



Universidad de
Oviedo



Hydro-Geophysics
and NDT Modelling Unit

**UNIDAD DE MODELIZACIÓN HIDRO-GEOFÍSICA Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

Exploración Geofísica en la fosa de Parasimón (Concejo de Lena, Asturias)

Autores:

José Paulino Fernández Álvarez

Andrés González Quirós

Laura García Expósito

Coordinador: José Paulino Fernández Álvarez

07/07/2014

ÍNDICE

1	Objetivo	3
2	Situación y localización del emplazamiento	3
3	Métodos de adquisición de datos	4
4	Descripción de los perfiles de georrádar (GPR)	9
5	Descripción de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)	10
6	Resultados de GPR y ERT	12
7	Discusión y conclusiones	31
8	Planos	33
	ANEXO Equipos utilizados en la campaña geofísica	36

1 Objetivo

El objetivo del trabajo es la búsqueda mediante métodos geofísicos, en concreto tomografía eléctrica resistiva y georrádar, de indicios que contribuyan a localizar la fosa común de Parasimón, en las inmediaciones del puerto de Pajares.

Se realiza a petición de la familia Cienfuegos cuyo abuelo, Luis Cienfuegos Suárez, fue fusilado y enterrado posteriormente en dicha fosa.

Según archivos históricos, testigos presenciales de la ejecución y excavaciones arqueológicas, el paraje de Parasimón es el enclave donde sus restos fueron enterrados junto con los de otras 9 personas.

Los resultados obtenidos de una excavación arqueológica del año 2013¹, facilitados por la familia, encuentran evidencias positivas de que el fusilamiento se llevó efectivamente a cabo en la zona denominada como zona A en este trabajo. Por tanto, estos documentos junto con las indicaciones de Javier Cienfuegos, que nos acompaña en el trabajo de campo, orientan la prospección geofísica hacia un prado (zona A). Posteriormente, extendemos por nuestra cuenta la exploración a otra zona situada en un prado a cota inferior (zona B) al que alude algún testimonio al que, en principio, no se concede completa fiabilidad a la luz del resultado arqueológico.

La campaña y procesado de datos se lleva a cabo a lo largo del mes de junio de 2014.

2 Situación y localización del emplazamiento

El área de estudio se emplaza en el paraje de Parasimón, en las praderías situadas encima de la cabaña de Parasimón próximas al Puerto Pajares (Concejo de Lena, Asturias). El acceso al lugar se realiza a través de la carretera nacional N-630, saliendo en el PK-84 hacia El Ruchu.

Los trabajos se han dividido en dos zonas (A y B) (Fig.1) en las cuales los perfiles se han referenciado de acuerdo a elementos existentes que se consideran suficientemente permanentes en el tiempo y que permitirán resituarlos. La superficie analizada total ronda los 500 m² según el SIGPAC².

La localización de los trabajos de prospección coincide parcialmente (zona A) con la zona de excavación arqueológica del año 2013.

¹ Torres-Martínez y Martínez-Velasco, 2013.

² Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.



Fig. 1. Localización de las áreas de estudio zonas A y B.

3 Métodos de adquisición de datos

Para la búsqueda de la fosa común se han utilizado dos técnicas de prospección geofísica: el georrádar o GPR³ y la tomografía eléctrica o ERT⁴.



Fig.2. Medición mediante Georrádar de uno de los perfiles en zona A, a lo largo de la máxima pendiente. Pueden verse, en la zona superior, las estacas clavadas en el terreno. El avance se produce a lo largo de un hilo, para mantener la orientación.

³ De sus iniciales en inglés *Ground Penetrating Radar*

⁴ De sus iniciales en inglés *Electric Resistivity Tomography*

El georrádar analiza las reflexiones de las ondas electromagnéticas, emitidas por una antena con una frecuencia central conocida (en este caso 500 MHz), que se producen cuando hay variaciones en las características electromagnéticas de los materiales.

La tomografía eléctrica consiste en aplicar una corriente eléctrica al terreno mediante unos electrodos, equidistantes entre sí, para medir la resistividad eléctrica aparente del medio. A partir de este dato, se realiza un proceso matemático denominado inversión, cuya finalidad consiste en situar las estimaciones de las resistividades verdaderas del terreno en su posición correcta en un corte vertical del mismo.



Fig.3. Perfiles en la zona B (prado inferior). Obsérvense algunos de los electrodos clavados y el cable y la unidad de procesado resistivo en amarillo.

En la zona A, el georrádar midió una malla de nueve perfiles a lo largo de la línea de máxima pendiente –denominados longitudinales aquí– y cuatro perfiles transversales, a lo largo de las horizontales de plano. Dos de los perfiles centrales, a lo largo de la máxima pendiente, fueron medidos también con el método de tomografía eléctrica para poder cotejar los resultados de los dos métodos.

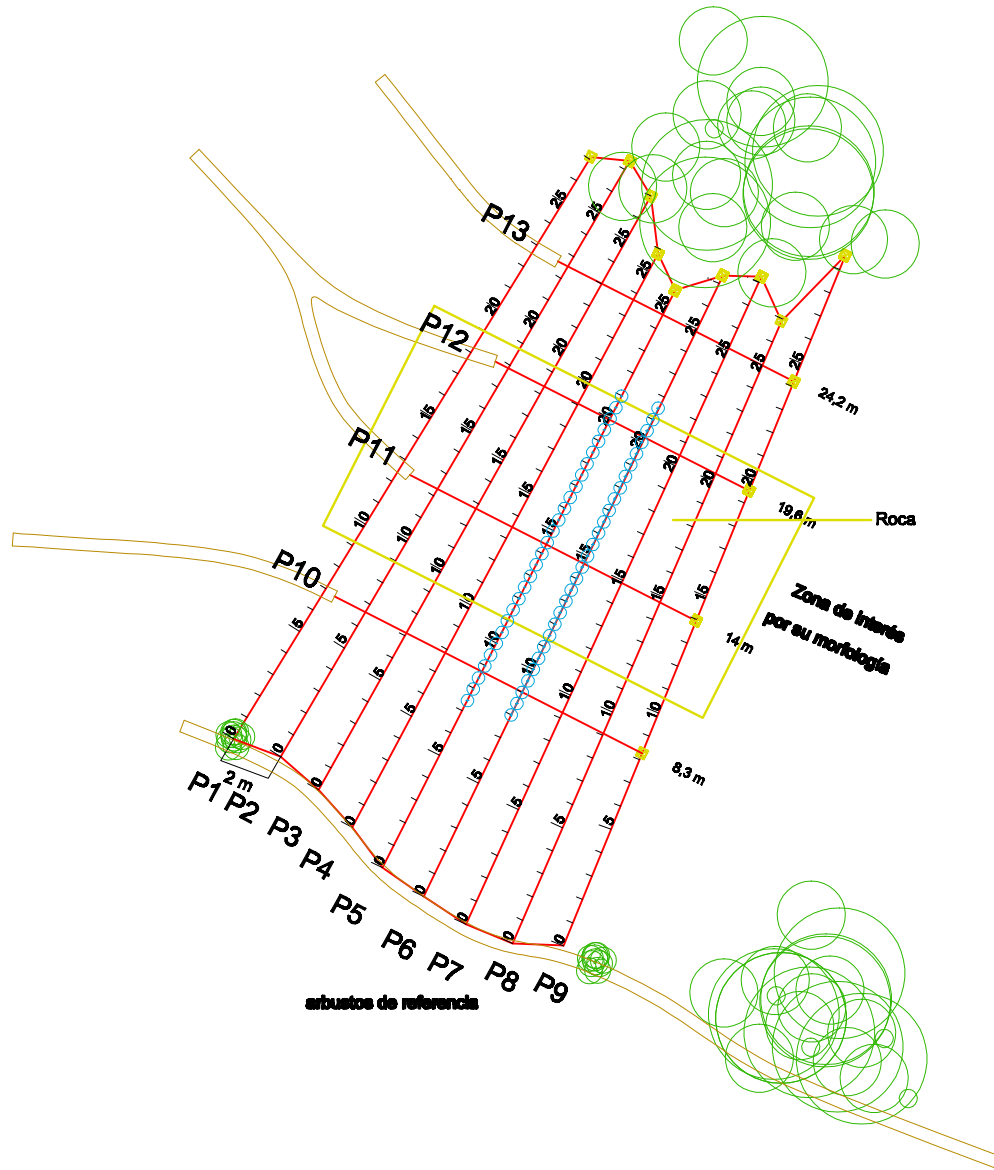
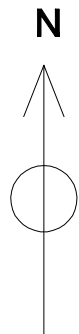
En la zona B se han realizado tres perfiles, coincidentes en los dos métodos, siguiendo curvas de nivel.

La figura 4 y los planos incluidos muestran la situación de los perfiles.

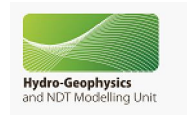


Fig. 4. Situación global de los perfiles en los prados de Parasimón.

PLANO ZONA A



- Estaca de referencia
- Huecos prof. < 20 cm
- Vegetación
- Tomografía eléctrica
- GPR

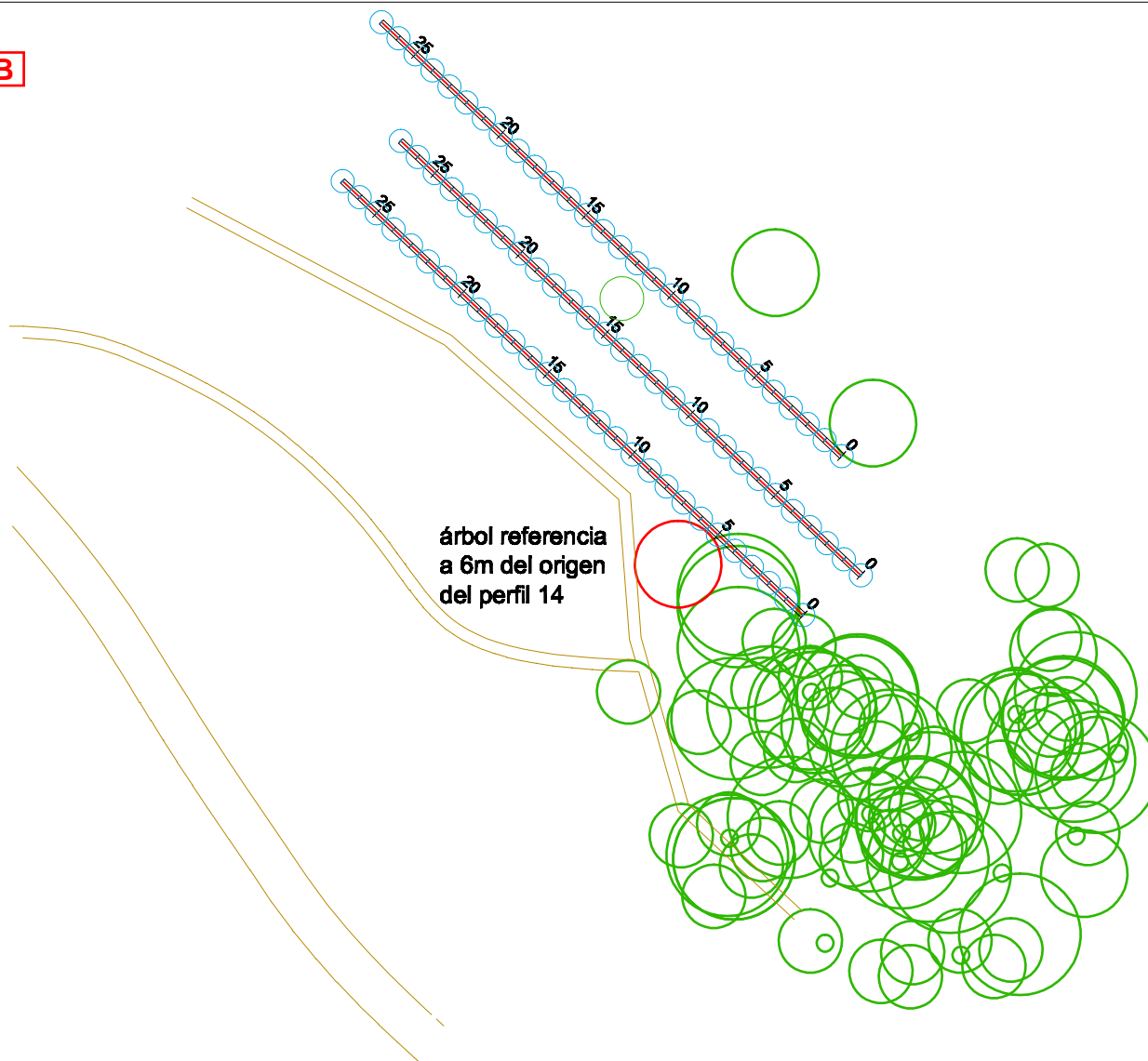
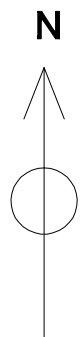






Unidad de Modelización Hidrogeofísica
y Ensayos no Destructivos de la
Universidad de Oviedo

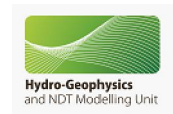
Plano de situación de la zona A
escala 1:300

Autor: Laura García Expósito
Coordinador: José Paulino Fernández Álvarez

PLANO ZONA B



-  Huecos prof. <math>< 20\text{ cm}</math>
-  Vegetación
-  Tomografía eléctrica
-  GPR



Unidad de Modelización Hidrogeofísica
y Ensayos no Destructivos de la
Universidad de Oviedo

Plano de situación de la zona B
escala 1:300

Autor: Laura García Expósito
Coordinador: José Paulino Fernández Álvarez

4 Descripción de los perfiles de georrádar (GPR)

En la **zona A** (prado superior) se ha empleado un mallado compuesto de nueve perfiles longitudinales numerados del 1 al 9 y cuatro perfiles transversales numerados del 10 al 13.

Como referencia para su situación se ha tomado, por la parte inferior, la porción del propio camino de acceso a la zona limitada por dos arbustos (escobas) claramente reconocibles. Entre ellos se ha colocado cinta métrica y establecido marcas de separación cada 2 metros.

Por la parte superior se ha tomado una línea imaginaria limitada en sus extremos por vegetación y marcado con estacas de madera. Se ha clavado una estaca cada 1.4 metros.

La unión con hilo de las estacas superiores con sus correspondientes marcas en la base da lugar a nueve perfiles, denominados longitudinales, que siguen aproximadamente la línea de máxima pendiente aun convergiendo ligeramente en su parte superior.

Asimismo se han llevado a cabo también cuatro perfiles perpendiculares a los perfiles longitudinales, numerados del 10 al 13 y que son denominados perfiles transversales. Poseen una orientación aproximada E-O y tienen como punto de partida cuatro senderos en su intersección con la zona de interés. Siguen las curvas de nivel del terreno y finalizan en el último de los perfiles longitudinales (perfil 9).

Estos perfiles transversales no son equidistantes entre sí como ocurre con los longitudinales, sino que están situados a 8, 14, 19.6 y 24.2 m. del camino de referencia (la base inferior).

La realización de estos perfiles transversales es considerablemente más difícil, en la práctica, que la de los perfiles longitudinales pues constantemente hay que corregir la tendencia natural a desplazarse, hacia abajo, de la antena empleada. Esta tendencia natural, junto con las rugosidades existentes en la superficie, impiden la realización de una malla más densa que resultaría inútil.

En la **zona B** se han realizado 3 perfiles paralelos, separados entre sí 3 m., siguiendo las curvas de nivel, tomando como referencia un sendero de muy fácil localización. En este caso todos los perfiles de georrádar se realizan coincidentes con el trazado de los de tomografía eléctrica (véase sección 5).

Las longitudes efectivas de los perfiles son de 25 m. (perfil 14), 22.5 m. (perfil 15) y 15 m. (perfil 16).

En las páginas 15 a 30 pueden observarse las imágenes resultantes de las campañas de medida. Se denominan *radargramas*. En el eje horizontal superior se especifica la posición a lo largo del perfil. En el eje vertical izquierdo viene indicada una medida temporal que refleja el tiempo empleado por la señal emitida en penetrar en el terreno y volver a la antena. Y, en el eje vertical derecho, se sitúa la profundidad *estimada* del terreno.

Se adjuntan los radargramas procesados después de la corrección por onda directa y algunos filtrados que facilitan la visualización.

Los resultados se derivan de la interpretación de patrones reconocibles en el bandeo del radargrama y serán discutidos conjuntamente con los resultados de la tomografía eléctrica.

5 Descripción de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)

En la zona A (prado superior) se han llevado a cabo dos perfiles de tomografía eléctrica resistiva denominados respectivamente perfil 5 y perfil 6. La numeración procede del hecho de que ambos están situados sobre los correspondientes perfiles de georrádar de igual numeración. Por tanto se remite la discusión de su situación a la descripción de la situación de los correspondientes perfiles de rádar.

El **perfil resistivo número 5** se extiende entre los metros 7.5 y 21. El **perfil resistivo número 6** lo hace entre los metros 8 y 21.5. Ambos son, pues, prácticamente coincidentes –aunque separados- y así aparecen en el plano de situación de la zona A.

Los dos perfiles se han llevado a cabo empleando 28 electrodos con una separación de 0.5 m. entre ellos. Esta separación garantiza una resolución suficiente a las profundidades investigadas.

En la zona B se han realizado medidas en 3 perfiles paralelos de 27 m. de longitud separados 3 m. entre sí. Se denominan perfil 14, 15 y 16. Los perfiles siguen aproximadamente la horizontal de plano. Para cada uno de ellos se emplearon 28 electrodos con una separación de 1 metro.

El perfil 14, el inferior en cota, nace en una piedra sita a unos 2 m de un arbusto que puede verse en la figura *imagen perfil 14* del plano correspondiente. El perfil 15, situado 3 metros más arriba medidos de forma

consistente por la línea de máxima pendiente se puede situar fácilmente pues nace a los pies de un pequeño montículo que impide continuar su desplazamiento hacia arriba y discurre a unos 20 cm. de distancia, por la parte inferior, del único arbusto que se encuentra (véase *imagen perfil 15*).

El perfil 16 discurre paralelo al perfil 15, 3 metros más arriba. Nace justo en el entrante de los arbustos situados por la parte de arriba del montículo y atraviesa por la mitad el pequeño arbusto que puede verse en la figura denominada *imagen perfil 16*.

Para discutir los resultados asociados a los perfiles de resistividad se adjuntan, para cada uno de los de la zona A, dos imágenes. La imagen superior es la gráfica denominada pseudosección o sección de resistividades aparentes. Representa los datos medidos, tras cierto procesado. Pero no es todavía una sección interpretable. Para los datos de la zona B, al ser la tipología de las secciones similar a las de la zona A e interpretarse conjuntamente con el georrádar, se incluyen solamente las imágenes invertidas que son las que tienen utilidad.

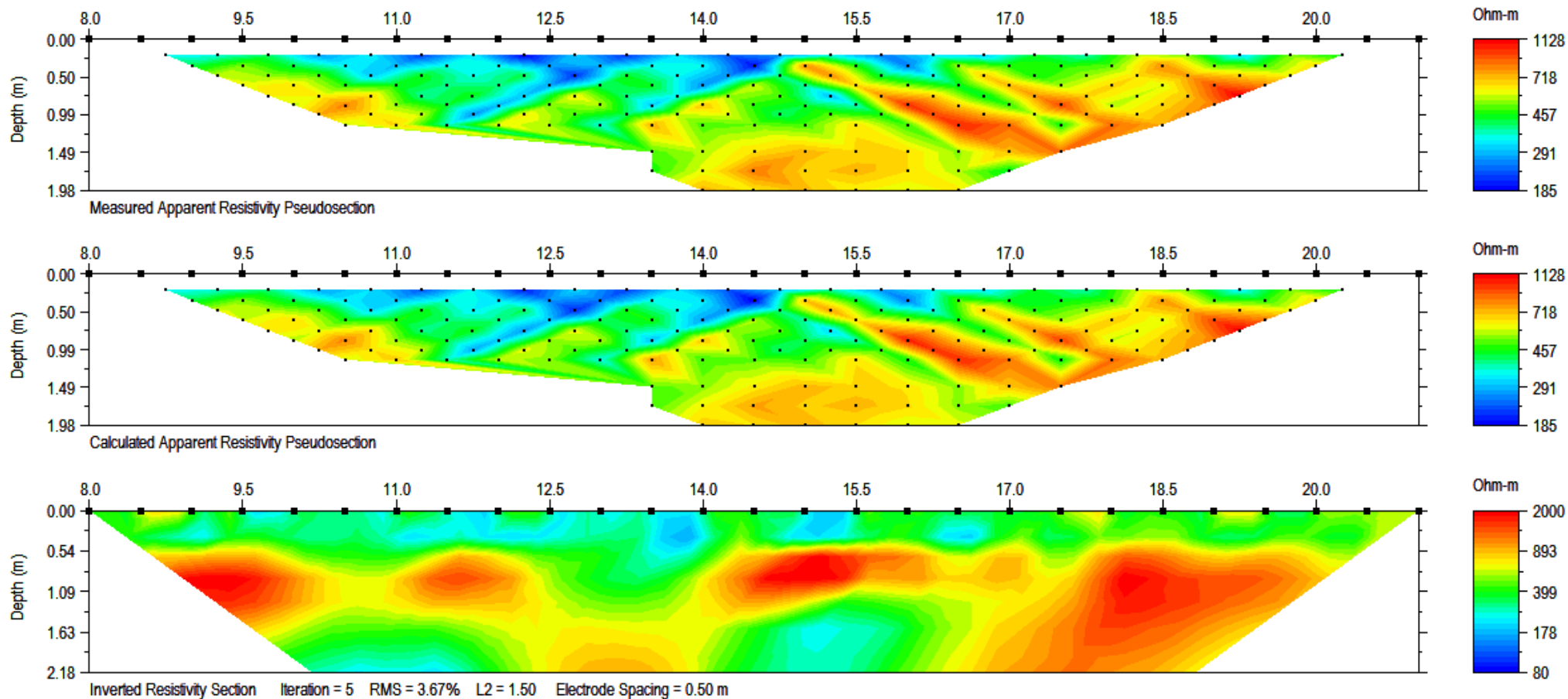
Es necesario realizar un proceso numérico adicional, denominado inversión, para transformar esta pseudosección en una sección de resistividades estimadas real situada bajo el perfil medido. Es la denominada **sección invertida** que se presenta en la parte inferior de las páginas correspondientes.

Dicha sección invertida sitúa las resistividades estimadas bajo cada punto del perfil y a cierta profundidad. Los colores rojos significan resistividades elevadas y los colores azules, resistividades *relativamente* bajas.

Las campañas de resistividad han aportado información complementaria consistente con el georrádar.

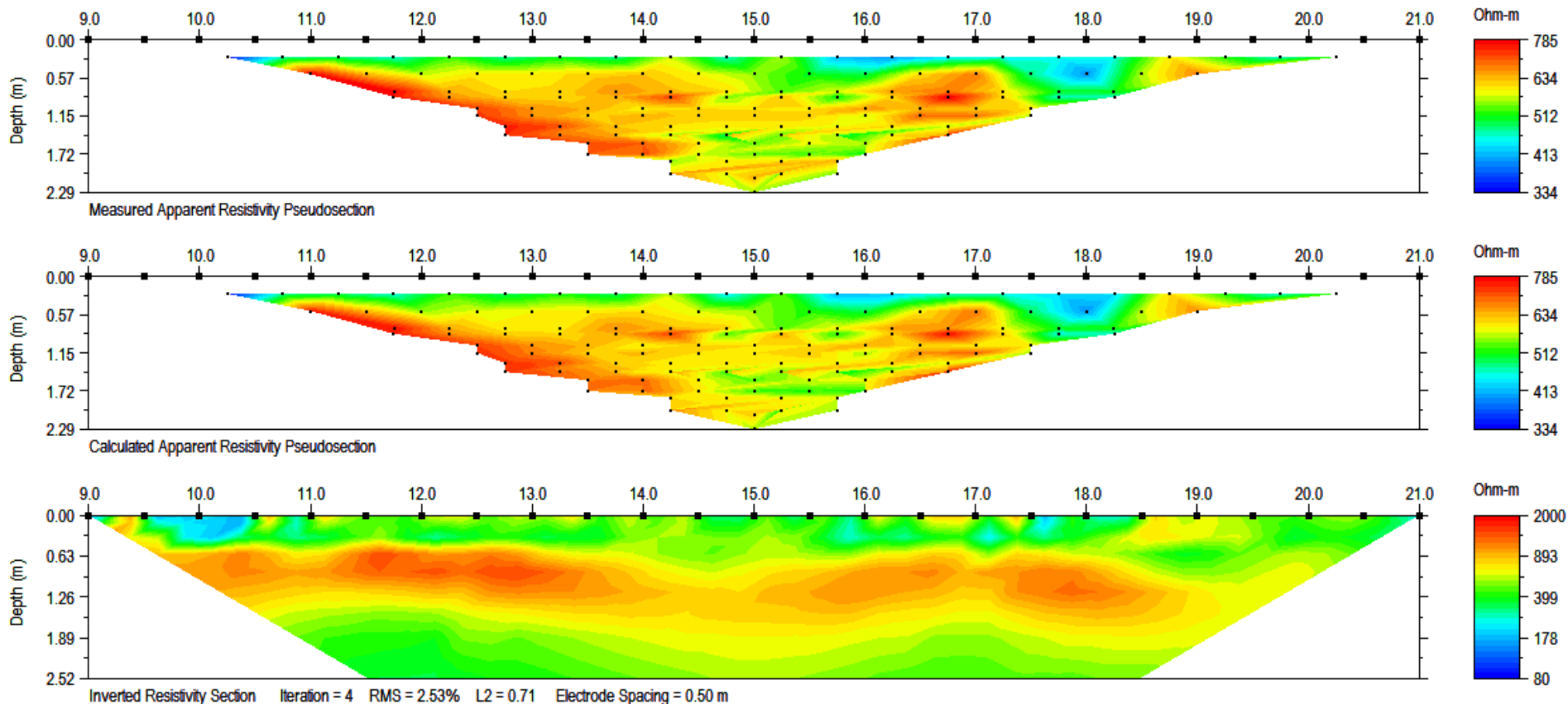
6 Resultados de GPR y ERT

PERFIL DE RESISTIVIDAD NÚMERO 5



Véase, arriba la pseudosección de resistividades aparentes. Abajo, la sección invertida. Ésta última es la interpretable.

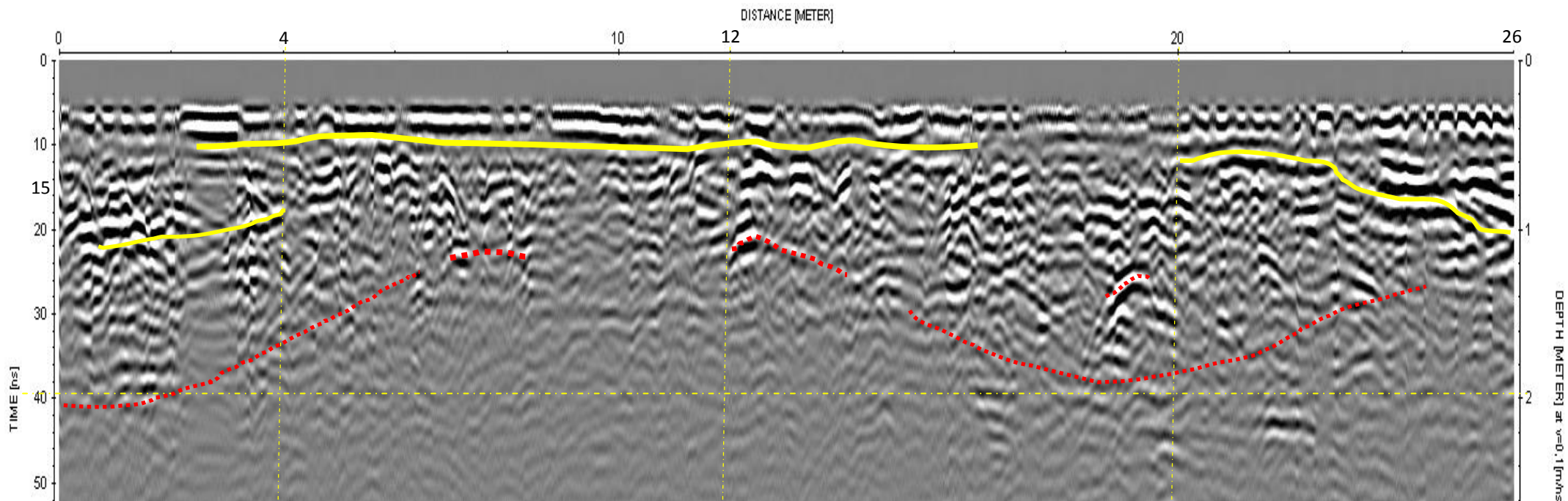
PERFIL DE RESISTIVIDAD NÚMERO 6



Véase, arriba la pseudosección de resistividades aparentes. Abajo, la sección invertida. Ésta última es la interpretable.

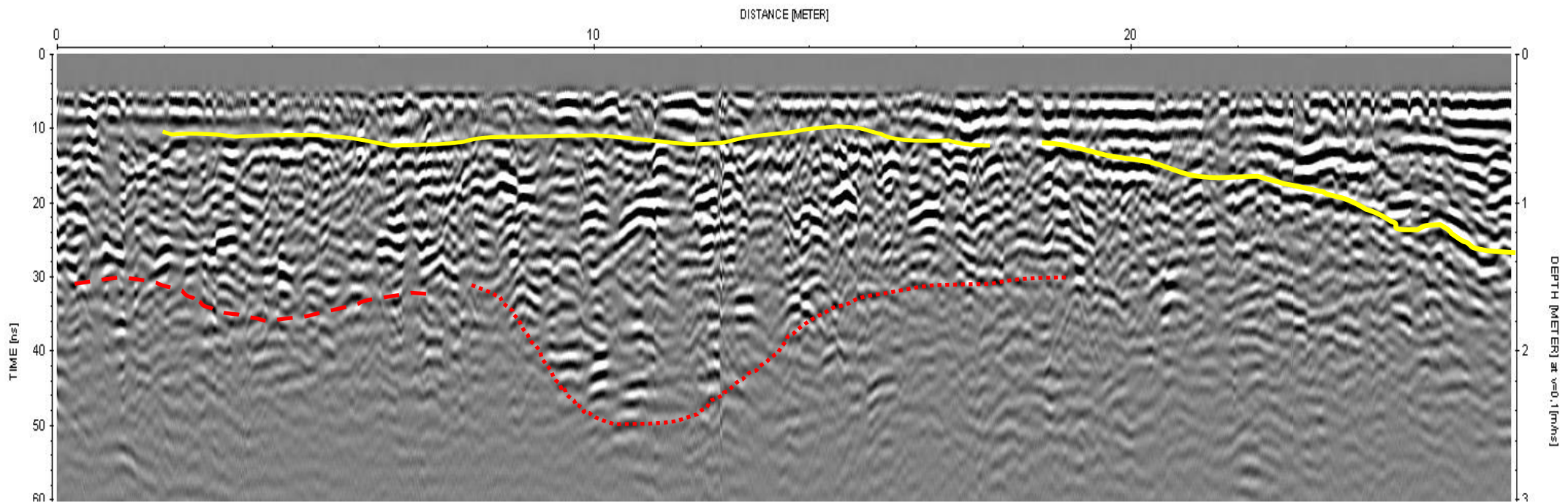
RADARGRAMA PERFIL LONGITUDINAL 1: longitud de 27 m.

1. A unos 5 m. se refleja un cambio de pendiente presente en el terreno.
2. La línea marcada en amarillo refleja, a nuestro juicio, un contacto claro entre dos tipologías de terreno. La parte superior es estratificada y relativamente uniforme mientras que la inferior presenta curvaturas y múltiples irregularidades. La curvatura hacia debajo de la línea, a la derecha del radargrama es un efecto de la pendiente en el terreno (parte superior del prado). Dicha capa tendría unos 30 cm. Aproximadamente.
3. La línea roja de la parte inferior, a trazos, refleja una transición entre dos zonas. La zona superior se caracteriza por una alta intensidad e irregularidad de las reflexiones. La inferior, por debajo de la línea, por un amortiguamiento claro de las mismas. El contacto ondulado, por lo tanto, refleja una transición entre dos tipos de estructura o, más bien, textura interna del material. La profundidad de penetración máxima de este perfil está a unos dos metros.
4. La mayor actividad en el radargrama se presenta entre los metros 12 a 26. Existe un máximo de penetración en el metro 20.



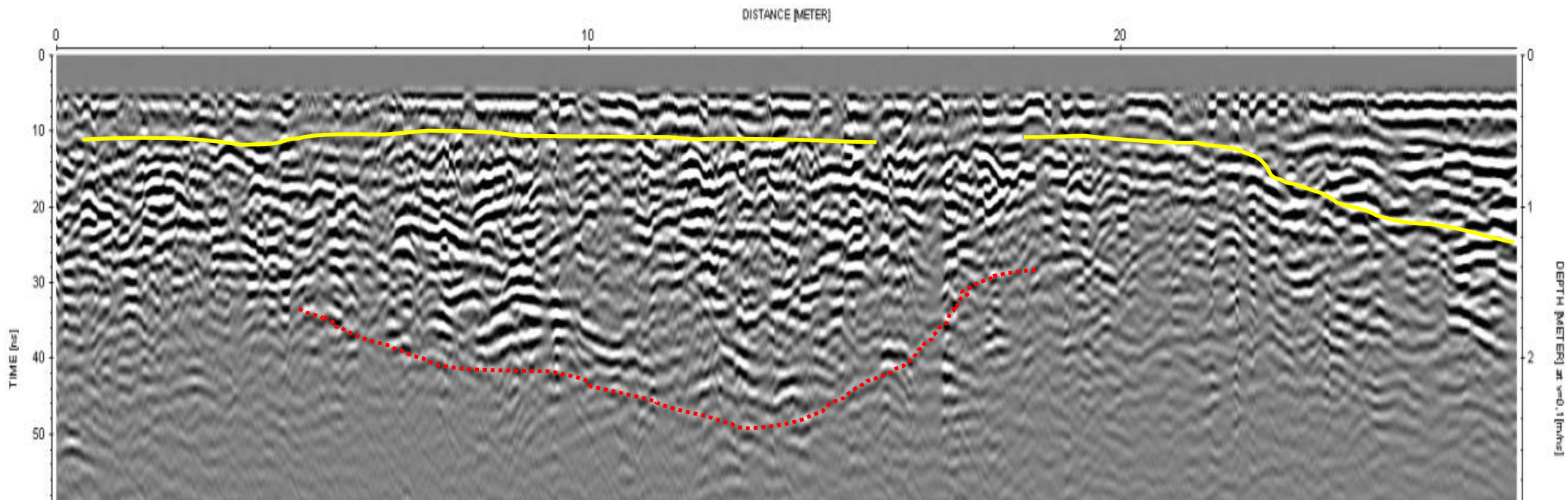
RADARGRAMA PERFIL LONGITUDINAL 2: longitud de 27,5 m.

1. La profundidad máxima de penetración del georrádar está aquí en el entorno de los 2,5 m.
2. La línea marcada en amarillo tiene aquí la misma interpretación que en el perfil número 1. Contacto con un terreno distinto a unos 30 cm. Igualmente ocurre con la línea roja.
3. Entre los metros 8 y 15, con un máximo en torno a 11 m., aparece una zona especialmente activa en intensidad y curvatura.



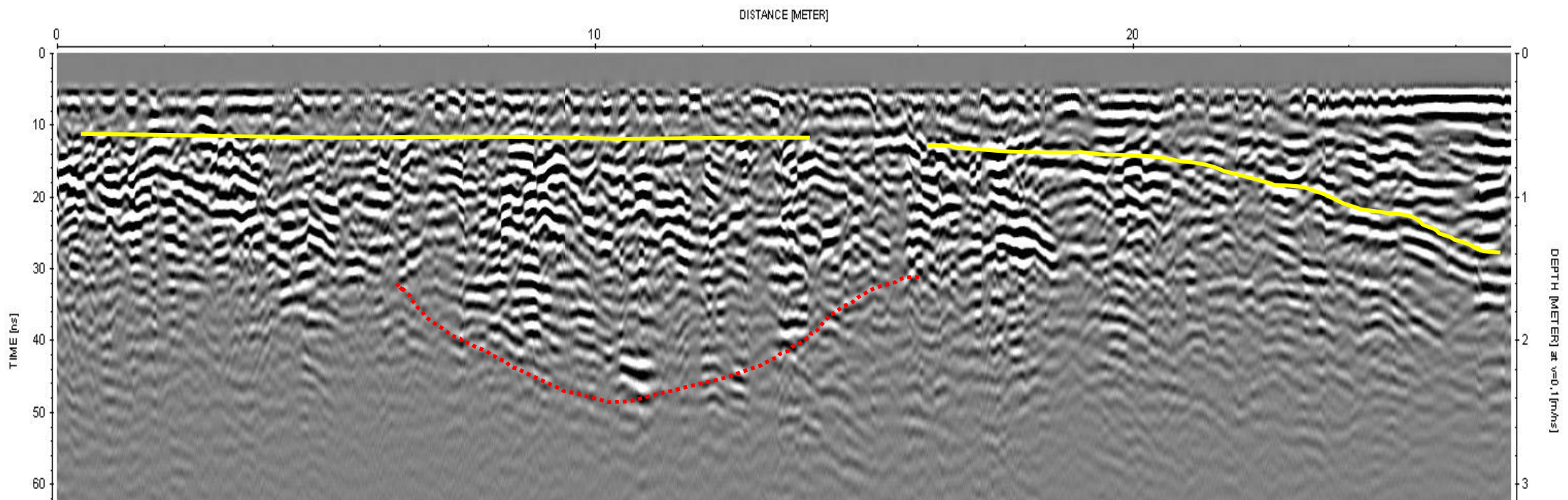
RADARGRAMA PERFIL LONGITUDINAL 3: Longitud de 27 m.

1. Profundidad máxima, unos 2.5 m.
2. La línea marcada en amarillo tiene aquí la misma interpretación que en el perfil número 1. Contacto con un terreno distinto a unos 30 cm. Igualmente ocurre con la línea roja.
3. La línea roja delimita una hondonada en el contacto situada aproximadamente entre los metros 9 y 18. La profundidad temporal máxima se situaría hacia los 11 metros aproximadamente. Bajo la marca de 10 m., aparece una zona en sombra con una longitud característica de entre 1 y 2 metros.



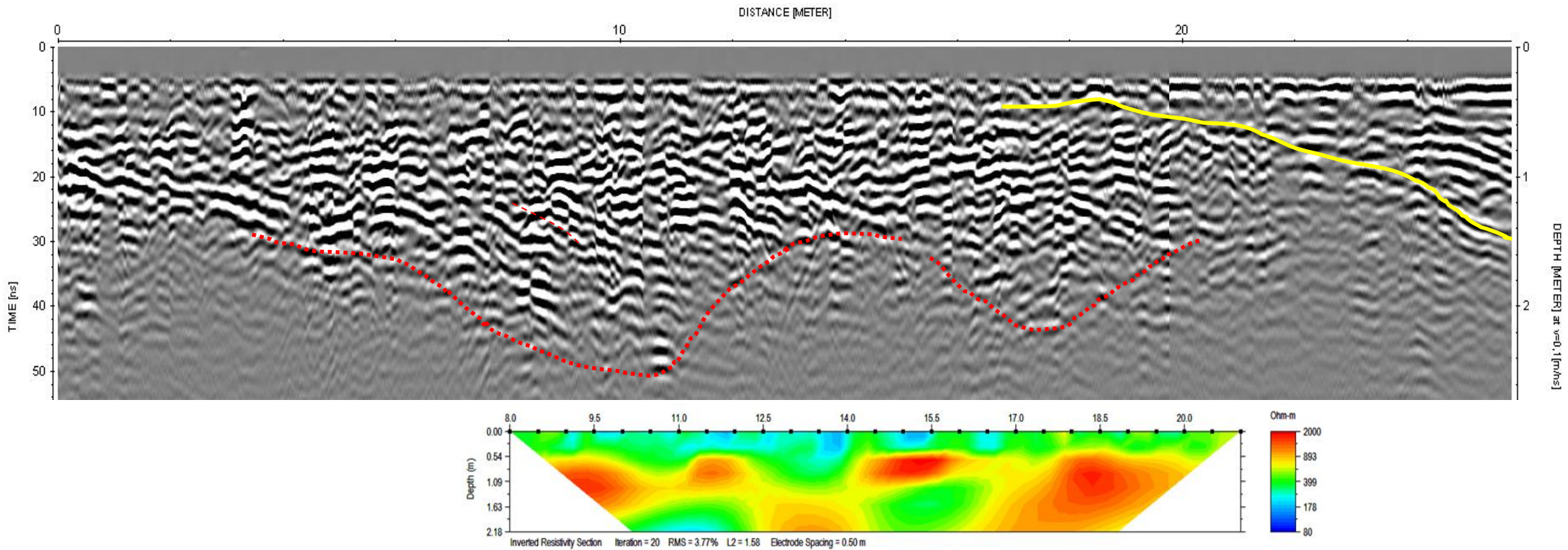
RADARGRAMA PERFIL LONGITUDINAL 4: Longitud de 26

1. Profundidad máxima, unos 2.4 m.
2. La línea marcada en amarillo tiene aquí la misma interpretación que en el perfil número 1. Contacto con un terreno distinto a unos 30 cm. Igualmente ocurre con la línea roja.
3. La línea roja delimita una hondonada en el contacto situada aproximadamente entre los metros 8 y 16. La profundidad temporal máxima se situaría entre los 10 y los 11 metros aproximadamente. También aparece, en la zona de máxima profundidad, una zona de sombra con dimensiones características métricas.



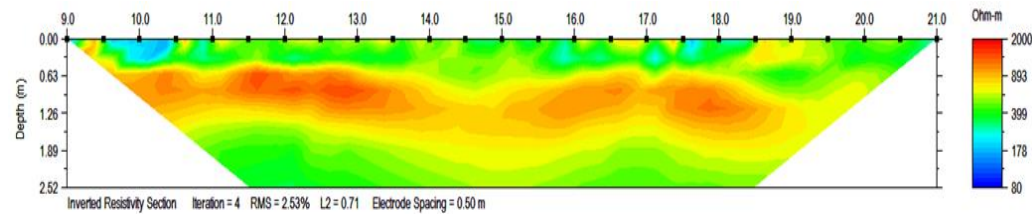
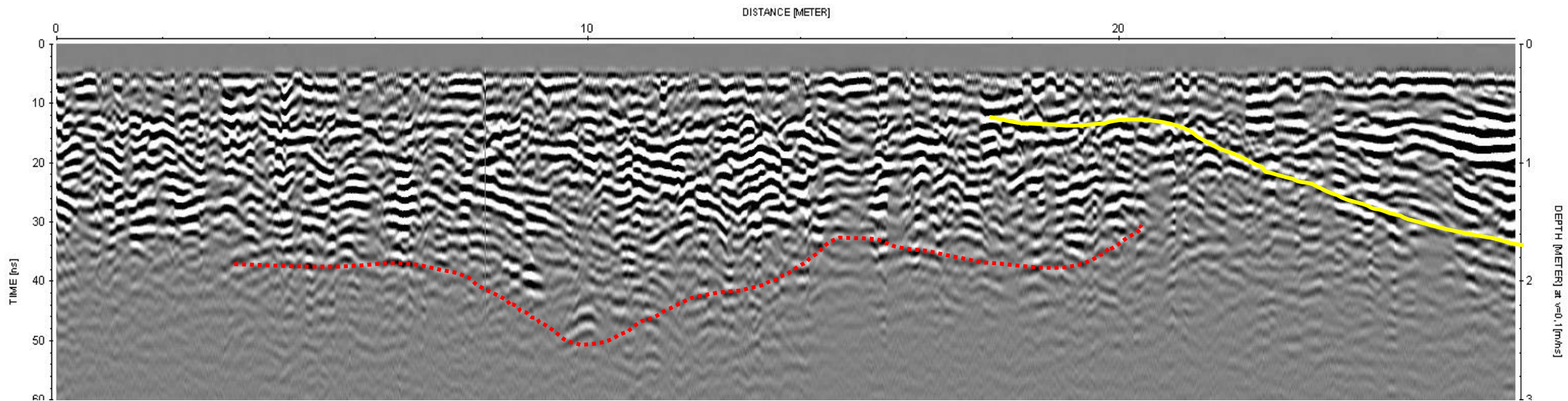
RADARGRAMA PERFIL LONGITUDINAL 5: Longitud de 26 m.

1. Profundidad máxima, unos 2.6 m. La línea marcada en amarillo tiene aquí la misma interpretación que en el perfil número 1. Contacto con un terreno distinto a unos 30 cm. Igualmente ocurre con la línea roja.
2. La línea roja delimita dos hondonadas en el contacto. La primera entre los metros 6 y 14. La profundidad temporal máxima se situaría entre los 10 y los 11 metros aproximadamente. Es especialmente activa. Una segunda hondonada, más pequeña, ocurre entre los metros 16 a 20.
3. Las zonas de especial actividad del georrádar, situadas entre los 30-40 cm. de profundidad y los dos metros, aproximadamente, coinciden con zonas de resistividad elevada en el perfil eléctrico. Los máximos que se presentan de manera consistente suelen coincidir también con las hondonadas.



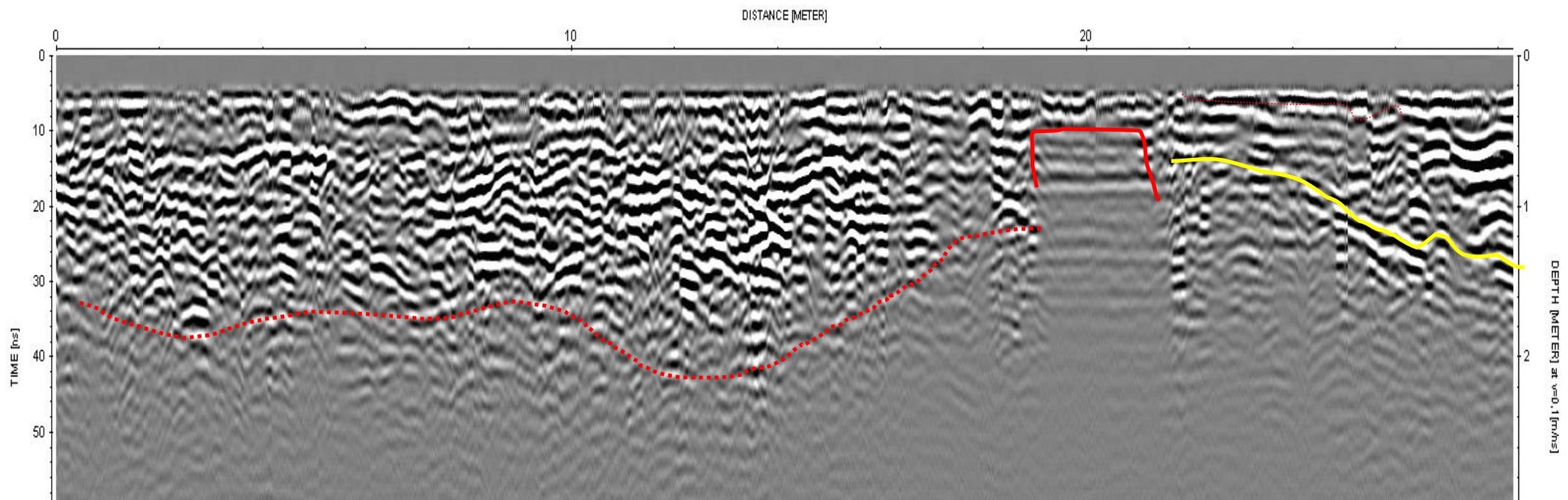
RADARGRAMA PERFIL LONGITUDINAL 6: Longitud de 27.5 m.

1. Profundidad máxima, unos 2 m. La línea marcada en amarillo tiene aquí la misma interpretación que en el perfil número 1. Contacto con un terreno distinto a unos 50 cm. Igualmente ocurre con la línea roja.
2. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo, esta vez de forma más regular. La hondonada, podría trazarse en el entorno del metro 10 entre los 8 y los 12 m. Aparece también una zona de sombra en la parte baja.
3. El perfil resistivo presenta una zona superficial, más conductiva hasta los 50-60 cm, aproximadamente. Debajo, una zona resistiva, bastante continua que penetra aproximadamente hasta algo menos de los dos metros.



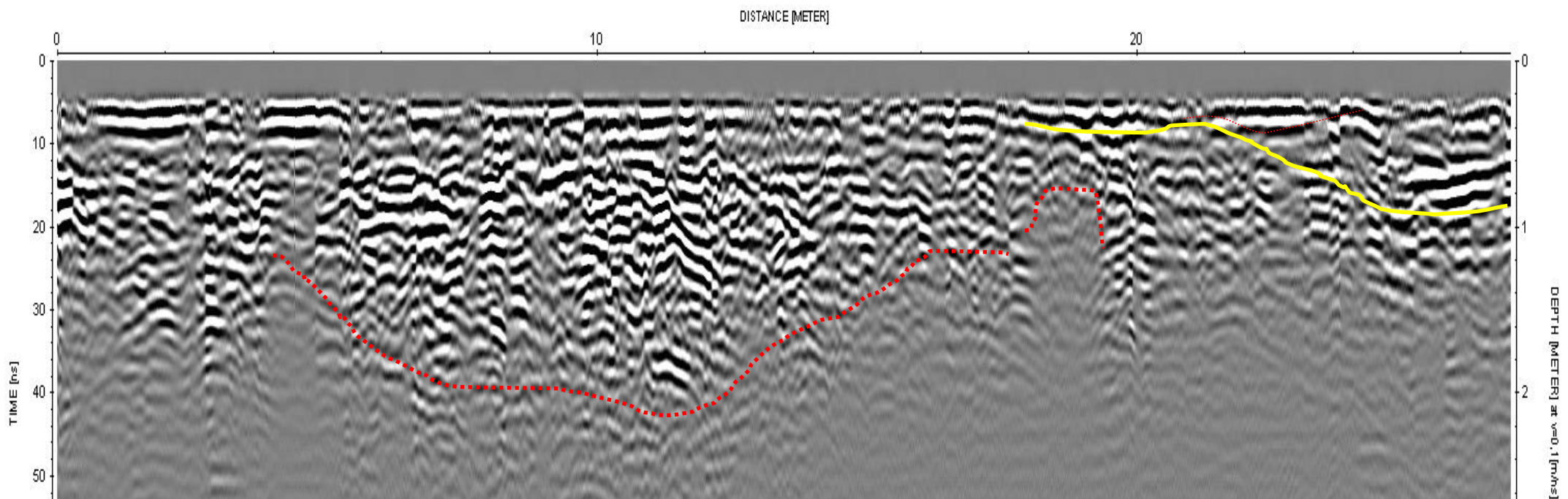
RADARGRAMA PERFIL LONGITUDINAL 7: Longitud de 28m.

1. Profundidad máxima, unos 2 m. La línea marcada en amarillo tiene aquí la misma interpretación que en el perfil número 1. Contacto con un terreno distinto a unos 50 cm. Igualmente ocurre con la línea roja.
2. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. La hondonada, que también existe aquí, podría trazarse en el entre los metros 9 y los 18 m. Su máximo está bajo el metro 11.
3. Aparece una zona en sombra correspondiente a una roca superficial.



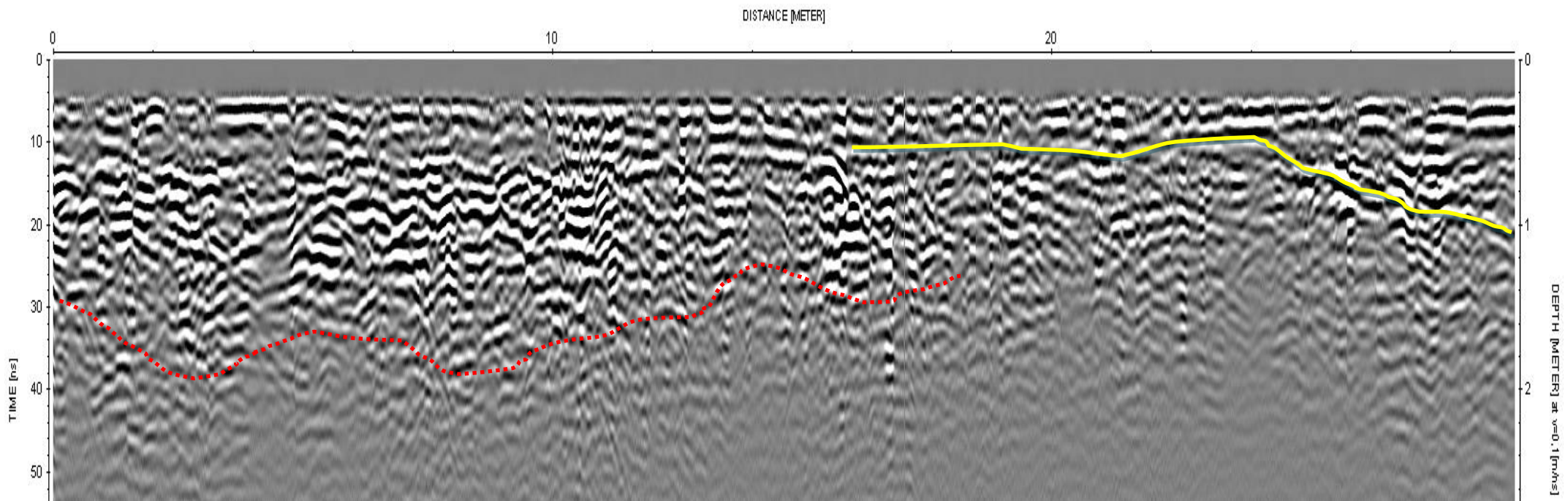
RADARGRAMA PERFIL LONGITUDINAL 8: Longitud de 26.5 m.

1. Profundidad máxima, algo más de 2 m. La línea marcada en amarillo tiene aquí la misma interpretación que en el perfil número 1. Contacto con un terreno distinto a unos 50 cm. Igualmente ocurre con la línea roja.
2. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. La hondonada, que también existe aquí, podría trazarse en el entre los metros 6 y los 14 m. Su máximo está bajo el metro 11.
3. Aparece una zona en sombra correspondiente a una roca superficial.



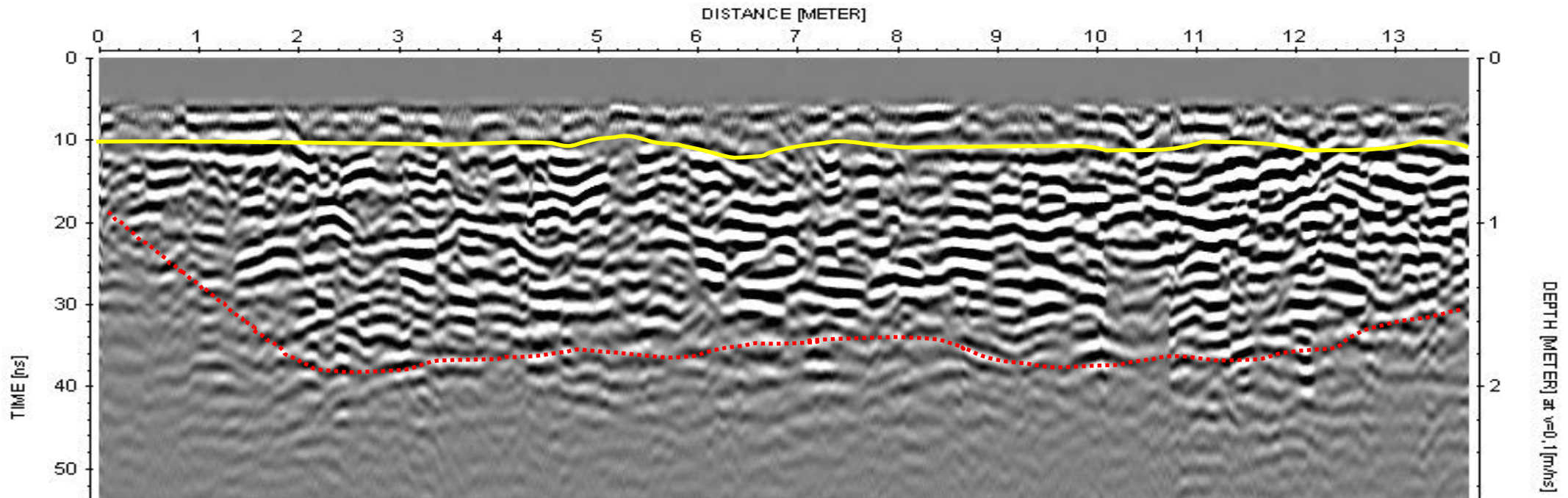
RADARGRAMA PERFIL LONGITUDINAL 9: Longitud de 29 m.

1. Profundidad máxima, unos de 2 m. La línea marcada en amarillo tiene aquí la misma interpretación que en el perfil número 1. Contacto con un terreno distinto a unos 50 cm. Igualmente ocurre con la línea roja.
2. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. Sin embargo, aquí la profundidad del contacto es más constante, disminuyendo ligeramente hacia la parte superior del prado.



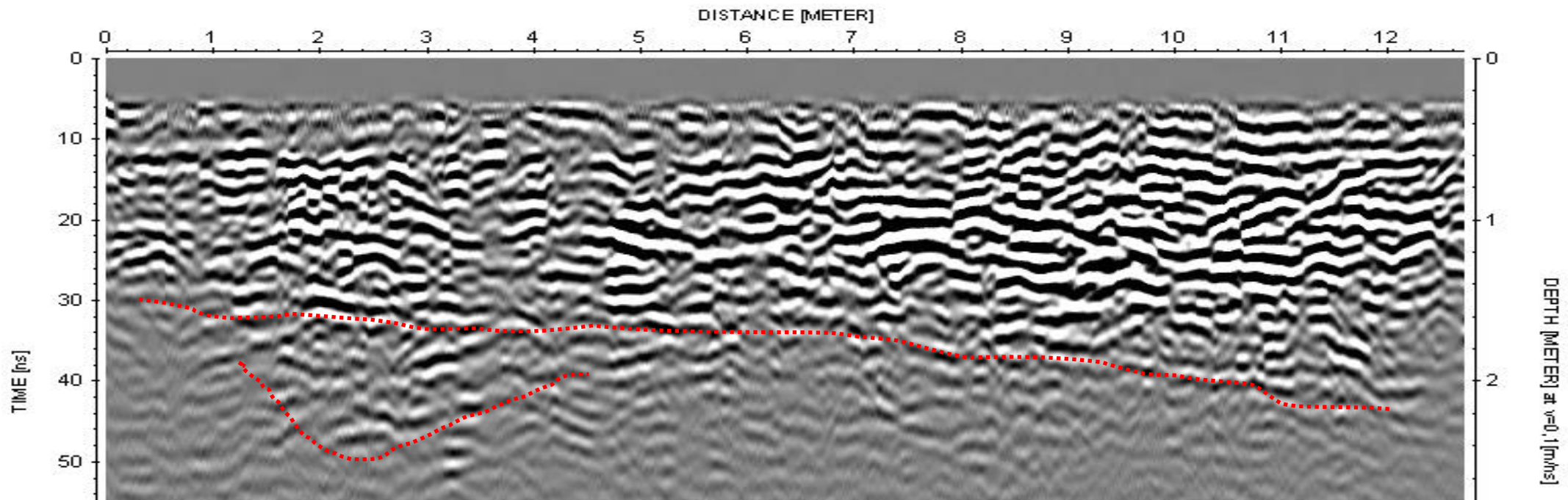
RADARGRAMA PERFIL TRANSVERSAL 10: Longitud de 13.5 m.

1. Profundidad máxima, unos de 2 m. La línea marcada en amarillo tiene aquí la misma interpretación que en el perfil número 1. Contacto con un terreno distinto a unos 50 cm. Igualmente ocurre con la línea roja.
2. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. No se aprecian variaciones apreciables en profundidad, salvo en los comienzos (parte Oeste del prado) donde el contacto evoluciona, en el espacio de unos tres metros, de somero a profundo.



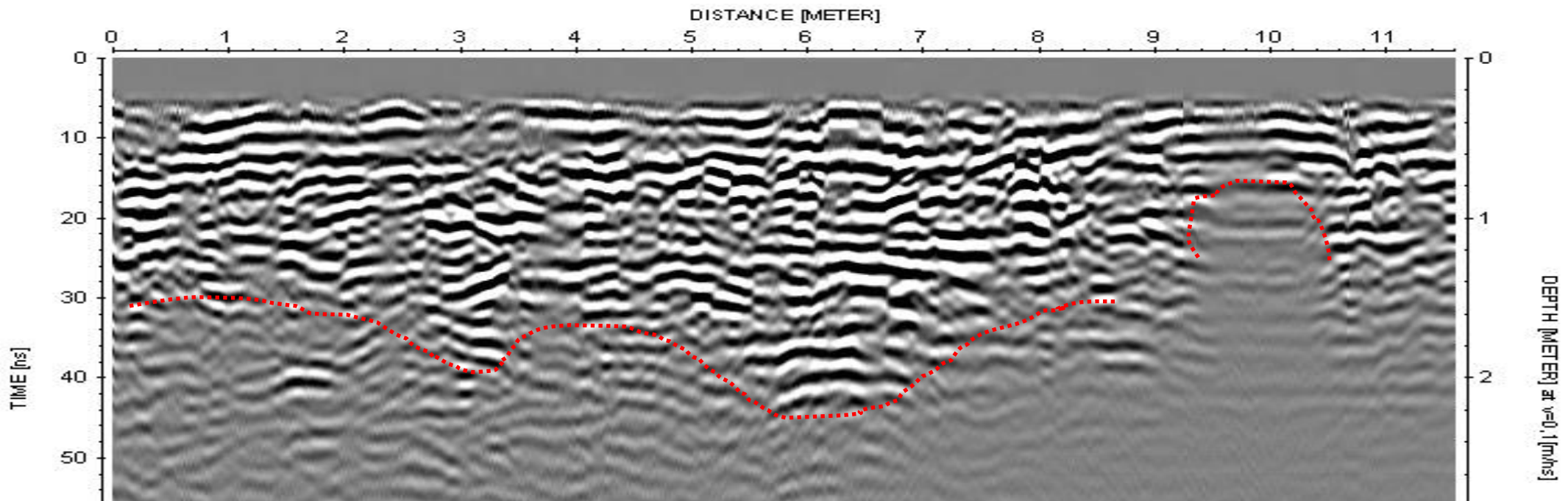
RADARGRAMA PERFIL TRANSVERSAL 11: Longitud de 12.5 m.

1. Profundidad máxima, unos de 2 m. Aquí es difícil notar la pequeña capa superficial que está siempre presente.
2. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. No se aprecian variaciones apreciables en profundidad, sino tan sólo una tendencia a aumentar la profundidad de la zona de alta actividad hacia el Este. Es posible apreciar, también una "hondonada" en la zona activa, centrada aproximadamente en los 3 m. y extendida entre los 1.5 m. y los 4.5 m.



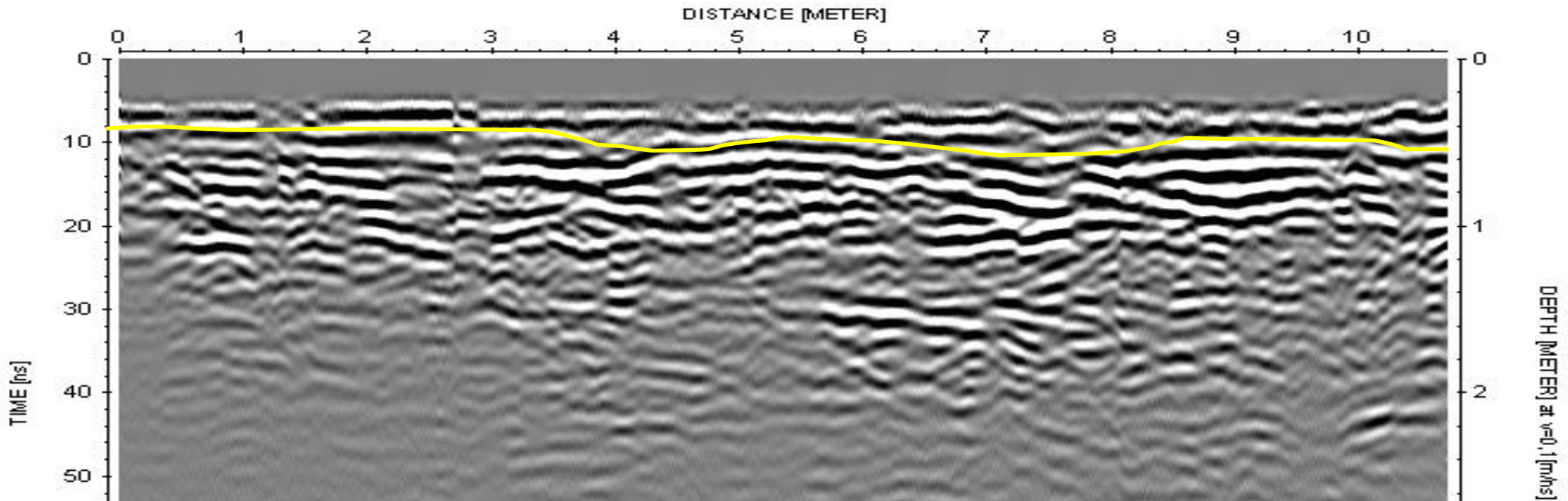
RADARGRAMA PERFIL TRANSVERSAL 12: Longitud de 11.5 m.

1. Profundidad máxima, unos de 2.10 m. Aquí es difícil notar la pequeña capa superficial que está siempre presente.
2. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. Se aprecia un contacto más ondulado que en el perfil anterior, con una hondonada centrada en los 6 m muy activa. Se extiende desde los 4.5 m. hasta los 8 m. aprox.
3. Igualmente se observa el paso por la roca superficial como una atenuación de la señal en el metro 10.



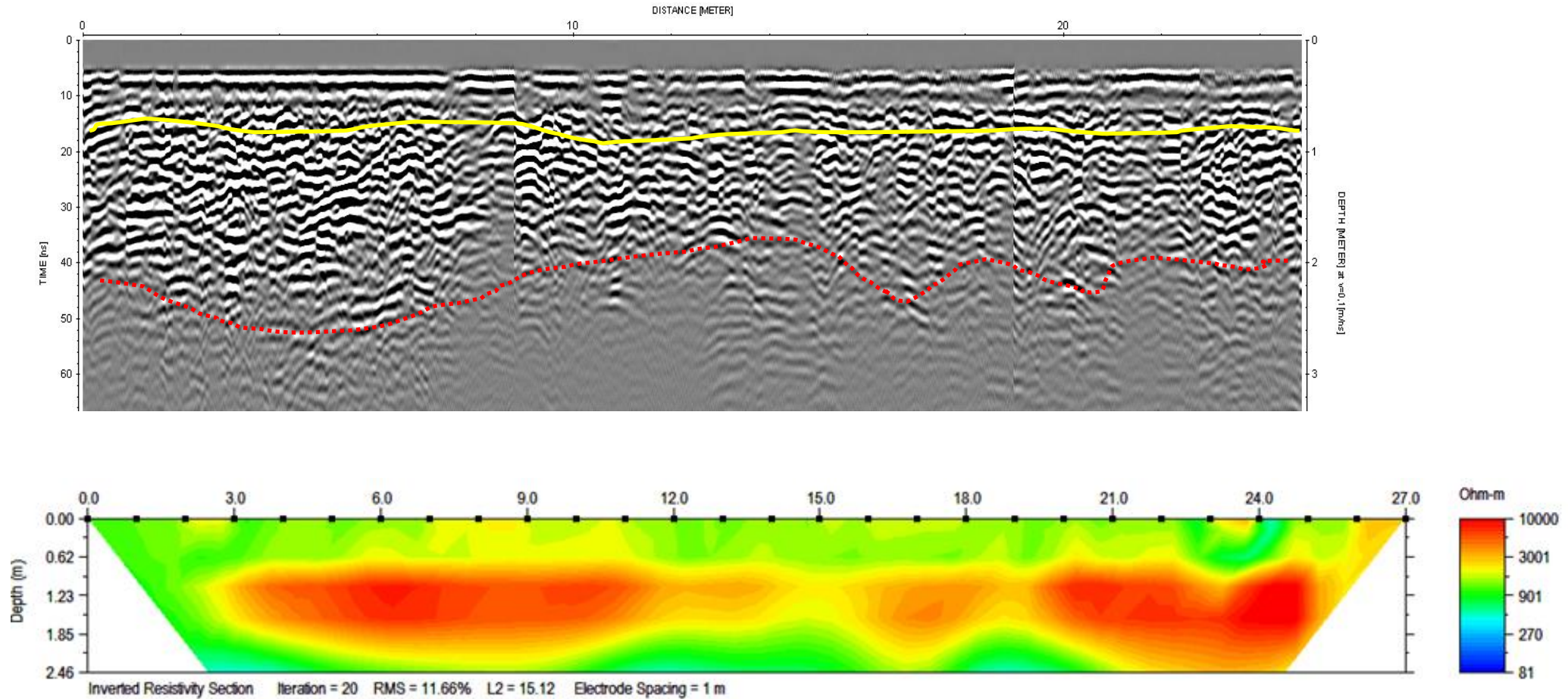
RADARGRAMA PERFIL TRANSVERSAL 13: Longitud de 10.5 m.

1. Profundidad máxima, unos de 2.10 m. Se puede definir una capa superficial de unos 50 cm. de espesor.
2. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. La actividad mayor queda confinada por encima del primer metro de profundidad aunque se observa una tendencia creciente de Oeste a Este que puede presentar reflexiones potentes hasta los dos metros.
3. El radargrama muestra mucha irregularidad, especialmente hacia el metro de profundidad.



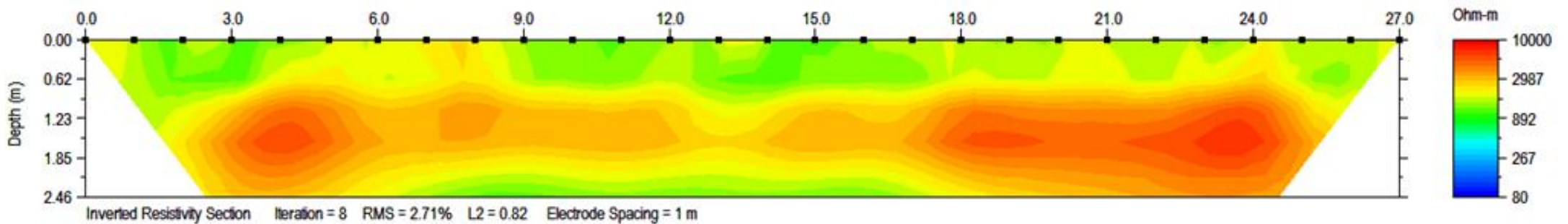
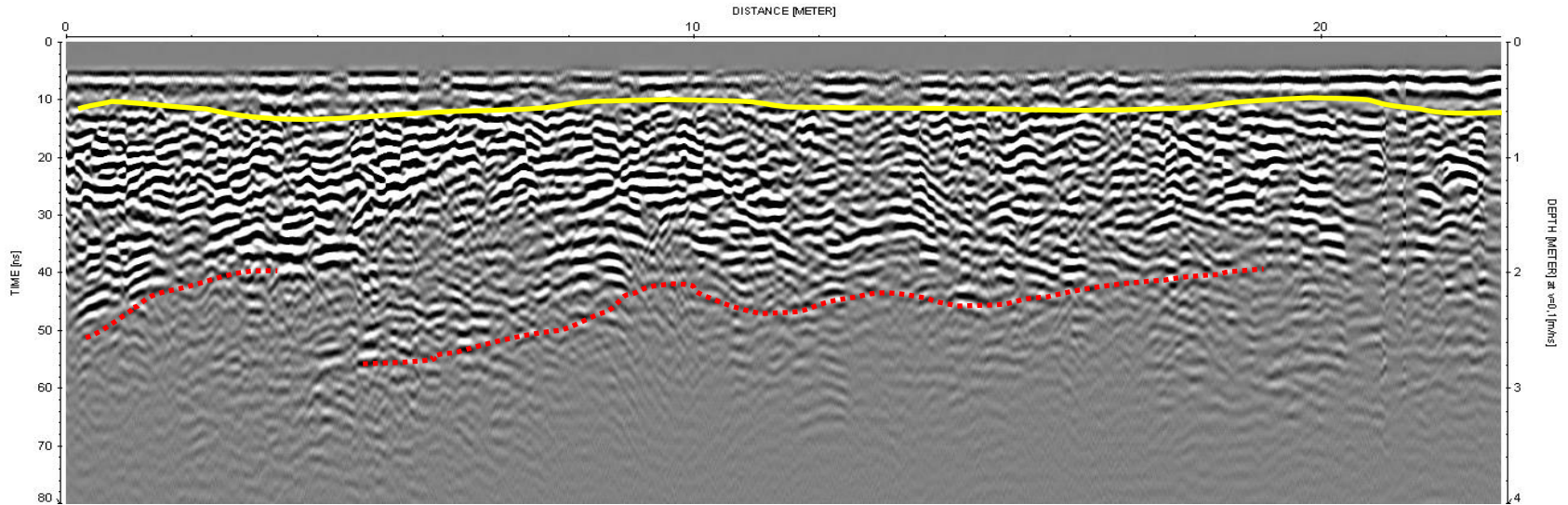
RADARGRAMA PERFIL 14, zona B (Longitud de 25) + SECCIÓN DE RESISTIVIDAD INVERTIDA (27 m).

1. Profundidad máxima, unos de 2.50 m. Se puede definir una capa superficial de unos 50 cm. de espesor.
2. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. Se extiende, este material intermedio, con espesores comprendidos entre el metro y los dos metros y medio. Sin especiales características distintivas a lo largo del mismo. La resistividad es consistente con esta interpretación. Las zonas especialmente resistivas están en los extremos.



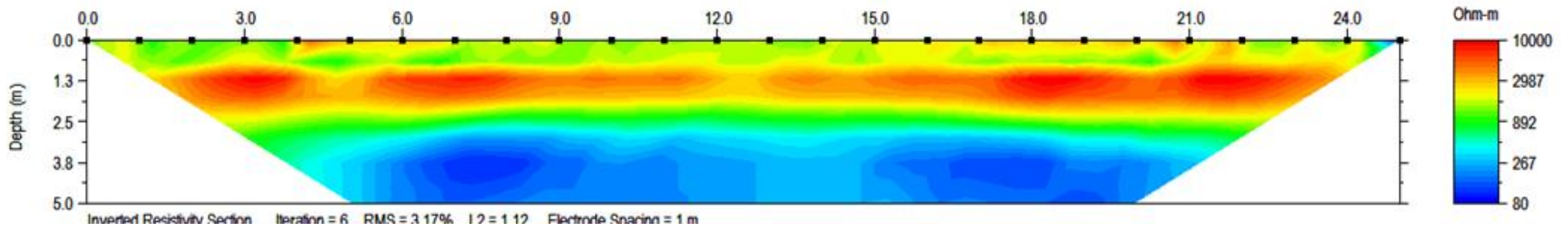
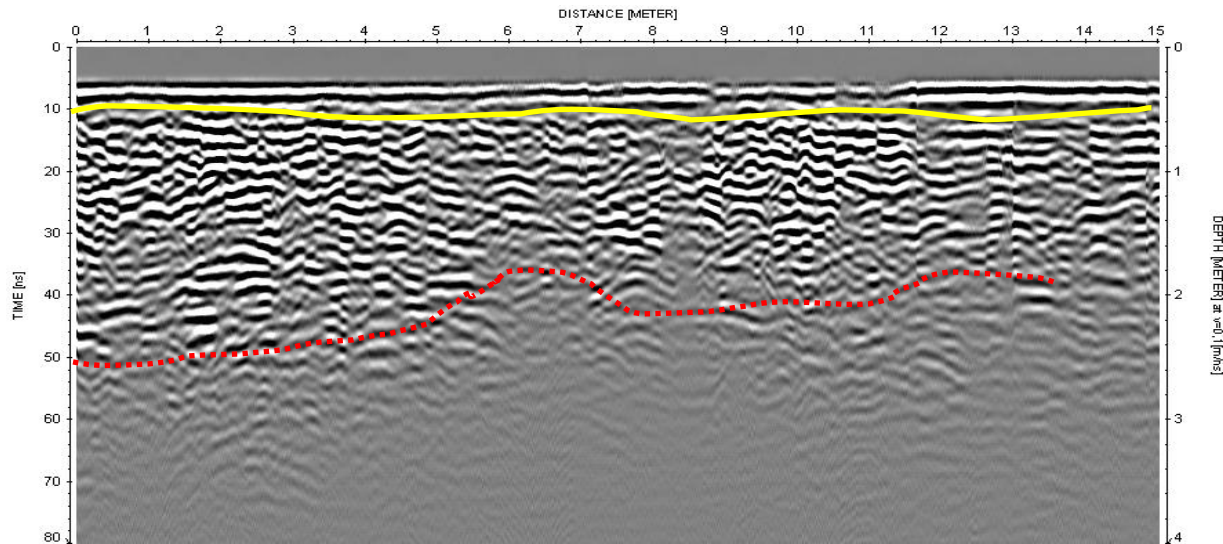
RADARGRAMA PERFIL 15, zona B (Longitud de 22.5) + SECCIÓN DE RESISTIVIDAD INVERTIDA (27 m).

1. Profundidad máxima, unos de 2.50 m. Se puede definir una capa superficial de unos 50 cm. de espesor. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. Se extiende, este material intermedio, desde una profundidad de 60 cm hasta una profundidad de alrededor de dos metros o dos metros y medio.



RADARGRAMA PERFIL 16, zona B (Longitud de 15 m) + SECCIÓN DE RESISTIVIDAD INVERTIDA (25 m).

1. Profundidad máxima, unos de 2.50 m. Se puede definir una capa superficial de unos 50 cm. de espesor. La línea roja delimita el contacto con un material menos resistivo. Se extiende, este material intermedio, desde una profundidad de 60 cm hasta una profundidad de alrededor de dos metros o dos metros y medio. Por debajo, queda claro en el perfil resistivo la existencia de una zona conductiva que se puede deber a un mayor contenido en agua. En el prado de abajo mana una fuente.



7 Discusión y conclusiones

Radargramas y secciones resistivas aportan elementos comunes que aconsejan una discusión conjunta.

En la zona A.

En la parte izquierda de los radargramas existe una inclinación en sentido positivo de las reflexiones que indica, precisamente, un cambio en pendiente del terreno que se produce, de forma efectiva, hacia los 5 metros. Respecto la interpretación de los elementos del subsuelo se menciona esto aquí como curiosidad.

En la parte derecha de los radargramas, indicado con línea amarilla, existen reflexiones que aparecen siempre con cierta pendiente. Es consistente en los distintos radargramas y es un efecto de la pendiente superficial sobre las reflexiones del subsuelo. Estas reflexiones pueden continuarse a lo largo del radargrama indicando el contacto entre dos tipos de material: una capa somera y otra, subyacente.

Los perfiles de resistividad son consistentes con esta interpretación. Suelen mostrar una zona somera, continua a lo largo de toda la imagen, que alcanza hasta los 60-70 cm de potencia y que es claramente más conductiva que el resto (tonos más azules).

En los radargramas, bajo la línea de contacto amarilla, existe una franja que puede llegar hasta alrededor de los 2.5 metros de profundidad, donde las reflexiones son claramente más intensas y de distribución mucho más irregular. Existen cambios de pendientes, ángulos y curvaturas. Esta parte finaliza, por su parte inferior, en una transición relativamente clara y neta a una zona donde la señal se presenta muy amortiguada.

Esta banda de intensa actividad de reflexiones de GPR se correla con una banda de alta resistividad en las imágenes eléctricas. Presenta, también ciertas ondulaciones, sobre todo por la parte inferior, pero en general es bastante continua y regular.

La sección eléctrica indica también la existencia de una zona conductiva, posiblemente debido a la existencia de un grado cada vez mayor de presencia de agua, que aparece con tonalidades azuladas. Esta parte de la sección se correspondería con la zona de reflexiones amortiguadas en el radargrama, por debajo de la línea roja.

Por tanto, las herramientas definen claramente una estructura general del terreno que se mantiene en todas las secciones medidas.

En todos los radargramas puede señalarse, además, una zona de amplitud variable centrada alrededor del metro 11 de media, con un mayor tiempo de ida y vuelta superior a la profundidad del resto del perfil.

Esta zona se considera interesante porque presenta, normalmente, una intensidad alta de reflexiones con bastante irregularidad interna. En ocasiones, como ocurre con los perfiles longitudinales entre 3 y 6 incluidos, aparece una zona de dimensiones métricas en sombra. Se trata de una amortiguación anómala.

La zona citada no puede ponerse en correlación robusta, es decir, de forma sistemática, con las zonas de más alta resistividad de la franja intermedia en las imágenes eléctricas. Pero existe claramente una relación entre ambas.

Se consideran como posible sitio adecuado para proceder a un enterramiento las hondonadas encontradas en los radargramas porque, o bien lo son debido a modificaciones locales de la velocidad de propagación o a engrosamientos sedimentarios. En ambos casos proporcionarían un lugar adecuado donde buscar aunque no hay evidencia directa de su presencia.

En su contra, cabe mencionar que la estructura atraviesa el prado de parte a parte lo cual casi implica su carácter de estructura litológica. Las zonas en sombra presentes entre el perfil 3 y el perfil 6, sin embargo, podrían indicar la presencia de algún elemento extraño en su seno.

Asumiendo, por tanto, la zona A como de interés, se sugeriría comenzar la búsqueda por el polígono marcado en el plano de resultados.

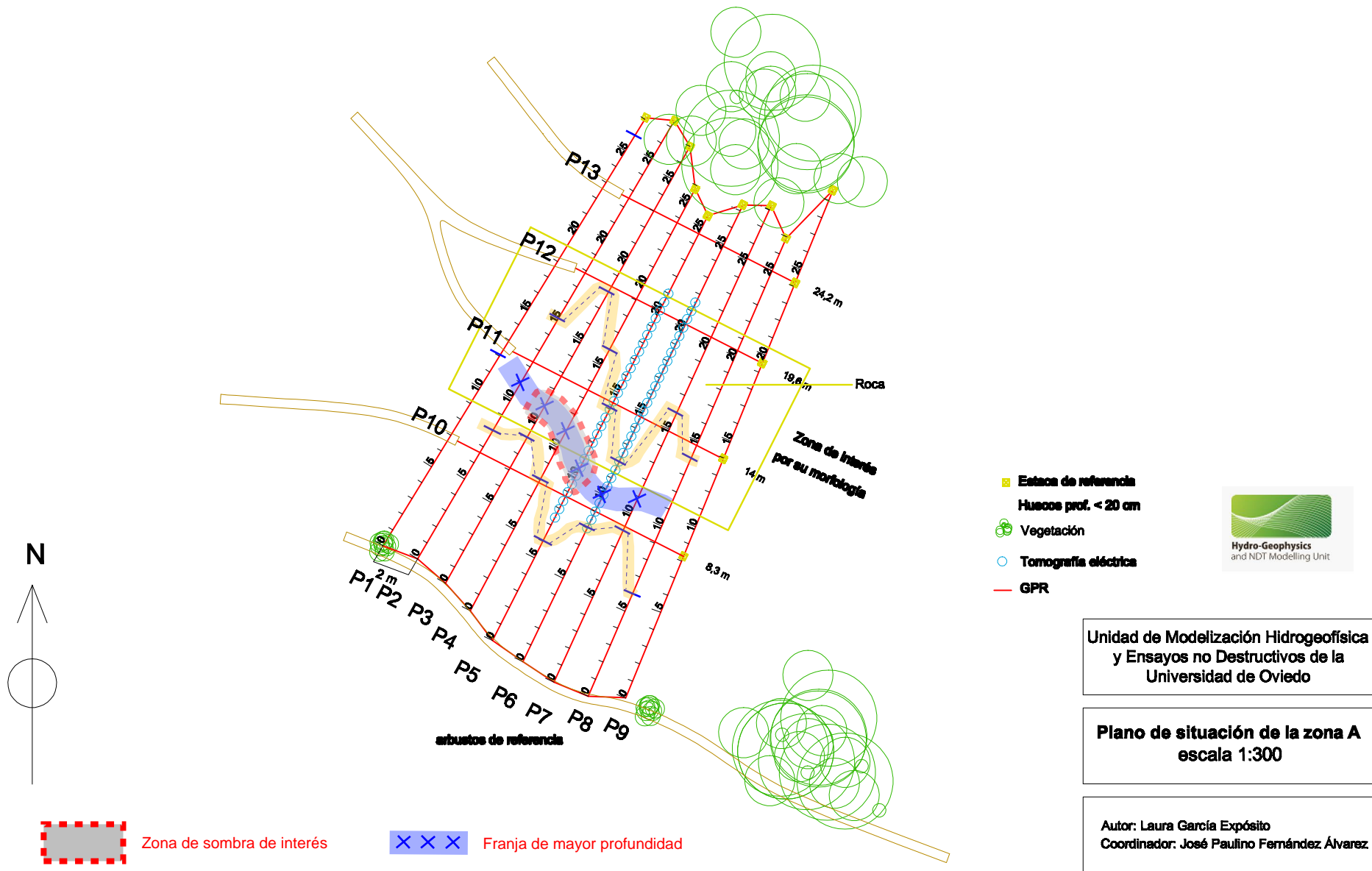
En la zona B

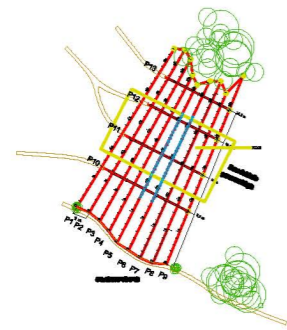
La estructura de las secciones es muy similar, distinguiéndose también la zona de intensa actividad en los radargramas por encima de aquella con gran amortiguación de la señal. Sin embargo, no resulta posible indicar ésta o aquella zona para explorar pues más bien parece producto de la propia estructura irregular de las capas del subsuelo y de su alta resistividad propia.

La zona conductiva baja sigue presente aquí con más intensidad, consistente con el hecho de que el nivel freático pueda quedar mejor definido.

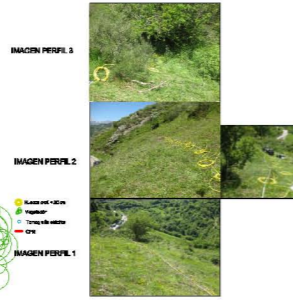
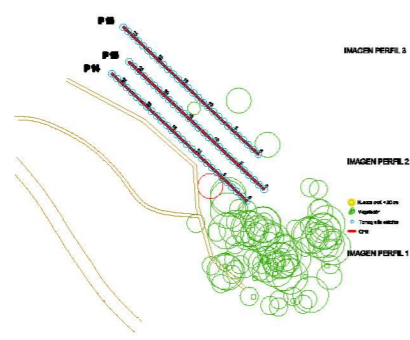
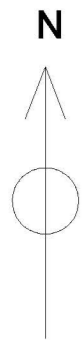
La posible excavación en la zona A, aportaría claves para revisar, en su caso, la interpretación de la zona B.

8 Planos



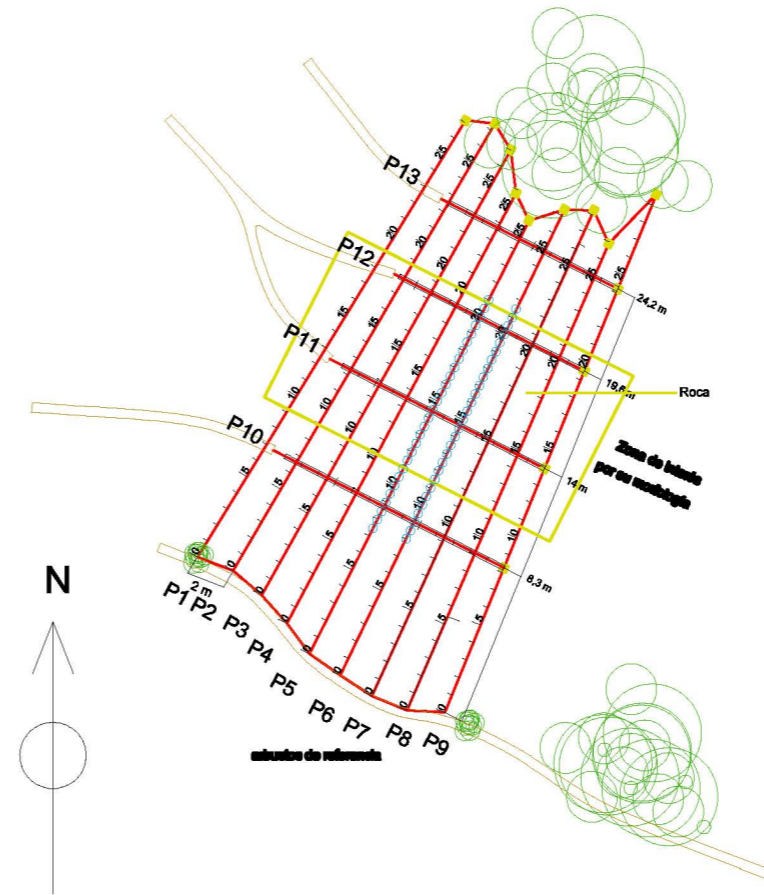


- Estaca de referencia
- Huecos prof. < 20 cm**
- Vegetación
- Tomografía eléctrica
- GPR



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
 Unidad de Modelización Hidrogeofísica y Ensayos no Destructivos.
 PLANO DE SITUACIÓN DE PERFILES
 PARASIMÓN (LENA, Asturias).

E 1:1100



- Estaca de referencia
- Huecos prof. < 20 cm**
- Vegetación
- Tomografía eléctrica
- GPR



E 1:400

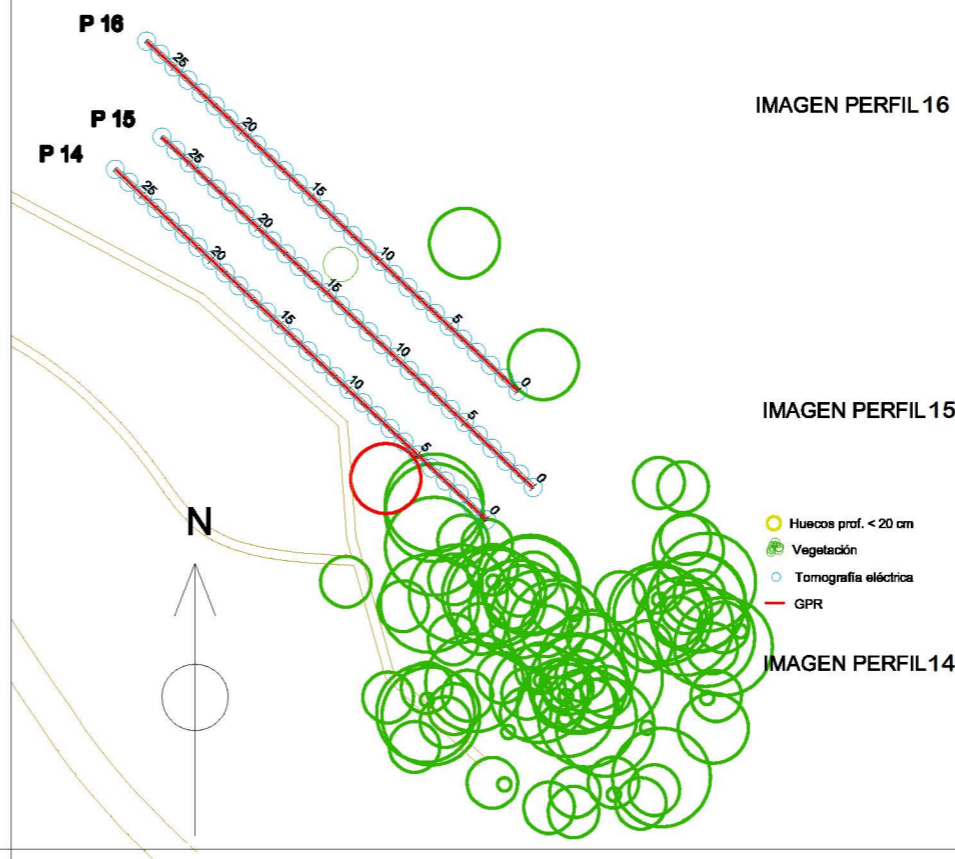


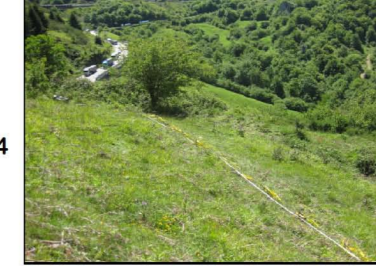
IMAGEN PERFIL 16



IMAGEN PERFIL 15



IMAGEN PERFIL 14



- Huecos prof. < 20 cm
- Vegetación
- Tomografía eléctrica
- GPR

E 1:400

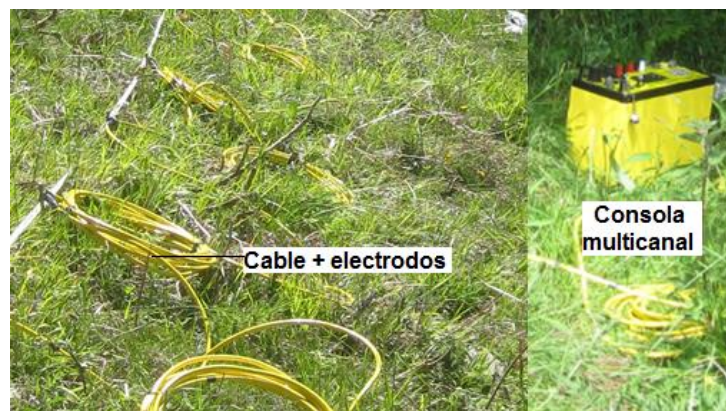
ANEXO: Equipos utilizados en la campaña geofísica

I. Tomografía Eléctrica (ERT)

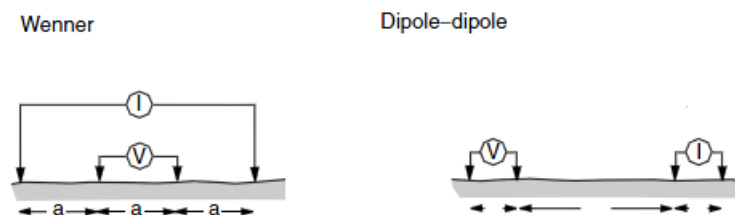
AGI Super string R8 1P Earth resistivity & IP Meter

El método resistivo tiene como finalidad detectar cuerpos y/o estructuras geológicas por medio del contraste de resistividades. Se inyecta corriente por medio de pares de electrodos y al mismo tiempo es medida la diferencia de potencial por otros pares de electrodos. La distribución de las resistividades en las estructuras del subsuelo, la corriente inyectada y la distancia entre electrodos condicionará las medidas de resistividad aparente. Posteriormente por medio del proceso denominado inversión se estiman las resistividades reales del terreno.

El equipo de tomografía eléctrica se compone de una consola multicanal de resistividad y un cable con los correspondientes electrodos. En el caso de la campaña de Parasimón se utilizó un cable que permite la conexión de 28 electrodos de acero que son hincados en el terreno. Todo el equipamiento pertenece a la casa AGI (Advanced Geosciences, Inc.).



Para la toma de datos se usaron dos dispositivos: Wenner y Dipolo-Dipolo, esquematizados en la figura siguiente. Los electrodos de inyección aparecen indicados con la letra I y los de potencial con una V.



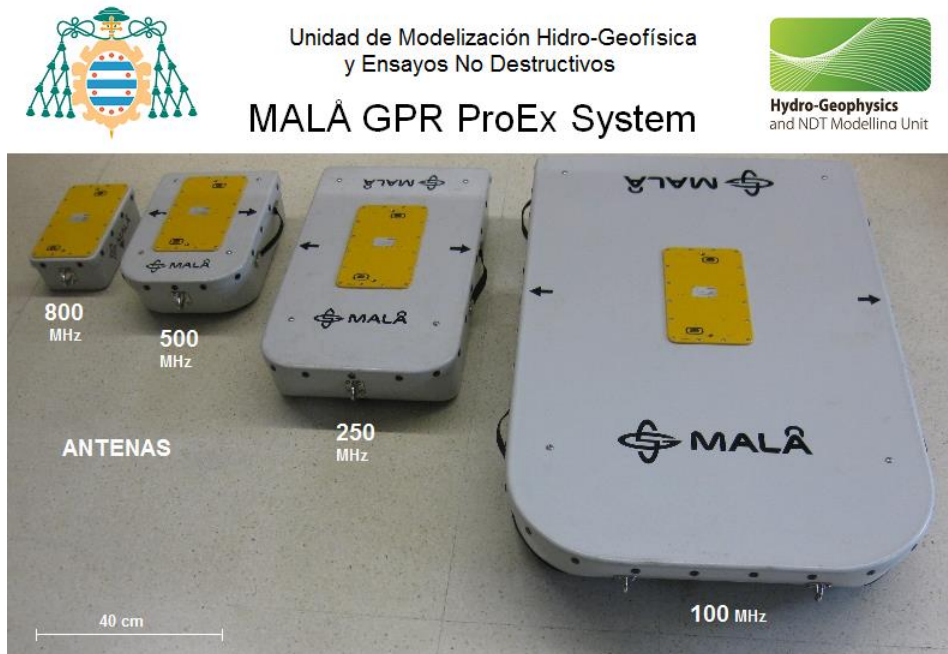
En esta ocasión se realizó tomografía eléctrica multielectrodo donde no es necesario desplazar los electrodos en el mismo perfil de manera que el proceso una vez situados los mismos está totalmente automatizado permitiendo adquirir un mayor número de medidas en menos tiempo.

Para el procesado, inversión e interpretación de los datos se utilizó el software EarthImager 2D, también de la casa AGI.

II. Georrádar (GPR)

MALÅ GPR ProEx System con antena apantallada de 500 MHz

El georrádar o GPR (GroundPenetrating Radar) es una técnica geofísica electromagnética.



Por medio de unas antenas son emitidos pulsos EM (luz) con frecuencias que suelen estar entre 100 MHz (megahercios) y 2 GHz (gigahercios). Los pulsos viajan por el terreno o material y, según la estructura interna del mismo, rebotan de nuevo a la superficie donde son detectados. Los voltajes así medidos informan del interior del material.

La Unidad de Modelización dispone de una serie completa de antenas de la casa MALÅ. Las antenas pueden ser apantalladas y no apantalladas. La serie de antenas apantalladas incluye las de 100, 250, 500 y 800 MHz de frecuencia central, más adecuadas para aplicaciones geológicas, forenses y de ingeniería civil. También se dispone de antenas de 1.2 y 1.6 GHz, adecuadas para ensayos no destructivos debido a su baja penetración y alta resolución.

En el estudio de Parasimón fue utilizada la antena de 500 MHz, arrastrada por medio de un arnés, que permitió alcanzar una profundidad de unos 3 metros considerada suficiente para el objetivo de la campaña.



