



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

PERFILES DE POLARIZACION INDUCIDA

EN HUEZNAR 1.991



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

40393

INDICE

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. ANTECEDENTES-OBJETIVOS.....	3
3. TRABAJOS REALIZADOS.....	5
3.1. Duración y equipo de trabajo.....	5
3.2. Instrumentación.....	5
3.3. Perfiles realizados.....	5
3.4. Metrología.....	9
.Topografía.....	9
.Polarización Inducida.....	9
4. TRATAMIENTO DE DATOS.....	11
5. INTERPRETACION.....	12
5.1. Enumeración y descripción de anomalías.....	12
5.2. Plano síntesis de anomalías.....	14
6. CONCLUSIONES.....	15

FIGURAS

Figura nº 1.-	Situación de los trabajos	E 1:200.000
Figura nº 2.-	Perfiles medidos en Huéznar 1991	E 1:25.000
Figura nº 3.-	Dispositivo Dipolo-Dipolo y Lectura del ELREC-6	

PLANOS

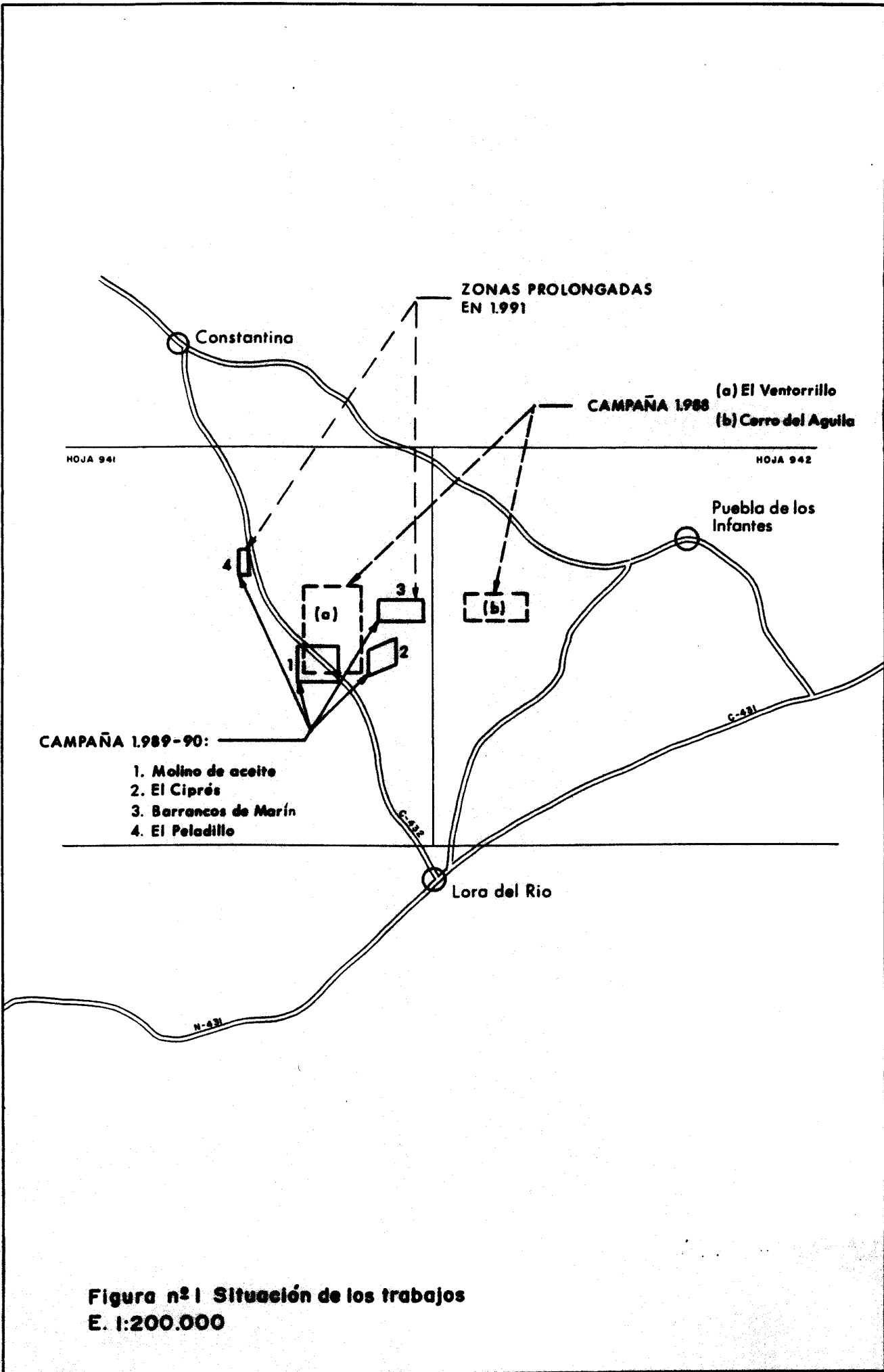
Plano nº 1.-	Perfiles D3,E3,F3,G3	Barrancos de Marin E	1:2.500
Plano nº 2.-	Perfiles H3,I3,J3,K3	Barrancos de Marin E	1:2.500
Plano nº 3 .-	Perfiles L3,M3,N3	Barrancos de Marin E	1:2.500
Plano nº 4 .-	Perfiles A"4,A'4	El Peladillo E	1:2.500
Plano nº 5.-	Perfiles D4,E4,F4,G4	El Peladillo E	1:2.500
Plano nº 6.-	Mapa síntesis de anomalías	B. Marin E	1: 2.500
Plano nº 7.-	Mapa síntesis de anomalías	El Peladillo E	1: 2.500

1. INTRODUCCION

El presente informe describe una campaña geofísica de Polarización Inducida (P.I.) llevada a cabo por el Servicio de Geofísica del I.T.G.E. a petición de la Dirección de Minería del mismo.

La campaña es prolongación de la realizada entre 1989 y 1990 en la Reserva de Huéznar (Hoja 941 "Ventas Quemadas"-Sevilla-). En concreto, la prolongación afecta a las zonas denominadas "Barrancos de Marín" y "El Peladillo" (véase el informe "Investigación por P.I. en la Reserva de Huéznar 1989/90" -nº 40.368 del fondo documental del I.T.G.E.- relativo a esta prospección). En la figura nº 1, tomada del citado informe, se aprecia su situación, indicándose las zonas prolongadas.

La campaña que describimos se ha realizado con cargo al Proyecto por Administración "Trabajos Geofísicos de apoyo a investigaciones mineras 1989/1992", habiendo supuesto la realización de un total de 12.3 Km de P.I.



Constantina

ZONAS PROLONGADAS EN 1991

CAMPAÑA 1988
 (a) El Ventorrillo
 (b) Cerro del Aguila

HOJA 941

HOJA 942

Pueblo de los Infantes

G-431

G-432

Lora del Rio

N-431

CAMPAÑA 1989-90:

1. Molino de aceite
2. El Ciprés
3. Barrancos de Marín
4. El Peladillo

Figura nº1 Situación de los trabajos
E. 1:200.000

2. ANTECEDENTES-OBJETIVOS

La Dirección de Minería viene desarrollando en la Reserva de Huéznar (Hoja 941) una serie de trabajos de cartografía geológica de detalle y prospección geoquímica encaminados a la evaluación de su potencial de metales preciosos, especialmente oro.

Con los conocimientos actuales, el interés aurífero se centra en rocas del Precámbrico superior al Cámbrico inferior de naturaleza volcano-sedimentaria constituidas por grauvacas, pizarras, calizas, tufitas y cuerpos lávicos ácidos y básicos generalmente interestratificados. En este contexto, se han detectado anomalías geoquímicas de oro en posible conexión tanto con rocas milonitizadas y silicificadas con presencia de disseminaciones de sulfuros, como con filones de cuarzo.

Dado el interés provocado por los indicios de oro de la Reserva, en 1988 (Marzo a Julio) el Servicio de Geofísica realizó, a petición de la Dirección de Minería, una campaña geofísica de desbaste (figura nº 1) de magnético, V.L.F., y P.I. (perfiles dipolo-dipolo de 50 m situados a 300 m), con el doble objetivo de servir de apoyo a la cartografía geológica de detalle en curso por entonces, y de delinear zonas con disseminaciones de sulfuros que en el contexto más arriba indicado pudieran ser portadoras de mineralizaciones auríferas. Se definieron así una serie de anomalías, cuya relación con los indicios de oro resultó más relevante en la zona de "El Ventorrillo".

Para finales de 1989 se planeó la ejecución de la prospección de detalle del informe 1989/91 citado en el apartado anterior (perfiles dipolo-dipolo de 25 m situados a 100 m) con el objetivo de servir tanto de apoyo estructural (diques, filones, fallas, etc.), como para el reconocimiento exhaustivo de disseminaciones, ya en zonas previamente investigadas consideradas relevantes (dentro de la zona de más interés, es decir, El Ventorrillo, concentrar la prospección en el área del Molino de Aceite), ya en partes no cubiertas en 1988 cuyo potencial se pretendía evaluar.

Entre las conclusiones del informe de 1989/90 recordamos las dos siguientes:

* La información estructural es aportada fundamentalmente por los datos de resistividad, con buena correspondencia con la cartografía geológica disponible.

* Existen importantes anomalías individualizables de cargabilidad, cuya relación con objetivos mineros convendría investigar.

Además, también se citaba en el informe la adquisición del paquete IPREDC de Geosoft para el cálculo de parámetros espectrales, que ya se encuentra operativo y se pretende aplicar a las mediciones de esta campaña.

Por tanto, y en conclusión, la campaña de 1991 que ahora describimos constituye una extensión de las de 1988 y 1989/90 enmarcada en la continuación de los trabajos que se vienen realizando en la Reserva de Hueznar, tratando de cubrir los mismos objetivos que los de las prospecciones precedentes.

3. TRABAJOS REALIZADOS.

3.1. Duración y equipo de trabajo.

Los trabajos de campo (estaquillado, mediciones, etc.) se iniciaron el 17 de Junio de 1991, prolongándose hasta el 19 de Julio del mismo año. El equipo de trabajo estuvo compuesto por D. José Luis García Lobón, Ingeniero de Minas, D. Ceferino Avilero Hurtado, Ingeniero Técnico de Minas, y D. José María Llorente Delgado, Oficial 2ª. Se contrataron seis peones para las tareas de campo (portamiras de topografía, tendido de cables, estaquillado, etc.). La base del equipo se ubicó en Lora del Río (Sevilla).

3.2. Instrumentación.

Polarización Inducida:

*1 motor generador Honda modelo EM 1900X con las siguientes características nominales de salida en CA : tensión 220 V, frecuencia 50 Hz, amperaje 7.8 A y potencia aparente 1.7KVA

*1 transmisor Electra 1000 de pulsos simétricos de corriente (+1,-1) y duración de inyección regulable de 1 a 10 s, con 6 dipolos de emisión; características máximas: potencia 1 Kw, tensión 1.2 Kv, corriente 4 A.

*1 receptor digital ELREC6. Se trata de un equipo multicanal y multiventana que permite la recepción simultánea de 6 dipolos, lo que proporciona una eficiencia en campo muy elevada. Las curvas de caída pueden ser analizadas con diferentes tipos de muestreo (hasta 10 ventanas). El proceso de medición, controlado por microprocesador, es totalmente automático. La memoria interna puede almacenar hasta 1700 medidas. Una comunicación en serie permite la transferencia de estas medidas a un PC para su posterior almacenamiento, edición e interpretación.

Topografía:

*1 Taquímetro Wild T1A.

3.3. Perfiles realizados.

Todos los perfiles son de dirección N-S (UTM, huso 30), con una separación de 100 m en B. de Marín y de 150 m en el Peñadillo, y estacas cada 25 m (dipolos de 25 m). El resumen cuantitativo del trabajo en cada una de las 2 zonas es el siguiente (ver figura nº 2):

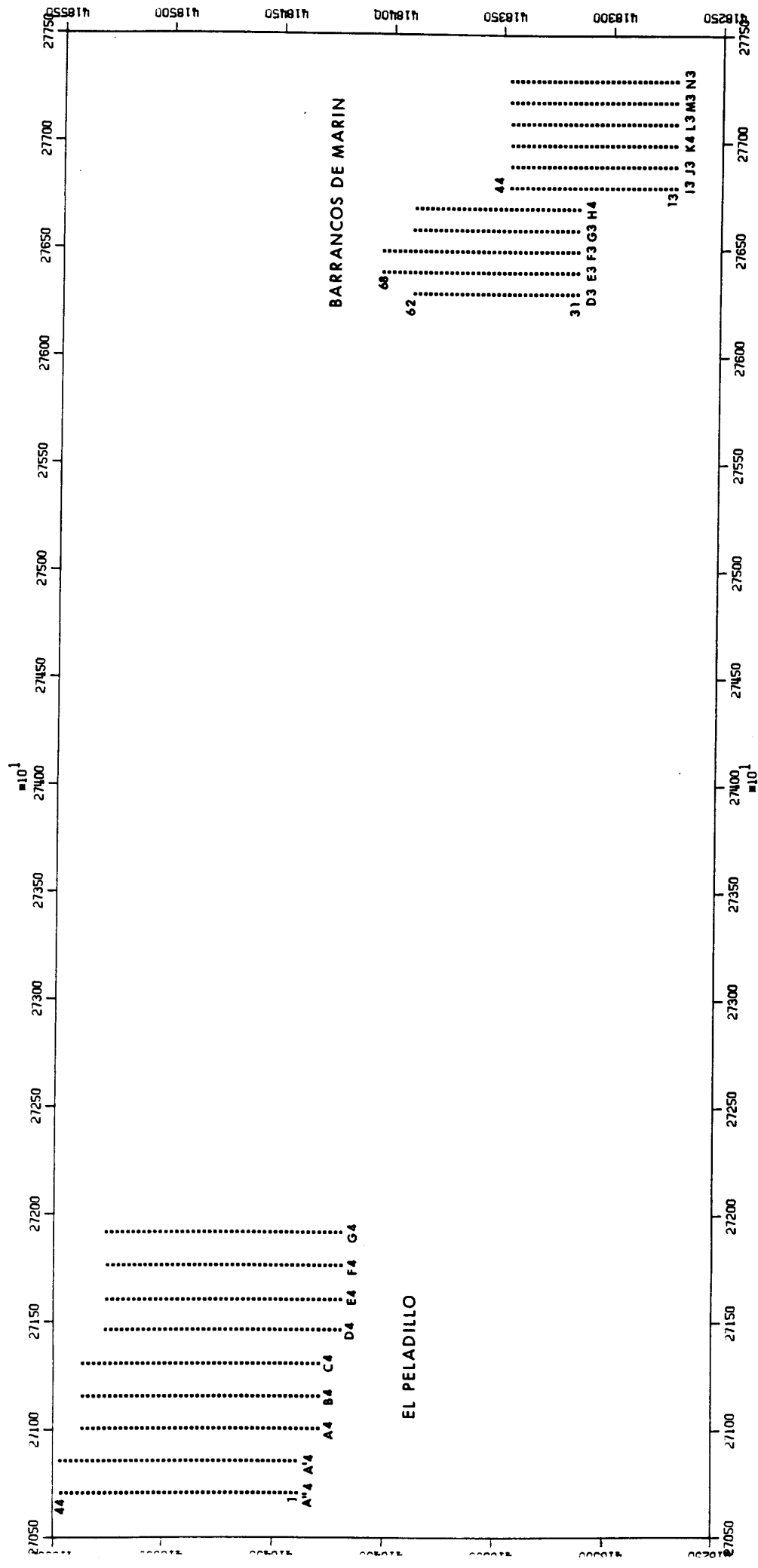


Fig. 2 Perfiles medidos en Huéznar I.991

E: 1:25.000

ZONA "BARRANCOS DE MARIN"

PERFIL	REGISTROS	TRANSMISORES	METROS	FECHA	ESTACAS
D3	1585-1698 1-30	4	600	5/7/91	31-62
E3	895-1038 1183-1218	5	750	16,18/7/91	31-68
F3	751-894 1219-1254	5	750	15,18/7/91	31-68
G3	607-750	4	600	12/7/91	31-62
H3	463-606	4	600	11/7/91	31-62
I3	319-462	4	600	10/7/91	13-44
J3	175-318	4	600	9/7/91	13-44
K3	31-174	4	600	8/7/91	13-44
L3	1297-1440	4	600	3/7/91	13-44
M3	1441-1584	4	600	4/7/91	13-44
N3	1039-1182	4	600	17/7/91	13-44
		----- 46	----- 6900	----- 12	----- 9125m

Notas:

1. Producción media: 575 m/día

2. Si se compara este cuadro con el correspondiente a los Barrancos de Marín de la campaña de 1989/91 (página 9 del informe 1989/90), se observa que:

*Los perfiles D3, F3, G3 y H3 son prolongación de los de 1989/90 con un transmisor (6 rebanadas) de solape. Es decir, el último transmisor de 1989/90 se ha vuelto a leer en 1991.

*El perfil E3 es nuevo.

*Los perfiles I3, J3 y K3 son exacta repetición de los de 1989/90.

*De los perfiles L3, M3 y N3 se han repetido los últimos 4 transmisores.

ZONA "EL PELADILLO"

PERFIL	REGISTROS	TRANSMISORES	METROS	FECHA	ESTACAS
A"4	1-216	6	900	19,20/6/91	1-44
A'4	217-432	6	900	20,21/6/91	1-44
D4	433-648	6	900	24,25/6/91	1-44
E4	865-1080	6	900	26/6,1/7/91	1-44
F4	649-864	6	900	25,28/6/91	1-44
G4	1081-1296	6	900	27/6,1/7/91	1-44
		-----	-----	-----	-----
		36	5400	9	6450m

Notas:

- 1.Producción media: 600m/día
- 2.Los perfiles A"4 y A'4 se sitúan 100 m al N de los de 1989/90 (A4,B4 y C4), y los D4,E4,F4 y G4 100 m al S de los mismos.

RESUMEN DE LAS DOS ZONAS:

Número total de perfiles:	17
Número total de transmisores:	82
Número total de metros(cobertura a 6 niveles):	12.300
Número total de metros (sobre terreno):	15.570
Producción media (21 días):	586 m/día

3.4. Metrología.

*Topografía:

Los perfiles de El Peladillo se estaquillaron con teodolito, levantándose en planimetría (X,Y) al menos dos estaciones de cada perfil (por itinerarios partiendo de las estaciones A4-29 y C4-29 de la campaña de 1989/91). En los Barrancos de Marín se utilizaron las estacas que se conservaban de dicha campaña para prolongar los perfiles con jalón.

El Anexo nº1 contiene las coordenadas UTM las estaciones levantadas. Al resto de las estacas se les dio coordenadas mediante interpolación.

*Polarización Inducida:

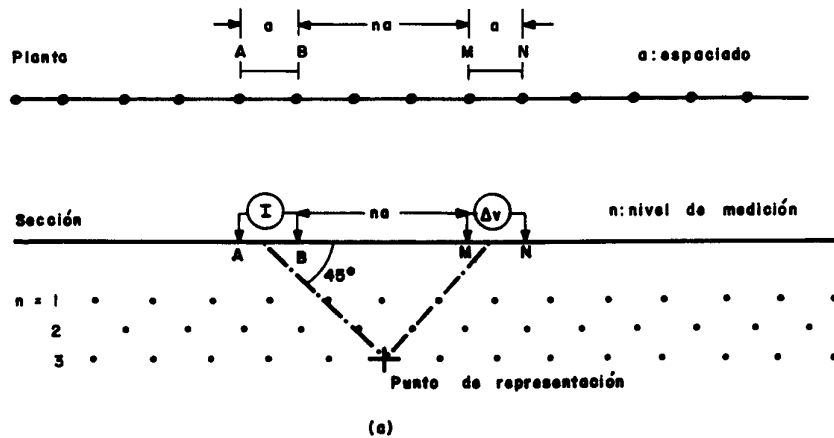
La Polarización Inducida (P.I.) es una técnica geofísica, relativamente nueva, que se ha empleado fundamentalmente en la exploración de sulfuros masivos y diseminados, y en segundo término, en la búsqueda de aguas subterráneas.

Una breve descripción del fenómeno de P.I., su circuito equivalente y los parámetros medidos, se da en informes relativos a campañas anteriores, por lo que no se repite aquí.

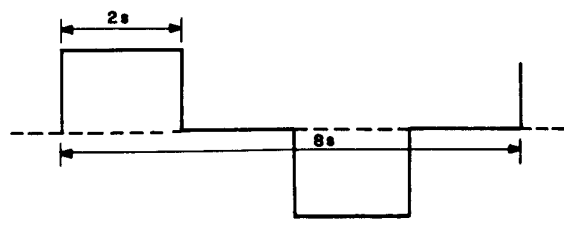
Recuérdese, sin embargo, que por lo que se refiere a dispositivos, el más utilizado en prospección minera es el dipolo-dipolo, representando los resultados de cargabilidad "m" y resistividad " ρ " en forma de pseudosecciones (fig nº 3a).

En el caso de la prospección que nos ocupa, el espaciado "a" fue de 25 m y se llegó hasta el nivel de medición n=6. Se trabajó con un impulso de excitación de 2 s, es decir, con un periodo para el ciclo completo de 8 s (fig nº 3b). (Dominio de Tiempos).

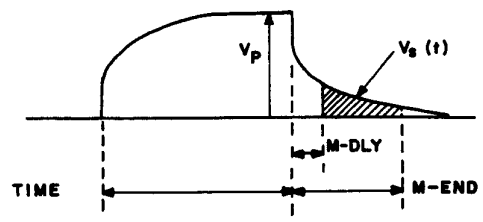
Para finalizar, recordemos que el receptor ELREC6 calcula, a partir de las lecturas de intensidad de corriente I a través del dipolo de emisión AB, voltaje ΔV recibido por el dipolo de recepción MN y geometría del dispositivo (a y na), la resistividad " ρ " en $\Omega \cdot m$, que queda almacenada en memoria. La lectura de cargabilidad "m" la refiere al intervalo de medición $t = M_{end} - M_{dly}$ (fig nº 3c), resultando en tanto por mil ó mV/V. Para una duración de impulso de 2 s y con un muestreo logarítmico de la curva de caída, el retraso del inicio de la lectura desde la interrupción de la corriente M_{dly} es de 80 ms y la lectura se prolonga hasta un M_{end} de 1840 ms, determinándose 10 cargabilidades parciales m1 a m10. Cada una de estas ventanas temporales están comprendidas entre sus respectivos M_{dly} y M_{end} parciales, variables con el tipo de muestreo (logarítmico o aritmético). Todos estos valores quedan almacenados en la memoria del ELREC6 para su posterior tratamiento.



(a) Dispositivo dipolo-dipolo



(b) Corriente de excitación



$$m = \frac{1}{M_{end} - M_{dly}} \int_{M_{dly}}^{M_{end}} \frac{v_s(t)}{V_p} dt$$

(c) Cargabilidad en el ELREC 6

Figura n° 3 Dispositivo dipolo-dipolo y lectura del ELREC6

4. TRATAMIENTO DE DATOS.

El tratamiento se inicia con el volcado a un PC de los registros de campo almacenados en la memoria del ELREC6. Esta transferencia se realiza perfil por perfil, obteniéndose una serie de ficheros dato que denominamos según el perfil correspondiente: D3.DMP, E3.DMP, etc. En el anexo nº 2 se da la estructura de uno cualquiera de estos ficheros (nº de registro, nº de dipolo receptor, dispositivo, tiempo de impulso, nº de impulsos, distancias, espaciado, resistividad, cargabilidad total, valores de ventana, etc., hasta un total de 43 inputs por registro).

A continuación, mediante programa, se extraen de cada registro de los ficheros dato los valores de resistividad aparente y cargabilidad total, generándose los ficheros .DPX (D3.DPX etc.) que sirven de entrada al paquete DIPIXP (INTERPEX LIMITED) de representación conjunta de pseudosecciones y perfiles. A través de una serie de menús, se diseñan las características de representación (ejes, isolíneas, escalas, rótulos, smoothing, etc.), que se envían a un conjunto de ficheros HPGL para su dibujo por plotter. Se obtienen así los planos nº 1 a 5.

Por último, cada perfil se procesó con el paquete IPREDC de Geosoft (cálculo espectral de pseudosecciones), que proporciona dos parámetros adicionales de la curva de caída (descarga) de la P. I.: constante de tiempo τ y factor de forma c. En el Anexo 3 se incluye una breve descripción teórica de éstos, así como los pseudocortes correspondientes a cada perfil.

Nota: el Anexo 3 sólo se entrega, por su excesivo volumen, en los ejemplares para la Oficina Regional y la biblioteca del Servicio de Geofísica del I.T.G.E.

5. INTERPRETACION.

5.1. Enumeración y descripción de anomalías.

Zona de los Barrancos de Marín.

Empezamos recordando lo que en síntesis final se decía en este mismo apartado en el informe 1989/90:

"En el conjunto de líneas de esta zona (A3 a Q3), en resumen, destacamos primero un contacto resistivo al N (proximidades de la estación 34) con buzamiento general al S (salvo en O3). En segundo lugar, existe una zona de fractura en los perfiles C3 a K3 con manifestación de cargabilidad en la parte contactos/bloque conductor. En tercer lugar, enfatizamos la relevancia de la anomalía de cargabilidad 32-36 de los perfiles K3 a M3 y 31-34 en N3".

Obviamente este resumen sigue siendo válido, añadiendo las siguientes observaciones:

*Perfiles D3, E3, F3, G3 y H3 (Planos 1 y 2): todas estas líneas, salvo la E3 que es nueva, son prolongación de las de 1989/90 con un transmisor de solape. En esta repetición se observa una buena coincidencia de resultados (ver plano 11 de 1989/90) con la misma definición del contacto resistivo al N (estaciones 33 ó 34 en los distintos perfiles). Adicionalmente en los transmisores nuevos, dentro de toda una zona de altas resistividades, existen:

*En los perfiles E3 a H3 una estructura conductora entre los puntos 46-52, 46-50, 46-49 y 42-46 respectivamente en cada uno de ellos. Previo al conductor aparece en E3 (aquí muy bien definido) y F3 un borde resistivo con indicación de buzamiento al S. En D3 el conductor se manifiesta entre las e 51 y 52.

*En las líneas E3 y F3 un bloque ligeramente polarizable (pequeña anomalía de cargabilidad e 56-60, 57-59 respectivamente) y conductor (e 56-59 y 58- 61).

*Perfiles I3, J3, K3, L3, M3 y N3 (Planos 2 y 3): todas estas líneas son repetición de las de 1989/90 (de las 3 últimas, los 4 transmisores finales). Si se comparan con las de los planos 12 y 13 de 1989/90, se concluye que los resultados de la repetición son muy similares, por lo que se puede señalar lo que se dijo entonces: "Estos perfiles presentan en común con los anteriores el contacto resistivo al N con el mismo buzamiento S, aquí menos marcado. Los perfiles K3, L3, M3 y N3 tienen un rasgo común que los identifica: la importante anomalía 32-36, 32-36, 32-36 y 31-34, la más característica de todas las registradas en esta campaña (dique estrecho vertical o con buzamiento S) con un contraste de polarizabilidad muy importante". No repe-

mos otras descripciones menos relevantes como las relativas a la zona de fractura de la parte central de los perfiles I3-K3.

Zona del Peladillo.

Recordamos también aquí el apartado de esta zona del informe 1989/90:

"En la línea A4 aparece un dique ancho subvertical 16-23(resistividad)/15-23(cargabilidad), bastante conductor (aproximadamente unos $50 \Omega \cdot m$) y con buena respuesta en cargabilidad. Este dique se estrecha en B4 (16-20/15-20), con un contraste de parámetros inferior. En C4 permanece una pequeña manifestación 16-23 sólo en resistividades".

Añadamos que el dique se encuentra entre una zona de resistividades altas al S ($\rho > 500 \Omega \cdot m$), contra la que representa un marcado contraste, y otra de resistividades medias al N ($100 < \rho < 300$) quedando bien definido entre ambas.

Por lo que respecta a los perfiles de 1991 señalamos lo siguiente:

*Líneas A"4 y A'4 (Plano 4): en ambas (e 13 y 12 respectivamente) aparece bien marcado el contraste con el resistivo al S, pero mientras que en A'4 la manifestación del dique se extiende hasta la e 18, en A"4 el contraste de resistividades al N es insuficiente para delimitar ese extremo del mismo. Por otro lado, no existe en estos perfiles respuesta de cargabilidad del conductor (pequeña insinuación en A'4), aunque sí aparecen dos pequeñas anomalías al N del mismo (31-33 en A"4 y 21-25 en A'4).

*Líneas D4, E4, F4 y G4 (Plano 5): en estos perfiles (salvo en G4) sí se presenta bien definido un cuerpo conductor estrecho (e 21-23 D4, 17-19 E4, 15-16 F4. $50 < \rho < 150$) dentro de una zona de resistividades altas tanto al S como al N del mismo. Asociada al contacto S del dique existe una anomalía de cargabilidad en los 4 perfiles, mejor definida en F4 y G4 (donde curiosamente el contraste de resistividades es muy difuso) con indicación de buzamiento al S (18-21 D4, 14-19 E4, 12-16 F4, 8-13 en G4).

5.2. Plano síntesis de anomalías.

Nos referimos aquí a los planos nº 6 y 7, en los que se representa el conjunto de anomalías enumeradas en el apartado anterior. En el plano 6 se da además la cartografía geológica a escala 1: 2.500 de trabajo actual en parte del área de los Barrancos de Marín elaborada por el equipo de la Dirección de Minería del I.T.G.E. en Lora del Río.

Zona de los Barrancos de Marín.

1) En cuanto a las repeticiones, al igual que en el informe 1989/90, señalamos que:

*El contacto resistivo de las estaciones 33-34 marca el granito de Minjandre G.

*Destaca por su importancia el cuerpo polarizable 32-36 de los perfiles K3 a N3, a pesar de que su correspondencia espacial con los gossans conocidos no resulta clara según la cartografía actual. (¿Por qué no existe anomalía en los perfiles I y J donde se encuentra la pequeña labor minera?).

2) En cuanto a las líneas prolongadas, la mayor parte de ellas van en un granito que se manifiesta por su elevada resistividad, con una zona central relativamente conductora y no polarizable (gossan NW plano 6). Mejor conductor es el bloque final de los perfiles E3 y F3 asociado con una pequeña anomalía de cargabilidad (este bloque se insinúa al final de las otras líneas prolongadas que tienen un transmisor menos).

Zona del Peladillo.

Existe un buen conductor que presenta un apreciable contraste de resistividades con el encajante en todos los perfiles salvo en A"4 y G4. La anomalía de cargabilidad es también interesante (salvo en A"4, A'4 y C4).

6. CONCLUSIONES.

Mencionamos las siguientes:

- 1) Alta coincidencia en las repeticiones efectuadas en los Barrancos de Marín.
- 2) Como consecuencia de lo anterior, confirmación del interés de la anomalía de los perfiles K3 a N3.
- 3) En las prolongaciones de este año se han puesto de manifiesto dos zonas conductoras, una de ellas ligeramente polarizable.
- 4) En el Peladillo se ^{ha}verificado la continuación al E de la anomalía detectada en 1990.
- 5) Análisis espectral: se entrega (Anexo 3) un juego de pseudocortes de los perfiles medidos, con una selección de anomalías de factor metálico y constante de tiempo.

Madrid, Septiembre 1991

José Luis García Lobón



ANEXO Nº 1

COORDENADAS U.T.M. DE LAS ESTACIONES LEVANTADAS

ZONA EL PELADILLO

ESTACION	X	Y
A"4-25	270.709	4.184.987
A'4-25	270.858	4.184.992
D4-1	271.470	4.184.193
D4-33	271.461	4.184.990
D4-44	271.461	4.185.263
E4-1	271.599	4.184.192
E4-33	271.611	4.184.991
E4-44	271.612	4.185.257
F4-1	271.766	4.184.191
F4-33	271.760	4.184.991
F4-44	271.761	4.185.255
G4-1	271.952	4.184.193
G4-33	271.909	4.184.991
G4-44	271.908	4.185.261

ANEXO Nº 2

EJEMPLO DE UN FICHERO DATO (*.DAT)

```

M6 = 19.4 M7 = 16.9 M8 = 14.5 M9 = 11.9 M10= 10.0
- N = 17.4 En = 4.3 Sn = 0.2
N1 = 17.4 N2 = 17.2 N3 = 17.2 N4 = 16.9 N5 = 17.1
N6 = 17.1 N7 = 17.2 N8 = 17.4 N9 = 17.3 N10= 17.1
- control 7 - 2 Rs = 4.3 Kohm triggering dipole: 1
# 1627 data from dipole 1 ( Dipole - Dipole array )
mode 3 pulse = 2 s pulses number = 13
XC (m)= 350.0 XP (m)= 375.0 D (m)= 25.0 Line = 10.0
- Ro=224.2 ohm.m
Vp = 360.61 mV Qv= 0% Ps= 26 mV In = 800.0 mA
M = 5.0 Em = 0.0
- M1 = 13.5 M2 = 9.9 M3 = 8.5 M4 = 7.3 M5 = 6.1
M6 = 5.3 M7 = 4.6 M8 = 3.9 M9 = 3.2 M10= 2.6
N = 4.9 En = 0.0 Sn = 0.2
- N1 = 5.3 N2 = 4.9 N3 = 4.6 N4 = 4.7 N5 = 4.6
N6 = 4.6 N7 = 4.7 N8 = 4.7 N9 = 4.6 N10= 4.4
control 1 - 2 Rs = 3.8 Kohm triggering dipole: 1
# 1628 data from dipole 2 ( Dipole - Dipole array )
mode 3 pulse = 2 s pulses number = 13
XC (m)= 350.0 XP (m)= 400.0 D (m)= 25.0 Line = 10.0
- Ro=303.6 ohm.m
Vp = 128.85 mV Qv= 0% Ps= 24 mV In = 800.0 mA
M = 6.9 Em = 0.1
- M1 = 17.8 M2 = 13.5 M3 = 11.6 M4 = 10.1 M5 = 8.5
M6 = 7.3 M7 = 6.4 M8 = 5.4 M9 = 4.4 M10= 3.7
N = 6.6 En = 0.1 Sn = 0.2
- N1 = 6.9 N2 = 6.6 N3 = 6.6 N4 = 6.5 N5 = 6.5
N6 = 6.5 N7 = 6.5 N8 = 6.5 N9 = 6.4 N10= 6.3
control 3 - 2 Rs = 3.4 Kohm triggering dipole: 1
# 1629 data from dipole 3 ( Dipole - Dipole array )
mode 3 pulse = 2 s pulses number = 13
XC (m)= 350.0 XP (m)= 425.0 D (m)= 25.0 Line = 10.0
- Ro=215.2 ohm.m
Vp = 36.530 mV Qv= 0% Ps= 4 mV In = 800.0 mA
M = 8.8 Em = 0.2
- M1 = 22.5 M2 = 17.3 M3 = 14.8 M4 = 12.9 M5 = 10.9
M6 = 9.4 M7 = 8.1 M8 = 6.9 M9 = 5.6 M10= 4.7
N = 8.4 En = 0.2 Sn = 0.2
- N1 = 8.8 N2 = 8.5 N3 = 8.4 N4 = 8.3 N5 = 8.3
N6 = 8.3 N7 = 8.3 N8 = 8.3 N9 = 8.1 N10= 8.0
control 4 - 2 Rs = 3.4 Kohm triggering dipole: 1
# 1630 data from dipole 4 ( Dipole - Dipole array )
mode 3 pulse = 2 s pulses number = 13
XC (m)= 350.0 XP (m)= 450.0 D (m)= 25.0 Line = 10.0
- Ro=249.6 ohm.m
Vp = 21.187 mV Qv= 0% Ps= -13 mV In = 800.0 mA
M = 10.4 Em = 0.4
- M1 = 26.4 M2 = 20.6 M3 = 17.5 M4 = 15.2 M5 = 12.9
M6 = 11.1 M7 = 9.5 M8 = 8.1 M9 = 6.8 M10= 5.6
N = 9.0 En = 0.4 Sn = 0.2
- N1 = 10.3 N2 = 10.1 N3 = 10.0 N4 = 9.7 N5 = 9.6
N6 = 9.8 N7 = 9.7 N8 = 9.7 N9 = 9.6 N10= 9.6
control 5 - 2 Rs = 4.5 Kohm triggering dipole: 1
# 1631 data from dipole 5 ( Dipole - Dipole array )
mode 3 pulse = 2 s pulses number = 13
XC (m)= 350.0 XP (m)= 475.0 D (m)= 25.0 Line = 10.0
- Ro=378.1 ohm.m
Vp = 18.340 mV Qv= 0% Ps= 10 mV In = 800.0 mA
M = 14.5 Em = 0.7
- M1 = 36.9 M2 = 29.2 M3 = 24.5 M4 = 21.2 M5 = 18.1
M6 = 15.3 M7 = 13.3 M8 = 11.2 M9 = 9.3 M10= 7.7
N = 13.9 En = 0.7 Sn = 0.4
- N1 = 14.4 N2 = 14.3 N3 = 14.0 N4 = 13.6 N5 = 13.8
N6 = 13.3 N7 = 13.6 N8 = 13.4 N9 = 13.5 N10= 13.2
control 6 - 2 Rs = 4.1 Kohm triggering dipole: 1

```

ANEXO N° 3

PARAMETROS ESPECTRALES EN LA P.I.

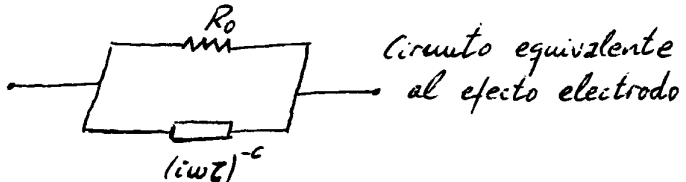
1. INTRODUCCION

En lo que sigue se dan por conocidos los conceptos básicos de la P.I., en particular los relativos a la definición de los dominios del tiempo (TD) y de la frecuencia (FD). A partir de aquí, una extensión de las medidas en el FD sobre un amplio campo de frecuencias, v.g. .01 a 10.000 Hz, da lugar a lo que Pelton (*) denomina medidas de resistividad compleja o P.I. multifrecuencia y Johnson (**) P.I. espectral. El trabajo de Pelton es pionero en su intento de discriminar entre sí sulfuros diseminados, de masivos, de grafito y de magnetita mediante el uso de la respuesta de éstos a la P.I. multifrecuencia. Aunque los resultados iniciales fueron prometedores, no se plasmaron en un posterior empleo generalizado de esta técnica, entre otras razones por el coste de adquisición de los datos de campo. Estos datos se analizaban a través de un modelo físico-matemático denominado Cole-Cole que describiremos muy brevemente en el siguiente apartado.

Sin embargo, a medida que durante los años 80 van apareciendo en el mercado nuevos receptores de P.I. en el TD con mayor capacidad de muestreo de la curva de caída, el concepto de P.I. multifrecuencia se traslada a este dominio como alternativa equivalente, ya que toda la información necesaria para el análisis espectral se encuentra potencialmente disponible en una simple curva de descarga, y con mucha mayor eficacia, pues el esfuerzo de adquisición de los datos de campo es notablemente rebajado en el TD.

2. EL MODELO COLE-COLE

Hasta la fecha se trata del modelo más utilizado en el análisis de P.I. espectral en el TD. Consiste en simular la respuesta de un cuerpo polarizable mediante un circuito cuya función de transferencia es:

$$Z(\omega) = R_0 \left[1 - m \left(1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau)^c} \right) \right]$$


donde: $Z(\omega)$ es la impedancia compleja del cuerpo ($\Omega \cdot m$) función de la frecuencia angular ω (1/s),
 R_0 es la resistividad en cc del cuerpo ($\Omega \cdot m$),
 m es la cargabilidad del cuerpo (mV/V),
 τ es la constante de tiempo (s),
 c es un exponente.

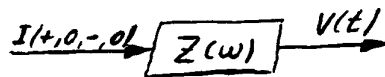
*Pelton, W.H. et al, 1978, Mineral discrimination and removal of inductive coupling with multifrequency IP, Geophysics 43, 588-609.

**Johnson, I.M., 1986, Spectral IP parameters derived from time-domain measurements, IP applications & Case histories, 57-78, SEG.

La resistividad R_0 sería la ρ_a de los métodos eléctricos convencionales. m es la cargabilidad teórica de Seigel (voltaje residual que se observaría inmediatamente después del corte de un impulso de corriente de duración ∞). La constante de tiempo τ y el exponente c describen, respectivamente, la forma de la curva de descarga en el TD y del espectro de fase en el FD. τ está relacionada con el tamaño de grano y c con la uniformidad del mismo.

3. RESOLUCION DEL PROBLEMA DIRECTO (PD)

Planteamiento del PD: conocido el cuerpo simple polarizable, encontrar su respuesta; es decir, conocido un semiespacio cuyas propiedades eléctricas son modeladas por $Z(\omega) = Z(R_0, m, \tau, c)$, se trata de encontrar la curva de descarga $v(t)$ correspondiente a un pulso de corriente de duración infinita $I(+, 0, -, 0)$:



Para la i -ésima ventana registrada de $v(t)$ tendríamos (recuérdese la definición de cargabilidad de la figura 2):

$$S_i = \frac{10^3}{V_p(t_{i+1} - t_i)} \int_{t_i}^{t_{i+1}} v(t) \cdot dt \quad mV/V$$

La integral anterior, en la que la expresión de $v(t)$ en función de $Z(\omega)$ e $I(+, 0, -, 0)$ no se indica por ser bastante engorrosa, es resuelta numéricamente para una serie de valores de τ y c , lo que da lugar a la generación de un conjunto de curvas patrón. Así por ejemplo, el paquete IPREDC de Geosoft en su fichero Curves.ipc dispone de una colección de 136 curvas patrón para los siguientes 8 valores de τ y 17 de c :

τ : 0.14, 0.37, 1.0, 2.71, 7.39, 20.08, 54.6, 148.4

c : 0.10, 0.15, 0.20, 0.25,0.75, 0.80, 0.85, 0.90

Estos valores caen dentro de los esperados para objetivos típicos de la P.I. ($10 \text{ ms} < \tau < 100\text{s}$; $0.1 < c < 1$). En particular los de τ están limitados por abajo por los efectos del acoplamiento inductivo y por arriba por la capacidad de resolución de diferencias entre curvas patrón (para $T=2\text{s}$), y se han seleccionado de modo que proporcionen saltos razonables entre las mismas.

Dada una curva de descarga observada en campo, la colección de curvas patrón permite, a través de un proceso de ajuste mínimo cuadrático, la obtención de los parámetros τ y c de la curva patrón más parecida a la curva registrada en campo. De esta forma se obtienen los pseudocortes de τ y c que incluimos en este anexo (pseudosecciones de resistividad aparente, cargabilidad aparente, factor metálico, constante c y constante de tiempo τ).

Notas:

1. En la resolución de PD se ha supuesto un semiespacio homogéneo descrito por un único modelo Cole-Cole, de modo que el proceso anterior proporciona parámetros espectrales que son sólo aparentes. Lógicamente, cualquier objetivo polarizable de interés será de tamaño finito dentro de un medio con sus propias características eléctricas. En este caso la solución del PD supone un problema teórico más general que no tiene solución hoy por hoy.

2. Las curvas de descarga de campo serán, en general, el resultado de la superposición de efectos de P.I. verdaderos (c baja, alta τ) y acoplamiento inductivo (IC) (c alta, τ baja).

3. En la resolución del PD se supone un pulso de corriente $I(+, 0, -, 0)$ constante. Los transmisores-estabilizadores usados en campo trabajan de forma que sólo se aproximan a esta condición. El trabajo real de éstos bajo diferentes condiciones de carga está aún por investigar sobre el terreno.

4. PSEUDOCORTES GENERADOS

A continuación se presenta una copia de los pseudocortes obtenidos para cada perfil. Cada uno de ellos contiene de abajo a arriba:

*Pseudosección de resistividad aparente: es la misma que la de los planos 1 a 5, salvo que aquí se han trazado las isolneas cada $200 \Omega \cdot m$

*Pseudosección de cargabilidad aparente: idem, con isolneas cada 10 mV/V.

*Pseudosecciones de factor metálico, c y τ : isolneas con intervalo logarítmico.

Encima de las pseudosecciones aparecen los perfiles filtrados de cada uno de los 5 parámetros representados (f_a , m_a , f_m , c y τ). Sobre estos perfiles se han definido las anomalías de f_m , y τ (f_m y τ altos: más del 50% del valor máximo filtrado según cada perfil) que se han llevado a los planos nºs 6 y 7.

P L A N O S