



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

"INVESTIGACION MEDIANTE POLARIZACION INDUCIDA, V.L.F. Y MAGNETICO EN LAS ZONAS DE CERRO DEL AGUILA Y EL VENTORRILLO (LORA - DEL RIO - SEVILLA)". 1.988

EXPEDIENTE Nº

--	--	--	--

ORGANICA Nº                      PROGRAMA Nº                      CONCEPTO Nº

--	--	--



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

40349

I N D I C E

=====

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. ANTECEDENTES .....	4
3. OBJETIVOS .....	8
4. TRABAJOS REALIZADOS .....	10
4.1 Duración y equipo de trabajo .....	11
4.2 Gastos .....	12
4.3 Instrumentación .....	14
4.4 Perfiles .....	15
4.5 Metrología.....	17
. Topografía.....	17
. Magnetometría.....	19
. V. L. F.....	20
. Polarización inducida.....	25
5. TRATAMIENTO DE DATOS.....	35
5.1 Magnetometría y V. L. F.....	36
5.2 Polarización inducida.....	46
. Zona de Cerro del Aguila.....	46
. Zona de El Ventorrillo.....	47
5.3 Ficheros resultantes.....	50
6. INTERPRETACION .....	51
7. CONCLUSIONES .....	54

F I G U R A S

- Figura nº 1. Situación de los trabajos E 1:500.000
- " nº 2. Esquema geológico E 1:50.000
- " nº 3. Diagrama de actividades-tiempo
- " nº 4. Perfiles zona Cerro del Aguila E 1:25.000
- " nº 5. " " El Ventorrillo E 1:25.000
- " nº 6. Acoplamiento electromagnético en el método V.L.F.
- " nº 7. Descripción del fenómeno de P.I.
- " nº 8. Dispositivo dipolo-dipolo y lectura de Syscal R2E.
- " nº 9. Coeficientes y función de transferencia de los filtros digitales utilizados.
- " nº10. Perfil A. Campo magnético total (nT). Zona Cerro del Aguila.
- " nº11. Perfil A. Componente Z(%). Zona Cerro del Aguila.
- " nº12. " " " Q(%). " " " "
- " nº13. " " Campo magnético total (nT). Zona El Ventorrillo.
- " nº14. Perfil A. Componente Z(%). Zona El Ventorrillo.
- " nº15. " " " Q(%). " " "
- " nº16. Esquema de tratamiento y ficheros generados para los perfiles de magnetometría, V.L.F. (ambas zonas) y P.I. (Zona Cerro del Aguila).
- " nº17. Esquema de tratamiento y ficheros generados para los perfiles de P.I. de la zona de El Ventorrillo.

PLANOS

PLANO Nº 1.- Anomalías de campo magnético total (valores filtrados  
- 42000nT). Zona Cerro del Aguila. E 1:5000

PLANO Nº 2.- Anomalías de campo magnético total (valores filtrados  
-42000nT). Zona El Ventorrillo. E 1:10.000

PLANO Nº 3.- Perfiles V.L.F. Zona Cerro del Aguila. E 1:5000.

PLANO Nº 4.- " " " El Ventorrillo E 1:10.000.

PLANO Nº 5.- Pseudosecciones perfiles A y C. Zona Cerro del Aguila  
E 1:2500.

PLANO Nº 6.- Pseudosecciones perfiles E y F. Zona Cerro del Aguila.  
E 1:2500.

PLANO Nº 7.- Pseudosecciones perfiles H y J. Zona Cerro del Aguila.  
E 1:2500.

PLANO Nº 8.- Pseudosección perfil A. Zona El Ventorrillo. E 1:2500.

PLANO Nº 9.- " " B " " " " "

PLANO Nº10.- " " C " " " " "

PLANO Nº11.- " " D " " " " "

PLANO Nº12.- " " E " " " " "

PLANO Nº13.- " " F " " " " "

PLANO Nº14.- " " G " " " " "

PLANO Nº15.- Síntesis de anomalías geofísicas. Zona Cerro del Aguila.  
E 1:5.000.

PLANO Nº16.- Síntesis de anomalías geofísicas. Zona El Ventorrillo.  
E 1:10.000.

1. INTRODUCCION.

## 1.- INTRODUCCION.

El presente informe hace referencia a una campaña de Polarización Inducida (P.I.), V.L. F. y Magnético llevada a cabo por el servicio de Geofísica del IGME a petición de la Dirección de Minería del mismo en dos áreas -Cerro del Aguila y El Ventorrillo- próximas a la localidad de Lora del Río (Sevilla). En la figura nº 1 se aprecia la situación de ambas zonas de estudio con indicación de la hoja del M. T.N. E 1:50.000 donde se ubican (hojas 942 "Palma del Río" y 941 - "Ventas Quemadas" respectivamente).

Esta campaña es la primera que se realiza con cargo al Proyecto por Administración "Trabajos geofísicos de apoyo a investigaciones mineras - 1.988".

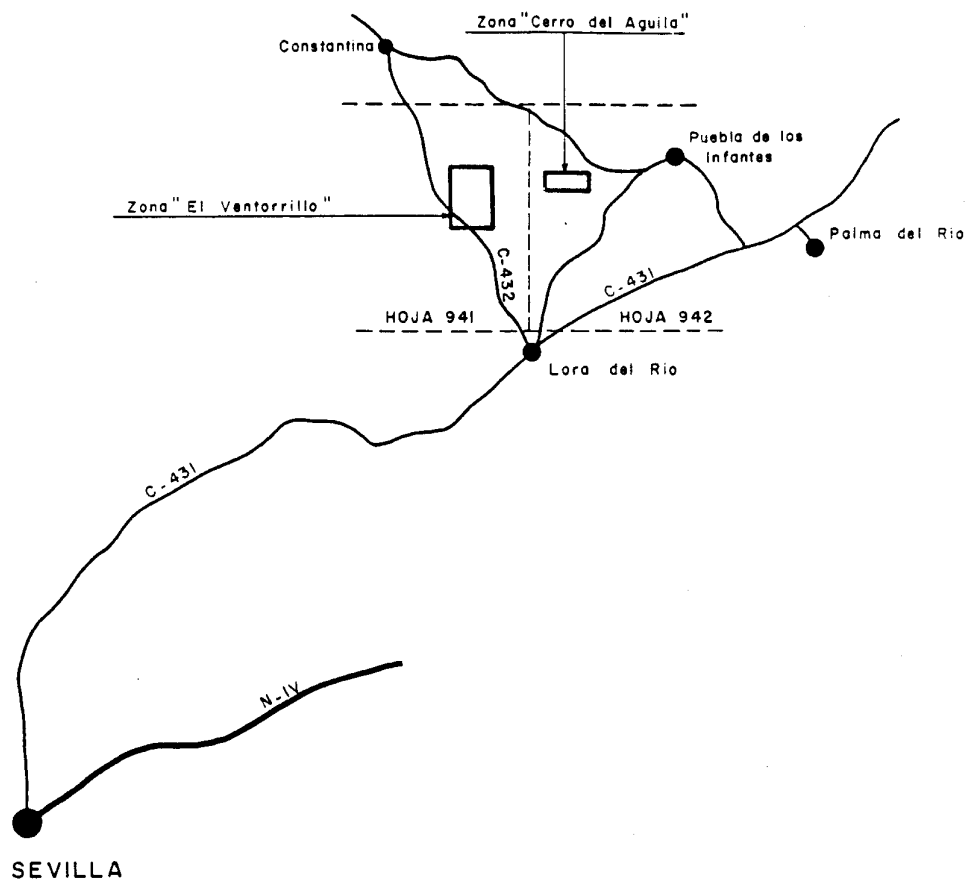


Figura nº 1 Situación de los trabajos E.1:500.000

2. ANTECEDENTES.



## 2.- ANTECEDENTES:

La Dirección de Minería del IGME viene desarrollando en la Reserva de Huéznar (hoja 941), y más concretamente en las áreas citadas en el apartado anterior, una serie de trabajos de cartografía geológica de detalle y prospección geoquímica encaminados a la evaluación de su potencial de metales preciosos, especialmente oro, a los que se suma la campaña de geofísica minera que se describe en este informe.

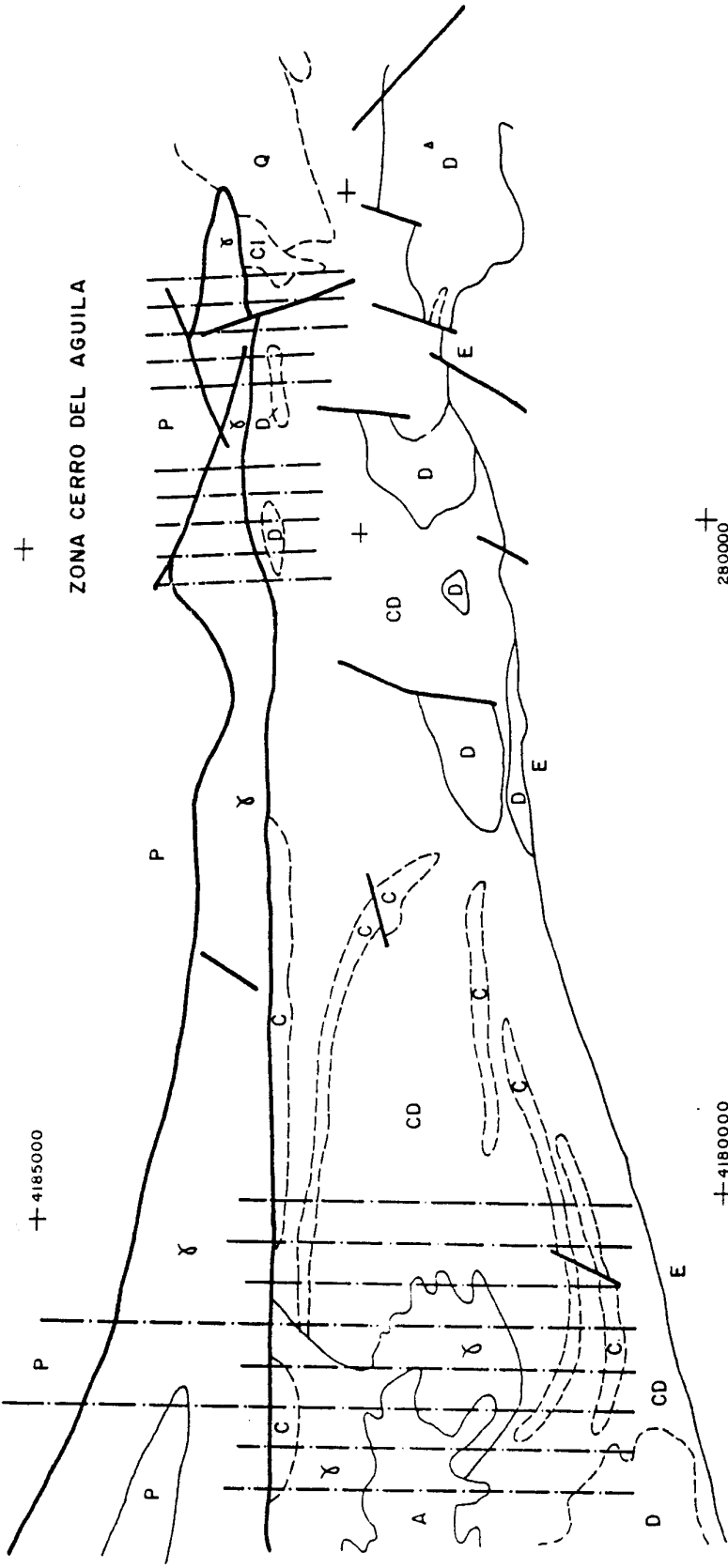
En la figura nº 2 se presenta un esquema geológico 1:50.000 tomado de las hojas MAGNA 941 y 942. La zona de Huéznar se sitúa en la banda Centro-Sur de Ossa Morena sobre el extremo sudoriental de un antiforme con materiales del Precámbrico superior al Cámbrico inferior y con manifestaciones plutónicas y volcánicas tanto félsicas como máficas. El área fue afectada, tal como se manifiesta, por la orogenia Hercínica que produjo direcciones estructurales WNW-ESE.

Con los conocimientos actuales y de acuerdo con la cartografía realizada y en curso a escala 1:5.000, el interés aurífero se centra en rocas del Precámbrico superior al Cámbrico inferior de naturaleza vulcano-sedimentaria, constituidas por grauvacas, pizarras, tufitas y cuerpos lávicos ácidos y básicos generalmente interestratificados. Existen importantes paquetes de calizas con diseminaciones de sulfuros y con intercalaciones de rocas básicas. Este conjunto está limitado al N. por la falla de Minjandre en contacto con un granito Hercínico, y al S. también fallado, por un complejo de micaesquistos y gneisses Precámbricos (ver figura nº 2).

Por lo que se refiere a indicios mineros, durante una campaña previa en la Reserva de Cerro Muriano Area II (zona de Peñaflor), justo al E de la Reserva de Huéznar, una geoquímica de arroyo y batea obtuvo resultados anómalos de oro. El IGME extendió los trabajos a la zona de Huéznar, demostrándose mineralizaciones con varias ppm de contenido en oro. Estudios preliminares adjudicaron el posible origen de una anomalía de Au en sedimentos de batea a una roca milonitizada y silificada con diseminaciones de -

sulfuros situada junto a rocas básicas y ácidas subintrusivas o volcánicas.

ZONA EL VENTORRILLO



ZONA CERRO DEL AGUILA

LEYENDA

- |             |    |                                    |
|-------------|----|------------------------------------|
| Cuaternario | Q  | Coluvial                           |
| Terciario   | A  | Arcillas                           |
|             | C1 | Calizas                            |
|             | C  | Calizas                            |
|             | D  | Diabasas                           |
|             | CD | Calizas y diabasas indiferenciadas |
|             | P  | Pizarras                           |
|             | E  | Esquistos                          |
|             | χ  | Granitos                           |

SIGNOS

- |     |                      |
|-----|----------------------|
| --- | Contacto discordante |
| —   | Contacto mecánico    |
| —   | Falla                |
| —   | Perfiles Geofísica   |

Figura nº 2. Esquema Geológico E.1.50.000

3. OBJETIVOS.

### 3.- OBJETIVOS.

De acuerdo con la breve descripción realizada en el apartado anterior, dado el interés provocado por los indicios de Au de la Reserva de Huéznar, a principios de 1.938 se planeó la realización de la campaña geofísica que aquí se describe con el doble objetivo de servir de apoyo a la cartografía geológica de detalle (magnetometría y V.L.F.) también planeada para dicho año, y de descubrir o delinear zonas con diseminaciones de sulfuros (P.I.) que dentro del contexto más arriba indicado podrían ser las portadoras de la mineralización de Au.

4. TRABAJOS REALIZADOS.

#### 4. TRABAJOS REALIZADOS.

##### 4.1. Duración y equipo de trabajo.

Los trabajos de campo (estaquillado, toma de medidas, etc.) se iniciaron el 23 de marzo de 1.988 prolongándose hasta el 12 de Julio del mismo año. El grupo de trabajo estuvo compuesto por el personal siguiente:

- . José Luis García Lobón (Ingeniero de Minas): Programación y supervisión de la campaña. Redacción del informe.
- . Juan Manuel Rosa Armenteros, Ceferino Avilero Hurtado y Julian Coronel Campos (Ingenieros Técnicos de Minas): se encargaron de la puesta a punto de la instrumentación y del posicionamiento y levantamiento de las estaciones.
- . Cecilio Baeza Rodríguez-Caro (Encargado) y José María Llorente Delgado (Oficial 2ª): operadores geofísicos. El primero lo fue del equipo de P.I. actuando como encargado de la base del grupo en Lora del Río durante toda la campaña (mantenimiento instrumentación, pago de los gastos del equipo, etc.); y el segundo de los equipos de V.L.F. y magnético.
- . José Alcayde Vázquez (Oficial 2ª) y Fernando Llorente Delgado (Oficial 2ª): conductores de los vehículos oficiales que se utilizaron para los desplazamientos desde la base en Lora del Río a las zonas de trabajo (2 Land-Rover PMM. matrículas 0083-H y 0059-H y un Citroen 2 C.V. PMM 28.077).

Además, realizaron tareas de colaboración y aprendizaje las geólogas Rocío Campos Egea y Susana Torrescusa Villaverde (contratada con cargo a proyecto y becaria, respectivamente, ambas en el Servicio de Geofísica).

Como ya se ha señalado, la base se ubicó en Lora del Río, donde se contrataron, durante la ejecución de los trabajos de campo, los peones necesarios para las tareas a pie de obra (roza de terrenos, transporte manual de instrumentos, portamiras de topografía, tendido de cables eléctricos, etc.).

En la figura nº 3 se presenta el diagrama actividades-tiempo resultante de la campaña.

#### 4.2. Gastos.

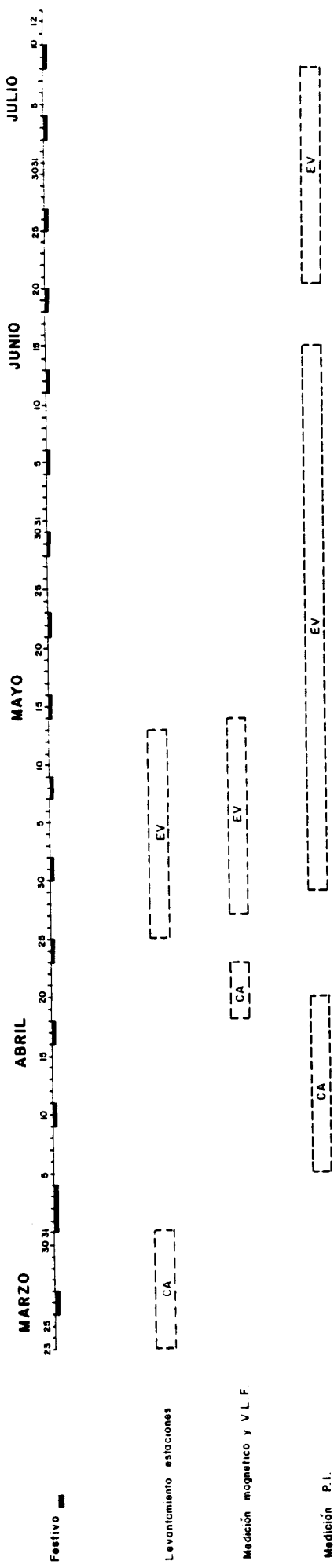
Con cargo al proyecto citado en la introducción, fueron los siguientes:

. Peonaje: Se contrataron cinco peones del 23/3/88 al 12/7/88. Adicionalmente, en el mes de Mayo se dispuso de cuatro peones más (del 4/5/88 al 20/5/88), uno de los cuales continuó hasta el fin de campaña. El total de peonadas realizadas fue de 536 distribuidas de la siguiente forma: 40 en Marzo, 120 en Abril, 196 en Mayo, 120 en Junio y 60 en Julio. La nómina total ascendió a 1.622.319 pesetas, excluidos los Seguros Sociales, y a 2.250.369, incluidos los mismos.

#### . Generales.-

- Alquiler oficina .....	130.466
- Combustibles y aceites .....	154.786
- Compras de material (estacas, barrenas, herramientas, etc.).....	110.309
- Reparaciones (Land-Rover y motor Honda) .....	26.370
- Gastos varios (material de oficina, llamadas telefónicas, correo, fotocopias, etc.).....	<u>22.133</u>
TOTAL .....	444.064





CA: Cerro del Aguila  
 EV: El Ventorrillo

Figura nº3. Diagrama de actividades - tiempo

#### 4.3. Instrumentación.

##### Polarización inducida.

- 1 motor-generador Honda modelo EM 1.900X con características nominales de salida en CA siguientes:

Tensión 220 V, frecuencia 50 Hz, amperaje 7.8 A y potencia aparente 1.7 KVA.

- 1 Transmisor "Electra 1.000" 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 Syscal R2E. Permite visualización directa (display) de la resistividad aparente ( $\Lambda \cdot m$ ) y del efecto de polarización inducida (P.I.) en forma de cargabilidad total (%) y de tres o cuatro cargabilidades parciales, según que la longitud del impulso sea de 1 ó de 2s (onda cuadrada de 4 ó 8s para el ciclo completo). Almacena en memoria tanto los parámetros de medida (tiempo y geometría del dispositivo), como los resultados de la misma (tensión y corrientes recibidas, resistividad y cargabilidades). Es posible su control (v.g. lectura de valores almacenados) mediante cualquier ordenador a través de una conexión standard RS232C.

##### V. L. F.

- Receptor Geonics EM 16. Determina las componentes en fase y en cuadratura del campo magnético vertical como porcentaje del campo primario horizontal. Características: banda de frecuencia 15 - 25 KHz., rango de  $\pm 150\%$  para la componente en

fase y  $\pm$  40% para la componente en cuadratura, resolución  $\pm$  1%.

Magnético.

- 1 Magnetómetro de protones Geometrics G-816.
- 1 Base registradora Geometrics G-816 A.

Topografía

- 2 Taquímetros wild T1A.

#### 4.4. Perfiles.

. Zona Cerro del Aguila: se han estaquillado 10 perfiles (A a J. Figura nº 4) de dirección NS separados 200 m. (salvo E-F = 600 m. para salvar el arroyo Tamojoso) con estaciones a 25 m., lo que supone un total de 536 puntos (13.15 Km. de perfil).

<u>Perfil</u>	<u>Estaciones</u>
A	A1 a A61.
B	B1 a B60.
C	C1 a C60.
D	D1 a D50.
E	E1 a E55.
F	F1 a F51.
G	G1 a G51.
H	H1 a H49.
I	I1 a I48.
J	J1 a <u>J51.</u>

TOTAL..... 536

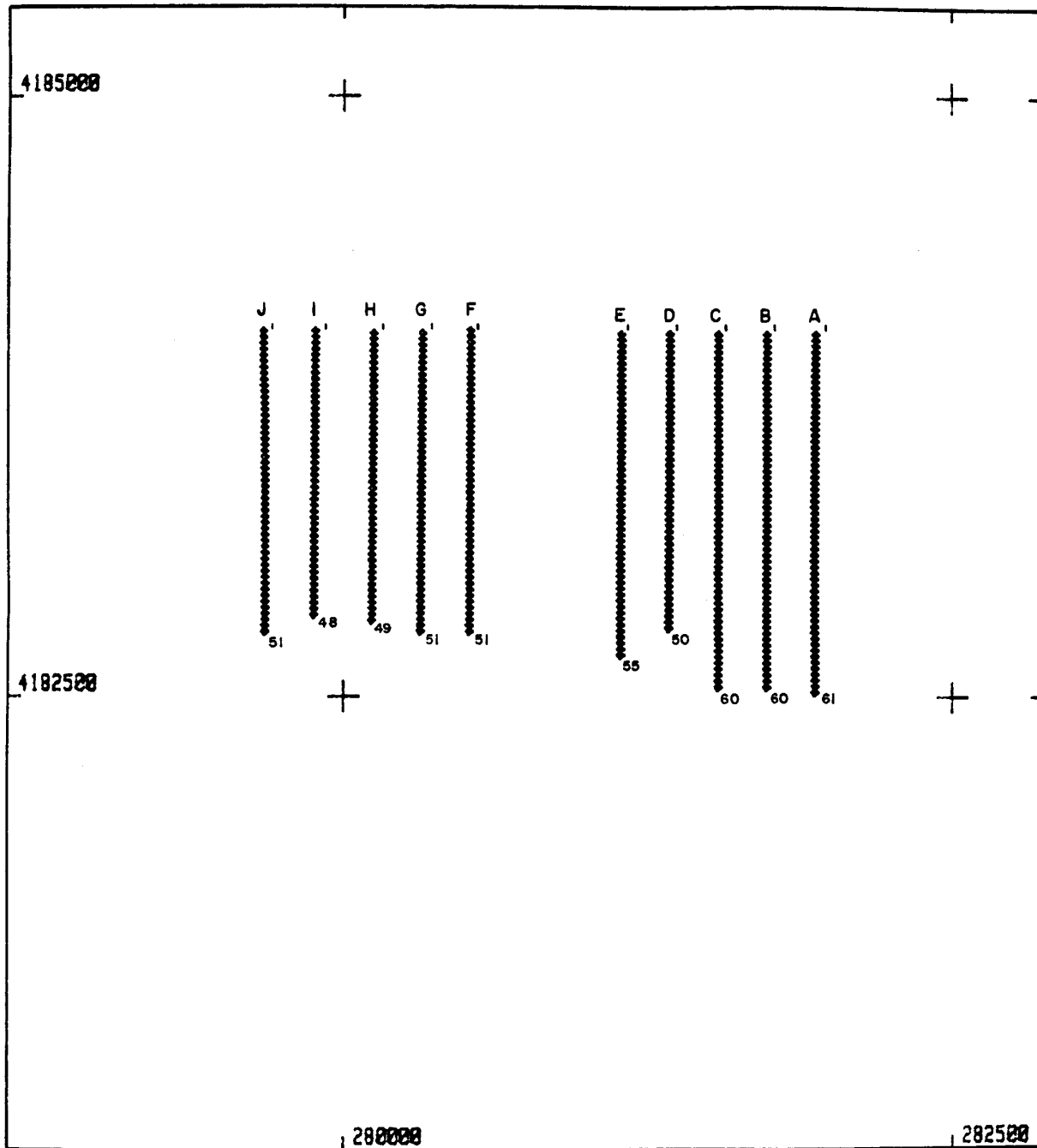


Figura nº 4. Perfiles zona Cerro del Aguila E. 1:25.000

. Zona El Ventorrillo: con 8 perfiles (A a H Figura nº 5) de dirección N 3 g (centesimales) E separados 300 m. con estaciones a 25 m. (1072 estaciones equivalentes a 26.6 Km. de perfil).

<u>Perfil</u>	<u>Estaciones</u>
A	A1 a A121
B	B1 a B117
C	C1 a C187
D	D1 a D117
E	E1 a E175
F	F1 a F117
G	G1 a G121
H	H1 a <u>H117</u>

TOTAL.....1.072

Con magnetometría y V.L.F. se midieron todos los perfiles - (1.608 estaciones = 39.75 Km.). De P.I. se ejecutaron en la zona de Cerro del Aguila los perfiles A, C, E, F, H y J (8.25 Km.) y en la zona de El Ventorrillo los perfiles A, B, C, D, E, F y G (21.6 Km.)

#### 4.5. Metrología.

#### . Topografía.

Todos los perfiles se estaquillaron con teodolito. Se levantaron en planimetría (X, Y) al menos dos estaciones de cada perfil (en la Zona del Cerro del Aguila a partir de una triangulación entre las estaciones A15, A28 y el vértice de Vera, y en la Zona - de El Ventorrillo por Pothenet entre la estaca C-165 y los vérti-

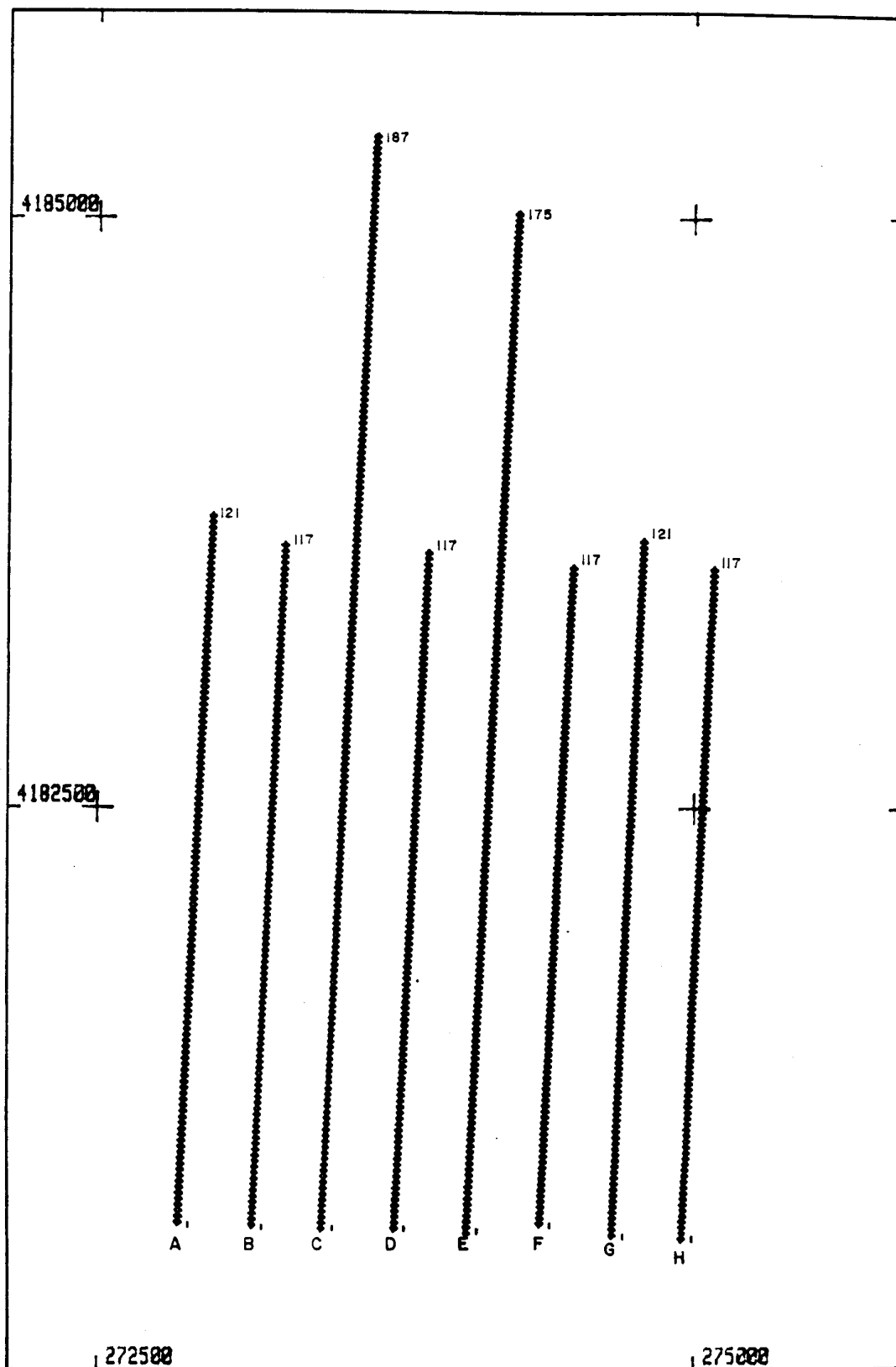


Figura nº 5. Perfiles zona El Ventorrillo E. l: 25.000

ces de Porrejón, Vera y Atalaya y triangulación entre la estaca H-11 y los vértices de Vera y Atalaya). El Anexo nº 1 contiene las coordenadas UTM de las estaciones levantadas. Al resto de las estacas se le dio coordenadas mediante interpolación. Por la comprobación de cierres efectuada, se puede asegurar la determinación de la posición de una estaca cualquiera con un error inferior al 2% del denominador de la escala de representación, si éste es igual o superior a 1/500 (es decir, 10 m. Norma UNE 22-612-85)

#### . Magnetometría.

El magnetómetro G-816 proporciona, en cada estaca, una lectura absoluta del campo magnético total en la misma. A este valor hay que aplicarle la corrección por variación diurna CVD, determinada mediante registro continuo en punto fijo con la base registradora G-816-A, y la corrección de deriva CD, hallada con los cierres efectuados en los distintos programas en base única (estacas F-30 en la zona del Cerro del Aguila y E-3 en la zona de El Ventorrillo), obteniéndose una corrección de deriva y variación diurna conjunta con errores aproximados inferiores a 4 manoteslas (nT) (1 nT= 1 gamma).

El valor del campo en cada estación es, entonces:

$$CG = CG_{\text{medido}} + CVD + CD \text{ nT.}$$

La repetición de 102 lecturas de control arroja un error de medición  $E_{cm} = \sqrt{\frac{d^2}{N}} = 6 \text{ nT}$ , donde es d es la diferencia entre la primera lectura y la repetición y N es el número de repeticiones. La consideración, tanto de este error como de la intensidad de las anomalías en ambas zonas, nos ha hecho seleccionar para la representación del campo un intervalo de isoanómalas de 50 nT para la zona de Cerro del Aguila y de 100 nT para la del Ventorrillo.

Por último, obsérvese que, aunque se trata de lecturas absolutas de campo total, se ha hecho una reducción a base con valor relativo de 42701 nT para la Zona de Cerro del Aguila (lectura en la base F-30 a las 9,45 h. del 30/3/1.988) y de 43341 nT para la Zona de El Ventorrillo (lectura en la base E-3 el 27/4/1.988 -10,30 h.)

, V.L.F. (Very Low Frequency).

En este método electromagnético el campo primario es creado por determinadas emisoras de baja frecuencia (15-25 KHz.), distribuidas por todo el Mundo, que son utilizadas corrientemente para la comunicación con submarinos. La onda electromagnética generada por una antena vertical se propaga fundamentalmente a través de la interfaz tierra-aire, decreciendo la intensidad del campo primario con el inverso de la distancia a la emisora, de forma que en una zona de unos pocos Km<sup>2</sup> suficientemente alejada de la antena generadora (v.g. más de 100 Km.) la intensidad primaria puede considerarse constante.

La geometría del acoplamiento electromagnético entre la radiación procedente de la antena y un conductor en el subsuelo aparece en la figura nº 6 (a). El campo magnético primario  $\vec{H}$  yace en la horizontal y es perpendicular a la línea que une el punto de observación P con la emisora. Cuando esta dirección (eje Z) coincide con el rumbo del conductor, el acoplamiento es máximo, de modo que habrá que seleccionar la emisora de forma que nos acerquemos lo más posible a esta situación, pero sin olvidar, a efectos de selección, la atenuación del primario con la distancia. Dado que en la prospección que nos ocupa los perfiles eran de dirección N-S (ante la previsión de posibles conductores de



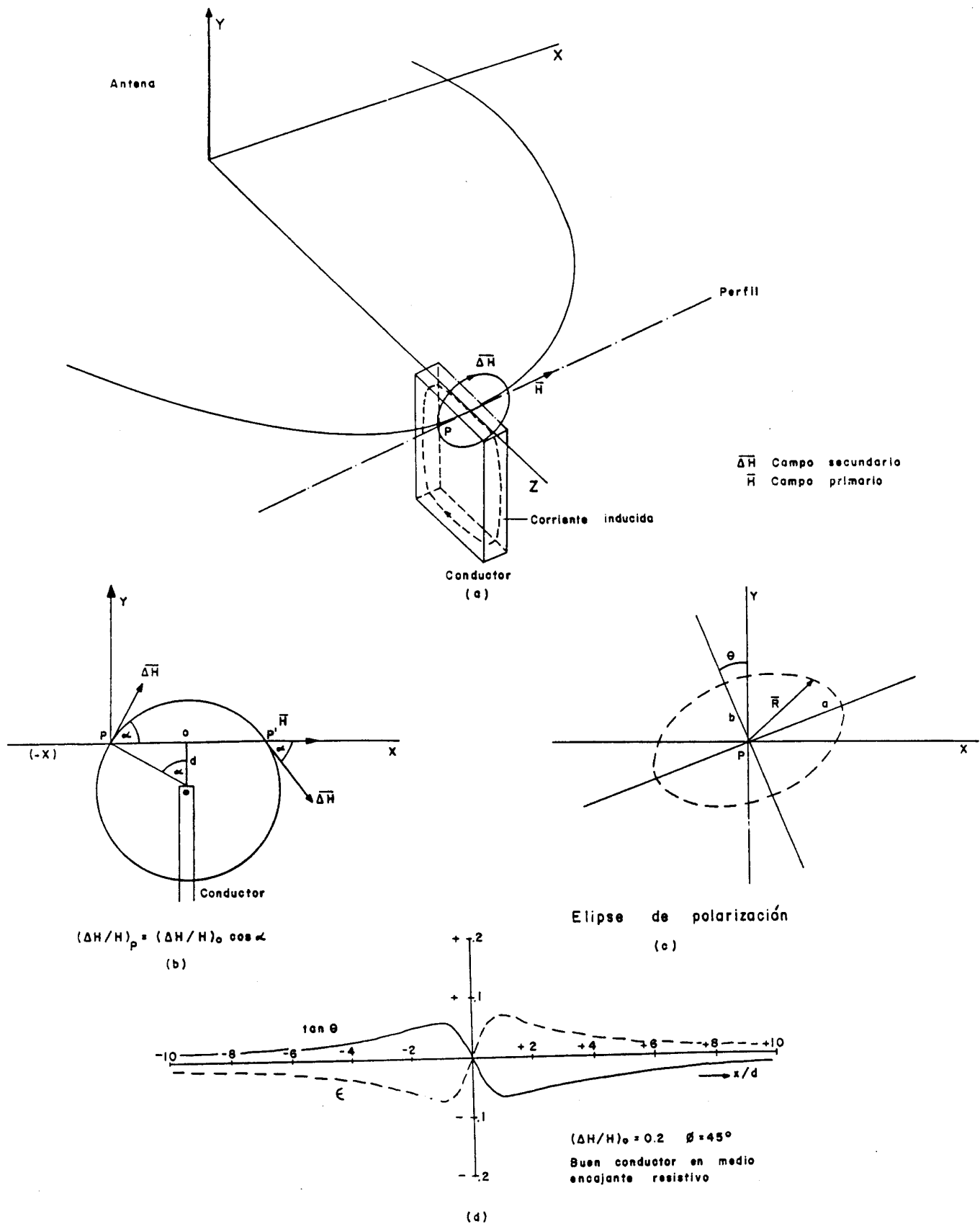


Figura nº6. Acoplamiento electromagnético en el metodo V.L.F.

dirección E-W) se trabajó con la emisora NAA (Cuttler-Maine- U.S.A.: frecuencia 25 KHz., potencia  $10^3$  Kw.).

Continuando la descripción del acoplamiento, la presencia de un buen conductor enterrado hace que el campo primario variable induzca en él corrientes de Foucault, que, a su vez, producen un campo magnético secundario que altera el primario, dando origen a un campo resultante elípticamente polarizado en el plano XY, como se muestra a continuación.

Si el primario es horizontal de módulo:

$|\bar{H}| = H \cdot \cos \omega \cdot t$  ; el secundario en el mismo punto del espacio presentará, respecto de éste, un cierto desfase temporal  $\theta$  y una inclinación  $\alpha$  (figura nº 6 (b)):

$|\Delta \bar{H}| = \Delta H \cos (\omega t + \theta)$  , siendo las componentes del campo resultante  $\bar{R} = \bar{H} + \Delta \bar{H}$  las siguientes:

$$\begin{aligned} R_x &= H \cos \omega \cdot t + \Delta H \cdot \cos (\omega t + \theta) \cos \alpha \\ R_y &= \Delta H \cos (\omega t + \theta) \operatorname{sen} \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

Si ahora del sistema (1) se elimina el tiempo  $t$  se obtiene una ecuación en  $R_x^2$ ,  $R_y^2$  y  $R_x \cdot R_y$ , que resulta ser una elipse: la elipse de polarización, que representa la rotación del campo resultante  $\bar{R}$  en el punto del espacio considerado (figura nº 6 (c)). Los dos parámetros característicos de esta elipse son su excentricidad  $\epsilon = b/a$  y su inclinación  $\theta$  , que vienen dados si se supone  $\Delta H \ll H$  por:

$$\epsilon = \frac{\Delta H}{H} \operatorname{sen} \alpha \cdot \operatorname{sen} \phi \quad (2)$$

$$\theta = \operatorname{artg} \left( \frac{\Delta H}{H} \operatorname{sen} \alpha \cdot \cos \phi \right) \quad (3)$$

Obsérvese que tanto  $\epsilon$  como  $\theta$  dependen de  $\varnothing$ , que, a su vez, es función de las conductividades de la cobertera y el conductor, y de  $\alpha$ ; y que ambos cambian de signo cuando el perfil atraviesa el cuerpo conductor (figura nº 6 (d)).

Tras esta breve descripción teórica es fácil comprender el principio operativo del método V.L.F.. En efecto (3) puede escribirse como:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\Delta H}{H} \operatorname{sen} \alpha \cos \varnothing = \frac{\Delta H_y}{H} \cos \varnothing$$
 por tanto la tangente del ángulo de inclinación (o el ángulo mismo, si éste es pequeño) resulta ser igual al tanto por uno de la parte real (en fase:  $\Delta H_y \cos \varnothing$ ) del campo secundario vertical ( $\Delta H_y$ ) respecto del campo primario H. Por otro lado, la expresión (2) nos dice que la excentricidad  $\epsilon$  representa el tanto por uno de la parte imaginaria (en cuadratura:  $\Delta H_y \operatorname{sen} \varnothing$ ) de la componente vertical ( $\Delta H_y$ ) del campo secundario respecto del primario.

Consecuentemente, el equipo V.L.F. Geonics EM 16 consta de dos bobinas receptoras: una bobina de señal de eje vertical y una bobina de referencia de eje horizontal. Cada bobina se sintoniza con la frecuencia primaria de la emisora que en cada caso se utiliza por medio de cristales moduladores intercambiables (el equipo viene con un juego de 6 cristales, uno por emisora). El modo de operación consta de los siguientes pasos:

- 1) Se sitúa la bobina de señal (mango del receptor EM 16) en un plano horizontal y se gira en dicho plano hasta encontrar la direc-

ción punto de observación-antena (eje Z en la figura nº 6 (a)): en este momento el acoplamiento entre la bobina citada y el campo primario H es mínimo, pues ambos son perpendiculares. Este hecho lo detecta el operador en campo mediante el ruido que emite el micrófono que incorpora el receptor EM 16 (dirección de mínimo ruido)

- (2) A continuación se gira el instrumento  $90^\circ$  en el plano horizontal anterior, tras lo cual se pone el mango en posición vertical: en este momento la bobina de señal coincide con el eje Y de la figura nº 6 (b) y la de referencia con el eje X, es decir, si sitúan ambas bobinas - (mutuamente perpendiculares) en el plano de recepción XY normal a la dirección de propagación Z. La bobina de referencia se encuentra en acoplamiento máximo con el campo primario H.
- (3) El operador proseguirá girando el instrumento en el plano XY alrededor del eje Z hasta que encuentre la posición de mínima señal (mínimo ruido): en este punto la bobina de señal se orienta según el eje menor de la elipse de polarización (figura nº 6 (c)). La primera lectura con el receptor EM 16 es, pues, la tangente expresada en % del ángulo de inclinación de la bobina de señal (inclinación de la elipse de polarización  $\text{tg}\theta$ , que, como hemos visto, es una aproximación de la relación entre la parte real de la componente vertical del campo secundario respecto del primario).
- (4) Por último, el operador, manteniendo el instrumento en la posición 3), usará el "tornillo de cuadratura", que porta el equipo, para - minimizar, de nuevo, la señal acústica emitida por el receptor EM-16. A través de este ajuste, una fracción del voltaje de la bobina de referencia, tras ser desfasada  $90^\circ$ , sirve para compensar el voltaje de la bobina de señal. El tornillo mueve un dial de lectura -

del porcentaje de la señal de referencia en cuadratura usado en la compensación, proporcionando una media de la relación de señales en ambas bobinas receptoras, lo que, como se ha visto, constituye una aproximación de la relación de la parte imaginaria de la componente vertical del campo secundario respecto al campo primario horizontal.

En resumen, los perfiles V.L.F., registrados con el equipo EM 16, - representan las partes real e imaginaria en % (componentes en fase y en cuadratura que denominaremos en adelante Z (%) y Q (%)) de la componente vertical del campo secundario en relación con el campo primario horizontal.

#### . 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. Objetivos más modernos son la prospección petrolífera y la búsqueda de arcillas industriales.

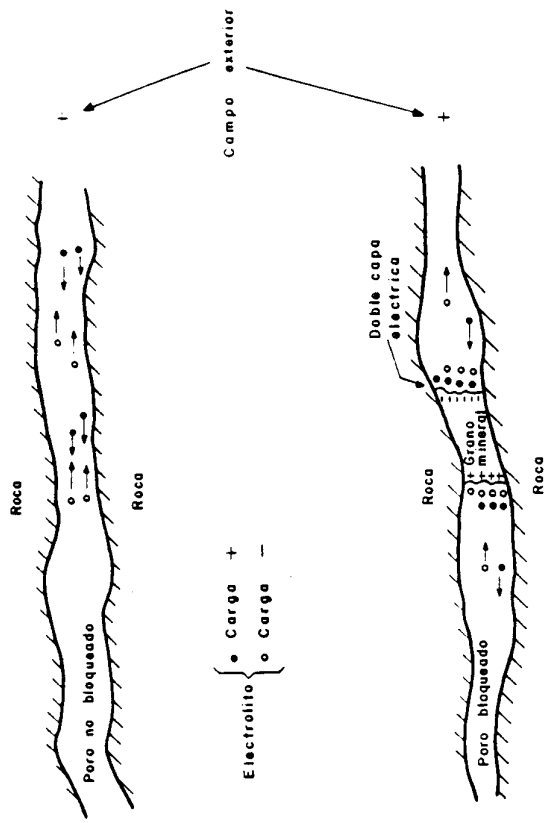
Aunque los primeros en reconocer el fenómeno de P.I. fueron los hermanos Schlumberger, allá por los años 20, no es hasta la década de los 50 cuando el método de P.I. empieza a popularizarse como herramienta geofísica en la búsqueda de metales base, que ha sido y es su campo tradicional de prospección.

El término "Polarización Inducida" (P.I.) deriva del hecho de que con este método geofísico se tratan de detectar fenómenos de polarización, que aparecen en ciertos minerales y rocas, cuando éstos son excitados por corrientes eléctricas aplicadas al terreno.

Si se hace pasar una corriente eléctrica a través de una roca con porosidad primaria o secundaria, cuyos poros se encuentren bloqueados, bien por ciertos minerales metálicos, bien por partículas arcillosas, la corriente debe vencer una barrera electroquímica para fluir a través de la interfaz entre el mineral bloqueante y la solución que rellena el poro. Se dice que las fuerzas que se oponen al flujo de la corriente polarizan la interfaz, siendo necesario un sobrevoltaje para el flujo. Este sobrevoltaje va desapareciendo lentamente con el tiempo cuando se corta la corriente de excitación. Por otra parte, puesto que estos sobrevoltajes requieren un cierto tiempo finito para su establecimiento, se encuentra que la impedancia de las zonas bloqueadas disminuye con el aumento de la frecuencia de la corriente de excitación.

De lo dicho, se deduce que la naturaleza del fenómeno de P.I. puede ponerse de manifiesto de dos formas. En primer lugar si se excita una roca durante un cierto tiempo con corriente continua, introducida en ella a través de dos electrodos de emisión, y luego se corta bruscamente la corriente, podrá observarse que el potencial recibido por dos electrodos de recepción insertados en aquélla no se anula instantáneamente, sino que cae, más bien lentamente, después de un cierto descenso brusco inicial desde el valor constante de partida, como se ve en la figura nº 7 (a), en la que se comparan las curvas de caída de polarización inducida (P.I.) y de un circuito R-C. Se comprueba que, salvando la caída inicial, los comportamientos son totalmente análogos.

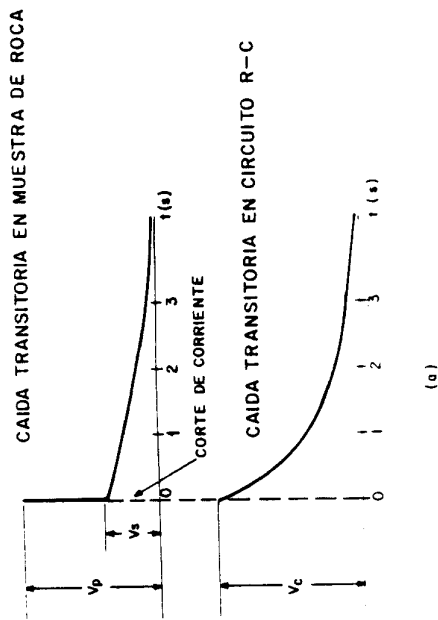
En segundo lugar, puede verse la naturaleza del fenómeno realizando el mismo experimento, pero usando corriente alterna y midiendo el cambio de impedancia de la roca al usar distintas frecuencias.



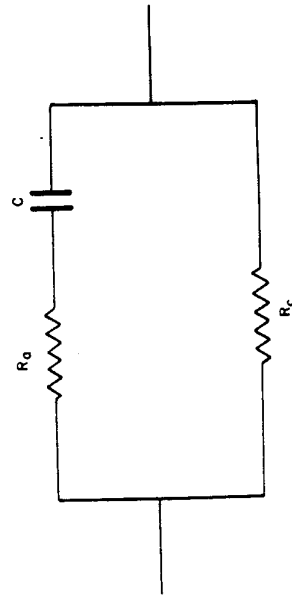
(b)

Efecto de polarización de electrodos. Arriba: poro no bloqueado en el que el desplazamiento de los iones del electrolito es libre al aplicar una tensión continua. Abajo: poro bloqueado por un grano mineral que impide el paso de las especies del electrolito provocando la polarización de las interfaces.

Figura nº 7. Descripción del fenómeno de P.I.



(a)



CIRCUITO EQUIVALENTE AL EFECTO P.I.

(c)

Cuando se emplea corriente alterna para determinar la impedancia de una muestra de roca como función de la frecuencia, se dice que las medidas se realizan en el dominio de la frecuencia. Si en cambio medimos la tensión de caída lenta en función del tiempo, según una serie de técnicas, se dice que trabajamos en el dominio del tiempo.

Se tiene, pues, que el efecto P.I. puede describirse como una disminución de la impedancia eléctrica con la frecuencia, o como la aparición de un voltaje residual cuando se corta la corriente de excitación. Podemos, entonces, decir que el fenómeno de polarización supone un almacenamiento de energía mientras que circula la corriente de excitación, energía que, en parte, es devuelta cuando aquélla es cortada. Si esta energía es almacenada como energía eléctrica, o como otro tipo de energía que pueda convertirse en aquélla, consideramos el fenómeno como una propiedad dieléctrica. Sabemos hoy en día que sólo el almacenamiento en forma de energía química puede explicar los efectos observados. Este almacenamiento de energía química tiene lugar por variaciones de la movilidad de los diversos iones a lo largo de los poros de una roca, si éstos se encuentran bloqueados, como se ha citado más arriba. Cuando se aplica una corriente eléctrica a través de una roca de tal tipo, excesos o deficiencias de ciertos iones aparecen en los límites entre zonas con diferente movilidad, lo que produce concentraciones iónicas anómalas. Estas concentraciones se oponen al flujo de la corriente y causan el efecto polarizante.

Básicamente, existen dos situaciones en las rocas que producen cambios drásticos en las movilidades iónicas. La primera, brevemente descrita, se da cuando minerales metálicos con conducción electrónica, co



mo sulfuros tales como pirita, bornita, calcopirita, pirrotita, marcasi-  
ta..., bloquean los poros de una roca. En estas condiciones para que una  
corriente eléctrica fluya a través del mineral metálico, una reacción -  
química debe tener lugar en la interfaz mineral-solución que rellena el  
poro. Si una reacción igual y opuesta tiene lugar en el otro extremo del  
mineral, podemos considerar que el mineral metálico sólo permite el paso  
de las especies reaccionantes de la solución que rellena el poro, y es-  
tas especies bien pueden ser una minoría de las presentes en la solución.  
Es entonces posible que los minerales metálicos bloqueen la mayoría de -  
los iones, lo que produce la polarización de las interfases.

A este fenómeno se le denomina "polarización de electrodos" y es  
de vital importancia en la prospección de sulfuros masivos y diseminados  
(Figura nº 7 (b)).

La segunda situación se da cuando minerales arcillosos recubren -  
los poros de una roca. Por salirse del marco de este trabajo no descri-  
bimos el fenómeno que entonces se produce (denominado "polarización de  
membrana"). Simplemente diremos que el mismo hace que la P.I. pueda apli-  
carse en investigaciones hidrogeológicas.

El circuito equivalente más simple usado normalmente para descri-  
bir el fenómeno de P.I. es el representado en la figura nº 7 (c). Este  
circuito elemental consta de una resistencia  $R_c$ , que representa la re-  
sistencia de un poro puramente resistivo no bloqueado, situado en para-  
lelo con un poro bloqueado en el que  $R_a$  representa la resistencia de -  
las zonas libres y el condensador C puede asociarse con la capacitán- -  
cia de la doble capa eléctrica y con la denominada impedancia de War--  
burg debida a la difusión iónica que se produce en las zonas de elec--

trodo. (En realidad C es una cantidad compleja, pero en lo que sigue la trataremos como una simple capacidad eléctrica, a fin de no complicar las expresiones).

A bajas frecuencias la resistencia total tiende a ser  $R_c$ , mientras a altas depende de  $R_c$  y  $R_a$ , siendo el cambio de impedancia del -- circuito con la frecuencia una medida del efecto de los poros bloqueados.

La impedancia total Z del circuito es:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_a + 1/j\omega C} \quad \omega = 2\pi f.$$

$$Z = \frac{R_c (R_a + 1/j\omega C)}{R_c + R_a + 1/j\omega C}$$

f: frecuencia de la corriente de excitación.

Efectuando medidas en el dominio de la frecuencia, se define el efecto frecuencia E.F. como:

$$EF = \frac{Z_{cc} - Z_{ca}}{Z_{ca}}$$

Donde:

$Z_{cc}$  = impedancia en corriente continua.

$Z_{ca}$  = impedancia en corriente alterna.

El efecto frecuencia se hace mayor cuando mayor es el número de

poros bloqueados en paralelo, pues entonces  $R_a$  se hace más pequeña. Obsérvese que  $Z_{CC}$  viene determinada solamente por el camino alternativo  $R_C$ , mientras que  $Z_{Ca}$  depende de  $R_C$  en paralelo con  $R_a$  y  $C$ . De aquí que  $Z_{Ca} < Z_{CC}$ .

Trabajando en el dominio del tiempo, se detecta el voltaje secundario que aparece entre  $R_C$  debido a la descarga del condensador a través de las resistencias  $R_a$  y  $R_C$ . Si  $V_p$  es el voltaje primario entre los electrodos de recepción, durante el paso de la corriente de excitación, y  $V_s$  es el voltaje secundario transitorio que aparecen al cortar el circuito excitador (Figura nº 7 (a)), tenemos que:

$$V_s = V_p \left( \frac{R_C}{R_C + R_a} \right) e^{-t/\tau}$$

Donde  $t$  es el tiempo y  $\tau = (R_a + R_C)C$  la constante de tiempo del circuito.

La medida del área bajo la curva de caída con relación a  $V_p$  es lo que se denomina cargabilidad "m":

$$m = \frac{1}{V_p} \int V_s \cdot dt \quad \text{milisegundos (ms).}$$

Obsérvese que "m" está directamente relacionada con  $\tau$ , y, por tanto, con  $C$ : cuanto mayor sea  $C$  mayor será el área bajo la curva de caída. Puede, entonces, obtenerse una estimación de  $C$  dividiendo  $m$  por  $R_C$ .

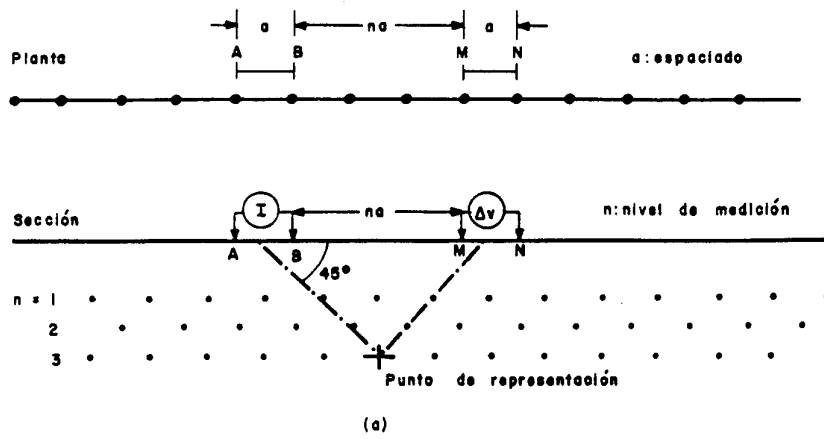
El análisis de un simple circuito nos ha suministrado tres pa-

rámetros EF, m y C para caracterizar las propiedades dieléctricas de los materiales polarizables. Hay alguna diferencia de opinión acerca de qué parámetro es el más significativo, pero puede demostrarse la equivalencia entre las medidas realizadas en el dominio del tiempo (m) y de la frecuencia (EF) usando la teoría de la transformada de Laplace.

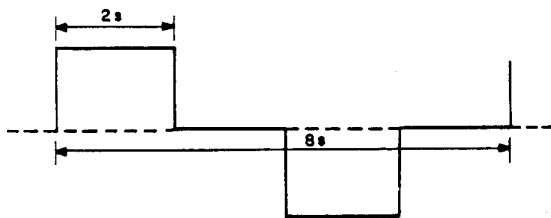
Por lo que se refiere a dispositivos, el más utilizado en prospección minera es el dipolo - dipolo, representando los resultados de cargabilidad "m" y resistividad " $\rho$ " en forma de pseudosecciones (figura nº 8 (a)).

En el caso de la prospección que nos ocupa el espaciado a fue de 50 m. y se llegó hasta el nivel de medición n=5. Se trabajó con un impulso de excitación de 2 s, es decir, con un período para el ciclo completo de 8 s (figura nº 8 (b)). (Dominio de tiempos).

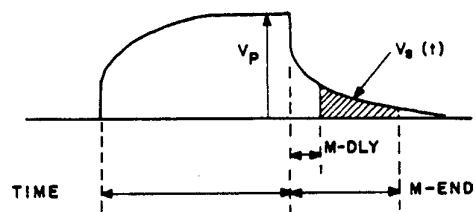
Para finalizar, recordemos que el receptor Syscal R2E calcula, a partir de las lecturas de intensidad I a través del dipolo de emisión AB, voltaje  $\Delta V$  recibido por el dipolo de recepción MN y geometría del dispositivo ( $a$  y  $n_a$ ), la resistividad  $\rho$  en  $\Omega$ .m., que queda almacenada en memoria. La lectura de la cargabilidad m la refiere al intervalo de medición  $t = M_{end} - M_{dly}$  (figura nº 8 (c)), resultando en tanto por mil o/oo en vez de ms. Para una longitud de impulso de 2 s el retraso del inicio de la lectura desde la interrupción de la corriente  $M_{dly}$  es de 120 ms y la lectura se prolonga hasta un  $M_{end}$  de 1.700 ms. Trabajando con la misma longitud de impulso, aparte de la cargabilidad total m, el Syscal R2E determina 4 cargabilidades parciales  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  y  $m_4$ , que corresponden, respectivamente, a las siguientes ventanas temporales: 120 a 240 ms, 240 a 460 ms, 460 a 880



(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 Syscal R2E

Figura nº8. Dispositivo dipolo-dipolo y lectura de Syscal R2E

y 880 a 1.700 ms. Todos estos valores quedan almacenados en la memoria del Syscal R2E.

5. TRATAMIENTOS DE DATOS.

## 5. TRATAMIENTO DE DATOS.

### 5.1. Magnetometría y V.L.F.

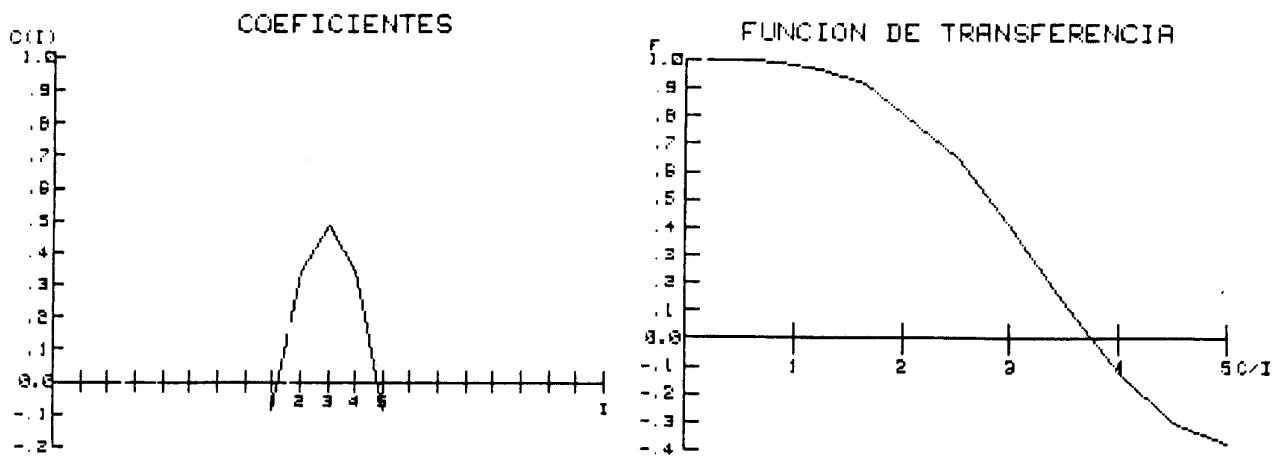
Para la eliminación de ruidos se efectuó un filtrado digital pasabaja de cada uno de los perfiles de magnético y V.L.F. Tras varios ensayos con distintos tipos de filtro se seleccionó un filtro de 5 coeficientes para los perfiles de magnético y otro de 7 coeficientes los perfiles de V.L.F. Los coeficientes y la función de transferencia de éstos se dan en la figura nº 9. Las figuras nº<sup>s</sup> 10 a 15 proporcionan un ejemplo de -- perfil filtrado (el A para ambas zonas). Los valores filtrados resultan, respectivamente, de la convolución del juego de coeficientes de los filtros usados con los valores de campo magnético CG y las componentes en fase (Z%) y en cuadratura (Q%) del campo V.L.F. secundario vertical leídas sobre el terreno. Puede apreciarse que el filtrado es relativamente enérgico y mayor en el caso de los datos V.L.F. (la frecuencia de corte del filtro de 7 puntos es más baja que la correspondiente al de 5), como corresponde a las funciones de transferencia de los filtros utilizados.

Obsérvese también que al filtrar se pierden las estacas finales (2 en el caso de los perfiles de magnético y 3 en los de V.L.F.) de cada extremo de cada perfil.

En la figura nº 16 se presenta el esquema de tratamiento de los perfiles de V.L.F. y magnético para ambas zonas partiendo desde la recogida de datos en campo (estadillos) hasta la salida gráfica final: planos nº<sup>s</sup> 1 y 2 de campo magnético total de cada zona, y planos nº<sup>s</sup> 3 y 4 en los que se sitúa sobre una planta X, Y con la posición de las estaciones una escala vertical gráfica para la representación de los perfi-



NUMERO DE PUNTOS= 5 GRADO= 2



NUMERO DE PUNTOS= 7 GRADO= 2

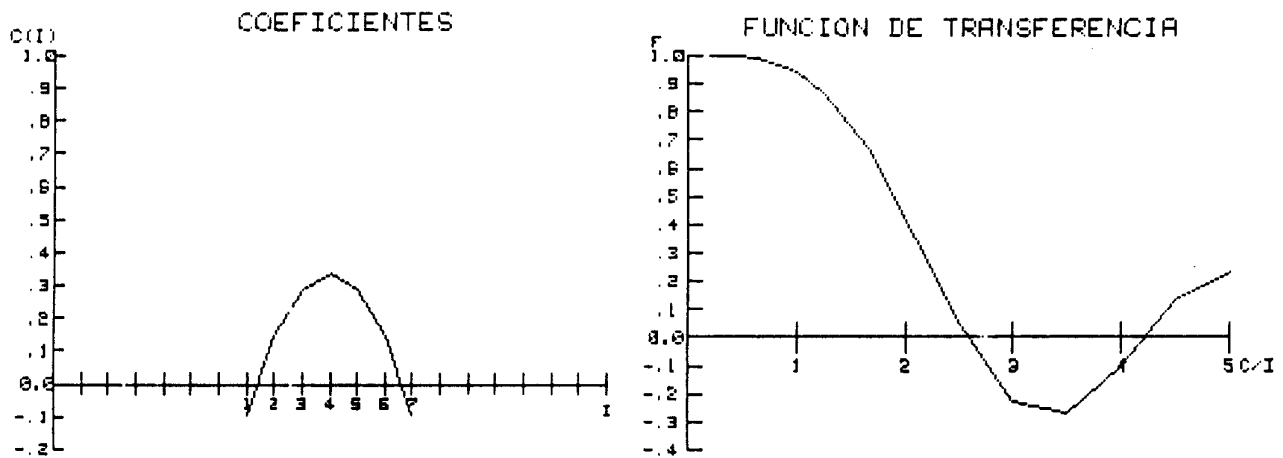


Figura nº 9.- Coeficientes y función de transferencia de los filtro digitales utilizados.

PERFIL A SUAVIZADO CON 5 PUNTOS, GRADO 2

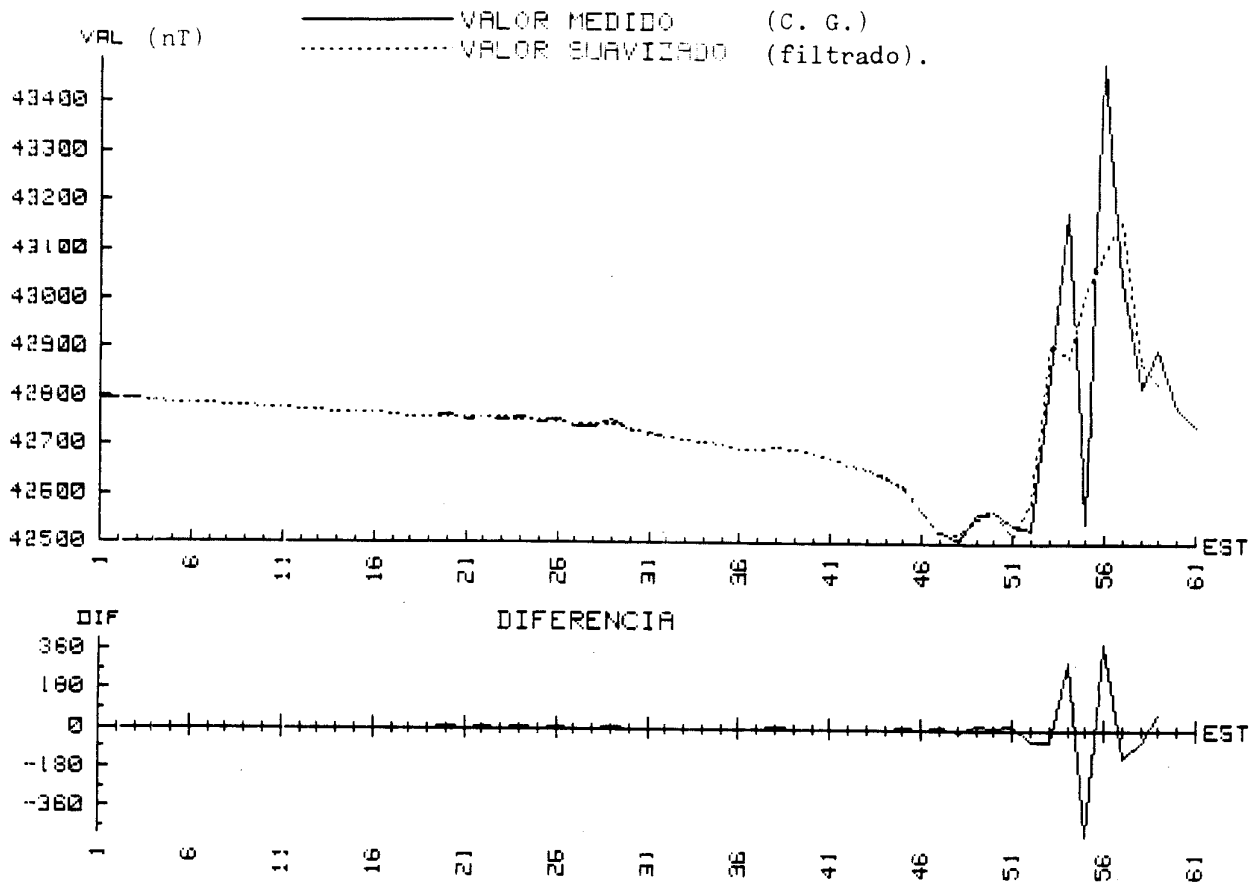


Figura nº 10. Perfil A. Campo magnético total (nT). Zona Cerro del Aguila.

PERFIL A SUAVIZADO CON 7 PUNTOS, GRADO 2

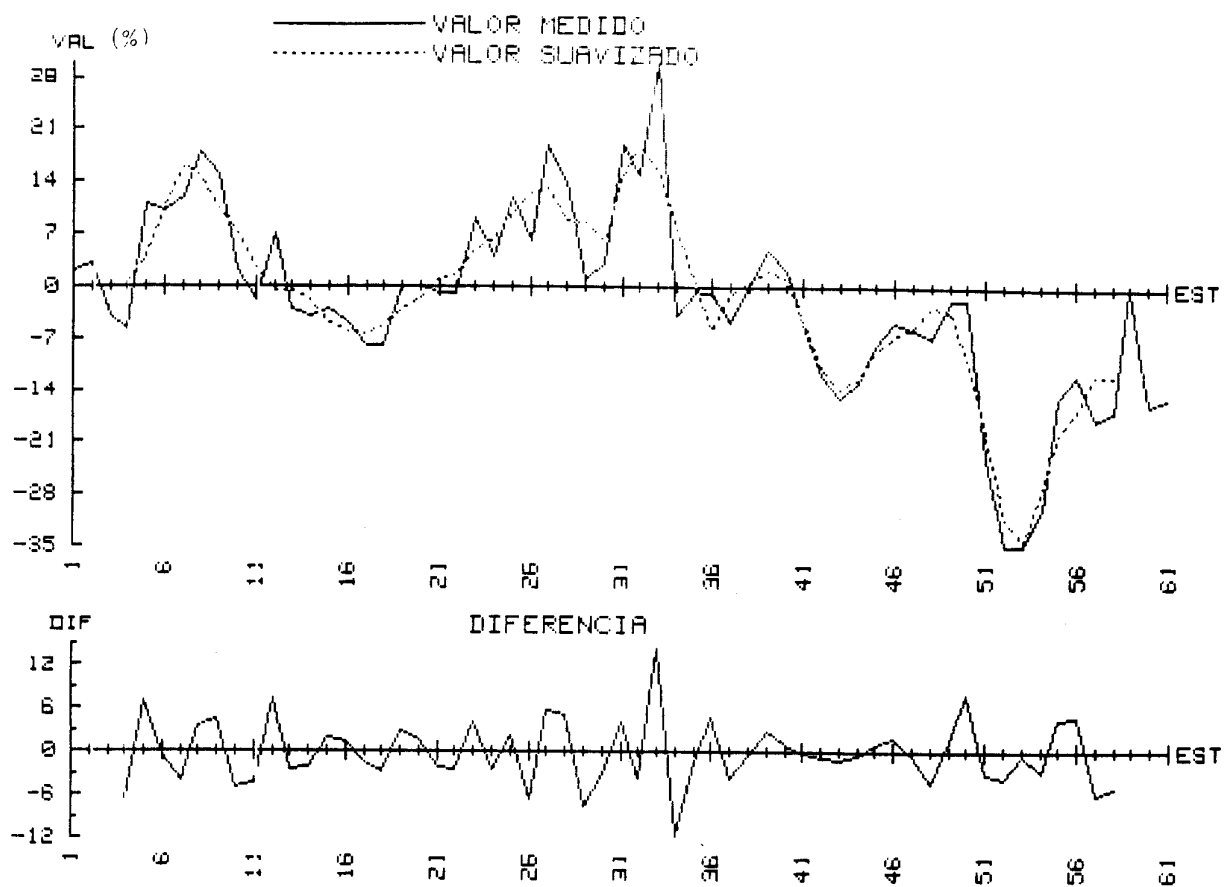


Figura nº 11.- Perfil A. Componente Z (%).

Zona Cerro del Aguila.

PERFIL A SUAVIZADO CON 7 PUNTOS, GRADO 2

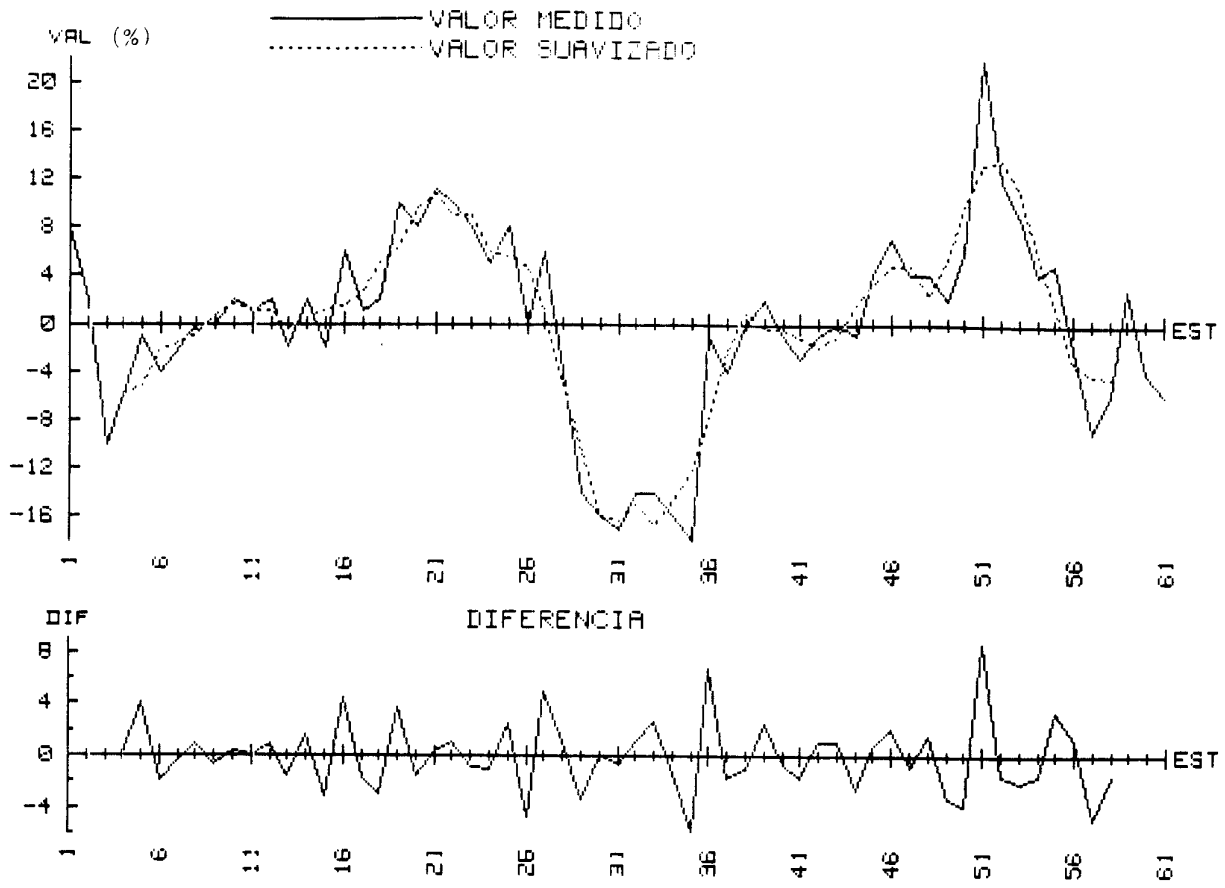


Figura nº 12.- Perfil A: componente Q (%).  
Zona: Cerro del Aguila.

PERFIL A SURVIZADO CON 5 PUNTOS, GRADO 2

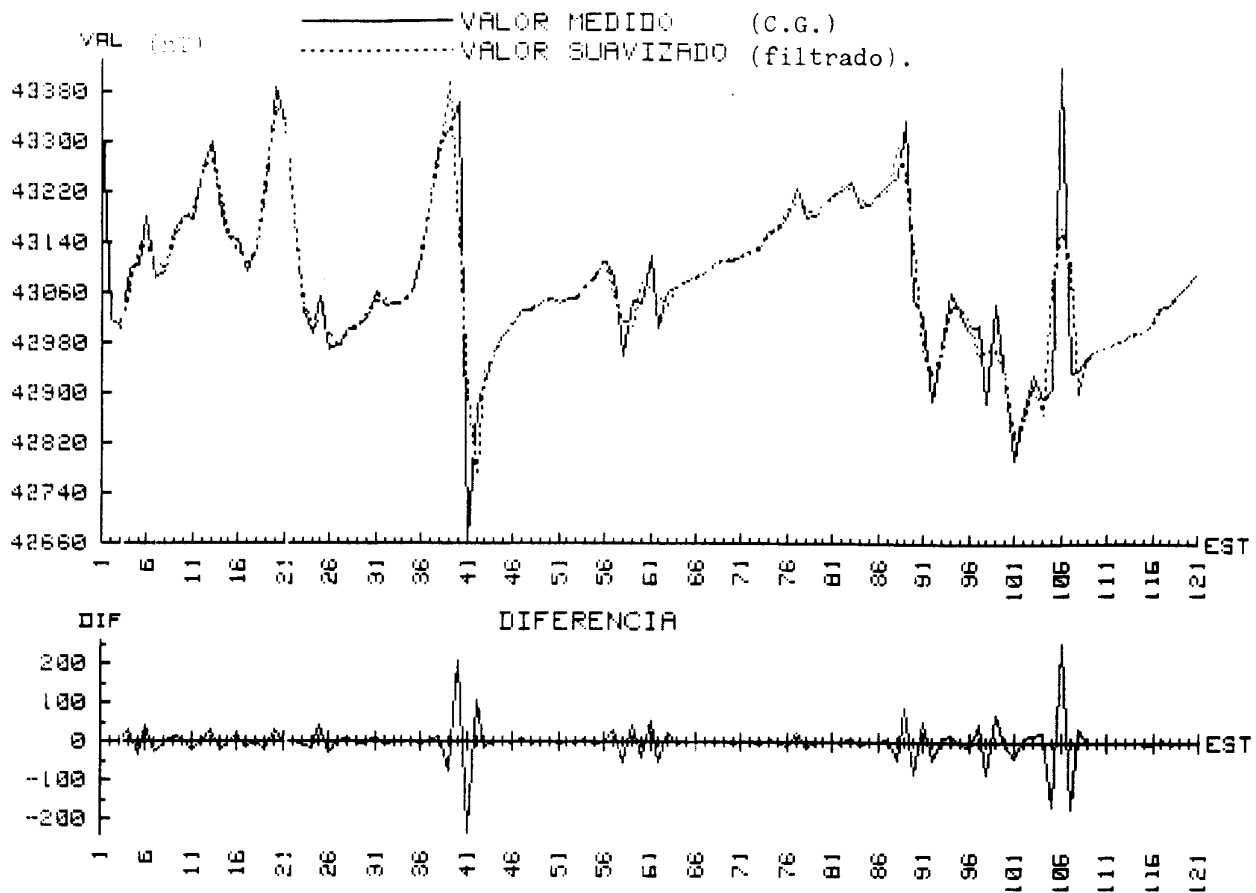


Figura nº 13. Perfil A. Campo magnético total (nT).

Zona El Ventorrillo.

PERFIL A SURVIZADO CON 7 PUNTOS, GRADO 2

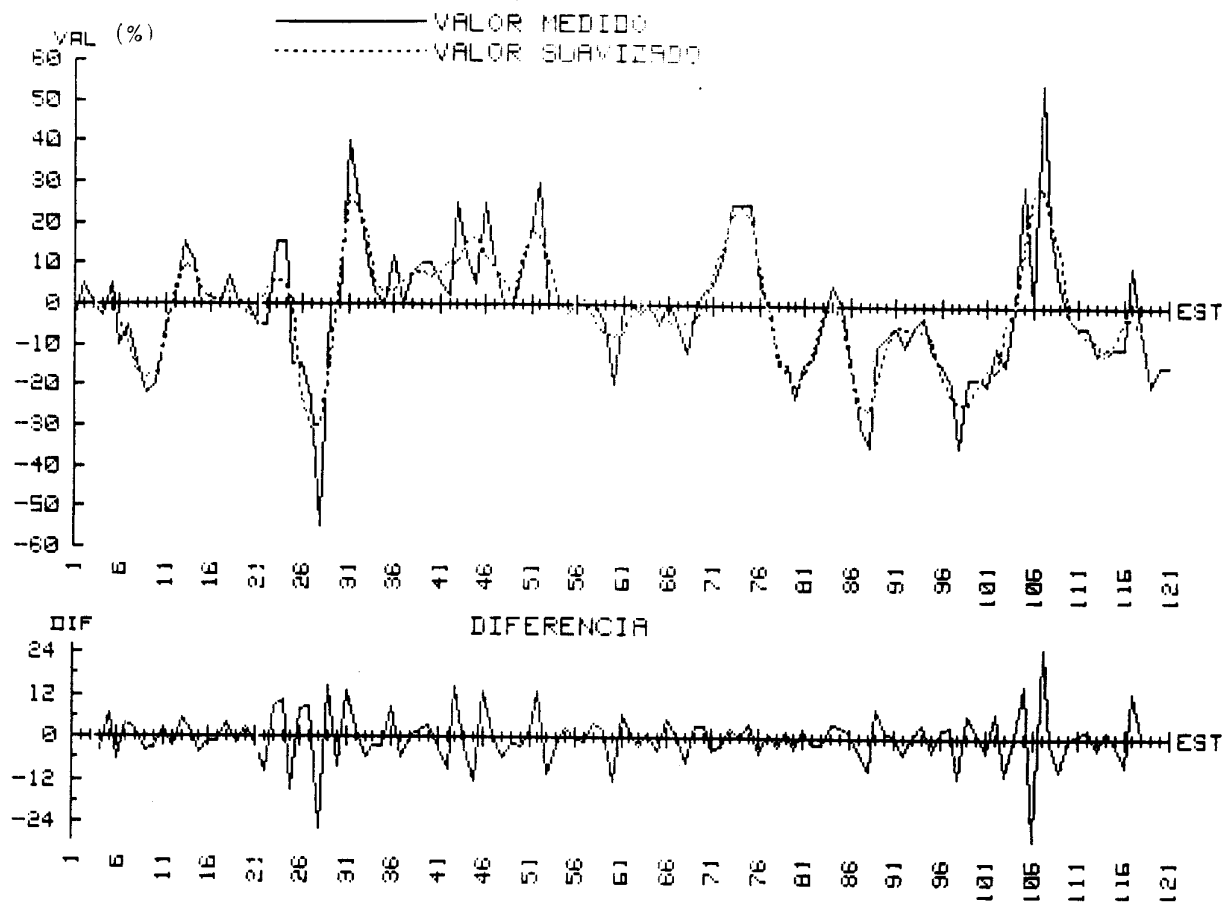


Figura nº 14.- Perfil A. Componente Z (%).  
Zona El Ventorrillo.

PERFIL A SURVIZADO CON 7 PUNTOS, GRADO 2

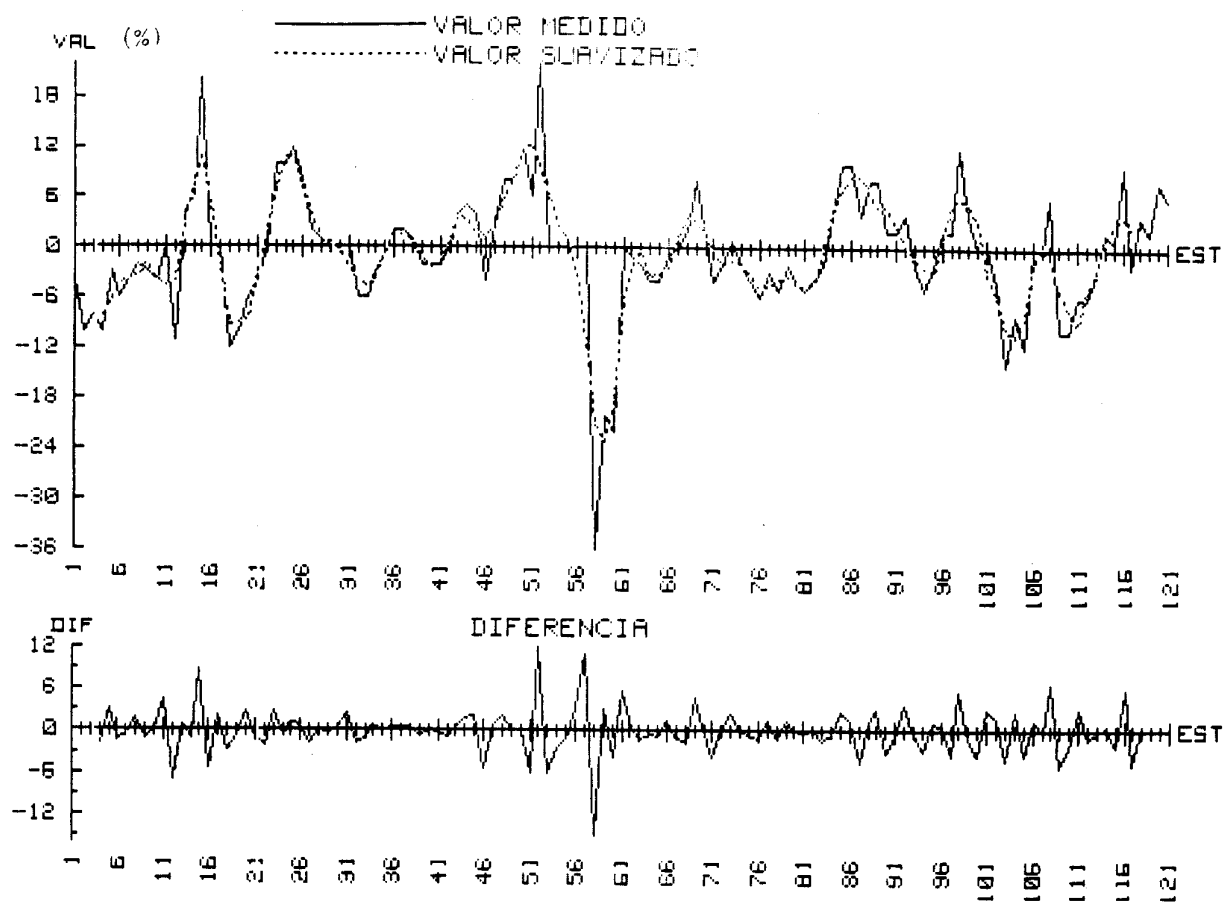
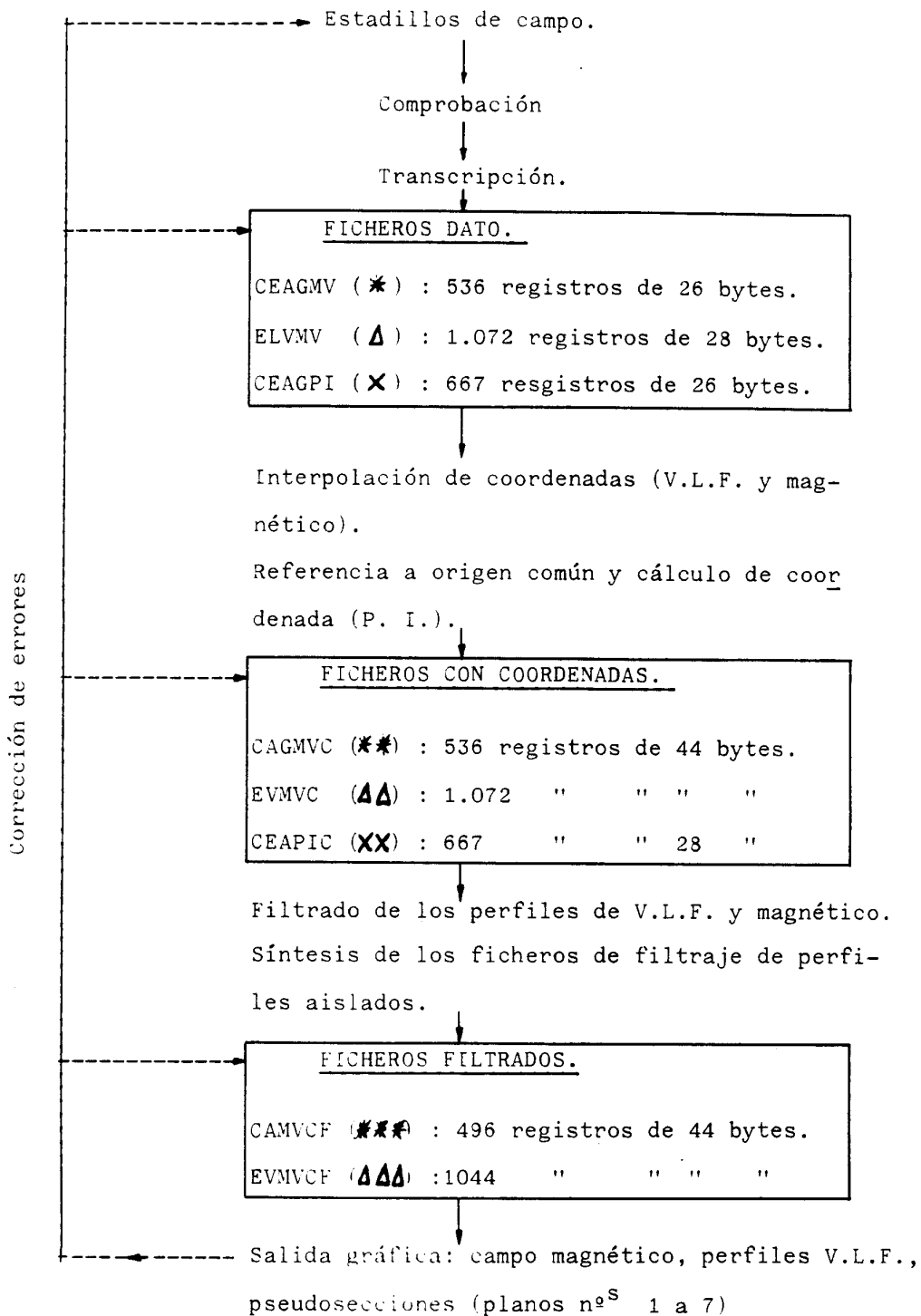


Figura nº 15.- Perfil A. Componente Q (%).

Zona El Ventorrillo.



Corrección de errores

Figura nº 16.- Esquema de tratamiento y ficheros generados para los perfiles de magnetometría, V.L.F. (ambas zonas) y P. I. (Zona Cerro del Aguila).



Nota a la figura nº 16.

(\*) , (\*\*), (\*\*\*) : magnetometría y V.L.F. - Cerro del Aguila.

(Δ) , (ΔΔ) , (ΔΔΔ) : " " " - El Ventorrillo.

(X) , (XX) : P.I. - Cerro del Aguila.

Formatos: (\*) Np\$ (6), Ne(s), I(s), Mg(s), Z(s), Q(s).

(Δ) Np\$ (8), " , Mg(s), I(s), " "

(X) Np\$ (6), Nr(s), AB(s), MN(s), R(s), M(s).

(\*\*) Np\$ (8), Ne(s), X(R), Y(R), I(s), Mg(s), Z(s), Q(s).

(ΔΔ) " " , " , " , " , Mg(s), I(s), " , "

(XX) " " , Nr(s), X(s), Y(s), R(s), M(s).

(\*\*\*) " " , Ne(s), X(R), Y(R), I(s), Mgf(s), Zf(s), Qf(s).

(ΔΔΔ) " " , " , " , " , Mgf(s), I(s), " , " .

les de Z (%) y Q (%) (véanse los planos citados).

En la figura nº 16 se indica el nombre de los ficheros usados - (v.g. CEAGMV), el nº de registros de cada uno de ellos, así como los campos de cada registro (formatos).

## 5.2. Polarización Inducida.

. Zona Cerro del Aguila.

Las lecturas de campo anotadas en los estadillos correspondientes se transcribieron al fichero dato CEAGPI (Figura nº 16).

Tras referir las distancias dipolares AB y MN a un origen común, se calcularon unas coordenadas X, Y, para la representación de las lecturas de resistividad y cargabilidad en forma de pseudosecciones:

$$X = \text{Cte.} + \frac{1}{2} (AB + MN).$$

$$Y = \text{Cte.} - \text{Valor absoluto } (X - MN).$$

Resultó así el fichero CEAPIC, con la misma estructura que el CEAGPI, pero con los campos 3º y 4º de cada registro - conteniendo las coordenadas X,Y citadas. El fichero CEAPIC es el usado para el dibujo de las pseudosecciones. Obsérvese que en el mismo los valores de resistividad R y cargabilidad M no han sufrido modificación alguna respecto de las lecturas de campo.

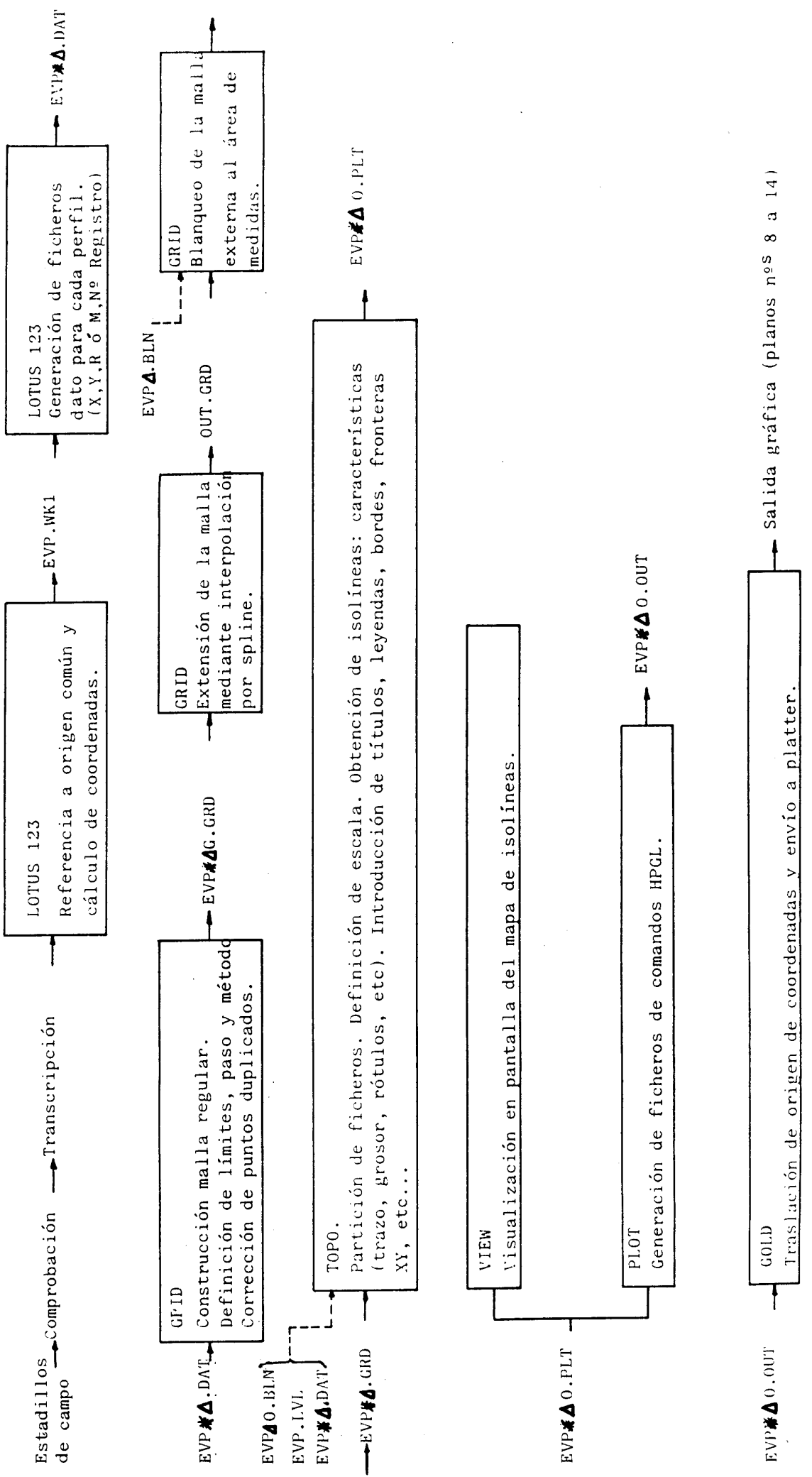
Los planos nºS 5, 6 y 7 contienen las pseudosecciones de

resistividad y cargabilidad de los perfiles A y C, E y F, y H y J, respectivamente.

. Zona El Ventorrillo.

Ante el volumen de datos que suponen 21.6 Km. de P.I., a efectos de conseguir una mayor automatización tanto en lo que se refiere a la generación y manejo de ficheros como al trazado de las curvas de iso-resistividad e iso-cargabilidad en las pseudosecciones, se pasó a trabajar con un IBM AT (el tratamiento anterior había sido realizado sobre un HP 9845) y los paquetes, programas siguientes (ver figura nº 17):

- a) La Hoja de cálculo Lotus 123: se introdujeron en ella los datos de campo Np (perfil), Nr (nº de registro), distancias dipolares AB y MN y los valores de resistividad R y cargabilidad M (misma estructura que el fichero CEAGPI). Tras obtener las coordenadas X, Y de cada punto en la pseudosección (fichero EVP.WK1) se generaron los ficheros dato de cada perfil EVP\* $\Delta$ .DAT con los valores X, Y, \* a representar (observe que el signo \* hace referencia a R o a M y que  $\Delta$  indica el nombre del perfil -A a G-).
- b) GRID: Con este programa a partir de los datos X, Y, \* se construyó una malla cuadrada de 25X25 m. por interpolación. Con el fin de conseguir una mayor calidad en el dibujo se amplió esta malla inicial duplicándola por dos (12,5X12,5 m.). Por último, se eliminaron los puntos de la malla exteriores a la zona de representación X, Y, \* de la pseudosección para



Nota: \*=( R, M) ; Δ=( A, B, C, D, E, F, G ) ; 0=( 1, 2, 3 )

Figura nº 17.- Esquema de tratamiento de tratamiento y ficheros generados para los perfiles de P.I. de la zona de El Ventorrillo.

limitar el trazado de isolíneas a la misma (los ficheros auxiliares EVP▲.BLN no contienen más que un conjunto de coordenadas que definen la frontera de pseudosección).

- c) TOPO: este programa prepara el envío a plotter de los ficheros EVP\*▲.GRD resultantes en b) obteniendo las isolíneas y todas las características de visualización del dibujo (tipo de trazo y su grosor, tipo de rótulo y su tamaño, etc.). Al seleccionar se una escala 1:2500 fue necesario partir los ficheros EVP\*▲.GRD en dos partes para todos los perfiles, salvo el E que hubo de dividirse en 3 (a esta división hace referencia el signo - "0"), para circunscribirlos al tamaño físico del plotter utilizado (HP-Draftmaster). En esta etapa concurren los ficheros auxiliares EVP.LVL, que define las isolíneas a dibujar si por programa no se proporciona el intervalo entre ellas (para los valores de resistividad las isolíneas son: 50, 100, 150, 250, 300, 400, 500, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500, 3.000, 4.000, -- 5.000 y 6.000; y para la cargabilidad se dio un intervalo del 5°/oo), EVP▲ 0.BLN que define la frontera de la pseudosección en cada partición, y los ficheros dato EVP\*▲.DAT para realizar el transporte de los valores R ó M sobre los planos definitivos.

- d) Por último, PLOT genera los ficheros HPGL EVP\*▲ 0.OUT a partir de la salida EVP\*▲ 0.PLT de C) y GOLD, previa traslación del origen de coordenadas de los ficheros EVP\*▲ 0.OUT a efectos de introducir en un mismo plano las particiones correspondientes a cada perfil, envía a plotter los ficheros HPGL con lo que se obtienen los planos nº 8 a 14.

### 5.3. Ficheros generados.

Son todos a los que hacen referencia las figuras nº<sup>s</sup> 16 y 17, disponiéndose de una copia de los mismos en diskette y un listado de los ficheros dato (CEAGMV, ELVMV, etc.), que no se incluye en este informe por razones de volumen. Todos los ficheros HP son ASCII, así como los ficheros auxiliares de la figura nº 17.

## 6.- INTERPRETACION.

Con los datos geológicos y geoquímicos de que se dispone hasta la fecha, se suman a continuación los resultados principales de los diferentes métodos utilizados.

### 6.1.- Magnetometría y V.L.F.

#### - Zona del Cerro del Aguila (planos nº<sup>s</sup> 1, 3 y 15).

Existen dos zonas de características magnéticas diferenciadas: una de tranquilidad al N que se corresponde con el afloramiento granítico, y otra de gradientes (N-S) elevados al S producidos por la presencia de rocas básicas (también posible falla NNW en los perfiles del E -B y C-).

Las alineaciones V.L.F. presentan una dirección aproximada E-W. - La situada más al S coincide con el límite inferior del granito (falla de Minjandre. Obsérvese la indicación de cuerpos resistivos del plano número 15, según las pseudosecciones de P. I. ).

También aparece delimitado el límite N del granito en la zona W (perfiles F a J), aparentemente desdoblado quizá debido a la presencia de intercalaciones pizarrosas. Dicho límite es más ambiguo en los perfiles del E (A a E) y no se ha señalado en el plano nº 15. Esta ambigüedad se produce también en la zona S con las anomalías magnéticas donde tampoco existen alineaciones claras.

#### - Zona del Ventorrillo (Planos nº<sup>s</sup> 2, 4 y 16).

También aquí las anomalías magnéticas más relevantes se presentan en la zona S, donde según la cartografía 1:5.000 en curso se manifiestan abundantes cuerpos lávicos de quimismo ácido y básico. Un eje magnético importante es el que corre desde el N del Cortijo de El Ventorrillo en dirección ESE primero (perfiles A, B, C, D, E, y F), curvándose

dose luego hacia el N (perfiles F, G y H), siguiendo una faja de fel-  
sitas (perfiles A, B y C) y lavas básicas (perfiles C a G).

Al N el campo magnético se hace más uniforme, si bien el per-  
fil E presenta anomalías puntuales de apreciable intensidad (óxidos  
de hierro  $Fe_2O_3-Fe_3O_4$ ).

Por lo que se refiere al V.L.F., se pueden citar las siguientes  
alineaciones: una al N coincidente con la zona de fractura de Minjan-  
dre, otra al S de la anterior que podría corresponder a una anomalía  
formacional debida a rocas pizarrosas conductoras entre un conjunto -  
más resistivo (riolitas y lavas básicas)\*, y, por último, el conjunto  
de alineaciones del S de dirección E-W, difícil de interpretar, pero  
que debería tener un significado ya sea por zonas de cizalla, ya en -  
términos formacionales similares a los anteriores contemplando también  
el juego de fallas de dirección NNW. Esta difícil interpretación está  
motivada tanto por la presencia de ruidos (cercas, verjas, líneas, -  
etc.) como por el acusado relieve de la zona; factores que influyen -  
tanto sobre las medidas de V.L.F. (el campo primario tiende a propagar  
se normalmente a la pendiente del terreno, por lo que en áreas montaño-  
sas deja de ser horizontal lo que produce el efecto general de aumen-  
tar la intensidad de las anomalías -hasta un 30 - 40%) como sobre las  
de resistividad y carbabilidad.

## 6.2.- P. I.

. Zona del Vencorrillo.

Anomalías mencionables en las siguientes (ver plano nº 16).

- Perfil A: estaciones 10 a 20 (dique subaéreo vertical), 46 a 51 -  
(contacto buzamiento S) y 84 a 101 (anomalía extensa superficial  
sin caracteres geométricos definidos. Anomalía formacional al S  
de la zona de fractura de Minjandre).

\* Ver pseudosecciones resistividad.



- Perfil B: estaciones 7 a 15 (débil anomalía superficial) y 76 a 95 (similar a la 84-101 del perfil A).
  - Perfil C: estaciones 15 a 25 (es la anomalía más intensa de las zonas estudiadas. Dique subaflorante subvertical o con fuerte buzamiento S coincidente con un afloramiento silicificado y milonitizado con presencia de sulfuros diseminados al S de una anomalía de Au de batea). Conjunto de anomalías débiles 77 a 87, 91 - 95 y 98 a 105 en correspondencia con las de los perfiles A (84-101) y B (76-95).
  - Perfil D: estaciones 42 a 57 (anomalía débil sin geometría definida) y 76 a 92 (anomalía intensa superficial. Dique vertical).
  - Perfil E: estaciones 21 a 25 (contacto buzamiento N) y 92-108 (limitada por 2 contactos con zonas resistivas y buzamientos, primero al S y después al N. Zona de Minjandre).
  - Perfil F: estaciones 40 a 50 (anomalía débil superficial sin geometría definida).
  - Perfil G: estaciones 105-117 (anomalía intensa y superficial. Contacto buzamiento N. Zona de Minjandre).
- . Zona Cerro del Aguila (Plano nº 15).

Las anomalías aquí son menos relevantes que en la zona del Ventorri--llo, situándose en general en los límites del granito. Las de mayor interés se sitúan en los perfiles del W sobre los sedimentos al N del granito. Se recomienda extender la prospección geoquímica y cartografía de detalle a esta zona para tratar de deducir su origen.

## 7.- CONCLUSIONES.

Comenzando por el apoyo de la campaña realizada a la cartografía geológica, los datos de magnetismo delinear con precisión los afloramientos de granito, cuyos límites normalmente fallados también se manifiestan en forma de alineaciones V.L.F. Fuera de estos afloramientos existen tanto zonas de tranquilidad magnética sobre el Terciario, como zonas de gradientes elevados debidos a la abundante presencia de cuerpos intrusivos y volcánicos en cuya caracterización sería necesario profundizar. Las anomalías de V.L.F. son más interesantes en la zona de El Ventorrillo, donde se puede definir una amplia gama de alineaciones, que presentan en general una débil correspondencia con las anomalías magnéticas, de resistividad y cargabilidad, según los umbrales definidos para éstas. Esto es especialmente cierto en la parte Sur de los perfiles de El Ventorrillo (estacas 1 a 30-35, aproximadamente), donde, sin embargo, aparecen anomalías tanto de V.L.F. como de cargabilidad bastante prometedoras, según las hipótesis estimadas que se manejan en la investigación geológica en curso. Se debe concluir, por tanto, la complejidad de las fuentes ya sean formacionales ya por zona de fractura o cizalla causantes de la mayor parte de las anomalías de este área.

En cuanto a objetivos mineros, la valoración de las anomalías citadas a estos efectos es difícil y se deja al criterio del equipo responsable según la integración de los datos geofísicos con las otras herramientas de investigación usadas. En todo caso sí se recuerda que existe una anomalía de cargabilidad (la del perfil C, estaciones 15-25) que reúne las características de intensidad y geometría típicas de un indicio de interés minero con respuesta al método.

Madrid, Diciembre de 1988.

Fdo. Jose Luis García Lobón.

A N E X O N º 1

ZONA EL VENTORRILLO

RELACION DE ESTACAS MEDIDAS ( COORDENADAS U. T. M.)

ESTACION.	X	Y	ESTACION	X	Y
A - 1	272838	4180749	E - 1	274043	4180702
A - 55	272901	4182092	E - 55	274116	4182038
A - 89	272941	4182936	E - 117	274186	4183562
A - 96	272950	4183110	E - 123	274193	4183711
A -103	272958	4183284	E - 128	274200	4183840
A -108	272964	4183405	E - 151	274227	4184407
A -117	272974	4183630	E - 156	274233	4184535
A -121	272979	4183730	E - 174	274255	4184990
B - 1	273148	4180737	F - 1	274350	4180743
B - 6	273153	4180861	F - 55	274416	4182023
B - 26	273176	4181361	F - 117	274487	4183515
B - 31	273181	4181482	G - 1	274652	4180694
B - 36	273187	4181606	G - 55	274717	4182009
B - 39	273191	4181679	G - 56	274717	4182033
B - 55	273211	4182077	G - 58	274719	4182084
B -117	273282	4183608	G - 121	274785	4183628
C - 5	273443	4180821	H - 1	274945	4180678
C - 55	273509	4182065	H - 7	274950	4180830
C -117	273583	4183601	H - 11	274955	4180927
C -165	273637	4184794	H - 65	275023	4182247
C -168	273640	4184874	H - 79	275039	4182593
C -186	273660	4185320	H - 89	275050	4182830
D - 1	273743	4180723	H - 93	275054	4182925
D - 55	273811	4182051	H - 99	275061	4183072
D -117	273881	4183577	H -117	275083	4183511

ZONA CERRO DEL AGUILA

RELACION DE ESTACAS MEDIDAS ( COORDENADAS U. T. M.)

ESTACION	X	Y	ESTACION	X	Y
A - 1	281.936	4.184.009	J - 1	279.668	4.184.020
A -15	281.934	4.183.663	J -15	279.675	4.183.666
A -28	281.934	4.183.340	J -30	279.676	4.183.298
A -41	281.934	4.183.016	J -48	279.676	4.182.846
A -56	281.935	4.182.645			
A -60	281.935	4.182.545			
B - 1	281.736	4.184.009			
B -60	281.735	4.182.542			
C - 1	281.536	4.184.009			
C -60	281.534	4.182.542			
D - 1	281.336	4.184.009			
D -50	281.329	4.182.537			
E - 1	281.137	4.184.009			
E -45	281.132	4.182.926			
E -52	281.132	4.182.749			
E -55	281.133	4.182.673			
F - 1	280.519	4.184.023			
F -50	280.514	4.182.797			
G - 1	280.321	4.184.011			
G -51	280.313	4.182.773			
H - 1	280.121	4.184.011			
H -49	280.114	4.182.818			
I - 1	279.882	4.184.021			
I -47	279.876	4.182.866			