

DEFINICIÓN MEDIANTE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA CON SÍSMICA DE REFLEXIÓN DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS QUE PUEDEN FUNCIONAR COMO ACUÍFEROS EXPLOTABLES PARA ABASTECIMIENTO A PLANTAS DESALADORAS.

F. MERCHÁN ⁽¹⁾, M. HIGUERAS ⁽¹⁾, J. A. ABEGER ⁽¹⁾

(1) OCSA S.L.. C/ Isabel Clara Eugenia 50, bajo A, 280250 Madrid. ocsa@ocsa-geofisica.com

RESUMEN.

En esta comunicación se pretende mostrar la utilidad de la Prospección Geofísica mediante **Sísmica de Reflexión de Alta Resolución** para la definición de estructuras geológicas favorables para su explotación como acuíferos profundos en zonas costeras, susceptibles de ser utilizados para abastecimiento a plantas desaladoras.

Presentamos el estudio realizado con **Sísmica de Reflexión de alta resolución** en una playa de Tarragona con los fines indicados.

Se describe la técnica utilizada y se muestran las secciones sísmicas obtenidas y el corte geosísmico correspondiente, con la consiguiente definición del acuífero estudiado, hasta una profundidad de 500 metros.

Palabras clave: Desaladora, Acuífero, Hidrogeología, Prospección Geofísica, Sísmica de Reflexión.

1. INTRODUCCIÓN.

En los párrafos que siguen se describe el reconocimiento geofísico realizado para el proyecto de **Captación de agua de mar para una planta desalinizadora en Tarragona.**

La finalidad que se perseguía era el estudio del terreno hasta una profundidad aproximada de 400-500 m con el fin de determinar la disposición estratigráfica de los distintos horizontes sísmicos que se detectaran, determinando el sistema de fallas que pudieran afectarlos, así como realizar una atribución litológica de las distintas unidades sísmicas detectadas en base a los resultados obtenidos con un sondeo mecánico a realizar en la zona de trabajo. De esta forma se trataba de definir la estructura hidrogeológica de la zona estudiada.

Para cubrir estos objetivos se proyectó la realización de un perfil de sísmica de reflexión de alta resolución a lo largo de la Playa de L'Arrabassada, uniendo los afloramientos de calizas recifales a calcarenitas lumaquéllicas, pertenecientes al Terciario Superior, localizados en los extremos Suroeste y Noreste de la mencionada playa. Este método permite una investigación del tipo deseado y alcanza una gran profundidad de investigación, hasta al menos 500-750 m, con lo cual puede obtenerse una visión general de la estructura geológica de la zona estudiada

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA E HIDROGEOLÓGICA.

La localización del perfil realizado se refleja en la Figura 1. Está situado en la depresión costera de Tarragona donde, bajo las series Miocenas Serravallense (calcarenitas y brechas) y Burdigaliense (arcillas y margas), se encuentran, a través de una discordancia, los carbonatos del Lias.

Estos carbonatos, en el caso de estar carstificados, como parece lo más probable, supondrían los acuíferos utilizables.

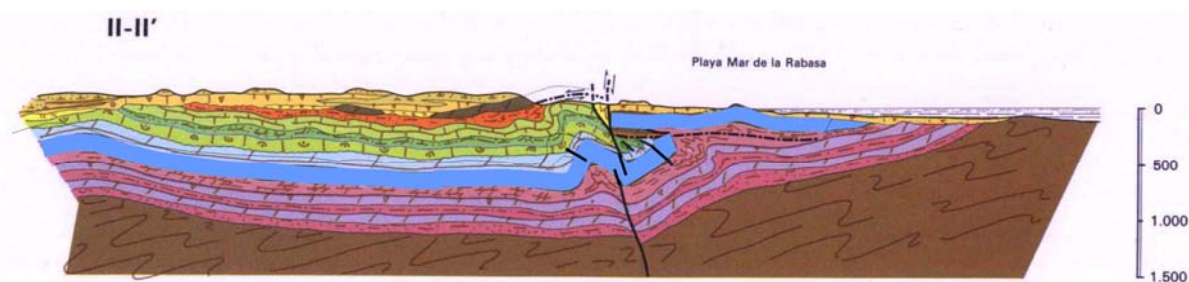
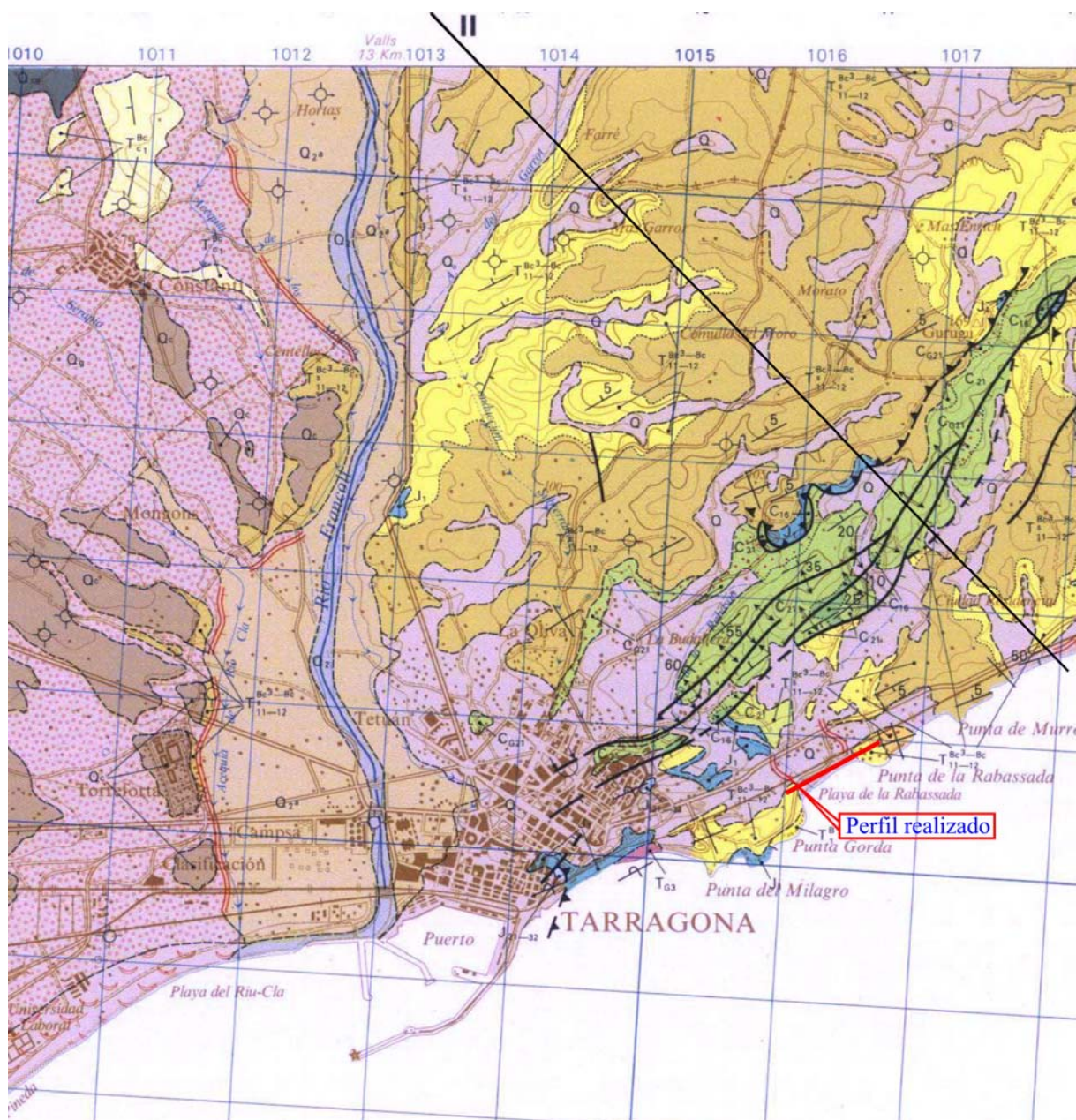


Figura1: Localización del Perfil de Sísmica de Reflexión realizado sobre la hoja 475 del MAGNA.

LEYENDA

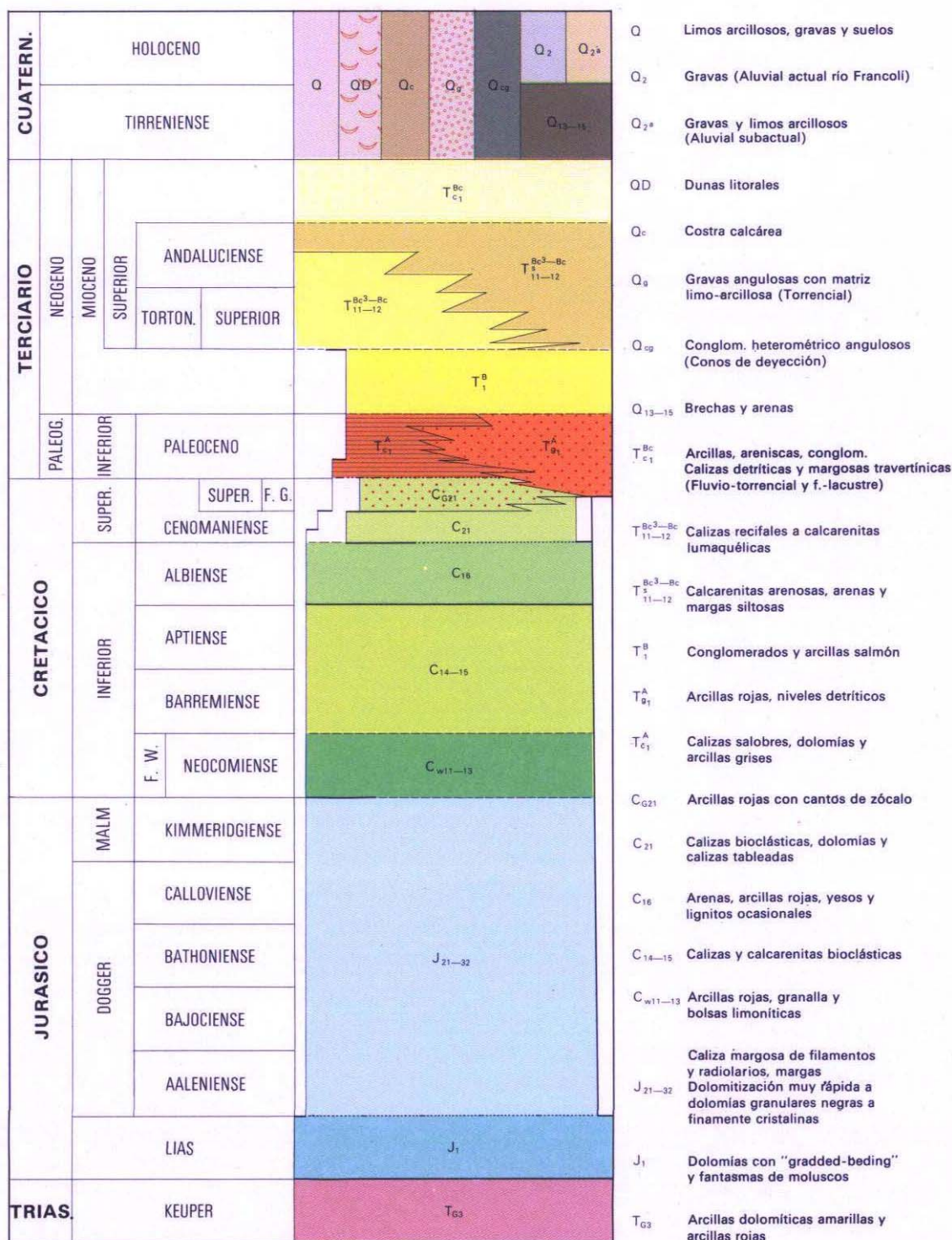


Figura 2: Leyenda geológica de la hoja 473 del MAGNA.

3. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA. SÍSMICA DE REFLEXIÓN.

3.1. Consideraciones previas de la sísmica de reflexión.

Básicamente, el método sísmico de reflexión consiste en generar un tren de ondas sísmicas, mediante una fuente de energía apropiada (martillo, “pistola”, caída de peso, dinamita, etc.) y medir el tiempo de trayecto de dichas ondas, una vez reflejadas en las distintas capas o interfaces con suficiente contraste de impedancia acústica (velocidad*densidad), entre la fuente de energía y una serie de sensores (geófonos), dispuestos en línea recta a partir de ella (perfil).

Del conocimiento preciso del tiempo empleado y de la velocidad, se pueden reconstruir las trayectorias de éstas ondas primarias, y delinear la disposición estructural de los distintos horizontes sísmicos a lo largo del perfil.

La generación/transmisión de ondas sísmicas lleva asociada otros tipos de ondas no deseadas, originadas por las condiciones de superficie, ruido aleatorio ambiental, reflexiones múltiples, etc., que se registran al mismo tiempo que las ondas primarias, pero que las técnicas de hoy en día permiten atenuar considerablemente mediante un registro multicanal.

Esta técnica utiliza diversas posiciones de la fuente de energía, varios detectores por traza y sistema de registro multicanal que permite la adición de trazas sísmicas diferentes con una subsuperficie de reflexión común. Con ésta técnica de registro de campo, denominada Punto Común de Subsuperficie o C.D.P. (Common Depth Point), se consigue un cierto grado de cobertura (suma de señales primarias), con la ventaja de que en cada punto de subsuperficie común intervienen una gran variedad de distancias fuente de energía-geófono. Con ello se logra, al realizar el “stack” o suma de trazas, mediante un procesamiento adecuado, una atenuación efectiva del ruido aleatorio y de las reflexiones no primarias, una notable mejoría de la relación señal/ruido y, por consiguiente, una interpretación más fiable.

El dispositivo empleado ha permitido registrar el perfil realizado en cobertura 2400%, el diagrama de explotación empleado puede observarse en la Figura 3. La cobertura múltiple nos permite atenuar ruidos aleatorios y reflexiones múltiples, esto permite obtener unos resultados finales cuya mejora es proporcional a $n^{1/2}$, siendo n el número de muestras/datos captadas a través del sistema de registro, y por tanto la mejora en nuestro caso será de $20 \cdot \log_2(24^{1/2}) = 13.8$ db. Las teorías de suma vertical u horizontal son aplicaciones de este mismo principio.

3.2. Parámetros y técnicas de registro.

Se efectuaron diversos ensayos de campo: test de ruido, filtros, ganancias, dos ensayos de tiro de velocidad, etc., con el fin de definir los parámetros y la técnica de registro más idónea en función de los objetivos trazados para el trabajo.

A la vista de las frecuencias aparentes, medidas sobre los registros obtenidos, las bandas de energía reflejadas que se detectaban, los tiempos a los que se obtenían y las velocidades de propagación medias estimadas, se optó por la utilización de los siguientes parámetros de registro:

- una intertraza en superficie de 5 m.
- un filtro de baja abierto.
- un filtro de alta de 250 Hz.
- un valor de AGC de 400.

- 6-7 golpes de martillo, como fuente de energía, por registro.

Hemos conseguido una intertraza en superficie de 2,5 m, utilizando un sistema de tiros alternativos (dos tiros en cada extremo del extendimiento a una cierta distancia) con un offset (distancia de la primera traza al punto de tiro) de 2,5 y 5 metros sobre el mismo dispositivo de registro de 115 metros de longitud, realizándose por tanto 4 registros por posición (extendimiento) con lo que se consigue una intertraza en subsuperficie de 1,25 m.

Con estos parámetros de registro, ya se observaban, en los registros obtenidos en campo, claros reflectores que se consideraban como horizontes de reflexión, ya que otras alineaciones que aparecían en

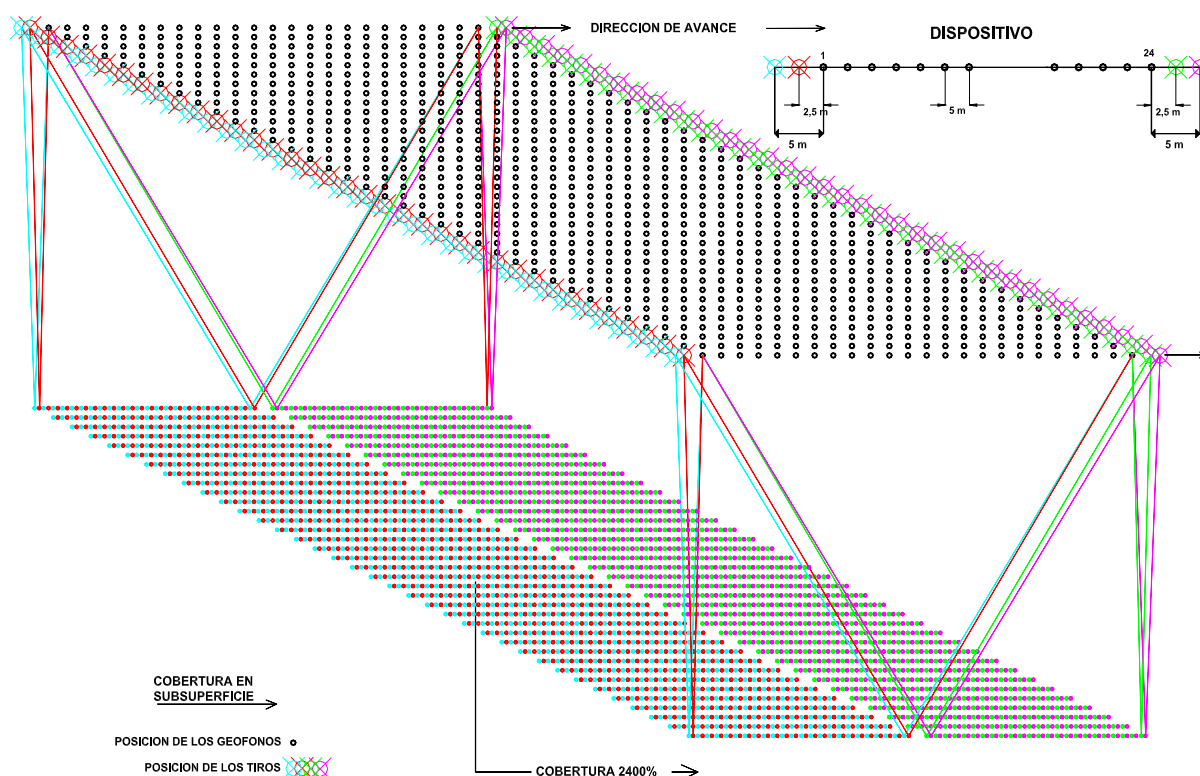


Figura 3: Diagrama de explotación.

los registros no eran tan claras y su naturaleza real habría que dejarla pendiente al procesado de la señal. Así pues, los parámetros utilizados fueron los siguientes:

Registro:

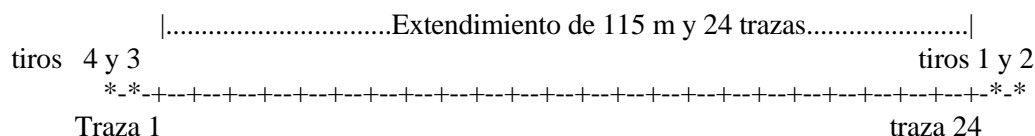
- Muestreo.....0,250 ms
- Delay.....0
- Filtro de baja.....abierto
- Filtro de alta.....250 Hz
- I.F.P.....Instantaneous Floating Point
- Tiempo de registro.....1 segundo

Dispositivo:

- Número de trazas.....24
- Distancia entre trazas.....5 m
- Offset.....2,5 y 5 m

- Cobertura.....2400 % (24)
- Geófonos/traza.....2 de varias frecuencias.

Esquemáticamente el dispositivo utilizado queda así:



- + Situación de las trazas.
- * Situación de los puntos de tiro.

Desplazándose este dispositivo, trazas y puntos de tiro, cada 5 m sobre el terreno. Al realizar los tiros con la cadencia mostrada la intertraza resultante en superficie es de 2,5 m y la combinación de subsuperficies parciales que proporcionan dos tiros en avance y dos en retroceso da una subsuperficie total con intertraza de 1,25 m, con lo que el grado de detalle aumenta al doble. El diagrama de explotación de este dispositivo de medida viene representado en la Figura 4.

3.3. Procesado e Interpretación

Una vez registrado el perfil se procesó con el paquete de software FOCUS de Paradigm Geophysical, utilizando las mismas técnicas de procesado que se emplean en la exploración de hidrocarburos. El procesado ha consistido en los siguientes pasos:

- a) **Edición** (control de calidad de cada registro de campo).
- b) **Preprocesado**: En este paso se realiza la explotación de la refracción superficial empleando extendimientos de distintas posiciones de registro, solapadas entre ellas para definir con mayor precisión las capas superficiales y poder realizar unas correcciones estáticas de alta resolución.
- c) **Recuperación de amplitudes** (recuperación de los verdaderos valores de la amplitud).
- d) **Colección de trazas** (clasificación de las trazas por punto espejo).
- e) **Análisis de frecuencias** (análisis de los datos en F y K).
- f) **Deconvolución**, para eliminar la reverberación mediante un operador de blanqueo.
- g) **Análisis de velocidad**, se han realizado 13 análisis de velocidad sobre cada perfil (1 cada 60 m mínimo).
- h) **Correcciones dinámicas (NMO) y mute**: Aplicación de las correcciones dinámicas calculadas con los análisis de velocidad, aplicación de los “mute” para la eliminación de las llegadas refractadas y de superficie.
- i) **Correcciones estáticas**, se aplican las correcciones estáticas obtenidas de la explotación de la refracción.
- j) **Suma de las trazas** agrupadas en posición espejo.
- k) **Empleo de un filtro F-K** para mejorar la coherencia.
- l) **Aplicación de un filtro variable en el tiempo** para mejorar la relación señal/ruido.
- m) **Balanceo** para determinar el máximo de la amplitud y evitar las saturaciones en cada una de las trazas.
- n) **Obtención de la sección stack** correspondiente.
- o) **Aplicación de una migración en FX a la sección stack**.
- p) **Utilización de un filtro variable en el tiempo** para mejorar la relación señal/ruido.
- q) **Un segundo balanceo** se aplica para igualizar la energía de las trazas a lo largo del tiempo.
- r) **Ploteado de la sección migrada**.

4. RESULTADOS

En la figura 4 se muestra la sección migrada del perfil realizado, donde puede observarse el resultado final del procesado comentado.

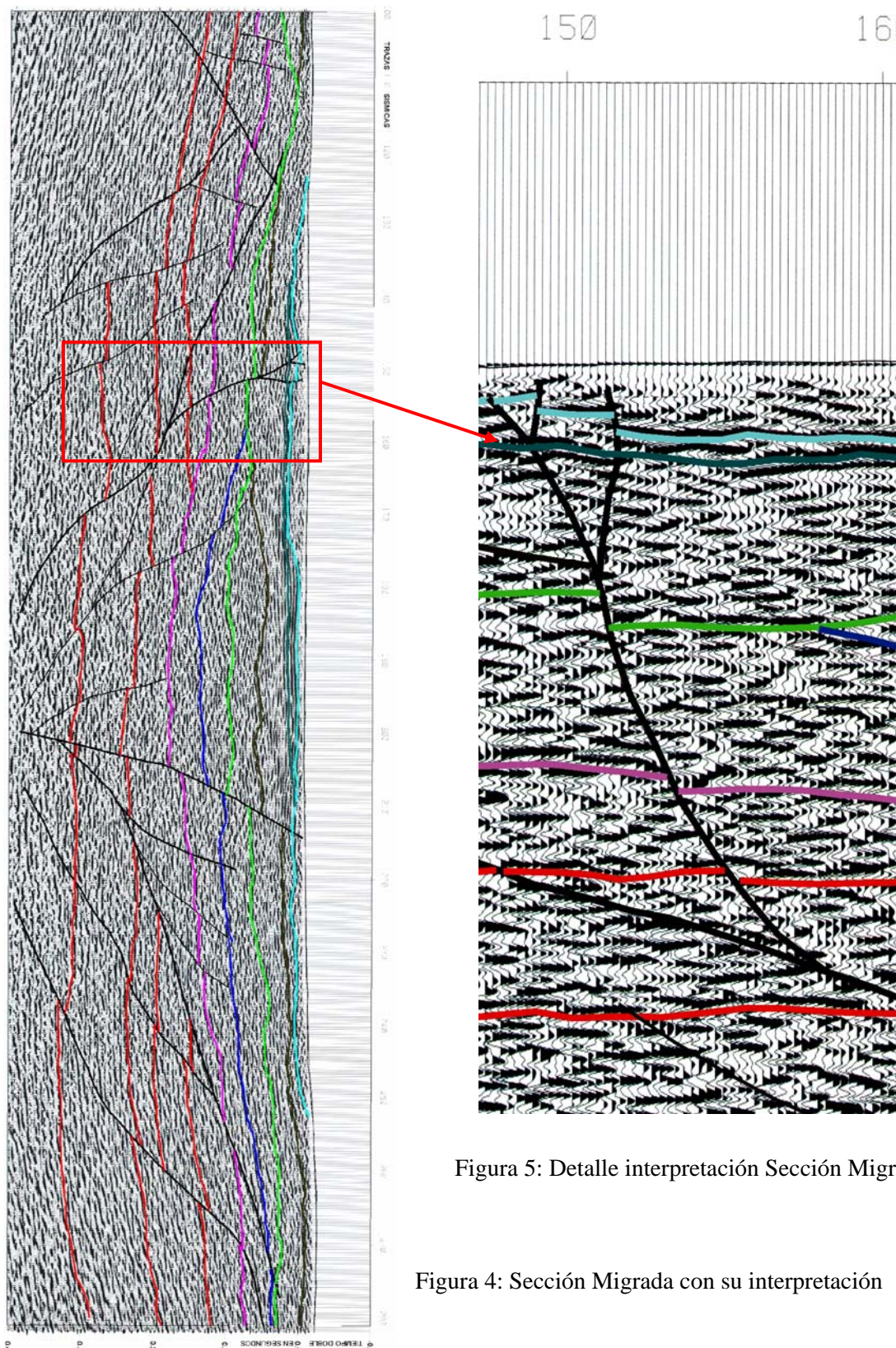
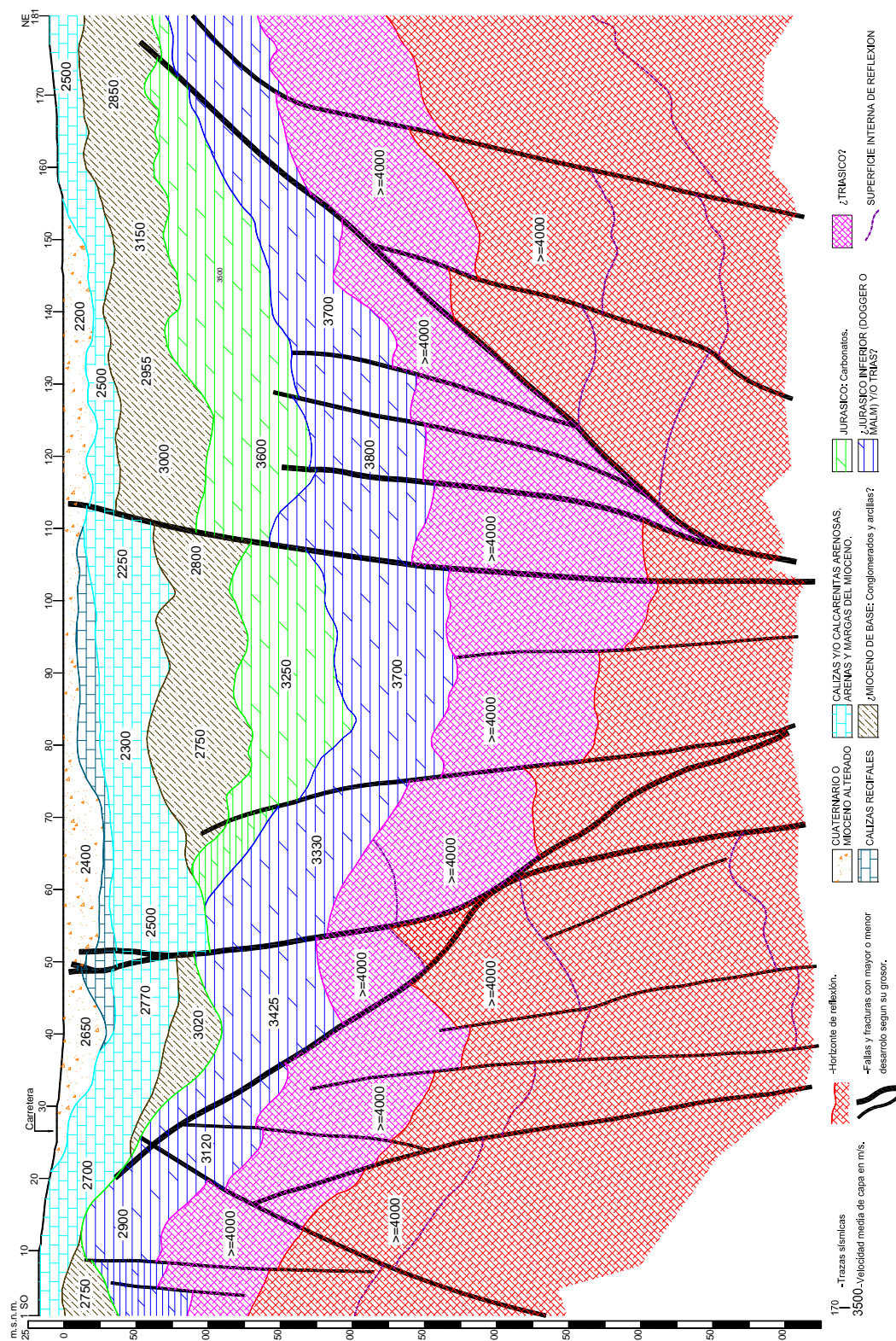


Figura 5: Detalle interpretación Sección Migrada

Figura 4: Sección Migrada con su interpretación

Para la transformación de la sección migrada a profundidades se han utilizado dos **leyes de velocidad** obtenidas del conjunto de leyes parciales que se van obteniendo en el procesado de la sección sísmica. En la Figura 6 adjunta se muestra el Corte Geosísmico obtenido.



La atrición litológica realizada se ha hecho conjuntamente con los técnicos responsables del estudio Hidrogeológico general, teniendo en cuenta la cartografía aportada por el MAGNA, la realizada expresamente para este proyecto y los datos de un sondeo próximo a la zona estudiada.

Como puede observarse se obtiene una buena definición de la estructura litológica existente, que permite sacar las conclusiones hidrogeológicas pertinentes para el proyecto final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

G. Henry. 1997. La Sismique réflexion, Principes et développements. Editions Technip.

Hidrología Subterránea de Emilio Custodio. Ediciones Omega..

F. Merchán – M. Higuera. 2001. Sísmica de Reflexión de Alta Resolución aplicada a la ingeniería de túneles. Ingeo Túneles, Serie: Ingeniería de túneles, Libro 4, Capítulo I:

F. Merchán, M. Higuera, J.A. Canas y L.G. Pujades 2001:“Aplicación de la sísmica de reflexión a la prospección de acuíferos de baja permeabilidad”,. Congreso: Las caras del agua subterránea. Barcelona 2001.

IGME Mapa Geológico de España 1:50.000 nº 472 Tarragona.