fueron considerados en 1988; su posición se indica en la Figura 29.

Sondeo	perfil SEV	Cota	Prof. sondeo	Prof. Jurásico	Cota J	Fiabilidad columna	prof rest2	cota rest2
222910088	24 si	678	250	?	548	2	142	536
222920043	25 si	685	250			2	240	445
222960023	25 si	705	246			2	165	540
222820041	25 si	690	215	199	491	3	91	599
222830001	26 si	718	259	172 Lías	546	3	14	704
222880012	27	695	285	150	545	3	38	657
223030000	27	770	113	subaflorente	768	3		
222940080	28 si	698	195	71	627	2	56	642
232810002	29	721.3	357	22,7	698,6	3	0	721
232860007	30	721.9	157	0	721	3		
232920033	30	688	247	184	531	3		
232860011	31	725,1	306	159	566,1	3	65	660
232920047	31	720	214	157	563	3		
232930001	32	720	270	164	556	3		
232930018	32	720	215	156	564	3		
232970033		728	295	120	608	2		
232970040		735	175	79	656	2		
223060003		825	85	0	825	3		
232860018		750	192	0	750	3		
232960022		755	200	0	755	3		

Tabla 3. Sondeos mecánicos tenidos en cuenta en la revisión de la interpretación de los SEV.

Estos puntos se han incorporado al fichero de cotas del resistivo, tomando para ello tanto la del Jurásico como la del Cretácico. El resultado final se recoge en las Figura 30 a, b y c (la posición de los perfiles está indicada en la Figura 9). Sobre estos mismos perfiles se ha indicado la información de los sondeos mecánicos, debiendo tenerse en cuenta que en ocasiones se trata de la proyección de sondeos que se encuentran a gran distancia (hasta unos 3 km) de los perfiles, añadiendo además los sondeos que fueron tenidos en cuenta en la interpretación de 1988 en los que se cortaron calizas (c) sin diferenciación del piso al que pertenecen.

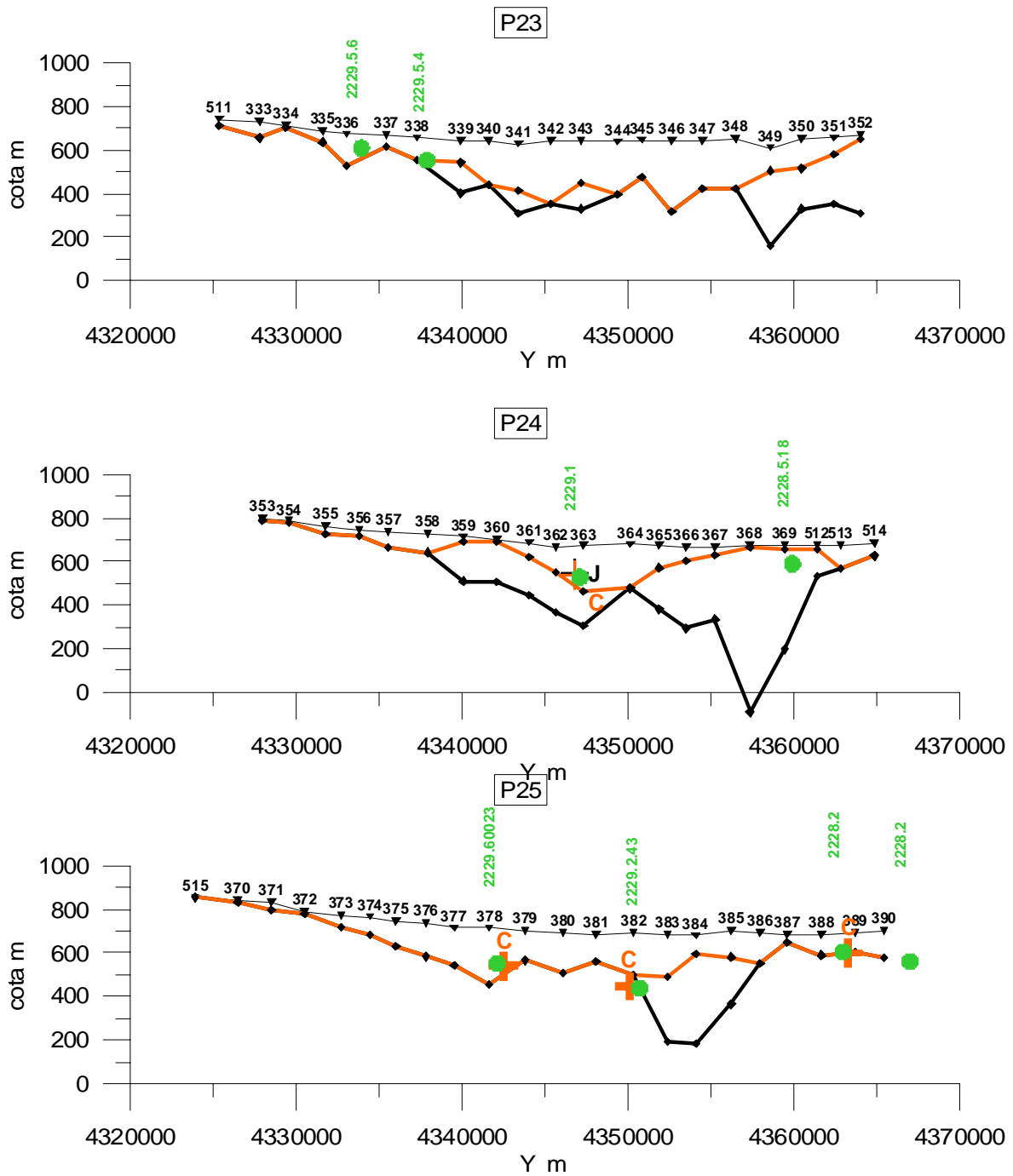


Fig. 30-a Cortes geoelectrónicos 23 a 25 (su posición está indicada en la Figura 9) recogiendo la modificación introducida por la revisión, que posiciona la profundidad del primer resistivo (línea de color naranja) cuando este existe en el SEV (posibles calizas del Cretácico). Se indica así mismo la información de los sondeos mecánicos próximos a cada perfil: C-Cretácico; J-Jurásico. La marca verde indica la posición de calizas en los sondeos utilizados en la interpretación de los SEV de 1988.

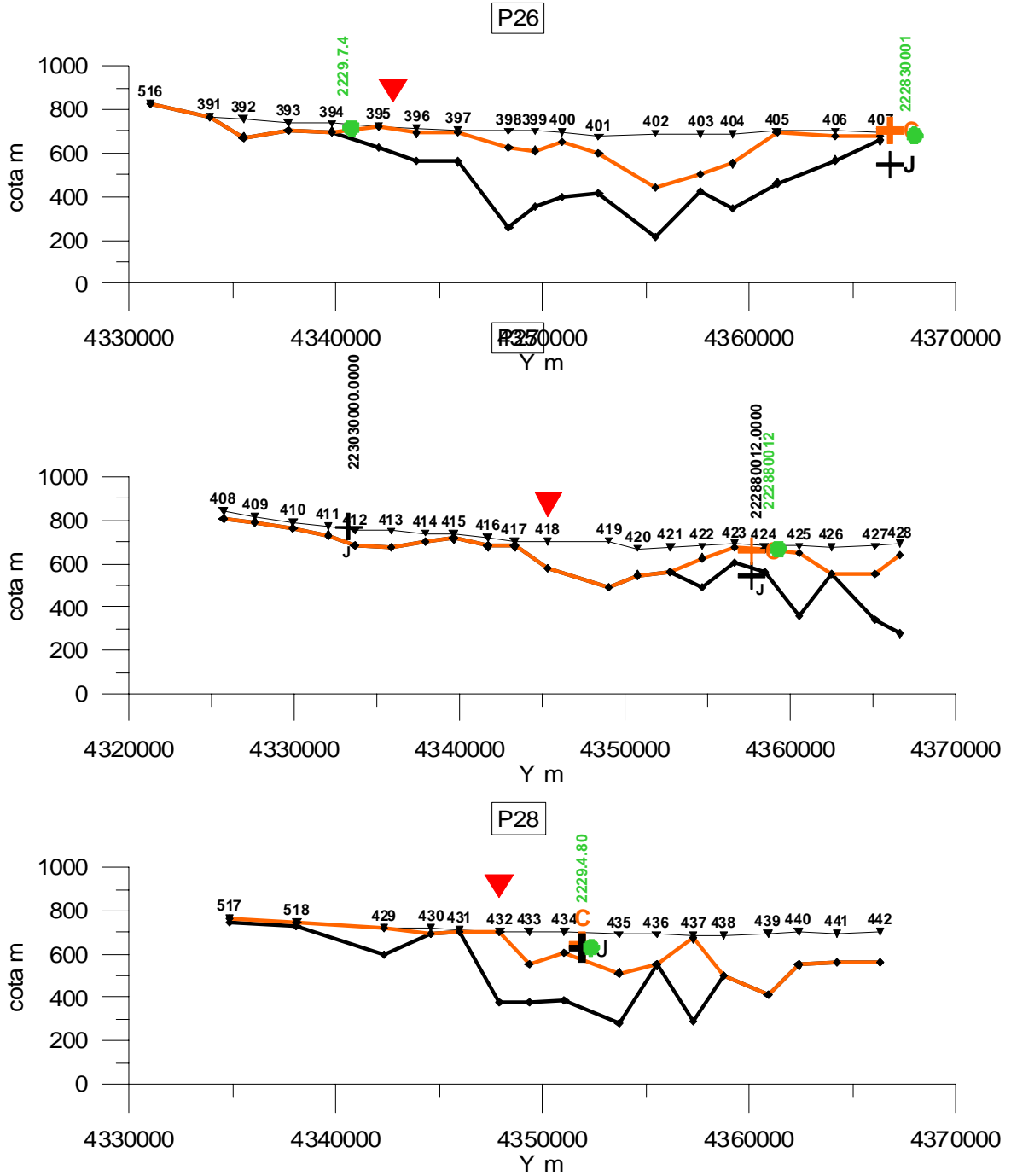


Fig. 30-b Cortes geoelectrónicos 26 a 28 (su posición está indicada en la Figura 9) recogiendo la modificación introducida por la revisión, que posiciona la profundidad del primer resistivo (línea de color naranja) cuando este existe en el SEV (posibles calizas del Cretácico). Se indica así mismo la información de los sondeos mecánicos próximos a cada perfil: C-Cretácico; J-Jurásico. La marca verde indica la posición de calizas en los sondeos utilizados en la interpretación de los SEV de 1988. La marca roja indica el cruce con el perfil geológico de la Figura 3.

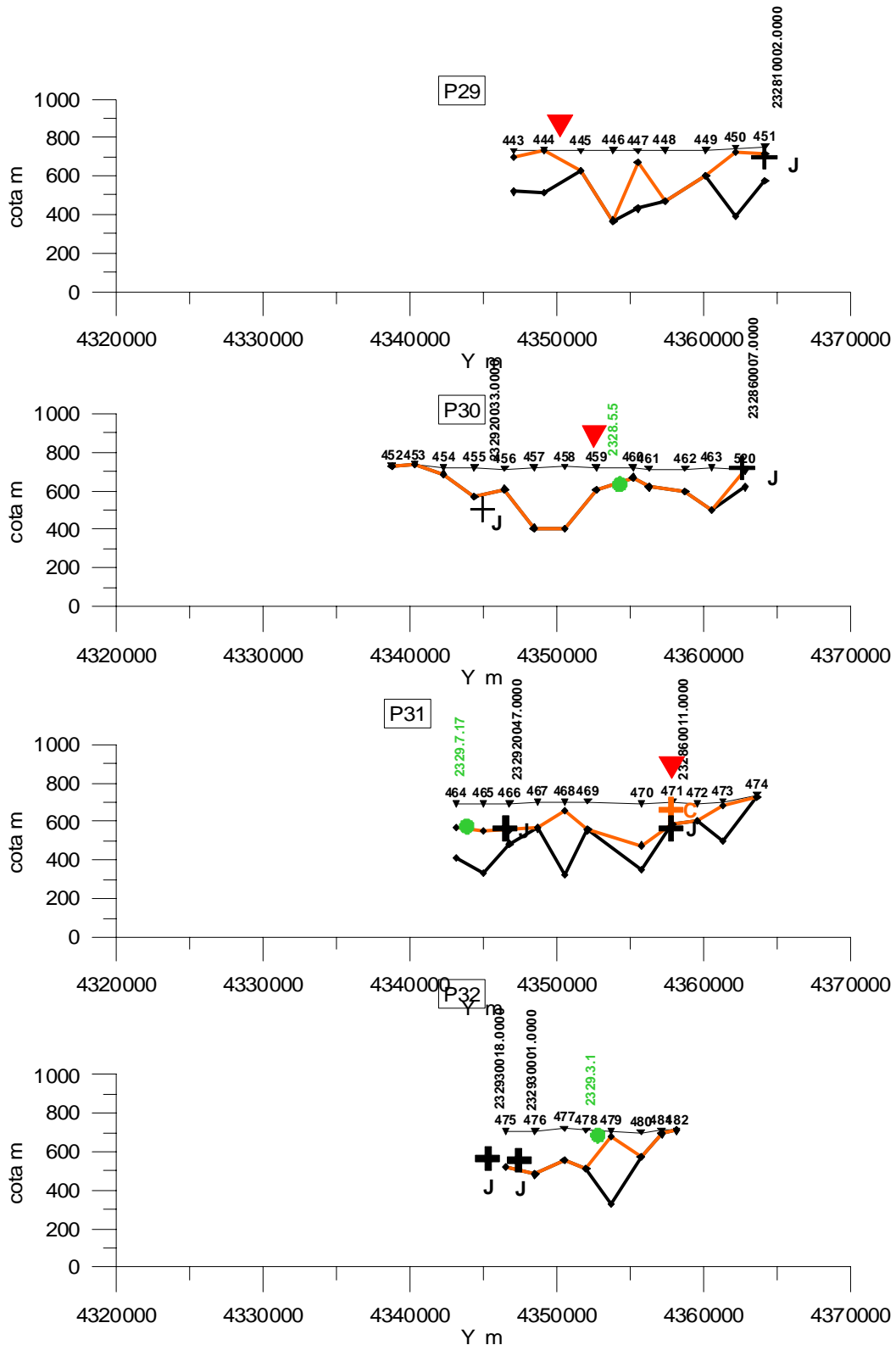


Fig. 30-c Cortes geoelectríficos 29 a 32 (su posición está indicada en la Figura 9) recogiendo la modificación introducida por la revisión, que posiciona la profundidad del primer resistivo (línea de color naranja) cuando este existe en el SEV (posibles calizas del Cretácico). Se indica así mismo la información de los sondeos mecánicos próximos a cada perfil: C-Cretácico; J-Jurásico. La marca verde indica la posición de calizas en los sondeos utilizados en la interpretación de los SEV de 1988. La marca roja indica el cruce con el perfil geológico de la Figura 3.

El mapa de cotas del resistivo2 obtenido (Figura 31) presenta notables diferencias con el anterior del resistivo1. La cubeta que forma el techo del resistivo1, con una gran depresión en el extremo nor-occidental, queda rellena por el resistivo2, cuya morfología del techo mantiene la depresión aunque aparece dividida en tres cubetas con orientación NO-SE, que es la dirección de las estructuras de las estribaciones de la Sierra de Altomira.

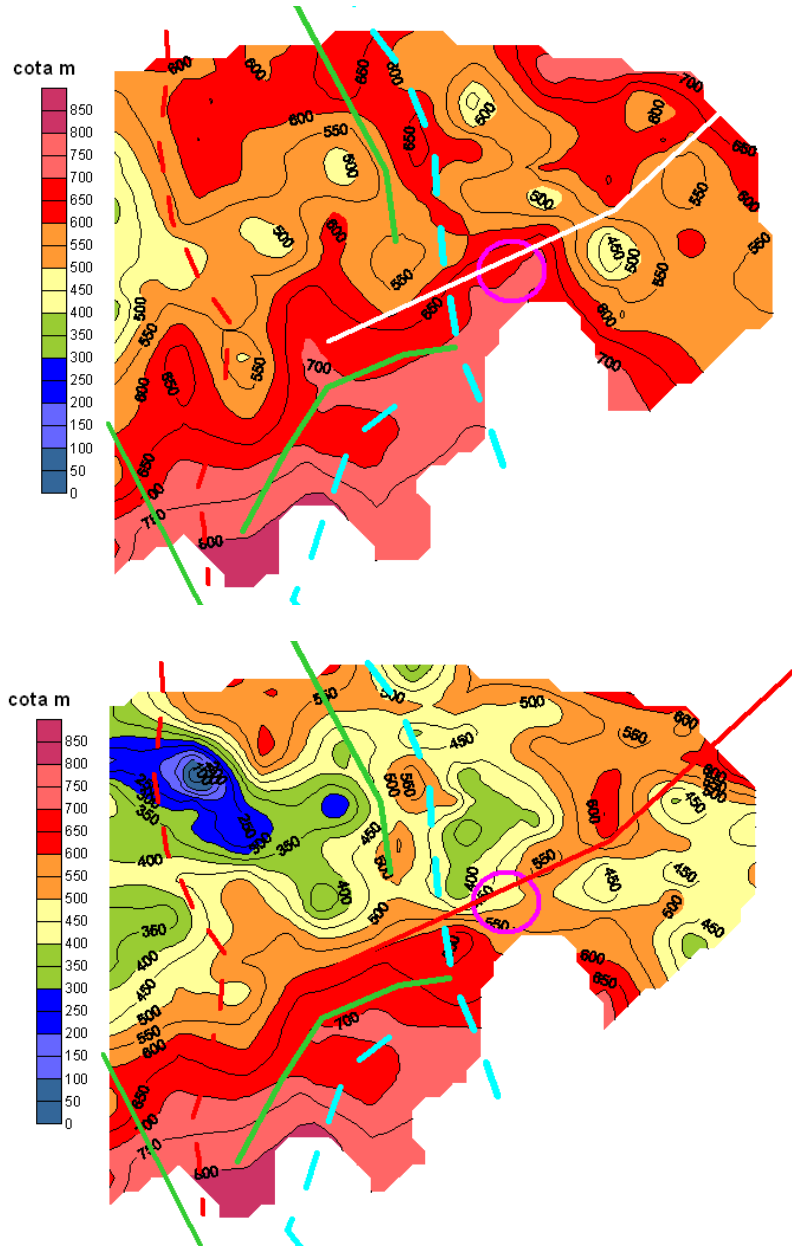


Fig. 31 Parte superior: Mapa de cotas del resistivo2. Parte inferior: mapa de cotas del resistivo1. Líneas azules: máximos gravimétricos; línea roja: mínimo gravimétrico. Línea verde: discontinuidades gravimétricas. Círculo morado: posición de la elevación del Jurásico en el corte geológico I-II-III.

En la parte sur del mapa, se mantiene el gradiente de rumbo SO-NE con elevación de las estructuras hacia el Sur, coincidente con el trazado del corte I-II, aunque el techo del resistivo2 define una estructura más alargada hacia el Este y más somera, con mejor coincidencia con la estructura supuesta en el corte geológico.

7. Correspondencia del horizonte resistivo2 con la gravimetría

En la misma Figura 31 se han superpuesto los ejes de las principales estructuras de máximo y mínimo detectadas por la gravimetría, apreciándose una mejor correspondencia con las estructuras definidas por el techo del resistivo2.

Los perfiles de SEV 23 a 28 están también cubiertos por información gravimétrica. En la Figura 32 (a, b y c) se ha representado el corte geoelectrico con la profundidad del resistivo originalmente interpretado como techo del Jurásico, incorporándose la profundidad de la capa resistiva suprayacente recogida en la revisión de la interpretación, junto con la Anomalía de Bouguer. En general, la anomalía de Bouguer refleja bien la morfología de la cota del resistivo determinado por los SEV inicialmente, salvo en algunas porciones de los perfiles:

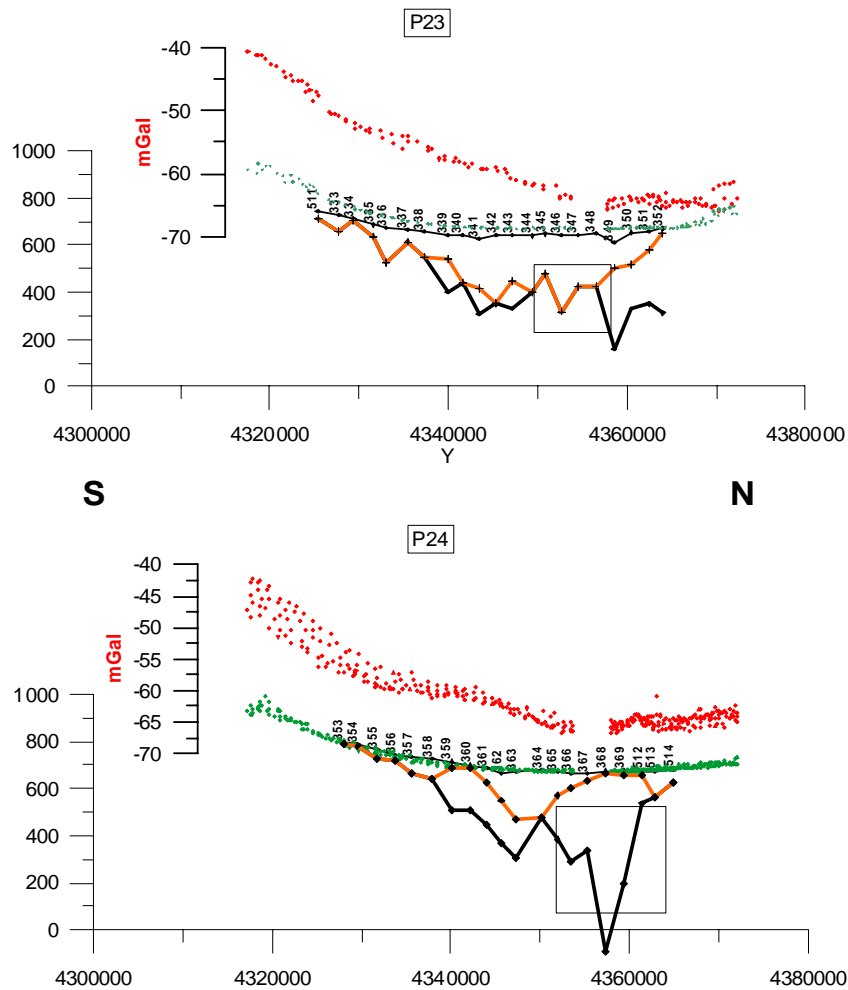


Fig. 32-a Cortes geoelectricos 23 y 24, con la Anomalía de Bouguer. Línea negra: profundidad del resistivo1 según la interpretación inicial, asignada al techo del Jurásico. Línea naranja: profundidad del resistivo2 de la segunda interpretación, asignada a calizas del Cretácico cuando no es coincidente con el resistivo1. En verde, cotas del terreno según las estaciones gravimétricas.

- en el norte del P23 la existencia del resistivo2 a partir del SEV 348 mejora la correspondencia con la anomalía gravimétrica.
- en el P24 la gran profundidad entre los SEV 364 y 512 para el resistivo1 no se ve justificada en la gravimetría, lo que viene a confirmar la existencia de un posible Cretácico en esas posiciones.

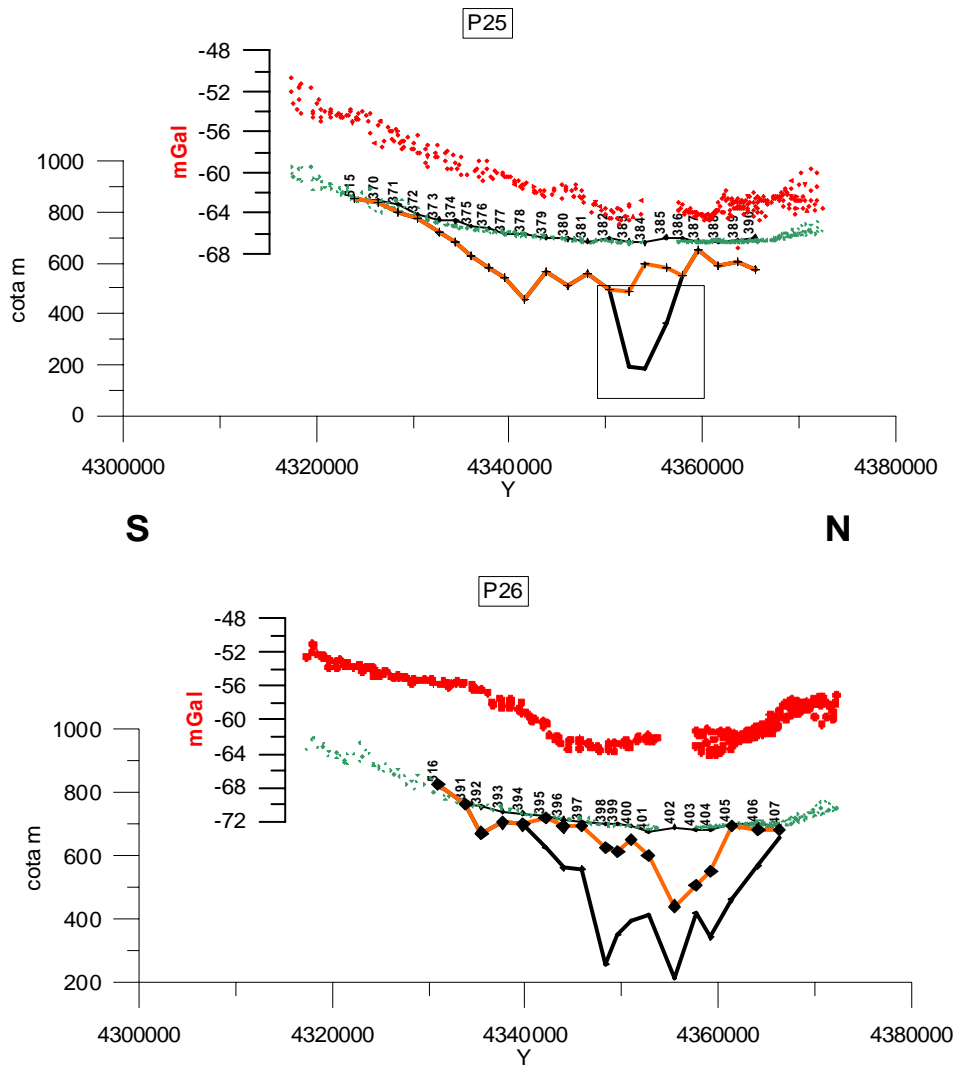


Fig. 32-b Cortes geoelectrías 25 y 26, con la Anomala de Bouguer. Línea negra: profundidad del resistivo1 según la interpretación inicial, asignada al techo del Jurásico. Línea naranja: profundidad del resistivo2 de la segunda interpretación, asignada a calizas del Cretácico cuando no es coincidente con el resistivo1. En verde, cotas del terreno según las estaciones gravimétricas.

- en el P25 el resistivo1 está demasiado profundo entre los SEV 383, 384 y 385, localizándose un posible Cretácico que mejora la correlación con la gravimetría.
- en el P26 no es tan evidente la mejora introducida por el resistivo2. El descenso acusado de la anomalía gravimétrica parece debido a un hundimiento del basamento denso, por lo que la existencia de calizas cretácicas en los SEV 385 a 387 no parece justificada por la gravimetría; siendo también excesiva la profundidad en los SEV 402 a 404.

En definitiva, la gran fosa del resistivo1 en la esquina noroccidental del mapa, que no se ve reflejada en la Anomala de Bouguer, queda justificada gravimétricamente al incorporar materiales también densos, como serían las calizas del Cretácico.

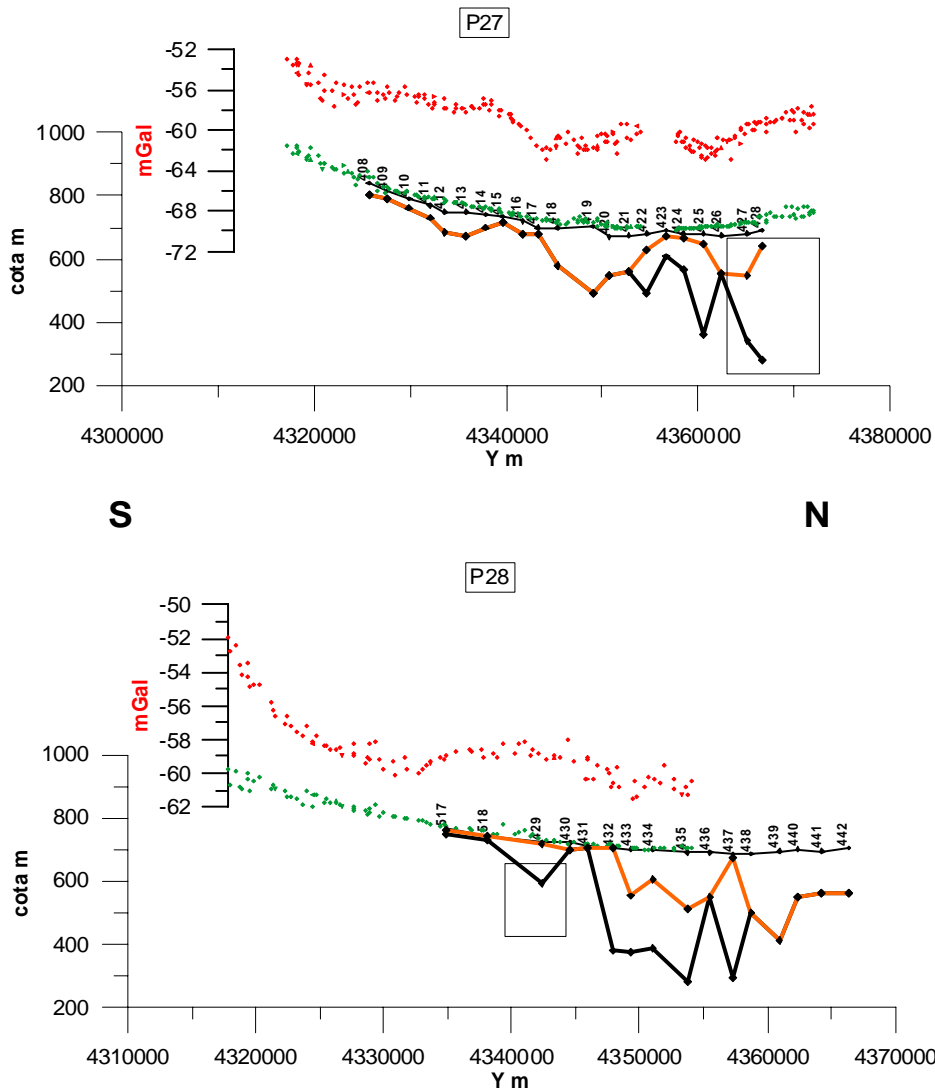


Fig. 32-c Cortes geoelectrónicos 27 y 28, con la Anomalía de Bouguer. Línea negra: profundidad del resistivo1 según la interpretación inicial, asignada al techo del Jurásico. Línea naranja: profundidad del resistivo2 de la segunda interpretación, asignada a calizas del Cretácico cuando no es coincidente con el resistivo1. En verde, cotas del terreno según las estaciones gravimétricas.

- La bajada del resistivo1 en el norte del P27 no se corresponde con la tendencia de la Anomalía de Bouguer, que pasa a estar mejor justificada por la presencia de la primera capa resistiva y densa entre los SEV 422 y 428
- En el P28, la anomalía de gravedad también se ve mejor justificada con la incorporación de la primera capa resistiva, eliminando el hundimiento en el SEV 429 y el gran escalón que se produce en el resistivo1 desde el SEV 432 hasta el final.

Por lo tanto, ambas discrepancias mejoran con la incorporación de un resistivo adicional a menor profundidad. Estos dos últimos perfiles definen bien la forma de la estructura que corta el perfil geológico I-II.

En general, la situación de correspondencia con la anomalía gravimétrica parece haber mejorado al introducir el resistivo2, más somero.

8. Síntesis de la información geofísica respecto del corte I-II-III

El objetivo de este análisis de la información geofísica es la verificación de la hipótesis geológica establecida en el corte I-II-III, que se reproduce en la Figura 33 incorporándolo a la cartografía de superficie.

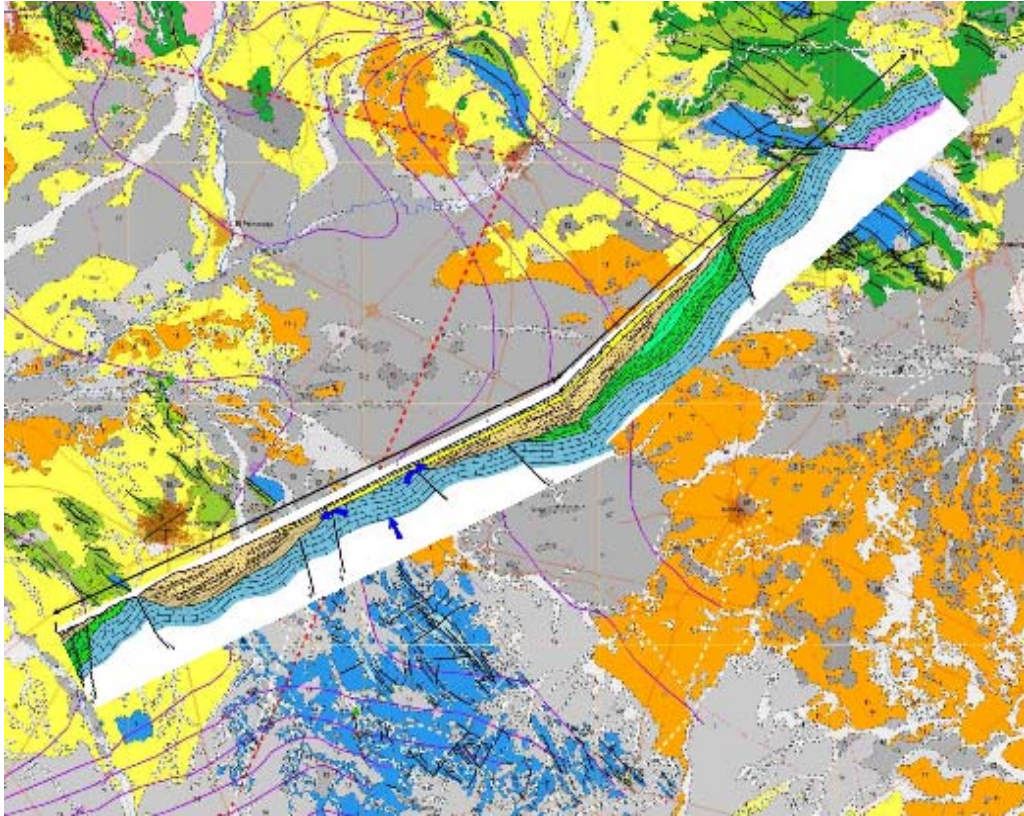


Fig. 33 Corte geológico I-II-III posicionado sobre la cartografía de superficie.

En primer lugar, la información gravimétrica sólo cubre parte del corte I-II (Figura 34).

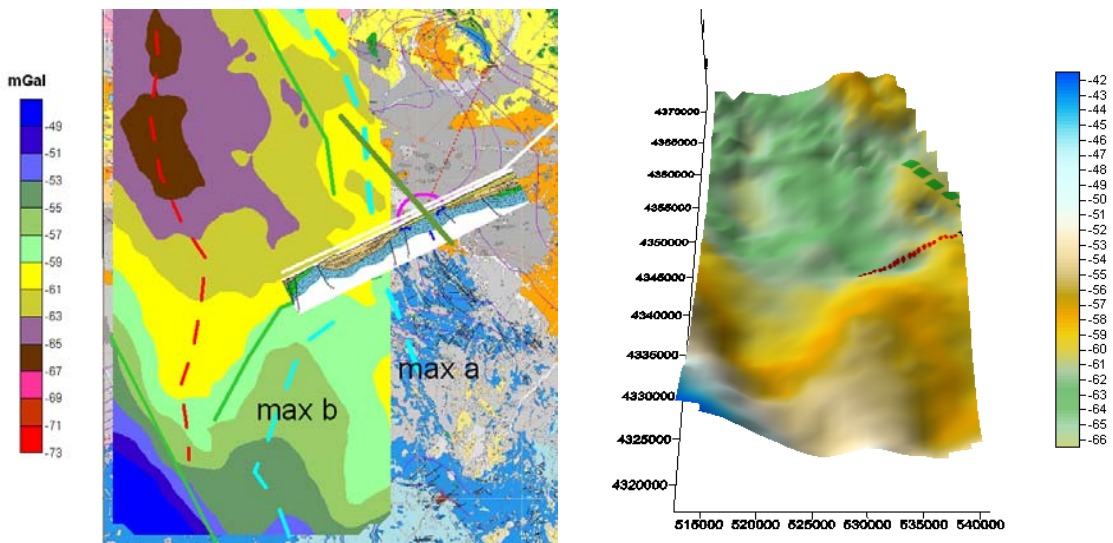


Fig. 34 Izquierda: Mapa de Anomalías de Bouguer en densidad 2.4 g/cm^3 . La línea verde indica la posible evidencia gravimétrica de la elevación del Jurásico. Derecha: Mapa de Anomalías de Bouguer en perspectiva. La línea verde indica la posible evidencia gravimétrica de la elevación del Jurásico. En rojo, porción del corte I-II dentro de la información gravimétrica, donde se visualiza la anomalía gravimétrica posiblemente asociada a la cubeta terciaria.

Aunque esta cobertura no es suficiente para poder ser utilizada como información fiable, puede interpretarse que el Jurásico del inicio del corte corresponde con el máximo gravimétrico max b, pudiendo marcar la inflexión de las curvas de -59 a -61 mGal la cubeta con relleno terciario, aunque no es evidente que la gravimetría confirme su existencia. La alineación de máximos b, trazada dentro de la información disponible, pudiera continuarse en la dirección indicada en la Figura 34, es decir, puede hacerse la hipótesis de que la alineación de máximo relativo gravimétrico marcada por la "línea verde" fuera la manifestación gravimétrica de esta elevación del Jurásico, lo que indicaría su continuidad hacia el noroeste. Tanto la cubeta terciaria como la continuidad del Jurásico aludida pueden apreciarse también en el mapa de Anomalía de Bouguer en perspectiva de la Figura 34-derecha.

La información de resistividad cubre todo el corte geológico, excepto su extremo más nororiental (Figura 35). Las estructuras dibujadas por el mapa de cotas del sustrato resistivo1 más profundo, presumiblemente debido al techo del Jurásico, no justifica la hipótesis establecida en el corte geológico.

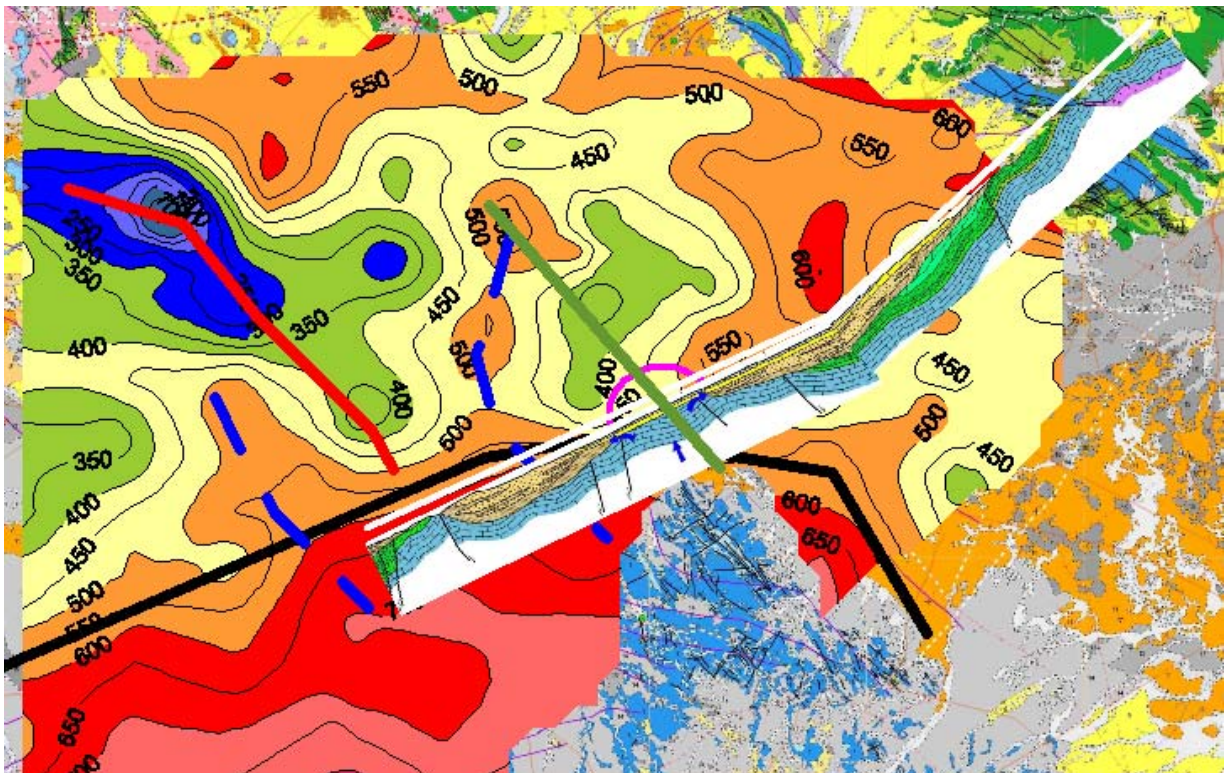


Fig. 35 Mapa de cotas del techo del resistivo1 (posible Jurásico) con indicación de las principales líneas estructurales que pueden afectar al corte: en azul, elevaciones; en rojo, depresiones. En negro: alto gradiente de hundimiento de estructuras hacia el Norte.

La cota del techo del resistivo 1 en el sector I-II del corte, comienza transcurriendo a cota constante de unos 600 m, sin que se aprecie por lo tanto la cubeta del Terciario; la zona de la supuesta elevación del Jurásico coincide con una depresión del techo de este resistivo, marcada además por un fuerte gradiente de hundimiento hacia el norte. El resto de esta parte del corte, así como el sector II-III, puede considerarse mejor justificado por las cotas de este resistivo. La hipotética elevación insinuada por la gravimetría no se ve reflejada por este mapa de cotas, que pone

claramente de manifiesto la existencia de una depresión del techo del Jurásico precisamente en esa dirección, salvo la posible elevación del final (que sería la marcada por la anomalía gravimétrica). En definitiva, este mapa señala la existencia de un hundimiento del resistivo con acentuado gradiente con rumbo en la misma dirección del corte geológico y buzamiento hacia el Norte, lo que puede también apreciarse en el mapa en perspectiva de la Figura 36.

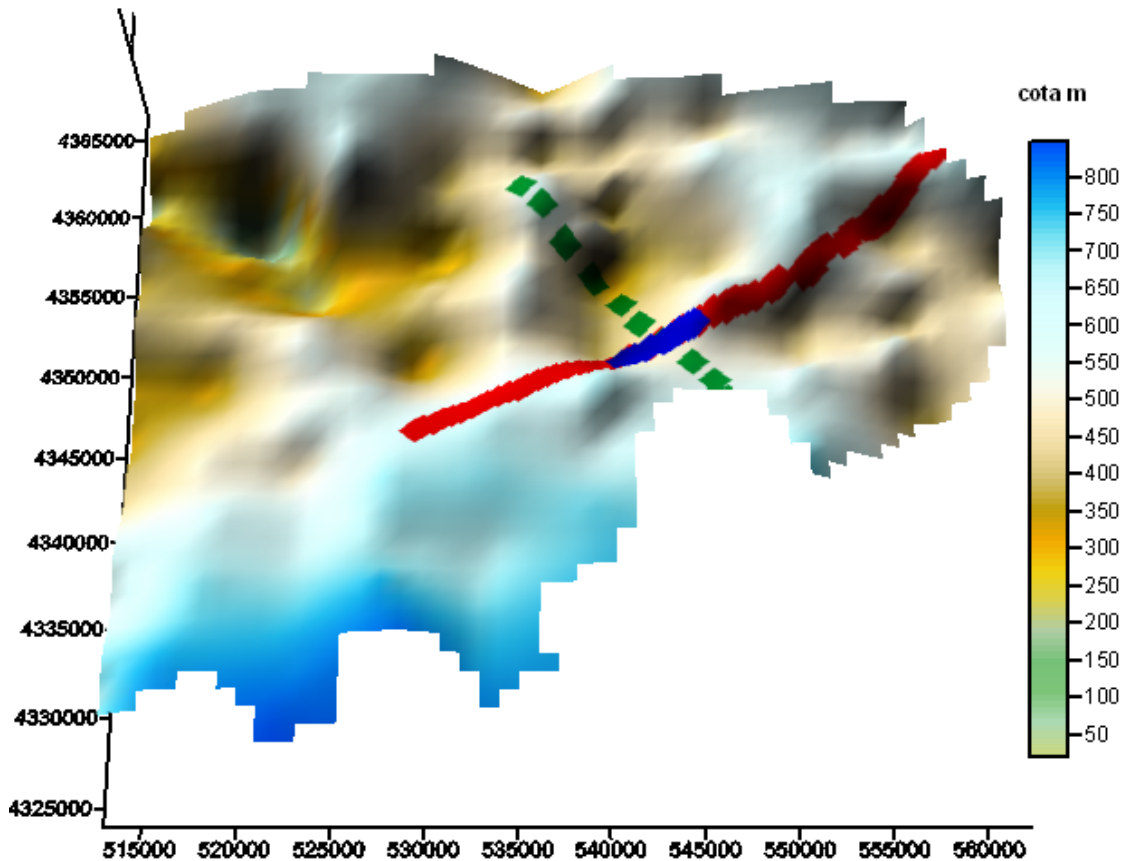


Fig. 36 Mapa en perspectiva de cotas del techo del resistivo1. Se indica la posición del corte geológico (línea roja), con indicación (en azul) de la posición de la elevación jurásica en dicho corte, que aquí se sitúa en una depresión. En línea discontinua verde: hipótesis gravimétrica de continuidad del Jurásico.

La incorporación de una primera capa resistiva, o resistivo2, que puede tratarse del techo del Cretácico cuando no coincide con la anterior, deja ver una situación algo diferente (Figura 37): aunque sigue existiendo el aludido gradiente de hundimiento del techo del resistivo hacia el Norte, sin embargo la evolución de la cota a lo largo del corte geológico coincide muy aproximadamente con la hipótesis establecida, así como la existencia de una posible continuidad de la mínima profundidad del techo del resistivo en la dirección supuesta por la anomalía gravimétrica (“línea en verde” de la Figura 36). Esta elevación queda bordeada de dos fosas (por debajo de la cota 600 m), que justifican las depresiones rellenas de terciario a ambos lados de la elevación jurásica; así mismo, la presencia de calizas del Jurásico muy someras en ambos extremos del corte quedan también señaladas por las cotas de este resistivo2. En la Figura 38 pueden apreciarse estas mismas observaciones de buena coincidencia entre las costas del resistivo2 y la hipótesis geológica.

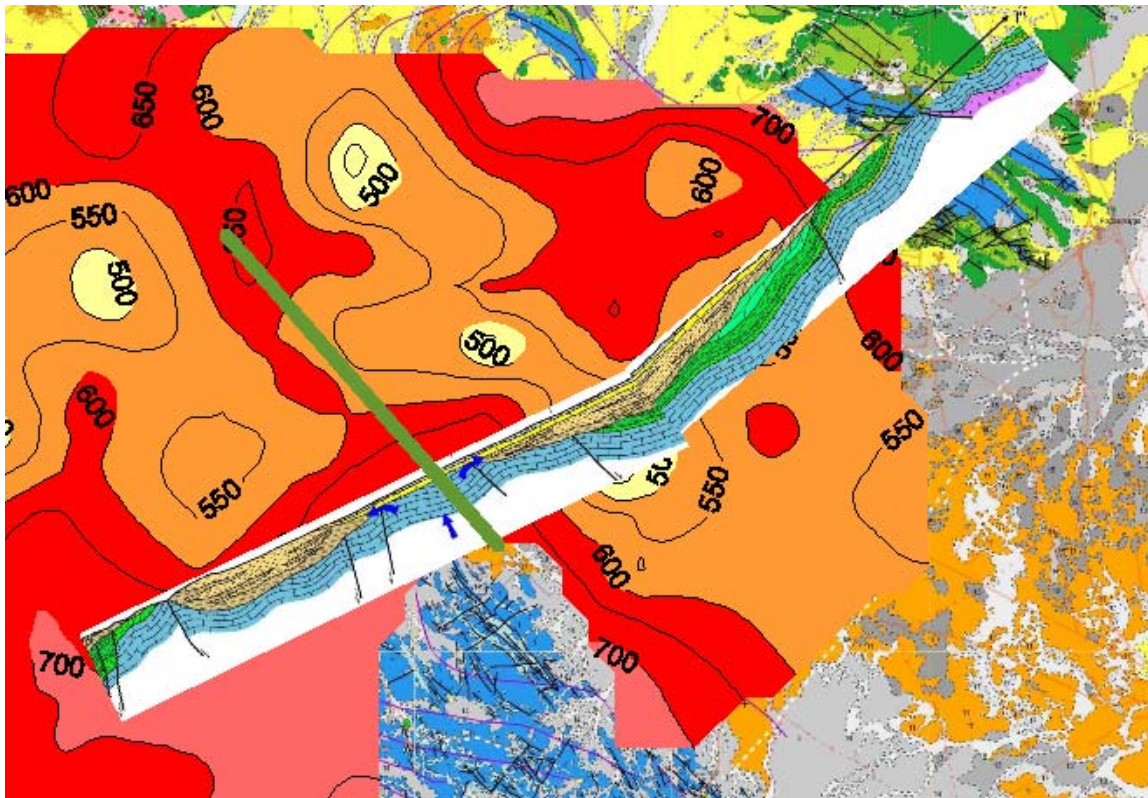


Fig. 37 Mapa de cotas del techo del resistivo2, que puede tratarse del Cretácico y/o del Jurásico.

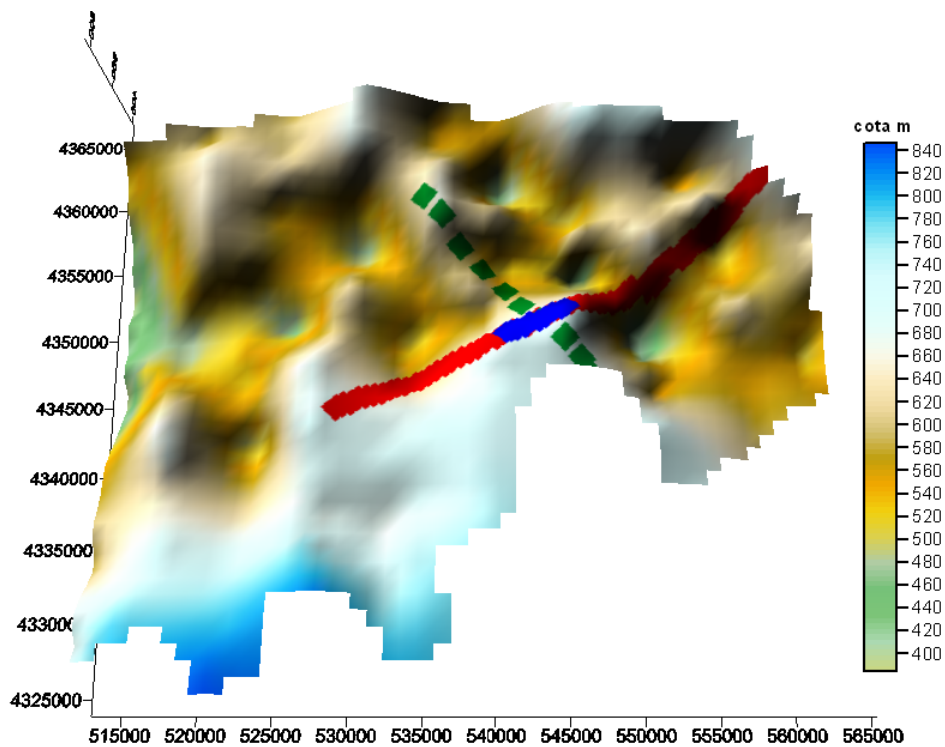


Fig. 38 Mapa en perspectiva de cotas del techo del resistivo2. Se indica la posición del corte geológico (línea roja), con indicación (en azul) de la posición de la elevación jurásica en dicho corte, que aquí se sitúa en una elevación, aunque con hundimiento rápido hacia el Norte. En línea discontinua verde: hipótesis gravimétrica de continuidad del Jurásico, que marca el aludido hundimiento de estructuras.

Cómo se puso de manifiesto en la Figura 30, el mapa de cotas del resistivo2 se refiere tanto a posibles calizas del Cretácico, allí donde su profundidad no coincide con la del resistivo1, como del Jurásico. Por esta razón, aunque este mapa parece justificar más convincentemente la geometría de las supuestas estructuras, obligaría a modificar su asignación estratigráfica. El techo de ambos resistivos, así como parcialmente la Anomalía de Bouguer, señalan la existencia de un escalón precisamente coincidente en dirección con la del corte geológico y de buzamiento hacia el Norte, lo que hace que la verificación de la estructura de elevación del Jurásico varíe mucho en unas cortas distancias.

Para poner mejor en evidencia la estructura que resulta de las interpretaciones geofísicas establecidas, se han trazado tres perfiles paralelos al corte I-II-III (Figura 39) con las cotas de los diferentes resistivos. Se trata de valores proyectados sobre la alienación teórica, lo que puede distorsionar algo el resultado.

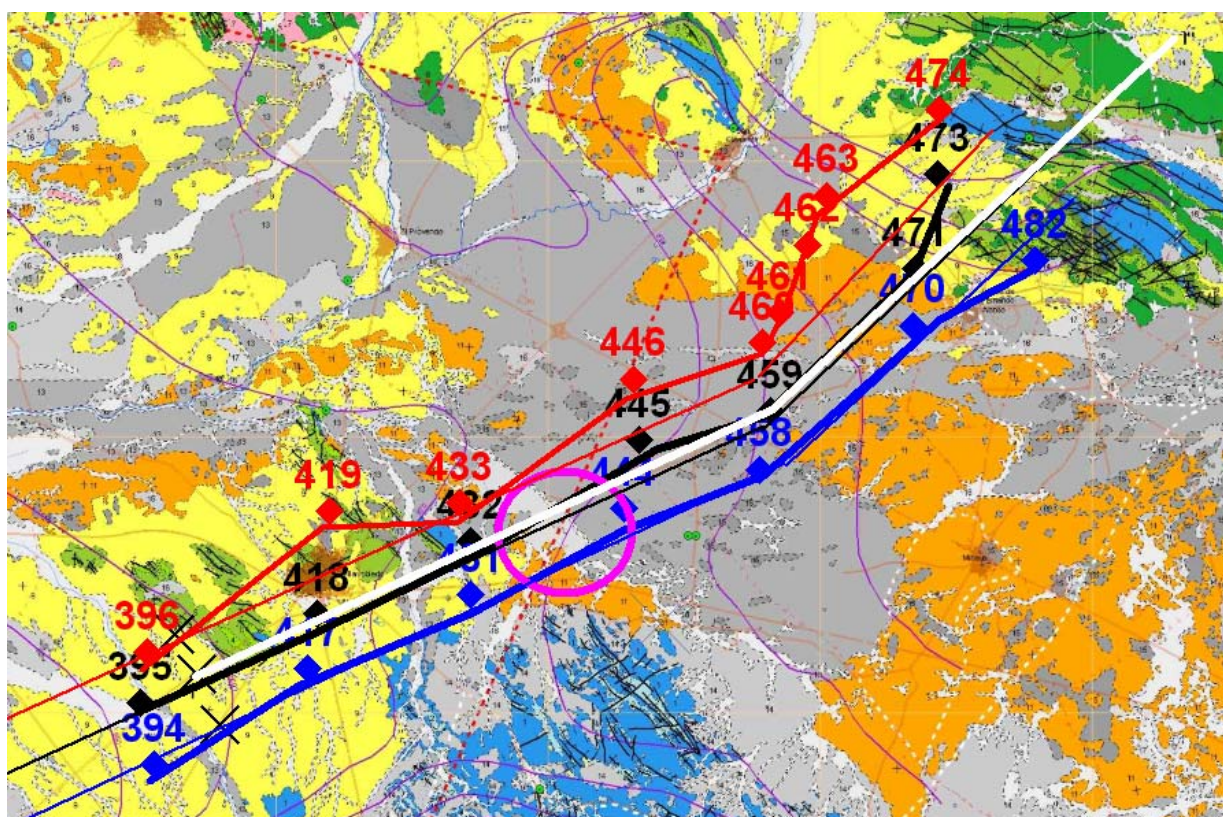


Fig. 39 Perfiles trazados con el conjunto de la información geofísica. Corte1, en negro, coincidente con el corte I-II-III. El corte 2, en azul, se sitúa 2 km al Sur. El corte 3, en rojo, se sitúa 2 km al Norte. El origen de distancias está tomado en cada perfil en la posición indicada por un aspa negra.

Un perfil trazado exactamente por la línea del corte geológico (corte 1, Figura 40) pone de manifiesto que el resistivo2 en algunas partes se refiere al Jurásico y en otras al Cretácico, con una coincidencia bastante aceptable de su profundidad con la sugerida por el corte geológico. Si el resistivo1 se refiere al techo del Jurásico, la hipótesis de su elevación no es cierta, o bien el resistivo1 pertenece a materiales por debajo del Jurásico, que estaría representado aquí por el resistivo2. La anomalía gravimétrica indica la existencia de una elevación de las masas más densas (las calizas), coincidente en parte con la marcha del resistivo2 y en discreta correspondencia con la cubeta terciaria. En el extremo sur del perfil, donde aflora el Cretácico y Jurásico, el trazado tanto del

resistivo1 como del resistivo2 se sitúa a mayor profundidad, con una clara contradicción. Esta falta de coincidencia puede ser debida, no obstante, a un efecto del muestreo, ya que se trata de una interpolación entre los valores detectados por dos SEV situados a ambos extremos de la estructura, y que con toda seguridad se modificaría en caso de disponer de valores de resistividad intermedios.

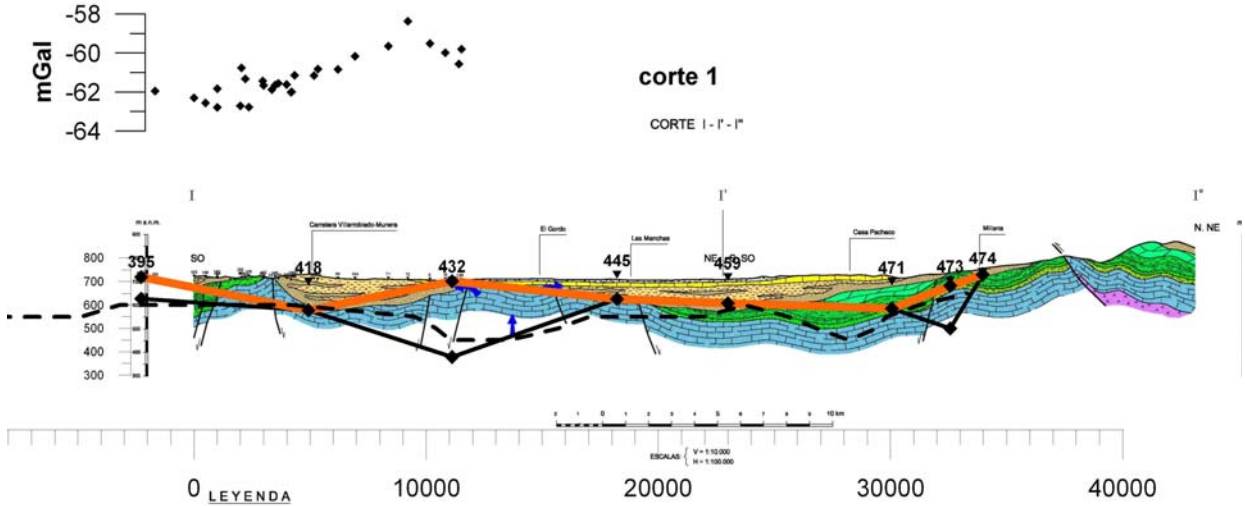


Fig. 40 Corte geológico I-I-III, con proyección de las profundidades del resistivo1 (en negro) y resistivo2 (en naranja) de los SEV más próximos a la alineación corte1 del mapa de la Figura 39. Se representa así mismo la Anomalia de Bouguer, siguiendo en mismo sistema, considerando los valores entorno de la alineación. En línea discontinua: resistivo1 según mapa de isóneas.

Si el perfil se traza 2 km hacia el Sur (corte 2, Figura 41), el resistivo1 está más somero en el segmento I-II, y más profundo en II-III; solamente al considerar el resistivo2 se localiza éste a poca profundidad entre los SEV 431 y 444, manteniendo cierta coincidencia con el corte geológico. La gravimetría justifica bien la existencia de la fosa terciaria entre los SEV 417 y 431, que no es manifiesta en el horizonte resistivo2, que carece de datos en esa zona.

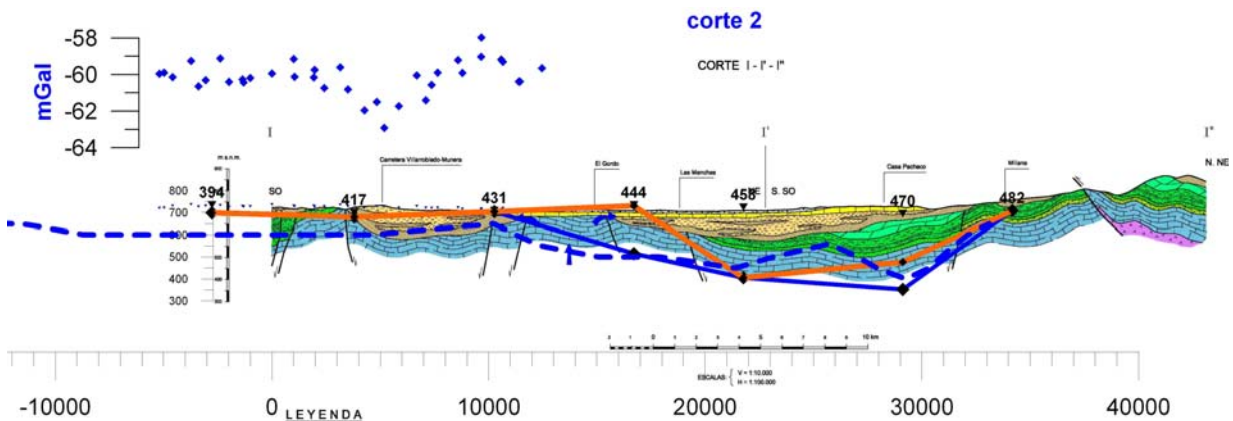


Fig. 41 Corte geológico I-II-III, con proyección de las profundidades del resistivo1 (en azul) y resistivo2 (en naranja) de los SEV más próximos a la alineación corte2 del mapa de la Figura 39. Se representa así mismo la Anomalia de Bouguer, siguiendo en mismo sistema, considerando los valores entorno de la alineación. En línea discontinua: resistivo1 según mapa de isóneas.

Si el corte se traza unos 2 km hacia el norte (corte 3, Figura 42), tanto el resistivo1 como el 2 están más profundos en el sector I-II, como consecuencia del escalón existente, elevándose en la segunda mitad del corte, en coincidencia con la hipótesis del sector II-III. La anomalía gravimétrica indica, por su ligera elevación hacia el norte, que debe estar reflejando la marcha del resistivo2.

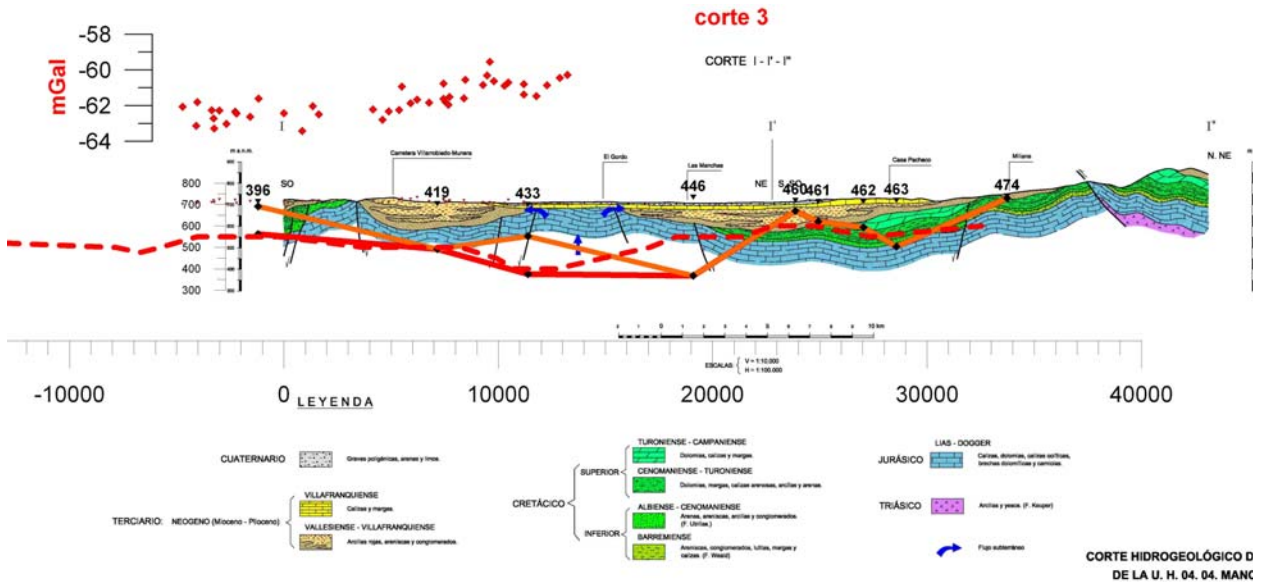


Fig. 42 Corte geológico I-II-III, con proyección de las profundidades del resistivo1 (en rojo) y resistivo2 (en naranja) de los SEV más próximos a la alineación corte3 del mapa de la Figura 39. Se representa así mismo la Anomalía de Bouguer, siguiendo en mismo sistema, considerando los valores entorno de la alineación. En línea discontinua: resistivo1 según mapa de isóneas.

9. Conclusión y recomendaciones

La información gravimétrica disponible no cubre el área que desea investigarse. El análisis del mapa de anomalías de Bouguer permite apreciar una buena correspondencia entre las estructuras jurásicas (y cretácicas densas) y dichas anomalías, siendo posible aventurar que corrobora la elevación del Jurásico que quiere ratificarse. Para una mayor precisión en esta hipótesis sería preciso complementar la cobertura existente al menos hasta el final del sector I-II del perfil geológico.

La información geoelectrica ha precisado de una fuerte revisión en cuanto a la asignación de los niveles resistivos a la litología, poniéndose de manifiesto que el horizonte resistivo detectado a mayor profundidad no siempre pertenece al techo del Jurásico, sino a un basamento más profundo. Se ha efectuado una nueva interpretación en la que, en muchos SEV, una capa resistiva anterior a la última puede ser debida tanto al Cretácico como al Jurásico, estando bien justificada en determinados sitios donde se dispone de sondeos mecánicos con columna litológica. Este nuevo resistivo mantiene mejor correspondencia con las anomalías gravimétricas, y justifica aceptablemente la hipótesis establecida en el corte geológico, con discrepancias que pueden deberse a la distancia entre mediciones de SEV.

Toda la información (gravimetría y ambos horizontes resistivos) indican la existencia de un hundimiento acusado de las estructuras hacia el Norte, con rumbo en coincidencia con el trazado del perfil geológico, por lo que la morfología de un corte en esta dirección varía notablemente en cortas distancias hacia el norte o hacia el sur del perfil. Una mayor precisión del alcance de la información geoelectrica podría ser posible con una densificación de mediciones en las zonas de interés.

Finalmente, aunque el análisis efectuado de la información geofísica no descarta la viabilidad de la hipótesis geológica establecida, y su mayor precisión fuera posible aumentando los datos geofísicos, se recomienda la ejecución de algún sondeo mecánico, particularmente sobre la supuesta elevación del Jurásico, que podría además utilizarse como punto de calibración de los datos geofísicos.

ANEXO INFORMÁTICO

FICHEROS DE GRAVIMETRÍA



- GRAVI total: H50,X,Y,Z,GOBS, CTP, AB2.6, IE, ID 1710 estaciones
- GRAVI total 24: nº orden,X,Y,Z,GOBS, AB2.6, AB2.4 1710 estaciones
- GRAVI total24 perfiles NS: X,Y,Z, AB2.6, AB2.4, nº perfil 1335 estaciones

perfil SEV NS	xmin	xmax	registros
23	512822	514816	2-134
24	515920	521394	135-477
25	523382	526862	478-807
26	527834	531403	808-1046
27	532696	536451	1047-1242
28	538479	541300	1243-1336

Este fichero se encuentra también dividido en perfiles: perfilxxgrv24, con xx=23 a28

Perfil 26grv24Nettle: X,Y,Z, AB2.6, AB2.4, nº perfil, nºorden, AB1.8, AB3.4

- GRAVI total24 perfiles EO: X,Y,Z, GOBS, AB2.6, AB2.4, nº perfil 433 estaciones

perfil EO	ymin	ymax	registros
1	4337517	4340702	2-97
2	4342335	4344246	99-151
3	4344883	4346356	153-183
4	4346634	4349660	185-270
5	4351292	4354159	272-351
6	4356986	4359255	353-434

Perfil gravi EO1 simple y Perfil gravi EO1 simple: selección para los perfiles 1 y 2.

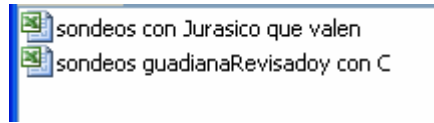
- GRAVI total 24 Perfiles geo: n° orden, X, Y, Z, GOBS, AB2.6, AB2.4, distancia

El origen para el cálculo de distancias de los perfiles es

Xorigen	Yorigen	perfil	estacion grv	registros	código color
529735	4343114	1	185	2-29	negro
530592	4341249	2	178	30-65	azul
528979	4344575	3	193	66-108	rojo

Las coordenadas X,Y del perfil 1 son las del inicio del corte geológico I-II-III

SONDEOS MECÁNICOS



- Sondeos guadianaRevisado y con C.xls:

Nombre, X30, Y30, XL, YL, cota sondeo, profundidad sondeo, columna (si/no), prof. Jurásico (determinada por J.López), cota techo Jurásico, Observaciones, fiabilidad

Tras revisión de los sondeos que ya estaban incluidos en los cortes geoelectricos de 1988 se han añadido las columnas:

Profun. Cretácico, cota techo Cretacico, perfil SEV

- sondeos con Jurasico que valen.xls

Nombre, X30, Y30, cota sondeo, profundidad sondeo, prof. Jurásico (determinada por J.López), cota techo Jurásico, Profun. Cretácico, cota techo Cretacico, perfil SEV

SONDEOS ELECTRICOS SEV

- SEVcomas570

Nº SEV, perfil, X,Y, Z, profundidad resistivo 1, resistividad 1, cota resistivo 1

- SEVcomas570+SM23

Nº SEV, perfil, X,Y, Z, profundidad resistivo 1, resistividad 1, cota resistivo 1, profundidad resistivo 2, resistividad 2, cota resistivo 2

La resistividad 2 se ha obtenido por revisión de los perfiles geoelectricos y curvas de los SEV y se refiere a un resistivo anterior al Jurásico.

perfil SEV	registros	
23	2	22
24	23	42
25	43	64
26	65	82
27	83	103
28	104	119
29	120	128
30	129	141
31	142	152
32	153	160

Los registro 161 a 182 contienen los datos referentes a los Sondeos Mecánicos.

-XYperfiles etiquetas: X,Y, etiqueta del nº de perfil de SEV

- Perfiles E-O:

Ficheros pseV1 a pseV6

Nº SEV, perfil, X,Y, Z, profundidad resistivo 1, resistividad 1, cota resistivo 1, profundidad resistivo 2, cota resistivo 2

- Perfiles GEO

psevGeo1, pseVGeo2 y pseVGeo3

Nº SEV, perfil, X,Y, Z, profundidad resistivo 1, resistividad 1, cota resistivo 1, distancia, profundidad resistivo 2, cota resistivo 2

Los obtenidos por digitalización del mapa de cotas del resistivo1:

digit cota res1 pe1, digit cota res1 pe2, digit cota res1 pe3

X,Y, cota res1, distancia

Las distancias de los perfiles Geo están calculadas respecto de los orígenes:

X	Y	perfil	estacion grv	código color
529735	4343114	1	185	negro
530592	4341249	2	178	azul
528979	4344575	3	193	rojo