

**INFORME DE LA INVESTIGACION
DEL SONDEO PALLARUELO - 1**

COMPañA GENERAL DE SONDEOS, S.A.

Madrid, Mayo de 1991

GEOL-120

INDICE

INDICE

	Pags.
1.- DATOS DE IDENTIFICACION DEL SONDEO	1
2.- TRABAJOS PRELIMINARES REALIZADOS	5
3.- DATOS DE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA PERFORACION	8
3.1. CARACTERISTICAS DE LA BARRENA	9
3.2. CARACTERISTICAS DE LA PERFORACION PROPIAMENTE DICHA ...	10
3.3. CARACTERISTICAS DEL LODO	11
4.- DATOS DE CARACTERISTICAS GEOLOGICAS	12
4.1. MARCO GEOLOGICO	13
4.2. DESCRIPCION LITOLOGICA DEL SONDEO	14
4.3. ANALISIS SEDIMENTOLOGICO Y ESTRATIGRAFICO	18
4.3.1. Entre 0 y 95,50 metros (tramos 1, 2 y 3 de la columna)	19
4.3.2. Entre 96 y 171,60 metros (tramos 4 y 5 de la columna)	19
4.3.3. Entre 171,60 y 253,65 metros (tramos 6 y 7 de la columna) ..	20
4.3.4. Entre 253,65 y 368,55 metros (tramos 8 y 9 de la columna) ..	21
4.3.5. Entre 368,55 y 489 metros (tramos 10, 11, 12 y 13 de la columna)	22
4.3.6. Entre 489 y 595 metros (tramos 14, 15 y 16 de la columna) ..	22
4.3.7. Entre 595 y 659 metros (tramos 17 y 18 de la columna)	23
4.3.8. Entre 659 y 752 metros (tramos 19, 20 y 21 de la columna) ..	23
5.- ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE LOS TESTIGOS OBTENIDOS	30

5.1.	ESTUDIOS PETROGRAFICOS	27
5.1.1.	Análisis de calizas	28
5.1.2.	Análisis de areniscas	29
5.2.	ESTUDIOS MINERALOGICOS DE ARCILLAS	30
5.3.	ESTUDIOS GEOMECHANICOS	36
5.4.	ESTUDIOS DE RIPIOS	37
6.-	GEOFISICA	38
6.1.	SONDEOS ELECTROMAGNETICOS	39
6.1.1.	Campaña de reconocimiento general	40
6.1.2.	Campaña de detalle	45
6.2.	ANALISIS DE LAS DIAGRAFIAS	56
6.2.1.	Potencial espontáneo	58
6.2.2.	Rayos gamma	58
6.2.3.	Calibre	60
6.2.4.	Densidad aparente	61
6.2.5.	Resistividad y resistencia	62
6.2.6.	Neutrón - neutrón	63
6.2.7.	Delta t (sonico)	64
6.2.8.	Resistividad del fluido	65
6.2.9.	Temperatura	66
6.3.	CONCLUSIONES	63

1.- DATOS DE IDENTIFICACION DEL SONDEO

1.- DATOS DE IDENTIFICACION DEL SONDEO

Sondeo: PALLARUELO I

Propietario: PABLO RUARTA

Situación: Próximo a la Balsa del Raso, a 2 km al Oeste de Pallaruelo de Monegros

Localidad: PALLARUELO DE MONEGROS

Provincia: HUESCA (España)

Coordenadas: U.T.M.)
x = 730.120
y = 4.620.750
z = 360

Hoja 1:50.000: LANAJA 356

Fecha de comienzo: 8 / Enero / 1991

Fecha de terminación: 21/ Marzo / 1991

Duración: 73 días

Profundidad final: 752 m.

Compañía Perforadora: IBÉRICA DE SONDEOS, SA

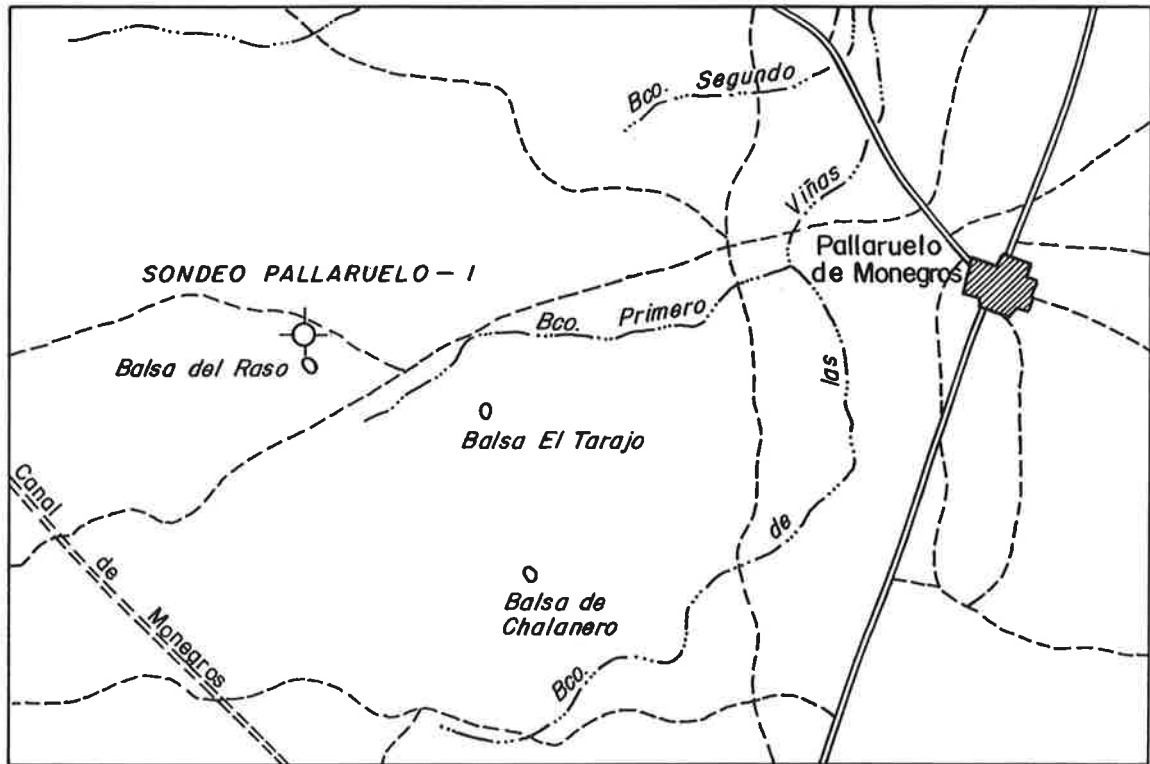
Dirección Técnica: PEDRO FIGAR VELASCO

Máquina perforadora: GARDNER-DENVER 2.500 sobre semiremolque, accionada por dos motores GM-4/71, de 107 HP cada uno. Bomba de lodos incorporada Gardner-Denver 5 ½" x 8":

- Mesa de rotación Failing de 18"
- Mastil telescópico hidráulico de 19,825 m con capacidad de 100.000 lbs.
- Cabrestante de maniobra 12 ¾ x 26". Potencia nominal de 18.000 lbs (con una línea)
- Bomba de lodos independiente OIL WELL de 7 ¼ x 14" accionada por motor Pegaso de 260 CV.
- Vibrotamiz THOMPSON

CROQUIS

CROQUIS DE SITUACION



ESCALA 1 : 25.000

2.- TRABAJOS PRELIMINARES REALIZADOS

2.- TRABAJOS PRELIMINARES REALIZADOS

La implantación del sondeo fué elegida de forma que, sin alterar las previsiones geológicas, minimizase los trabajos de acceso y explanación necesarios para un equipo de las características del GARDNER DENVER-2500 utilizado, y también, dada la posibilidad de tener pérdidas del fluido de circulación al atravesar horizontes calcáreos, que el suministro de agua fuese sencillo y abundante.

Se cogió una parcela de terreno prácticamente llano, al borde mismo de una de las amplias pistas recientemente realizadas por el IRYDA, próxima a una balsa privada de almacenamiento de agua alimentada por el cercano Canal de Monegros; las dimensiones del campo fueron de 25 x 55 m. aproximadamente.

Los trabajos realizados para el emplazamiento consistieron en la realización de la planchada de hormigón, base del equipo, de unas dimensiones de 3 x 15 m, dos balsas para lodos excavadas en el suelo, con fondo de hormigón y paredes de bloques revestidos, con unas dimensiones unitarias de 6 x 4 x 1,50 m; el acondicionamiento con zahorra del resto del campo en que se dispusieron los elementos auxiliares del equipo, vibrio, bomba, depósitos, etc. y las diferentes casetas.

Se realizó también, aprovechando las condiciones del terreno, un pequeño "bou-bier" para depositar los lodos a renovar.

El agua sin prácticamente desnivel, se aprovisionaba desde la balsa con motobomba y manguera hasta el equipo, donde se disponía de depósitos auxiliares tipo "boina".

Para el almacenamiento de los testigos se disponía en el campo de una tienda de campaña tipo obra y en el cercano pueblo de Pallaruelo de Monegros de un almacén alquilado.

**3.- DATOS DE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS
DE LA PERFORACION**

3.- DATOS DE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA PERFORACION

3.1. CARACTERISTICAS DE LA BARRENA

Dado el programa previsto para el sondeo, la perforación fue realizada en parte con obtención de testigo y en parte a tricono.

La perforación a testigo se realizó con baterfá sacastestigos de tipo K-3, de 130 mm. de diámetro nominal, con longitudes de 3,6 y 9 m., utilizando coronas de widia en los terrenos margo-arcillo-arenosos, y de diamante del mismo diámetro en los margo-calizos.

La perforación a testigo se ensanchaba periódicamente con triconos de 12" $\frac{1}{4}$ ó 8" $\frac{1}{2}$, según el programa de perforación previsto.

La perforación a tricono propiamente dicha se realizó una vez efectuada la entubación, con 9" $\frac{5}{8}$ a 420 m. y hasta el final del mismo.

Se utilizaron triconos Hughes VM 8" $\frac{1}{2}$ HL.

Se consumieron en total 4 coronas de widia y 1 de diámetro, 4 triconos de 8" $\frac{1}{2}$ y 2 de 12" $\frac{1}{4}$.

3.2. CARACTERISTICAS DE LA PERFORACION PROPIAMENTE DICHA

La perforación comenzó el día 15 de enero, con tricono de 12" $\frac{1}{4}$, con el que se realizaron 11 m. para dar cabida a la tubería y comenzar la perforación a testigo.

El avance diario, dadas las características de la perforación a testigo, es muy variable en función de la duración de la maniobra, que depende de la profundidad y de la longitud efectiva perforada que depende del acañamiento del testigo en la batería. También incidió la dificultad en algunos tramos de la extracción del testigo del tubo interior, por su plasticidad e hinchamiento que aumentaba los tiempos muertos.

La velocidad para la perforación a testigo, dependiendo de la dureza del terreno, oscilaba en un día alrededor de 1,5 - 2 m/hora, con un peso sobre el útil de 2 tn y una velocidad de rotación de 150-160 r.p.m.

En cuanto a la perforación a tricono con 8" $\frac{1}{2}$ se realizó con 100-110 r.p.m. y un peso sobre el útil de 10-12 tn. (La velocidad de penetración debe verse en el registro del GEOLOGRAPH que teneis vosotros).

No se hicieron medidas de desviación con Totco. (No se si en algunas de las múltiples sondas introducidas se habrá registrado).

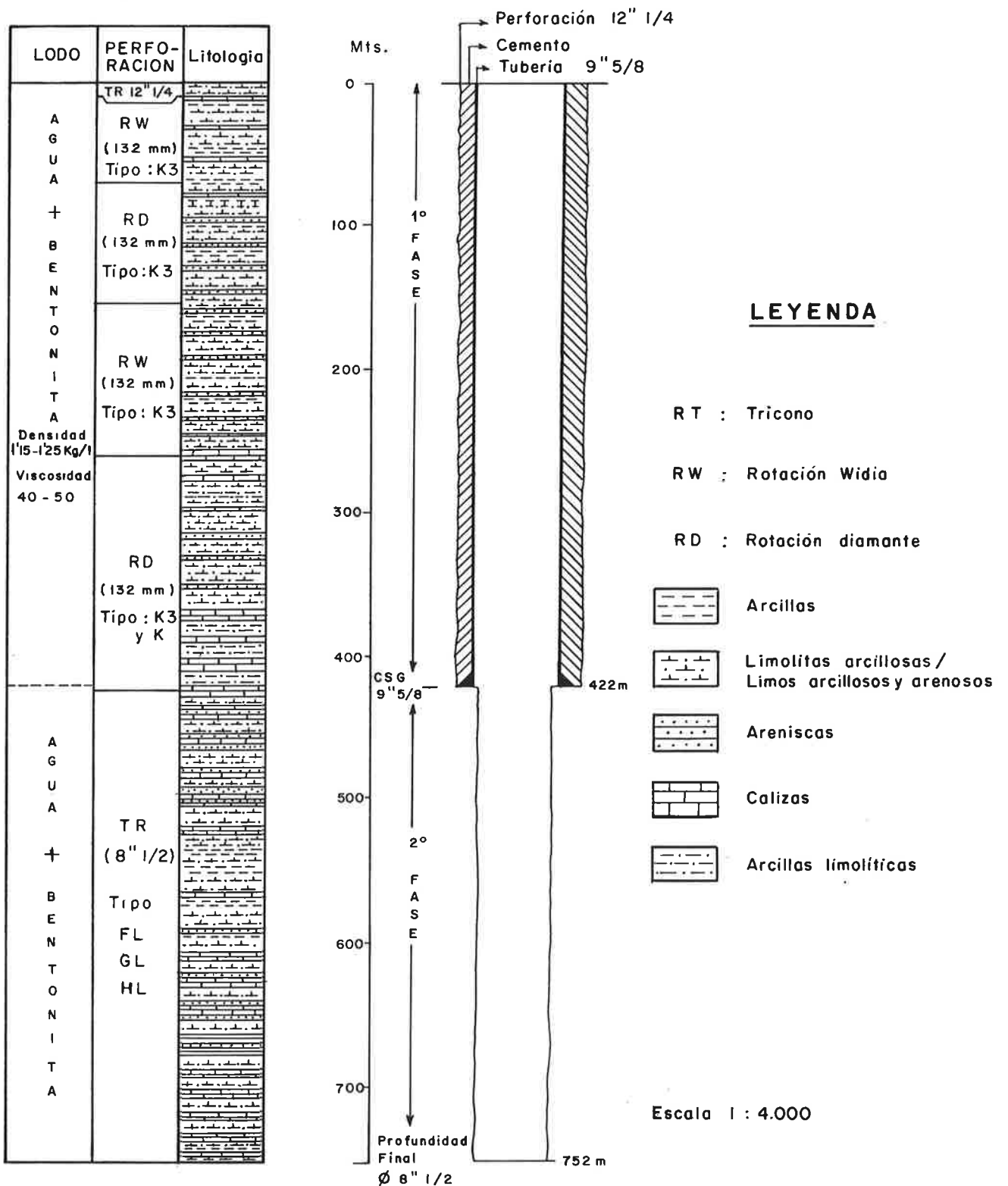
No se registraron pérdidas ni ganancias del fluido de perforación.

3.3. CARACTERISTICAS DEL LODO

Se utilizó un lodo sencillo bentonítico, con un leve tratamiento de CMC, quebracho y sosa al atravesar los horizontes expansivos.

El lodo durante la perforación a testigo se reacondicionaba después de los ensanches periódicos a 8" $\frac{1}{2}$ ó 12" $\frac{1}{4}$ y fue renovado una vez reperfurada la cementación de la columna de 9" $\frac{5}{8}$ para seguir la perforación con tricono de 8" $\frac{1}{2}$.

CARACTERISTICAS DE LA PERFORACION DEL SONDEO PALLARUELO - 1



PARAMETROS DE PERFORACION (hasta la entubación de 9"5/8)

Perforación con tricono (ensanches con triconos de 12" 1/4 y 8" 1/2)

Peso sobre el tricono: 4-5T

Revoluciones (R.P.M.): 110-120

Caudal de inyección: 1100-1200 l/m

Presión de inyección: 35 a 40 kg/cm²

Perforación con testigo (diámetro 132 mm)

Peso sobre barrena: 2-3 T

Revoluciones (R.P.M.): 120-130

Caudal de inyección: 300-400 l/m

Presión de inyección: 25-30 kg/cm²

POSICION DEL LODO (por m³ de agua)

78 kg de bentonita; 2,4 kg de brixel; 1,6 kg de sosa

NO SE REGISTRARON PERDIDAS NI GANANCIAS DE LODO DURANTE LA PERFORACION

4.- DATOS DE CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

4.- DATOS DE CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

4.1. MARCO GEOLOGICO

El marco geológico donde está situado el sondeo de Pallaruelo, lo constituyen distintas unidades litológicas del Terciario Continental de la Cuenca del Ebro.

En líneas generales los materiales que afloran en las proximidades de la perforación son, principalmente, sedimentos detríticos, areniscas, arcillas y limos, con finas intercalaciones de calizas limosas, interpretados como facies de transición entre distales de abanico aluvial y el complejo palustre-lacustres carbonatado (ampliamente explicado en el apartado de sedimentología). La edad de estas formaciones comprende al Ageniense y al Aragoniense (dentro del Mioceno Inferior).

En profundidad, los materiales atravesados pertenecen a litologías equivalentes a las descritas anteriormente, distribuidas en tramos con predominio de unas u otras facies. La edad de este conjunto comprende desde el Sueviense (Oligoceno Inferior) al Ageniense (Oligoceno superior-Mioceno inferior). Todos estos sedimentos se disponen en Ciclos en los que en la base predominan las facies detríticas y a techo los carbonatos y/o yesos.

En el Cuadro I, están representadas las unidades diferenciadas en la cartografía de las Hojas Magna, basadas en esta ciclicidad y su correlación con la columna reducida del sondeo, así como sus edades relativas. Esta correlación es bastante fiable hasta la V. de Fraga, y aproximada en las de Alfés, Castellldans y Arbeca.

4.2. DESCRIPCION LITOLOGICA DEL SONDEO

En este capítulo se hace una descripción litológica de los tramos representativos de la columna del sondeo, que se adjunta a escala 1.500. En los Anexos, puede encontrarse una descripción muy detallada que se puede consultar para observaciones puntuales de la columna.

De techo a muro se pueden diferenciar los siguientes tramos:

A) Descripción a partir de testigo (TRAMOS 1 a 10)

TRAMO 1 (De 0 a 11 m): Perforado a tricono

TRAMO 2 (De 11 a 54,80 m): Limos y limolitas calcáreas, en ocasiones arenosas, de tonos marrones, a rojizos, con intercalaciones centimétricas de calizas limosas blanquecinas y amarillentas. Niveles intercalados de 60 cm de areniscas de grano medio a grueso y beig.

Estructuras: Las limolitas y los niveles carbonatados presentan ocasionalmente laminaciones paralelas y abundante bioturbación por raíces. Delgados niveles de acumulación de materia orgánica. En un nivel arenoso estratificación cruzada planar.

Petrografía:

- a) Carbonatos: Biomicritas
- b) Areniscas: Arcosas

TRAMO 3 (De 54,80 a 95,90 m): Limos arcillosos con pasadas de arcillas, de tonos ocre, y capas intercaladas de hasta 2 m de potencia de areniscas de grano medio, aspecto masivo y muy deleznable. Hay un nivel centimétrico de caliza.

Estructuras: En las limolitas se observan ocasionalmente laminaciones paralelas. En las areniscas estratificación cruzada planar y laminación paralela.

Petrografía: a) Carbonatos: Biomicritas limosas
b) Areniscas: Litarcosas

TRAMO 4 (De 95,90 a 106,20 m): Arcillas versicolores (grises, rojas y ocre), con limos arenosos y niveles centimétricos de areniscas de grano fino a muy fino. Presencia de yeso.

Estructuras: Bioturbación por raíces

TRAMO 5 (De 106,20 a 171,60 m): Alternancia de limolitas arenosas, limos arenosos y arcillosos calcáreos de tonos rojizos y versicolores, y capas (desde escasos decímetros a 2 m de potencia), de areniscas de grano medio a fino, poco cementadas, de tonos ocre.

Estructuras: Ripples y estratificaciones cruzadas planares y granoselección positiva. En las limolitas huellas de bioturbación por raíces.

Petrografía: Sublitarenitas

TRAMO 6 (De 171,60 a 192,10 m): Arcillas y limos arcillosos y arenosos de colores rojizos y verdosos, con una capa de caliza limosa a techo, y niveles centimétricos de areniscas de aspecto masivo.

Estructuras: bioturbación

Petrografía: Biomicritas

TRAMO 7 (De 191,10 a 253,65 m): Alternancia de arcillas y limos arcillosos y arenosos con pasadas arcillosas y de calizas grises y areniscas de grano fino y muy fino, de colores pardo rojizos, grises y verdosos, localmente versicolores.

Estructuras: En las limolitas se encuentran bioturbaciones debidas a raíces. En las areniscas granoselección positiva, laminaciones paralelas y de ripples y estratificaciones cruzadas planares.

Petrografía: Litarcosas

TRAMO 8 (De 253,65 a 312,70 m): Alternancias de arcillas, arcillas limolíticas y limolitas arcillosas, pardo rojizas, grises y en tramos versicolores, con niveles de calizas arcillosas y limosas de tonos grises a gris claro. Es frecuente el relleno de grietas por yeso fibroso blanco.

Estructuras: Huellas de bioturbación por raíces, tanto en los niveles limosos como en los carbonatados. En estos últimos se observan algunas laminaciones de ripples.

Petrografía: Micritas y biomicritas con restos de caraceas; Moluscos y Ostrácodos.

TRAMO 9 (De 312 m a 368,55 m): Arcillas y limos arcillosos pardo rojizos y versicolores, con pasadas de arcillas grises y pardas e intercalaciones de capas de areniscas de grano medio, de tonos ocre y marrones. Hay yeso fibroso blanco relleno de fracturas y pequeñas grietas.

TRAMO 10 (De 368,55 a 426,55): Alternancia de capas de calizas limolíticas, de tonos grises a gris negruzcos, con pasadas de margas negras con

restos vegetales, y arcillas limolíticas rojizas y versicolores, con algunas pasadas de arenas yesíferas.

Estructuras: Se observan en los niveles carbonatados, abundante bioturbación por raíces.

Petrografía: Micritas y Biomicritas, con Caraceas, Ostrácodos y restos de Moluscos

B) Descripción a partir de ripios (TRAMOS 11 a 21)

TRAMO 11 (De 426,55 a 431,00 m): Alternancia de calizas blanquecinas y grises y arcillas limolíticas y limolitas arcillosas grises.

TRAMO 12 (De 431,00 a 454,50 m): Alternancia de areniscas grises y marrones, de grano medio a fino, y limolitas arcillosas

TRAMO 13 (De 454,50 a 489 m): Alternancia de calizas blanquecinas y beig, limolitas arcillosas y arenosas, grises, y areniscas grises y marrones, de grano fino a muy fino.

TRAMO 14 (De 489,00 a 513,50 m): Tramo marcadamente limolítico, compuesto por limolitas arcillosas calcáreas, limolitas arenosas, algún nivel fino de calizas beig y de areniscas grises. Nivel intercalado (de 495 a 497 m) de arcilla plástica marrón. Trazas de yeso blanco.

TRAMO 15 (De 513,50 a 536,00 m): Alternancia de limolitas arcillosas versicolores muy calcáreas, con pasadas de areniscas de grano fino y muy fino, con calizas blanquecinas a beig claro. Ocasionalmente niveles de yeso blanco. Hacia el muro del tramo, aumenta la proporción de caliza.

TRAMO 16 (De 536,00 m a 595,00 m): Arcillas plásticas versicolores, predominantemente rojizas, limolitas arcillosas y arenosas, con pasadas de calizas beig claro y de areniscas blanquecinas, de grano medio. Localmente niveles de yeso blanco.

TRAMO 17 (De 595,00 a 607,00 m): Arcillas plásticas pardas, con limolitas arcillosas y arenosas, versicolores y areniscas blanquecinas de grano fino a medio. Nivel fino de yeso blanco en el metro 601.

TRAMO 18 (De 697,00 a 659,00 m): Alternancia de limolitas arcillosas, localmente arenosas, de colores rojizos y grises y verdes, con calizas beig y pasadas de areniscas blanquecinas a grises. Hay niveles finos de yeso blanco y de sílex de color caramelo.

TRAMO 19 (De 659,00 m a 671,00 m): Alternancia de limolitas arcillosas y arenosas con pasadas de areniscas.

TRAMO 20 (De 671,00 m a 747,00 m): Alternancia de limolitas arcillosas y arenosas versicolores con calizas beig y calizas dolomíticas blancas con pasadas de areniscas. Hay presencia de yeso y pasadas de sílex color caramelo.

TRAMO 21 (De 747,00 a 752,00): Arcillas plásticas grises. En la base, alternancia de calizas y limolitas.

FIN DEL SONDEO.

4.3. ANALISIS SEDIMENTOLOGICO Y ESTRATIGRAFICO

En base al estudio del testigo, tanto de la litología como de las estructuras sedimentarias y biogénicas, los cambios observados en la vertical y al conocimiento

regional de la evolución de los sistemas deposicionales, que han generado los sedimentos, se puede hacer una interpretación sedimentológica de los distintos tramos reconocidos en el sondeo.

4.3.1. ENTRE 0 Y 95,50 METROS (TRAMOS 1, 2 Y 3 DE LA COLUMNA)

Estos tramos tienen una entidad, evolución vertical y potencia que permiten equipararlo a la Unidad Bujaraloz-Sariñena cartografiada en las hojas MAGNA.

En bases a techo observamos una evolución de un predominio de materiales detríticos a un dominio de limos, arcillas y calizas limosas. En la parte inferior (Tramo 3) se encuentran capas de areniscas de grano fino, que pueden presentar estratificación cruzada planar o bien aspecto masivo, entre materiales arcilloso-limosos. Hacia el techo (desde el m. 60 hasta la superficie) van aumentando los tramos arcillosos y limosos carbonatados con capas de caliza limosa en general muy bioturbadas. Es en estas partes superiores donde la bioturbación y las perforaciones por raíces son mas abundantes.

En base a estos datos y al conocimiento de la unidad en la propia hoja de Lanaja, podemos interpretarla como constituida por sedimentos correspondientes a facies distales de abanico aluvial (facies distales de ríos meandriformes) en la base y que evolucionan a un complejo palustre-lacustre carbonatado hacia techo.

4.3.2. ENTRE 96 Y 171,60 METROS (TRAMOS 4 Y 5 DE LA COLUMNA)

Estos tramos de 75 metros de potencial total lo consideramos equivalente a la Unidad Galocha-Ontiñena). Esta unidad está constituida por un tramo detrítico inferior y otro carbonatado superior. En la columna del sondeo reconocemos la misma tendencia desde la base hacia el techo, si bien el tramo carbonatado superior no existe como tal.

De hecho en la vecina hoja de Sariñena este tramo superior va perdiendo entidad, desde el E hacia el W al acercarnos a la zona del sondeo, y va siendo equivalente a un tramo más arcilloso con abundante bioturbación.

Desde la base del tramo, que se halla por encima de un nivel carbonatado techo del tramo inferior, hasta el techo se observa un paso desde facies detríticas hasta un subtramo superior arcilloso. Entre los 171,60 y los 106 m podemos reconocer capas de arenisca de grano fino, de color ocre, con estratificación cruzada planar a mediana escala o aspecto masivo. Estas capas de arenisca se hallan intercaladas entre limos arenosos ocasionalmente bioturbados. En la parte inferior las capas de arenisca son mas potentes que hacia la parte superior.

Entre los 106 y los 96 m. existe un subtramo constituido por arcillas versicolores y limos arenosos con abundantes señales de bioturbación y perforación por raíces.

En base a todos los datos disponibles deducidos que se trataría de sedimentos correspondientes a facies distales de abanico aluvial (en la base) que hacia techo sufrirían una distalización sin llegar a desarrollarse un complejo palustre-lacustre al estilo del a Unidad Bujaraloz-Sariñena.

4.3.3. ENTRE 171,60 Y 253,65 METROS (TRAMOS 6 Y 7 DE LA COLUMNA)

Estos tramos los identificamos como pertenecientes a la Unidad Barranco de Valcuerna-Alcolea de Cinca, de las hojas MAGNA.

La parte inferior de la unidad (entre 191 y 253 metros) está constituida por una alternancia de capas de arenisca y arcillas o limos arenosos/arcillosos. Las areniscas son de grano fino o muy fino y color ocres. Pueden presentar estratificación cruzada planar, granoselección positiva y en ocasiones laminación paralela. Los

niveles arcillosos y limosos pueden presentar signos de bioturbación y de perforación por raíces.

Entre los 191 y los 171,50 metros se aprecia un aumento de las facies pelíticas (limos y sobre todo arcillas rojizas) que culminan con un nivel métrico de caliza limosa con ligera bioturbación.

La interpretación que damos para esta unidad es similar a la expuesta para el tramo comprendido entre los 0 y 95 metros. Los sedimentos de la parte inferior (media corresponderían a facies distales de abanico aluvial. Estos materiales evolucionarían hacia los de la parte superior correspondientes a facies palustres y palustre-lacustre.

4.3.4. ENTRE 253,65 Y 368,55 METROS (TRAMOS 8 Y 9 DE LA COLUMNA)

Estos tramos de 113 m de potencia lo consideramos equivalente a la Unidad Mequinenza-Ballobar, de las hojas Magna.

La parte inferior de esta unidad (entre 368,55 y 311 m) está constituida mayoritariamente por limos arcillosos y arcillas limolíticas versicolores con abundantes signos de bioturbación. Dentro de este sedimento pelítico distinguimos capas de arenisca de grano fino-medio, de colores ocre y aspecto masivo, donde no se distinguen estructuras sedimentarias.

Entre los 311 m y los 253,3 m el sedimento está dominado por limos arcillosos y arcillas limosas ligeramente carbonatadas. Estos sedimentos pelíticos son de colores grises a pardo rojizos. Entre ellos se interstratifican capas decimétricas de calizas limosas con perforaciones de raíces y abundante bioturbación. En esta parte superior de la unidad hay niveles de yeso fibroso rellenando delgadas grietas verticales y subverticales.

Los sedimentos de la parte inferior de la unidad corresponderían a partes distales de abanico aluvial y los de la parte superior a un complejo lacustre palustre carbonatado. Se puede observar que se mantiene una buena correlación entre este tramo y la Unidad Ballobar reconocida en superficie, en las hojas de fraga y Mequinenza.

4.3.5. ENTRE 368,55 Y 489 METROS (TRAMOS 10, 11, 12 Y 13 DE LA COLUMNA)

Este grupo de 120 m de potencia lo consideramos equivalente a la Unidad de Fraga de las hojas MAGNA.

La parte inferior (tramos 12 y 13) está constituida por una alternancia de areniscas y limolitas arcillosas con intercalaciones de calizas.

La parte superior (tramos 10 y 11) está formada por una alternancia de calizas limolíticas grises y negruzcas y arcillas y limolitas rojizas y versicolores.

Salvo en el tramo 10 (perforado a testigo continuo) que presentan huellas de bioturbación por raíces, en el resto de la columna (perforado con tricono) no se tiene constancia de estructuras sedimentarias

Los sedimentos de la parte inferior corresponderían a partes distales de abanico aluvial y los de la parte superior a un complejo lacustre palustre carbonatado.

4.3.6. ENTRE 489 Y 595 METROS (TRAMOS 14, 15 Y 16 DE LA COLUMNA)

Este grupo litológico de 106 m de potencia lo consideramos equivalente a la Unidad de Alfés de las hojas Magna.

Está constituido en la parte superior e inferior por tramos marcadamente limolíticos y arcillosos con intercalaciones carbonatadas y arenosas. En la parte media los niveles carbonatados aumentan su proporción.

Según las características de este sedimento nos hallamos ante un complejo lacustre-palustre. Los niveles detríticos intercalados se han interpretado en las columnas levantadas en la hoja de Lérida como facies lacustres siliciclásticas.

4.3.7. ENTRE 595 Y 659 METROS (TRAMOS 17 Y 18 DE LA COLUMNA)

Estos tramos los identificamos como pertenecientes a la Unidad Castellidans de las hojas Magna.

Estan formados por una sucesión de limolitas arcillosas y arenosas y arcillas, con intercalaciones carbonatadas y arenosas, predominando las primeras hacia la base y las segundas hacia el techo.

Se interpretan estos materiales como pertenecientes a un complejo lacustre-palustre, con pasadas detríticas de depósitos lacustres siliciclásticos.

4.3.8. ENTRE 659 Y 752 METROS (TRAMOS 19, 20 Y 21 DE LA COLUMNA)

Este grupo de 93 metros lo identificamos como perteneciente a la Unidad de Arbeca de las hojas Magna.

Está formado por una alternancia de limolitas arcillosas y arenosas versicolores y arcillas grises con niveles de calizas y pasadas arenosas.

Se interpretan como depósitos de un complejo lacustre-palustre.

CONCLUSIONES:

Dentro de este conjunto sedimentario se podrían diferenciar dos grandes grupos o MEGACICLOS:

MEGACICLO DEL OLIGOCENO INFERIOR

Formado por los Ciclos de Arbeca, Castellans y Alfés, constituidos mayoritariamente por limolitas y arcillas con intercalaciones carbonatadas, que representan una sedimentación de facies lacustres-palustres. La evolución de estos sistemas deposicionales del Oligoceno inferior presentan una distalidad desde el SE al NO.

MEGACICLO DEL OLIGOCENO SUPERIOR-MIOCENO

Formado por los Ciclos de Fraga, Mequinenza, Bco. de Valcuerna, Galocha y Bujaraloz, dentro de los cuales se diferencian a grandes rasgos en cada uno de ellos, un tramo inferior detrítico y otro superior carbonatado, que corresponden los primeros a materiales distales de abanicos aluviales y los segundos a facies palustres y palustre-lacustre.

cuadro I

EDAD		UNIDADES	COLUMNA - TRAMOS		
MIOCENO	ARAGON	U. BUJARALUZ - SARIÑENA	2	0 m.	
	AGENIENSE	U. GALOCHA - ONTIÑENA	3	100 m.	
			4		
			5		
OLIGOCENO	ARVERNIENSE	U. TORRENTE DE CINCA - ALCOLEA DE CINCA	6	200 m.	
			7		
			8	300 m.	
			U. MEQUINENZA - BALLOBAR	9	400 m.
			U. FRAGA	10	
				11-12	
	SUEVIENSE - ARVERNIENSE		U. ALFES	13	500 m.
				14	600 m.
				15	
			U. CASTELLDANS	16	
			17		
		U. ARBECA	18	700 m.	
			19	752 m.	
			20		
			21		

CUADRO I.- Correlación entre las Unidades de las Hojas Magna y la columna del sondeo.

**5.- ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE
LOS TESTIGOS OBTENIDOS**

5.- ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE LOS TESTIGOS OBTENIDOS

El muestreo que se ha realizado con el testigo obtenido en el sondeo de Pallaruelo I, ha tenido como finalidad cuatro tipos de ensayos:

- Estudios petrográficos
- Estudios mineralógicos de arcillas
- Estudios geomecánicos
- Estudios de ripios

5.1. ESTUDIOS PETROGRAFICOS

Al realizar el estudio sedimentológico de la columna del sondeo, se seleccionaron 32 muestras para su estudio petrográfico en lámina delgada.

En este apartado se resumen las características más importantes de cada muestra, para mayor detalle consultar el Anexo de Muestras.

5.1.1. ANALISIS DE CALIZAS

MUESTRA	PROFUNDIDAD	COMPOSICION %				DESCRIPCION
		CUARZO	FOSILES	PELETS	MICRITA	
29-14-GS-AH-01T	13 m	10	15	12	61	Biomicrota limosa
29-14-GS-AH-02T	28 m	4	15	3	74	Biomicrota (ostrácodos y oogonios)
29-14-GS-AH-04T	68 m	4	18	5	64	Biomicrota limosa (oogonios y restos de Moluscos)
29-14-GS-AH-06T	87 m	2	15	5	67	Biomicrota algo limosa (ostrácodos, oogonios)
29-14-GS-AH-12T	172 m	2	5	3	86	Biomicrota (Caráceas y Gasterópodos)
29-14-GS-AH-14T	209 m	-	80	-	18	Biomicrota (tallos de caráceas)
29-14-GS-AH-17T	254 m	-	5	-	91	Micrita
29-14-GS-AH-18T	266 m	-	-	-	80	Micrita arcillosa
29-14-GS-AH-19T	269 m	-	-	-	-	Yeso alabastrino
29-14-GS-AH-20T	275 m	3	40	3	51	Biomicrota (Caráceas, Ostrácodos, Moluscos)
29-14-GS-AH-21T	284 m	-	-	-	15	Yeso secundario
29-14-GS-AH-22T	303 m	4	40	8	43	Biomicrota (Caráceas, Moluscos, Ostrácodos)
29-14-GS-AH-25T	329 m	4	8	-	78	Micrita
29-14-GS-AH-28T	369 m	-	50	-	48	Biomicrota (Caráceas, Ostrácodos, Moluscos)
29-14-GS-AH-29T	383 m	15	-	-	82	Micrita
29-14-GS-AH-30T	406 m	8	-	-	35	Anhidrita
29-14-GS-AH-31T	406 m	2	15	-	81	Biomicrota (Caráceas, Ostrácodos)

5.1.2. ANALISIS DE ARENISCAS

MUESTRA	PROFUNDIDAD	COMPOSICION %			DESCRIPCION
		CUARZO	FELD. K	FELD. Ca-Na	
29-14-GS-AH-03T	31 m	38	15	10	Arcosa
29-14-GS-AH-05T	65 m	26	15	10	Litarcosa algo limosa
29-14-GS-AH-07T	95 m	25	14	10	Litarcosa
29-14-GS-AH-08T	117 m	25	10	10	Arenisca limo-arcillosa
29-14-GS-AH-09T	119 m	27	10	10	Limolita arenosa
29-14-GS-AH-10T	153 m	25	15	5	Sublitarenita
29-14-GS-AH-11T	169 m	30	15	15	Litarenita feldespática
29-14-GS-AH-13T	196 m	24	12	10	Litarcosa
29-14-GS-AH-15T	219 m	20	7	7	Limolita
29-14-GS-AH-16T	251 m	23	8	8	Arenisca limo-arcillosa
29-14-GS-AH-23T	315 m	23	15	-	Litarenita con cemento yesífero
29-14-GS-AH-24T	325 m	28	15	-	Litarenita
29-14-GS-AH-26T	349 m	30	15	-	Limolita
29-14-GS-AH-27T	364 m	24	8	-	Litarenita
29-14-GS-AH-32T	425 m	31	10	-	Limolita arenosa

5.2. ESTUDIOS MINERALOGICOS DE ARCILLAS

Los resultados obtenidos en el estudio de las siete muestras del sondeo Pallaruelo, se relacionan a continuación, referidos a las dos litofacies diferenciadas en él, según criterios "de visu". Los números de identificación de las muestras corresponden a la profundidad a que fueron tomadas.

LITOFACIES - I (margas marrones y rojizas): muestras 497, 565, 573, 591
y 605

Mineralogía global:

Filosilicatos (38-59%) > Calcita (25-35%) > (Cuarzo + Feldespatos) (10-19%)
> Dolomita (3-15%) >> Yeso (<1%).

Mineralogía de la arcilla (< 2 μm .)

Illita-mica (27-45%) >> Caolinita (4-7%) \approx Esmectita (0-6%) \approx Interestratificado clorita-esmectita (2-5%)

LITOFACIES - II (margas grises verdosas): muestras 747 y 749

Mineralogía global:

Calcita (29-66%) > Filosilicatos (22-28%) > Dolomita (5-21%) > (Cuarzo + feldespatos) (5-17%) > Yeso (2-6%).

Mineralogía de la arcilla (< 2 μm .)

Illita-mica (11-20%) > Esmectita (4-5%) \approx Interestratificado clorita-esmectita (3-4%) \approx Caolinita (2%).

MINERALOGIA GLOBAL (RESUMEN)

MUESTRA	Q	Fd	Ca	Dol.	Filosilicatos				Otros
					Sm	Cl-Sm	Mica	K	
497	9	10	33	10	-	2	32	4	
565	8	3	30	8	6	4	36	5	(Y id)
573	8	5	25	3	3	5	44	7	(Y id. Anh. id.)
591	10	1	35	15	5	2	27	5	(Y id. Anh. id.)
605	7	3	23	7	4	4	45	6	(Y, 1)
747	4	1	66	5	5	4	11	2	(Y, 2)
749	15	2	29	21	3	2	20	2	(Y, 6)

id. indicios

Y yeso

Anh anhidrita

Muestra 497:

La composición mineralógica total de la muestra sin fragmentos, obtenida a partir de los diagramas de rayos X es la siguiente:

Cuarzo	9%
Feldespatos	10%
Calcita	33%
Dolomita	10%
Int. Cl-Sm	2%
Micas-Illita	32%
Caolinita	4%

Se ha observado también la existencia de yeso.

El interestratificado (Int. Cl-Sm) está formado por clorita y esmectita en proporciones similares. Es de tipo irregular, no detectándose en rayos X ningún superorden.

Muestra 565:

La composición mineralógica total de la muestra sin fragmentos, obtenida a partir de los diagramas de rayos X es la siguiente:

Cuarzo	8%
Feldespatos	3%
Calcita	30%
Dolomita	8%
Esmectita	6%
Int. Cl-Sm	4%
Micas-Illita	36%
Caolinita	5%

Se han observado también indicios de yeso.

Muestra 573:

La composición mineralógica total de la muestra sin fragmentos, obtenida a partir de los diagramas de rayos X es la siguiente:

Cuarzo	8%
Feldespatos	5%
Calcita	25%
Dolomita	3%
Esmectita	3%
Int. Cl-Sm	5%
Micas-Illita	44%
Caolinita	7%

Se han observado además indicios de yeso y anhidrita.

Muestra 591:

La composición mineralógica total de la muestra sin fragmentos, obtenida a partir de los diagramas de rayos X es la siguiente:

Cuarzo	10%
Feldespatos	1%
Calcita	35%
Dolomita	15%
Esmectita	5%
Int. Cl-Sm	2%
Micas-Illita	27%
Caolinita	5%

Se han detectado también yeso y anhidrita.

Muestra 605:

La composición mineralógica total de la muestra sin fragmentos, obtenida a partir de los diagramas de rayos X es la siguiente:

Cuarzo	7%
Feldespatos	3%
Calcita	23%
Dolomita	7%
Esmectita	4%
Int. Cl-Sm	4%
Micas-Illita	45%
Caolinita	6%

Se ha observado también la presencia de yeso ($\approx 1\%$).

Muestra 747:

La composición mineralógica total de la muestra sin fragmentos, obtenida a partir de los diagramas de rayos X es la siguiente:

Cuarzo	4%
Feldespatos	1%
Calcita	66%
Dolomita	5%
Esmectita	5%
Int. Cl-Sm	4%
Micas-Illita	11%
Caolinita	2%
Yeso	2%

Muestra 749:

La composición mineralógica total de la muestra sin fragmentos, obtenida a partir de los diagramas de rayos X es la siguiente:

Cuarzo	15%
Feldespatos	2%
Calcita	29%
Dolomita	21%
Esmectita	4%
Int. Cl-Sm	3%
Micas-Illita	18%
Caolinita	2%
Yeso	6%

5.3. ESTUDIOS GEOMECHANICOS

Pendiente de realizar ensayos.

5.4. ESTUDIOS DE RIPIOS

A partir de los 426,5 m se empezó a perforar con tricono cada 2 m. se recogió una muestra del ripio, una mitad se procedía a lavarla y secarla para su examen mediante lupa binocular y descripción detallada del geólogo, y la otra mitad se guardaba en bolsa de plástico, convenientemente identificada, y se almacenaba en cajas en las que figuran las cotas de las bolsas extremas. Las muestras lavadas también se almacenaban en cajas una vez realizado el correspondiente estudio.

La descripción de estas muestras figuran en la columna del sondeo.

6.- GEOFISICA

6.- GEOFISICA

Los estudios de Geofísica relacionados con el sondeo Pallaruelo-1 abarcan dos etapas: una previa, en la que se realizaron dos campañas de Sondeos Electromagnéticos, y otra posterior consistente en el registro de las diagraffas del sondeo.

Se describe a continuación todo lo relacionado con las campañas de Sondeos Electromagnéticos y, posteriormente, los aspectos referentes a la testificación geofísica del sondeo.

6.1. SONDEOS ELECTROMAGNETICOS

Los trabajos de geofísica previos a la implantación del sondeo Pallaruelo-1 han sido los siguientes:

- Una campaña de reconocimiento general por medio de Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempos (SEDT), cuyos trabajos consistieron en la realización de 107 SEDT, con bucle de 300 x 300 m, distribuidos a lo largo de dos perfiles, P-1 y P-2, orientados SW-NE y WNW-ESE, respectivamente. Los perfiles se cruzan sobre el SEDT-13 situado unos 500 metros al Sur del sondeo Monegrillo-1. Los SEDT están separados entre sí 750 metros. Los trabajos de campo se llevaron a cabo entre los meses de Julio y Octubre de 1990 (ver planos de situación).
- Una campaña posterior de detalle, llevada a cabo en la zona próxima al punto de implantación del sondeo Pallaruelo-1, en la que se realizaron 29 SEDT, implantados sobre 13 puntos, utilizando bucles de 50 x 50 m, 100 x 100 m, 300 x 300 m y 400 x 400 m. Los trabajos de campo se llevaron a cabo en la primera quincena de Diciembre de 1990 (ver figura de situación nº 1).

6.1.1. CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO GENERAL

El modelo utilizado en el procesado de los datos (3 tramos resistivos + 2 tramos conductores intercalados) fue extraído de la información disponible de los sondeos petroleros Monegrillo-1 y Sariñena-1.

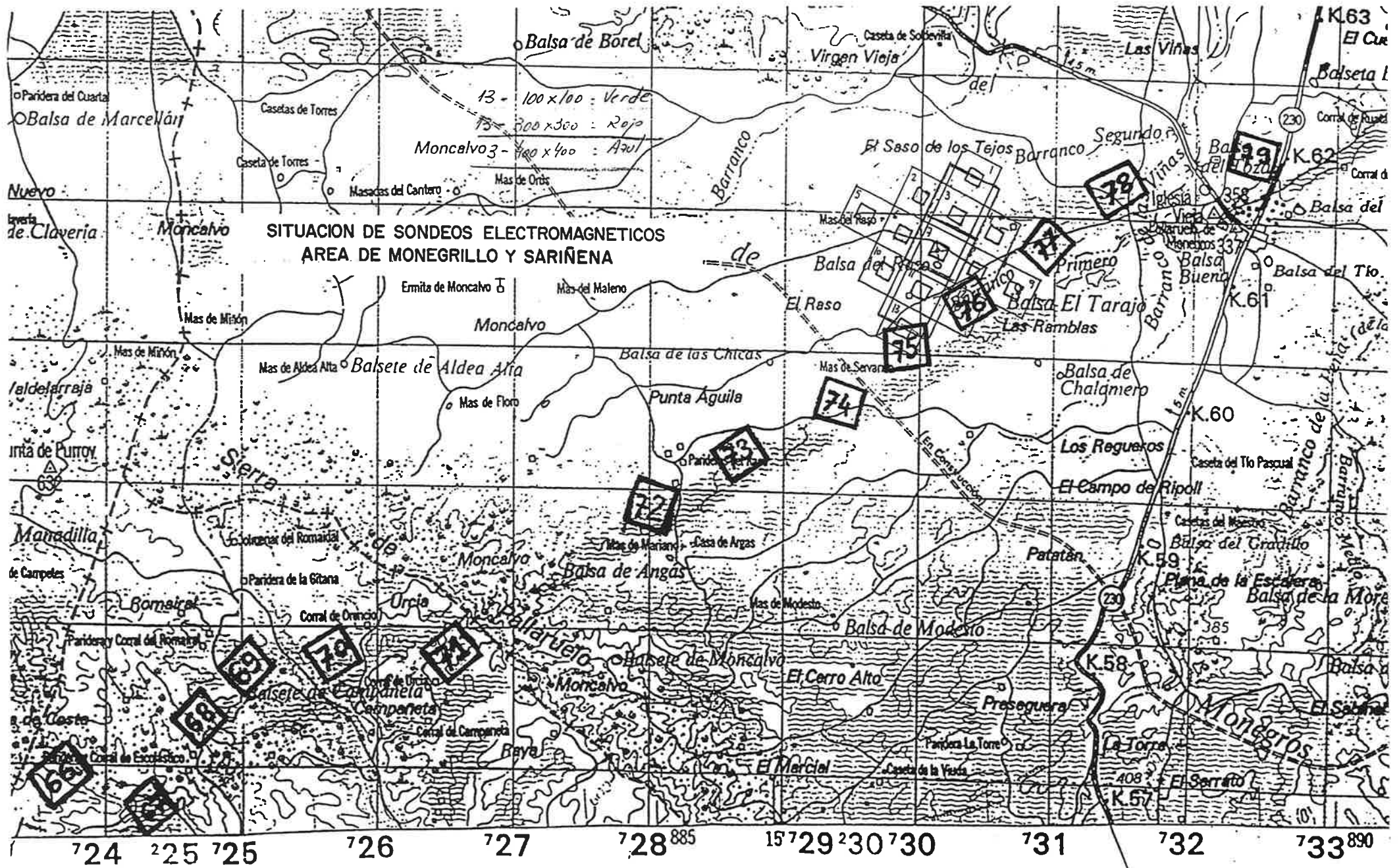
Los resultados obtenidos de la correlación del procesado individual de cada SEDT se muestran sobre el plano nº 1 de cortes geoelectricos. Sobre este documento geofísico, efectuado en Noviembre de 1990 y utilizado como documento de trabajo para ayudar a la implantación de los sondeos, puede seguirse la evolución de los tramos resistivos y conductores a lo largo de toda el área estudiada.

Este documento fue contrastado con la información sísmica disponible implantando algunos tramos de los perfiles de SEDT sobre líneas sísmicas.

Los resultados de ambas investigaciones son concordantes en líneas generales. Salvando las diferencias de respuesta entre ambos, como consecuencia de que cada uno mide, o responde, a magnitudes físicas diferentes, es patente la coincidencia en la situación de algunos contactos, buzamientos, presencia de discontinuidades, etc.

La atención de la investigación se centra en el seguimiento de los dos tramos conductores detectados que, en buena lógica, deben corresponder a los tramos con mayor contenido arcilloso. El tramo conductor más superficial es fácilmente detectable por todos los SEDT y de él se ha podido realizar un seguimiento a lo largo de todos los perfiles.

Por simple inspección de los perfiles geoelectricos se observa una evolución del valor de la resistividad de este tramo que pasa de valores del orden de 5 ohm-m



CASTEJÓN DE MONEGROS 9 KM.

en la parte Norte del perfil 1 (sector de Sariñena-1) a valores próximos a 1 ohm-m en el extremo Sur (sector de Monegrillo-1).

Se han coloreado sobre el perfil cuatro zonas significativas que dan cuenta de la evolución de los valores de resistividad, variando del amarillo (más conductor) al rojo (más resistivo). Se acompaña asimismo un gráfico (figura nº 2) en el que se puede apreciar una curva de resistividad aparente representativa de cada una de las zonas señaladas: La evolución, de Norte a Sur, es como sigue:

Zona del Sondeo SARIÑENA-1 (SEDT 96 al 107).

Presenta valores de resistividad entre 3.7 y 6 ohm-m, siendo en más del 90% de los puntos la resistividad superior a 4 ohm-m. El sondeo Sariñena-1, por otra parte, confirma la no presencia de tramos arcillosos importantes.

Zona del Sondeo PALLARUELO-1 (SEDT 76 al 78).

Los valores de resistividad oscilan entre 2 y 2.2 ohm.m. El sondeo Pallaruelo-1 presenta un tramo más arcilloso que concuerda perfectamente con las previsiones avanzadas por el estudio geofísico previo.

Entre el SEDT 65 y el SEDT 95 el rango de resistividades es de 1.7 ohm-m y 2.4 ohm-m, estando más del 90% de los valores comprendidos entre 1.8 y 2.2 ohm-m (ver histograma de frecuencias adjunto).

Zona del Sondeo MONEGRILLO-1 (SEDT 11 al 14)

Resistividades entre 1.3 y 1.6 ohm-m. La información extraída de las diagrfías del sondeo Monegrillo-1, manifiestan la presencia de formaciones más arcillosas que las encontradas en el sondeo Pallaruelo-1.

PALLARUELO

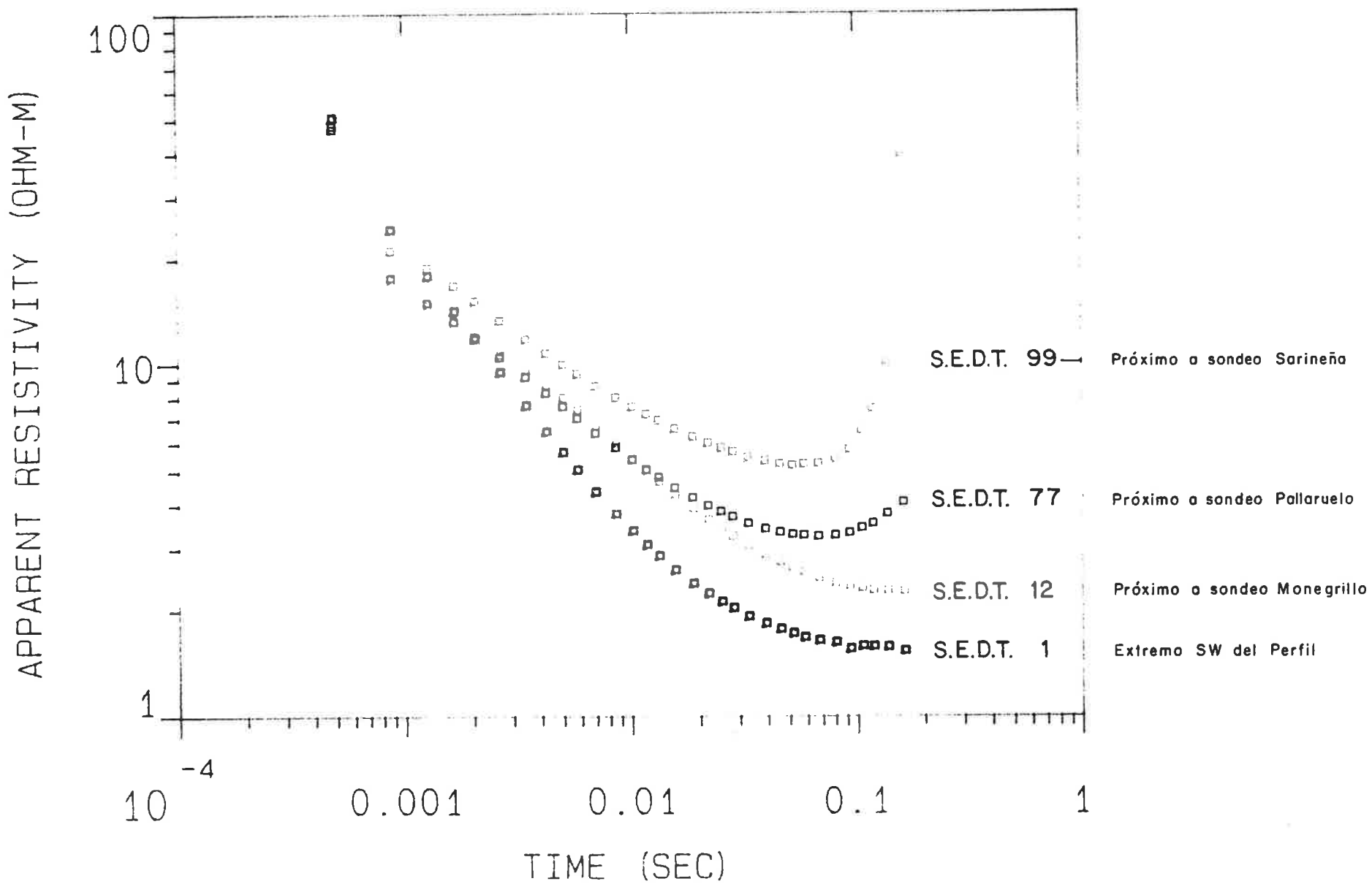


FIGURA N° 2

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS: ZONA S, PALLARUELO (SEDT 65 AL 95)

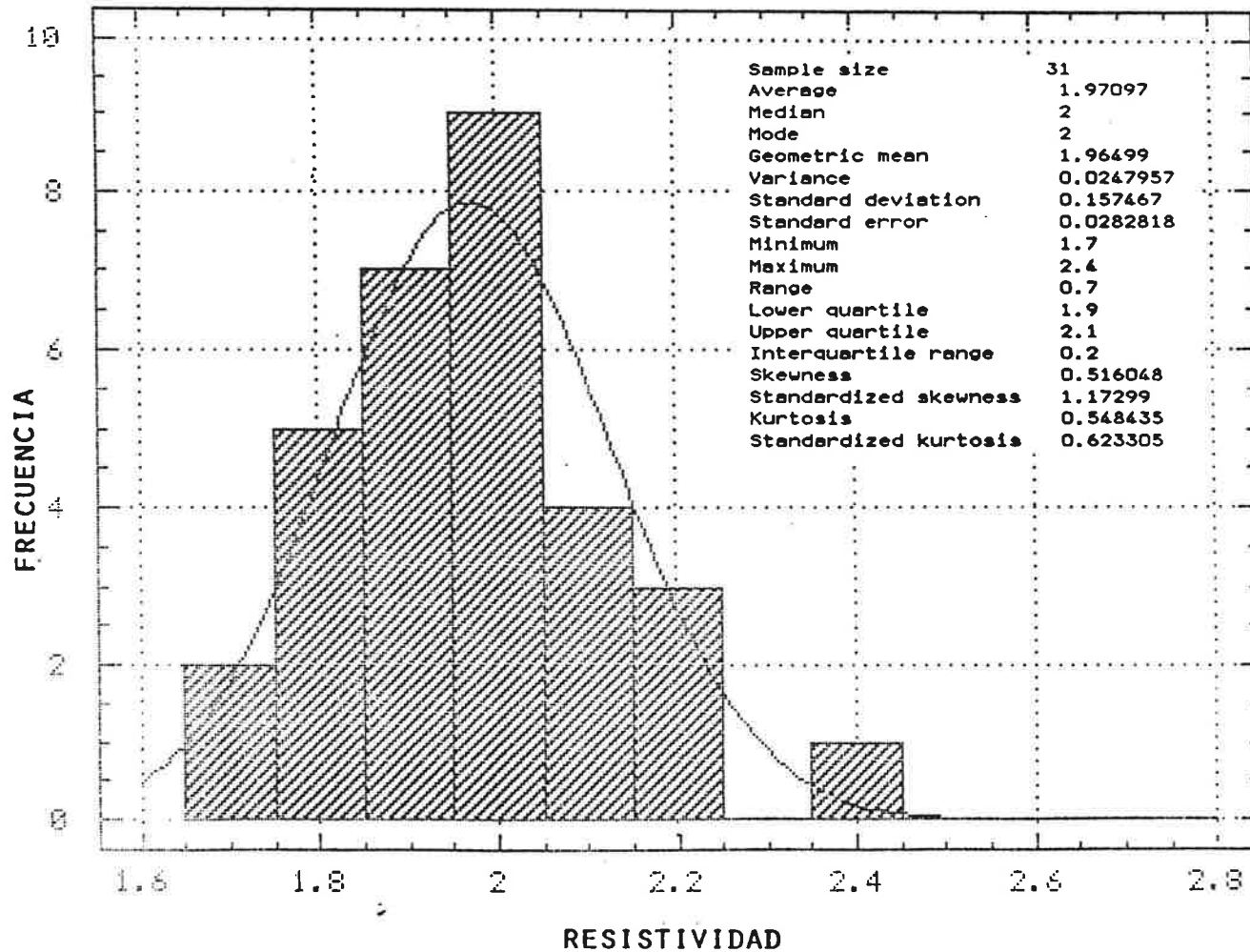


FIGURA N° 3

Zona del SEDT-1

La resistividad es de 1 ohm-m. entre los SEDT-1 al SEDT-5, con un lento pero continuo aumento de la resistividad al avanzar en dirección hacia el sondeo Monegrillo-1.

Como resumen muy general puede decirse que hay un aumento más o menos gradual, pero continuo, de los valores de resistividad del tramo arcilloso superficial al progresar, en dirección Norte sobre el perfil 1, los valores de resistividad desde 1 ohm-m hasta 5 ohm-m. Las curvas de SEDT que se reflejan en la figura n° 2 dan una visión cualitativa pero expresiva de esta evolución.

Esta evolución es atribuible de acuerdo con los principios físicos que rigen la respuesta del método, a una disminución de la fracción arcillosa del tramo en dirección Norte.

La información disponible hasta el momento extraída de los sondeos Monegrillo-1, Pallaruelo-1 y Sariñena-1, así como la propia geología de superficie, confirman estos resultados.

6.1.2. CAMPAÑA DE DETALLE

Los resultados más importantes relacionados con esta campaña, cuyos registros se llevaron a cabo en Diciembre de 1990, están contenidos en los cortes geoléctricos de la figura 1.

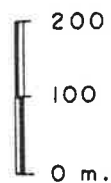
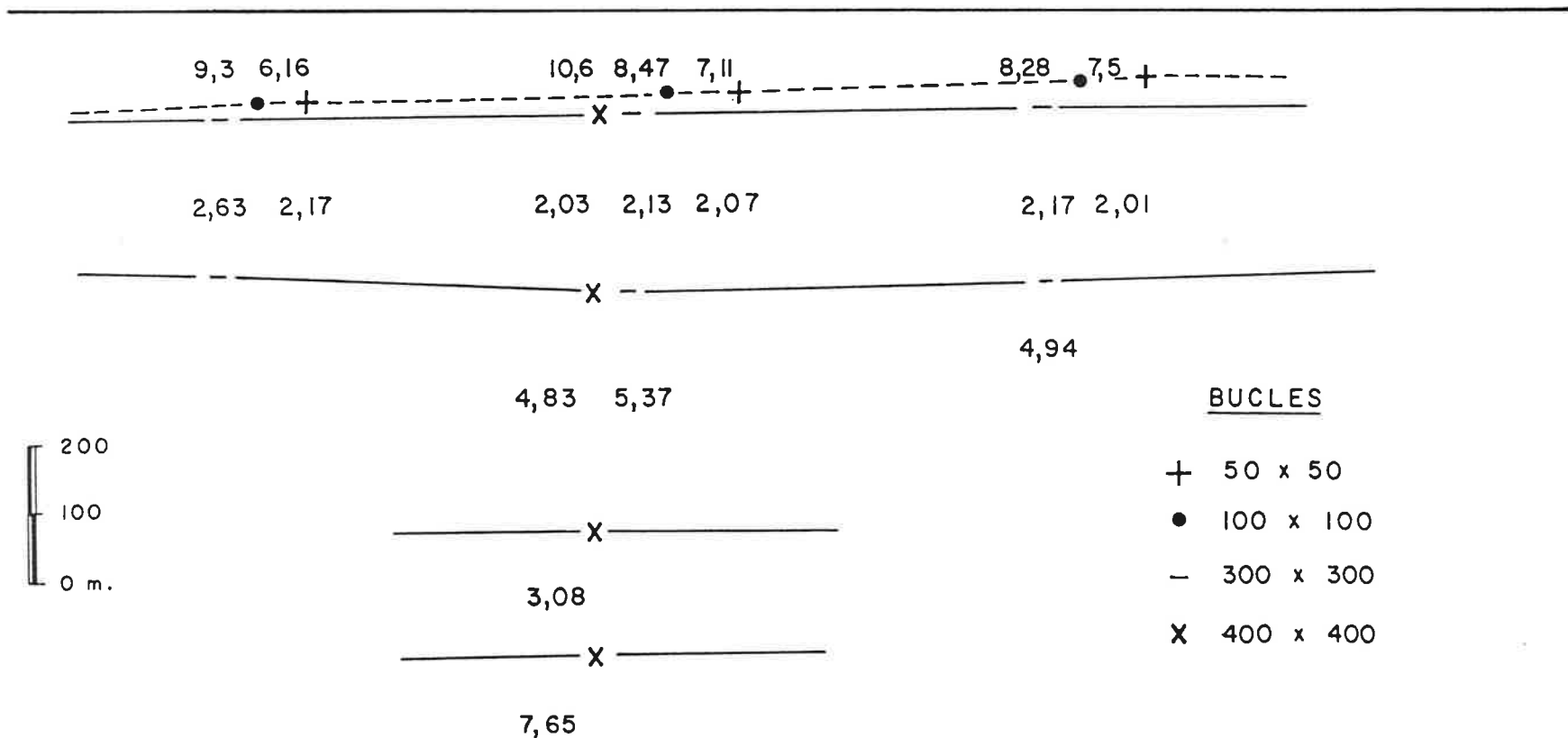
Estos cortes (ver figuras 4 y 5) fueron utilizados en la confección del programa de perforación definitiva, llevada a cabo la segunda semana de Enero de 1990.

SONDEO PALLARUELO

⑥

⑦

⑧



BUCLAS

- + 50 x 50
- 100 x 100
- 300 x 300
- X 400 x 400

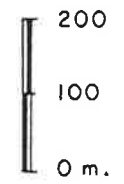
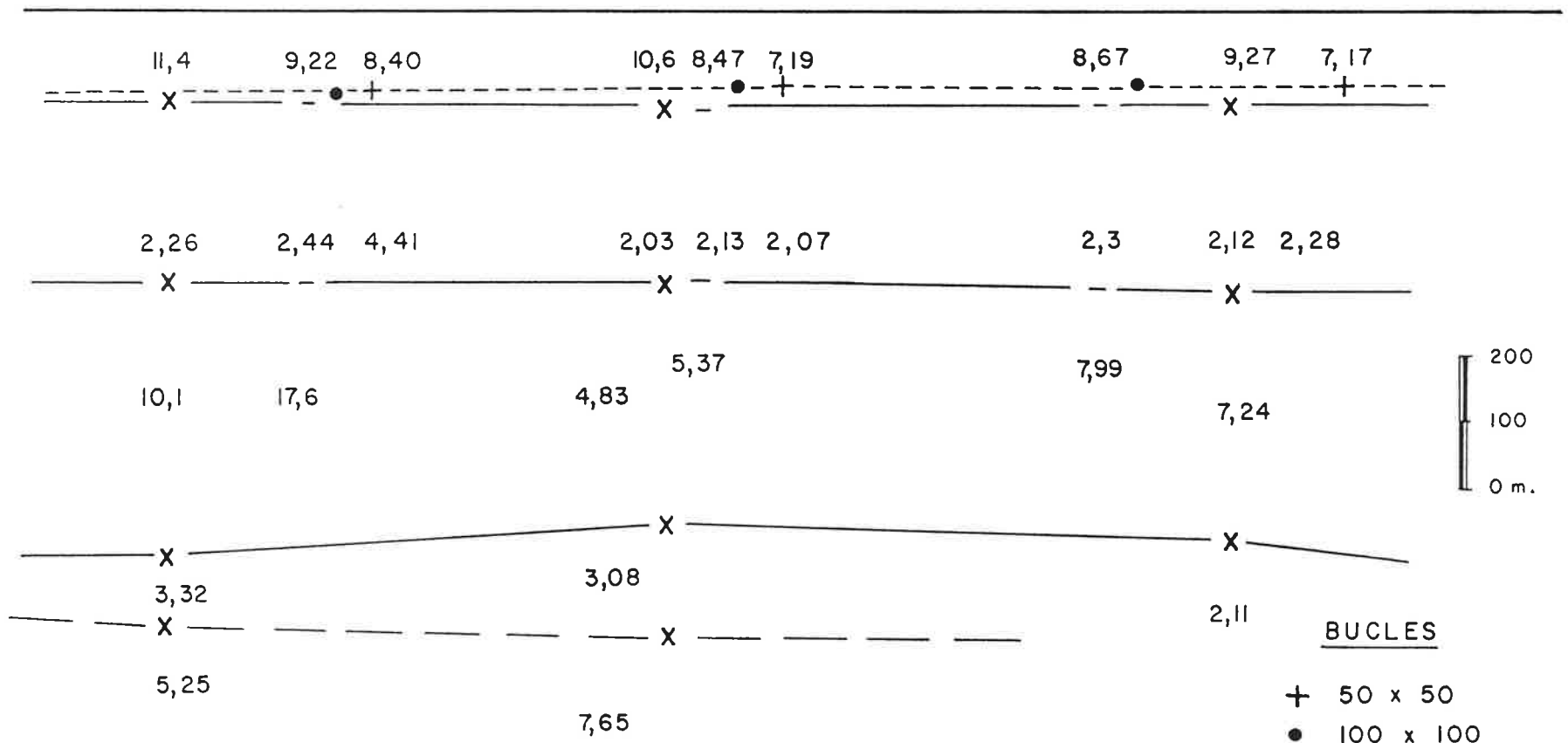
Escalas
H. 1: 5.000
V. 1: 10.000

SONDEO PALLARUERO

③

⑦

⑪



BUCLES

- + 50 x 50
- 100 x 100
- 300 x 300
- X 400 x 400

Escalas
 H. 1: 5.000
 V. 1: 10.000

En ellos se observa una distribución de resistividades análoga a la obtenida en los perfiles de la campaña anterior. La correlación entre los contactos delimitados en cada SEDT es muy buena.

Se incluye un gráfico (figura nº 6) en el que se representan las curvas correspondientes a todos los SEDT medidos sobre el emplazamiento del sondeo Pallaruelo, y los resultados obtenidos en el procesado de cada SEDT individualmente (figuras nº 7 a 12).

Es fácil comprobar que los SEDT de bucle 50 x 50 m y 100 x 100 m son capaces de resolver un contacto a aproximadamente 110 m de profundidad que, a priori, no se detecta con los bucles de 300 x 300 m y 400 x 400 m.

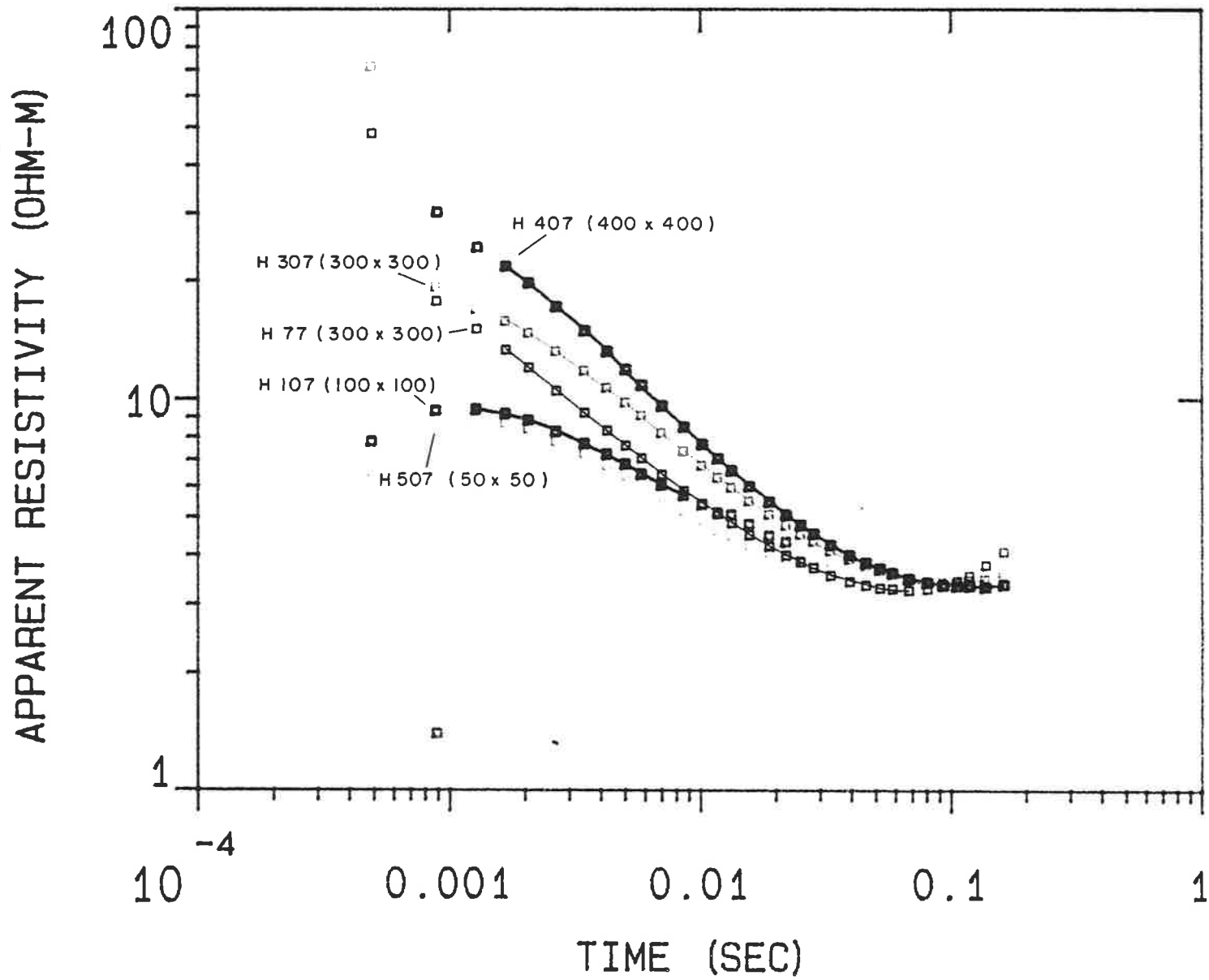
Este contacto, que parece corresponder a la Formación Galocha, se observa claramente en los registros de radiactividad natural y resistividad obtenidos con el equipo de diagrafias CENTURY.

Este fenómeno viene a confirmar que en los bucles de menor tamaño se obtienen medidas de mayor resolución en los metros superiores, derivadas de la menor dimensión del bucle y acortamiento de la rampa de disparo. Es inevitable, por otra parte, la pérdida de penetración como consecuencia de la disminución de la energía emitida.

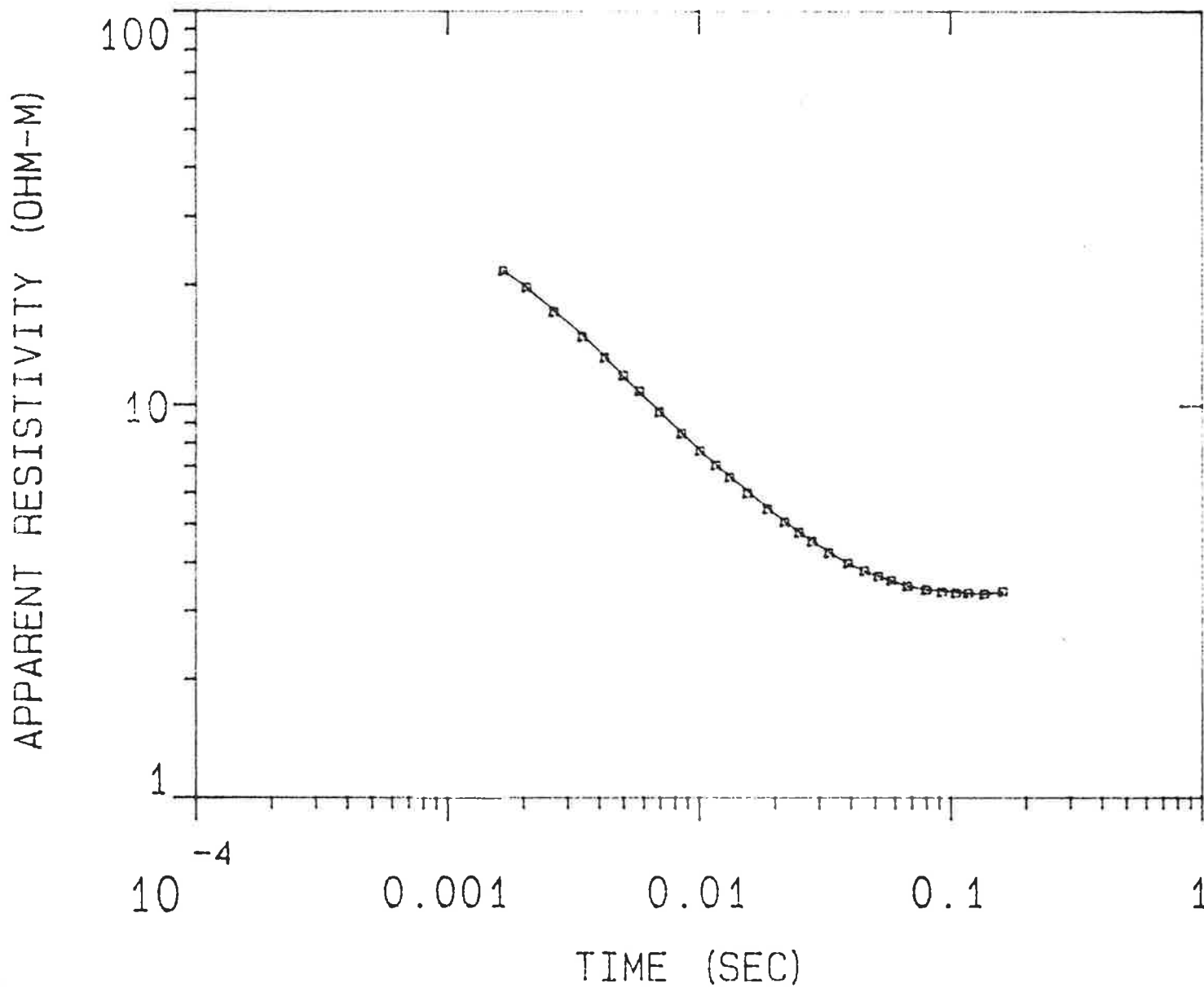
COMENTARIOS GENERALES

Es de destacar la gran sensibilidad del método electromagnético, que ha sido capaz de detectar cambios tan pequeños en los valores de resistividad, tal como ha sido posteriormente confirmado por las diagrafias realizadas en el sondeo Pallaruelo-1.

SED7-PA



H407-5



MODEL:

9.12
OHM-M

27.0 M

11.8
OHM-M

116. M

2.06
OHM-M

296. M

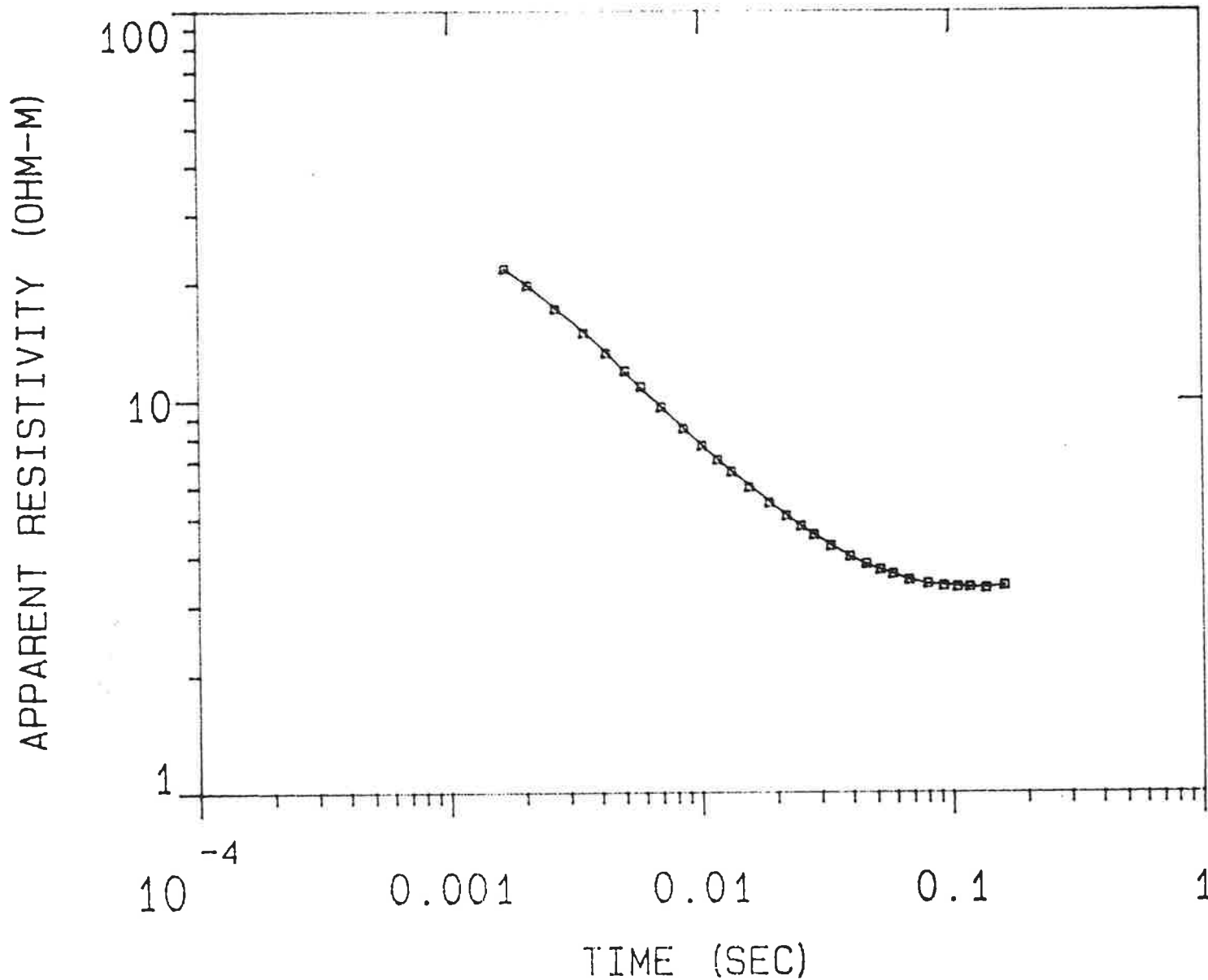
6.10
OHM-M

373. M

3.04
OHM-M

% ERROR: 0.702

H407-4



MODEL:

8.84	
OHM-M	27.4 M

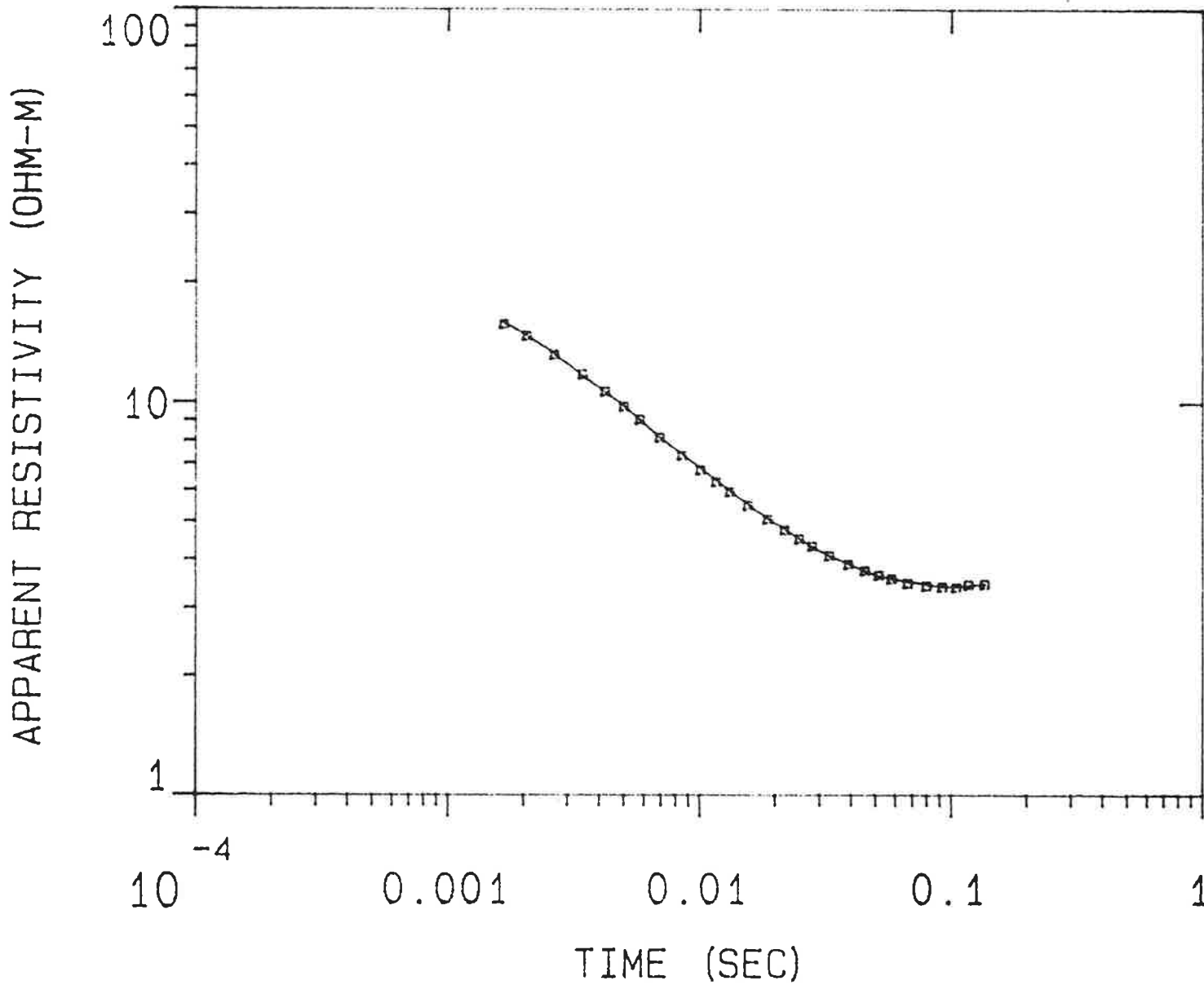
12.1	
OHM-M	115. M

2.07	
OHM-M	291. M

6.11
OHM-M

% ERROR: 0.656

H307-5



MODEL:

7.03	
OHM-M	32.7 M

9.99	
OHM-M	109. M

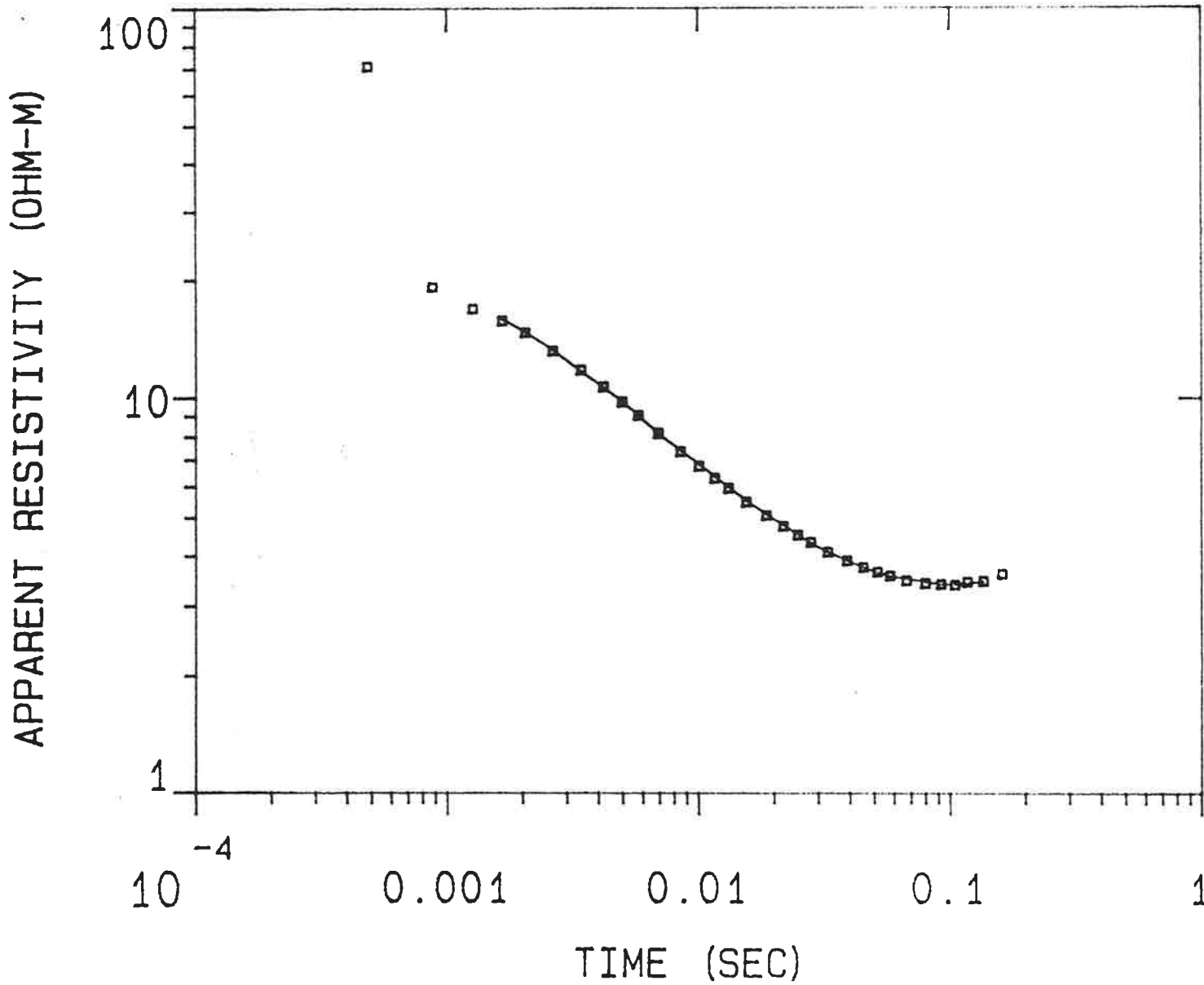
2.18	
OHM-M	273. M

6.09	
OHM-M	402. M

8.03	
OHM-M	

% ERROR: 0.798

H307-4



MODEL:

6.95	
OHM-M	31.5 M

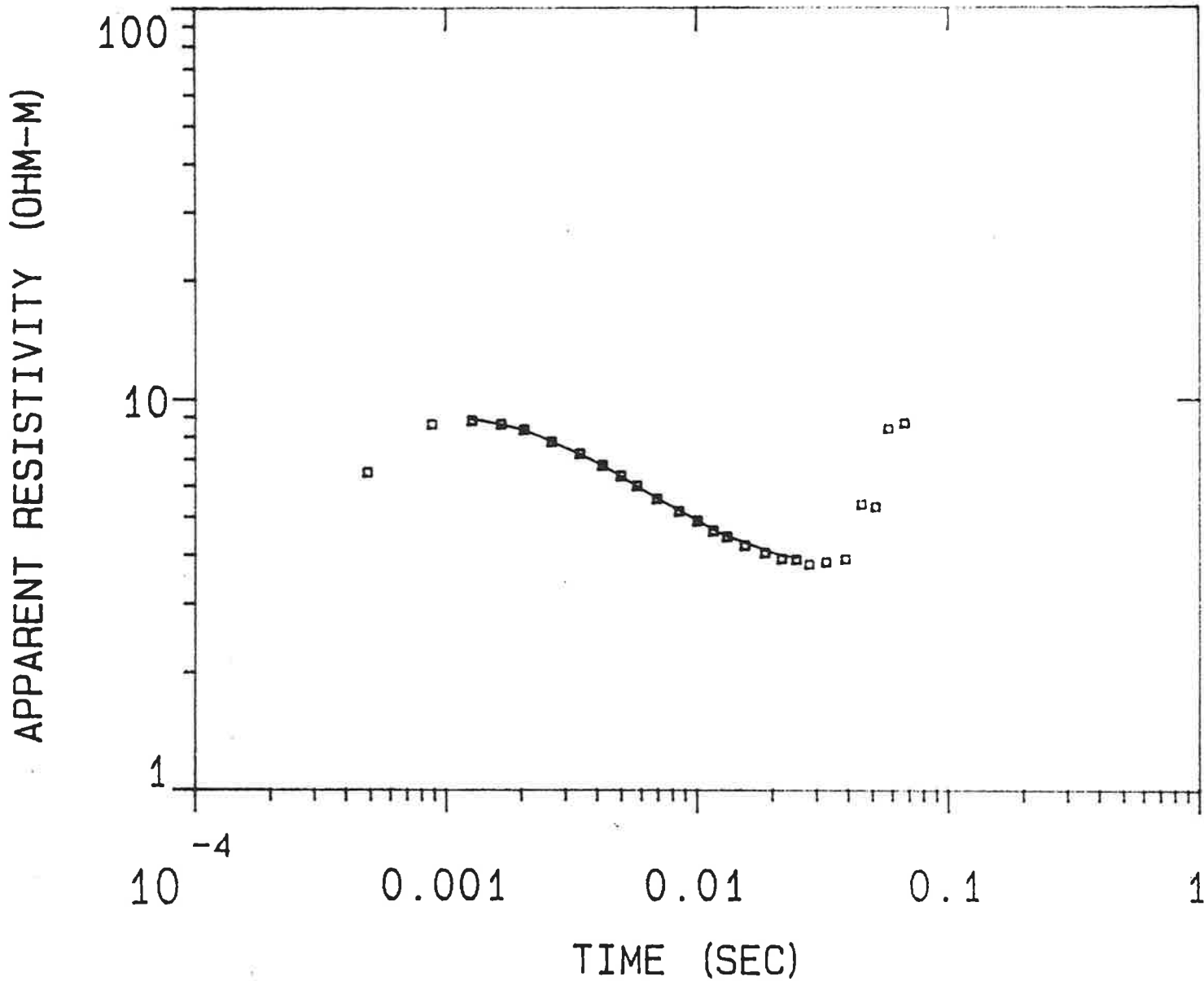
10.0	
OHM-M	110. M

2.18	
OHM-M	282. M

6.52	
OHM-M	

% ERROR: 0.815

H107-4



MODEL:

5.91	
OHM-M	29.2 M

9.05	
OHM-M	80.5 M

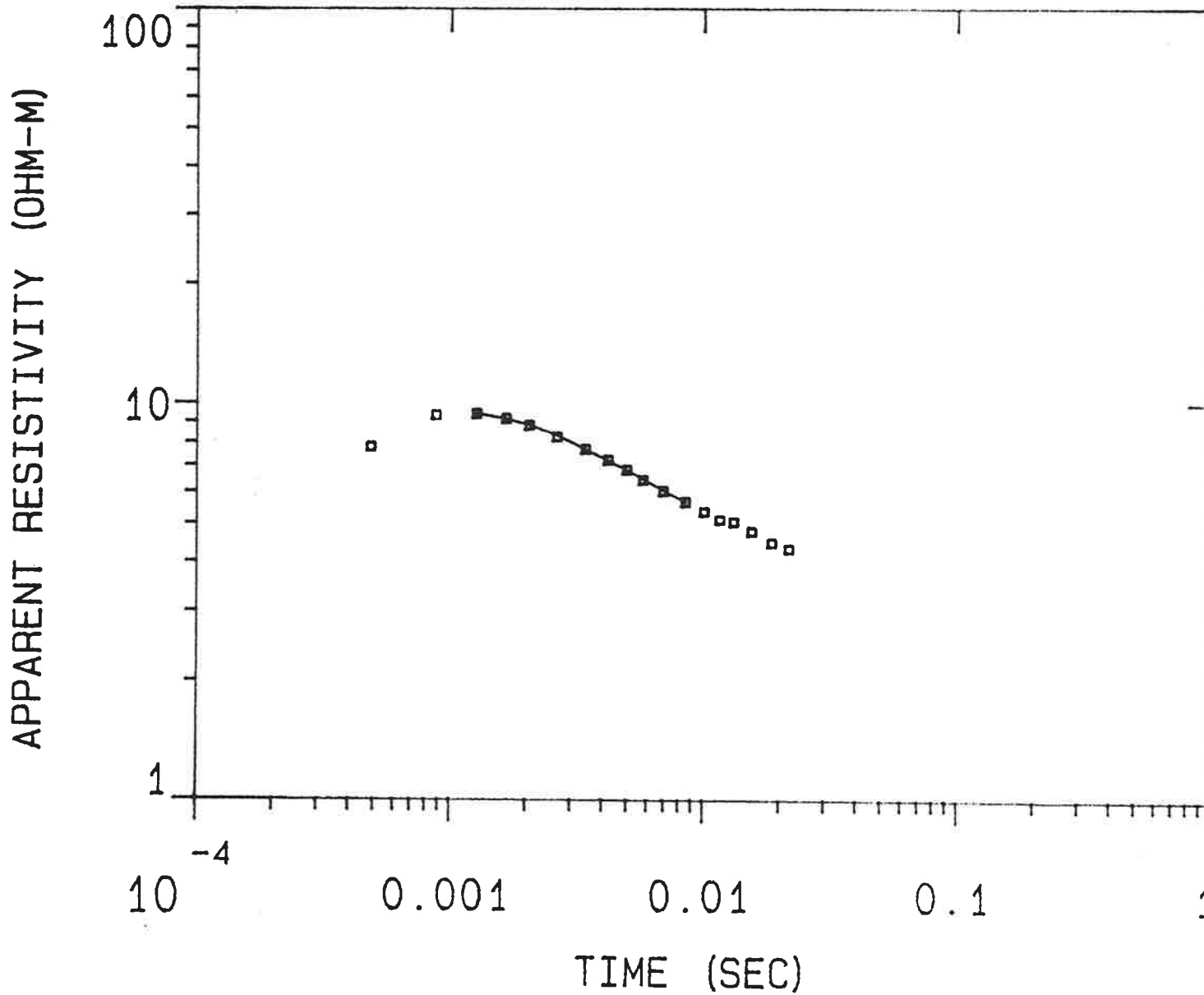
2.41	
OHM-M	169. M

7.10
OHM-M

% ERROR: 1.29

H507-3

MODEL:



7.56	
OHM-M	26.6 M

9.16	
OHM-M	88.2 M

2.59	
OHM-M	

% ERROR: 0.607

Se ha observado gran rigurosidad a la hora de rechazar puntos de las curvas cuyo nivel de señal cae por debajo del umbral de ruido en los últimos canales, con objeto de garantizar la mayor fiabilidad posible de los resultados.

Se observa a lo largo de las dos campañas que, actuando así, se obtiene un excelente grado de ajuste entre los modelos obtenidos y las curvas registradas. No obstante, hay un cierto número de curvas que son difíciles de ajustar o que proporcionan resultados extraños. Es muy posible que estos fenómenos se produzcan en la mayoría de los casos en zonas de transición, presencia de estructuras próximas al zócalo, etc., como ocurre en el entorno del sondeo Monegrillo-1 y la Sierra de Alcubierre (SEDT 13 al 25) sobre el Perfil 1 y, entre los SEDT 30 y 37, sobre el Perfil 2.

Un caso curioso se refiere al SEDT H-107-4 de 100x100 m. Sobre una curva se observa un error de ajuste de 1.29% apareciendo un contacto a los 27 metros (muy próximo al obtenido a 250 m en las diagrfias) que no se detecta ni con los SEDT de 50 x 50 m, ni con los de 300 x 300 m. No se puede descartar la posibilidad de que este tipo de SEDT de 100x100 m esté reflejando subtramos que no se hayan incluido en el modelo inicial con el que sistemáticamente se ha estado trabajando. Este estudio requeriría un esfuerzo adicional específico de modelización, utilizando conjuntamente los datos obtenidos con los SEDT registrados en el entorno del sondeo Pallaruelo-1 y los registros obtenidos en el mismo.

6.2. ANALISIS DE LAS DIAGRAFIAS

Se describen a continuación las cuatro fases en que se ha llevado a cabo la testificación del sondeo Pallaruelo-1 en relación a las fechas de ejecución y los metros registrados en cada una:

- Fase 1: con fecha 28 de Enero de 1991. Testificado desde el metro 0 hasta el 156.
- Fase 2: con fecha 11 de Febrero de 1991. Testificado desde el metro 156 hasta el 302.
- Fase 3: con fecha 25 de Febrero de 1991. Testificado desde el metro 0 hasta el metro 426.
- Fase 4: con fecha 21 de Marzo de 1991. Testificado desde el metro 420 hasta el metro 750, que constituye la profundidad final del sondeo.

Tras cada una de las tres primeras fases de testificación se confeccionó un "Composite Log", o diagraffa compuesta por el combinado de todos los registros realizados durante la misma, presentados a escala 1/200.

El presente Informe Final del sondeo contiene la descripción de los diferentes registros del "Composite Log" final correspondiente a todo el sondeo, digitalizado y presentado también a escala 1:500 y 1:1000. Se ha empleado para la digitalización de las diagraffas el programa de tratamiento de diagraffas Analytical Compu-Log (A.C.L.) de Century.

Se describen a continuación las características de cada uno de los registros así como las conclusiones más importantes que se pueden extraer de su análisis, por lo que se refiere a la correlación entre estas diagraffas, la columna litológica del sondeo y los distintos tramos que pueden identificarse según el diferente comportamiento de las curvas.

6.2.1. POTENCIAL ESPONTANEO

La sonda 9040-B registra, entre otros parámetros, la diferencia de potencial que se establece entre el fluido de perforación y el fluido de la formación. Con ello se puede determinar la existencia de capas permeables. Teniendo en cuenta que la serie atravesada por el sondeo, en sus primeros 400 metros, es de naturaleza arcillolimososa, las deflexiones de la curva hacia la izquierda o derecha de la línea verticalizada que representa las arcillas, señalarán estas capas permeables.

Se aprecia claramente la denominada "línea de las arcillas" por la verticalidad que presenta y su tendencia muy monótona. Asimismo se pueden observar unas oscilaciones en esa "línea de las arcillas" hacia valores negativos y positivos, que se corresponden con niveles más permeables, a diferentes cotas.

Aparte de estos niveles existen numerosas capas de areniscas y calizas a lo largo de toda la serie que provocan muy suaves deflexiones en la curva del Potencial Espontáneo que, muy probablemente debido a su escasa permeabilidad y/o potencia, hace que no sean representativas.

6.2.2. RAYOS GAMMA

Esta diagráfa es el resultado de la lectura de la misma sonda 9040-B antes comentada, que registra la radiactividad natural de los materiales atravesados por el sondeo, lo que permite, en función de las diferencias de valor de este parámetro, determinar diferentes litologías.

Dentro de unos valores generalmente altos, al tratarse de una serie arcillolimososa en su mayor parte, existe una serie de picos o descensos del valor de C.P.S., que se corresponden, casi en su totalidad, con las intercalaciones de calizas y areniscas presentes a lo largo del sondeo.

Se hace notoria la existencia, a primera vista, de varios tramos en función de la morfología de la curva de la radiactividad natural. En cada uno de estos grandes tramos o unidades se observa un diferente comportamiento de la curva.

Así, existe un primer tramo, desde superficie hasta la cota 110, donde la tendencia de la radiactividad natural disminuye de valor de base a techo. Esto viene a significar, a tenor de la litología predominante de limos y calizas, una secuencia de carbonatación a techo. Algunas curvas de S.E.D.T. (por ejemplo, los números 7, 8 y 11) con bucles 100 x 100, detectan este contacto a 110 metros.

Del mismo modo, se puede determinar otro límite hacia la cota 250. La tendencia de la curva en este tramo desde 110 a 250 metros es más difícilmente determinable aunque sí se puede apreciar una secuencia arcillocreciente desarrollada en la mitad basal de este tramo.

Otro tramo con características evolutivas (secuenciales) parecidas a las expuestas en el primero de ellos (0-110 m) es el presente entre las cotas 250 y 370.

Desde esta cota hasta el metro 483 presenta un valor más bajo de radiactividad natural y siguiendo una tendencia bastante verticalizada, característico de un tramo más carbonatado, como así lo demuestran los datos de los testigos.

A partir del metro 483 y hasta el 515 se presenta un nuevo tramo con unas características muy marcadas de radiactividad natural (arcillosidad) y homogeneidad de valores.

Entre las cotas 515 y 536 se determina un nuevo tramo poco potente pero con unas características muy definidas en cuanto a baja radiactividad natural que contrastan con los altos valores de este parámetro en los tramos adyacentes.

Un potente tramo se identifica debajo del anteriormente comentado, con unos valores generalmente altos en la parte inferior del mismo y bajos en la superior. Dentro de esta tendencia se puede determinar la existencia de dos grandes secuencias de igual sentido (negativas). La superior entre las cotas 536 y 590 y la inferior entre las cotas 590 y 688.

Sin embargo, los 26 metros basales del tramo presentan unos valores muy variables que interrumpen en cierto modo la tendencia comentada anteriormente.

Por último, desde el metro 688 hasta la base del sondeo se presenta un bloque con unas características en los valores y un número relativamente bajo de C.P.S. (130-140).

Los conocimientos de geología regional en superficie permiten señalar la existencia de una serie de unidades con potencias parecidas a las expuestas para estos tramos y con un comportamiento secuencial concordante con los datos anteriormente expuestos.

Se aprecia que existe una buena correlación de las intercalaciones areniscosas y calcáreas con los cambios de valor dentro de la diagráfia y, aun contando con un poder de resolución de la herramienta algo limitado que, en principio, restringiría la determinación de éstas, se llegan a detectar intercalaciones de potencia decimétrica.

6.2.3. CALIBRE

La sonda 9030-A mide el diámetro del pozo perforado o calibre y, con ello, la diferencia de erosionabilidad a la perforación, de los diferentes paquetes atravesados.

Uno de los aspectos más destacables de este registro es la buena resolución de esta sonda lo que facilita la determinación de numerosas intercalaciones, de escala incluso decimétrica, con características petrofísicas perfectamente correlacionables con las características que presentan las mismas intercalaciones en el resto de las diagrfías.

Es de destacar también que, a esta buena correlación entre diagrfías, se le une la correlación de ésta con los datos de la columna litológica.

6.2.4. DENSIDAD APARENTE

Esta curva registra la diferente densidad de las formaciones atravesadas por el sondeo en base a la mayor o menor atenuación de los rayos gamma emitidos por la sonda.

Conviene hacer mención a la representación de esta diagrfía en el "Composite Log". Desde el metro 0 hasta el 156 se han representado los datos del primer registro, y desde el metro 156 hasta el 420, los correspondientes al tercer registro y desde esta cota en adelante, los correspondientes al cuarto y último registro.

Esto se debe, por un lado, a la ampliación del diámetro del pozo en los metros superiores previamente al último registro, lo que hace disminuir los valores de las lecturas de la herramienta al estar más distante la sonda de las paredes del pozo. Por otro lado, la perfecta correlación entre las morfologías de las distintas curvas en cada uno de los registros parciales condiciona la elección de esta representación según los tramos comentados.

El registro de esta sonda presenta muy buena resolución y una correlación con la columna litológica que permite comprobar claramente que las diferentes intercala-

ciones de calizas y areniscas coinciden con valores altos de la misma (en torno a los 2.6 gr/cc).

Se observa también de forma la diferenciación en tramos según se trata de una unidad limosa, arcillosa, con frecuentes intercalaciones areniscosas o con frecuentes intercalaciones de calizas.

La buena resolución del registro permite determinar también aspectos de tipo sedimentológico en lo que se refiere a la existencia de secuencias sedimentarias de diferente escala, desde mesosecuencias, como la positiva (arcillocreciente a techo) entre las cotas 148 y 254, que indicaría retrogradación del sistema sedimentario, hasta secuencias de escala métrica, como, por ejemplo, las progradantes (barras ?) de los metros 63-68 y reactivas de los metros 47-50.

Por lo que respecta a las unidades o grandes tramos explicados en el apartado de la diagráfía de radiactividad natural, también son fácilmente detectables en esta diagráfía casi en su totalidad, del mismo modo que se observan las mismas evoluciones de las secuencias allí expresadas.

Conviene destacar como diferencia con respecto al registro de radiactividad natural la no diferenciación en la densidad de tramos muy marcados a partir del metro 515 hasta la base del sondeo. No obstante, se observa en este tramo el predominio de valores en torno a 2.5 gr/cc en la base y de 1.4 gr/cc en el techo, condicionando la formación de una macrosecuencia positiva (arcillocreciente a techo).

6.2.5. RESISTIVIDAD Y RESISTENCIA

Ambas diagráfías se han unido en un sólo apartado al ser registros basados en unos principios físicos similares: la conducción de la corriente eléctrica. La dife-

rencia principal radica en la disposición de los dispositivos de registro, midiendo la primera la resistividad (ohm-m) de la formación próxima a la pared del sondeo y, la otra, la resistencia total (ohm) entre el punto del pozo y un electrodo de referencia en superficie.

Las intercalaciones de areniscas y calizas dentro del seno limoarcilloso que constituye la mayor parte de la serie coinciden con las subidas de resistividad desde una tónica general de 2 ohm-m (sobre todo entre los metros 144 y 370) a aproximadamente 6 ohm-m y, de resistencia, desde unos 10 ohm a cerca de 16 ohm. A partir de esta cota de 370 m se produce un aumento generalizado de los valores de resistividad, predominando entre 4 y 6 ohm-m aunque existen tramos con una resistividad de 2 ohm-m entre 536 y 578 metros.

Al igual que se apuntaba en la descripción de la diagráfia del calibre, existe una excelente correlación entre los picos de resistividad y resistencia y los picos en el resto de los registros así como con los niveles de areniscas o calizas en la columna litológica. Con ello se diferencian una serie de tramos perfectamente coincidentes con los expuestos en la descripción del registro de radiactividad natural.

La determinación del sentido y origen de la mayoría de las secuencias existentes dentro de estos tramos como, entre otras, las ya comentadas en la diagráfia anterior tampoco presenta ningún problema debido a la buena resolución de la herramienta.

6.2.6. NEUTRON - NEUTRON

Esta diagráfia permite determinar la porosidad de la formación atravesada a partir del recuento de neutrones recibido tras el bombardeo y recorrido por la formación previos.

En función de esta porosidad, que no permeabilidad, y considerando los poros rellenos de agua, se estima que a mayor porosidad (arcillas) existe un mayor número de átomos de Hidrógeno (de las moléculas del agua). Estos, al ser de masa parecida a la de los neutrones, impedirán, cuanto mayor sea su número, el registro de neutrones. Por lo tanto, a menor valor de C.P.S., la porosidad será mayor, lo que puede traducirse en términos generales en una mayor proporción de arcillas.

Al observar la diagráfia de neutrones se aprecia un valor bajo de C.P.S. lo que, según lo explicado, implica la presencia de unas formaciones muy arcillosas, entre los metros 118 y 203, entre 282 y 370 y entre 486 y 517, limitadas por unidades donde la proporción de arcillas es menor (bajadas en los valores de C.P.S.).

Dentro de la serie arcillosa que constituyen los materiales atravesados por el sondeo, se puede apreciar la existencia de unas subidas de valor de C.P.S. que se correlacionan con el resto de las diagráfias, sobre todo con las de resistividad y resistencia, y con las intercalaciones areniscosas y calcáreas de la columna litológica.

La separación en tramos y la identificación de secuencias se correlacionan perfectamente con los tramos y secuencias de los registros anteriores.

6.2.7. DELTA T (SONICO)

La sonda 9300 registra el tiempo que tardan en recibirse las ondas sonoras emitidas por la misma tras atravesar la formación. Por este motivo, al tratarse de una formación generalmente limoarcillosa, presenta unos valores relativamente altos de Delta T.

El bajo contraste entre los valores de velocidad de las ondas sonoras dificulta la identificación de tramos en la serie. Además, la escasa amplitud de márgenes (0-600) en la representación provoca el aspecto "aserrado" en la curva. Sin embargo, estos aspectos no impiden que se puedan determinar diferentes tramos: cuatro con desarrollo de secuencias arcillocrecientes y arcillodecrecientes (de 0 a 100, de 240 a 370, de 514 a 552 y de 552 a 650 metros) y tres con una tendencia muy verticalizada (de 100 a 240, de 370 a 492 y de 650 a 750 metros).

Conviene resaltar la correlación de estos tramos y el comportamiento de las secuencias con los tramos y secuencias determinadas en las otras diagragfías. Así, por ejemplo, la secuencia de carbonatación a techo del tramo comprendido entre las cotas 250 y 370, comentada en el registro de rayos gamma, es claramente identificable en esta diagragfía. Como también lo son los tramos carbonáticos intermedio y basal.

6.2.8. RESISTIVIDAD DEL FLUIDO

Esta sonda permite registrar la resistividad del fluido. La relativa monotonía de los valores de este registro indica que no existen importantes entradas de agua de la formación al pozo ya que, de lo contrario este registro de resistividad del fluido presentaría oscilaciones.

Sin embargo, existe una serie de tramos a lo largo del sondeo que presentan una deflexión en el registro del potencial espontáneo, lo que indicaría la existencia de intercalaciones permeables que no dejan su impronta en el registro de la resistividad del fluido.

Esto tal vez pueda deberse, tal y como se comenta en la diagrafía del Potencial Espontáneo, a que no son unos paquetes muy permeables. De ser este el caso, la resolución de estas capas permeables sería mayor al existir una relación directa entre la permeabilidad y la resolución de las intercalaciones.

6.2.9. TEMPERATURA

Los datos que aporta esta curva deben tomarse con reservas por no encontrarse el pozo en equilibrio.

6.3. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos tanto a partir del análisis de los Sondeos Electromagnéticos como de las Diagrafías del sondeo, se pueden extraer las siguientes conclusiones de la campaña de investigación geofísica:

SONDEOS ELECTROMAGNETICOS

- Los resultados obtenidos por las dos campañas electromagnéticas confirmados puntualmente permiten hacer las siguientes consideraciones:
- Sobre el Perfil 1 del documento geofísico de Noviembre 1990 se observa que el tramo mas arcilloso objeto de la investigación ha sido cortado por el sondeo Pallaruelo-1 a las cotas previstas por el estudio electromagnético con gran precisión.
- La evolución general de los tramos arcillosos detectados por el método electromagnético mantienen un comportamiento general acorde con la información geológica de superficie y los datos de subsuelo suministrados por las secciones sísmicas.

- Sobre este mismo documento se observa una evolución de las resistividades decreciendo de Norte a Sur, que atendiendo a la información proporcionada por los registros de los sondeos Sariñena-1, Pallaruelo-1 y Monegrillo-1 parece indicar claramente un aumento de la fracción arcillosa en dirección sur.
- Se puede establecer en base a esto, una zonación en la que el área más favorecida, es decir la de mayor contenido global en arcilla, corresponda al extremo sur del perfil (SEDT 1 a SEDT 10).
- La campaña de detalle realizada confirma la tónica general de los resultados obtenidos en la primera campaña, y complementa la información con algunas mejoras.
 - Como estaba previsto, la utilización de SEDT de 50 x 50 m y 100 x 100 m aumenta la resolución en la determinación de los niveles más superficiales.
 - Por otra parte, algunos resultados sugieren la posibilidad de utilización de los registros obtenidos en los sondeos, para la creación de modelos más elaborados que permitan obtener mas información sobre las intercalaciones resistivas intercaladas en los tramos arcillosos de interés.

DIAGRAFIAS

- La correlación entre todos los registros obtenidos en el sondeo de su atribución litológica, es excelente.
- Sobre las diagraffías se pueden delimitar una serie de tramos que son perfectamente correlacionables con las definidas en la testificación geológica del sondeo.

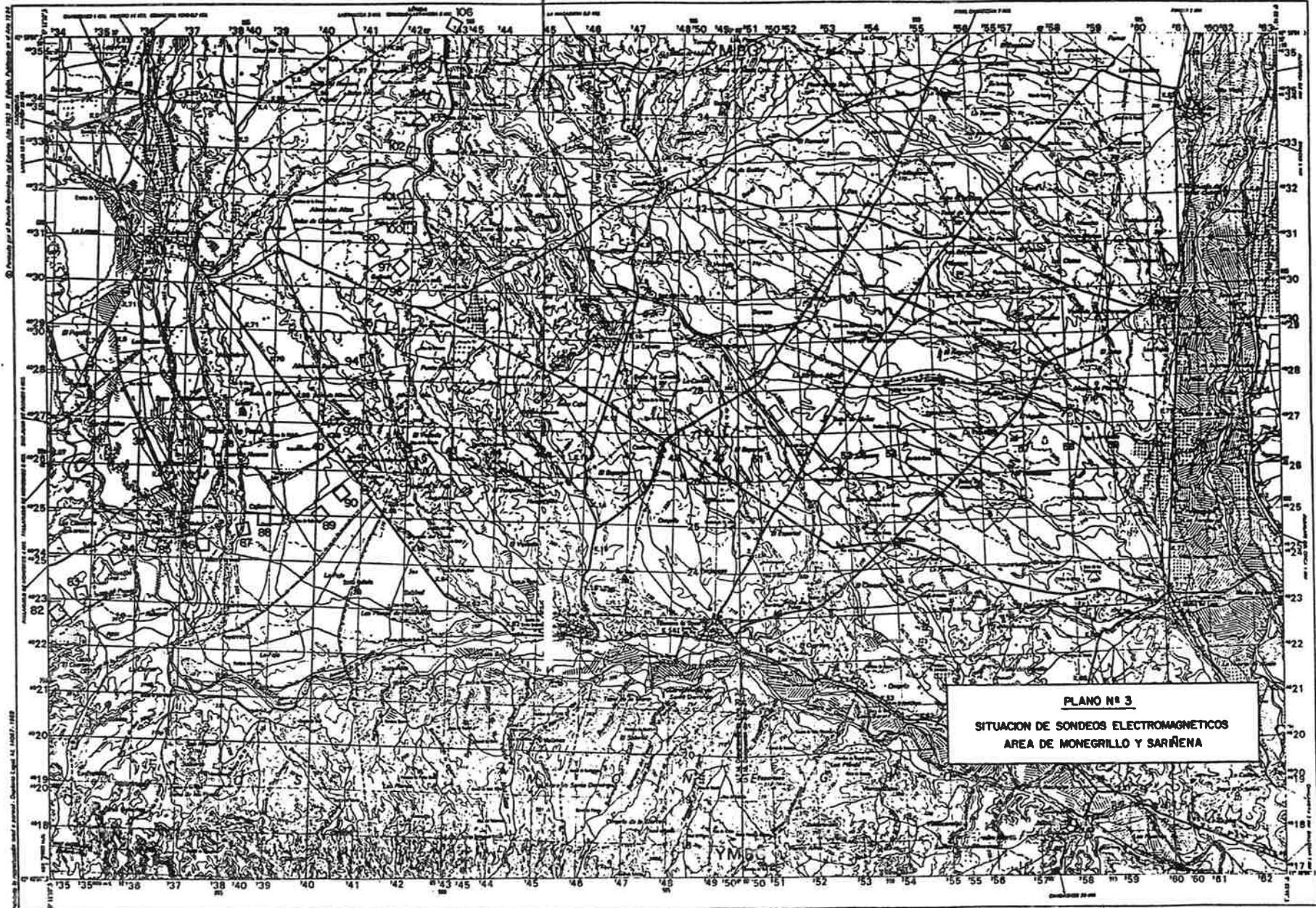
- Se puede observar en los tramos identificados en las diagráffas un comportamiento evolutivo (secuencias), similar al propuesto por los estudios previos de geología de superficie.

- La buena respuesta obtenida por las diagráffas, y el aporte de información que ha demostrado confirma el alto grado de aplicabilidad de esta técnica para este tipo de formaciones.



L SARIÑENA 30-14 (357)

Código de identificación para uso digital: 37719494-0008



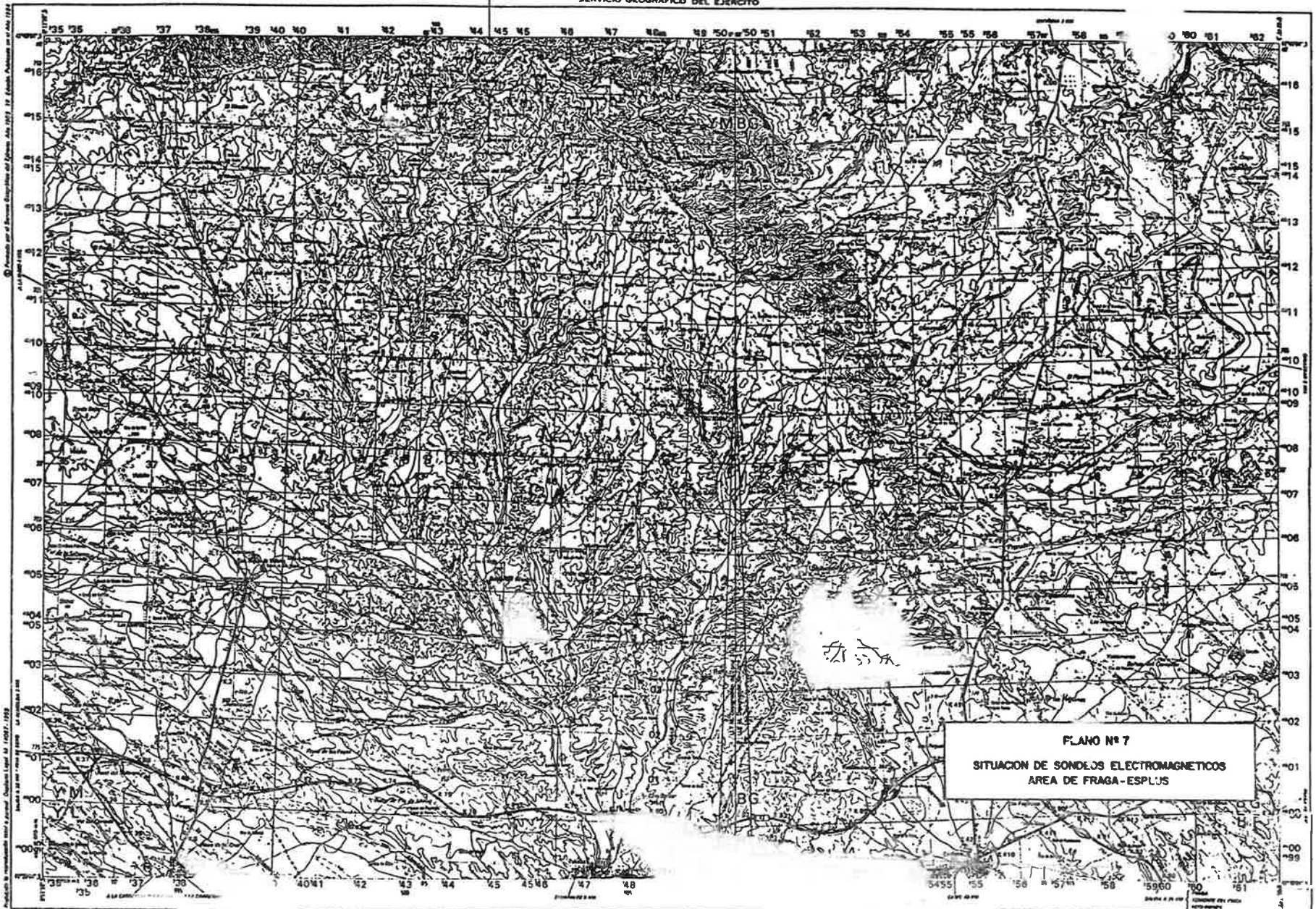
PLANO Nº 3
 SITUACION DE SONDEOS ELECTROMAGNETICOS
 AREA DE MONEGRILLO Y SARIÑENA

Escala 1:50.000

1 cm = 500 m

0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 m

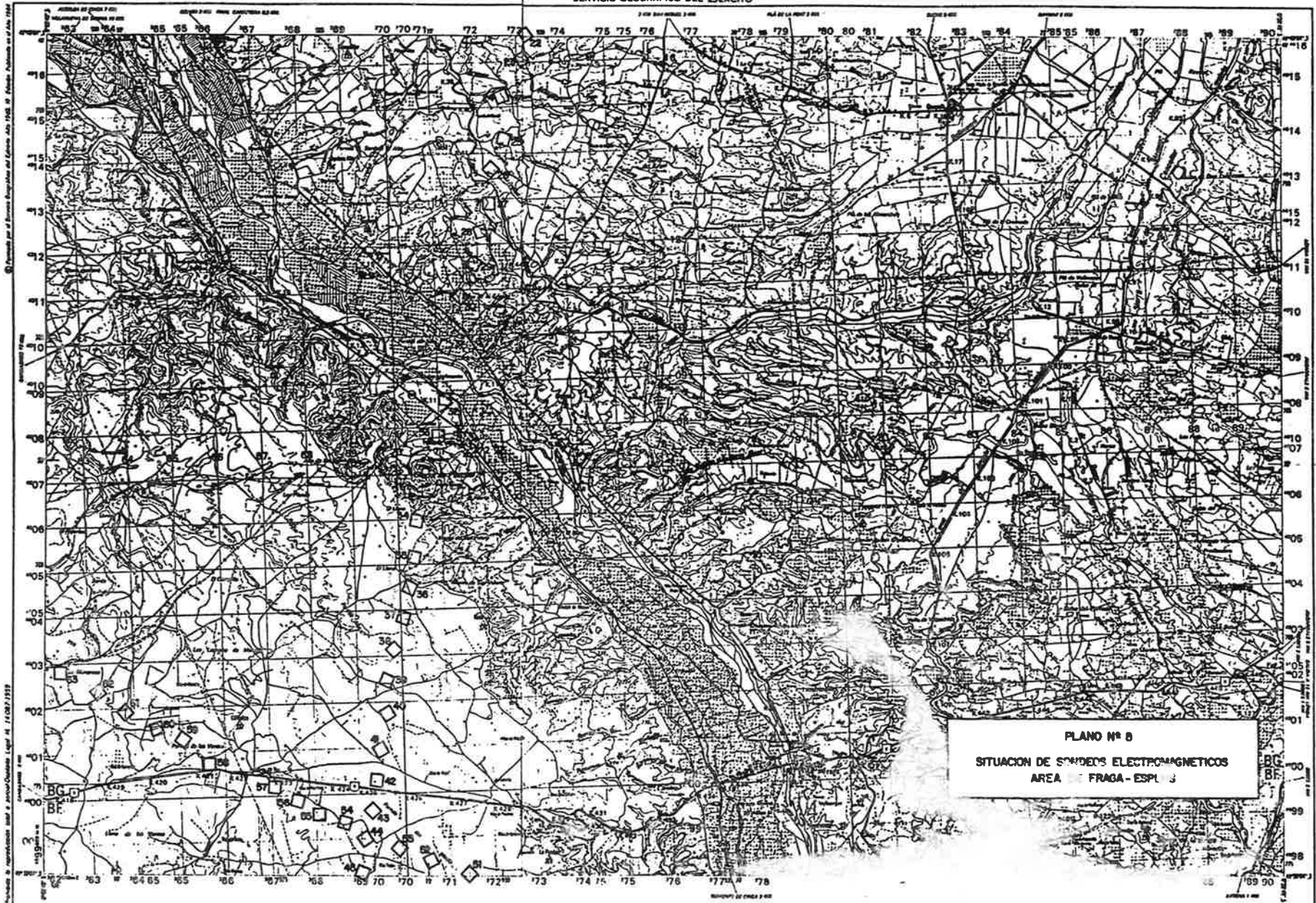
<ul style="list-style-type: none"> ----- Límite ----- Faja ----- Faja ----- Faja 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Caserío (edificio, ruina, etc.) ☐ Caserío (edificio, ruina, etc.) ☐ Caserío (edificio, ruina, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ----- Límite ----- Límite ----- Límite 	<ul style="list-style-type: none"> ----- Límite ----- Límite ----- Límite 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Límite ○ Límite ○ Límite 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Límite ○ Límite ○ Límite 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Límite ○ Límite ○ Límite 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Límite ○ Límite ○ Límite
--	---	--	--	--	--	--	--



30-15
 (386)
 PEÑALBA
 Carta de coordenadas UTM con Proy. 317146011-386

<p>Adosado</p> <p>Adosado</p> <p>Carretera sencilla</p>	<p>(t) (2) (4) Caserío habit. deshabitado</p> <p>Carretera de autovías</p> <p>Carretera de 2ª categoría</p>	<p>TC de montaña</p> <p>Carretera</p> <p>Carretera de montaña</p> <p>Carretera de montaña sencilla</p> <p>Fin de ruta</p>	<p>Escala 1:50.000</p> <p>1:1000 1:2000 1:5000 1:10000 1:20000 1:50000 1:100000</p> <p>1:1000 1:2000 1:5000 1:10000 1:20000 1:50000 1:100000</p> <p>Proy. 317146011-386</p>	<p>Carretera sencilla</p> <p>Carretera de autovías</p> <p>Carretera de 2ª categoría</p> <p>Fin de ruta</p>	<p>Carretera sencilla</p> <p>Carretera de autovías</p> <p>Carretera de 2ª categoría</p> <p>Fin de ruta</p>	<p>Carretera sencilla</p> <p>Carretera de autovías</p> <p>Carretera de 2ª categoría</p> <p>Fin de ruta</p>
---	---	---	---	--	--	--

I. FRAGA
 Carta de reconocimiento con una hoja 1:75,000-198

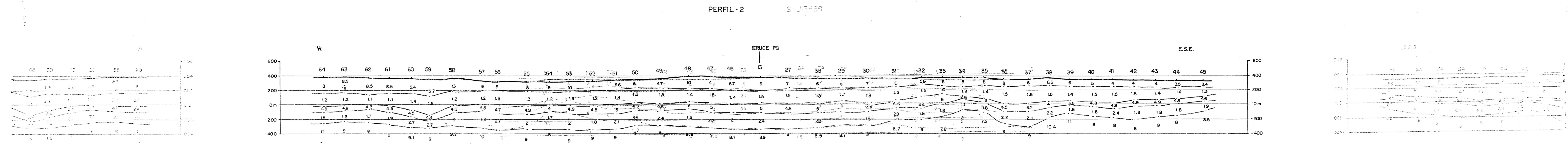
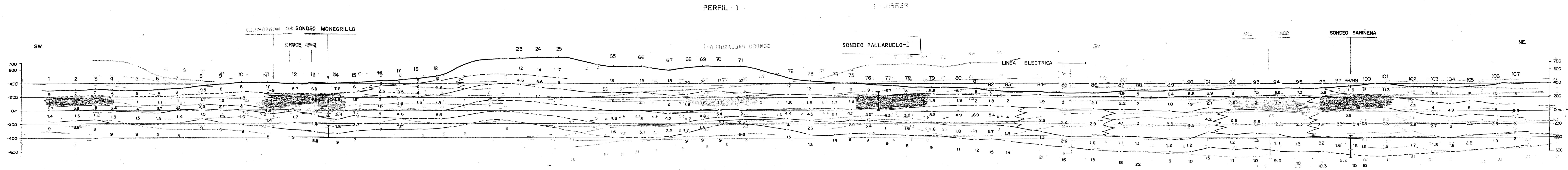


PLANO Nº 8
SITUACION DE SONDEOS ELECTROMAGNETICOS
AREA FRAGA - ESPL 3

	Ferrocarril		Carretera		Línea de contorno		Cota de altura		Elevación
	Río		Arroyo		Intervalo de contorno		Cota de altura		Elevación
	Carretera		Carretera		Intervalo de contorno		Cota de altura		Elevación

Escala 1:50,000

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MILITAR
 SERVICIO GEOGRÁFICO DEL EJÉRCITO



LEYENDA

- TRAMO ARCILLOSO SACUDO
- TRAMO ARCILLOSO DURCO
- 26 SONDEO ELECTROMAGNETICO
- 4.1 RESISTIVIDAD EN OHM-LE
- TRABAJOS CONDUCTORES EN LAS DIAGRAMAS DE LOS SONDEOS MECANICOS

ALPHA ERG-1		TRABAJOS COMPLEMENTARIOS GEOPHISICA SONDEOS ELECTROMAGNETICOS	
CORTES GEOELECTRICOS AREA MONEGRILLO-SARIÑENA PERFILES 1 Y 2			
AUTOR	C.G.S. S.A.	ESCALA	H/ 1/50.000 V/ 1/20.000
DISEÑADO	C.G.S. S.A.	FECHA	12/11/2000
MOD-48-0036		PÁGINA	11

COMPANIA GENERAL DE SONDEOS (C.G.S.)

Company: I.T.G.E.
Wellname: PALLARUELO-1

File name: PALSON
Field: PALLARUELO

State: ZARAGOZA
Location: PALLARUELO

Country: ESPANA
Location: PALLARUELO

Elevation: 0 Reference
Sect.: SUPERFICIE DEL TERRENO

Permament Datum:
Log Measured From: Above Perm. Datum.

Drilling Measured From:
Elev.: K.B. D.F. G.L.

Date/Log: FEBRERO-MARZO 1991

Run No.
Depth-Driller
Btm. Log Infr.

Top Log Infr.
Casing-Driller
Casing-Logger
Bit Size

Dens./Visc.
pH/Fluid Loss

Source of Sample
Rm (Meas. Temp.)
Rmf (Meas. Temp.)
Source/Rmf Rmc

Time since Circ.
Max Rec. Temp.
Equip. Location

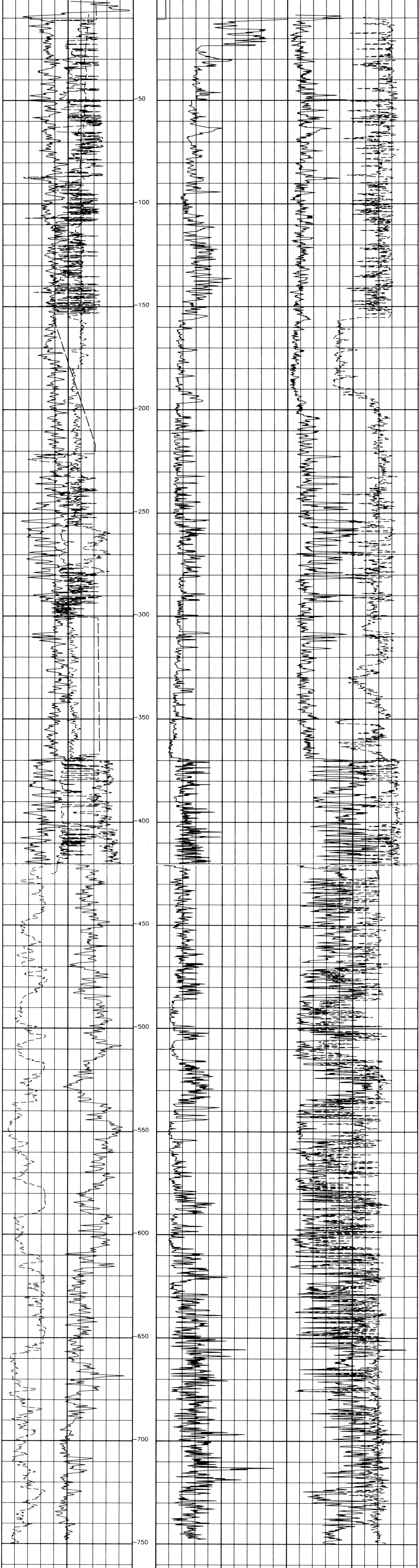
Recorded By: J.CEDILLO
Witnessed By

Run No. Bit From To Size Casing Record From To

RADIATIVIDAD NAT. (CPS)
CALIBRE
POTENCIAL ESPONTANEO
RESISTIVIDAD (ohm-m)
NEUTRON (API)
DENSIDAD (g/cc)

Comments:
ESCALA VERTICAL DEL LOG: 1/1000

RADIATIVIDAD NAT. (CPS)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	NEUTRON (API)
0 280	0 15	200 1200
CALIBRE		DENSIDAD (g/cc)
5 25		1 3
POTENCIAL ESPONTANEO		
-60 120		



COMPANIA GENERAL DE SONDEOS (C.G.S.)

Company: I.G.C.E.
 Wellname: PALARUELO-1
 Filenome: PALARUELO
 Field: PALARUELO
 State: ZARAGOZA
 Location: PALARUELO
 Country: ESPAÑA

Section: 0 Reference: SUPERFICIE DEL TERRENO
 Range: Above Perm. Datum
 Permanent Datum:
 Log Measured From:
 Drilling Measured From:
 Elev.: K.B. D.F.
 Date/Log: FEBRERO-MARZO 1991
 Run No.
 Depth-Driller
 Depth-Logger
 Btm. Log Infr.
 Top Log Infr.
 Casing-Driller
 Casing-Logger
 Bit Size
 Fluid

Dens./Visc. pH/Fluid Loss
 Source of Sample
 Rm (Mass. Temp.)
 Rmt (Mass. Temp.)
 Source/Int'l Rmtc
 Time since Circ.
 Max Rec. Temp.
 Equip. Location
 Recorded By
 Witnessed By
 J.CEDILLO
 Bore-hole Record
 Run No. Bit From To
 Casing Record
 From To
 Size Wgt. From To

RADIATIVIDAD NAT. (CPS)
 CALIBRE
 POTENCIAL ESPONTANEO
 RESISTIVIDAD (ohm-m)
 NEUTRON (API)
 DENSIDAD (g/cc)
 Comments:
 ESCALA VERTICAL DEL LOG: 1/500

RADIATIVIDAD NAT. (CPS) 280
 0 CALIBRE 25
 5 POTENCIAL ESPONTANEO 120
 -60

RESISTIVIDAD (ohm-m) 0
 NEUTRON (API) 15 200 1200
 DENSIDAD (g/cc) 1 3

