

## ESTUDIO DE UN CABALGAMIENTO MEDIANTE SÍSMICA DE REFLEXIÓN.

### STUDY OF AN OVERTHRUST WITH SEISMIC REFLECTION.

**Autores:** F. Merchán Álvarez<sup>(1)</sup>, M. Higuera Gil<sup>(1)</sup>, J. Abeger<sup>(1)</sup>, J.A. Canas<sup>(2)</sup>, Ll. Pujades<sup>(3)</sup>

Procedencia: (1) ORELLANA CONSULTORES S.A., (2) INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL, (3) U.P.C., E.T.S.I.C.C.P.

**SUMMARY:** *This paper show the results of a reflection section recorded in the front of the gravitational “manto Alpujarride” over the “manto Nevado-filábride”. The seismic horizons help to control the reverse faults between the sliding units.*

---

### INTRODUCCIÓN.

Un problema que se plantea frecuentemente en geología es como estudiar la continuación, en profundidad, de cabalgamientos cartografiados en superficie con un determinado buzamiento. Este es un problema geológico-estructural que puede estar relacionado con riesgos geológicos (deslizamientos de grandes masas de terreno), estabilidad de laderas, afectar a construcciones civiles, más o menos profundas, o simplemente cartografiar y definir la geometría de un accidente geológico en profundidad.

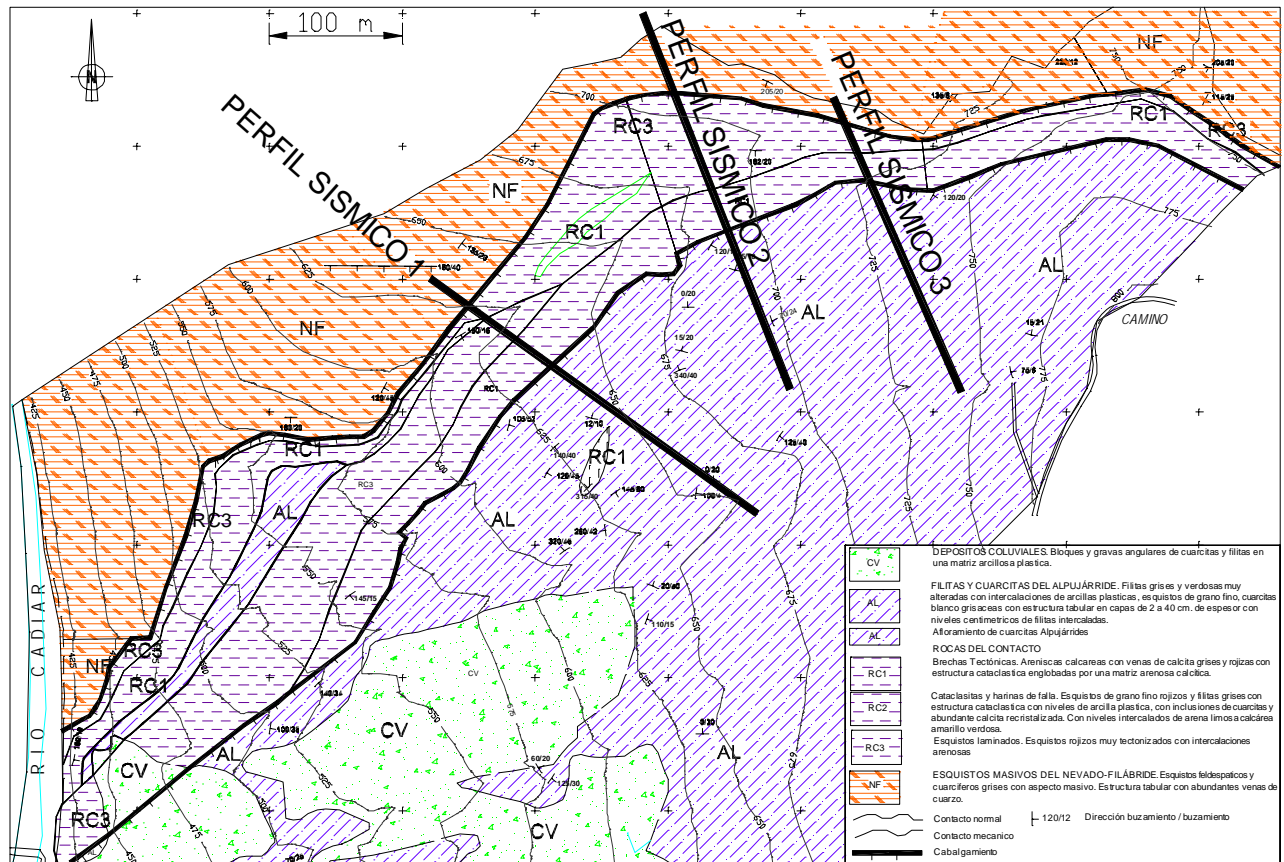
En nuestro caso, vamos a presentar el estudio de un cabalgamiento entre filitas y cuarcitas del Manto del Alpujarride sobre esquistos masivos del Manto del Nevado-Filábride (Provincia de Granada, cerca de Orgiva). Este cabalgamiento se cartografía en superficie con un buzamiento de unos 40° pero se quiere conocer su evolución en profundidad ya que puede afectar a la traza de un túnel hidráulico que se va a construir entre un azud del río Trevelez y una central eléctrica en el río Cadiar.

Como se puede apreciar en la planta geológica representada en la figura 1, el cabalgamiento presenta una geometría irregular, apareciendo entre ambos mantos una banda de rocas de contacto de espesor variable, entre 35 y 175 m, formadas por brechas tectónicas, areniscas calcáreas, cataclasitas, harinas de falla, etc.

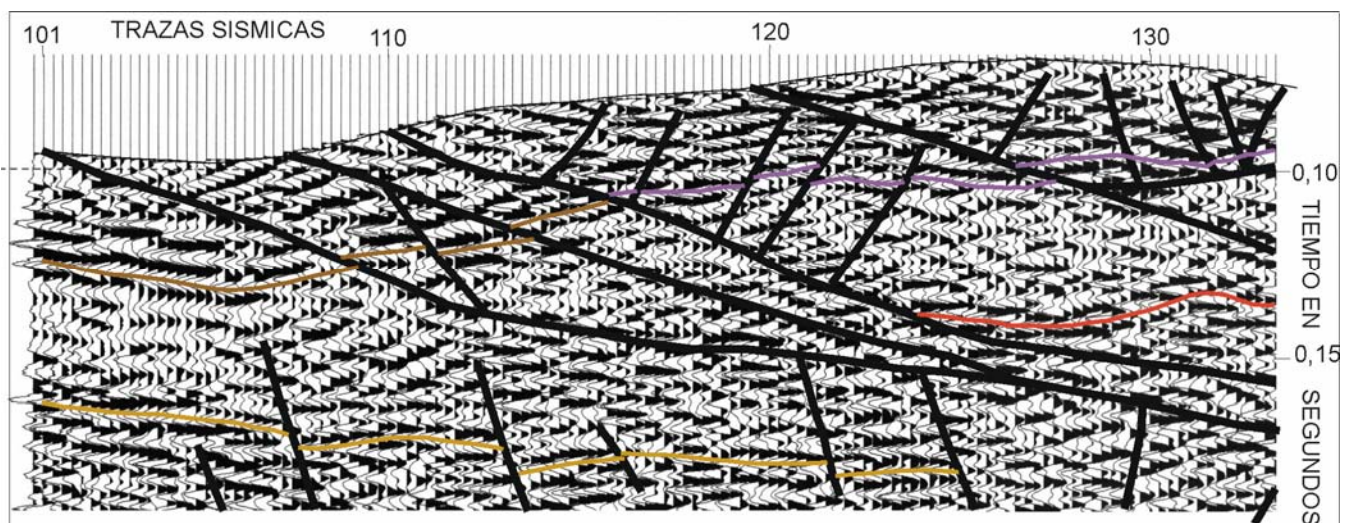
### METODOLOGIA DE INVESTIGACION.

Para realizar el estudio se proyectaron 3 perfiles de Sísmica de Reflexión de alta resolución, transversales al cabalgamiento, empleando como fuente de energía un martillo de 8 Kg. Solamente presentaremos los resultados obtenidos con un solo perfil por problemas de espacio. Este método geofísico, como es bien sabido, permite investigaciones de este tipo hasta profundidades de unos 500 m.

Los perfiles se registraron con los siguientes parámetros: cobertura 24, una intertraza en superficie de 5 m, una longitud de registro de 0,5 s, un muestreo de 0.250 ms, un offset de 2,5 y 5 m con tiros en avance y retroceso, geófonos de alta frecuencia, etc. Este tipo de dispositivo origina una subsuperficie de reflexión con una intertraza de 1.25 m.

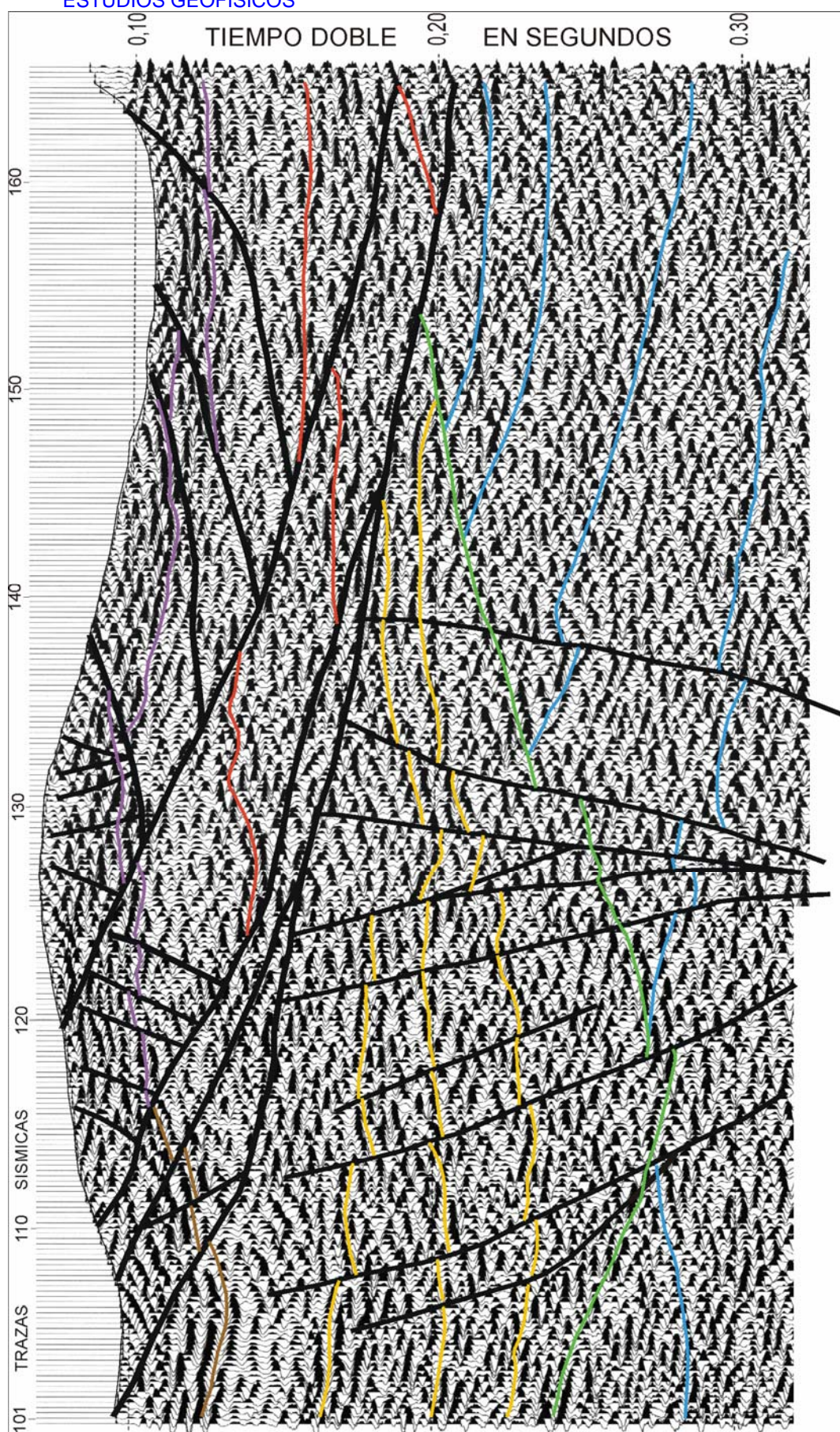


**Figura 1.** Entorno geológico y perfiles de reflexión realizados.



**Figura 2.** Sección Migrada del Perfil 1: detalle de la interpretación de los cabalgamientos





**Figura 3.** Sección Migrada del Perfil 1 con su interpretación.

Una vez registrados los perfiles se procesaron con el paquete de software FOCUS de Paradigm Geophysical, utilizando las mismas técnicas de procesamiento que se emplean en la exploración de hidrocarburos. El procesamiento ha consistido en los siguientes pasos:

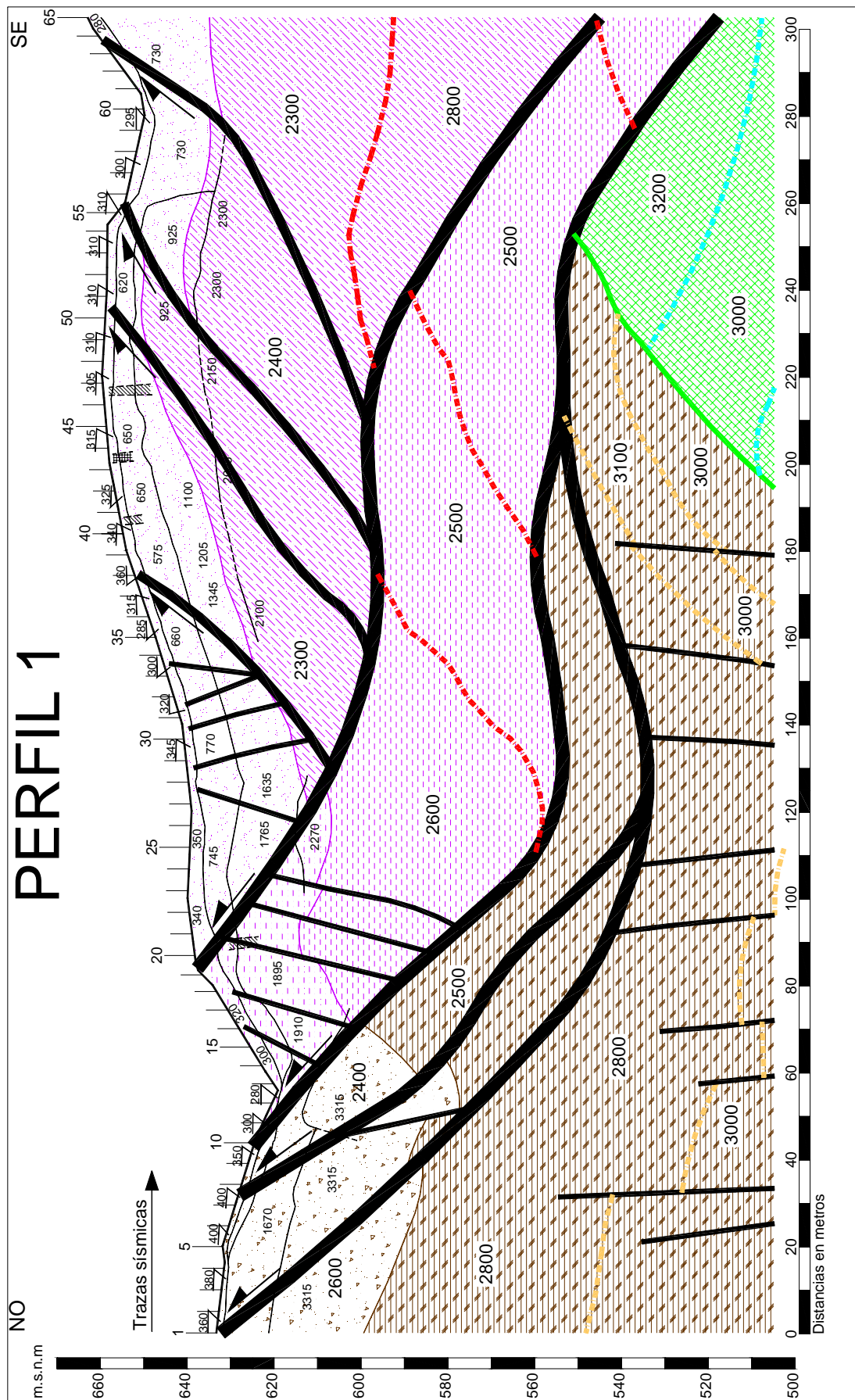
- a) Edición (control de calidad de cada registro de campo).
- b) Preprocesado: En este paso se realiza la explotación de la refracción superficial empleando extendimientos de distintas posiciones de registro, solapadas entre ellas para definir con mayor precisión las capas superficiales y poder realizar 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 realizan varios análisis de velocidad sobre cada perfil (1 cada 60 m mínimo).
- h) Correcciones dinámicas (NMO) y mute, se aplican las correcciones dinámicas calculadas de los análisis de velocidad y se aplican los “mute” para eliminar 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 las secciones migradas.

## RESULTADOS.

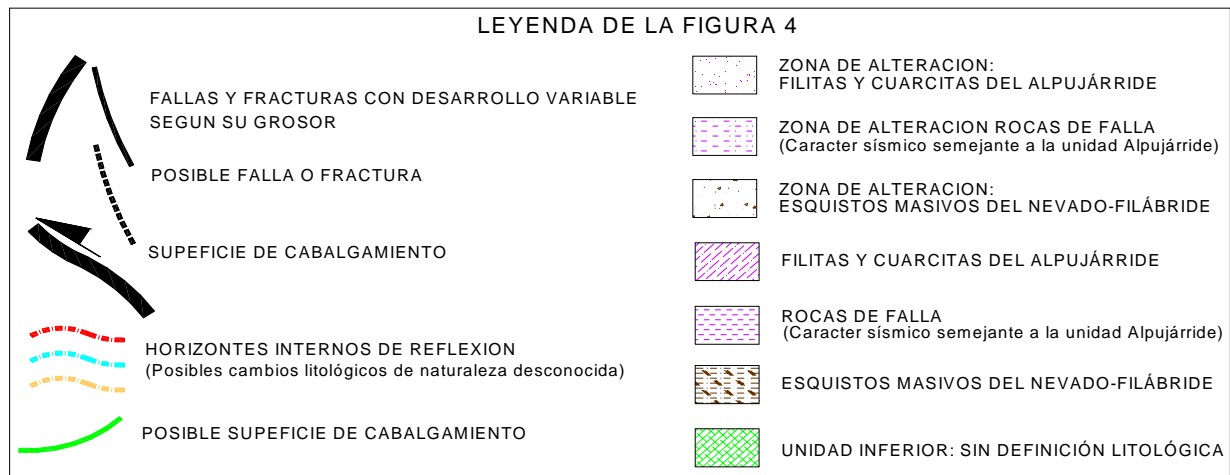
En la figura 3 se muestra la sección migrada del perfil 1, donde puede observarse el resultado final del procesamiento comentado.

La interpretación se ha realizado sobre los siguientes aspectos:





**Figura 4.** Corte Geológico – Geofísico obtenido con el Perfil 1.



A) Definición de los horizontes sísmicos de reflexión principales en base a la similitud de su carácter sísmico (intensidad de reflexión, frecuencia, continuidad espacial, etc.).

B) Definición de las distintas “facies sísmicas” en los diferentes paquetes (transparencia, nivel de “ruido”, estilo de las reflexiones, etc.).

C) Trazado de las fallas que afectan al conjunto a partir de los saltos de continuidad en las reflexiones. En este caso, que existen fallas subhorizontales estas últimas pueden aparecer como reflexiones.

D) En este caso particular en el que se encuentran superpuestas unidades de los Mantos del Mulhacén y Alpujárride, la interpretación se ha basado, principalmente, en buscar las reflexiones que pudieran representar contactos mecánicos entre ellos. Estas reflexiones, que separarían unidades, han sido interpretadas en las secciones migradas como fallas.

En la figura 2 se muestra en detalle el cabalgamiento y como aflora éste en superficie, observándose el distinto carácter sísmico que presenta cada una de las formaciones afectadas.

En base a estos criterios se ha obtenido la siguiente interpretación:

La zona superficial, donde se aprecian las frecuencias más altas, debe corresponder a la zona de alteración que llega a alcanzar hasta 25 m. A través de las reflexiones que caracterizan ésta zona se ven cruzar las reflexiones que hemos asociado a las fallas inversas y que conectan con el trazado en superficie de la interpretación geológica de la falla.

Hay que hacer notar que las reflexiones internas dentro de estas unidades están interrumpidas por las reflexiones que hemos asociado a las fallas inversas o de cabalgamiento.

De acuerdo con esta interpretación la base del cabalgamiento no está constituida por una única falla, sino que está formada por tres fallas que afectarían a la Unidad Nevado-Filábride. Por otro lado la base de la Unidad Alpujárride estaría afectada por dos importantes cabalgamientos. Es precisamente entre estos dos accidentes donde está definida la franja de rocas de contacto cartografiada por geología.

Es interesante resaltar la existencia de un número importante de fallas retrocabalgantes que afectan únicamente a la unidad Alpujárride.

De esta forma se ha podido diferenciar entre los materiales del Manto Nevado-Filábride, de los que componen el Alpujárride y éstos de los que constituyen las rocas de contacto, no solo por sus distintas velocidades, sino por el diferente carácter sísmico de sus reflexiones y por la geometría que éstas han definido.

En el corte sísmico que se presenta en la figura 4, en la vertical de las trazas 53-54 (trazas nº 153-154 en la sección sísmica de la figura 2), a tiempo 196 ms tiempo doble, aparece un contacto que podría corresponder con un nuevo cabalgamiento. Si observamos la sección que aparece en la figura 2 podemos comprobar como el paquete de reflexiones subyacentes mueren de una forma discordante con el horizonte inmediato superior, base del Manto Nevado-Filábride, y posteriormente, en la vertical de la traza 12 (para el corte sísmico de la figura 4, en la figura 2 corresponde a la traza 112) se levantaría hacia el NO. Si observamos la geología representada en la Hoja del Magna correspondiente, se observa que a unos cientos de metros al NO de nuestros perfiles aflora el Manto del Veleta, de ahí nuestra suposición de que este posible cabalgamiento corresponda al techo del mencionado manto. Las reflexiones internas dentro de las unidades son difíciles de atribuir geológicamente, dada la elevada deformación de la roca causada por las distintas orogenias a las que han sido sometidas.

## CONCLUSIONES.

De la exposición realizada podemos concluir que la técnica geofísica empleada, denominada **Sísmica de reflexión de alta resolución** (no destructiva al no emplearse explosivos) permite una definición muy notable, en profundidad, de la geometría de este tipo de accidentes, hasta profundidades del orden de los 500 m. En el caso que nos ha ocupado se puede comprobar que la definición es muy alta a pesar de que el tipo de formaciones involucradas no permitían, a priori, esperar unos resultados medianamente aceptables. Resulta sorprendente la aparición de reflexiones internas dentro de unidades con un elevado plegamiento/metamorfismo.

## BIBLIOGRAFIA.

- Les Vitesses en Sismique Reflexión, J.P. Cordier, Ed. Lavoisier, París, 1982.
- Exploration Seismology, Robert E. Sheriff and Lloyd P. Geldart, Ed. Cambridge University Press (NY-USA), 1995.
- Géophysique de gisement et de génie civil, Arens et Gaudiani, Editions Technip, Paris, 1998.
- Deconvolution of geophysical time series in the exploration for oil and natural gas, Manuel Silva and Enders Robinson, Editorial Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1979.
- The complex seismic trace made simple. Arthur E. Barnes, 1998, The Leading Edge, Vol 17, nº 4.



Reflection Seismology a tool for energy resource exploration. Kenneth H. Waters. A Wiley-Interscience Publication. 1981.

Interval velocities from Seismic Reflection time measurements. Peter Hubral & Theodor Krey. Edited by Kenneth L. Larner (Western Geophysical Company). Society of Exploration Geophysicists 1980.

Hoja nº 1.042 del Magna, a escala 1:50.000, del Instituto Geológico y Minero de España. 1978.