



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**APOYO GEOFISICO A INVESTIGACIONES  
MINERAS EN DISTINTAS AREAS DEL  
MACIZO HESPERICO.1991/92**

***PERFILES EM DE DOMINIO DE TIEMPOS  
EN LA ZONA DE "LAS HERRERIAS".  
RESERVA TINTO.1991***



APOYO GEOFISICO A INVESTIGACIONES MINERAS EN  
DIVERSAS AREAS DEL MACIZO HESPERICO. 1.991-92.

PROSPECCION POR EL METODO EM DE DOMINIO DE  
TIEMPOS EN «LAS HERRERIAS» (RESERVA TINTO).  
1.991.

# INDICE

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS .....	1.
2. TRABAJO REALIZADO .....	4.
2.1. Metodología de trabajo .....	4.
2.2. Medios materiales .....	9.
2.3. Descripción del trabajo realizado .	11.
3. PROCESADO Y PRESENTACION DE RESULTADOS ....	14.
3.1. Documentos del estudio .....	20.
4. RESULTADOS OBTENIDOS .....	23.
BUCLE Nº 1 .....	23.
BUCLE Nº 2 .....	31.
BUCLE Nº 3 .....	39.
BUCLE Nº 4 .....	39.
5. CONCLUSIONES .....	40.

## INDICE DE FIGURAS.

- Nº 1.- Localización de la zona de trabajo.
- Nº 2.- Esquema de trabajo en la modalidad TURAM.
- Nº 3.- Dirección del vector del campo EM, según McNae.
- Nº 4.- Explicación de los perfiles del Anexo 1.
- Nº 5.- Componente vertical correspondiente a un medio homogéneo.
- Nº 6.- Componente vertical correspondiente al semiespacio, medida con el sistema PROTEM.
- Nº 7.- Respuesta de un conductor de tipo tabular.
- Nº 8.- Ejemplo de anomalía originada por un conductor.
- Nº 9.- Segundo ejemplo de anomalía real (componente vertical).
- Nº 10.- Descripción del convenio empleado en la modelización.
- Nº 11.- Semiespacio homogéneo de 250 ohm.m. Bucle 1, perfiles 6 u 8, Canales 1-5.
- Nº 12.- Semiespacio más placa conductora. Bucle 1, Perfil 9, Canales 1-5.
- Nº 13.- Semiespacio más placa conductora. Bucle 1, Perfil 9, Canales 6-10.
- Nº 14.- Semiespacio más placa conductora. Bucle 1, Perfil b, Canales 1-5.
- Nº 15.- Semiespacio más placa conductora (B). Bucle 1, Perfil b, Canales 1-5.
- Nº 16.- Semiespacio homogéneo de 220 ohm.m. Bucle 2, Perfil 14, Canales 1-5.
- Nº 17.- Semiespacio homogéneo de 80 ohm.m. Bucle 2, Perfil 14, Canales 1-5.

- Nº 18.- Semiespacio más placa conductora. Bucle 2,  
Perfil 14, Canales 1-5.
- Nº 19.- Modelos de la Figura 18, situando la placa conduc-  
tora a menor profundidad.
- Nº 20.- Semiespacio más placa conductora Bucle 2,  
Perfil 14, Canales 6-10.
- Nº 21.- Semiespacio más placa conductora, Bucle 2,  
Perfil 14, Canales 1-5 (Placa B).

# INDICE DE PLANOS.

Nº 1.- SITUACION DE LOS BUCLES  $T_x$  Y PERFILES MEDIDOS

Nº 2.- POSICION DE LAS PLACAS MODELIZADAS.

## **INTRODUCCION Y OBJETIVOS.**

## 1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.-

Este informe describe los trabajos realizados y resultados obtenidos por la aplicación del método EM de Dominio de Tiempos al área de «Las Herrerías» de la Reserva Tinto, donde se han medido 13.275 metros de perfil.

En lo que respecta al encuadre geológico de la zona de trabajo; interés de la misma desde el punto de vista de la prospección de sulfuros metálicos y trabajos previos llevados a cabo por el ITGE, nos remitimos a lo expuesto en el primer capítulo del Informe «Gravimetría en la zona de Las Herrerías. Reservas Tinto. 1.991».

La experiencia en la aplicación de técnicas geofísicas en la Faja Piritica, para la prospección de mineralizaciones de sulfuros metálicos complejos viene a establecer que la Gravimetría y la prospección por Resistividades constituyen las herramientas más efectivas.

El empleo de los métodos de Resistividad pretende discriminar de un conjunto de posibles anomalías gravimétricas, aquellas que tengan carácter conductor.

Estas serían las que podrían reflejar la presencia de mineralizaciones de sulfuros en el subsuelo y por tanto las de mayor interés.

Las técnicas geofísicas aplicables para la medida de resistividades del subsuelo pueden catalogarse en dos categorías: de corriente continua e inductivas, o por métodos EM. Son las

segundas en su variante de Dominio de Tiempos las que han ganado protagonismo en los últimos tiempos debido a su mayor capacidad de penetración y a la posibilidad de interpretación semicuantitativa de sus resultados.

Siguiendo pues, los criterios metodológicos esbozados se ha aplicado la técnica de medidas EM de Dominio de Tiempos sobre una serie de zonas seleccionadas en base a los resultados de la gravimetría previamente realizada y teniendo en cuenta también la cartografía geológica disponible.

La zona donde se ha llevado a cabo el estudio es la que señalamos en la Figura 1.

El estudio ha sido desarrollado por INTERNATIONAL GEOPHYSICAL TECHNOLOGY, S.A. (IGT) como parte de los trabajos incluidos en el Proyecto «Apoyo geofísico a investigaciones mineras en diversas áreas del Macizo Hespérico 1991-92».

Por parte del INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (ITGE) la supervisión de los trabajos ha sido realizada por D. José Luis García Lobón. Ingeniero de Minas del Servicio de Geofísica.

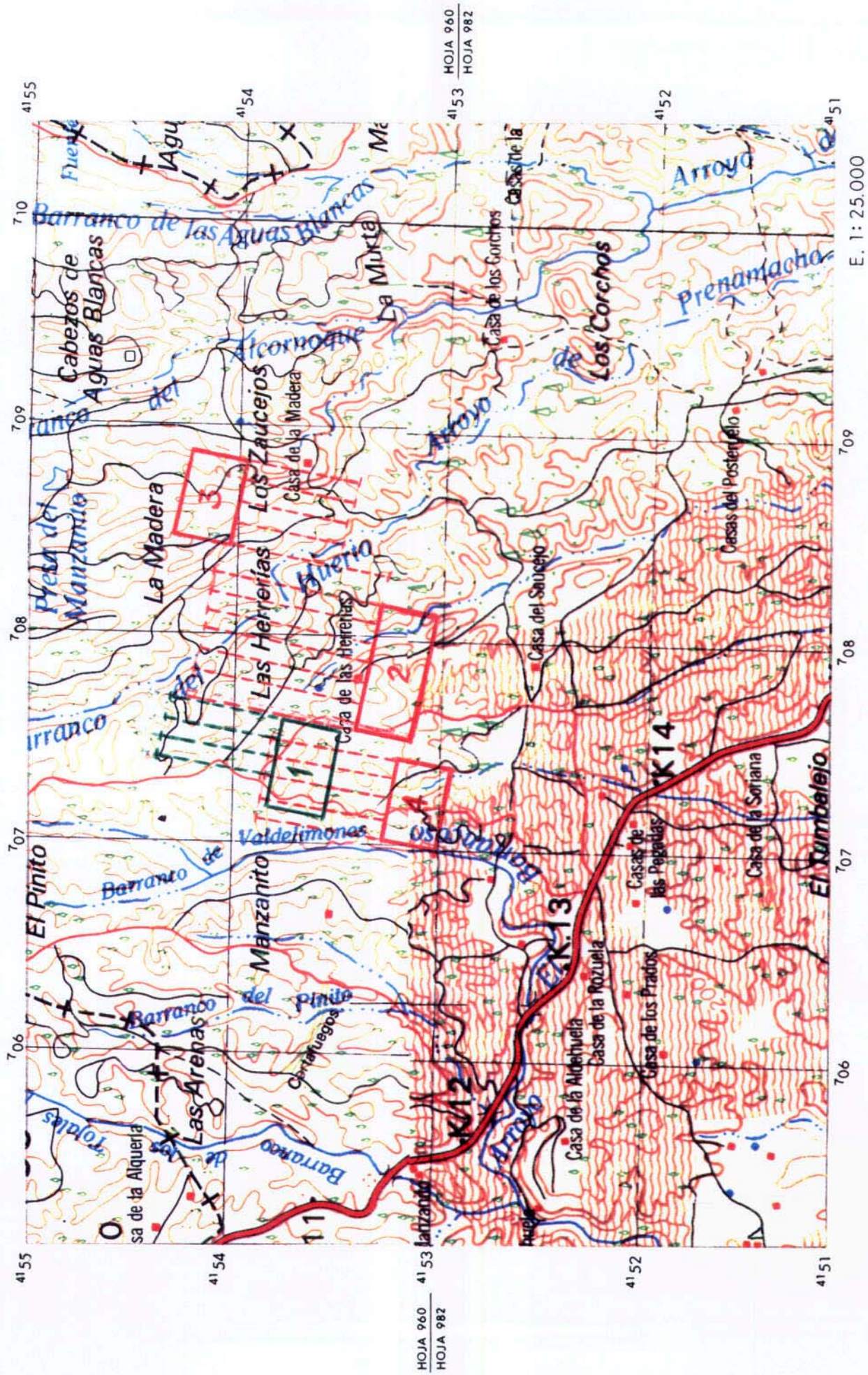


Fig. 1 - LOCALIZACION DE LA ZONA DE TRABAJO

**TRABAJO REALIZADO.**

## 2. TRABAJO REALIZADO.-

### 2.1. Metodología de trabajo.-

La detección de elementos conductores del subsuelo puede abordarse mediante una amplia gama de métodos geofísicos de prospección por resistividades.

Una primera categoría la constituyen los métodos de corriente continua conocidos vulgarmente como Calicatas Eléctricas. Se trata de técnicas en desuso para el tipo de aplicaciones como la de nuestro caso; por su reducida capacidad de penetración, su pobre focalización y el gran efecto que ejercen en sus medidas las condiciones superficiales de la zona de trabajo.

Para salvar los anteriores inconvenientes la técnica más ventajosa es la aplicación de métodos EM operando en el Dominio de Tiempos.

Entre las características más destacables del método cabe señalar las siguientes:

- Capacidad de investigar fiablemente hasta rangos de algún centenar de metros de profundidad.
  
- Posibilidad de interpretación semicuantitativa de los resultados mediante modelización.

- Diferenciación selectiva de la influencia de los materiales situados a diversos rangos de profundidad.

Este método geofísico es el más ampliamente utilizado a nivel mundial en la prospección de mineralizaciones de carácter conductor. Consiste en la medición del campo magnético secundario asociado a las corrientes de difusión que se establecen en el subsuelo al cortar bruscamente los pulsos de corriente de gran intensidad que se hacen circular a través de un bucle de cable situado en la superficie del terreno. Este campo es variable con el tiempo y se muestrea según un cierto número de ventanas distribuidas convenientemente en el rango de algunos milisegundos. El proceso de lectura se repite en cada punto un elevado número de veces de forma automática. La ejecución de este tipo de medidas requiere la utilización de una instrumentación muy sofisticada y costosa.

Cabe la posibilidad de medir el campo EM transitorio según tres componentes ortogonales, si bien la práctica habitual se limita a la medición de la componente vertical por ser la más fácil medible e interpretable.

Los estudios de reconocimiento general como es nuestro caso se llevan a cabo operando en la modalidad Turam que esquemáticamente se explica en el Figura 2.

Para conseguir energizar un rango suficiente de profundidad se utiliza un bucle transmisor situado en la superficie del terreno. Sus dimensiones son habitualmente de 400 300 m a 800 300 m, dependiendo del tipo de sistema transmisor que se emplee y de la profundidad a estudiar. El momento magnético generado por cada pulso de corriente es el producto de la intensidad por el área encerrada por el bucle, asumiendo que éste sea de una sola espira. De aquí la conveniencia de que las dimensiones del bucle sean lo mayor posible.

Habitualmente la toma de datos se lleva a cabo a lo largo de perfiles situados por fuera del bucle y dispuestos perpendicularmente a uno de sus lados mayores. El intervalo entre puntos de medida se establece entre 25 y 50 metros, dependiendo del grado de detalle que se pretenda en los resultados.

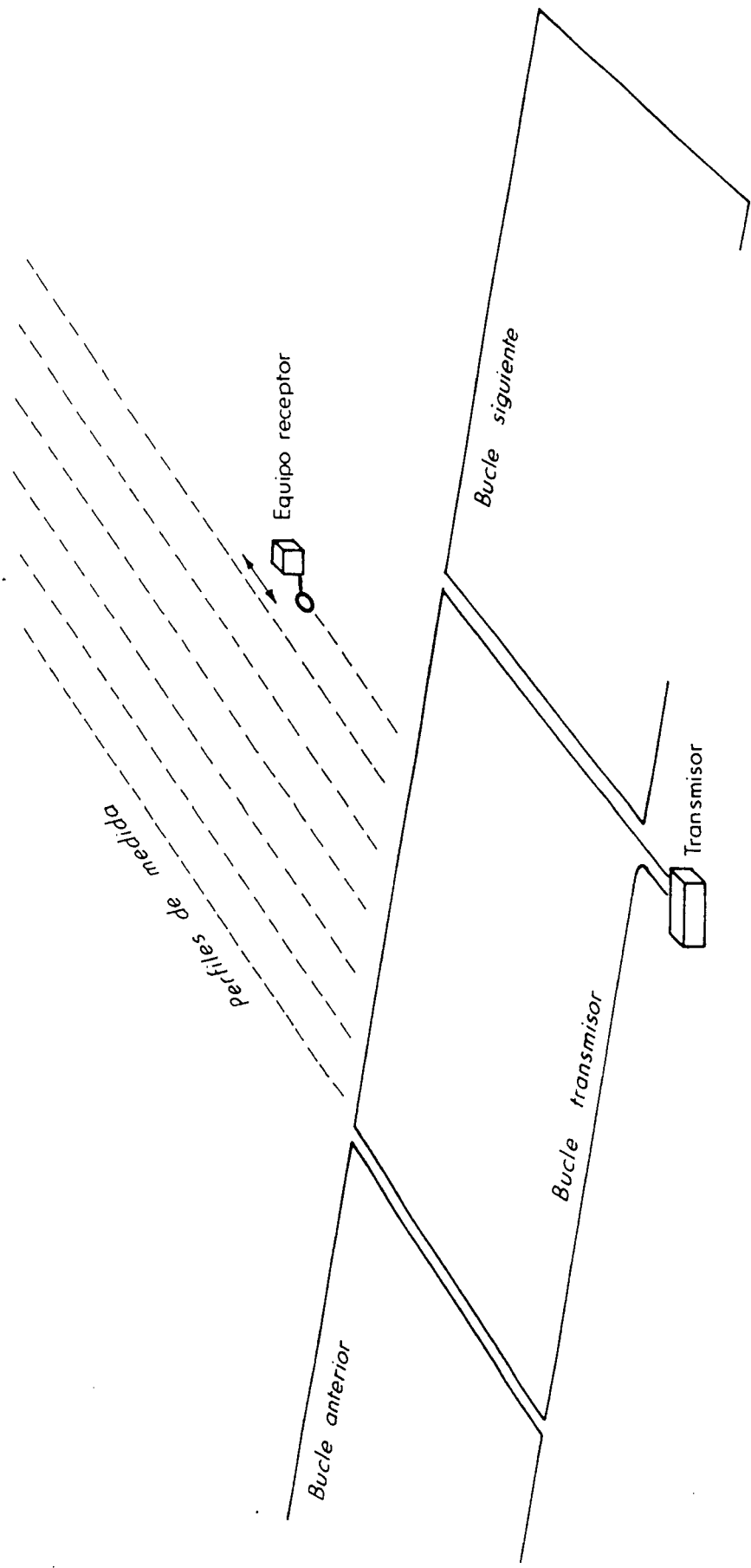


Fig. 2 - Esquema de trabajo en la modalidad TURAM

Así pues el sistema transmisor ( $T_x$ ) se mantiene fijo, mientras que el receptor ( $R_x$ ), acoplado al correspondiente elemento sensor, se desplaza a lo largo de los perfiles de medida. Dependiendo de la magnitud de la señal; que decrece al alejarnos del bucle transmisor; la longitud de los perfiles de medida puede variar sustancialmente. En todo caso es mayor que el lado mayor del bucle transmisor.

Los resultados obtenidos se representan, en unidad de f.e.m. del campo secundario, (normalmente en mV) en forma de perfiles correspondientes a los canales de tiempo en que se efectúan las medidas; incluyendo todas las estaciones de cada perfil.

El rango dinámico del campo secundario es muy alto ya que sus valores pueden pasar de  $= 10^4$  a 1 en algunos milisegundos. Por ello en la presentación de resultados es habitual agrupar los perfiles en tramos con diferentes escalas.

En este tipo de medidas y por tanto en los perfiles se incluye el efecto del semiespacio rocoso y de un posible conductor situado en el subsuelo. A través del proceso interpretativo se trata de separar ambos efectos y definir la posición, geometría y características del hipotético cuerpo anómalo.

La definición de tales extremos se realiza por comparación de los resultados obtenidos con los correspondientes a modelos teóricos calculados para diversas alternativas geológicas.

En el planteamiento de un estudio geofísico de este tipo juega un papel importante la posición relativa entre el cuerpo anómalo a detectar y el bucle transmisor. Se trata en todo caso de conseguir el máximo acoplamiento del campo EM con el supuesto conductor.

Este concepto se ilustra en la Figura 3 (McNae), donde se representa la dirección e intensidad relativa del vector del campo EM primario.

La situación ideal es aquella en que el vector de campo incide lo más perpendicularmente sobre la cara de mayor

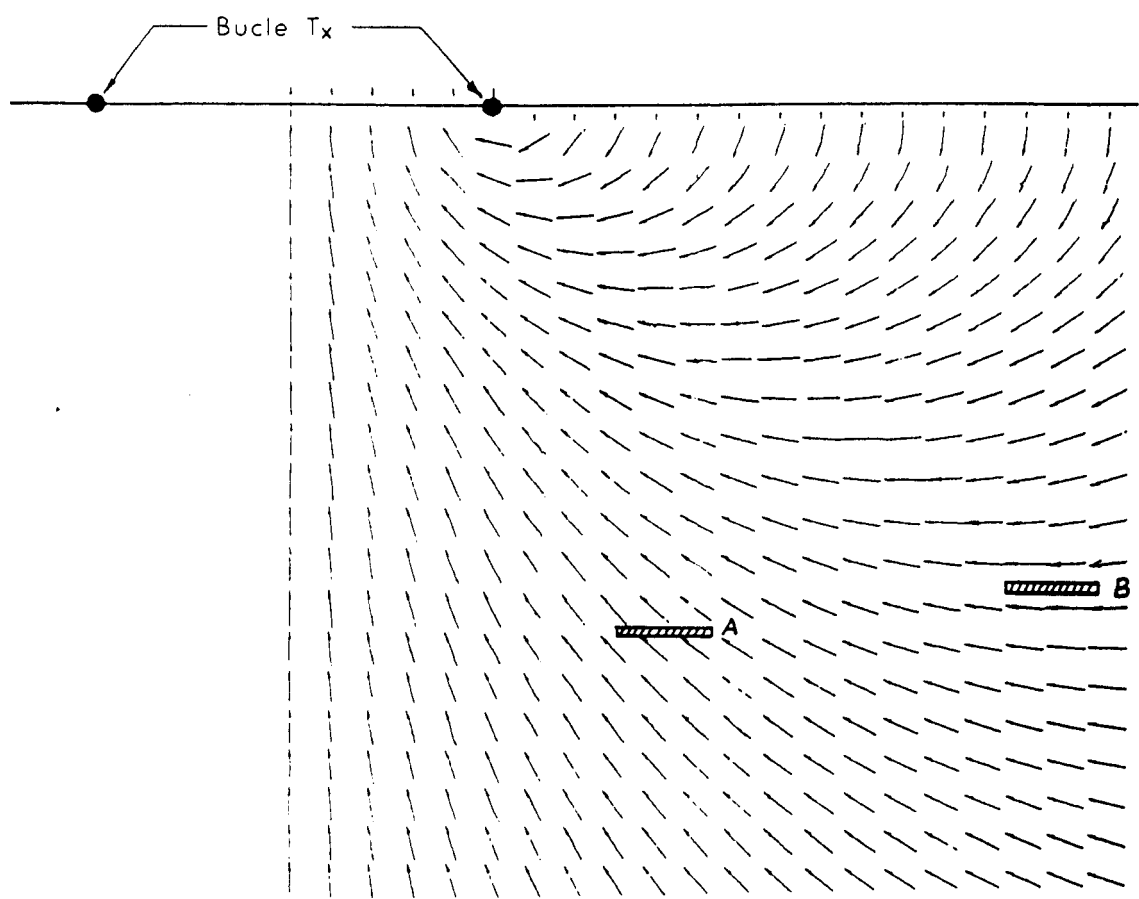


Fig. 3 - Dirección del vector del campo EM, según McNae

superficie del conductor. Es su posición relativa respecto al bucle el factor determinante.

Así por ejemplo un conductor metálico en la posición A se manifestaría de forma mucho más acusada que en la posición B (Figura 3). En ambos casos se representa el conductor en sección y se asume que su dimensión en la dirección perpendicular al plano del dibujo es considerable.

De acuerdo con estas ideas y en el caso de que existiera un cuerpo mineralizado de tipo tabular y en disposición subhorizontal, las posibilidades de su detección serían mayores cuando más próximo al bucle se localizara.

En ciertos casos existen no obstante limitaciones de tipo logístico que hacen muy difícil el seguimiento preciso de los criterios anteriormente expuestos.

## 2.2. Medios materiales.-

Para la toma de datos se ha utilizado un sistema PROTEM de la casa GEONICS, con un transmisor del tipo EM-37.

Las características más relevantes del equipo son las que se detallan a continuación.

### Receptor PROTEM C.-

Magnitud medida.- Flujo magnético variable con el tiempo, según tres ejes ortogonales.

Bobina receptora (Baja Frecuencia).- Núcleo de aire, con una amplitud de banda de 60 KHz y un área equivalente a 100 m<sup>2</sup>.

Canales de lectura.- 20 canales espaciados geoméricamente para cada frecuencia. Cubren el rango de 6  $\mu$ seg hasta 80 mseg.

Frecuencia base.- El equipo opera con frecuencia 2'5, 6'25, 25, 62'5 y 262'5 Hz.

Sincronismo.- Mediante cable de referencia o mediante cristal de cuarzo.

Tiempo de integración.- Entre 17'5 y 70 seg.

Almacenamiento de datos.- Memoria sólida para 1000 medidas.

Los datos en la memoria no pueden borrarse voluntariamente sino por desbordamiento y grabación de nuevos datos sobre los antiguos uno a uno. En tal caso el sistema proporciona una indicación inequívoca al operador.

Pantalla.- Alfanumérica de cristal líquido. Cuatro líneas de 16 caracteres cada una.

Transferencia de datos.- Mediante un puerto de comunicaciones RS-232.

Alimentación.- Batería de 12 V recargable. Permite 16 horas de operación (8 horas con sincronismo mediante cristal).

Operación.- Controlada por microprocesador y programas específicos.

#### Transmisor EM-37.-

Tipo de corriente.- Bipolar rectangular con 50% de ciclo activo.

Frecuencia base.- 2'5, 6'25 y 25 Hz.

Tiempo de corte.- 300  $\mu$ seg a 20 Amp. en un bucle de 300x600 m.  
Disminuye proporcionalmente con la corriente y dimensiones del bucle hasta un mínimo de 20  $\mu$ seg.

Voltaje de salida.- de 20 a 160 V en siete posiciones.

Sincronismo.- Con cable y con cristal de cuarzo.

Motor generador.- 2800 W/120 V/400 Hz 3 fases.

Protección.- Electrónica y electromecánica frente a posibles cortocircuitos.

### 2.3. Descripción del trabajo realizado.

Para el reconocimiento de las zonas de mayor interés se establecieron cuatro bucles transmisores con dimensiones variables entre 400x300 m y 600x300 m.

La toma de datos propiamente dicha se llevó a cabo a lo largo de perfiles perpendiculares al lado mayor de los bucles y por fuera de ellos; a intervalos de 25 metros entre puntos de medida.

En el Plano nº 1 se indica la posición de los bucles transmisores y de los perfiles medidos con cada uno de ellos. Como base para este plano se ha tomado el de anomalía gravimétrica residual al objeto de posibilitar la correlación de los resultados así como su comparación con la cartografía geológica existente, que también se reseña.

De forma resumida los perfiles medidos han sido los que indicamos seguidamente:

Bucle nº 1. - ( 400 m × 300 m).

Perfiles 6,7,8 y 9 entre las estacas 40-60.

Total ---- 2.000 m.

Bucle nº 2. - (600 m × 300 m).

Perfiles 9,10,11,12,13,14 y 15 entre las estacas 26 a 58.

Total ----- 5.600 m.

Bucle nº 3. - (400 × 300 m).

Perfiles 17.18.19 y 20 entre las estacas 35-55.

Perfil 16 entre las estacas 25 a 55.

Total ---- 2.750 m.

Bucle nº 4.- (400 m x 300 m).

Perfiles 4,5,6,7 y 8 de la estaca 17 a la 40.

Total ---- 2.875 m.

TOTAL GENERAL .... 13.225 m.

Los elementos que definen las operaciones realizadas son los que se relacionan a continuación.

- Frecuencia de los pulsos de corriente 25 Hz (HI).
- Tiempo de integración de la señal 48 seg.
- Ganancia, la más elevada posible sin llegar al límite de saturación de ningún canal.
- Sincronismo por cristal.
- Intensidad de los pulsos de corriente.
  - . Bucles de 400 m x 300 m ... 14 Amp.
  - . Bucles de 600 m x 300 m ... 12 Amp.
- Tiempo de corte (T/O time).
  - . Bucles de 400 x 300 m ... 165 µseg.
  - . Bucles de 600 x 300 m ... 185 µseg.
- Intervalo de lectura. Veinte canales distribuidos entre 0'078 y 7'79 mseg, de acuerdo con la Tabla I.

Una característica a destacar del trabajo realizado es el reducido nivel de ruido ambiental lo que se traduce en una excelente calidad de los datos.

Operando con la frecuencia de 25 Hz hemos registrado toda la señal útil ya que el orden de magnitud de las lecturas en los últimos canales roza el límite de resolución del equipo. En consecuencia no se ha considerado necesario repetir la toma de datos para una frecuencia inferior.

Los trabajos de campo se efectuaron en el período del 15 al 30 de Octubre, cubriendo un total de diez días de trabajo efectivo por lo que el rendimiento medio fue de 1'32 Km/día. No se tienen en cuenta en esta valoración los trabajos auxiliares de apertura de rozas para el tendido de bucles transmisores

PROTEM 37  
POSITION OF GATE START AND CENTER IN MSEC

GATE NO.	BASE FREQUENCY					
	30Hz. & 25Hz.		7.5Hz. & 6.25Hz		3Hz. & 2.5Hz.	
	CENTER	START	CENTER	START	CENTER	START
1	0.087	0.078	0.348	0.312	0.87	0.78
2	0.108	0.096	0.432	0.384	1.08	0.96
3	0.138	0.120	0.552	0.480	1.38	1.20
4	0.174	0.156	0.696	0.624	1.74	1.56
5	0.216	0.192	0.864	0.768	2.16	1.92
6	0.277	0.240	1.11	0.960	2.77	2.40
7	0.353	0.314	1.41	1.27	3.53	3.14
8	0.441	0.392	1.76	1.57	4.41	3.92
9	0.561	0.490	2.24	1.96	5.61	4.90
10	0.706	0.632	2.82	2.53	7.06	6.32
11	0.865	0.780	3.46	3.12	8.65	7.80
12	1.07	0.950	4.28	3.80	10.7	9.50
13	1.38	1.19	5.52	4.76	13.8	11.9
14	1.75	1.56	7.00	6.24	17.5	15.6
15	2.19	1.93	8.76	7.72	21.9	19.3
16	2.82	2.45	11.3	9.80	28.2	24.5
17	3.56	3.18	14.2	12.7	35.6	31.8
18	4.37	3.93	17.5	15.7	43.7	39.3
19	5.54	4.80	22.2	19.2	55.4	48.0
20	7.04	6.28	28.2	25.1	70.4	62.8
21 *		7.79		31.2		77.9

TABLA I.- Distribución de los tiempos de lectura del sistema PROTEM.

**PROCESADO Y PRESENTACION DE  
RESULTADOS.**

### **3. PROCESADO Y PRESENTACION DE RESULTADOS.-**

Los valores medidos en campo se expresan en unidades de potencial y su orden de magnitud depende, entre otros factores, de los siguientes: Tamaño del bucle transmisor, Intensidad de los pulsos de corriente, Ganancia del receptor, Area efectiva de la bobina receptora, etc.

Así pues el primer paso en el procesado es la normalización de los datos para corregir el efecto de todos los factores anteriores.

A continuación se representan los datos en forma de perfiles agrupando los valores de todas las estaciones de cada perfil. El agrupamiento se efectúa para cada uno de los canales de lectura. Como ya se comentó en el epígrafe anterior el rango dinámico de las lecturas del campo secundario es muy amplio. Por ello se emplean diversas escalas para cada grupo de canales, al objeto que en todos ellos se pongan de relieve sus rasgos más relevantes.

La selección de la escala vertical de cada grupo de canales debe establecerse en la forma que permita una fácil comparación entre perfiles.

El proceso descrito se ha llevado a cabo mediante el programa DATEM, suministrado por GEONICS.

En la Figura 4 se explica en detalle el significado de cada uno de los títulos de los gráficos obtenidos en el proceso anterior.

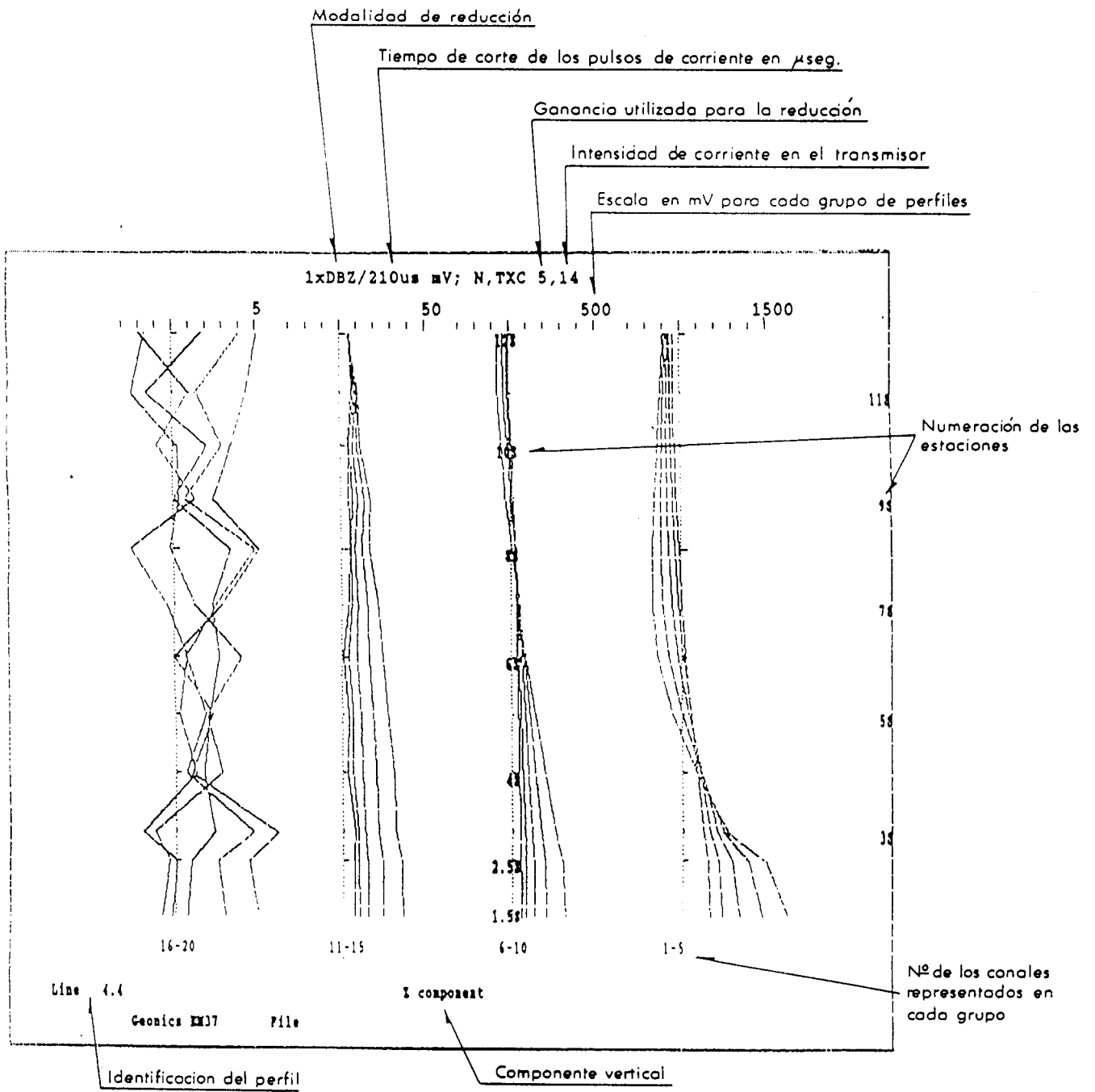


Fig. 4 — Explicación de los perfiles del Anexo 1

Este tipo de presentación de los resultados no posibilita una interpretación inmediata de los datos aunque si una valoración cualitativa de los mismos.

El estilo general de los perfiles correspondientes a un medio homogéneo presenta una morfología del tipo que se indica en la Figura 5. El orden de magnitud de sus valores, posibles inflexiones, posición de los cambios de signo, etc, dependen de la resistividad característica del medio rocoso.

Limitándonos a las lecturas en uno de los lados del bucle se pueden apreciar algunos aspectos significativos de la respuesta del medio homogéneo en los perfiles de la Figura 6. Uno de los elementos más característicos es el punto A donde se produce la inversión en el orden de magnitud de las lecturas para canales sucesivos. Su posición varía, alejándose del bucle transmisor, cuando la respuesta corresponde al semiespacio rocoso. Cuando tal cambio es debido a la presencia de un conductor, no existe desplazamiento lateral del punto A.

La migración lateral del punto citado es tanto más rápida cuanto mayor sea la resistividad del semiespacio rocoso.

Superpuesta sobre la respuesta del semiespacio rocoso, se identifica a veces la influencia de un posible conductor del subsuelo, constituyendo una anomalía cuya influencia se pone de relieve en unos u otros canales, dependiendo de la profundidad a que se localice el hipotético conductor.

En función de la forma del cuerpo anómalo, de su conductancia, geometría y posición relativa respecto al bucle transmisor la morfología de la anomalía puede ser muy variable, aunque inequívoca en todo caso.

Las respuestas específicas producidas por un conductor metálico de tipo tabular, en función de su disposición respecto al bucle transmisor, presentan una morfología del tipo indicado en la Figura 7.

Así cuando el conductor se dispone subverticalmente, la componente vertical ( $B_z$ ) medida a lo largo del perfil para un tiempo cualquiera muestra una anomalía dipolar con paso por cero

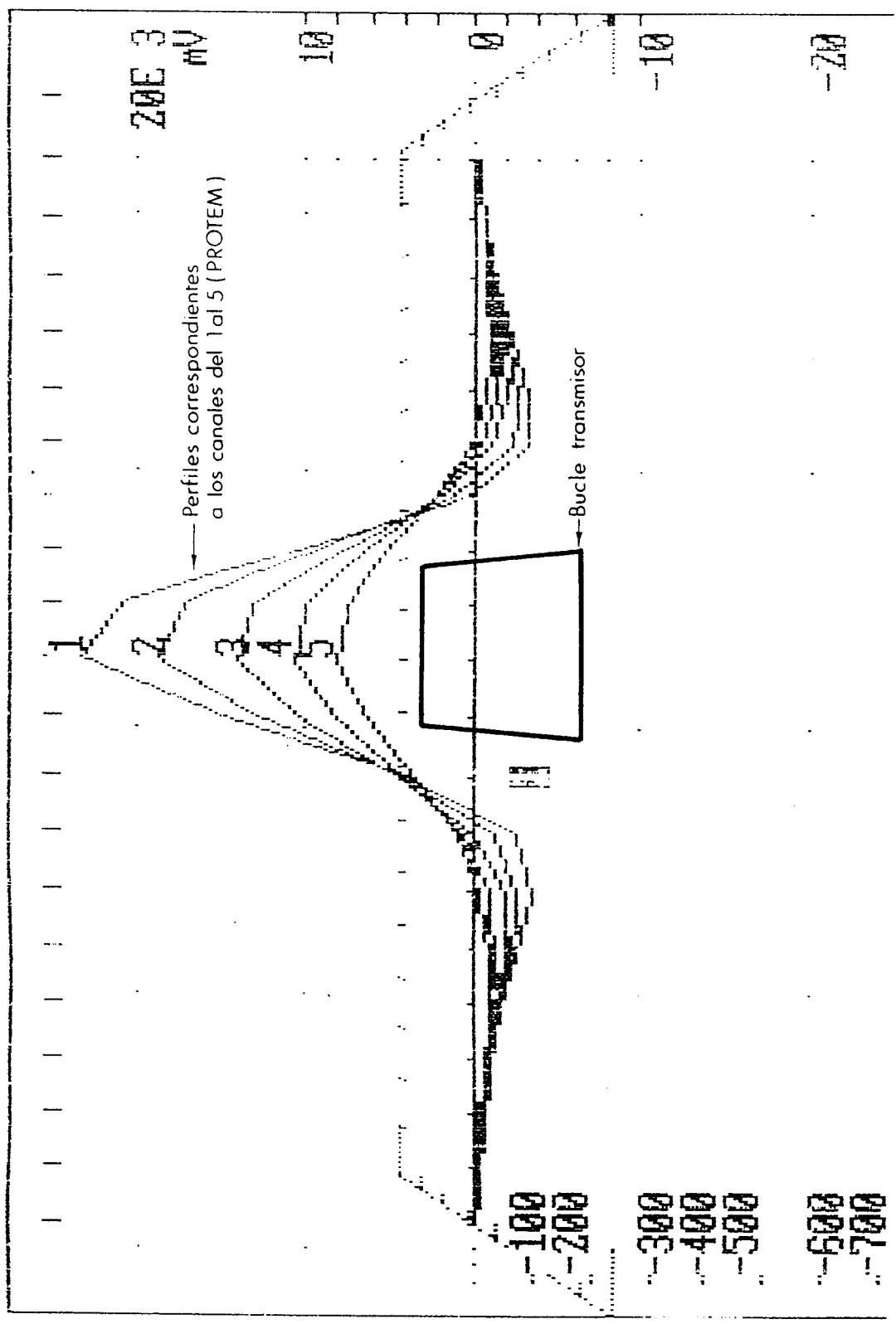


Fig. 5 - Componente vertical correspondiente a un medio homogéneo

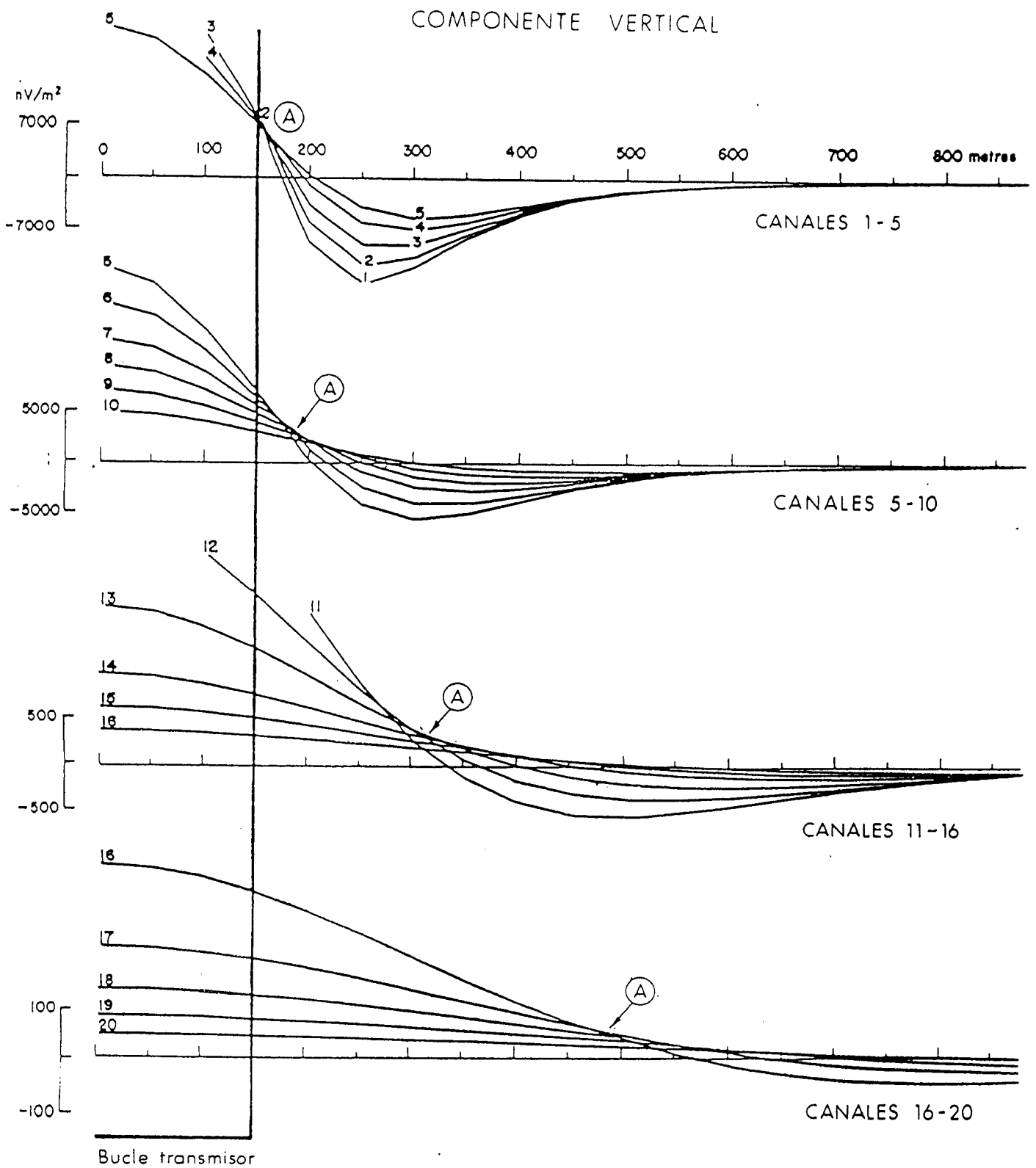


Fig. 6 - Componente vertical correspondiente al semiespacio, medidas con el sistema PROTEM

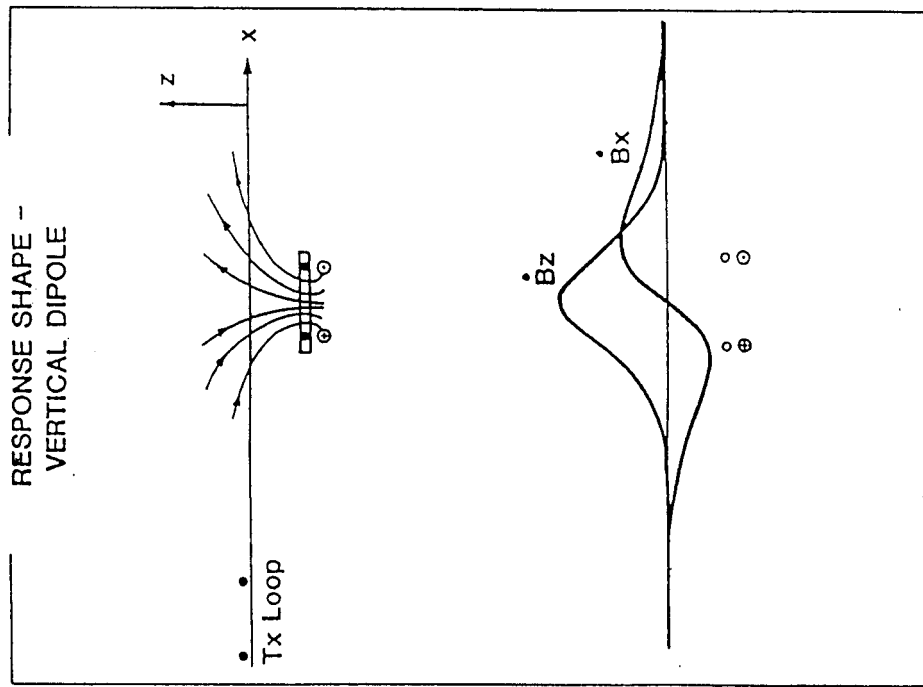
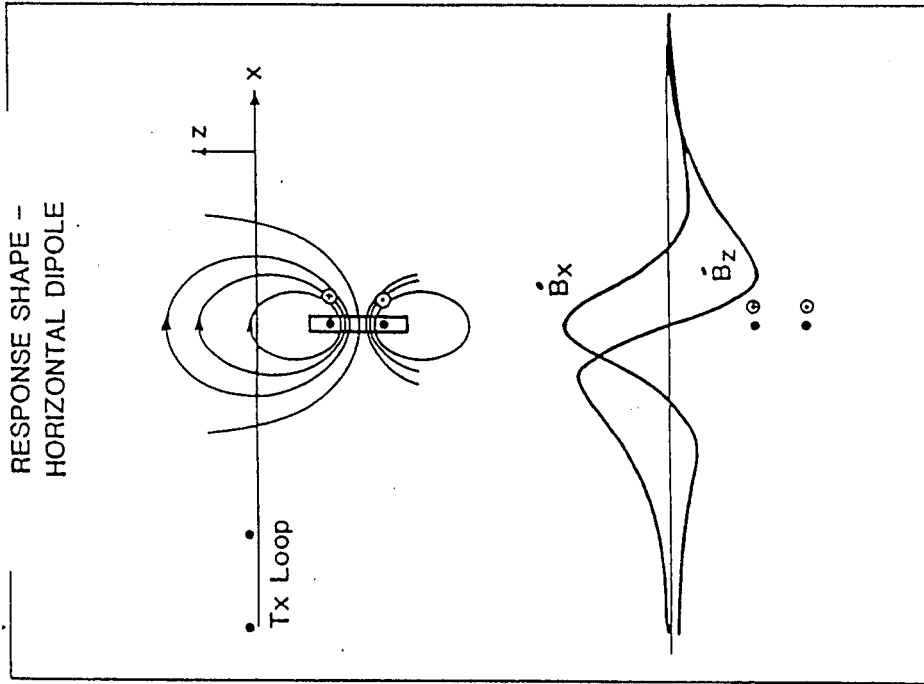


Fig. 7 - Respuesta de un conductor de tipo tubular

en la vertical de la cabecera del conductor. Si el conductor es horizontal su respuesta específica presenta un máximo sobre el mismo.

A efectos puramente ilustrativos de la morfología de anomalías reales incluimos algunos ejemplos en las Figuras 8 y 9.

### 3.1. Documentos del estudio.-

Como resultado de los trabajos llevados a cabo en este estudio, se entregan los documentos y materiales que se relacionan a continuación.

- Memoria descriptiva de los trabajos y de la interpretación de los resultados.

Esta Memoria incluye figuras relativas a la explicación del método de trabajo y a la interpretación de datos.

- Plano de situación de los perfiles de medida, superpuestos al plano de anomalía gravimétrica residual.
- Perfiles con los valores medidos, agrupados en canales: 1-5, 6-10, 11-15 y 16-20.
- Diskettes con los ficheros que contienen todos los datos de campo para su procesado mediante el programa DATEM.

Además se incluyen como Anexo nº 2 una serie de modelos gravimétricos del área de «Las Herrerías», solicitados por los técnicos del ITGE con posterioridad a la entrega del informe gravimétrico.

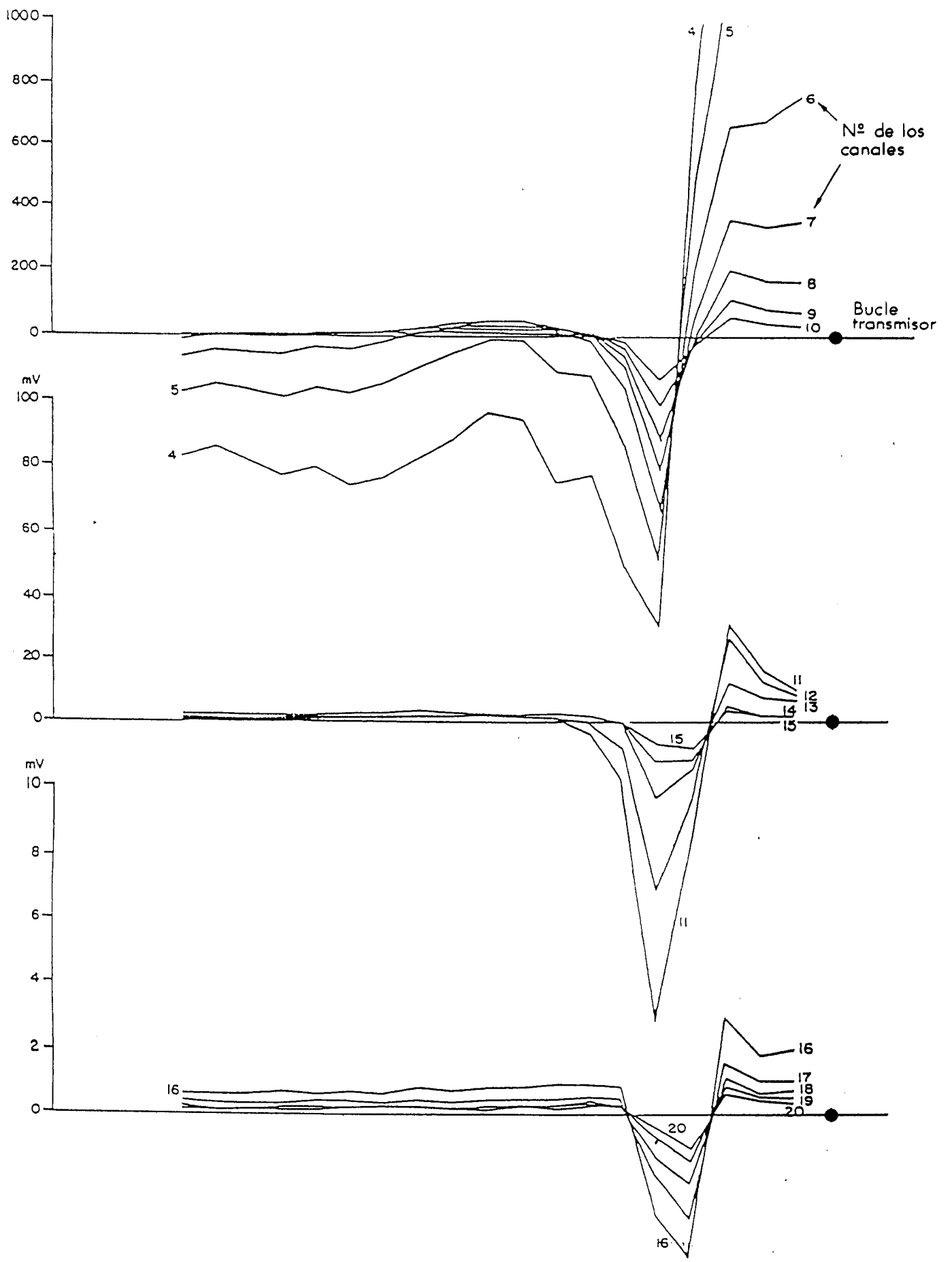


Fig. 8 - Ejemplo de anomalía originada por un conductor

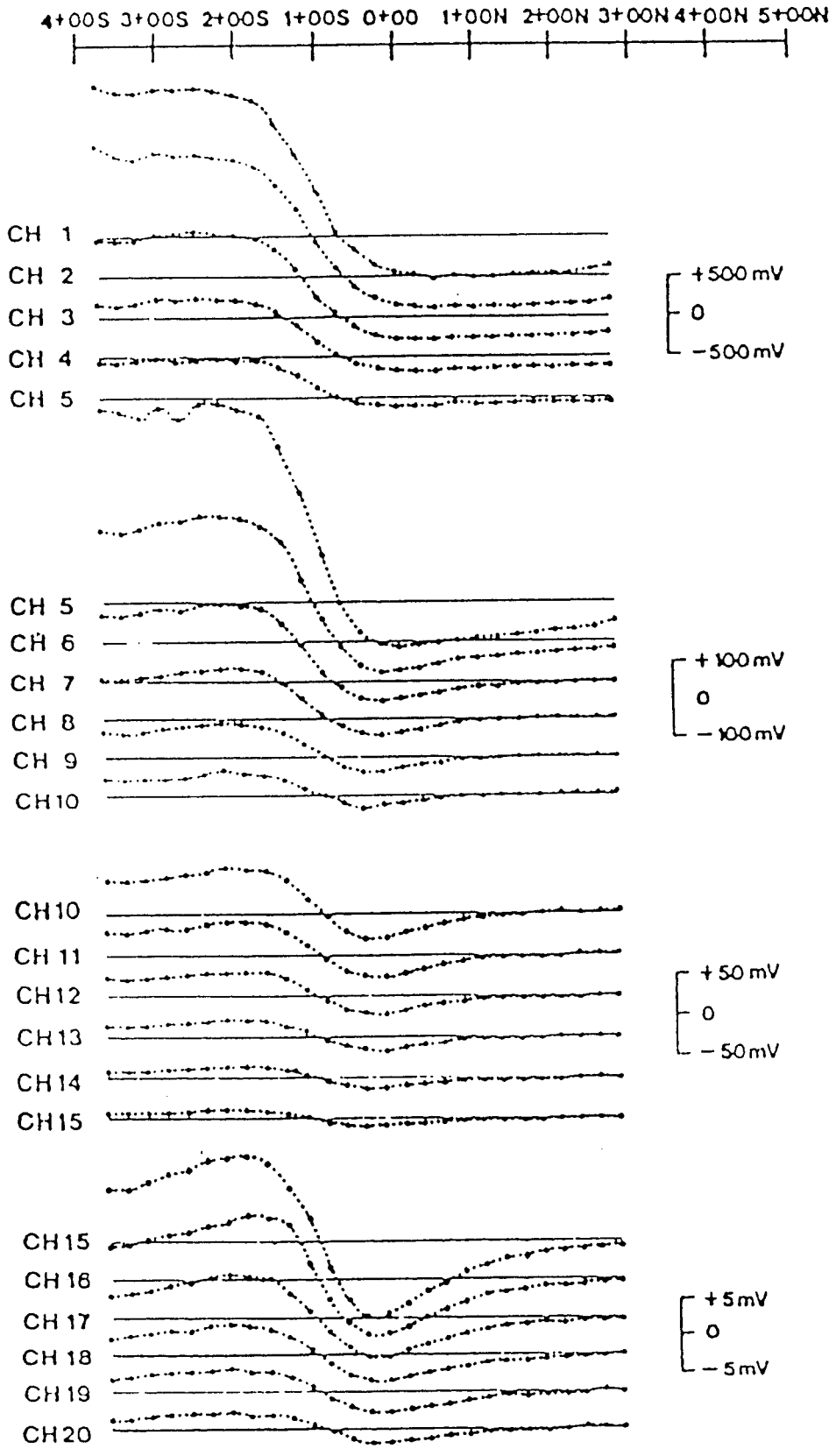


Fig. 9 - Segundo ejemplo de anomalía real (componente vertical)

## **RESULTADOS OBTENIDOS.**

#### **4. RESULTADOS OBTENIDOS.-**

##### **BUCLE Nº 1.-**

Aparentemente todos los perfiles medidos con este bucle se sitúan sobre una misma unidad litológica constituida por pizarras versicolores, tufitas y cineritas, con la excepción del extremo Sur del perfil 6 donde la cartografía geológica refleja la presencia de «gossan».

Sin embargo el estilo de respuesta varía sustancialmente entre perfiles lo que sugiere que, cuando menos, existen cambios significativos en la naturaleza de los materiales del subsuelo.

Así los perfiles 6 y 7 presentan la respuesta característica de un medio homogéneo con ausencia de anomalías significativas, si bien el orden de magnitud de las lecturas es ligeramente superior en el Perfil 7.

Sin embargo es evidente la presencia de una anomalía en el Perfil 9 y de forma menos acusada en el Perfil 8. El hecho de que su manifestación se produzca de forma dominante en los primeros canales induce a la consideración de que su origen es muy superficial y que además ha de corresponder a un conductor de reducida conductancia y pequeñas dimensiones.

Mediante modelización se ha analizado la anomalía en cuestión obteniéndose los resultados que se incluyen en las Figuras de la 11 a la 15. En ellas se representa la respuesta de diferentes modelos para varios grupos de canales que permiten su comparación con los datos de campo.

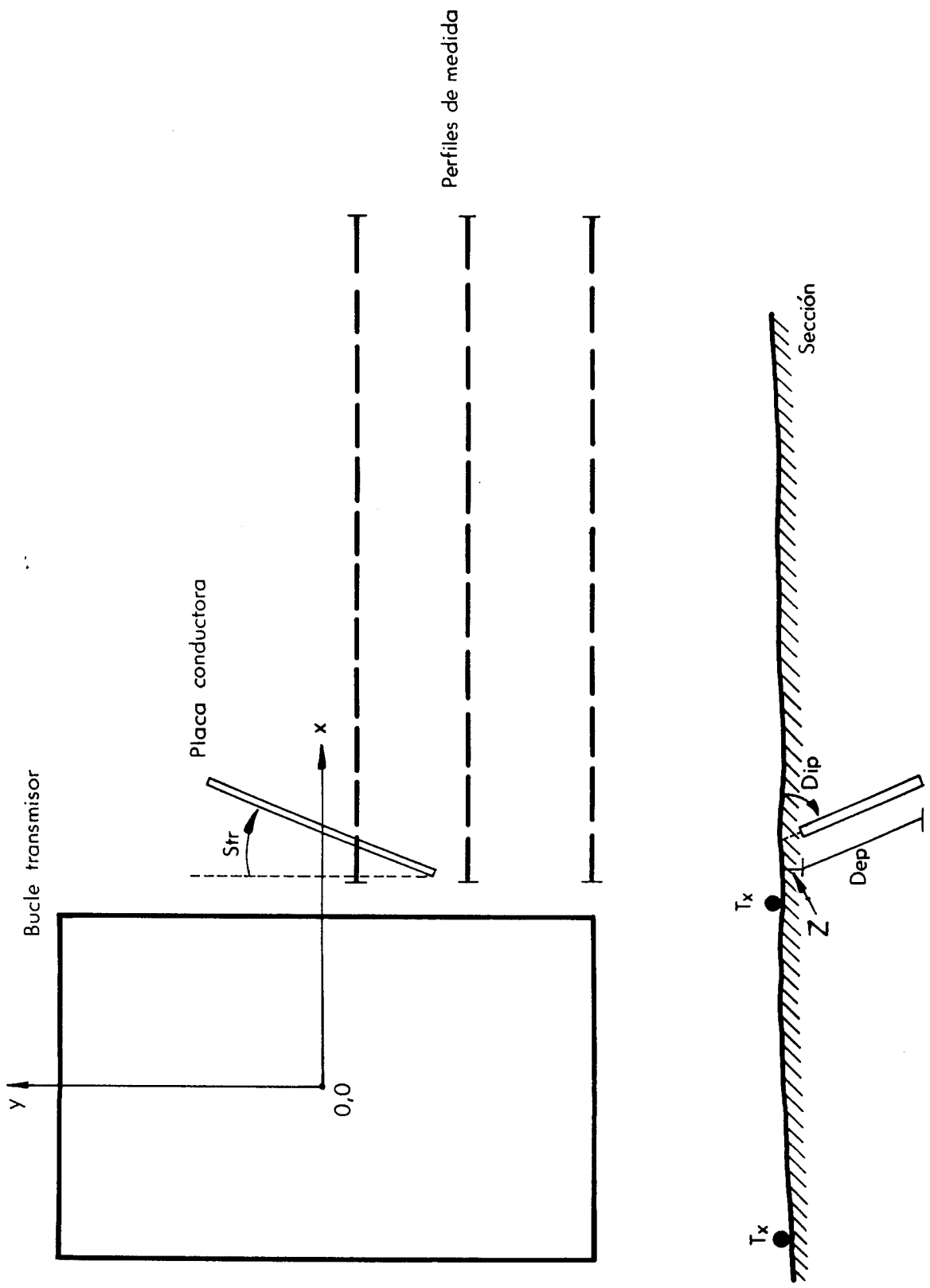


Fig. 10 - Descripción del convenio empleado en la modelización

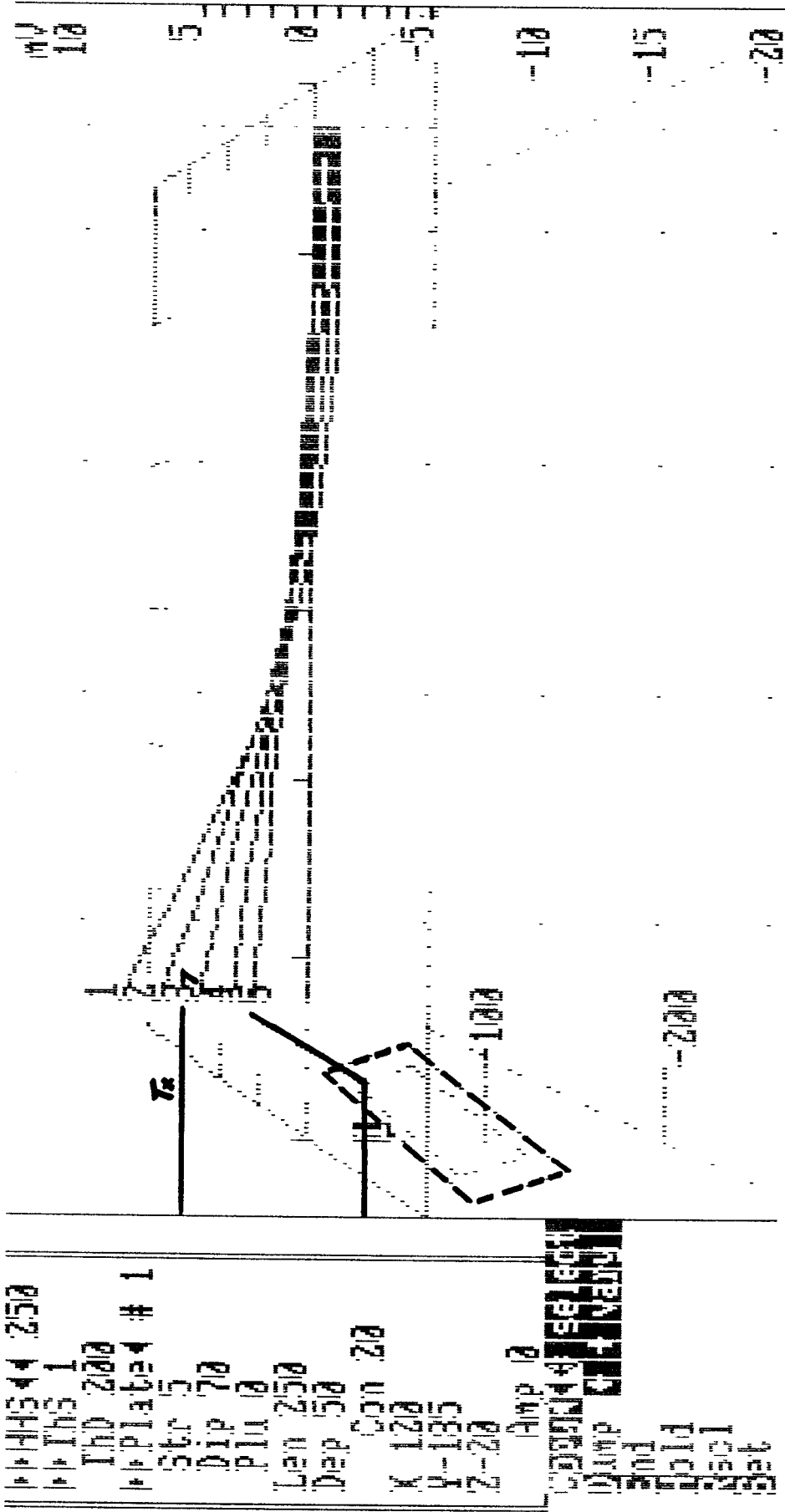


Figura 11.- Semiespacio homogéneo de 250 ohm/m  
 Bucle 1, Perfiles 6 u 8, Canales 1-5

100	200	300	400	500	600	700
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

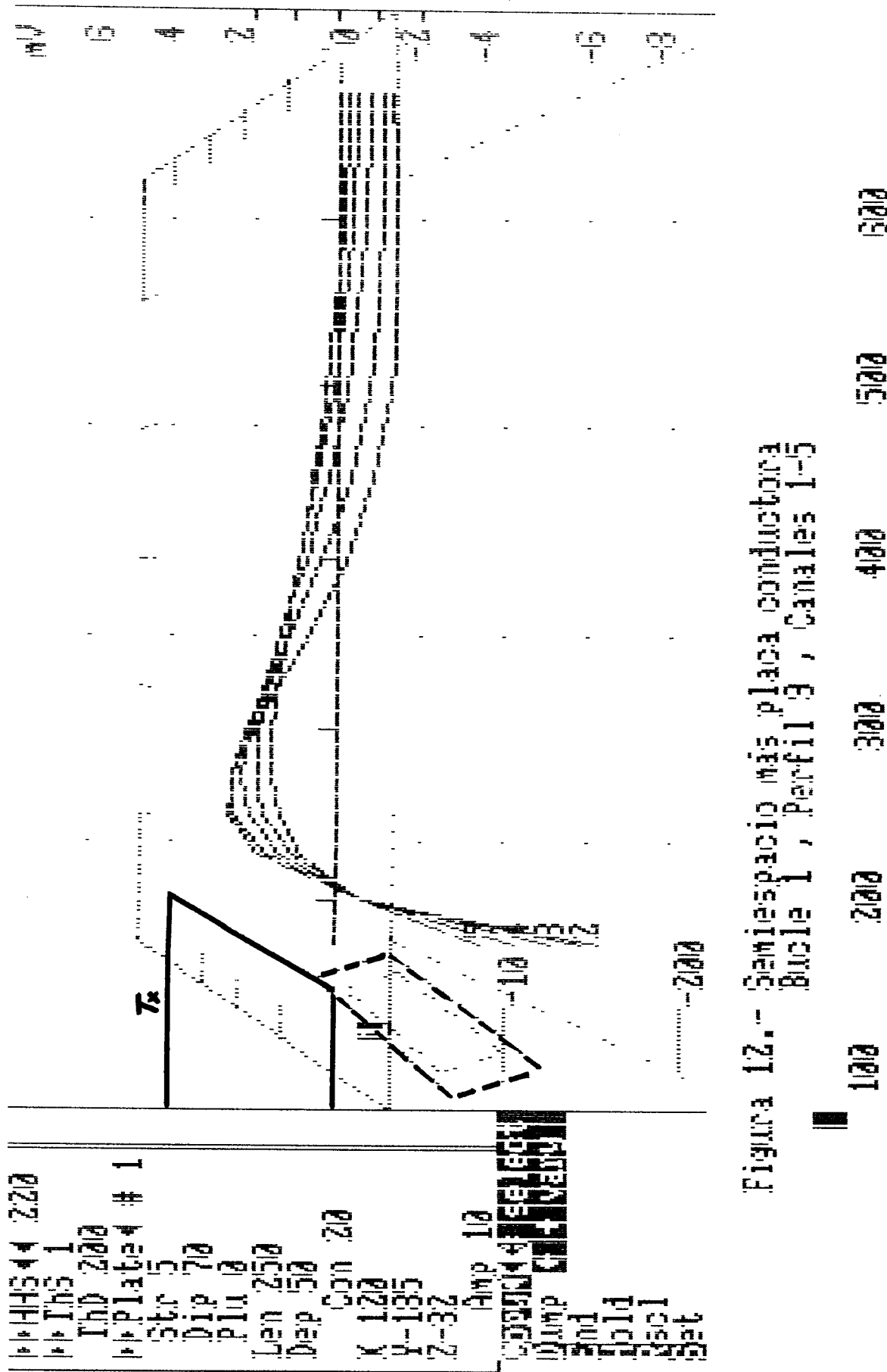


Figura 12.- Semiespacio mas placa conductora  
Bucle 1, Perfil 9, Canales 1-5

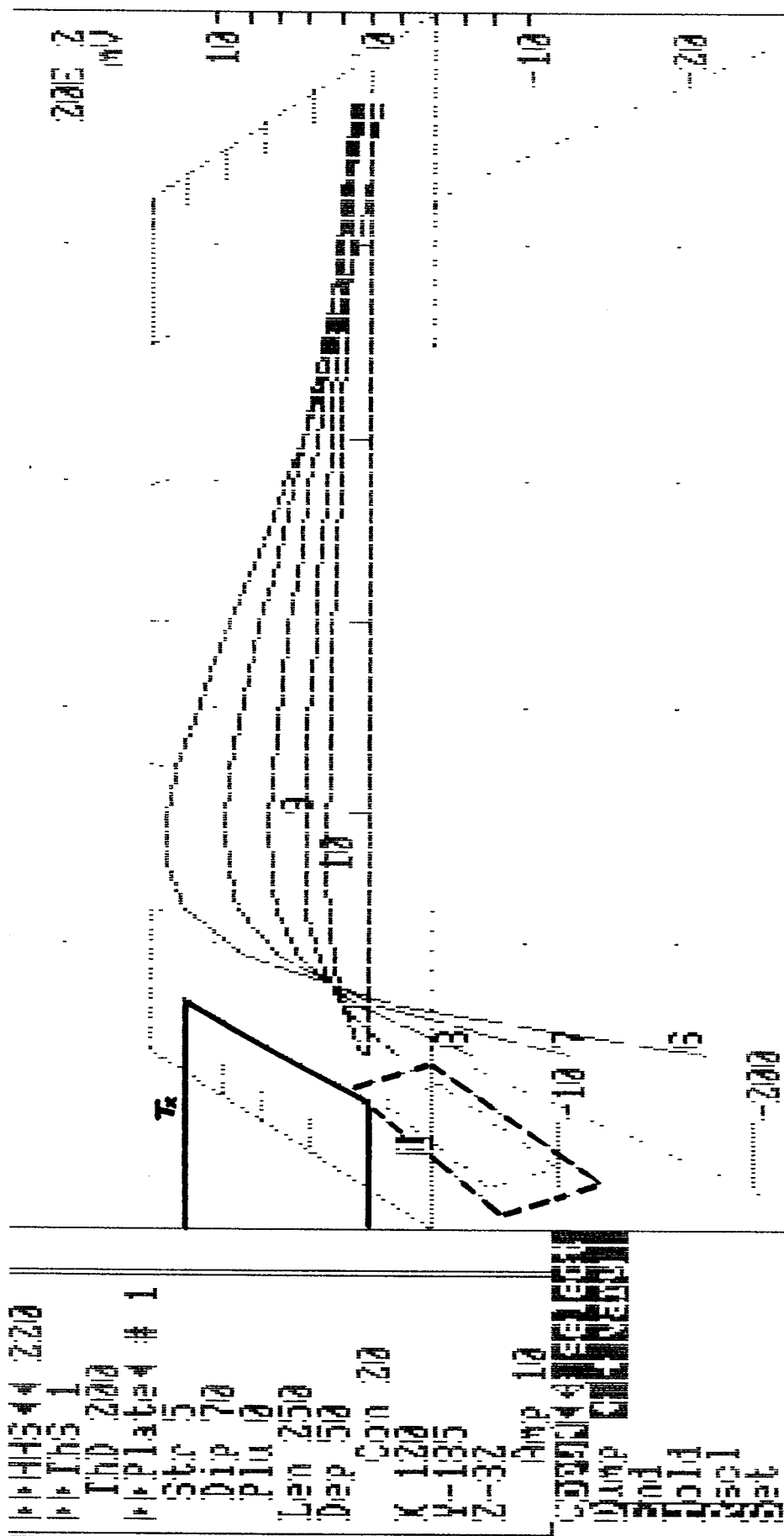


Figura 13. -Semiespacio mas placa conductora  
 Bucle 1, Perfil 9, Canales 6-10

100 200 300 400 500 600

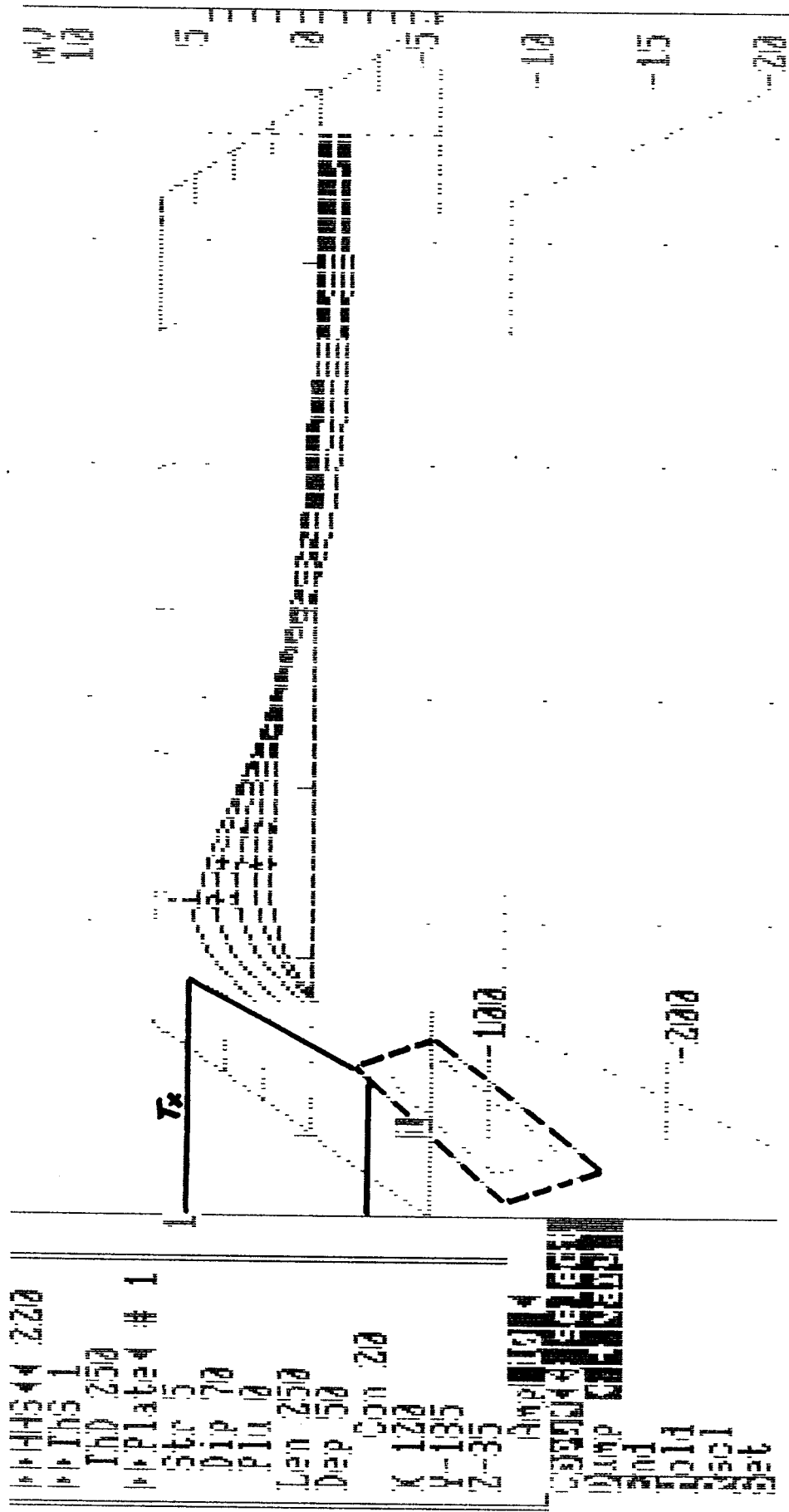


Figura 14. -Semiespacio mas placa conductora  
 Bucle L, Perfil B, Canales 1-5

100 200 300 400 500 600 700

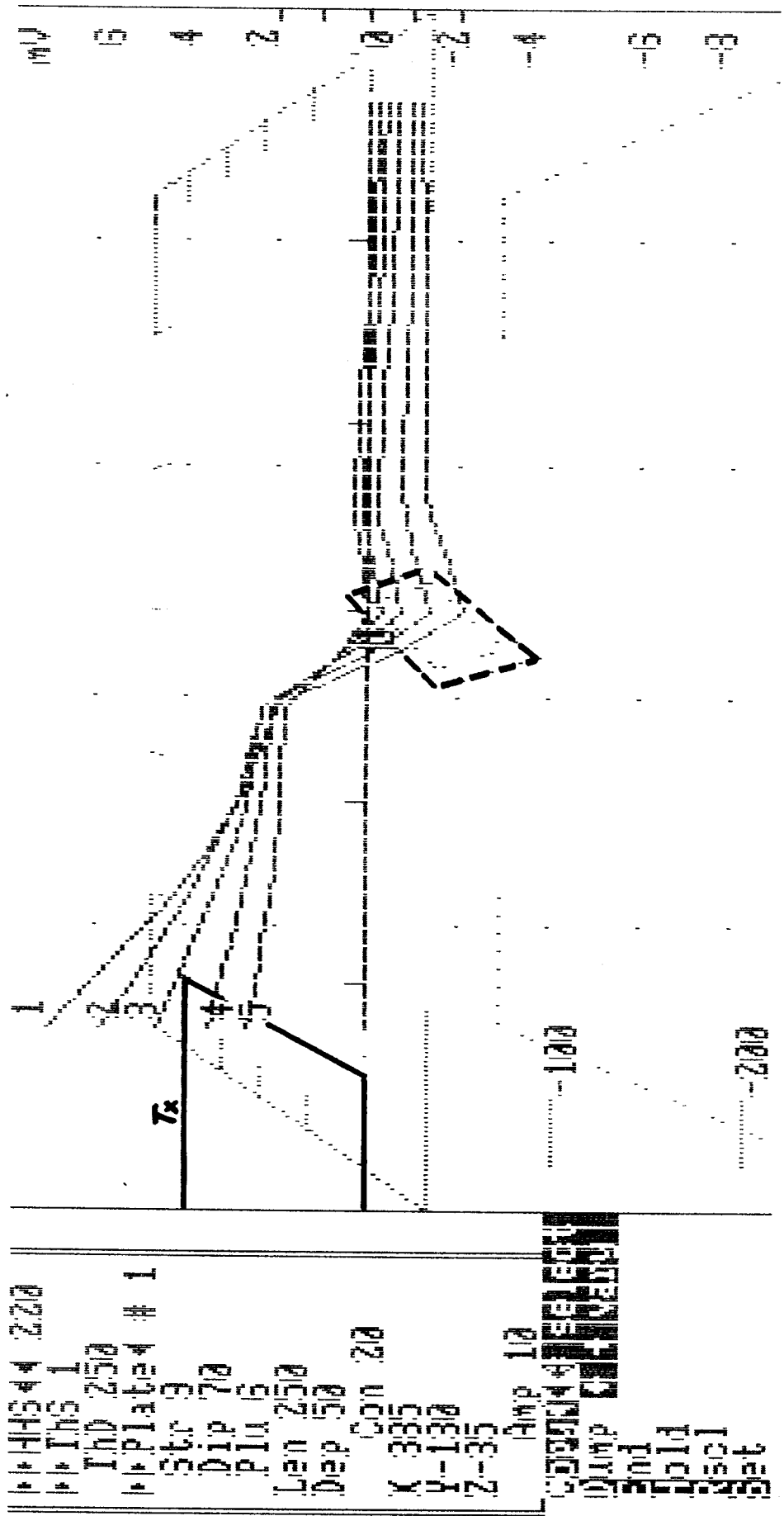


Figura 15.-Semiespacio más placa conductora (B)  
 Bucle 1, Perfil B, Canales 1-5

100 200 300 400 500 600

Los cálculos se han realizado para un bucle de 400 x 300 m, con los mismos valores de I y T/O con que se efectuó la toma de datos modelizando los perfiles equivalentes a los números 8 y 9 de nuestro caso.

Cada uno de los modelos queda descrito por los valores numéricos que aparecen a la izquierda de los gráficos, según el sistema de coordenadas de la Figura 10.

- HHS.- Resistividad del semiespacio rocoso (ohm.m).
- ThS.- Conductancia de la placa a que se asimila el semiespacio (Siemens).
- ThD.- Profundidad a que se localiza la placa que simplifica al semiespacio.
- Str.- Rumbo de la placa correspondiente al supuesto conductor metálico.
- Dip.- Buzamiento de la placa anterior.
- Plu.- Pinchamiento de la placa anterior.
- Len.- Longitud de la placa anterior.
- Dep.- Extensión de la placa en profundidad.
- Con.- Conductancia de la placa conductora.
- X,Y,Z.- Coordenadas del centro de la placa.
- Amp.- Amplificación relativa de la respuesta de la placa.

El primer paso del proceso es la determinación de la respuesta de un semiespacio homogéneo. Se han tanteado diferentes valores de resistividad comprobándose que con valores de resistividad entre 230 y 250 ohm.m se obtienen resultados muy similares a los del Perfil 6 (Figura 11) en su morfología y orden de magnitud de los valores de mV.

A continuación se ha modelizado la presencia de un posible conductor situando éste en correspondencia con el contacto N de las vulcanitas ácidas, es decir entre las estacas 37 al perfil 9 y 39 del perfil 7.

Dado que no se manifiesta ninguna anomalía en los perfiles 6 y 7 hemos situado al supuesto conductor (A) centrado entre los perfiles 9 y 10, es decir parcialmente fuera del bucle.

La respuesta de este modelo en el Perfil 9 se incluye en las Figuras 12 y 13 y los resultados son muy diferentes de los correspondientes datos de campo por lo que tal interpretación

parece muy poco realista.

No obstante y para mayor certeza también se ha calculado la respuesta del anterior modelo a lo largo del perfil 8 y los resultados obtenidos se representan para los primeros canales en la Figura 14. Es evidente la nula similitud de tal respuesta teórica con los datos de campo en este perfil.

En consecuencia hemos de concluir considerando muy improbable la presencia de una mineralización conductora de cierta entidad en asociación con el nivel de vulcanitas ácidas del borde N del Bucle nº 1.

De todos modos también se ha calculado la respuesta para un segundo modelo considerando la presencia de un conductor (B) en el máximo gravimétrico situado entre las estas 47 del perfil 9 y 52 del perfil 6.

Dado que este máximo disminuye su amplitud hacia el NO, se ha situado la placa conductora pinchando en esa dirección.

En la Figura 15 puede apreciarse que los resultados obtenidos no son comparables a los datos del perfil 9.

De acuerdo con esta serie de resultados teóricos solo cabe justificar la respuesta atípica en los perfiles 8 y 9 por la existencia de un cambio litológico o la presencia de un elemento conductor de muy reducidas dimensiones y muy próximo a superficie, en el entorno de la esquina NE del bucle. Al respecto la explicación más probable tal vez se relacione con los afloramientos de «gossan».

#### **BUCLE Nº 2.-**

En todos los perfiles medidos con este bucle la respuesta obtenida no parece corresponder a la de un medio homogéneo tal como puede observarse al comparar la Figura 16 con los datos correspondientes a cualquiera de los perfiles medidos. En este caso se ha considerado una resistividad de 220 ohm.m.

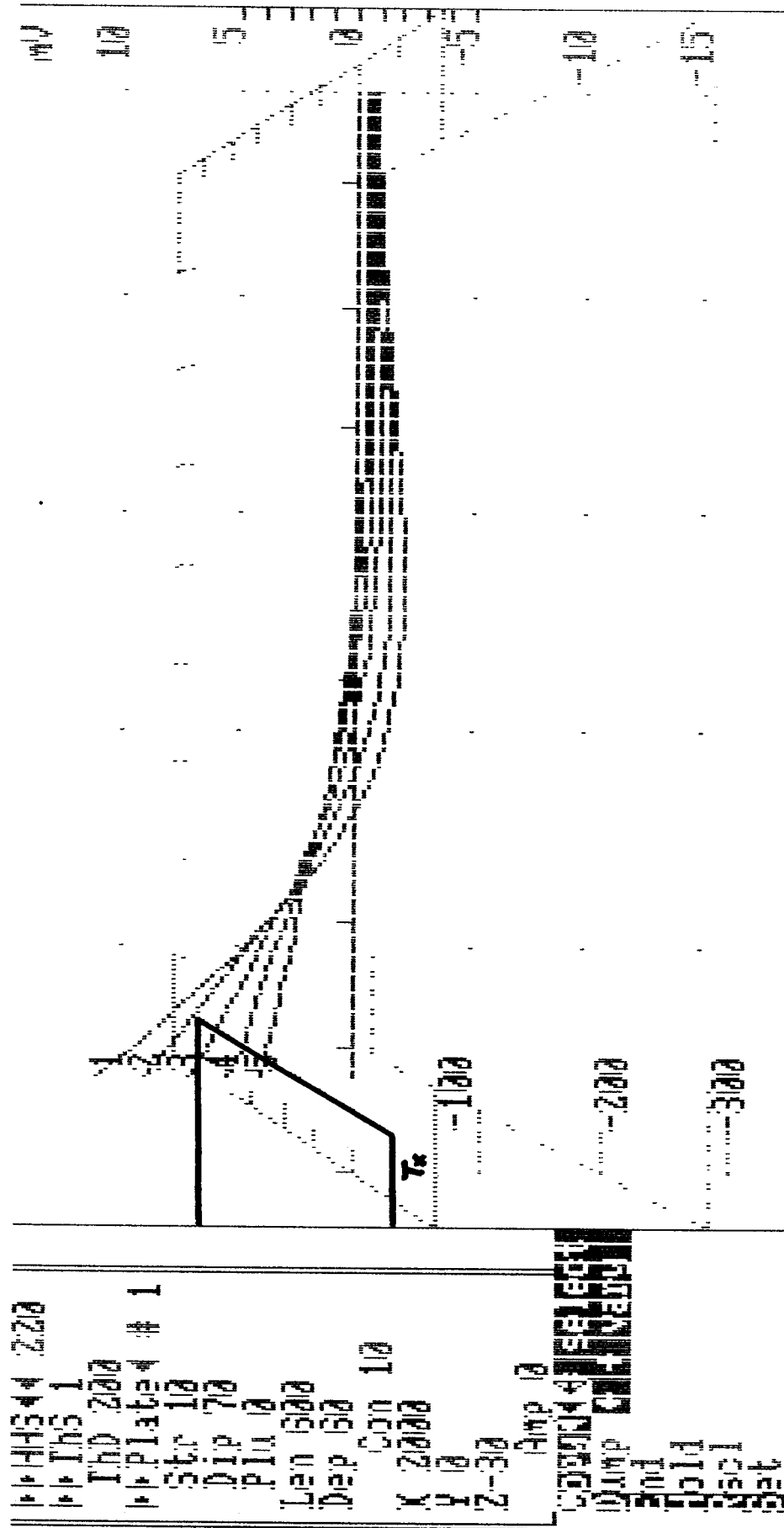


Figura 16.-Semiespacio homogeneo de 220 ohm.m  
 Bucle 2, Perfil 14, Canales 1-5

200      400      600      800

No obstante, si se considera una resistividad sensiblemente inferior, como por ejemplo 80 ohm.m el estilo de la respuesta obtenida se asemeja al de los datos del perfil 14, por ejemplo. El punto de inversión se aproxima notablemente a la posición del bucle y la magnitud de los valores negativos es considerable (Figura 17).

Estos resultados nos llevan a la consideración de que los datos medidos con este bucle reflejen de forma predominante un efecto de tipo litológico, influenciado seguramente por la existencia de contrastes laterales en la resistividad del mismo (quarterspace).

Pese a ello, hemos calculado también la respuesta de un hipotético conductor situado dentro del cuerpo de vulcanitas ácidas aflorante entre las estacas 36 del perfil 9 y 20 del perfil 15, aproximadamente.

Dada la similitud de respuesta en todos los perfiles, se ha considerado que tal conductor tiene una longitud suficiente para que afecte a todos ellos (600 m), y una extensión de 60 m en profundidad, una resistividad de 1 ohm.m y una potencia de 15 m. Simplificado en forma de placa, buza 70° al NE. Para el medio encajante la resistividad adoptada ha sido 80 ohm.m.

Realizados los cálculos para el perfil 14, considerando situada la placa conductora a dos posibles profundidades hemos obtenidos los resultados de la Figuras 18 y 19. Al aménos en términos cualitativos, estos resultados son muy similares a los datos del perfil 14, si bien tal similitud es menor en los canales 6-10 (Figura 20).

Dado que los datos medidos en la mayoría de los perfiles de este bucle son muy similares, con la única excepción del perfil 9, los resultados de la modelización del perfil 14 son representativos para todos ellos.

Finalmente es obligado calcular la respuesta teórica de una supuesta mineralización conductora asociada al máximo gravimétrico existente en el entorno de las estacas 32 de los perfiles 14 y 15. Así se ha hecho obteniéndose los resultados de la Figura 21, para una placa de 250 m de longitud, 60 de profundidad, rumbo paralelo al lado mayor del bucle, centrada en la estaca





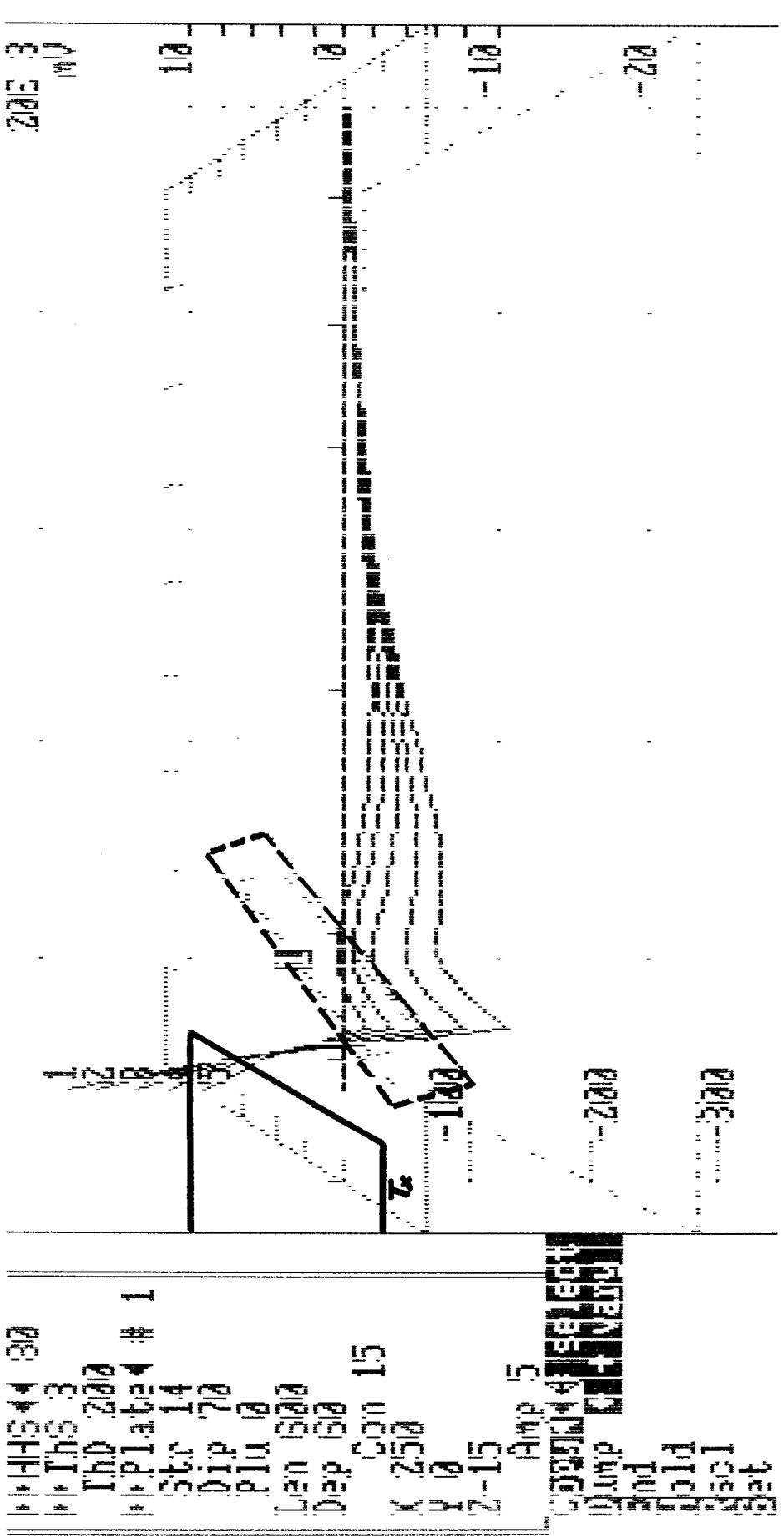


Figura 19.- Modelo de la Figura 18 , situando la placa conductora a menor profundidad

002 400 005 006

```

HHS 44 80
Ths 3
Thd 200
Plata # 1
Stc 14
Dip 70
Plu 0
Len 600
Dep 60
Cn 15
X 250
Y 0
Z -25
Amp 5

```

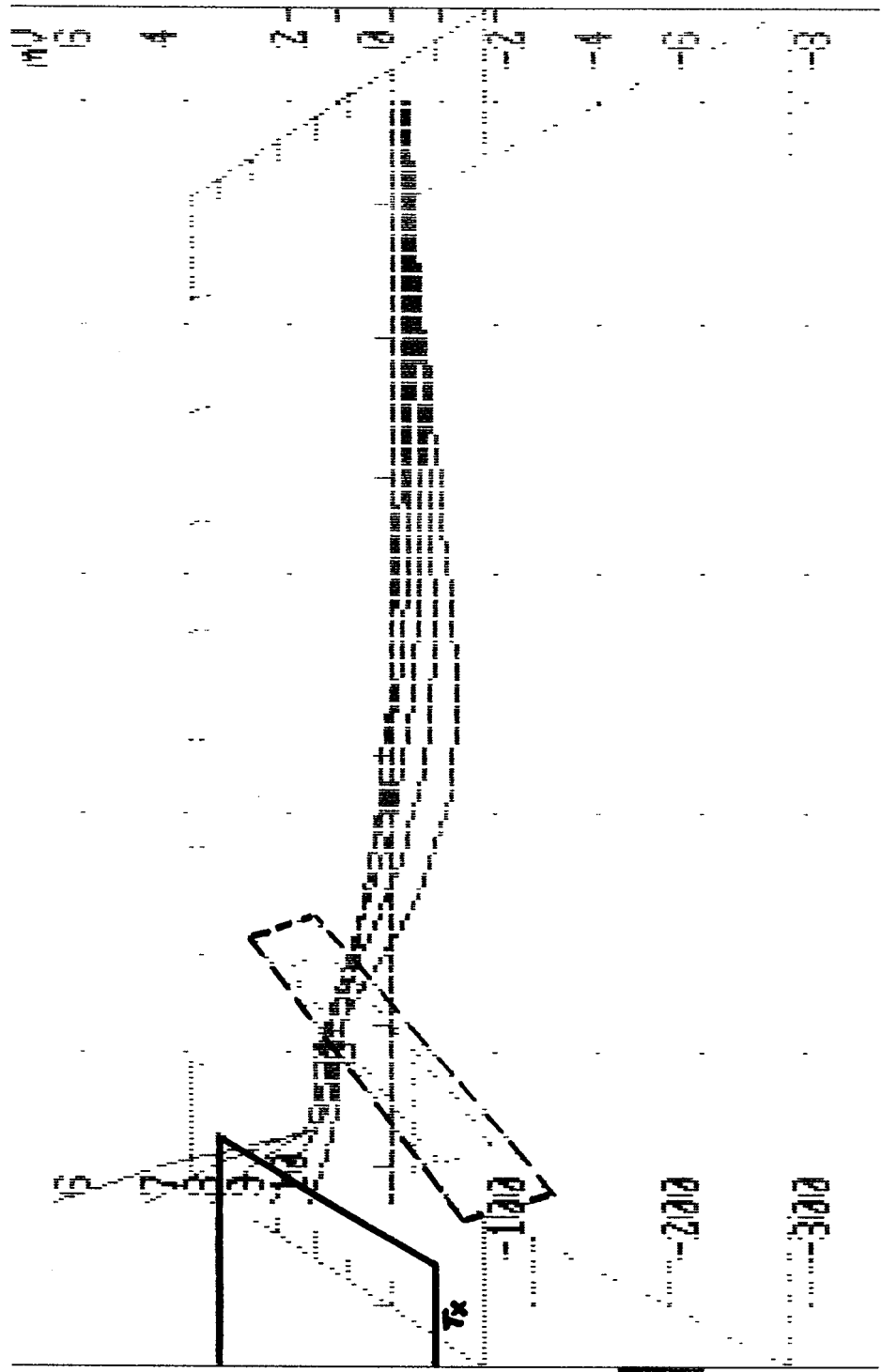


Figura 20. -Semiespacio más placa conductora  
Bucle 2, Perfil 14, Canales 5-10

0000 4000 6000 8000



30 del perfil 14 y buzando 70° al NE. Su resistividad se ha considerado de 1 ohm.m y su espesor 15 m. Los resultados de la Figura 21 son menos próximos a los datos del perfil 14 que los obtenidos en los modelos de las Figuras 18 y 19 para la otra placa; aunque cualitativamente sean comparables.

### BUCLE Nº 3.-

El carácter dominante en la mayoría de los perfiles es la respuesta de un semiespacio homogéneo en el que no se aprecia la influencia de ningún elemento conductor.

Existen no obstante algunas anomalías puntuales que consideramos de tipo litológico y que constituyen los únicos aspectos a reseñar. Una de ellas se identifica en el extremo Sur del Perfil 16 y parece correlacionarse con la anomalía detectada en los perfiles 14 y 15 del Bucle 2. Por la posición en que se manifiesta en el perfil 16 puede fácilmente asociarse al nivel de vulcanitas ácidas situado al Sur de las estacas 23-24. En este perfil existen algunas lecturas con cierto nivel de ruido como es el caso de la estación nº 46.

De origen litológico parece ser la respuesta del Perfil 20 ya que no es comparable con la producida por un conductor metálico. Existe migración lateral del punto de inversión del signo de las lecturas y no se ha obtenido una respuesta similar en el perfil inmediatamente próximo.

### BUCLE Nº 4.-

Al comparar el conjunto de los perfiles medidos con este bucle es notorio un estilo muy parecido en todos ellos aunque con una migración progresiva del punto de inversión de los canales. Esta migración es mínima en el perfil 4 y máxima en el perfil 8. Su interpretación más inmediata es asociarla a un cambio lateral de resistividad en el subsuelo (quarterspace).

En todo caso parece predominar en la respuesta obtenida el efecto del semiespacio rocoso sin manifestación de ningún elemento conductor que pueda asociarse a la presencia de una mineralización de carácter metálico.

## **CONCLUSIONES .**

## 5. CONCLUSIONES. -

La aplicación del método EM de Dominio de Tiempos se ha llevado a cabo en el área de «Las Herrerías» sin ninguna incidencia digna de mención. Como dato más destacable de los trabajos de campo cabe citar el muy bajo nivel de ruido en la zona, de modo que las lecturas realizadas son de muy buena calidad.

Cabe interpretar la respuesta obtenida en la mayoría de los perfiles como de origen litológico, debida a variaciones en la distribución lateral de resistividad de los materiales del subsuelo. No obstante existen algunas anomalías que pueden explicarse parcialmente como originadas por conductores metálicos localizados dentro del macizo rocoso.

En todo caso ninguna de tales anomalías parece tener considerable amplitud o extensión lateral. Pese a ello se ha realizado la interpretación de cada una de ellas en la forma más detalladas posible. El programa MOTEM utilizado para el cálculo directo de la respuesta de modelos teóricos opera simplificando la geometría del cuerpo conductor a la de una placa rectangular con dimensiones y posición a establecer por el interpretador.

Para nuestro caso y en cada perfil analizado se ha simulado la respuesta empleando unas condiciones operativas idénticas a las de la toma de datos. La posición de los posibles conductores se ha establecido teniendo en cuenta la información disponible, tanto geológica como geofísica.

De acuerdo con el primer criterio se han considerado como zonas más probables para la existencia de posibles minerali-

zaciones de sulfuros masivos los niveles de vulcanitas ácidas y las zonas de «gossan».

En segundo término se han modelizado cada anomalía gravimétrica, es decir se ha considerado la presencia de un conductor en relación directa con los máximos gravimétricos de cada caso.

Remarcamos una vez más que el carácter dominante en las lecturas obtenidas es el de un semiespacio con posibles cambios laterales de resistividad. Sin embargo algunos modelos teóricos que incluyen la presencia de una placa conductora resultan comparables a los resultados de algunos de los perfiles de trabajo.

Por ello no cabe descartar el reconocimiento mediante sondeos de alguna de estas anomalías. De acuerdo con la interpretación de las que consideramos más representativas, la posición de los hipotéticos conductores que podrían originarlas es la que se indica en el Plano nº 2.

Detallamos a continuación los parámetros característicos de cada uno de los conductores modelizados, sin que ello presuponga ninguna recomendación específica para el reconocimiento mediante sondeos.

#### BUCLE Nº 1.-

Placa A:

Dimensiones 250x50x20 m.  
Profundidad de la cabecera 35 m.  
Resistividad 1 ohm.m  
Buzamiento 70°NE.

Placa B.

Dimensiones 250x50x20 m.  
Profundidad de la cabecera 35 m.  
Resistividad 1 ohm.m  
Buzamiento 70°NE.

BUCLE Nº 2.-

Placa A.

Dimensiones 600x60x15 m.  
Profundidad de la cabecera 25 m.  
Resistividad 1 ohm.m  
Buzamiento 70°NE.

Placa B.

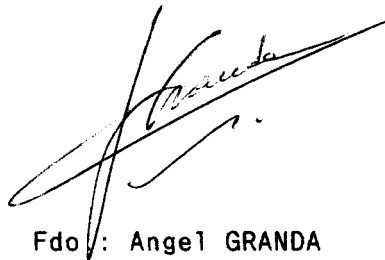
Dimensiones 250x60x15 m.  
Profundidad de la cabecera 25 m.  
Resistividad 1 ohm.m  
Buzamiento 70°N.

Tal como se ha comentado en el capítulo de RESULTADOS las probabilidades de ocurrencia de algunos de los anteriores conductores son reducidas, desde el punto de vista exclusivamente geofísico.

En nuestra opinión, únicamente parece razonable el reconocimiento de las anomalías correspondientes a las Placa A de los Bucles 1 y 2. Obviamente habrán de tenerse en cuenta otros criterios de tipo geológico para establecer la conveniencia y localización más adecuada de los posibles sondeos mecánicos.

En todo caso dejamos constancia una vez más de la debilidad de las anomalías detectadas y de su posible justificación en términos puramente litológicos.

Madrid, Noviembre - 1.991.



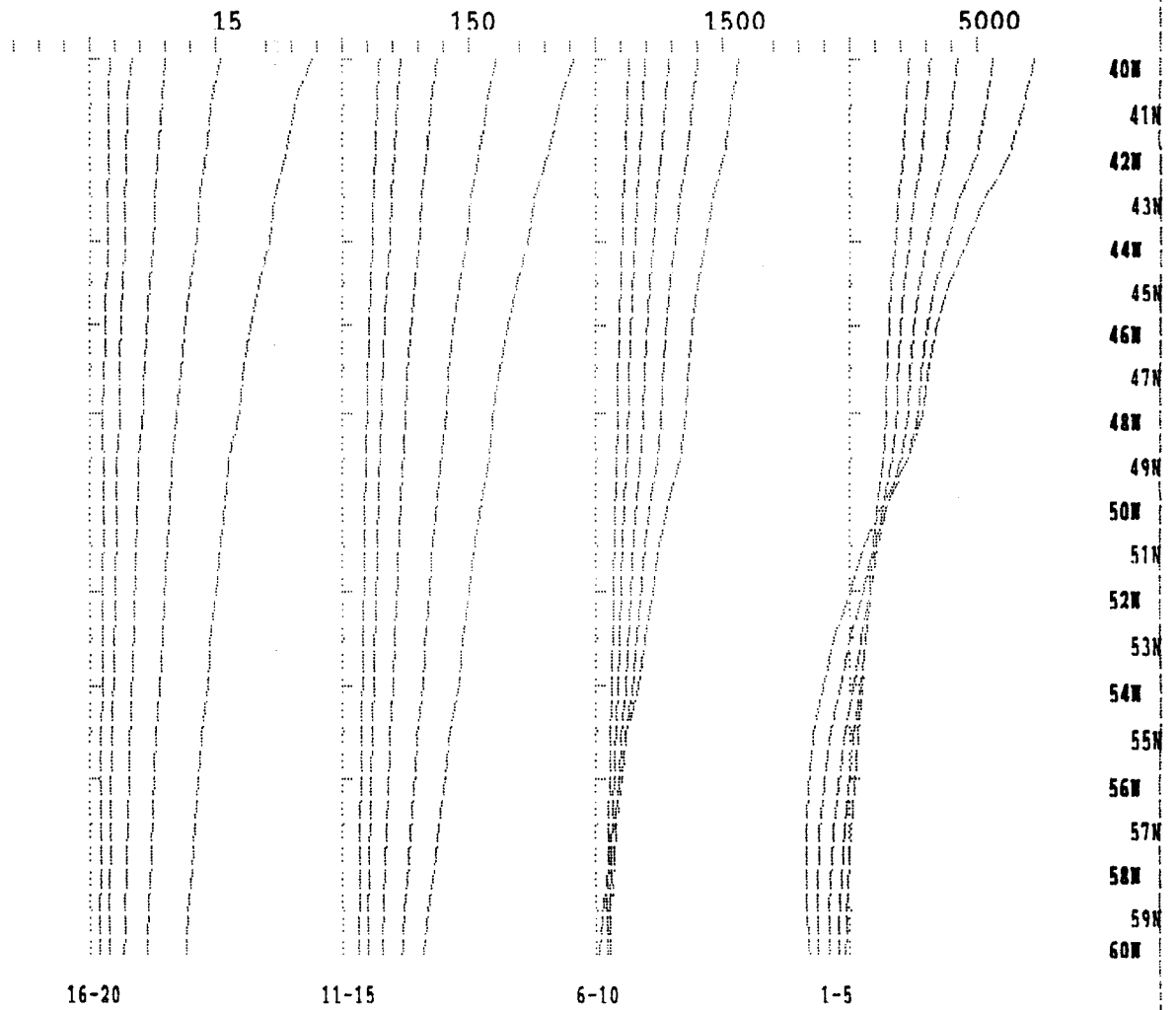
Fdo.: Angel GRANDA  
Ingeniero de Minas.

ANEXO 1.-

PERFILES EM.

PERFILES MEDIDOS CON EL BUCLE 1.

1xDBZ/185us mV: N.TXC 7.14



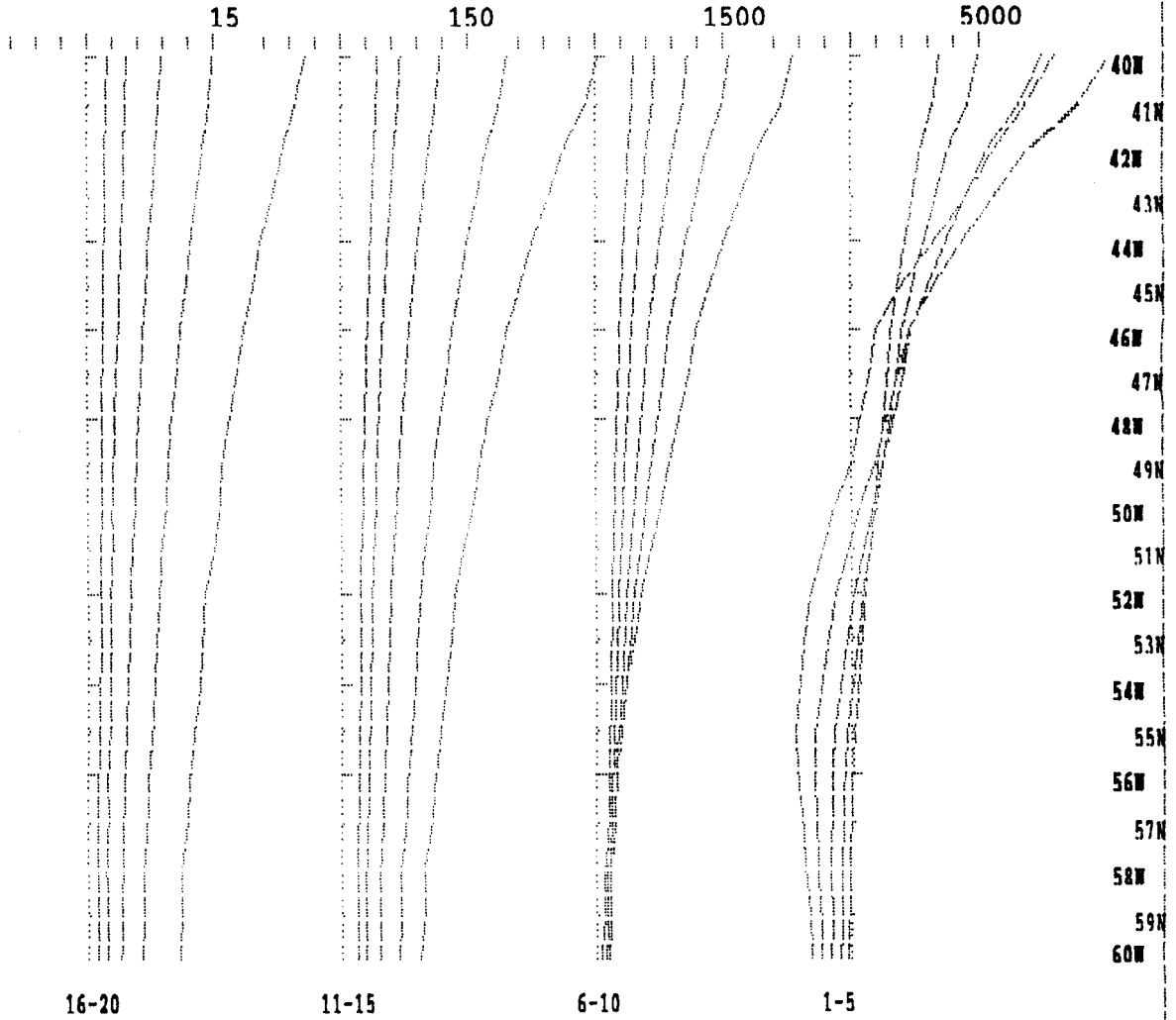
Line 6

% component

Geonics EM37

File BUCLR1

1xDBZ/185us mV; N.TXC 7.14



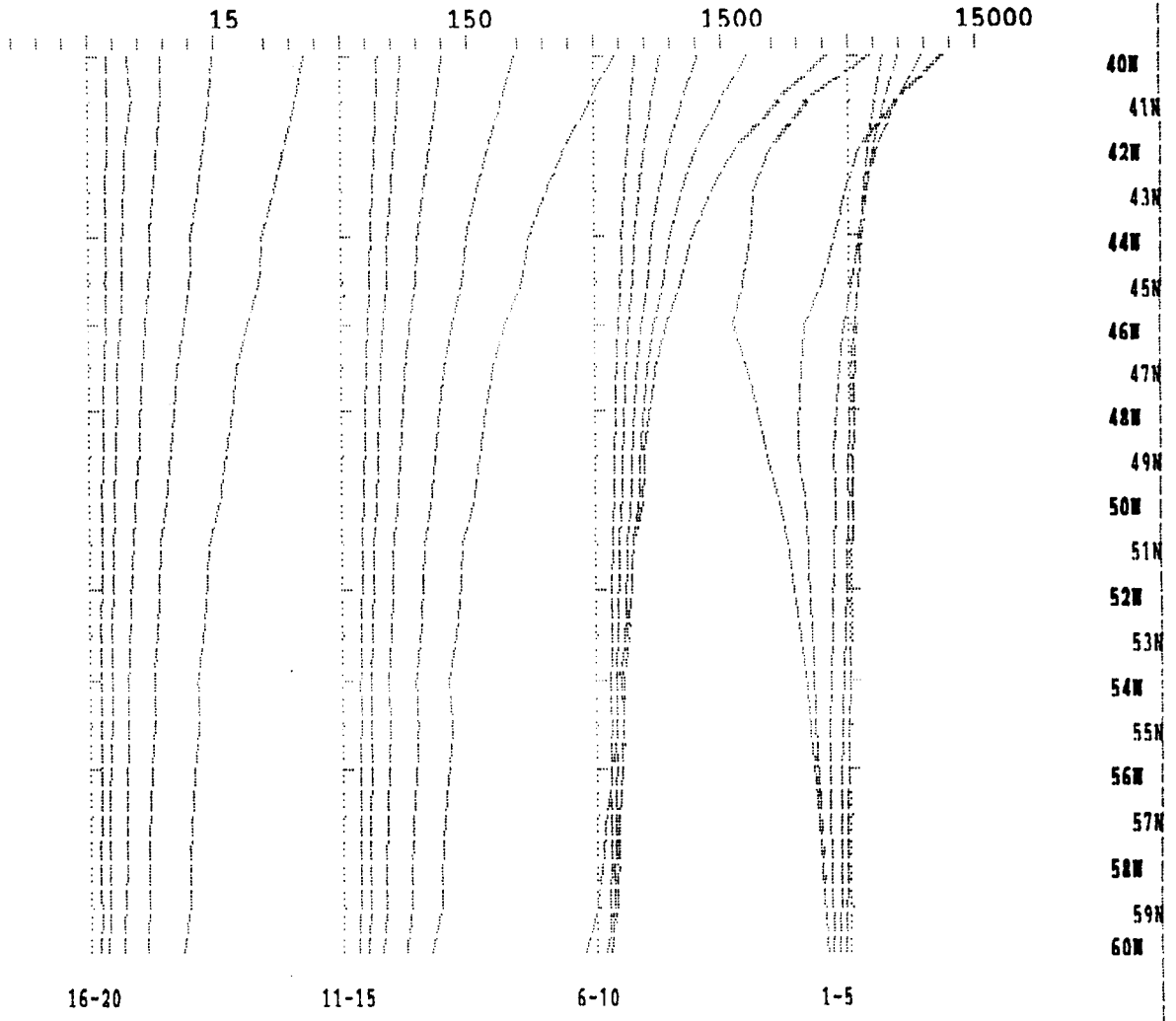
Line 7

% component

Geonics RM37

File BUCLR1

1xDBZ/185us mV; N, TXC 7.14



16-20

11-15

6-10

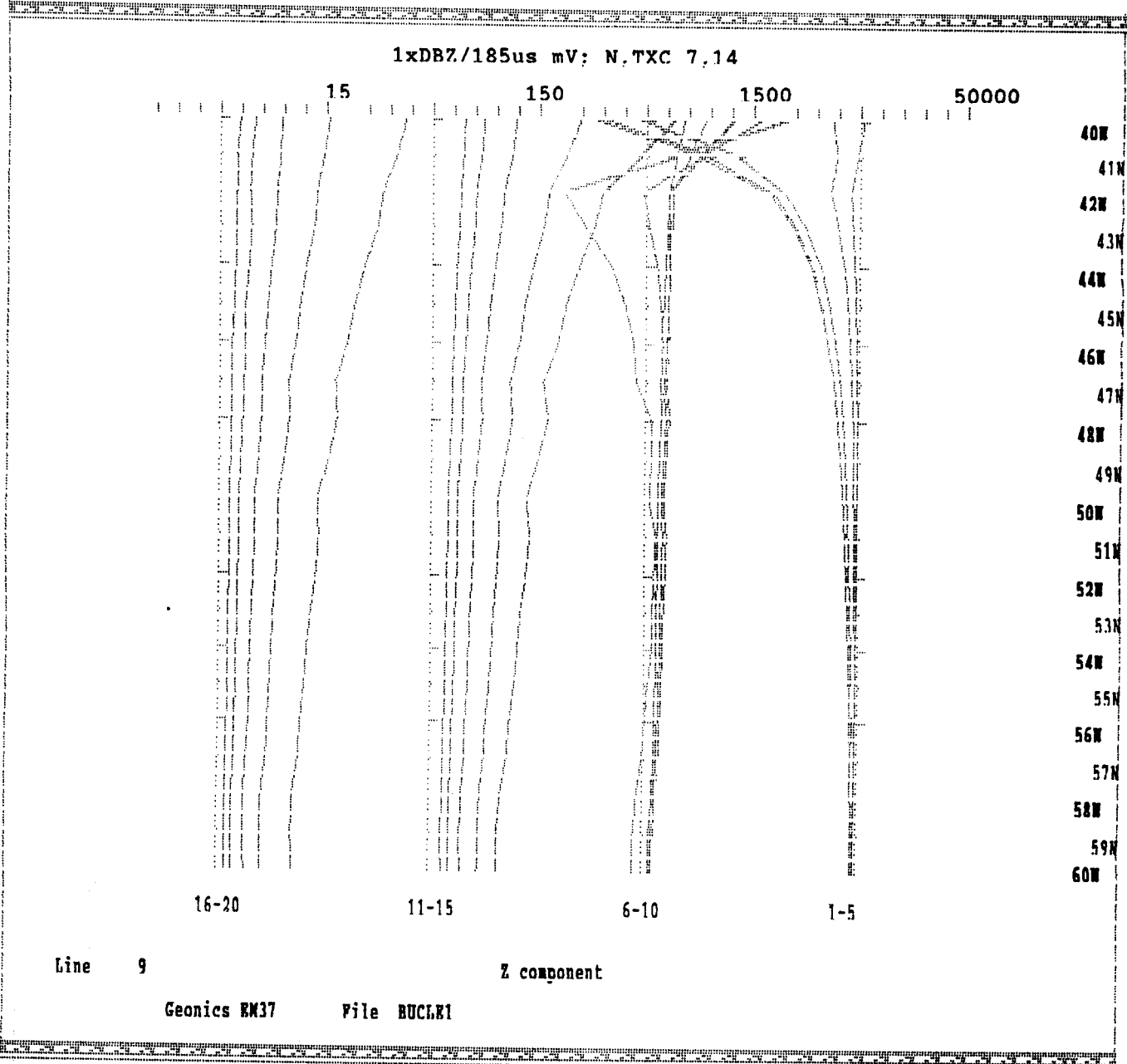
1-5

Line 8

Z component

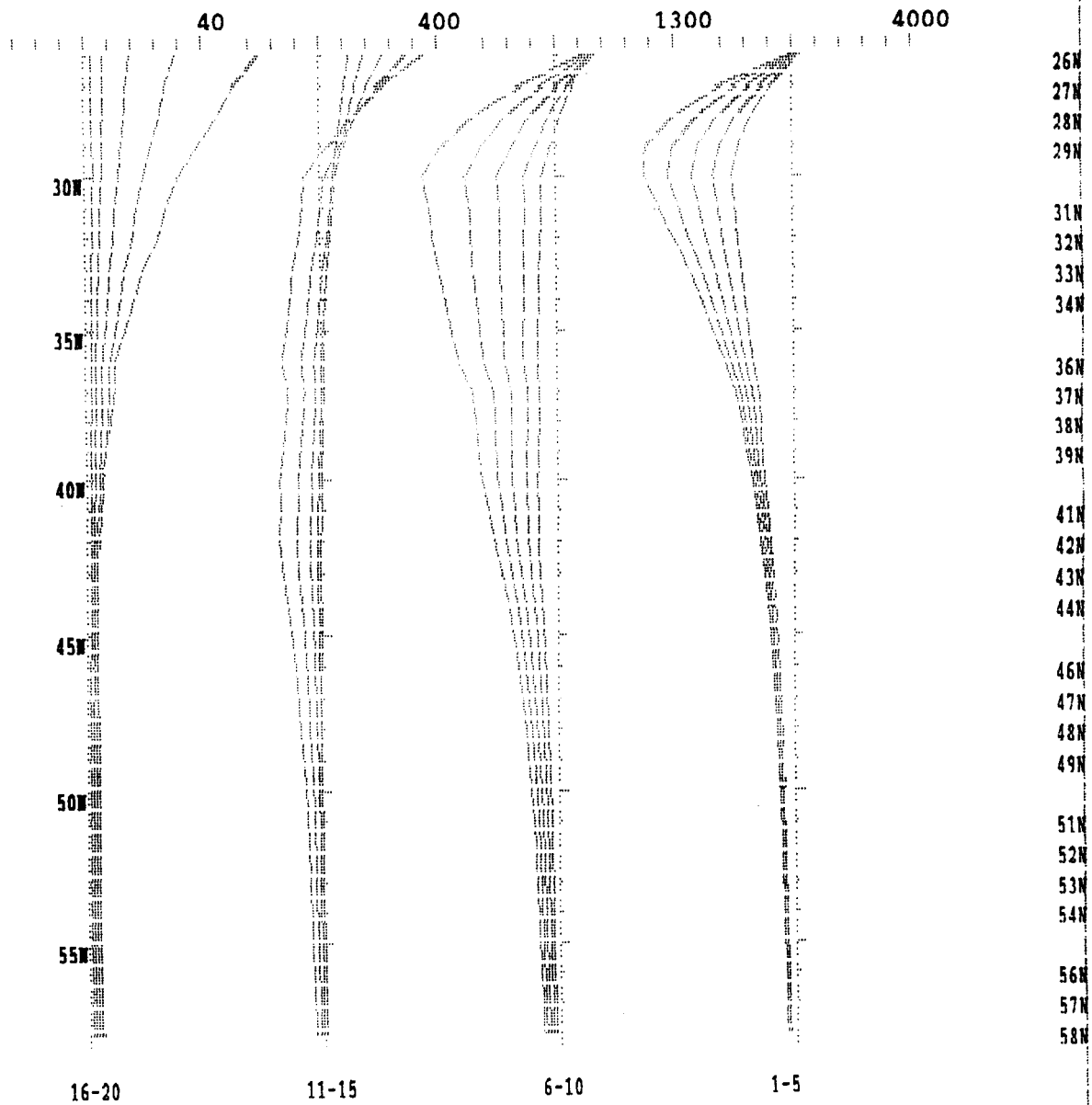
Geonics EM37

File NUCLR1



PERFILES MEDIDOS CON EL GUCLE 2

1xDBZ/175us mV: N.TXC 7.14



26N  
27N  
28N  
29N  
31N  
32N  
33N  
34N  
36N  
37N  
38N  
39N  
41N  
42N  
43N  
44N  
46N  
47N  
48N  
49N  
51N  
52N  
53N  
54N  
56N  
57N  
58N

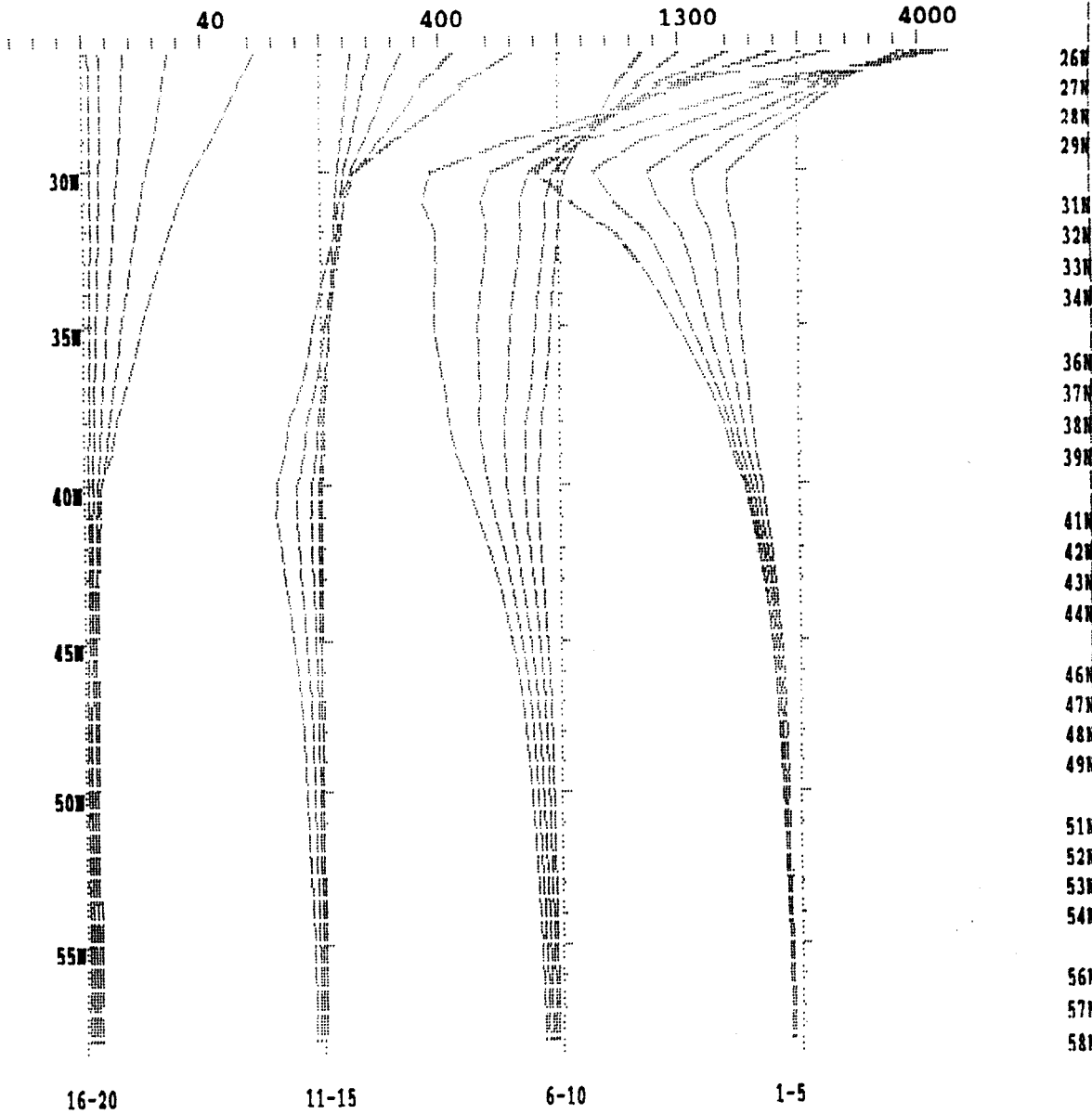
Line 9

Z component

Geonics EM37

File BUCLE2A

1xDBZ/185us mV; N.TXC 7.14



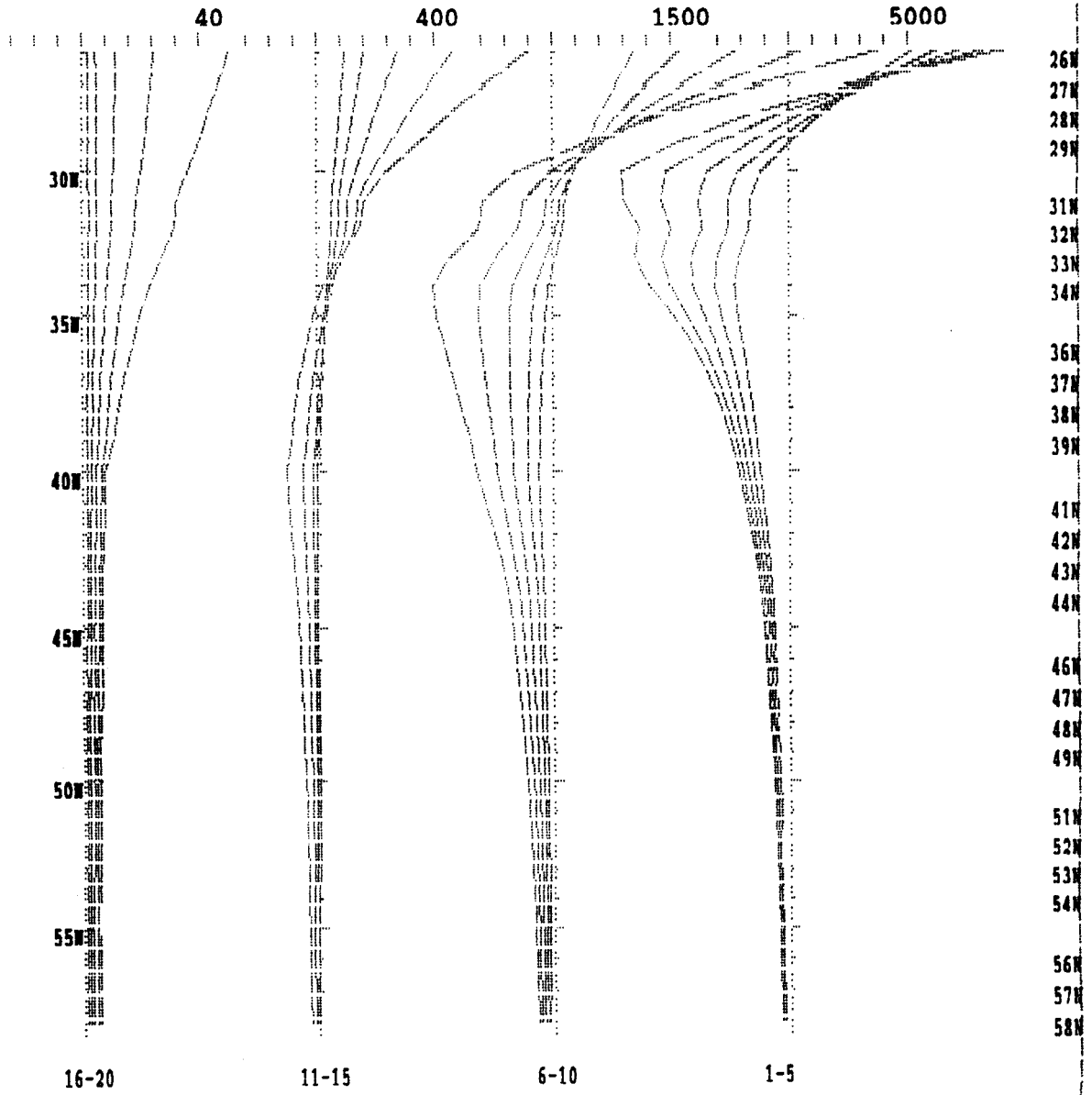
Line 10

Z component

Geonics KN37

File BUCLR2A

1xDBZ/185us mV; N.TXC 7.14



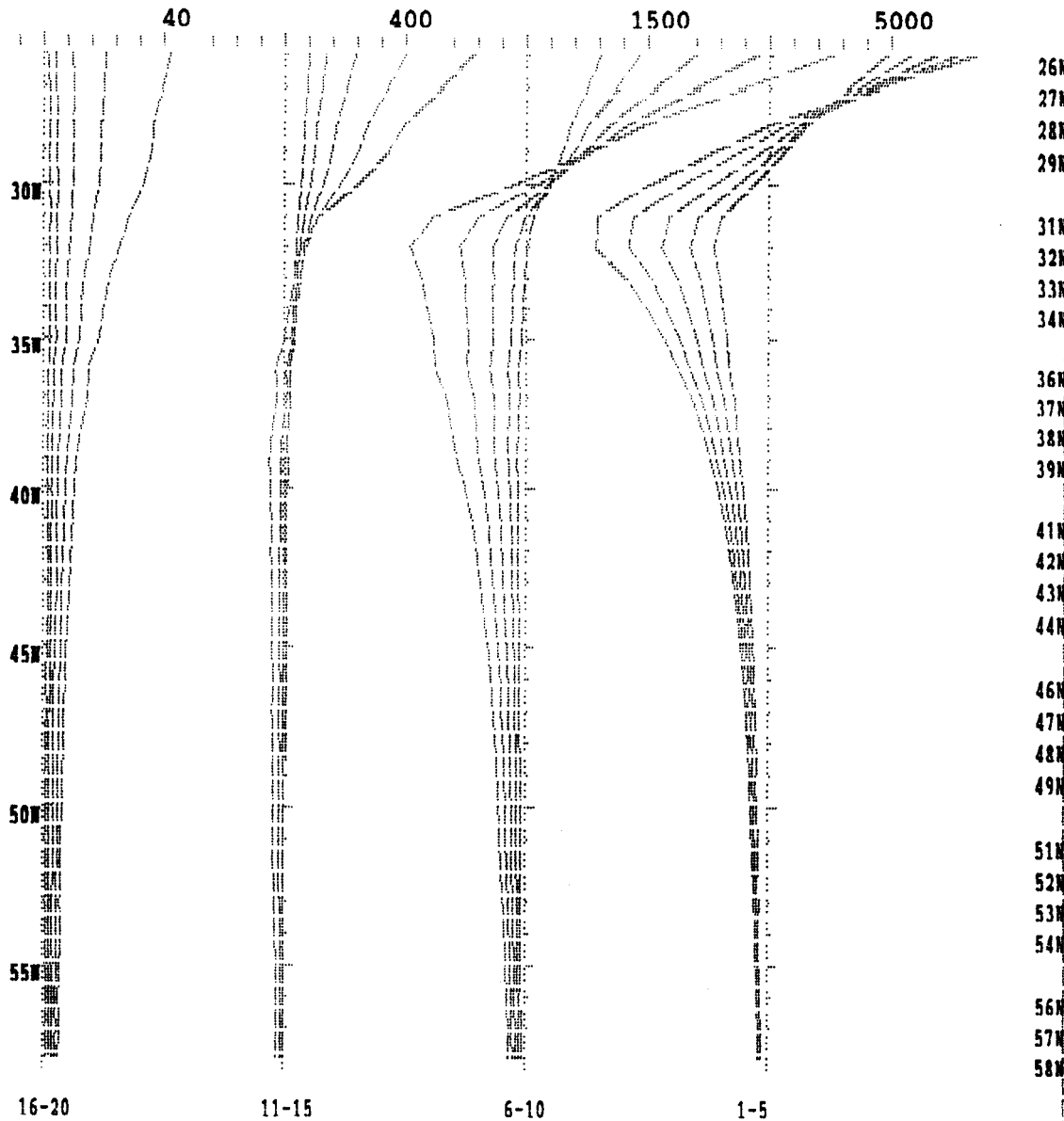
Line 11

Z component

Geonics EM37

File BUCLR2A

1xDBZ/185us mV: N.TXC 7.14



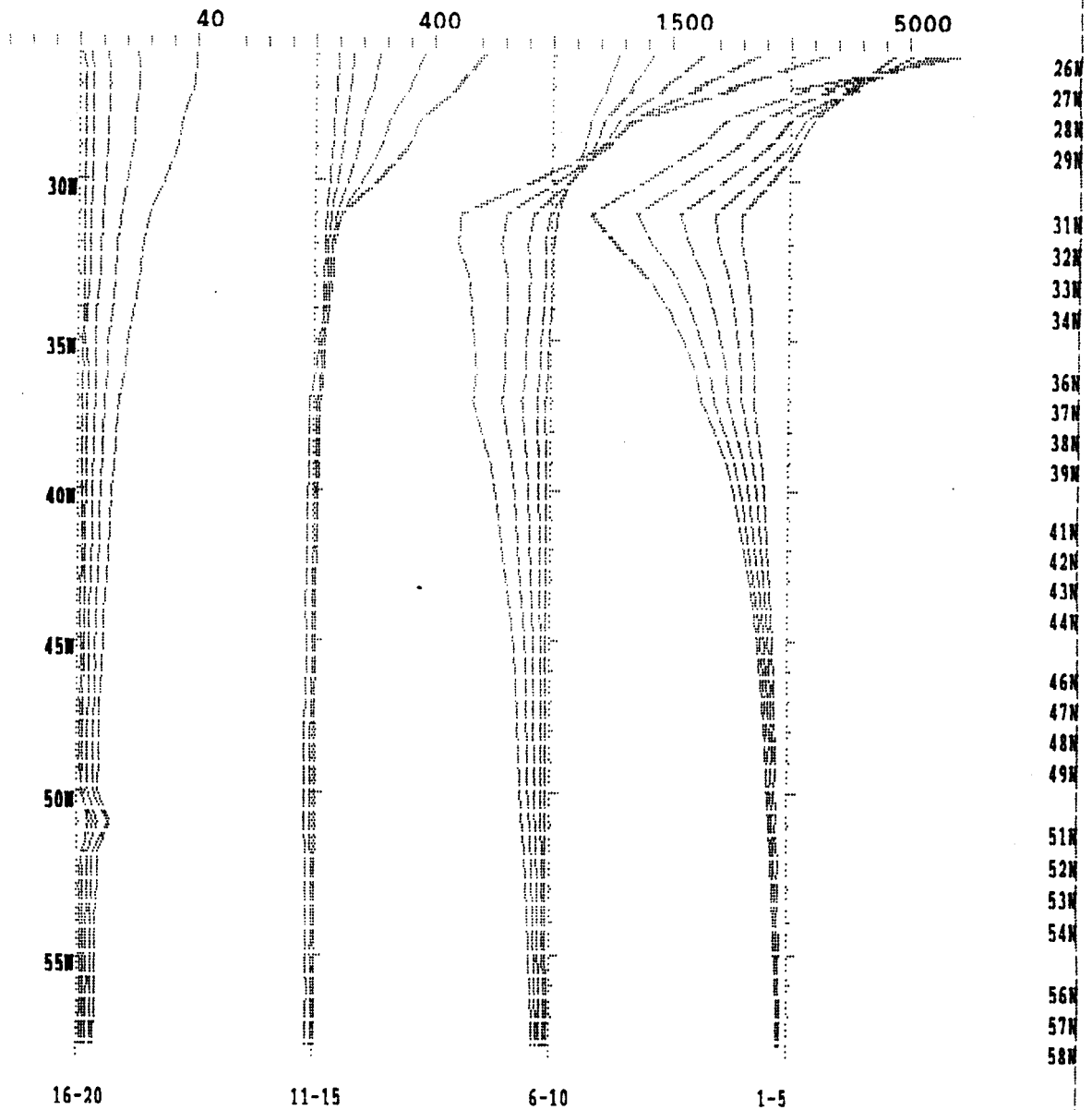
Line 12

Z component

Geonics RM37

File BUCK2B

1xDBZ/185us mV: N.TXC 7.14



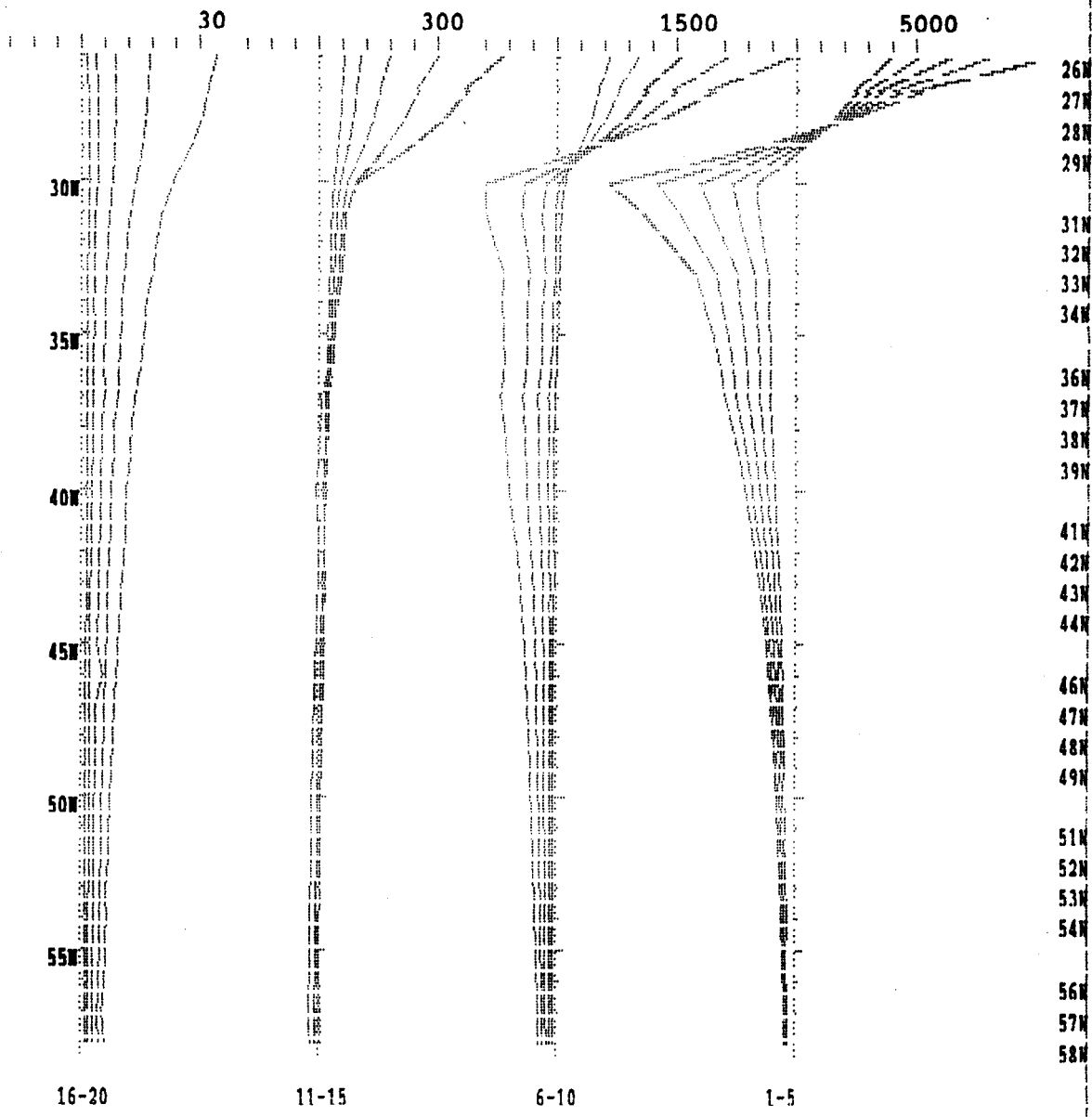
Line 13

Z component

Geonics RW37

File BUCLR2B

1xDBZ/185us mV; N.TXC 7.14



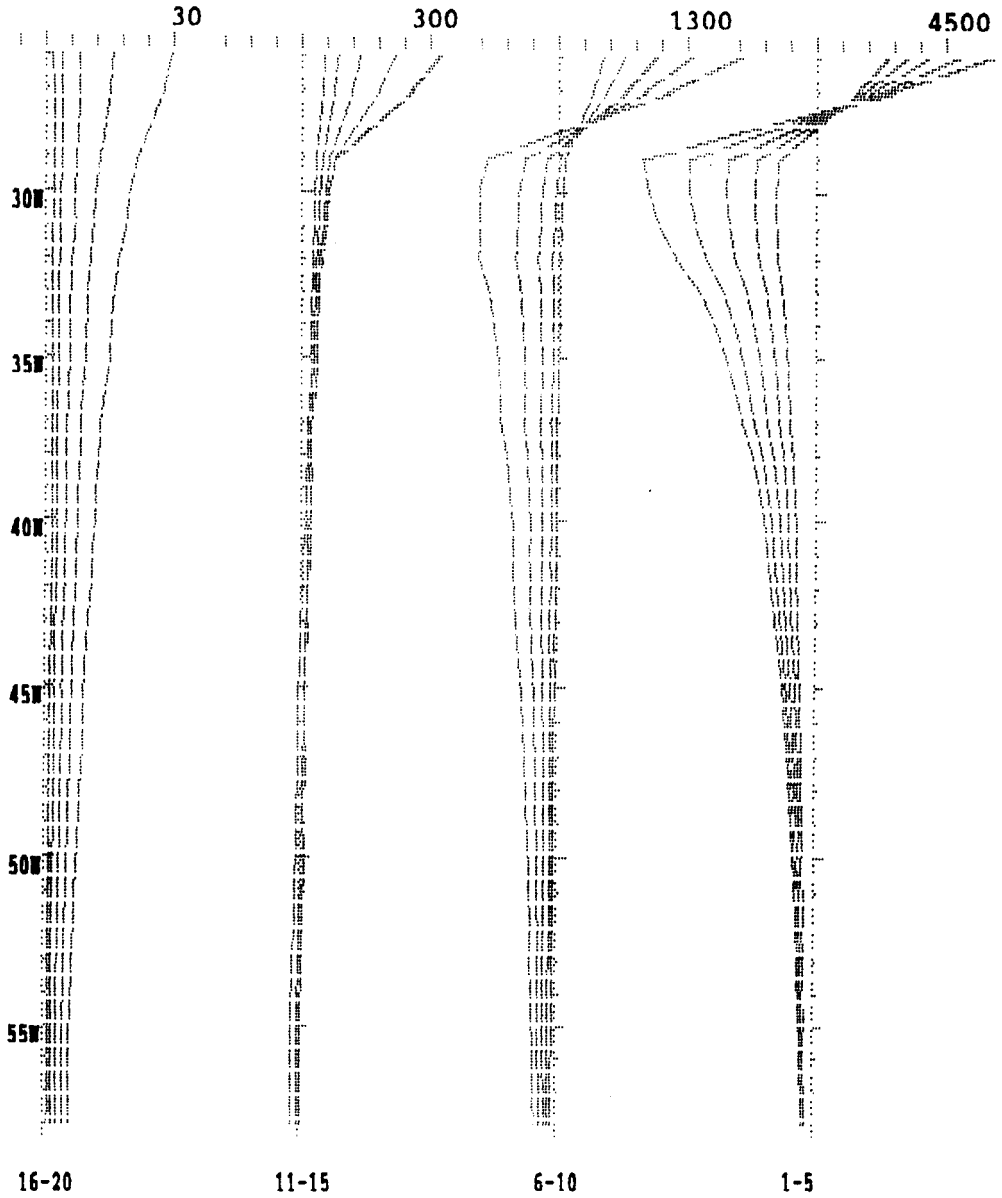
Line 14

Z component

Geonics EM37

File BUCLH2B

1xDBZ/185us mV; N.TXC 7.14



26N  
27N  
28N  
29N  
31N  
32N  
33N  
34N  
36N  
37N  
38N  
39N  
41N  
42N  
43N  
44N  
46N  
47N  
48N  
49N  
51N  
52N  
53N  
54N  
56N  
57N  
58N

Line 15

Z component

Geonics RW37

File BUCLK2B

PERFILES MEDIDOS CON EL BUCLE 3.

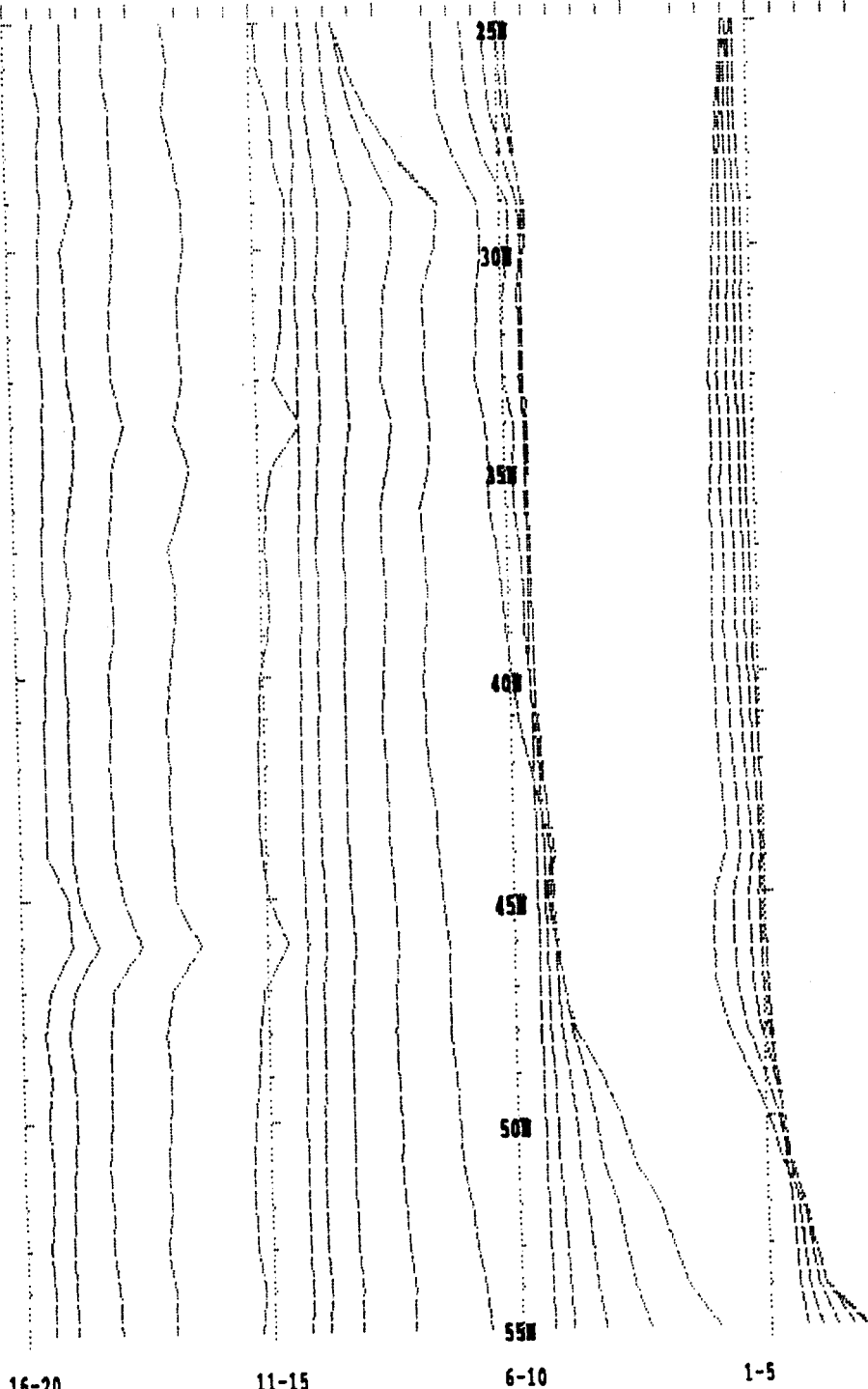
1xDBZ/185us mV; N,TXC 7,14

2.5

25

250

2000



16-20

11-15

6-10

1-5

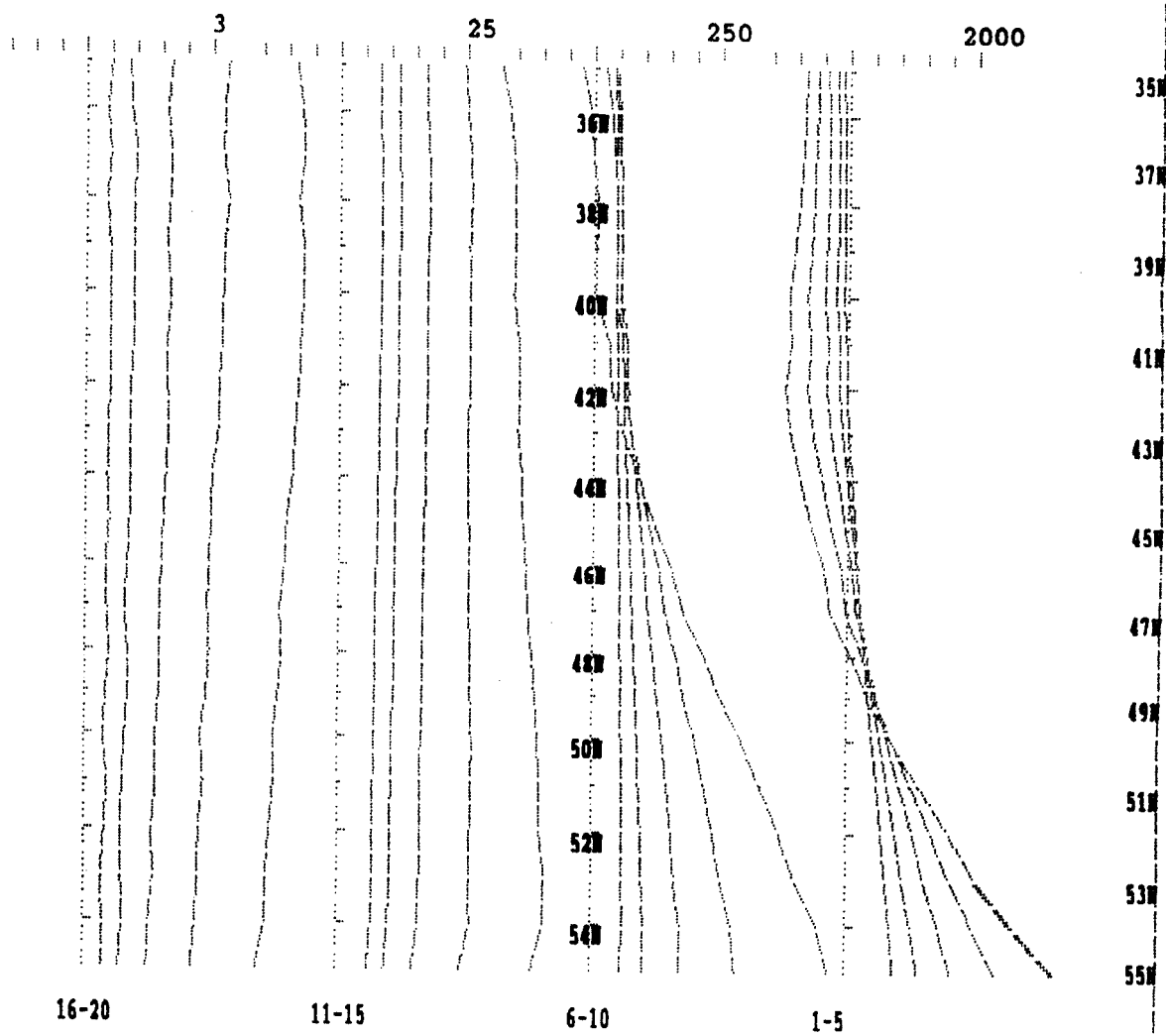
Line 16

Z component

Geonics EM37

File NUCLR3B

1xDBZ/185us mV; N, TXC 7, 14



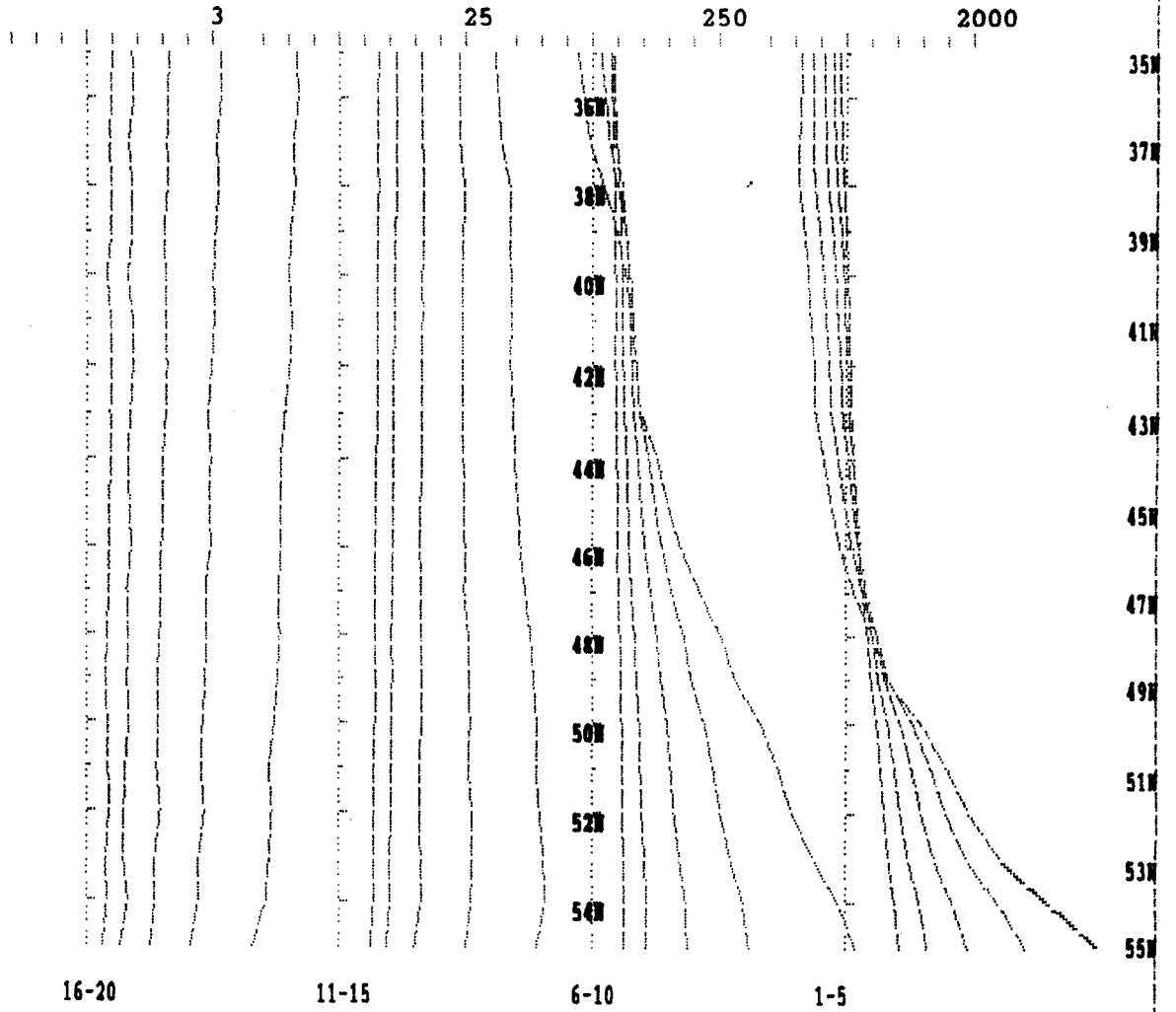
Line 17

Z component

Geonics EM37

File BUCLR3A

1xDBZ/185us mV; N, TXC 7,14



Line 18

Z component

Geonics EM37

File NUCLR3A

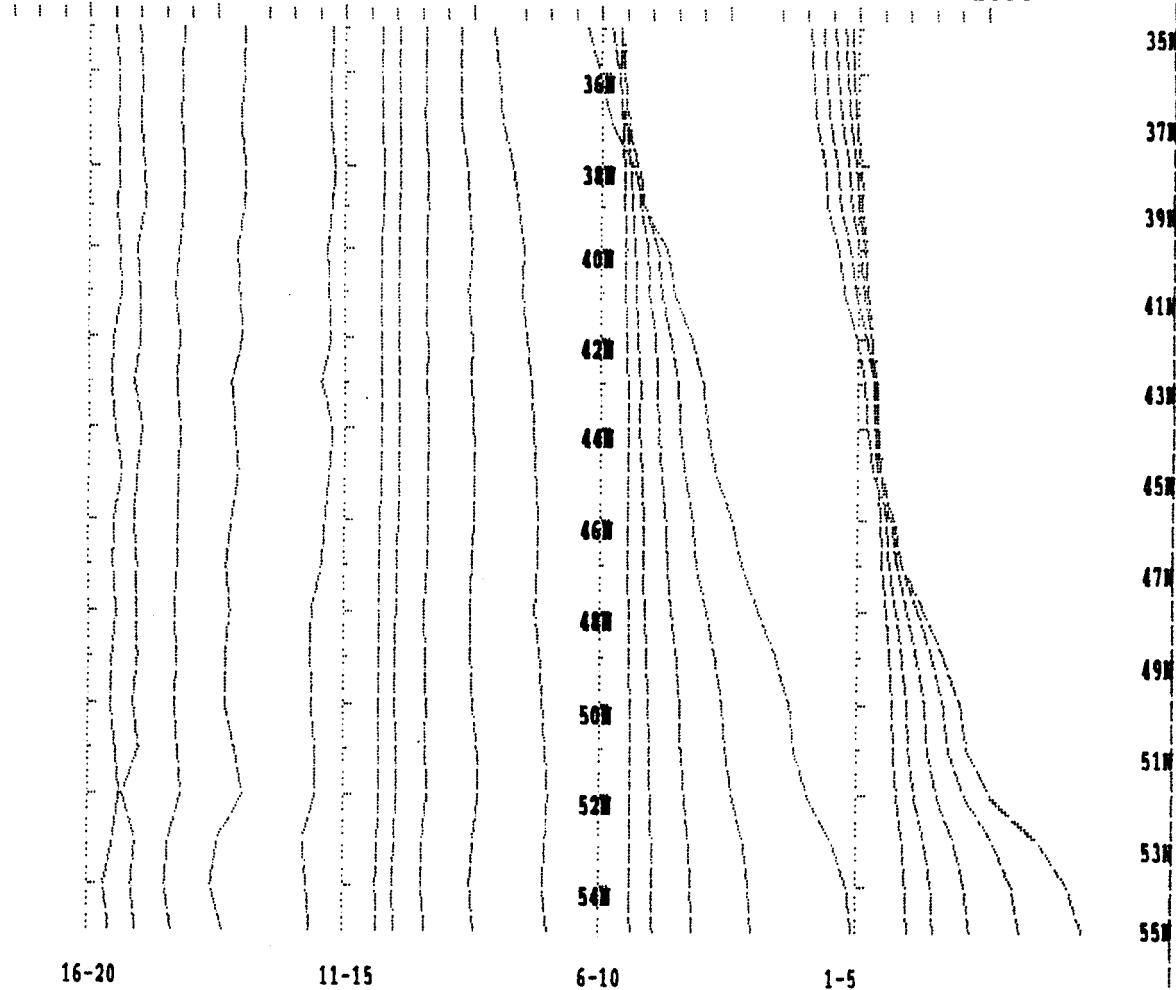
1xDBZ/185us mV; N, TXC 7,14

2.5

25

250

2000



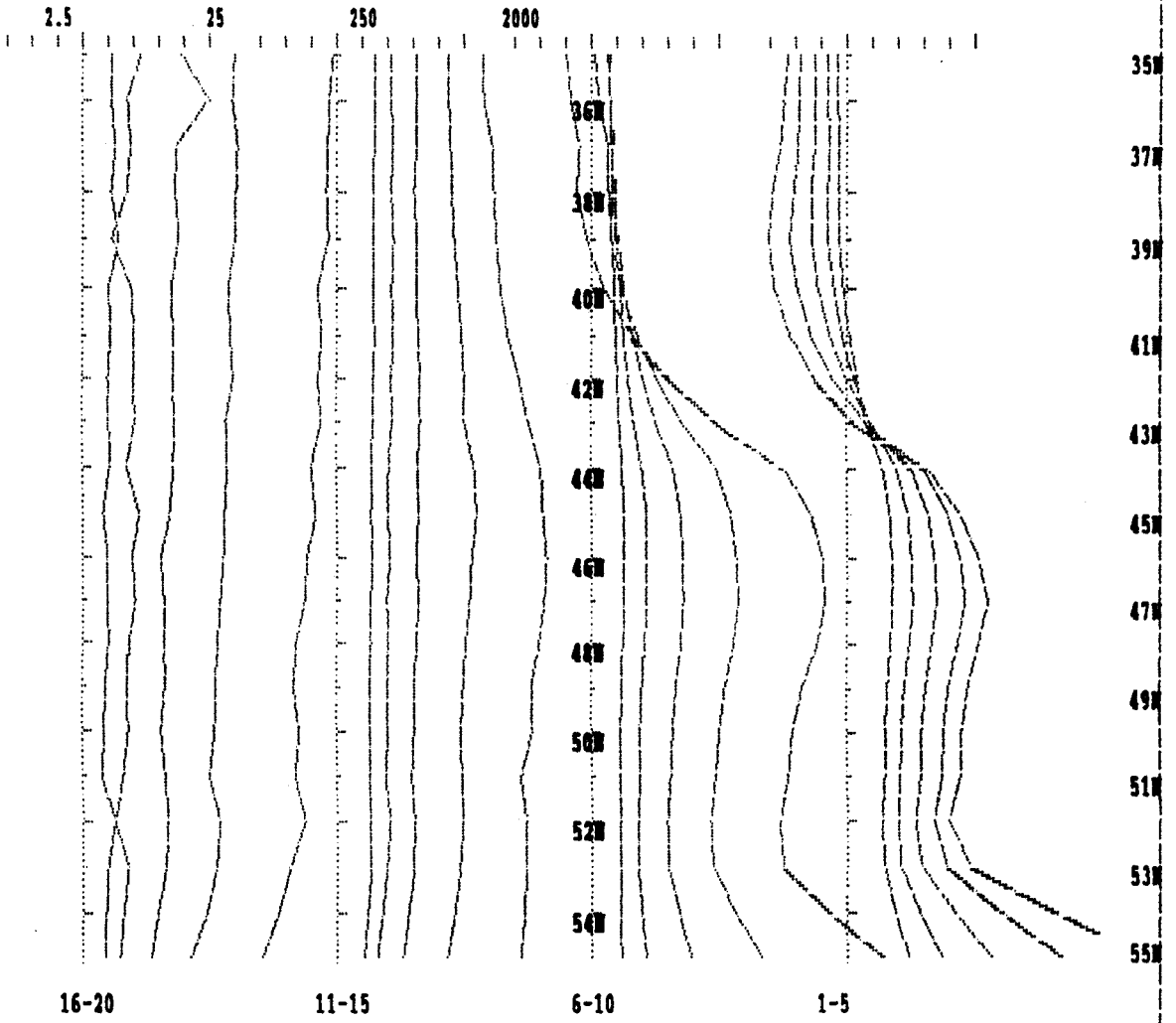
Line 19

Z component

Geonics EM37

File BUCLK3B

1xDBZ/185ms nV; W, TXC 7.14



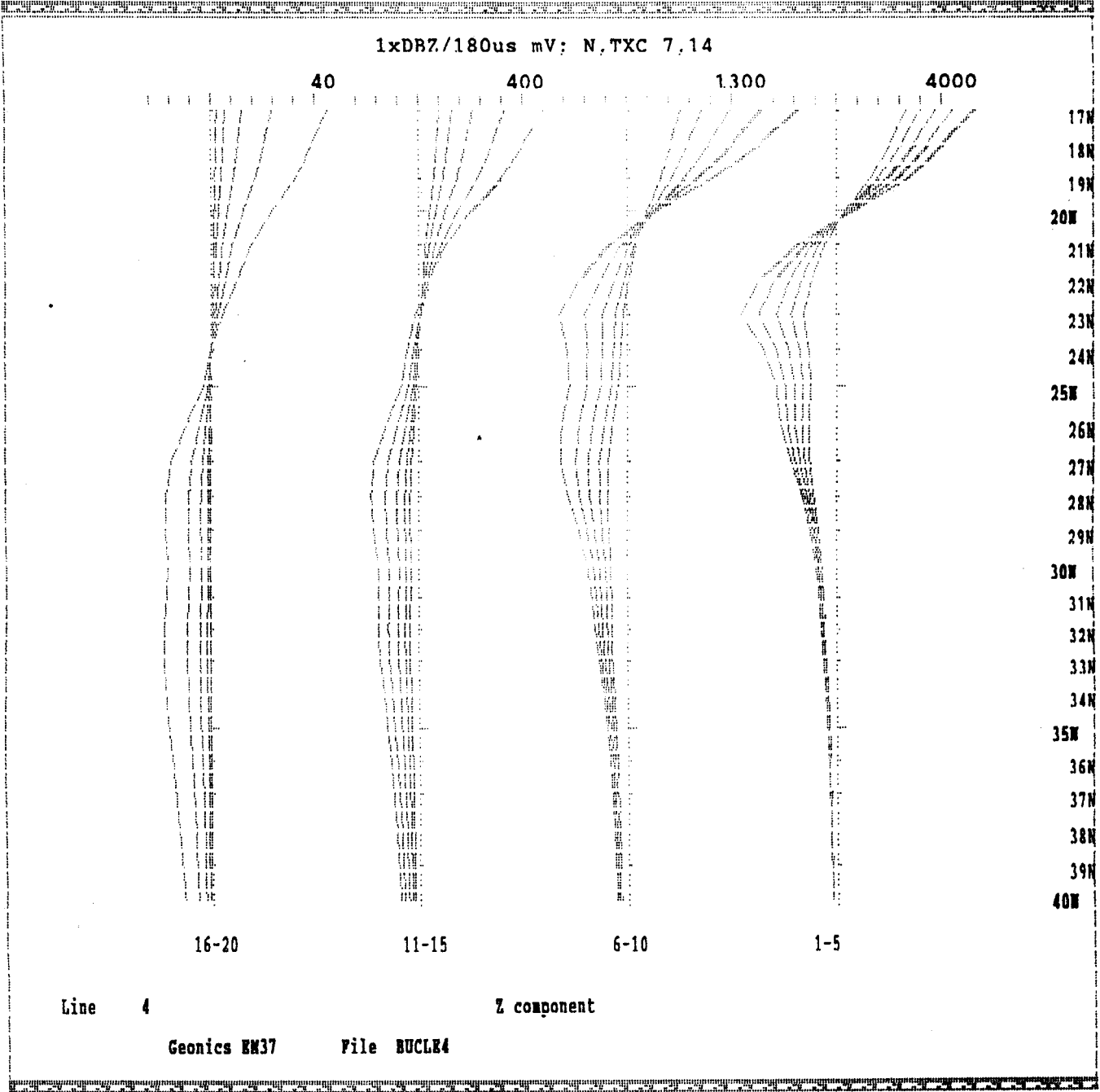
Line 20

Z component

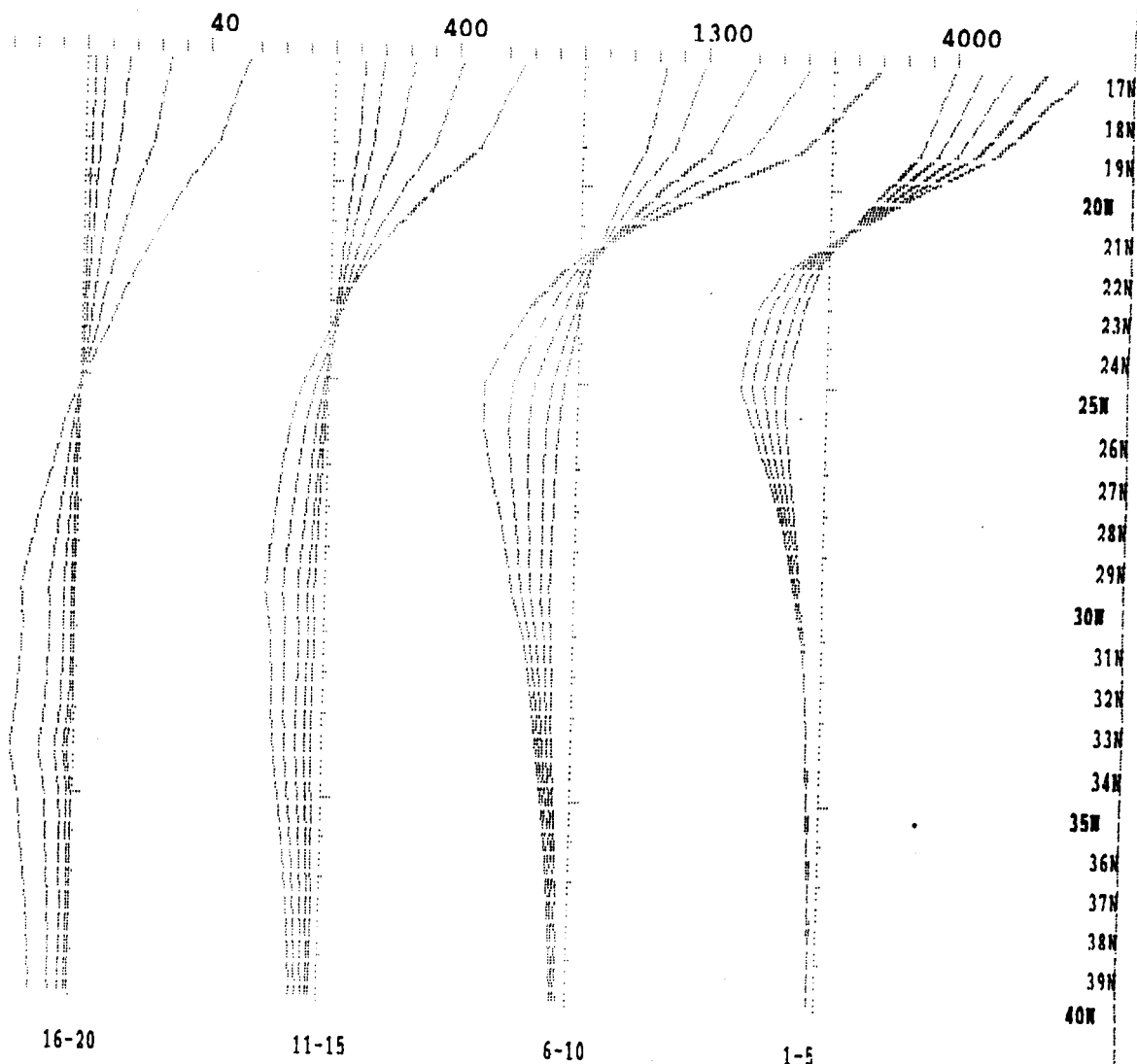
Geonics EM37

File BUCLK3B

PERFILES MEDIDOS CON EL GUELE \*



1xDBZ/180us mV; N.TXC 7.14



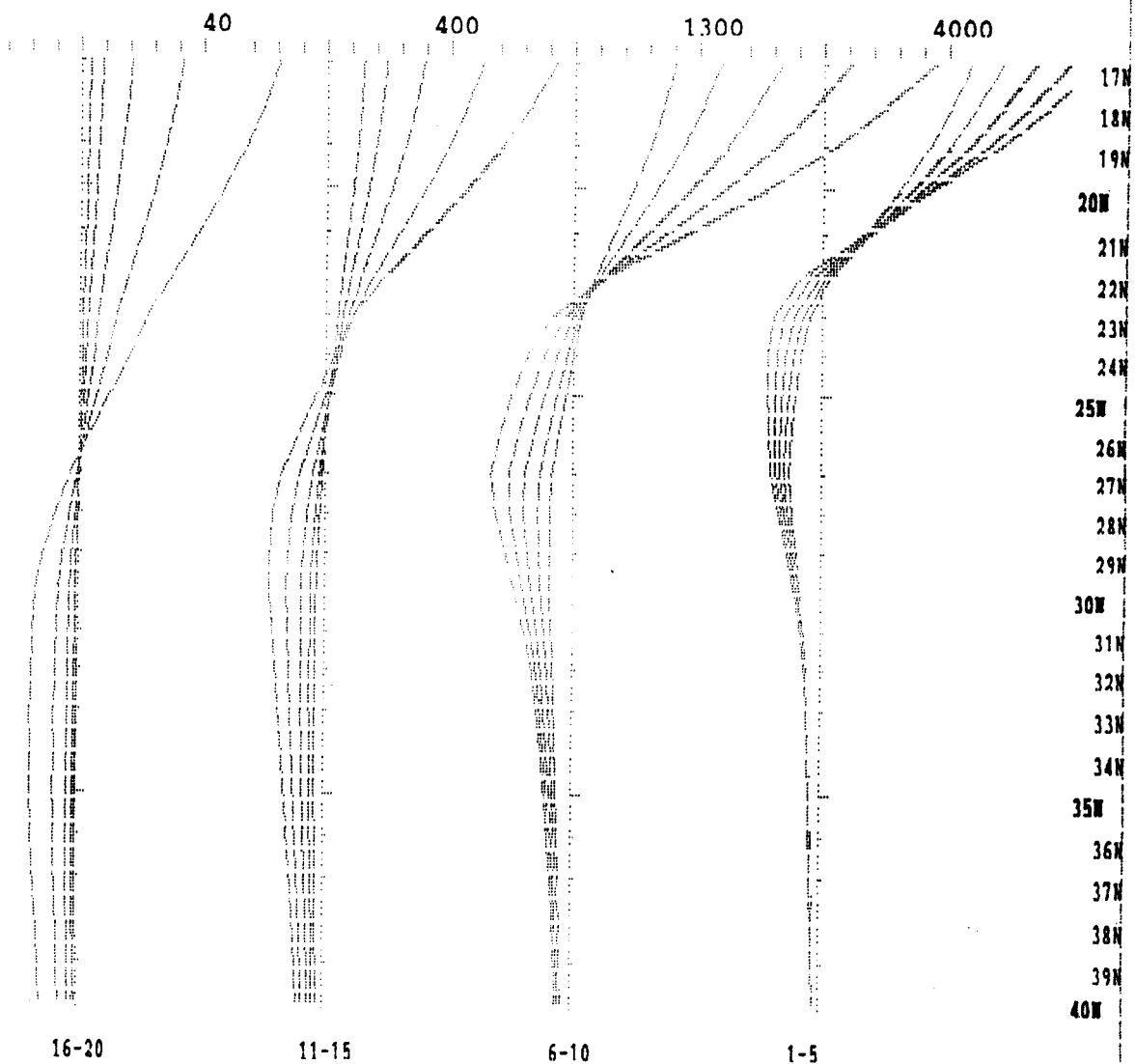
Line 5

Z component

Geonics EM37

File BUCLR4

1xDBZ/180us mV; N.TXC 7.14



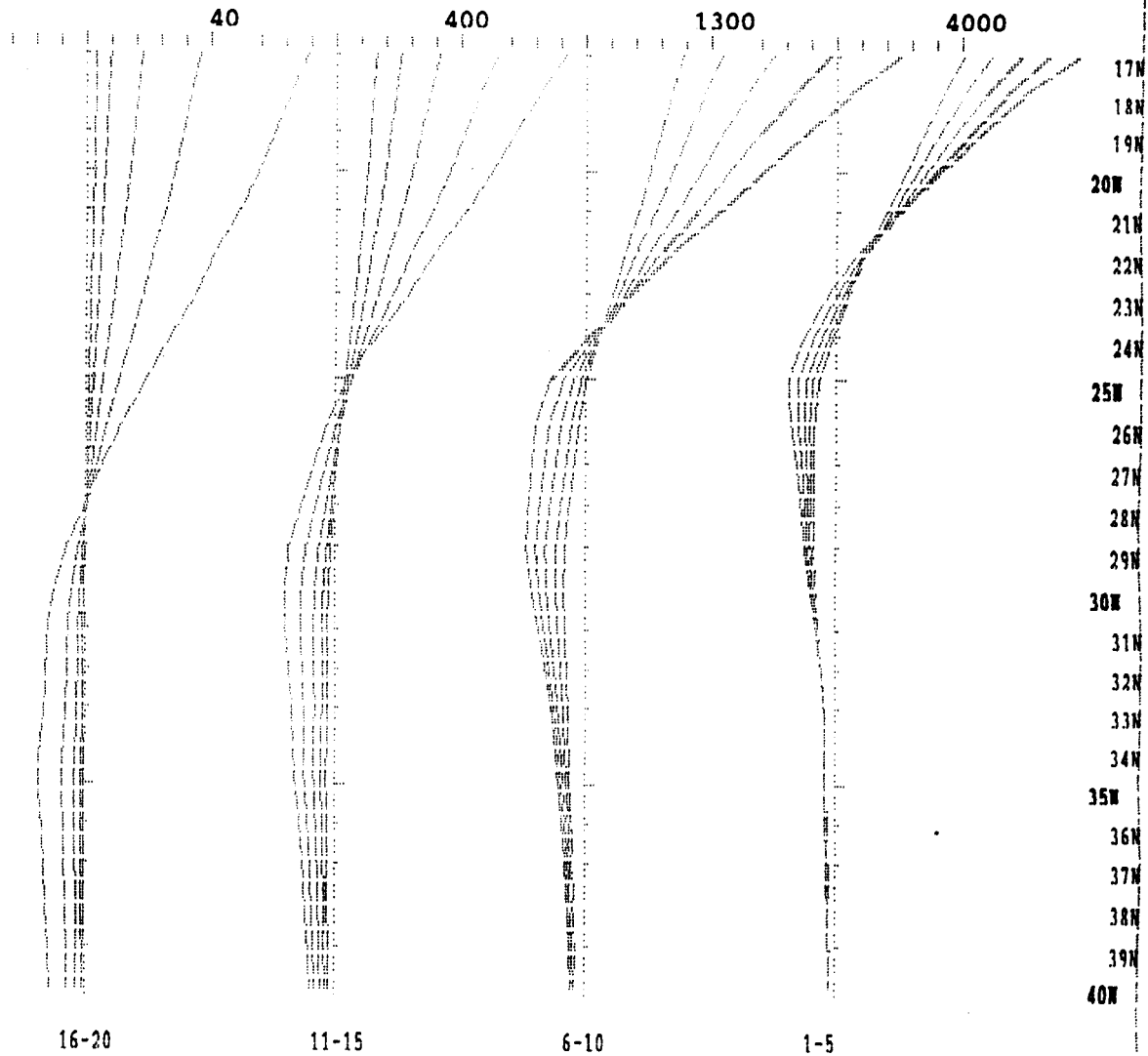
Line 6

Z component

Geonics EM37

File BUCLR4

1xDBZ/180us mV; N.TXC 7,14



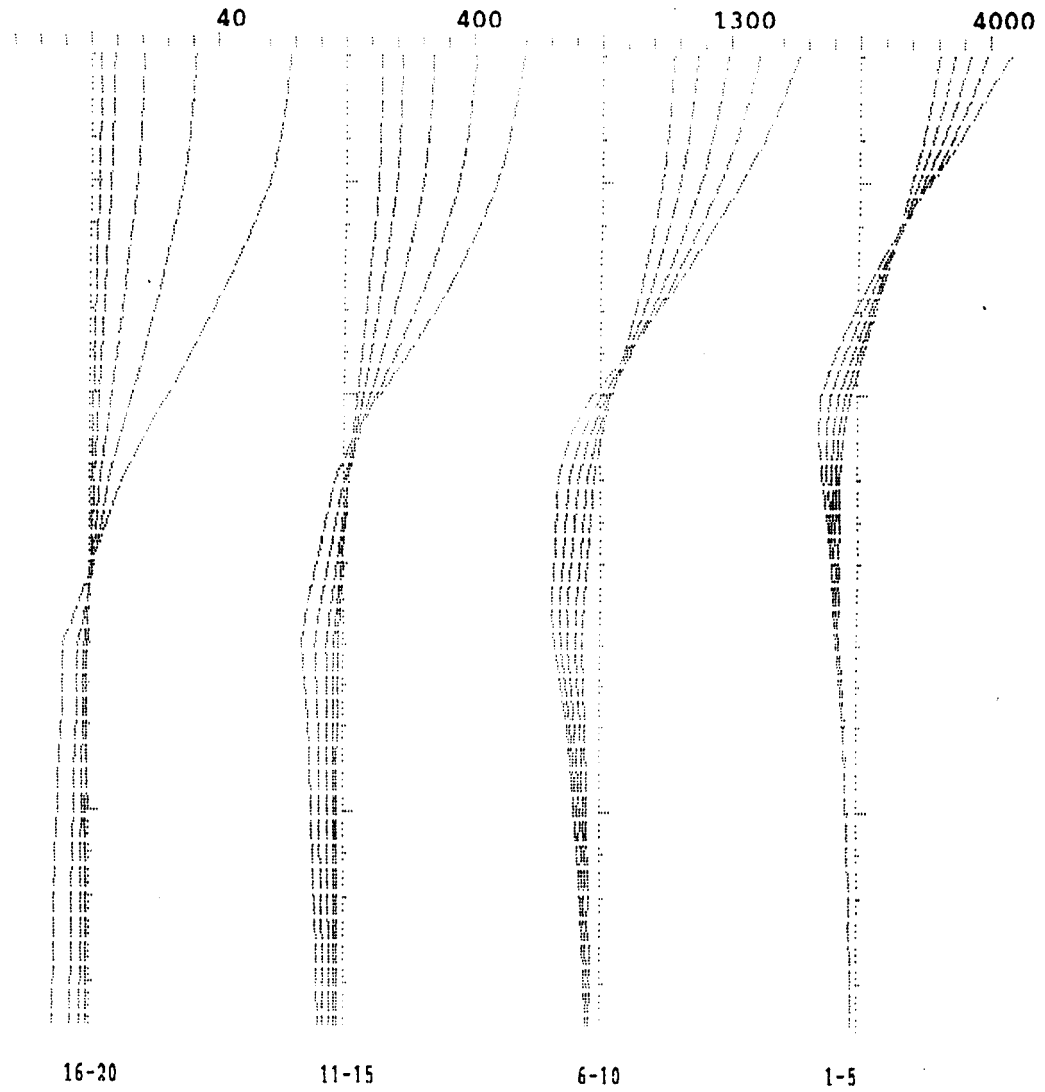
Line 7

Z component

Geonics EM37

File BUCLR4

1xDBZ/180us mV; N.TXC 7,14



Line 8

Z component

Geonics RM37

File BUCLK4

**ANEXO 2.-**

**Modelos gravimétricos adicionales para interpretación de anomalías en «Las Herrerías».**

En el Informe «Gravimetría en la zona de Las Herrerías. 1.991», se interpretaron en términos cuantitativos las anomalías correspondientes a dos pequeños perfiles que se identificaron como Perfil 1 y Perfil 2.

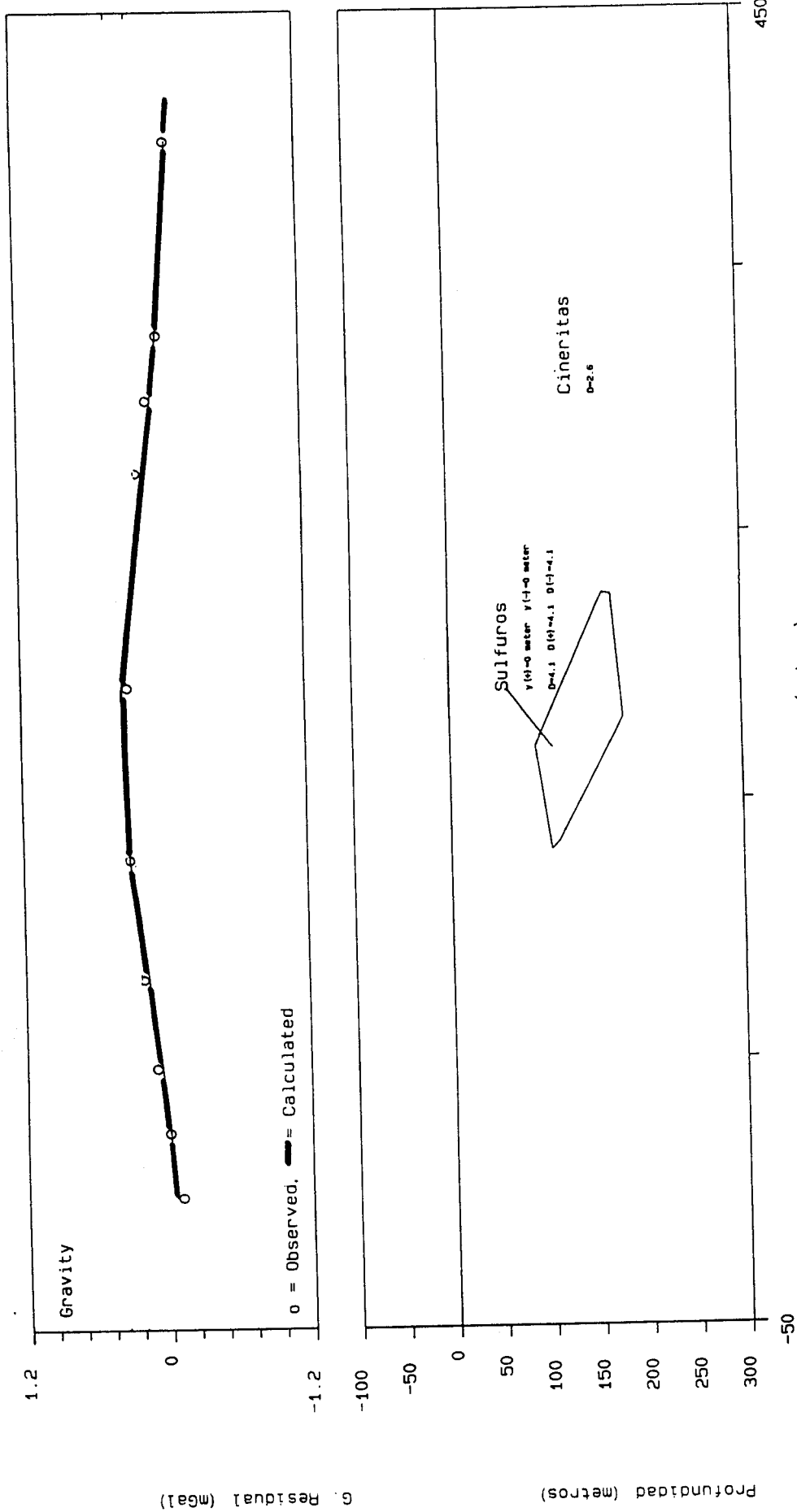
Con posterioridad los técnicos del ITGE requirieron el cálculo de nuevos modelos sobre los mismos perfiles para tres hipótesis:

- a) Presencia de una mineralización de sulfuros masivos con un contraste de densidad 1'5 g/cc.
- b) Mineralización diseminada. Contraste de densidad 0'8 g/cc.
- c) Modelo litológico. Contraste de densidad 0'17 g/cc.

Los resultados obtenidos quedan recogidos en las figuras de este Anexo que no requieren ninguna explicación adicional ya que incluyen la sección del modelo, la anomalía teórica y los valores reales resultantes del trabajo de campo.

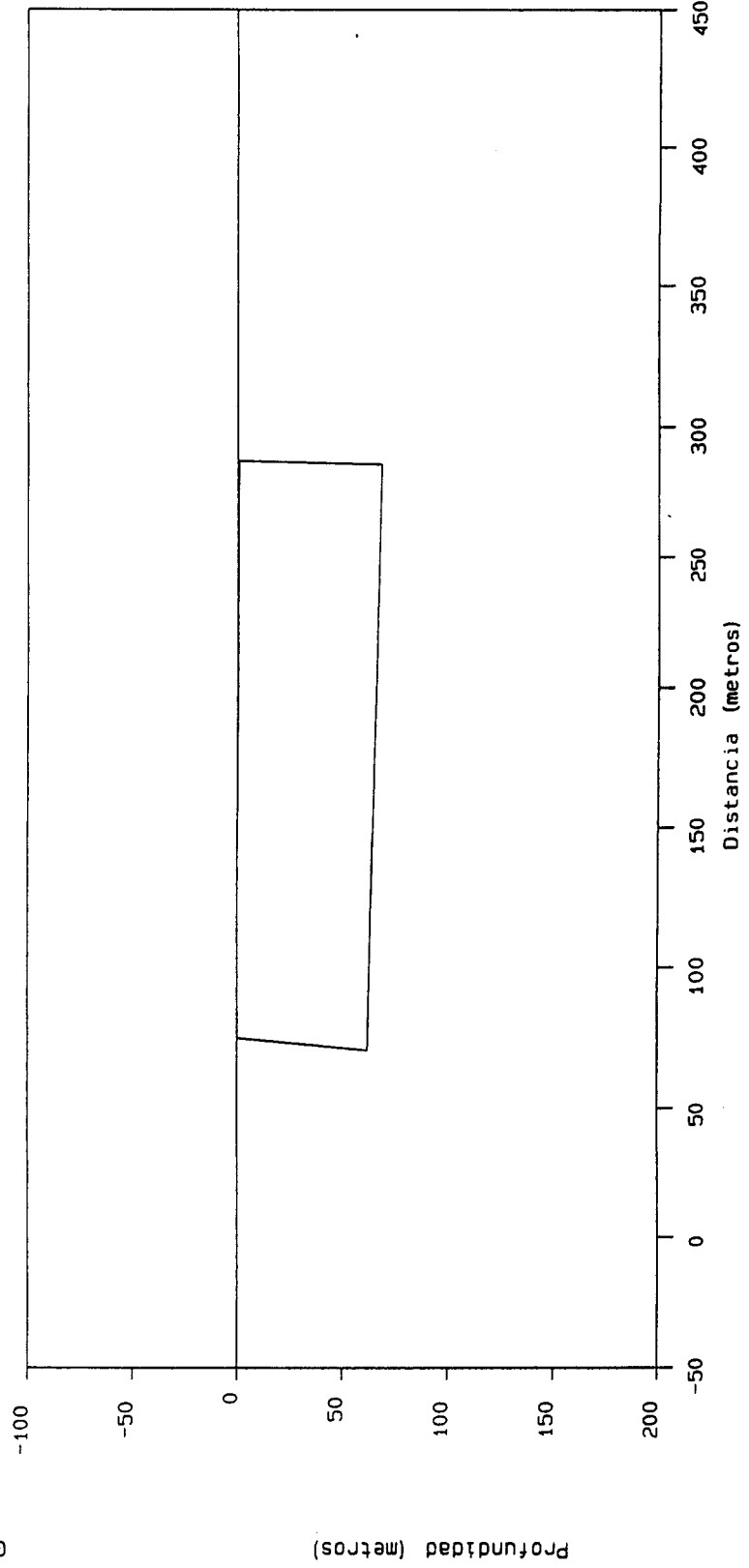
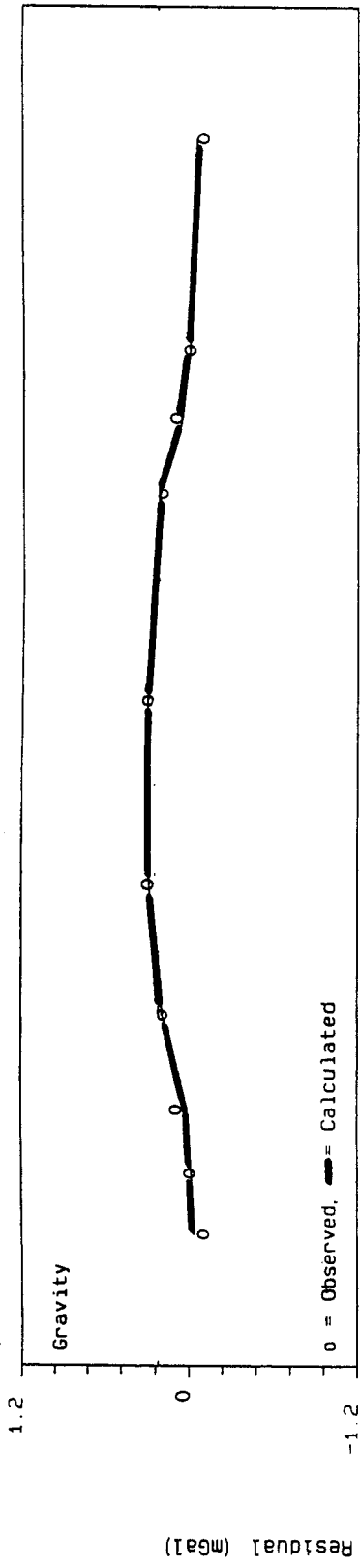
# PERFIL 1

## a) Sulfuros masivos.



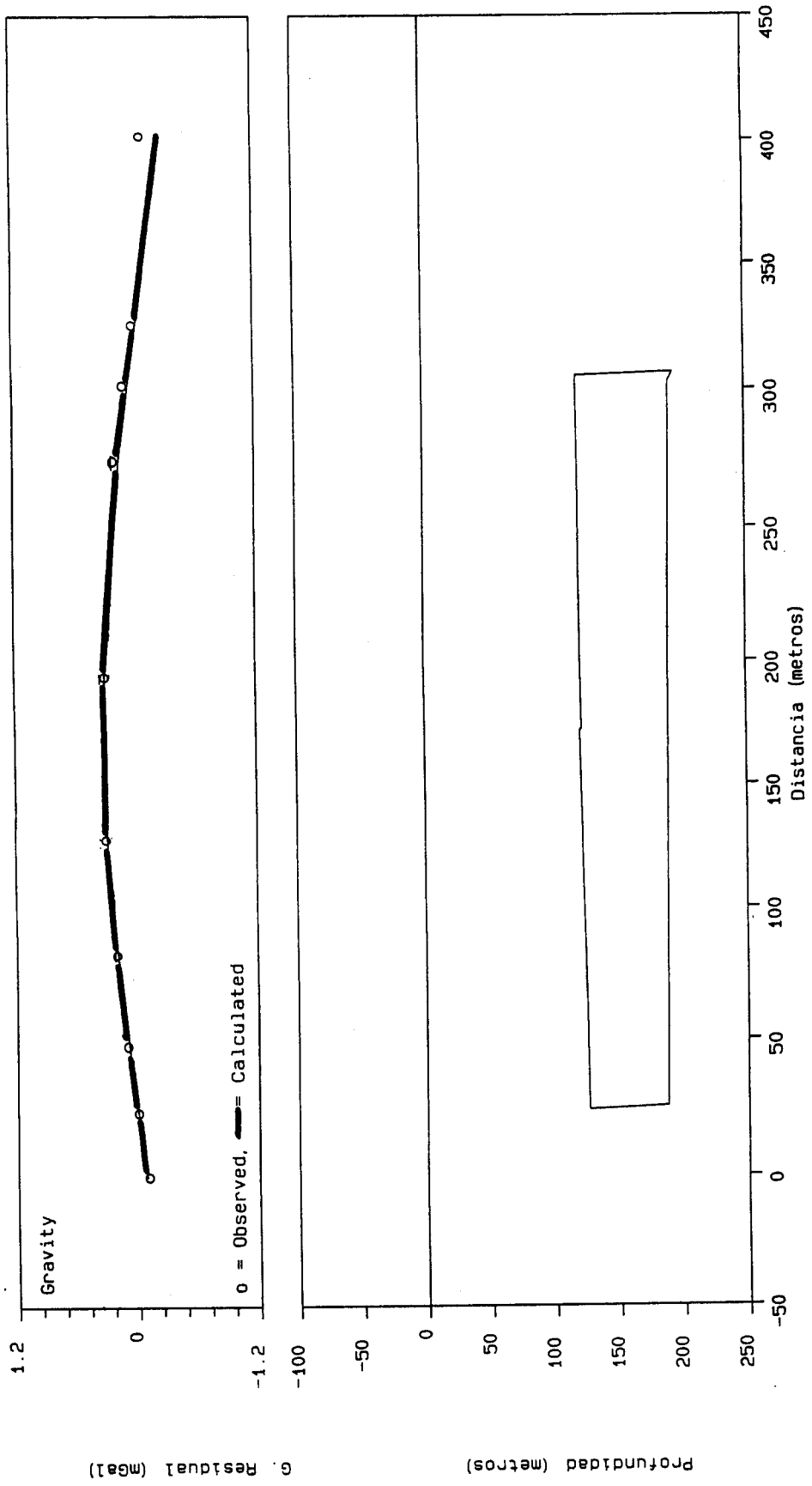
b) Diseminación.

PERFIL 1



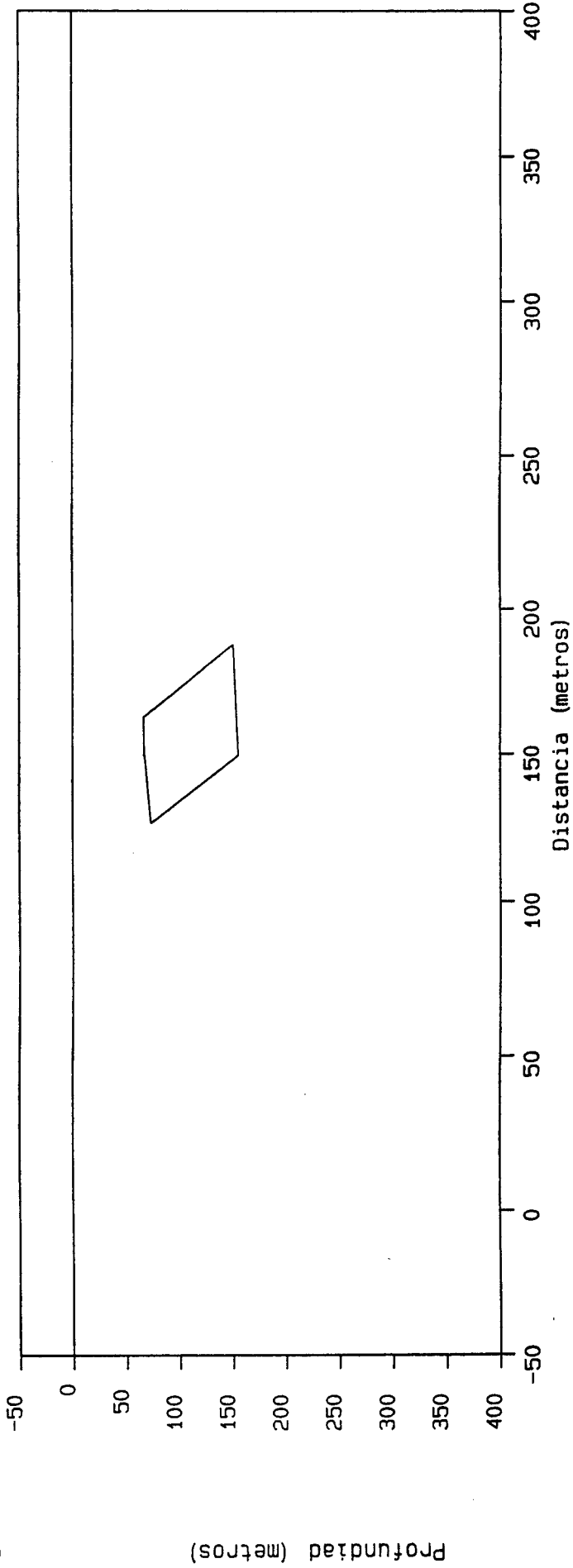
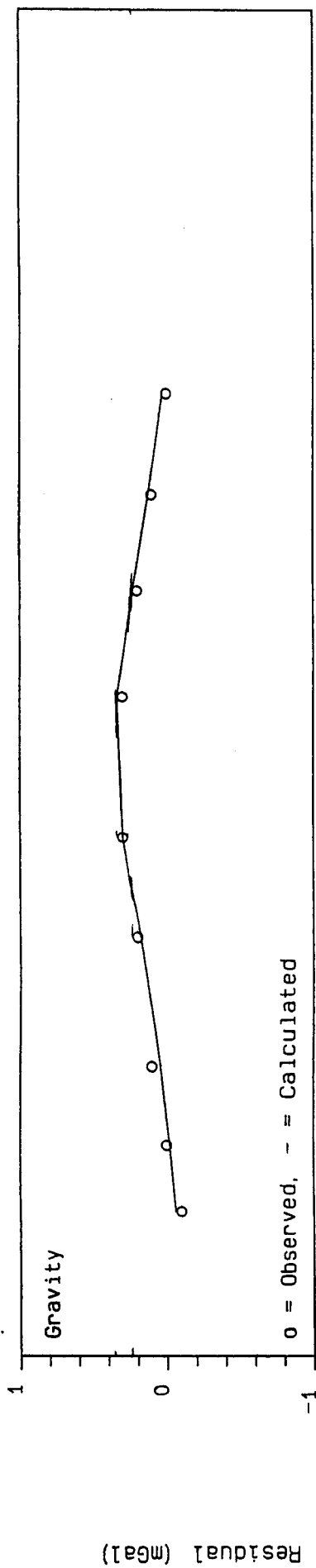
c) Modelo litológico.

# PERFIL 1



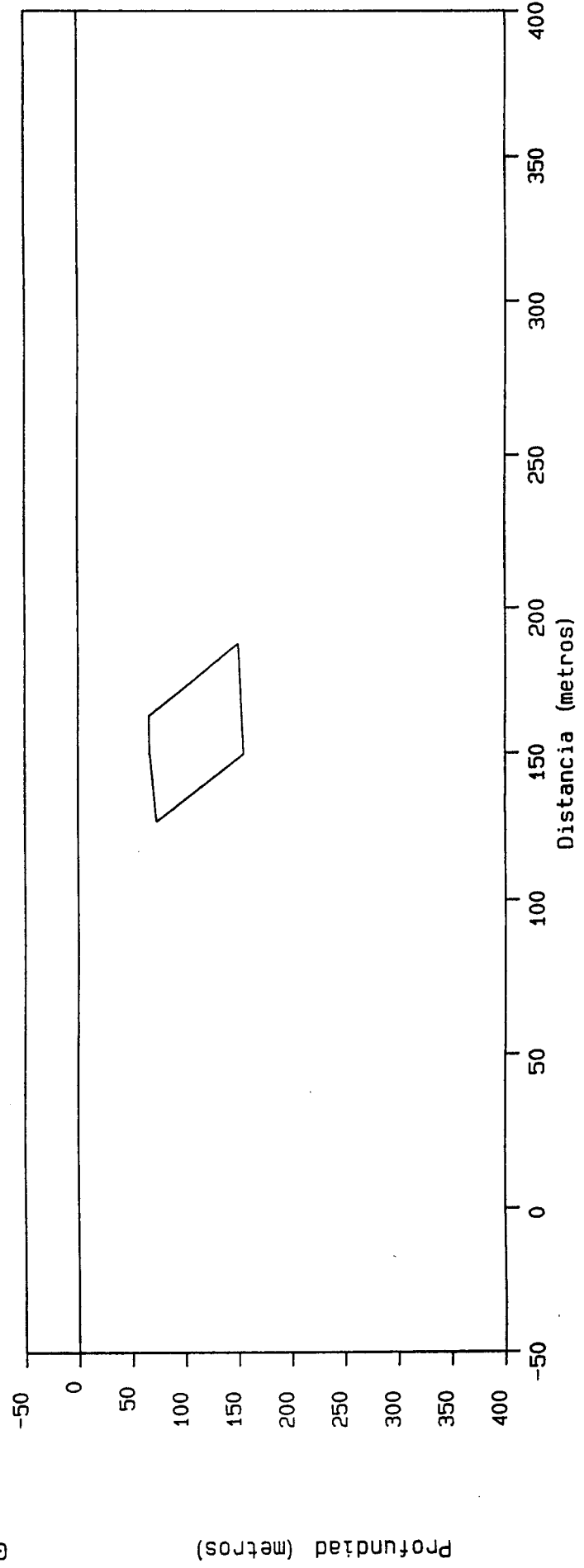
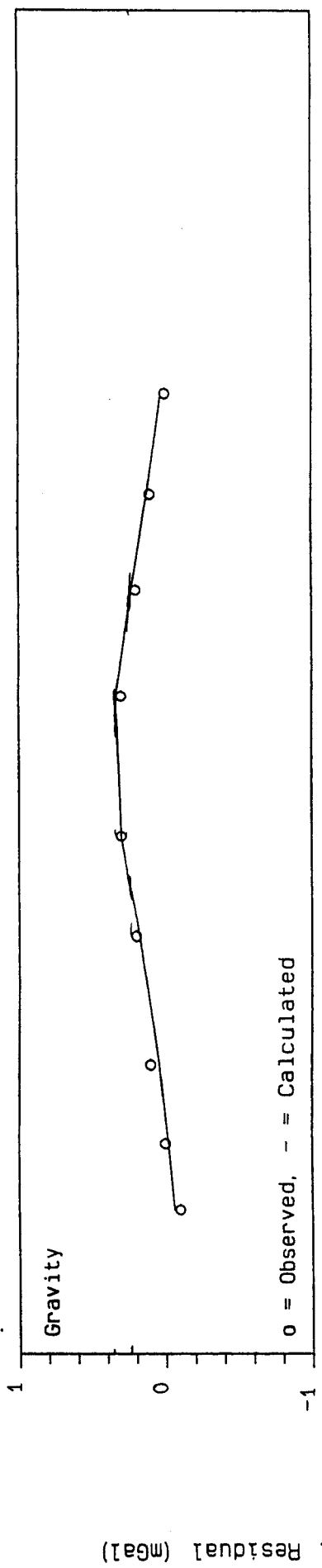
a) Sulfuros masivos.

# PERFIL 2



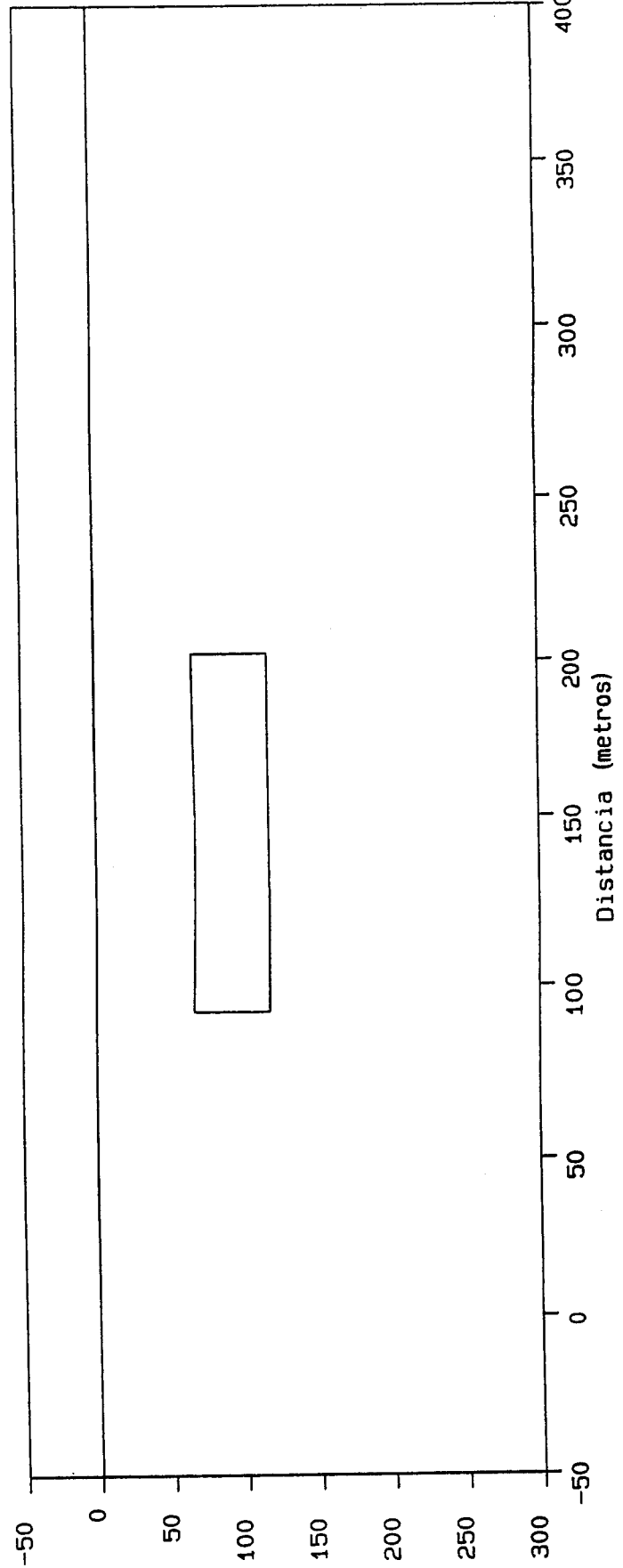
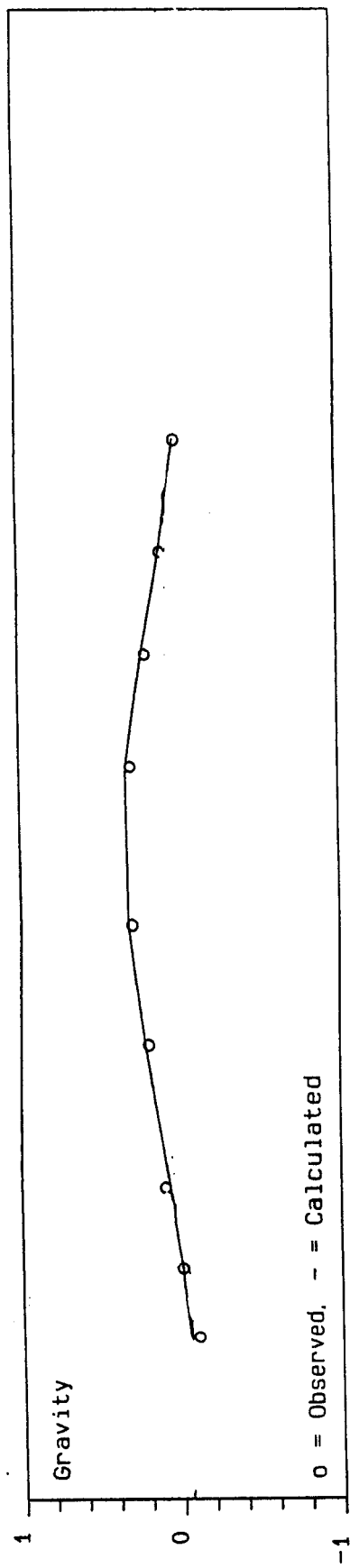
a) Sulfuros masivos.

# PERFIL 2



# PERFIL 2

b) Diseminación.



G. Residual (mgal)

Profundidad (metros)

c) Modelo litológico.

PERFIL 2

