



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**APOYO GEOFISICO A
INVESTIGACIONES MINERAS EN
DISTINTAS AREAS DEL MACIZO
HESPERICO. 1.991/92.**

**RECONOCIMIENTO GEOFISICO MEDIANTE
CALICATAS EM DE DOMINIO DE
TIEMPOS, MAGNETOMETRIA Y VLF EN
LA RESERVA «TOMIÑO».**



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

40423

INDICE.

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	1.
2. TRABAJO REALIZADO	5.
2.1. Metodología de trabajo	5.
2.2. Instrumentación	6.
2.2.1. VLF-Magnetometría	6.
2.2.2. Calicatas EM de Dominio de Tiempos.....	8.
2.3. Personal	11.
2.4. Descripción del trabajo realizado	12.
2.4.1. VLF y Magnetometría	12.
2.4.2. Calicatas EM de Dominio de Tiempos	13.
2.4.2.1. Medidas con dispositivo de bucle fijo (Turam).....	13.
2.4.2.2. Medidas con dispositivo de bucles móviles (Slingram)	14.
2.4.3. Resumen de las medidas por el método EM de Dominio de Tiempos	15.
3. PROCESADO DE DATOS Y PRESENTACION DE RESULTADOS ...	17.
3.1. Magnetometría	17.
3.2. VLF	18.
3.3. Calicatas EM de Dominio de tiempos	18.
3.4. Documentos del estudio	22.
4. RESULTADOS OBTENIDOS	24.
4.1. Magnetometría	24.
4.2. V.L.F	25.
4.2.1. Emisor GBR/GBZ	28.
4.2.2. Emisor JXN	28.
4.3. Perfiles EM de Dominio de tiempos	29.
4.3.1. Medidas con dispositivo de bucle transmisor fijo	29.
4.4. Medidas con dispositivo de bucles móviles	37.
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42.

INDICE DE FIGURAS.

- Nº 1.- Localización de la zona de estudio dentro de la Reserva «TOMIÑO».
- Nº 2.- Esquema geológico de la zona de estudio y su entorno.
- Nº 3.- Dispositivos de medida utilizados en las medidas EM de Dominio de Tiempos.
- Nº 4.- Explicación de los gráfico del ANEXO 1.
- Nº 5.- Componente vertical correspondiente a un medio homogéneo.
- Nº 6.- Sección geológica y respuestas geofísicas (magnetometría + VLF) en el indicio del Perfil 5.
- Nº 7.- Modelos de respuesta VLF.
- Nº 8.- Aspectos significativos de las medidas de la componente vertical correspondiente a un medio homogéneo.
- Nº 9.- Respuestas EM correspondientes a un conductor de tipo tabular.
- Nº 10.- Esquema de la modelización realizada en el Perfil 5.
- Nº 11.- Análisis de la respuesta EM con dispositivo TURAM en el Perfil 5.
- Nº 12.- Anomalías teóricas correspondientes a medidas con dispositivo de bucles móviles.
- Nº 13.- Medidas en el Perfil 10 con bucles móviles y 25 metros de espaciado.
- Nº 14.- Medidas en el Perfil 10 con bucles móviles y 50 metros de espaciado.

INDICE DE PLANOS.

- Nº 1.- Situación de los perfiles de magnetometria y VLF.
- Nº 2.- Situación de los perfiles EM.
- Nº 3.- Campo magnético total.
- Nº 4.- VLF. Perfiles seriados, emisor GBR/GBZ (GB).
- Nº 5.- VLF. Perfiles seriados, emisor JXN (Noruega).
- Nº 6.- Sintesis de anomalias.

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.-

La Reserva estatal «TOMIÑO» está situada en el noroeste peninsular, en el extremo suroccidental de la provincia de Pontevedra (Figura 1).

Como primera fase de su exploración el Instituto Tecnológico Geominero de España llevó a cabo la prospección geoquímica multielemental y mineralométrica de todo el área de la Reserva. En base a las anomalías obtenidas así como a la presencia de indicios mineros y al contexto geológico-estructural favorable, se definió como área de interés aurífero la comprendida dentro de la banda de metasedimentos El Rosal-La Lanzada.

En una etapa posterior se realizó el estudio geológico-minero de la zona de interés a través de un proyecto contratado a la Empresa Nacional ADARO. Este proyecto definió las principales estructuras mineralizadas, destacando por sus contenidos en oro, los haces filonianos encajantes en el macizo granítico de Pedrada, que fueron estudiados con más detalle.

La zona donde se han llevado a cabo los trabajos geofísicos objeto de este Informe se localiza en el extremo Sur de la banda de metasedimentos El Rosal-La Lanzada (Figura 2).

Esta banda aflora entre dos extensos conjuntos graníticos: El macizo de La Guardia al Oeste y la

alineación Donon-Tomiño al Este. A su vez está constituida por:

- . Una unidad basal que comienza por los materiales más antiguos, formada por alternancias de metareniscas y microconglomerados, seguidos de alternancias de micaesquistos y metareniscas.
- . Sobre esta unidad basal, y en contacto discordante (M. Iglesias), reposa una potente serie de esquistos aluminicos con alternancias de cuarcitas que pasa progresivamente a una serie pelítica-aluminica con intercalaciones frecuentes de liditas y ampelitas.

El conjunto de materiales del área está afectado por la deformación polifásica de la orogenia hercínica. En su última fase se desarrollan cizallas dúctiles o semifrágiles con anchuras de hasta decenas de metros. Entre ellas destaca la de Valdemiñotos-Loureza que en su extremo Sur muestra potentes afloramientos de cuarzo muy brechificado, con mineralizaciones de óxidos y sulfuros (A.P., P., CP.). Por este motivo se han centrado en este sector los trabajos geofísicos descritos en este Informe.

Mediante la prospección geofísica se ha pretendido identificar posibles mineralizaciones de sulfuros dentro de la zona de cizalla en el área de Valdemiñotos y definir la posición de las mismas en los puntos donde la cartografía geológica presente alguna incertidumbre.

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 AREAS DEL MACIZO HESPERICO 1.991-1.992».

La supervisión por parte del ITGE la ha realizado D. José Luis García Lobón, Ingeniero de Minas del Servicio de Geofísica.

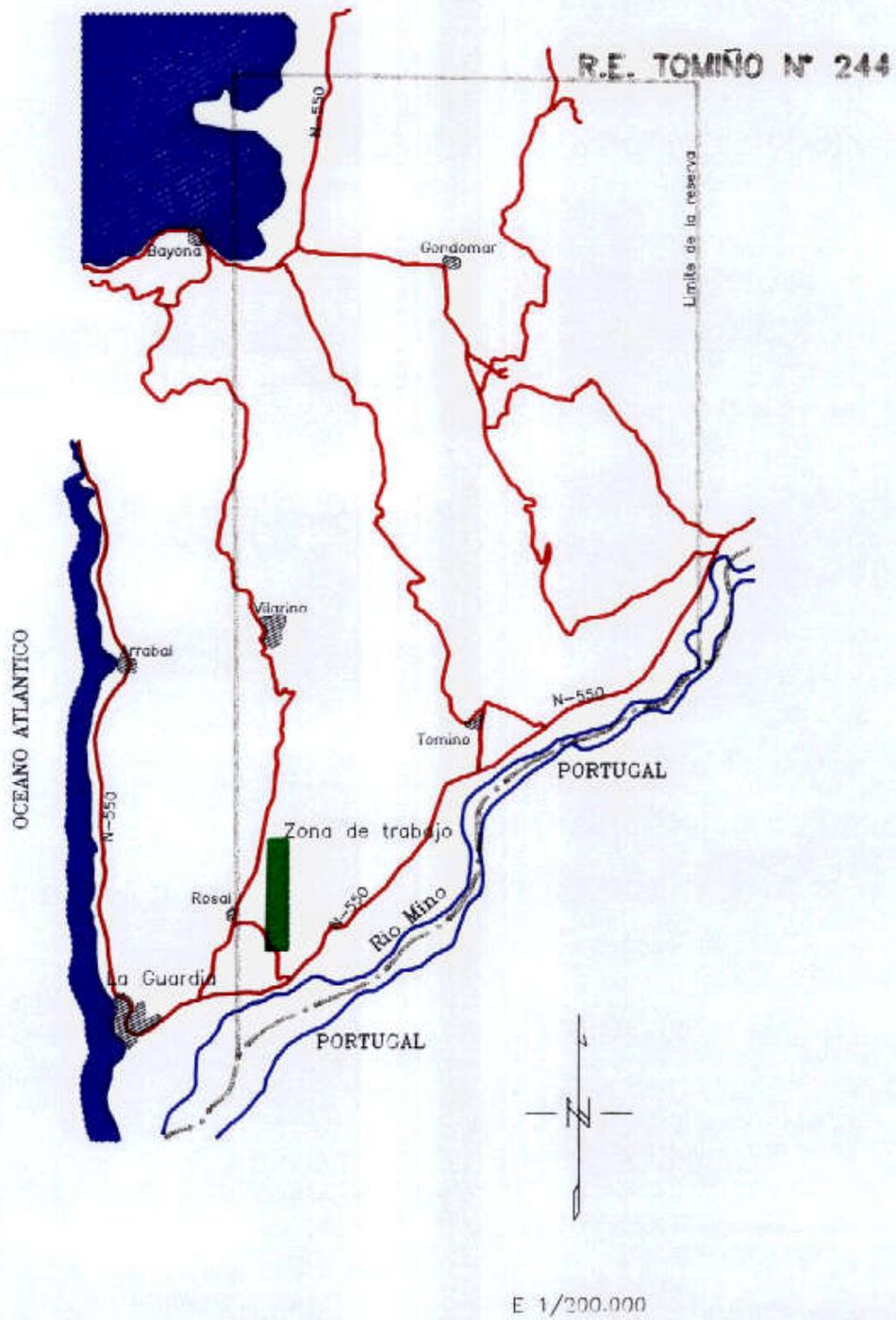
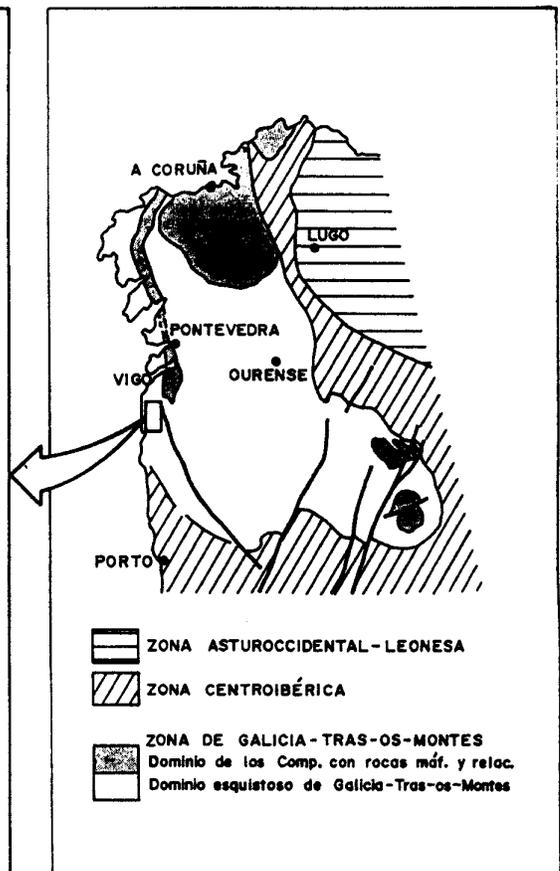
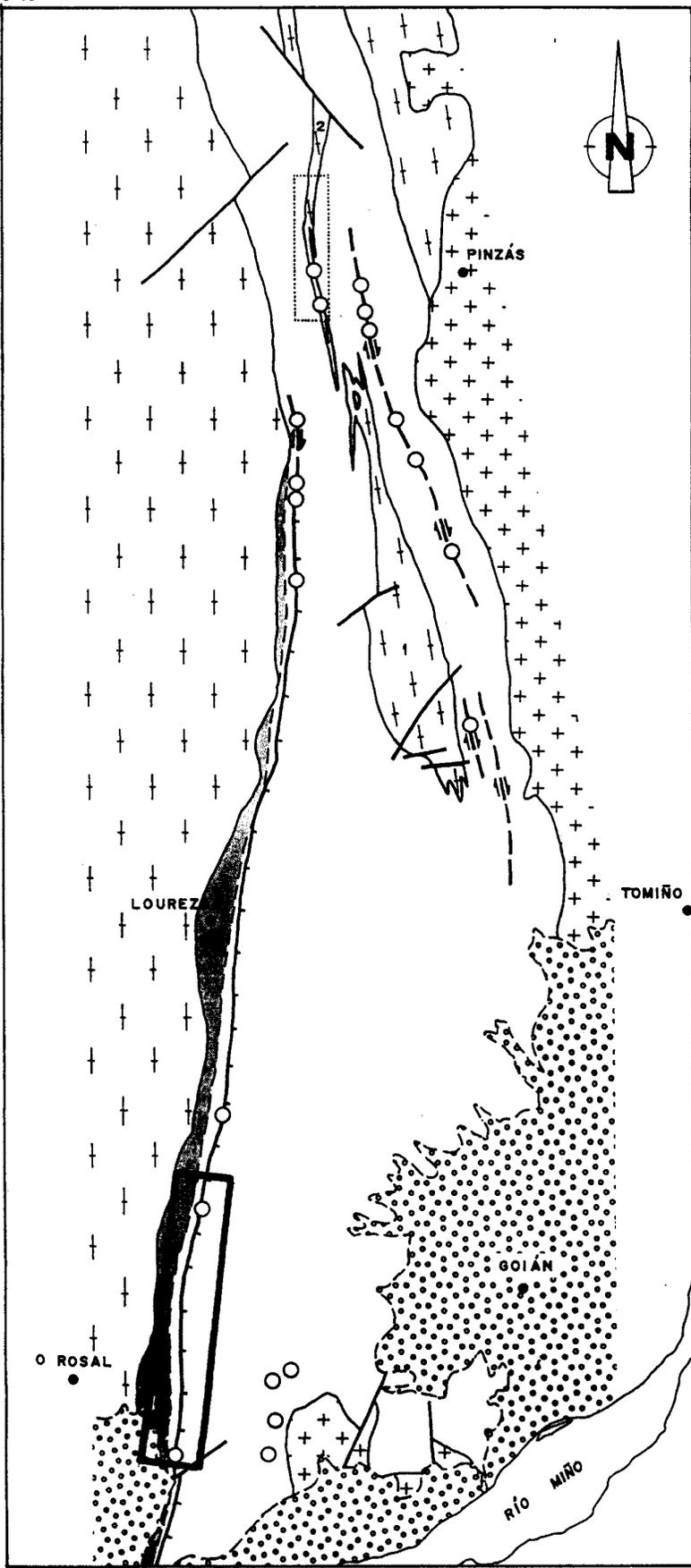


Figura 1.— Situación de la zona de trabajo

8° 50' 40"
42° 05' 04"



LEYENDA

- Depósitos fluviales (Cuaternario)
- Complejo El Rosal - La Lanzada - Xuro (Ordovícico - Silúrico)
- Complejo Esquisto-grauváquico (Cámbrico?)
- Granitoides postectónicos
- Granitos de dos micas sintectónicos
 - 1.- Granito de Pedrada
 - 2.- Granito de Urgal
- Contacto intrusivo
- Contacto discordante
- Falla
- Falla normal con indicac. de bloque hundido
- Zona de cizalla frágil-dúctil con desplazamiento de desgarre dextral
- Indicios de Au (labores mineras antiguas)
- Sector con mayor densidad de filones mineralizados

41° 55' 05"
8° 44' 50"

Figura 2.- Esquema geológico de la zona de estudio y su entorno

TRABAJO REALIZADO.

2. TRABAJO REALIZADO.-

2.1. METODOLOGIA DE TRABAJO.-

La banda de cizalla constituye en términos geofísicos una discontinuidad de tipo tabular y disposición subvertical de carácter conductor a lo largo de la cual cabe esperar la presencia de zonas con mineralizaciones de sulfuros. Este conjunto se inscribe en un medio rocoso muy resistivo.

Uno de los métodos geofísicos más efectivos para estudiar la continuidad de este tipo de estructuras es el VLF. Puede decirse que éste es el método geofísico específico para el estudio de este tipo de objetivos y por ello se ha utilizado en nuestro caso midiéndose una serie de perfiles de dirección perpendicular a la de la banda de cizalla.

Con carácter complementario se ha utilizado la magnetometría realizándose las medidas simultáneamente a las del método VLF. Su objetivo es de tipo cualitativo, tendente a la identificación de posibles zonas mineralizadas en función de su contenido en componentes ferromagnéticos, aunque sea en cantidades mínimas.

Finalmente el empleo del método EM de Dominio de Tiempos viene justificado por su capacidad para la detección de conductores en el subsuelo hasta profun-

tidades de algunos centenares de metros. Las mineralizaciones de sulfuros tienen un comportamiento acusadamente conductor y consecuentemente su detección es efectiva con este método.

No obstante otros elementos del subsuelo tales como niveles grafitosos, zonas de fractura, etc., pueden mostrar un comportamiento similar y en consecuencia complicar la interpretación de los datos geofísicos en ciertos casos.

En la mayoría de los estudios realizados dentro del proyecto general en que se inscribe este trabajo se ha prestado atención al carácter de ensayo metodológico de algunas de las técnicas geofísicas empleadas. Así pues en este caso y en lo que respecta al método EM se han ensayado algunos dispositivos de medidas diferentes.

Un factor importante ha sido la posibilidad de contrastar los resultados geofísicos con las observaciones de campo en el extremo Sur de la zona de estudio, donde existe una mineralización prácticamente aflorante puesta de manifiesto en una zanja de gran tamaño. Véase al respecto la foto que se acompaña en la página siguiente.

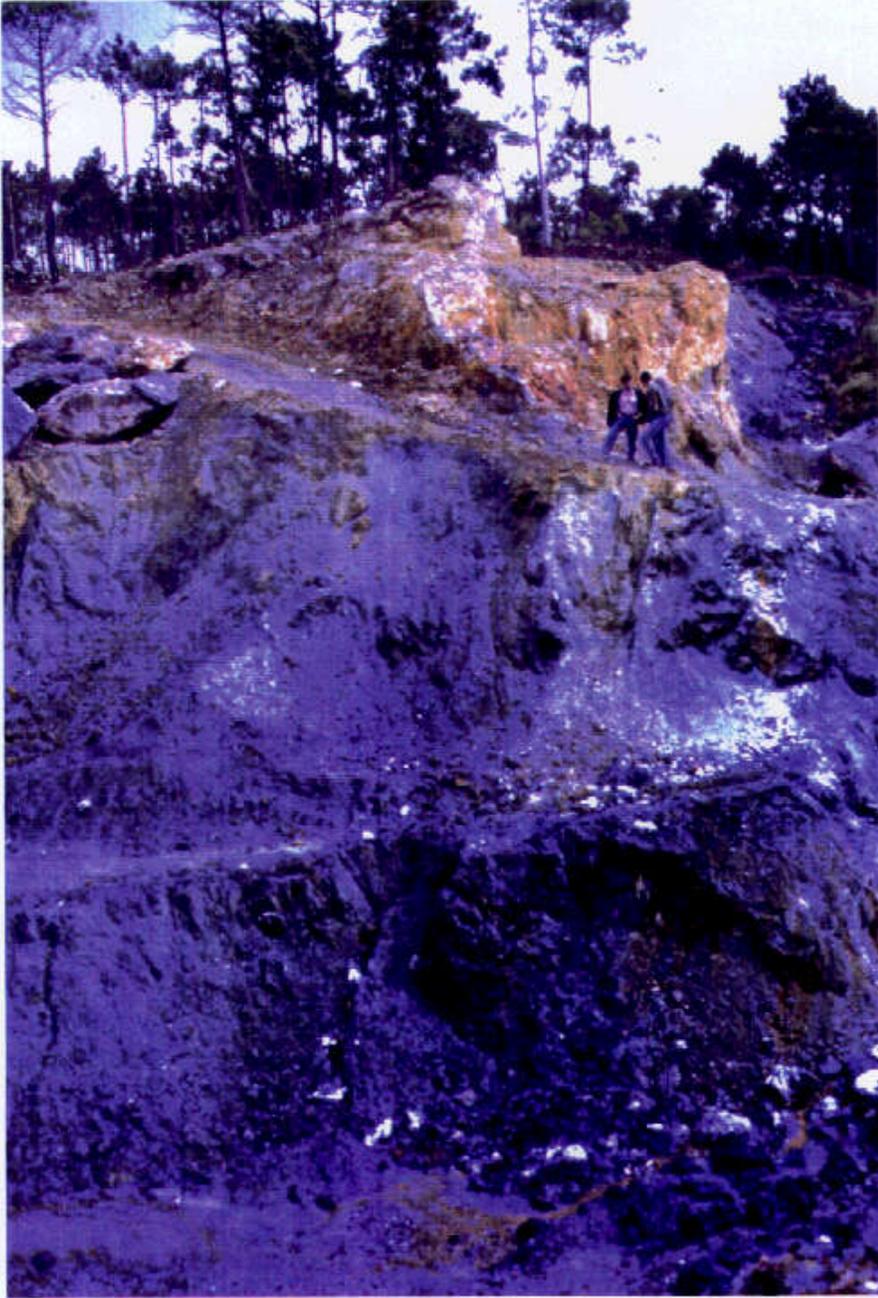
2.2. INSTRUMENTACION. -

2.2.1. VLF-Magnetometría. -

Esta fase del estudio se ha realizado mediante un equipo modelo GSM-19, fabricado por GEM SYSTEMS, cuyas características más relevantes son las siguientes.

- . Magnetómetro de efecto overhauser con sensibilidad de 0'01 nT.

- . Sensor VLF constituido por tres bobinas ortogonales que operan en el rango de 15 a 30 KHz.



Aspecto del indicio entre los perfiles 4 y 5.

- . El equipo puede operar simultáneamente hasta con tres emisores VLF diferentes a la vez que mide la intensidad del campo magnético.
- . Los parámetros VLF medidos son: componentes en fase y cuadratura de la componente vertical, dos componentes del campo horizontal y amplitud del campo total.
- . Almacenamiento de datos en la memoria interna y volcado a un PC mediante un puerto RS-232.

2.2.2. Calicatas EM de Dominio de Tiempos.-

Las medidas se han efectuado con un sistema PROTEM de la casa GEONICS con las siguientes características:

Receptor PROTEM C.-

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

Bobina receptora (Baja frecuencia).- Núcleo de aire, con una amplitud de banda de 60 KHz y un área equivalente a 100 m².

Canales de lectura.- 20 canales espaciados geométricamente para cada frecuencia. Cubren el rango de 6 µseg hasta 80 mseg. (Ver tabla I).

Frecuencia base.- El equipo opera con las frecuencias siguientes: 2'5,6'25, 25, 62'5 y 250 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.-

Utilizado para las medidas con bucle transmisor fijo (dispositivo TURAM).

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

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

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

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 1.- Distribución de los tiempos de lectura del sistema PROTEM.

Transmisor EM-57.-

Empleado en las medidas con bucles móviles (dispositivo Slingram). Sus diferencias significativas en relación con el EM-37 son las siguientes:

- . Tiempo de corte utilizando un bucle transmisor de 5x5 m y 8 espiras: 115 μ seg, para una intensidad de los pulsos de corriente igual a 20 Amp.
- . Voltaje de salida.- 20 ó 40 V.
- . Motor generador.- 600 W/120 V/ 60 Hz.

Sus restantes características son idénticas a las del EM-37.

2.3. PERSONAL.-

El estudio ha sido llevado a cabo por el personal de plantilla de IGT que se relaciona a continuación.

- Antonio **ALVARO**.- Operador geofísico. Toma de datos de magnetometría y VLF.
- Francisco **SOCUELLAMOS**.- Operador geofísico. Toma de datos con el equipo EM (PROTEM).
- Jose Carlos **CAMBERO**.- Ingeniero de Minas. Procesado de datos y presentación de resultados.
- Angel **GRANDA**.- Ingeniero de Minas. Supervisor de los trabajos, interpretación de resultados y redacción del Informe.

2.4. DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO. -

En la zona de trabajo se abrieron y estaquillaron 39 perfiles con una longitud unitaria variable entre 500 y 700 m. El espaciado medio entre perfiles es de 100 m.

La distribución y nomenclatura de los perfiles se adaptó al estaquillado previamente realizado durante la toma de muestras para Geoquímica. Representamos en el Plano nº 1 la localización de los perfiles sobre una base geológica simplificada que nos fue suministrada por el ITGE.

2.4.1. VLF y Magnetometria. -

La toma de datos sobre los 39 perfiles se realizó simultáneamente para ambos métodos a intervalos de 25 metros.

Para las medidas magnetométricas se realizaron programas de 3 a 4 horas de duración, con lecturas en una base al inicio y final de cada programa. No se apreciaron variaciones significativas en estas repeticiones.

Por su parte, las medidas VLF se llevaron a cabo para dos emisores, siendo éstos el JXN (16'4 KHz, Noruega) y el GBR (16 KHz, Inglaterra). Durante uno de los días de trabajo la emisora GBR estaba fuera de servicio por lo que el equipo se sintonizó con la GBZ que transmite a 19'6 KHz y también se localiza en Inglaterra. La selección de los emisores se realizó en función de su localización geográfica, tratando de obtener el máximo de acoplamiento de la señal EM con las estructuras geológicas a detectar, de rumbo N-S aproximadamente.

Se midieron un total de 1012 estaciones en el periodo comprendido entre los días 20 y 30 de Mayo-92 lo que representa 8 días efectivos y un rendimiento medio de 112 estaciones/día. Este rendimiento fue bajo porque el trabajo de campo coincidió con una época de lluvias.

2.4.2. Calicatas EM de Dominio de Tiempos.-

2.4.2.1. Medidas con dispositivo de bucle fijo (Turam).-

Se establecieron cuatro bucles transmisores con dimensiones variables entre 450x300 m y 500x300 metros en las posiciones indicadas en el Plano nº 2. Con ellos se midieron los perfiles desde el número 4 al número 25.

BUCLE 1.-

Dimensiones - 450x300 metros.
Intensidad - 15'2 A.
Tiempo de Corte - 200 µseg.
Perfiles medidos n^º 4 al 9.
Longitud medida 3.200 m.

BUCLE 2.-

Dimensiones - 450x300 metros.
Intensidad - 15'2 A.
Tiempo de Corte - 200 µseg.
Perfiles medidos n^º 10 al 13.
Longitud medida 3.300 m.

BUCLE 3.-

Dimensiones - 500x300 metros.
Intensidad - 13'5 A.
Tiempo de Corte - 196 µseg.
Perfiles medidos n^º 14 al 19.
Longitud medida 4.150 m.

BUCLE 4.-

Dimensiones - 500x300 metros.
Intensidad - 15 A.
Tiempo de Corte - 196 µseg.
Perfiles medidos n^º 20 al 25.
Longitud medida 4.200 m.

TOTAL 14.850 m.

Otras características de la operación, comunes a todos los bucles, fueron las que se indican a continuación.

- Espaciado entre lecturas - 25 m.
- Frecuencia de la corriente en el bucle Tx- 25 Hz.
- Tiempo de integración - 48 seg.
- Sincronismo mediante cristal.
- Intervalo de lectura - 20 canales distribuidos entre 0'078 y 7'79 mseg (TABLA I).
- Componente medida - Z.

2.4.2.2. Medidas con dispositivo de bucles móviles (Slingram).-

Estas medidas se realizaron con carácter de ensayo metodológico a lo largo de los perfiles números 5 y 10. En ambos casos se utilizó un bucle transmisor del tipo multiespira de 5x5 m. Se repitió la toma de datos en ambos casos con espaciados de 25 y 50 metros entre transmisor y receptor; con saltos de 25 m entre lecturas.

A continuación se detallan los tramos de perfil medidos en cada caso:

PERFIL 5.-

Con espaciado Tx-Rx = 25 m
Entre las estacas 250 y 500 350 m.

Con espaciado Tx-Rx = 50 m
Entre las estacas 250 y 375 125 m.

PERFIL 10.-

Con espaciado Tx-Rx = 25 m
Entre las estacas 25 y 400 375 m.

Con espaciado Tx-Rx = 50 m
Entre las estacas 25 y 425 400 m.

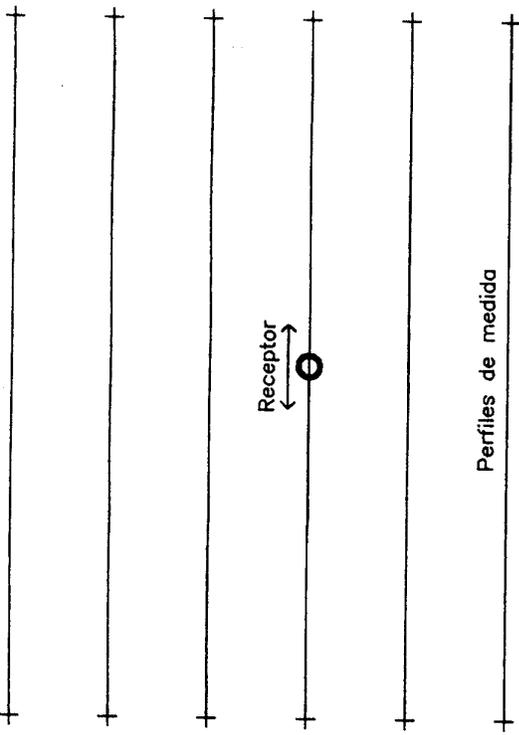
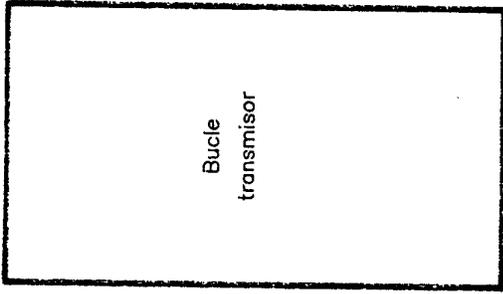
TOTAL 1.250 m.

Los parámetros que definen esta modalidad de operación son los siguientes:

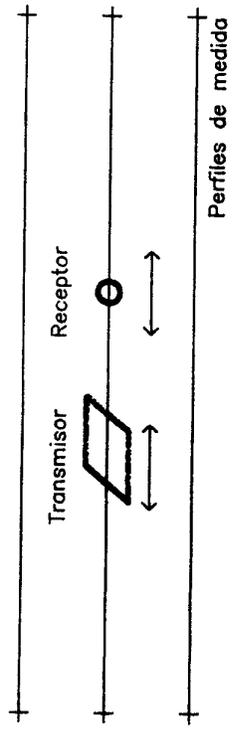
- Espaciado entre lecturas - 25 m.
- Frecuencia de la corriente en el bucle T_x - 25 Hz.
- Tiempo de integración - 48 seg.
- Sincronismo mediante cable de referencia.
- Intervalo de lectura - 20 canales distribuidos entre 0'078 y 7'79 mseg.
- Componente medida - Z.

2.4.3.- Resumen de las medidas por el método EM de Dominio de Tiempos.-

Se midió un total de 16'100 Km con un espaciado de 25 metros entre puntos de lectura. La toma de datos se llevó a cabo en el periodo desde el 28 de Abril hasta el 14 de Mayo - 92. Ello representa 13 días efectivos y un rendimiento medio de 1'24 Km/día.



a) TURAM



Tx y Rx se desplazan simultaneamente

b) SLINGRAM

Figura 3.- Dispositivos empleados para las medidas EM de Dominio de Tiempos.

PROCESADO DE DATOS Y PRESENTACION DE RESULTADOS.

3. PROCESADO DE DATOS Y PRESENTACION DE RESULTADOS.-

3.1. MAGNETOMETRIA.-

El primer paso en el procesado de estos datos ha consistido en el análisis de las diferencias observadas en la base entre las lecturas inicial y final de cada programa.

Al ser éstas de muy pequeño orden de magnitud (entre 1 y 4 nT) no se ha considerado necesario aplicar ningún tipo de corrección a las medidas.

Los programas utilizados para la presentación de los datos y las funciones que realizan son los siguientes:

- RANGRID.- Realiza la distribución de los datos originales en una malla regular que en nuestro caso ha sido 10x10 m.
- GRID UTILITIES.- Con este programa se ha aplicado un filtro de Hanning que realiza un ligero suavizado, eliminando los picos puntuales que pudieran existir.
- CONTOUR.- Este programa realiza el trazado de isolíneas, según diversos intervalos seleccionables a voluntad.

- MAPPLOT.- Combina el plano de isovalores con una base geológica y topográfica.

Todos estos programas han sido desarrollados por GEOSOFT.

Para hacer más fácilmente comprensible el plano de isovalores del campo magnético se han representado las isolíneas mediante colores diferentes para cada tramo de valores, tal como se indica en la leyenda del Plano nº 3 del Informe.

3.2. VLF.-

Los datos almacenados en la memoria del equipo GSM-19 se han volcado a un PC en el formato adecuado para su posterior procesado. Los programas utilizados para el volcado y transformación de ficheros han sido IDUMP.EXE y GREMLINK.EXE, ambos suministrados por GEM SYSTEMS.

Se han representado en forma de perfiles los valores de las componentes en fase y cuadratura de la componente vertical, expresadas como un porcentaje del campo total. Los programas utilizados para elaborar este tipo de documentos han sido STACKPLOT y MAPPLOT, ambos desarrollados por GEOSOFT. Los resultados obtenidos se incluyen en los Planos 4 y 5.

El programa STACKPLOT representa perfiles seriados en las posiciones relativas que éstos ocupan sobre el terreno. Mediante el programa MAPPLOT se puede añadir una base geológica y/o geográfica, tal como se ha hecho en nuestro caso.

3.3. CALICATAS EM DE DOMINIO DE TIEMPOS.-

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. El rango dinámico de las lecturas del campo secundario es muy amplio y por ello se emplean diversas escalas para cada grupo de canales, al objeto de 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, desarrollado 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. Este tipo de presentación de los datos no posibilita una interpretación inmediata de los mismos, aunque sí su valoración cualitativa.

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.

Las medidas correspondientes a todos los perfiles de este trabajo se incluyen en el Anexo 1 del Informe.

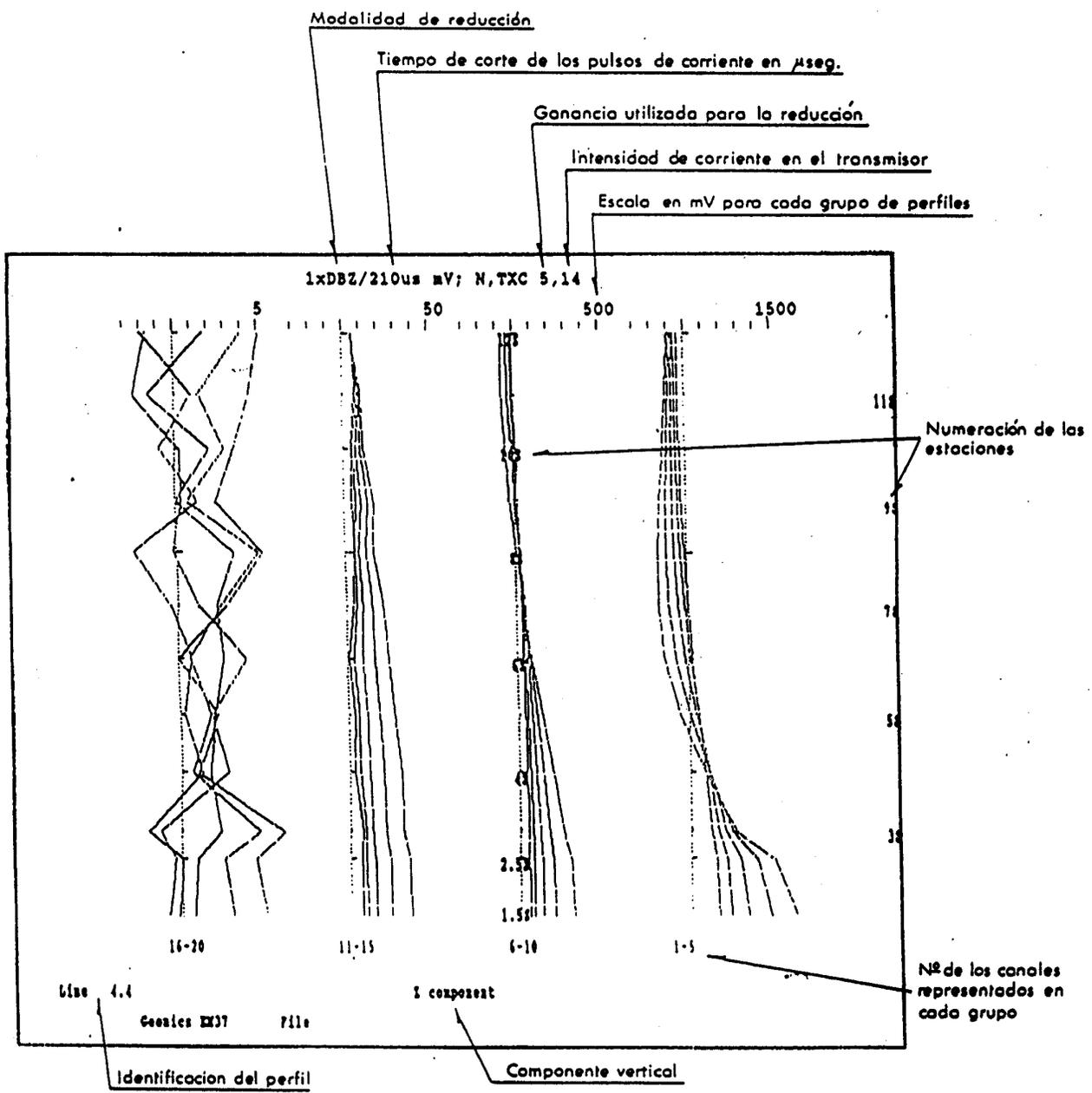


Fig. 4 - Explicación de los perfiles del Anexo 1

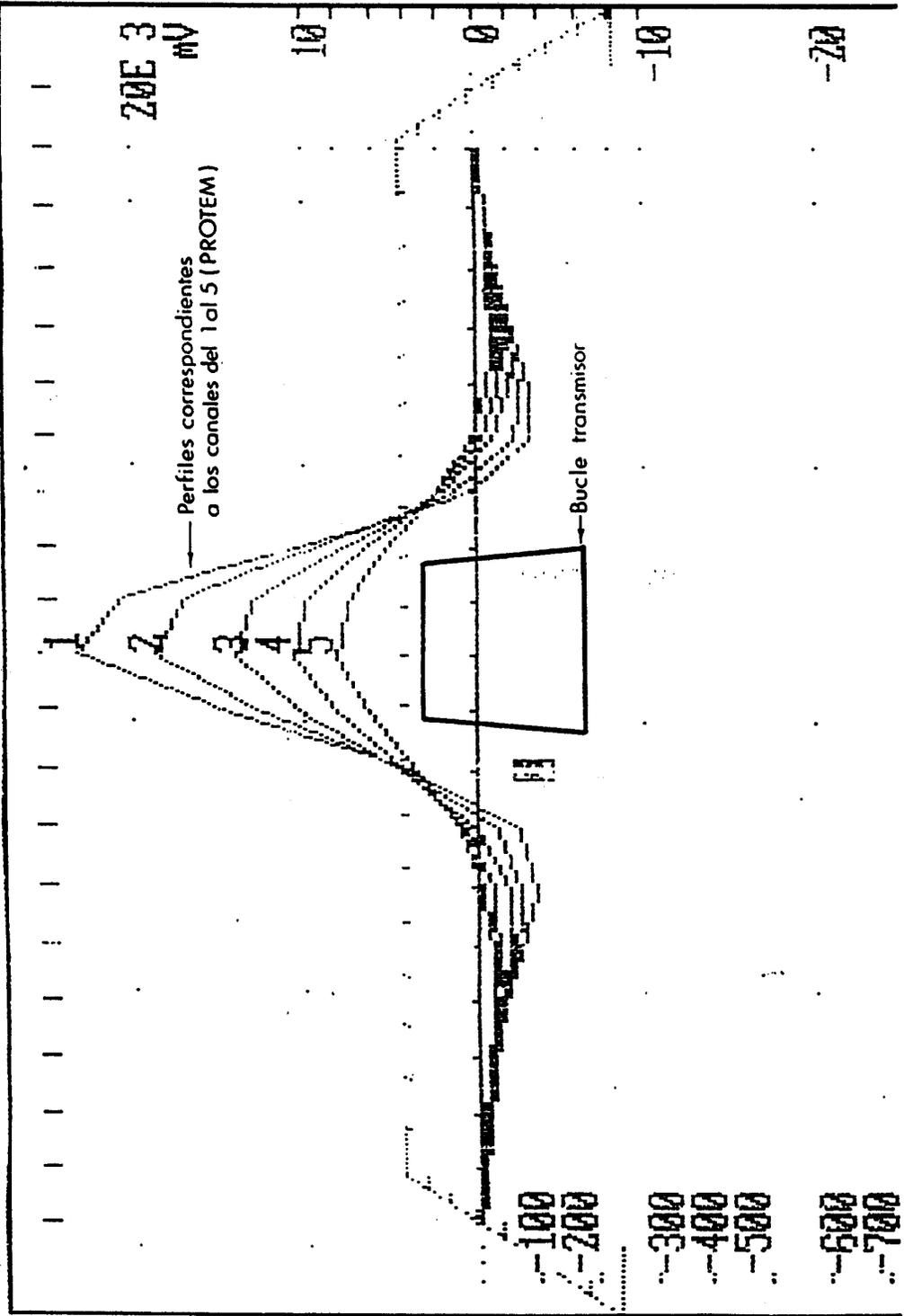


Fig. 5 - Componente vertical correspondiente a un medio homogéneo

3.4. DOCUMENTOS DEL ESTUDIO.-

El conjunto de datos y resultados obtenidos en este trabajo se entregan en la serie de documentos que se relacionan a continuación.

- Memoria descriptiva de los trabajos y de la interpretación de los resultados.
- Planos de posición de los trabajos realizados incluyendo una base geológica simplificada.
- Perfiles seriados con las medidas VLF: Componentes en fase y cuadratura de la componente vertical para dos emisores independientes.
- Plano de isovalores del campo magnético total.
- Perfiles con los valores EM de Dominio de Tiempos, agrupados por canales: 1-5, 6-10, 11-15, 16-20.
- Diskettes con los ficheros que contienen todos los datos magnetométricos y VLF, en Formato ASCII. Es el fichero TOMINT2.XYZ cuya cabecera se incluye en la TABLA II.
- Diskettes con los datos EM de Dominio de Tiempos con el formato específico para su procesado mediante el programa DATEM de GEONICS.

Se entregan los siguientes:

- TOMB1, TOMB2, TOMB3 y TOMB4 con los datos correspondientes a los bucles 1 al 4 respectivamente.
- T57525 y T57550. Contienen las medidas SLINGRAM del perfil 5 con espaciados de 25 a 50 metros.
- T571025 y T571050. Medidas SLINGRAM del perfil 10 con espaciados de 25 y 50 metros.

TABLA II.- Cabecera y explicación del fichero TOMINT2.XYZ.

N = Distancia al inicio del perfil (m)
M1 = Campo magnetico total (gamma)
M2 = Campo magnetico total +/- variacion diurna (gamma)
CV1 = VLF. Componente vertical en fase (%). Emisor GBR/GRZ
CH1 = VLF. Componente vertical en cuadratura (%). Emisor GBR/gbz
CV2 = VLF. Componente vertical en fase (%). Emisor JXN
CH2 = VLF. Componente vertical en cuadratura (%). Emisor JXN

x	y	N	M1	M2	CV1	CH1	CV2	CH2
line 4	4	0	0	0	0	4.9		
514795.8	4641866	-500	44839.25	44839.25	2.6	3.7	1.2	7.4
514821	4641867	-475	44851.24	44851.24	5.1	3.8	-1.3	6
514846.2	4641869	-450	44850.46	44850.46	-3	2.7	-8.8	6.2
514871.4	4641870	-425	44838.34	44838.34	-10.6	3	-18.8	5.8
514896.6	4641871	-400	44839.9	44839.9	-10.3	6	55.6	32.1
514921.8	4641872	-375	44854.02	44854.02	-7.7	3.3	5.7	17.7
514947	4641873	-350	44836.45	44836.45	5.1	-6	-6.3	12.7
514972.3	4641874	-325	44840.3	44840.3	13.2	-4.7	-13.2	11.7
514997.4	4641875	-300	44835.67	44835.67	23.8	-3.3	-15.5	16.2
515022.7	4641877	-275	44833.27	44833.27	29.4	-4.2	-20.3	12.6
515047.9	4641878	-250	44827.41	44827.41	29.2	-10.7	-22.8	9.1
515073.1	4641879	-225	44903.29	44903.29	25.1	-14.9	-23.5	2.6
515098.3	4641880	-200	44836.96	44836.96	17.7	-15.2	-21.1	1.3
515123.5	4641881	-175	44846.4	44846.4	16.6	-1.3	-14.1	1.1
515148.7	4641882	-150	44838.48	44837.48	11.9	-12.6	3.1	15
515173.9	4641883	-125	44813.5	44812.5	-1.8	-16.6	3.9	-7.3
515199.1	4641885	-100	44838.32	44837.32	-39.4	-19.5	7.7	-8.2
515224.3	4641886	-75	44841.35	44840.35	34.1	-3.7	7.8	-4.8
515249.5	4641887	-50	44843.76	44842.76	14.1	-6.2	5.7	-2.4
515274.7	4641888	-25	44846.59	44845.59	6.4	-6.9	-2.6	-3.7
515299.9	4641889	0	44850.88	44849.88	2	-7.3	-0.1	-3.7

RESULTADOS OBTENIDOS.

4. RESULTADOS OBTENIDOS.-

4.1. MAGNETOMETRIA.-

El plano de distribución de valores del campo magnético total (Plano nº 3) no manifiesta ninguna anomalía que pueda asociarse a elementos litológicos o estructurales significativos.

Especialmente variables son los valores en los perfiles situados al Sur del número 16. Una posible explicación al respecto se asocia a la presencia de alambradas, líneas eléctricas y casas en esa zona.

El criterio a utilizar para la identificación de posibles anomalías de interés respecto a nuestros objetivos es que éstas tengan un carácter dipolar, con máximo al Sur y mínimo al Norte. Esta morfología puede mostrar distorsiones más o menos acusadas en función de la disposición del hipotético cuerpo anómalo y de su posición relativa respecto a los perfiles de medida.

De acuerdo con la idea anterior y con ciertas reservas, cabe identificar como posibles anomalías de algún interés las que se localizan en el entorno de la zona de fractura. Son las siguientes:

PERFIL 10.- Entre las estacas 250-275.
PERFIL 13.- En el entorno de la estaca 400.
PERFIL 18-19.- Entre las estacas 450 y 400
respectivamente.
PERFIL 28.- Entorno de la estaca 350.
PERFIL 33.- Entorno de la estaca 300.
PERFIL 35-36.- A la altura de las estacas 250.

A la vista de los resultados obtenidos cabe concluir respecto a la magnetometría que la ausencia de respuestas específicas es indicativa de la carencia de componentes ferromagnéticos en las zonas mineralizadas. En este sentido nos remitimos al Perfil 5, situado inmediatamente al Norte del indicio minero. Su sección geológica simplificada, junto con las medidas magnetométricas se representa en la Figura 6 y es suficientemente ilustrativa respecto a los anteriores comentarios ya que en este punto existe una mineralización representativa y prácticamente aflorante.

4.2. V.L.F. -

Al analizar los datos, en forma de perfiles, en los Planos 4 y 5, el primer rasgo que destaca es el elevado nivel de ruido del sector NO. Este ruido hace que tales datos sean inútiles y se debe a la influencia de una línea eléctrica de alta tensión cuya posición se ha indicado en todos los planos.

En el resto del área estudiada es factible reconocer diversas anomalías interpretables en asociación con elementos conductores del subsuelo, de morfología tabular. Los modelos de respuesta que cabe esperar son de los tipos que se representan en la Figura 7. En ellos se esquematiza la respuesta de un cuerpo tabular de carácter conductor en un medio resistivo, con ausencia de recubrimiento. Únicamente se representa la componente en fase. Para las condiciones descritas, la componente en cuadratura presenta igual morfología y menor amplitud.

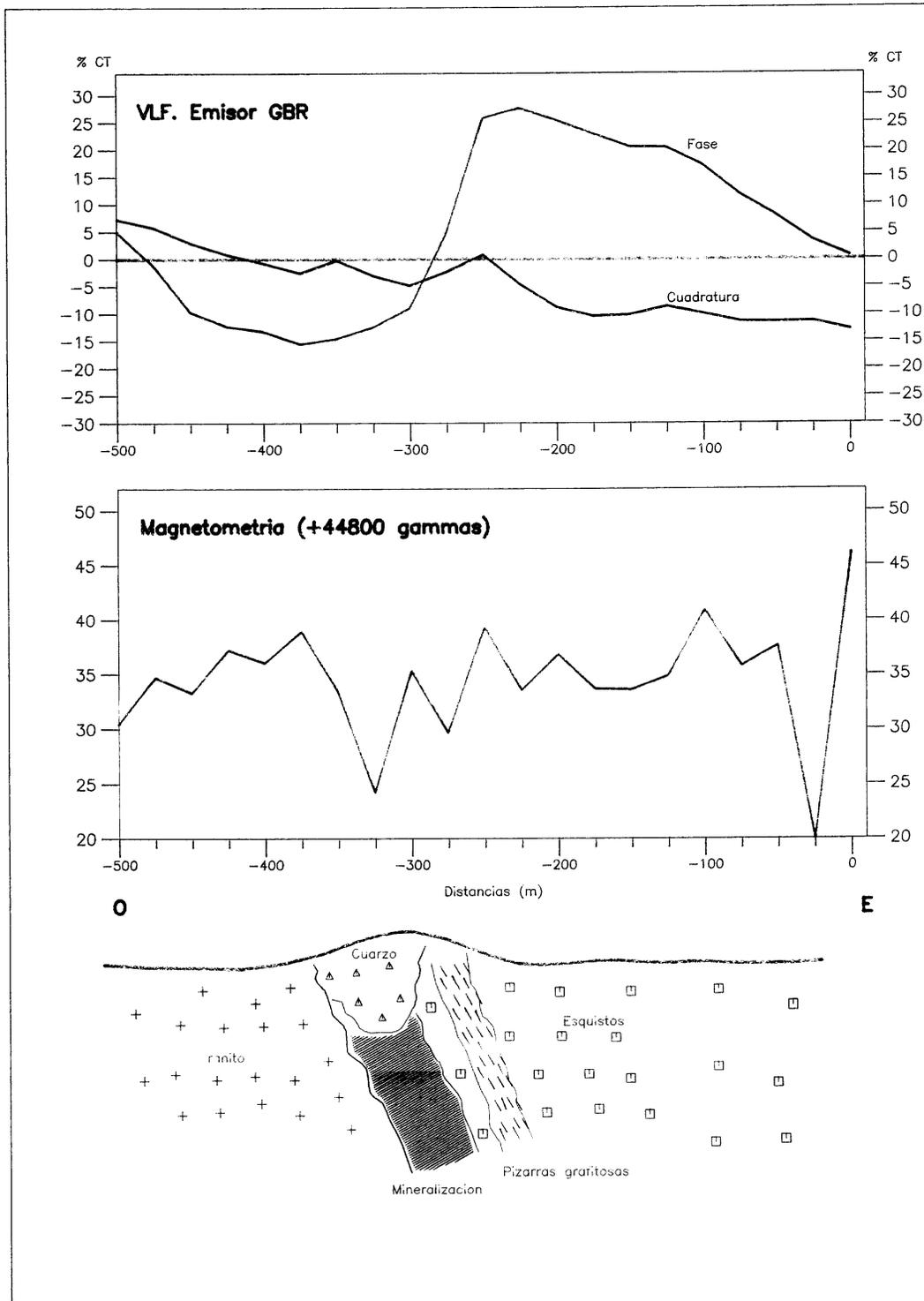


Figura 6.- Sección geológica y respuestas geofísicas (mag+VLF) en el Perfil 5

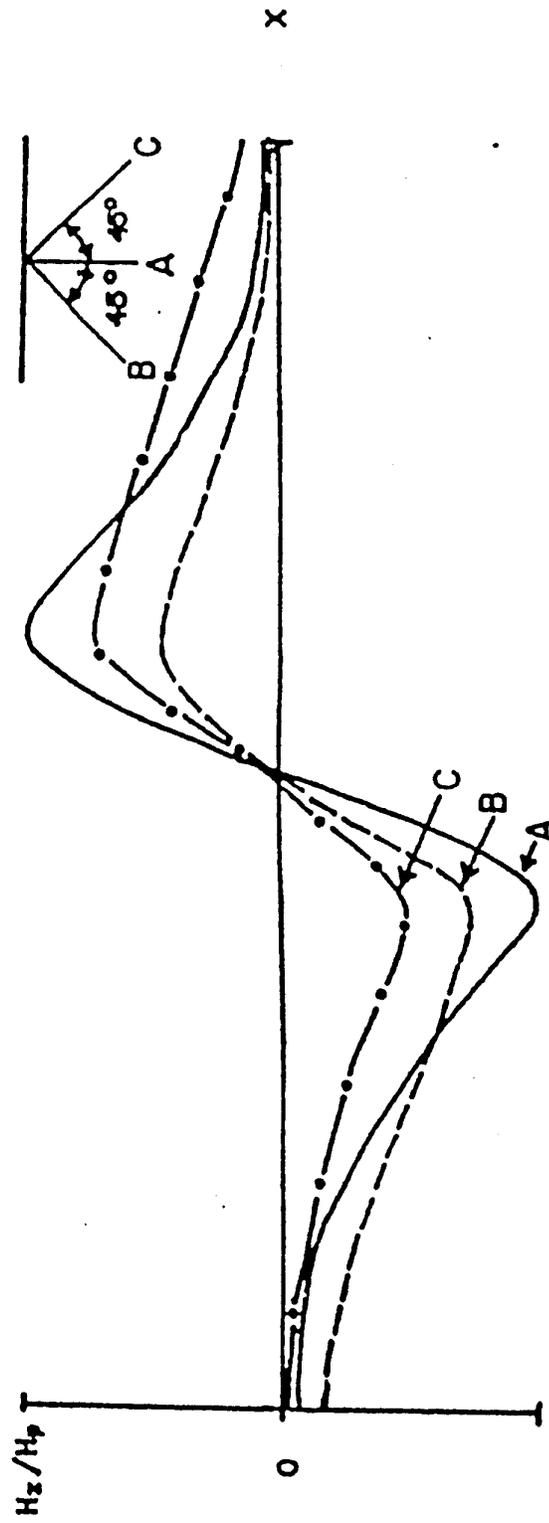


Figura 7.- Modelos de respuesta VLF.

4.2.1. Emisor GBR/GBZ. -

El análisis detallado de los perfiles ha permitido identificar la serie de anomalías que se reflejan en el Plano nº 6. El criterio utilizado en su determinación ha sido tanto la morfología de los perfiles, como la continuidad lateral y posibilidad de correlación de las anomalías.

Así por ejemplo entre los Perfiles 4 y 8 se identifica una anomalía bien definida, asociada al contacto entre las Unidades III y IV. En el Perfil 5 la anomalía coincide con la posición de la zona mineralizada aunque no podemos establecer hasta que punto viene producida por las pizarras grafitosas (ver Figura 6) o por la propia mineralización.

Al mismo tiempo que las anomalías que consideramos significativas, señalamos las zonas donde las medidas son menos fiables al estar influenciadas por ruido de tipo cultural, líneas eléctricas principalmente.

4.2.2. Emisor JXN. -

A priori cabía esperar que esta serie de medidas fuera enteramente similar a la anteriormente comentada, cosa que sucede en sus rasgos generales.

Las diferencias más significativas entre ellas son: Menor amplitud de la señal del emisor JXN y cambios de polaridad en algunos perfiles. Por ejemplo se puede apreciar este hecho en los Perfiles del 4 al 8.

La definición de anomalías es menos acusada en esta serie de medidas que en la correspondiente al emisor GBR/GBZ. No obstante señalamos de forma diferenciada en el Plano nº 6 las que hemos considerado significativas. Mayoritariamente coinciden con las del emisor GBR/GBZ.

Es fácil apreciar en el Plano nº 6 que las anomalías VLF no se asocian exclusivamente a un accidente o a un contacto entre unidades litológicas. En ciertos casos se pueden correlacionar con la gran fractura de rumbo N-S reflejada en la cartografía geológica; mientras que en otros están en el entorno del contacto entre las Unidades III y IV. Sea cual sea su origen, éste es un elemento de tipo tabular y comportamiento conductor que puede explicarse como zonas de falla con o sin mineralización, o como niveles grafitosos.

4.3. PERFILES EM DE DOMINIO DE TIEMPOS.-

4.3.1. Medidas con dispositivo de bucle transmisor fijo.-

En la Figura 5 queda representada la morfología de los perfiles correspondientes a un medio homogéneo.

Limitándonos a las lecturas en uno de los lados del bucle pueden apreciar algunos aspectos significativos de la respuesta del medio homogéneo en los perfiles de la Figura 8. Uno de los elementos más característicos es el punto A donde se produce la inversión de las lecturas para canales sucesivos. Su posición varía, alejándose del bucle transmisor, cuando la respuesta corresponde a un semiespacio rocoso de tipo homogéneo. Cuando la inversión en el signo de las lecturas 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 medio rocoso.

Superpuestas 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.

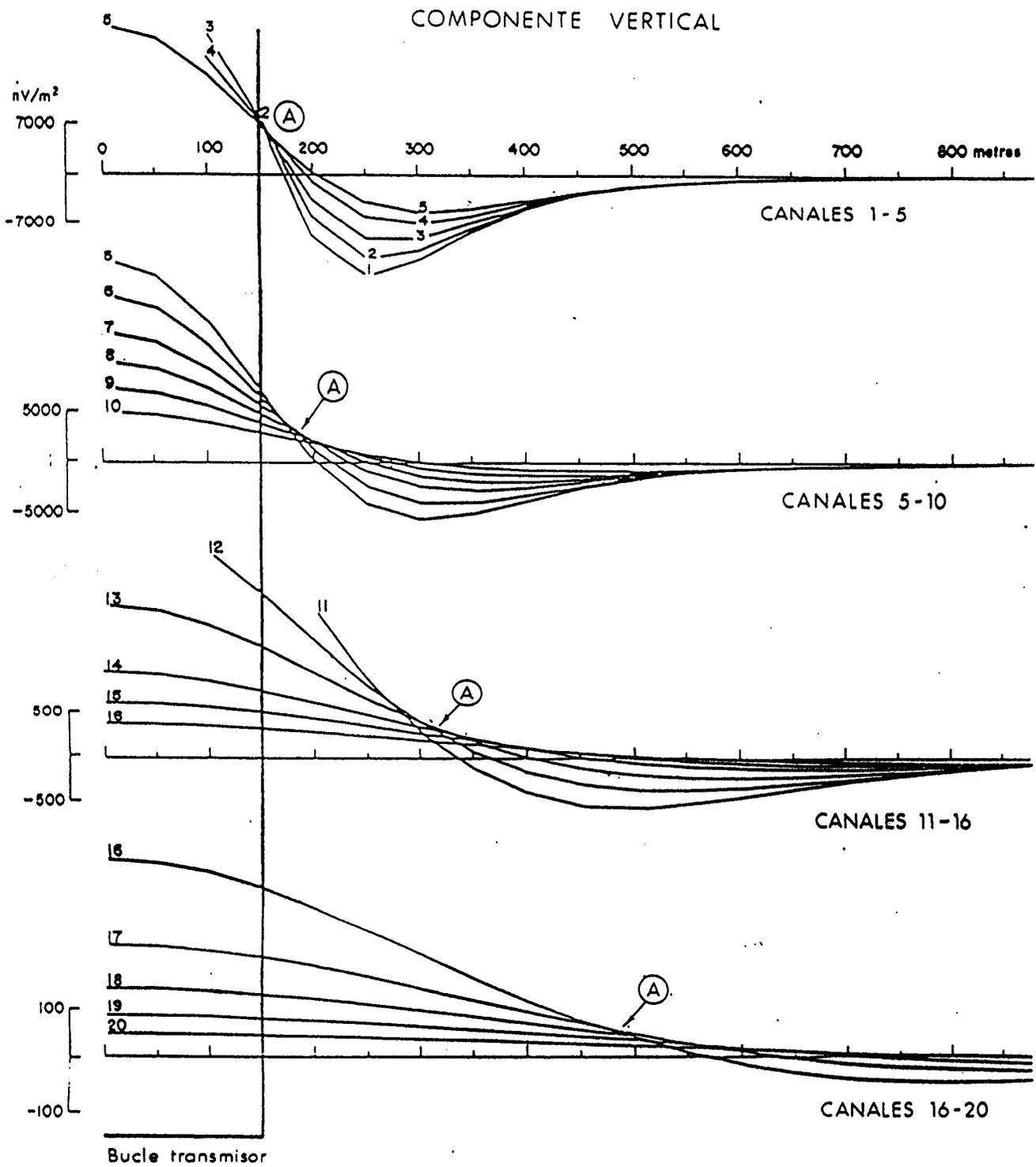


Figura 8.- Aspectos significativos de las medidas de la componente vertical correspondiente a un medio homogéneo.

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 9.

Así cuando el conductor se dispone subverticalmente, la componente vertical medida a lo largo del perfil para un tiempo cualquiera muestra una anomalía dipolar con paso por cero en la vertical de la cabecera del conductor. Si el conductor es horizontal su respuesta específica presenta un máximo sobre el mismo.

Desde la perspectiva aportada por los modelos anteriores se ha realizado la interpretación de los datos medidos en nuestro caso.

Una valoración global de las medidas manifiesta la presencia de una anomalía conductora en todos los perfiles: No existe migración lateral del punto A donde se invierte la polaridad de los datos. Sin embargo existen diferencias cualitativas en la morfología de los perfiles a lo largo del área de estudio que pueden ser indicativas de variaciones en la naturaleza de los elementos causantes de la anomalía en cuestión. Considérense al respecto los perfiles 5, 125 y 20 por ejemplo.

La práctica totalidad de los métodos de interpretación de este tipo de datos asume que la respuesta es debida exclusivamente a la inducción según el mecanismo que describimos a continuación: Se establece un campo eléctrico (eddy current) en los conductores del subsuelo por el campo magnético rápidamente cambiante que se genera al cortar el paso de los pulsos de corriente en el bucle transmisor. La variación con el tiempo del citado campo eléctrico se mide en superficie, bien mediante el campo magnético asociado o bien a través de su derivada respecto al tiempo.

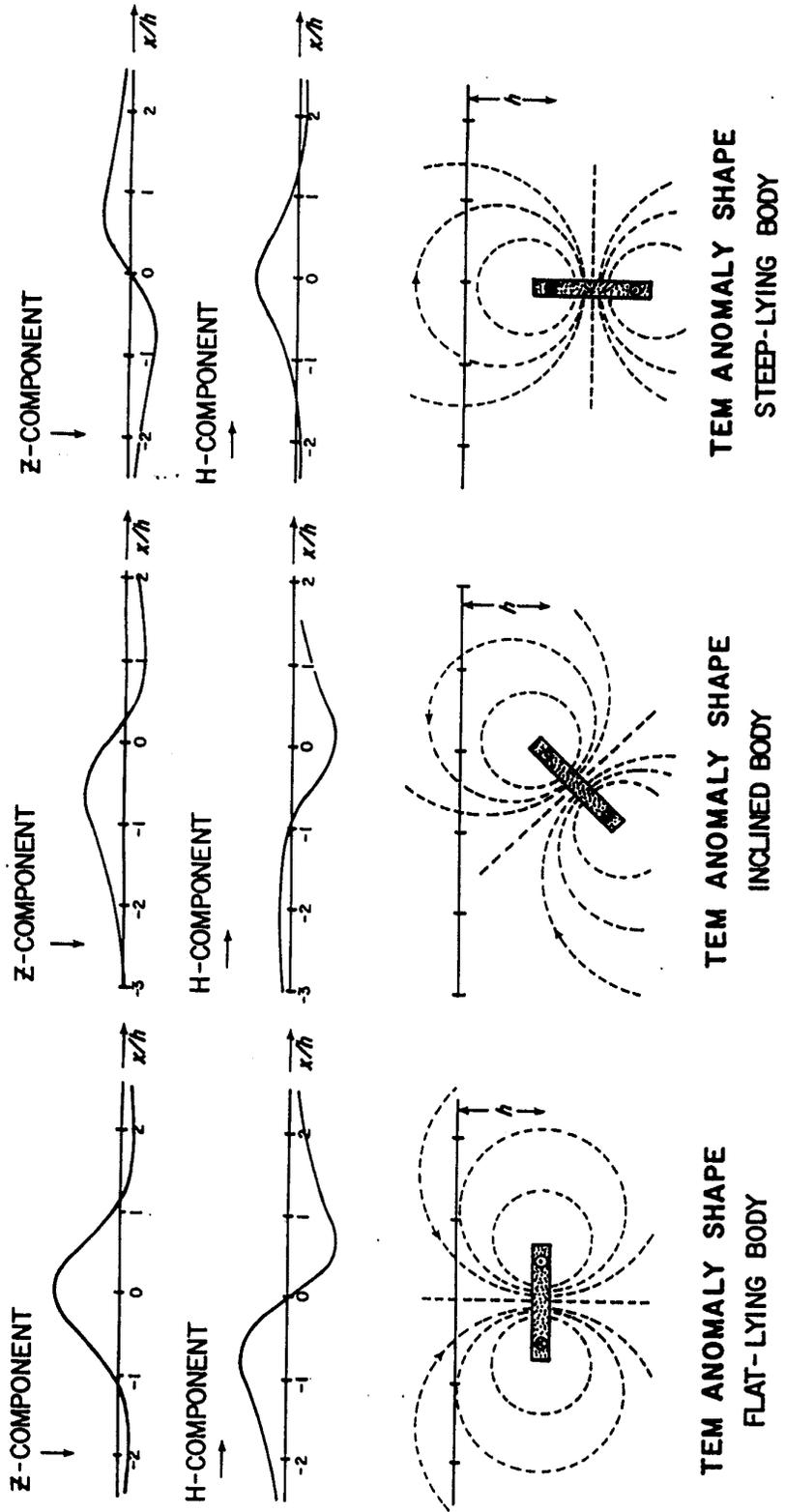


Figura 9.- Respuestas EM correspondientes a un conductor de tipo tabular.

En exploración minera este tipo de medidas se caracteriza por un comportamiento complejo que modifica la respuesta de los modelos inductivos simples (Velikin and Bulgakov 1.967, Nabighian 1970, Wait and Spies 1.969). Las distorsiones más comunes se definen en las referencias bibliográficas como «current gathering» y «current channeling» y deben ser consideradas como una combinación de inducción y conducción.

Ambos términos se usan sin que exista una definición precisa de cada uno de ellos. Como «Current channeling» se define la restricción en la migración de las corrientes de difusión (eddy currents) debido a una barrera resistiva o a la presencia de un conductor localizado, cuando éste tiene unas dimensiones muy superiores a las del bucle transmisor.

Cuando las corrientes de difusión migrando a través del recubrimiento o del medio rocoso, de carácter conductor, se concentran en zonas localmente más conductoras también se modifica la respuesta inductiva y se define el fenómeno como «current gathering».

En nuestro caso tenemos la sospecha fundada de que la respuesta obtenida se inscribe en la categoría de «current channeling» debido al efecto conductor, no específicamente inductivo de determinados elementos litológicos (pizarras grafitosas) o estructurales (zonas de fractura) localizados dentro de la banda de cizalla donde se han centrado los trabajos.

Apoyamos el comentario en los cálculos realizados sobre un considerable número de modelos acordes con el conocimiento geológico sobre la zona de trabajo. Han sido multitud los modelos considerados en función de las variaciones de sus parámetros característicos. En todos ellos el supuesto cuerpo anómalo de carácter conductor se ha simplificado como una placa de gran desarrollo lateral. Estos son los parámetros a que nos hemos referido:

- Posición de la placa y buzamiento.
- Conductancia de la placa.
- Resistividad del medio encajante.

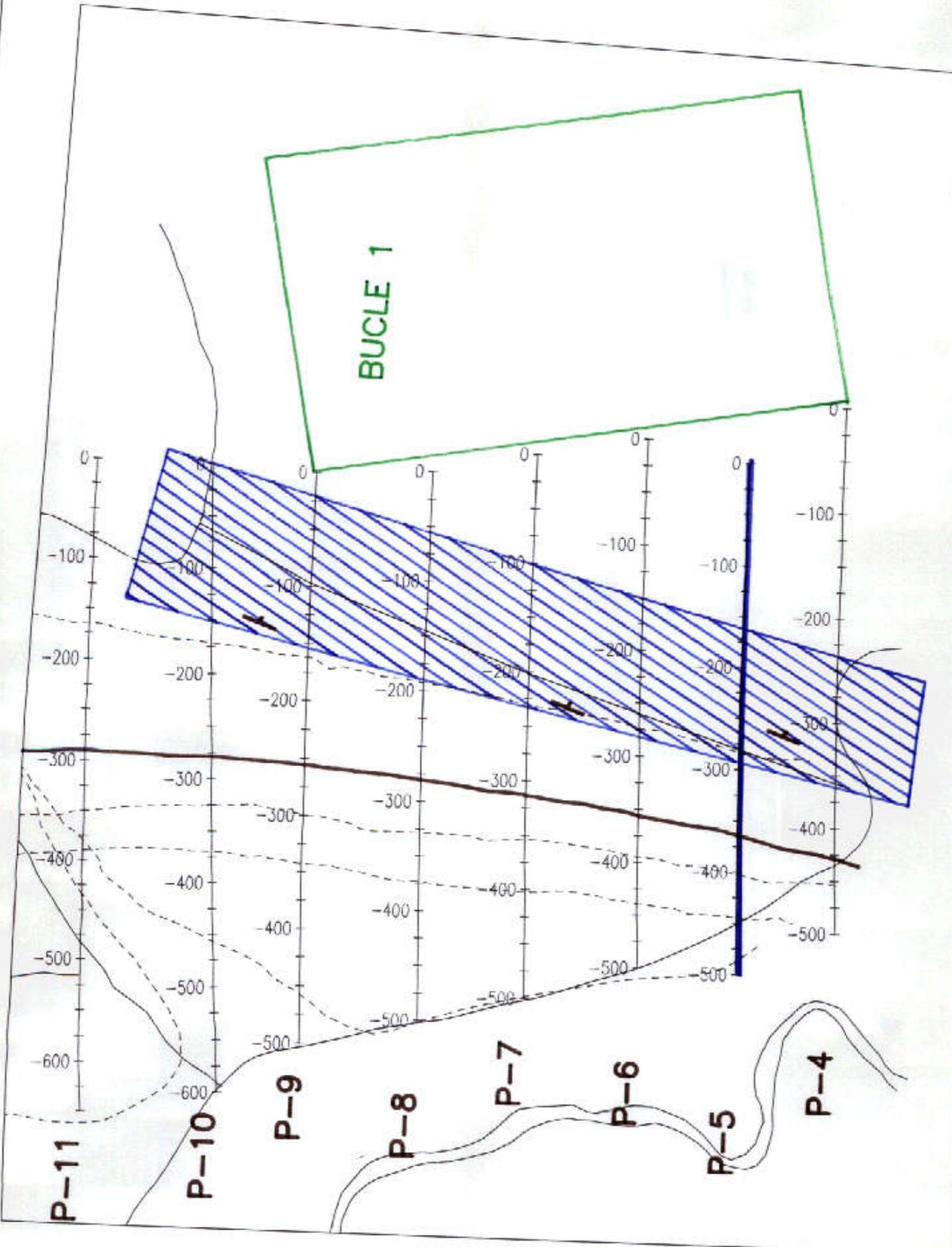
A modo de resumen de la modelización nos remitimos a las Figuras 10 y 11 que corresponden a los cálculos realizados para el Perfil 5, utilizando los mismos parámetros con que se llevó a cabo la toma de datos en ese perfil. En la Figura 11 a) se puede apreciar que la respuesta obtenida (para los canales del 1 al 5) para un semiespacio homogéneo de 1000 ohm.m es muy diferente de las medidas de campo, lo que confirma la existencia de un elemento conductor en el subsuelo. La Figura 11 b) muestra los resultados correspondientes a la respuesta del semiespacio más una placa conductora que representa un posible conductor de tipo tabular. Su posición y buzamiento se ha establecido de acuerdo con la cartografía geológica. En este caso se aprecia una mayor similitud entre los datos teóricos y los datos reales, con práctica coincidencia en la primera mitad del perfil. Interpretamos este hecho como indicativo de que:

- 1.- Existe un conductor tabular en la posición en que hemos situado la placa en nuestro modelo.
- 2.- Por si solo tal modelo no justifica plenamente la respuesta medida en campo luego caben al respecto dos posibles explicaciones.
 - a) Que el semiespacio rocoso no es homogéneo y existe un acusado contraste de resistividad entre el granito y los micaesquistos situados a uno y otro lado de la banda de cizalla.
 - b) Que exista un «efecto channelling» asociado a la misma.

Ninguna de estas hipótesis puede modelizarse con la tecnología actual. La alternativa para discernir hasta que punto se trata de anomalías asociadas a un conductor de tipo tabular o son debidas a la heterogeneidad del semiespacio rocoso sería las medidas de alguna componente horizontal (M.J. Wilt, 1991). Incluimos un ejemplo en el Anexo 2.

E 1/5,000

BUCLE 1



0

PERFIL 5

E

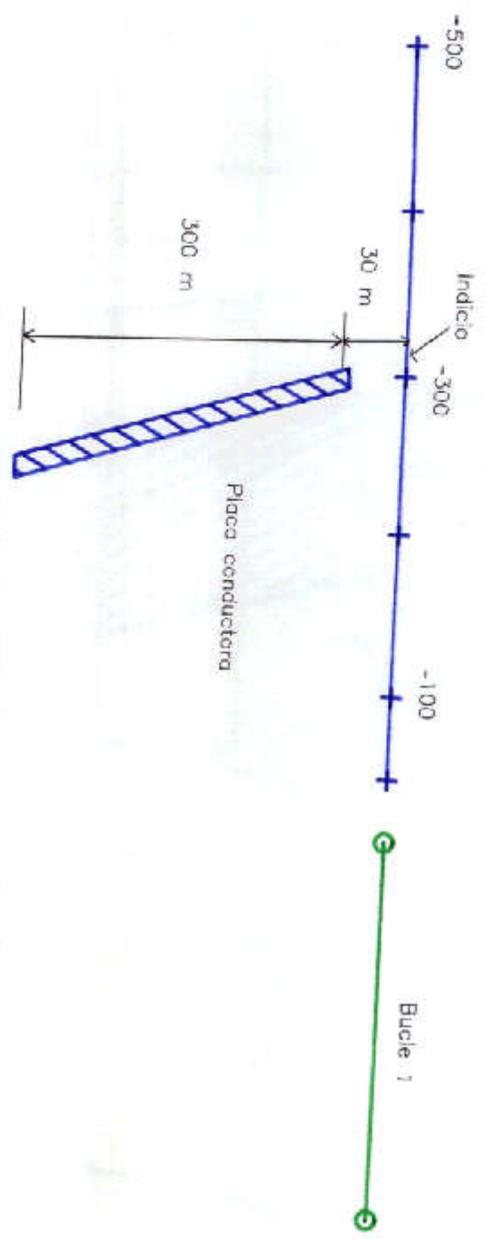
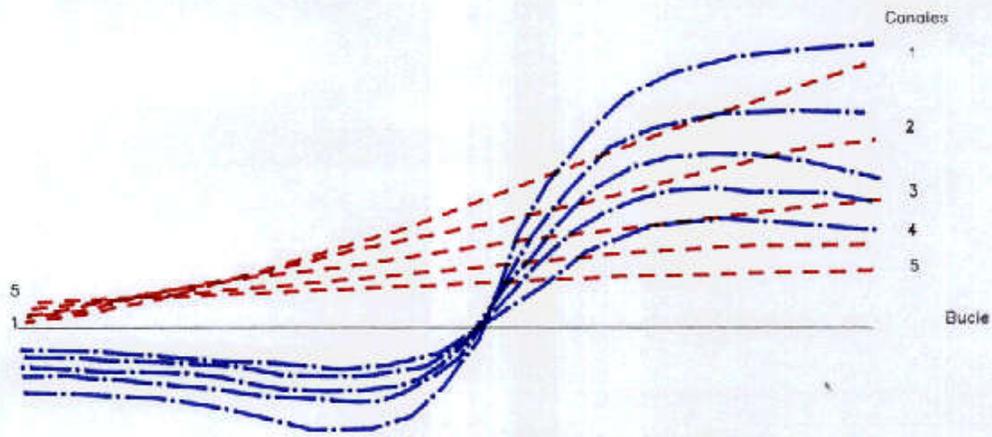
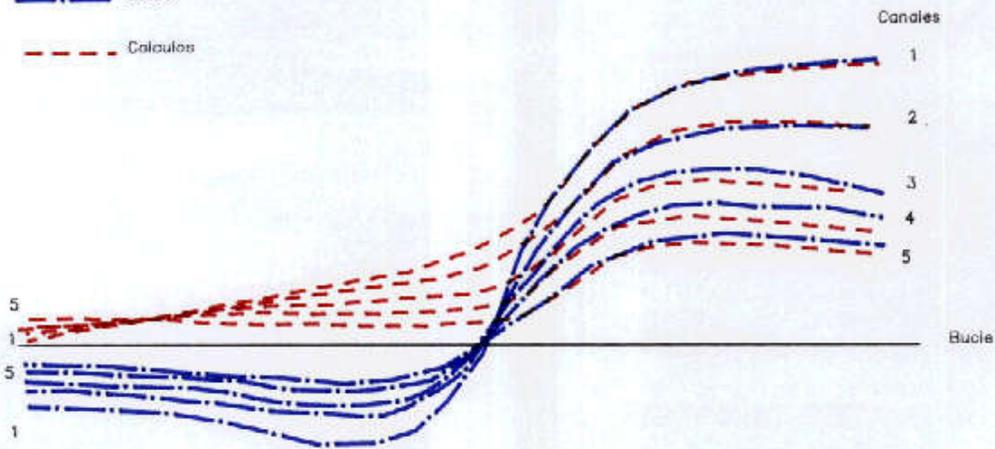


Figura 10.- Esquema de la modelización realizada en el Perfil 5.



a) Semiespacio homogéneo de 1000 ohm-m

—•—•— Datos
 - - - - - Calculos



b) Semiespacio de 1000 ohm-m
 mas placa conductora

Figura 11.- Analisis de la respuesta EM con dispositivo TURAM en el Perfil 5

Otro tipo de perfiles que vale la pena comentar son los números del 19 al 21 por el hecho de que presentan una morfología muy particular, como también lo es la de los perfiles 22 al 25 aunque diferente a la de los anteriores.

Los intentos de modelización realizados sobre ellos han aportado resultados similares a los del perfil descrito anteriormente. Por ello el único comentario que cabe realizar al respecto es que su diferente respuesta en términos cualitativos justifica el reconocimiento de la correspondiente anomalía mediante sondeos mecánicos.

4.4. MEDIDAS CON DISPOSITIVO DE BUCLES MOVILES.-

Representamos en la Figura 12 el estilo de la respuesta producida por un conductor de tipo tabular en disposición vertical y con un buzamiento significativo.

Esta Figura se ha tomado de la publicación «Profiling methods using small sources» de Frischknecht et al, 1.991.

En ella se observa que la anomalía está constituida por un mínimo centrado en la cabecera del conductor y dos máximos a ambos lados del mínimo. Los máximos son simétricos en el caso de un conductor vertical y asimétricos cuando éste buza, siendo de mayor amplitud el situado en el sentido del buzamiento.

Estos rasgos son fácilmente reconocibles en las medidas del Perfil 10 que presentamos en las Figuras 13 y 14 y también en los del Perfil 5 incluidas al final del Anexo 1. Ambas confirman la existencia de un conductor de morfología tabular, buzando al Este y cuya cabecera situada en el entorno de la estaca 225 (Perfil 10). El hecho de que se manifieste en todos los canales leídos es indicativo de que se localiza relativamente superficial y de que tiene continuidad en una profundidad que estimamos superior a 100 metros.

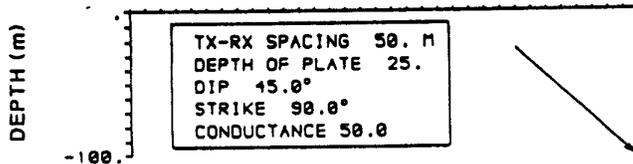
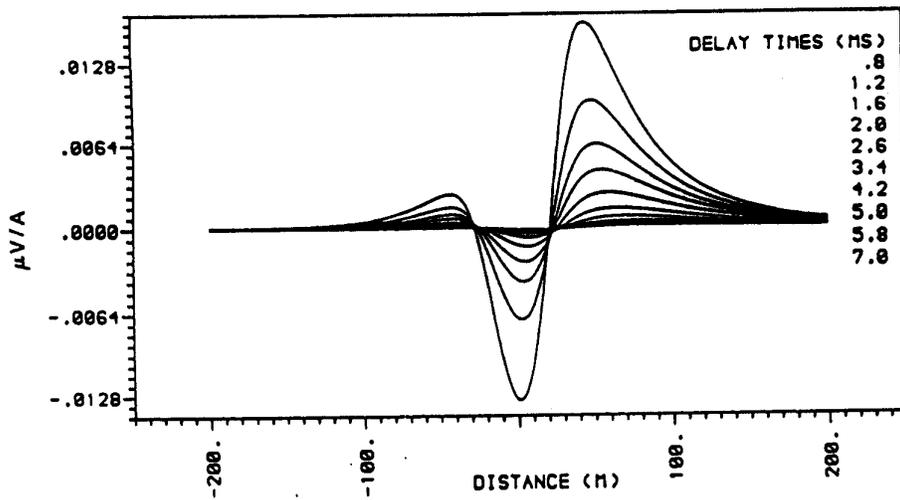
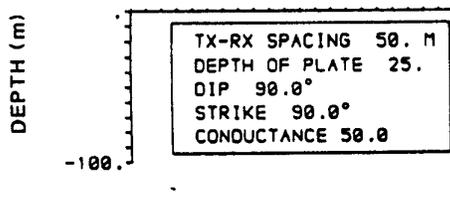
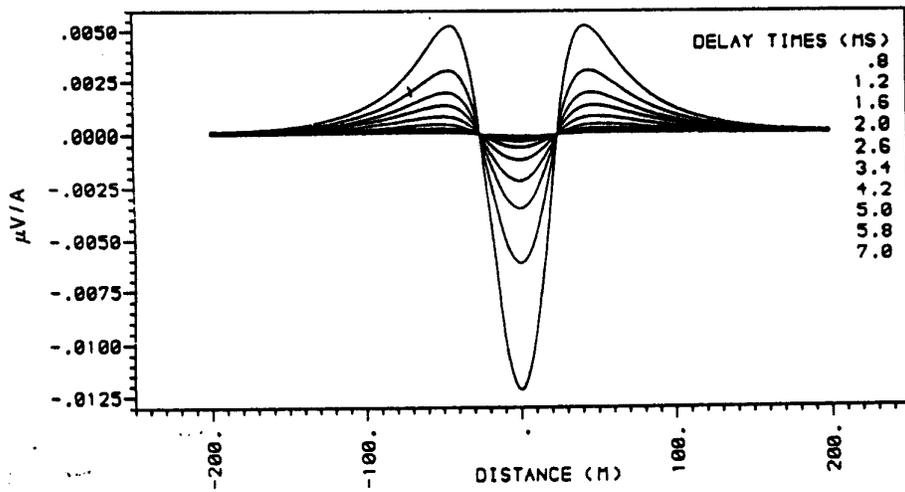


Figura 12.- Anomalías teóricas correspondientes a medidas con dispositivo de bucles móviles.

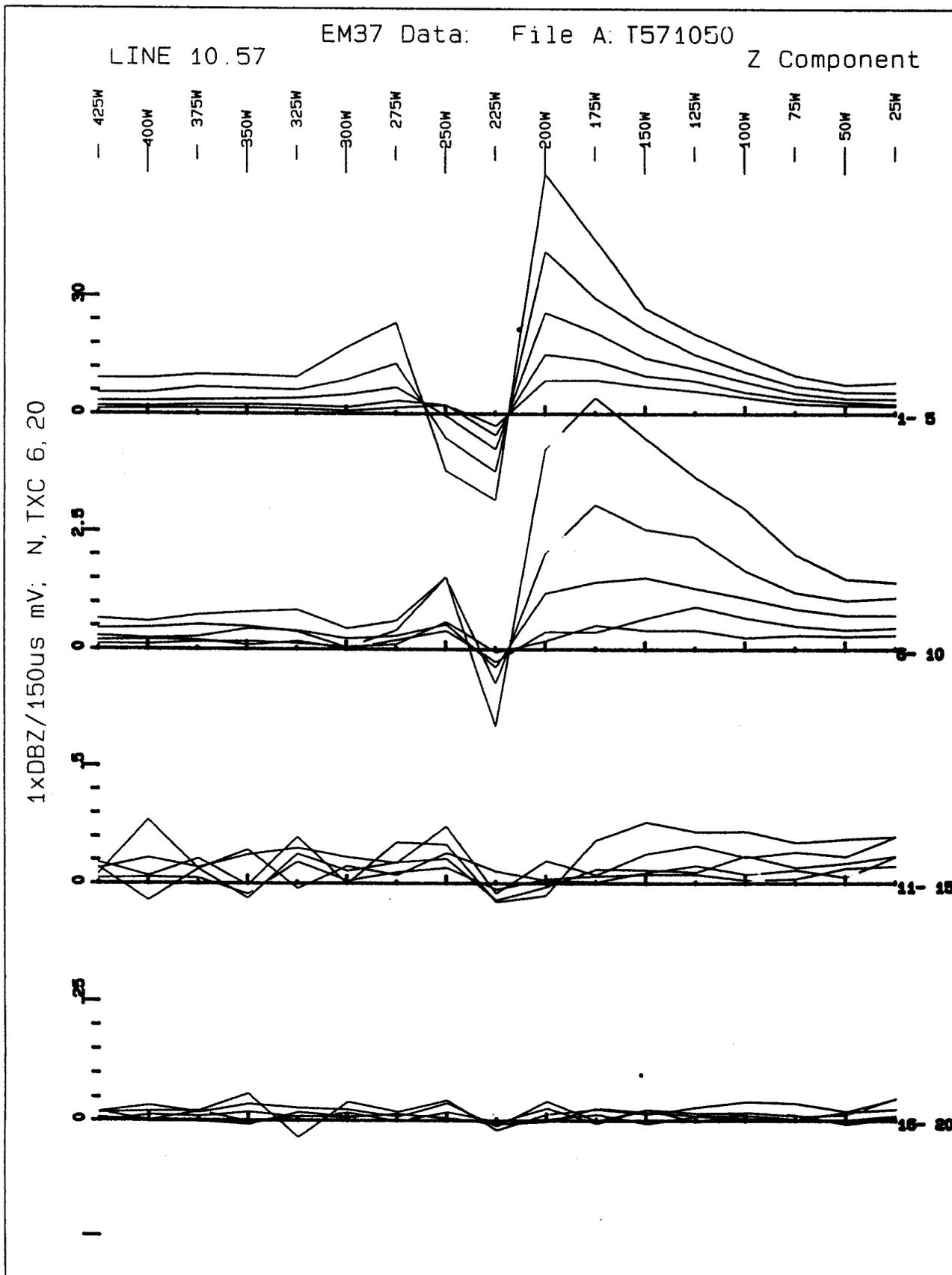


Figura 13.- Medidas en el Perfil 10 con bucles móviles y 25 metros de espaciado.

LINE 10.57

EM37 Data: File A: T571025

Z Component

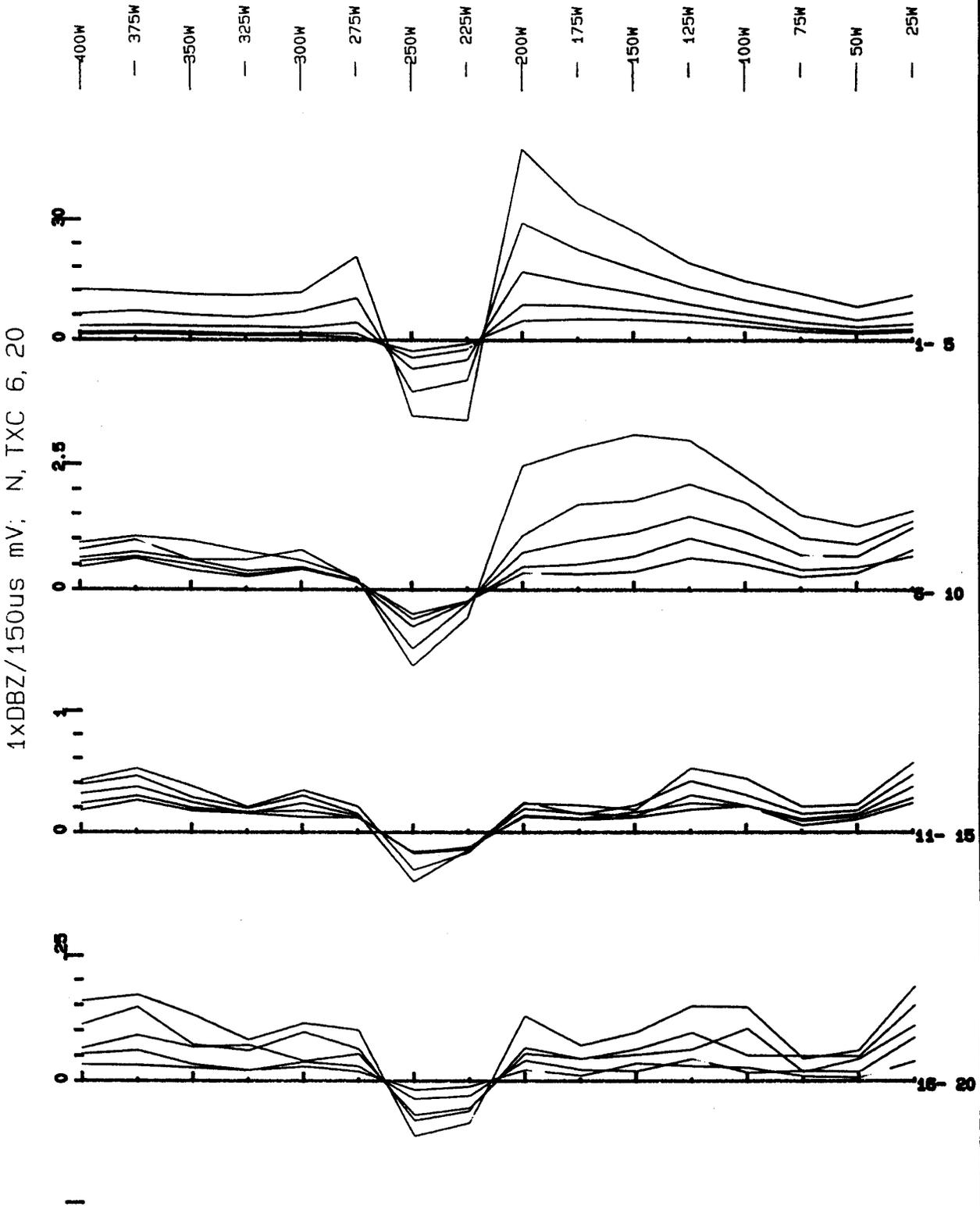


Figura 14.- Medidas en el Perfil 10 con bucles móviles y 50 metros de espaciado.

Rasgos similares son identificables en las medidas del Perfil 5 aunque éstas son de menor calidad, especialmente en lo que concierne a las tomadas con espaciados de 50 metros.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

El programa de trabajo previsto para la zona de Tomiño se ha desarrollado en su totalidad incluyendo las siguientes unidades de obra:

- 1012 estaciones magnetométricas.
- 1012 estaciones VLF con dos emisores.
- 14'85 Km de calicatas EM de Dominio de Tiempos con dispositivo de bucle fijo.
- 1'25 Km de calicatas EM de Dominio de Tiempos con dispositivo de bucles móviles.

Los resultados obtenidos se resumen en los siguientes apartados.

a) Los datos magnetométricos no revelan ninguna anomalía significativa. De modo general tienen un carácter ruidoso, especialmente en las proximidades de zonas con alambradas, casas y líneas eléctricas.

b) En las medidas VLF se identifican una serie de anomalías interpretables como elementos conductores de tipo tabular, con notable continuidad lateral. Generalmente estos conductores se localizan en la Unidad III (Esquistos, meta-reniscas y cuarcitas) o en su contacto con la Unidad IV (Micaesquistos moscovíticos).

c) Las medidas VLF en la esquina NO están afectadas por un elevado nivel de ruido, debido a una línea eléctrica de alta tensión y por tanto no son interpretables.

d) Mediante las medidas EM de Dominio de Tiempos se definen anomalías de carácter conductor que interpretamos de forma similar a las medidas VLF en lo que se refiere a la localización del supuesto cuerpo anómalo. Las diversas modelizaciones realizadas definen el buzamiento del mismo hacia el Este con un valor del orden de 75°.

e) El punto anterior queda confirmado de forma inequívoca en las medidas EM llevadas a cabo con dispositivo de bucles móviles en el Perfil 5 y más especialmente en el Perfil 10.

Teniendo en cuenta las particularidades de la respuesta del método EM en diversos perfiles, proponemos el reconocimiento de las anomalías más significativas mediante los siguientes sondeos mecánicos. Ello al margen de que por otras consideraciones basadas en datos geológicos o geoquímica se modifique el programa que proponemos.

Sondeo nº 1.-

En el Perfil 10 con el objetivo de intersectar al conductor, cuya cabecera se localiza en la vertical de las estacas 225-250, a una profundidad de 40-50 metros.

Sondeo nº 2.-

En el Perfil 125. su objetivo es cortar la vertical de la estaca 225 a 40-50 metros de profundidad.

Sondeo nº 3.-

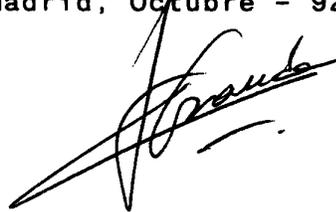
El objetivo en este caso es la vertical de la estaca 300 del Perfil 18 a una profundidad similar a los anteriores.

Sondeo nº 4.-

En el Perfil 21 para cortar la vertical de la estaca 325 a 40-50 metros de profundidad.

Dependiendo de los resultados debe considerarse la posibilidad de realizar en un mismo punto sondeos con diferentes inclinaciones para reconocer la misma anomalía a varios rangos de profundidad. Recomendamos asimismo que los sondeos se entuben en PVC para permitir la posterior ejecución de registros geofísicos, si a la vista de los resultados se considera conveniente.

Madrid, Octubre - 92.



Fdo.: Angel GRANDA.
Ingeniero de Minas.

BIBLIOGRAFIA.-

- Electromagnetic Method in Applied Geophysics.
Volumen 2. Application, Part A. SEG. 1.991.
- Limitations of large-loop transient EM surveys in
conductive Terreins. B.R. Spies et al. Geophysics,
Vol. 49, nº 7. July 1.984.
- Interpretation of Time domain EM soundings near
Geological Contacts. M.J. Wilt. (Ph. D. Thesis)
1.991.

ANEXO 1.-

PERFILES EM DE DOMINIO DE TIEMPOS.

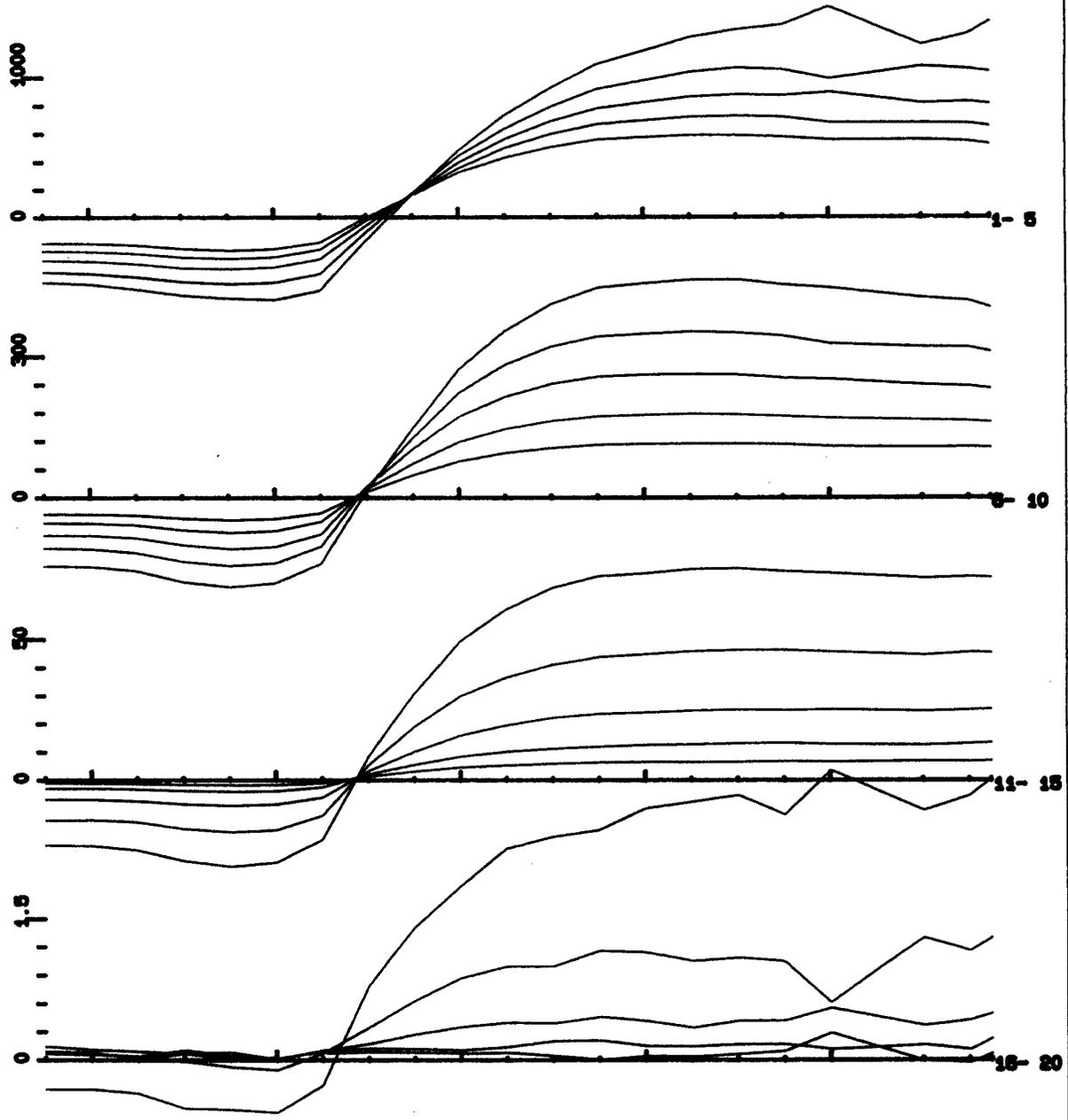
EM37 Data: File A: TOMINO

LINE 04

Z Component

- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 50W
- 25W
- 13W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20



EM37 Data: File A: TOMINO

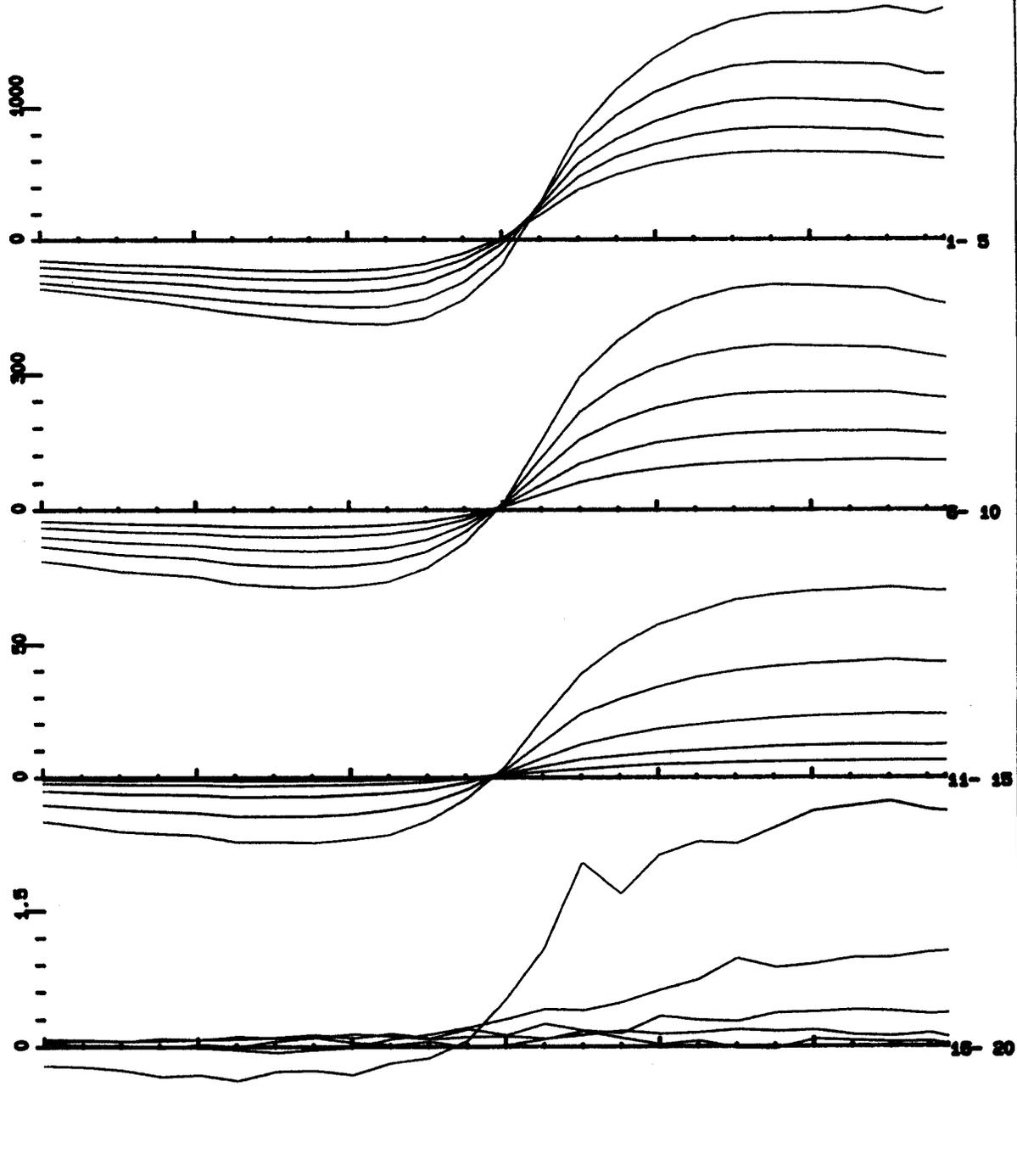
LINE

05

Z Component

- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 13W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20



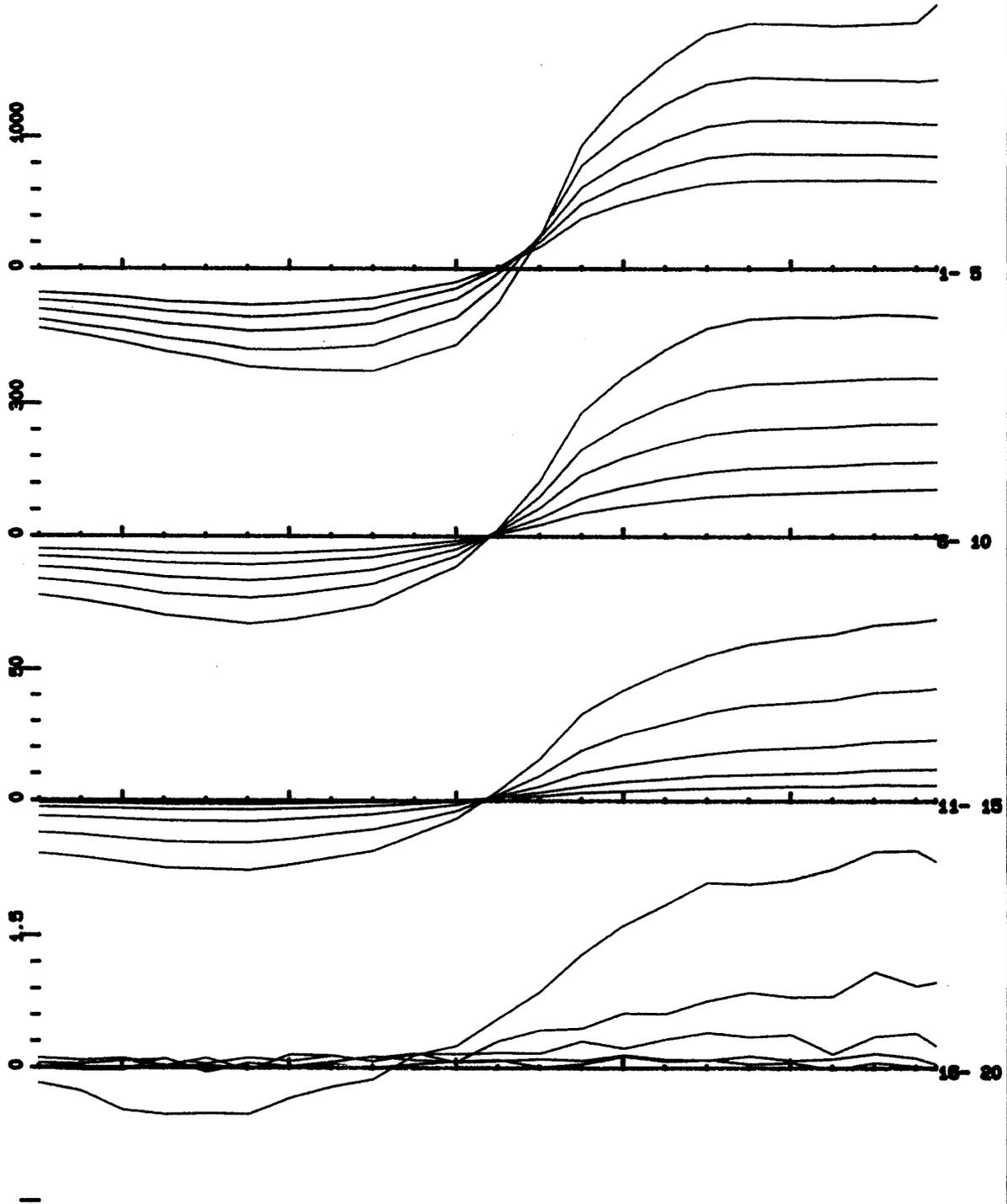
EM37 Data: File A: TOMINO

LINE 06

Z Component

- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 13W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20



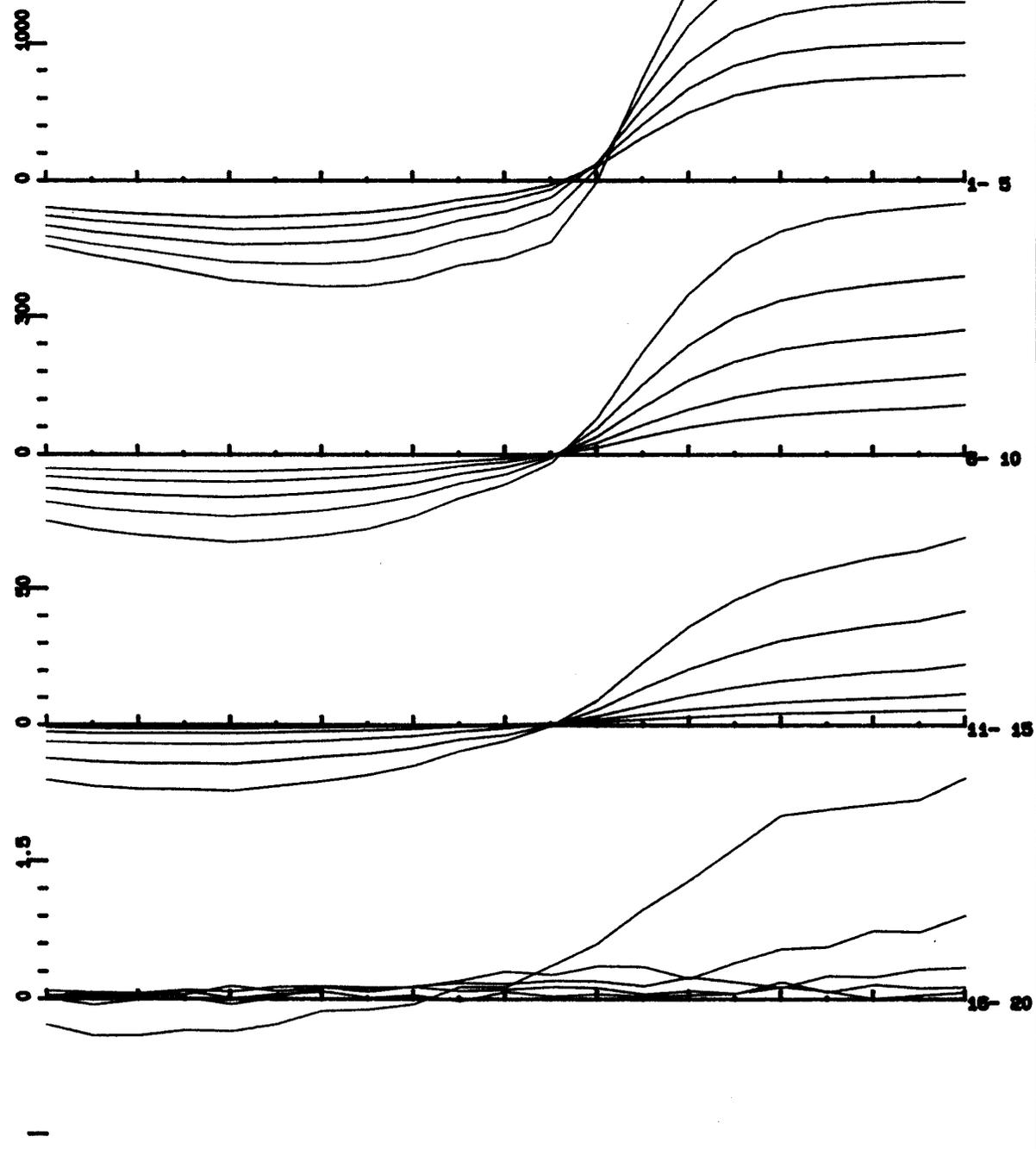
LINE 07

EM37 Data: File A: TOMINO

Z Component

500W
475W
450W
425W
400W
375W
350W
325W
300W
275W
250W
225W
200W
175W
150W
125W
100W
75W
50W
25W
0W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20

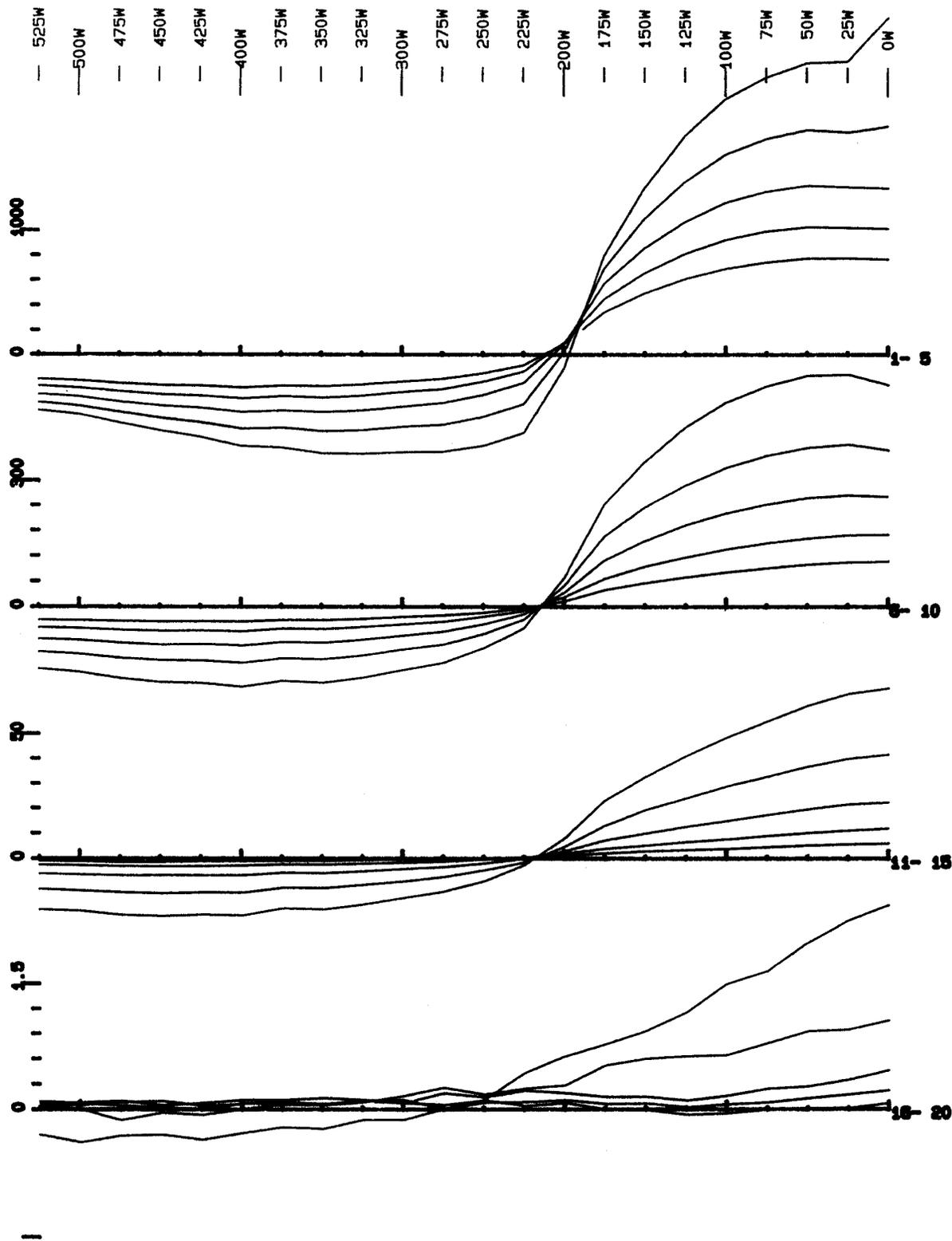


EM37 Data: File A: TOMINO

LINE 08

Z Component

1XDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20



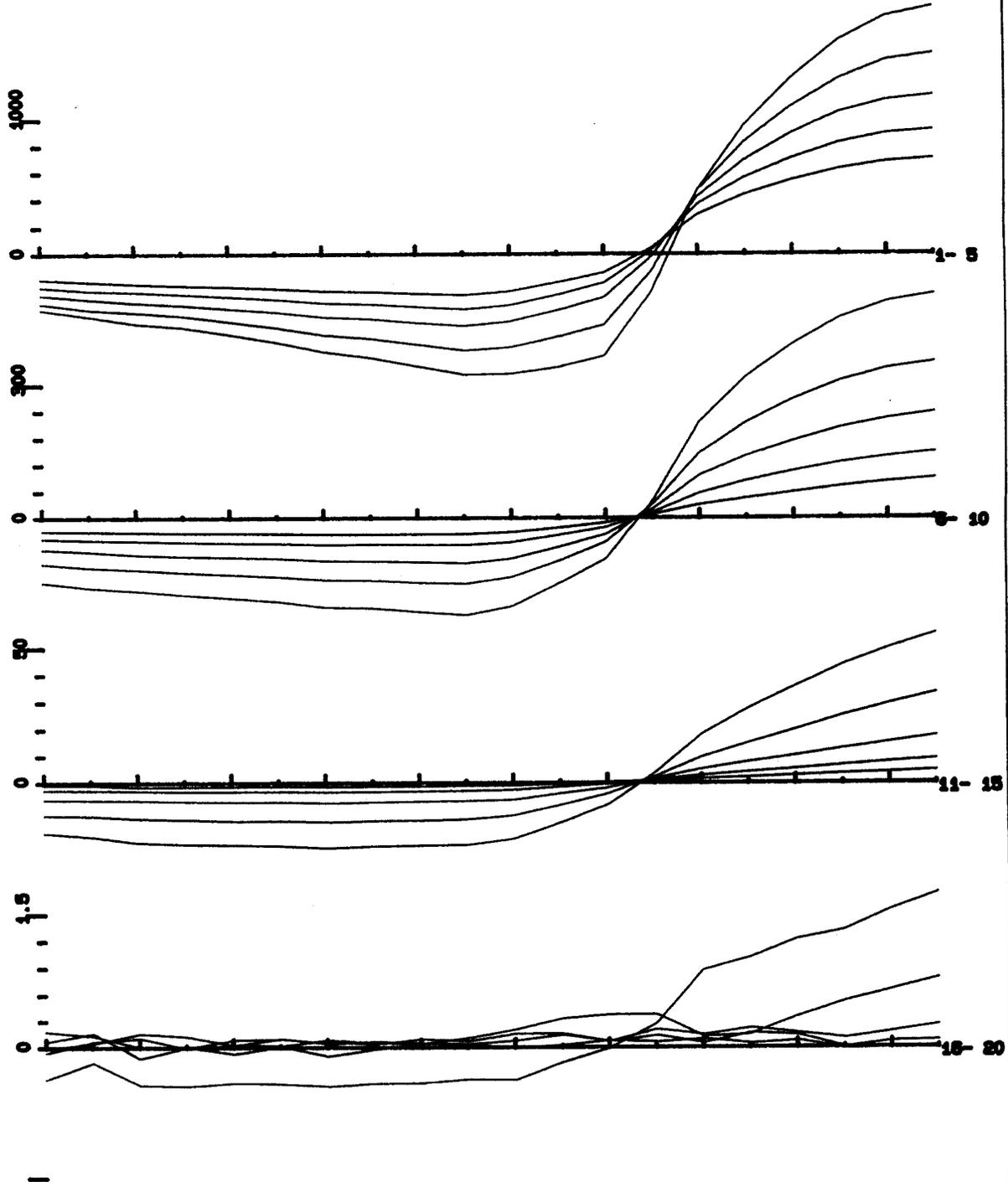
EM37 Data: File A: TOMINO

LINE 09

Z Component

- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20



EM37 Data: File A: TOM2

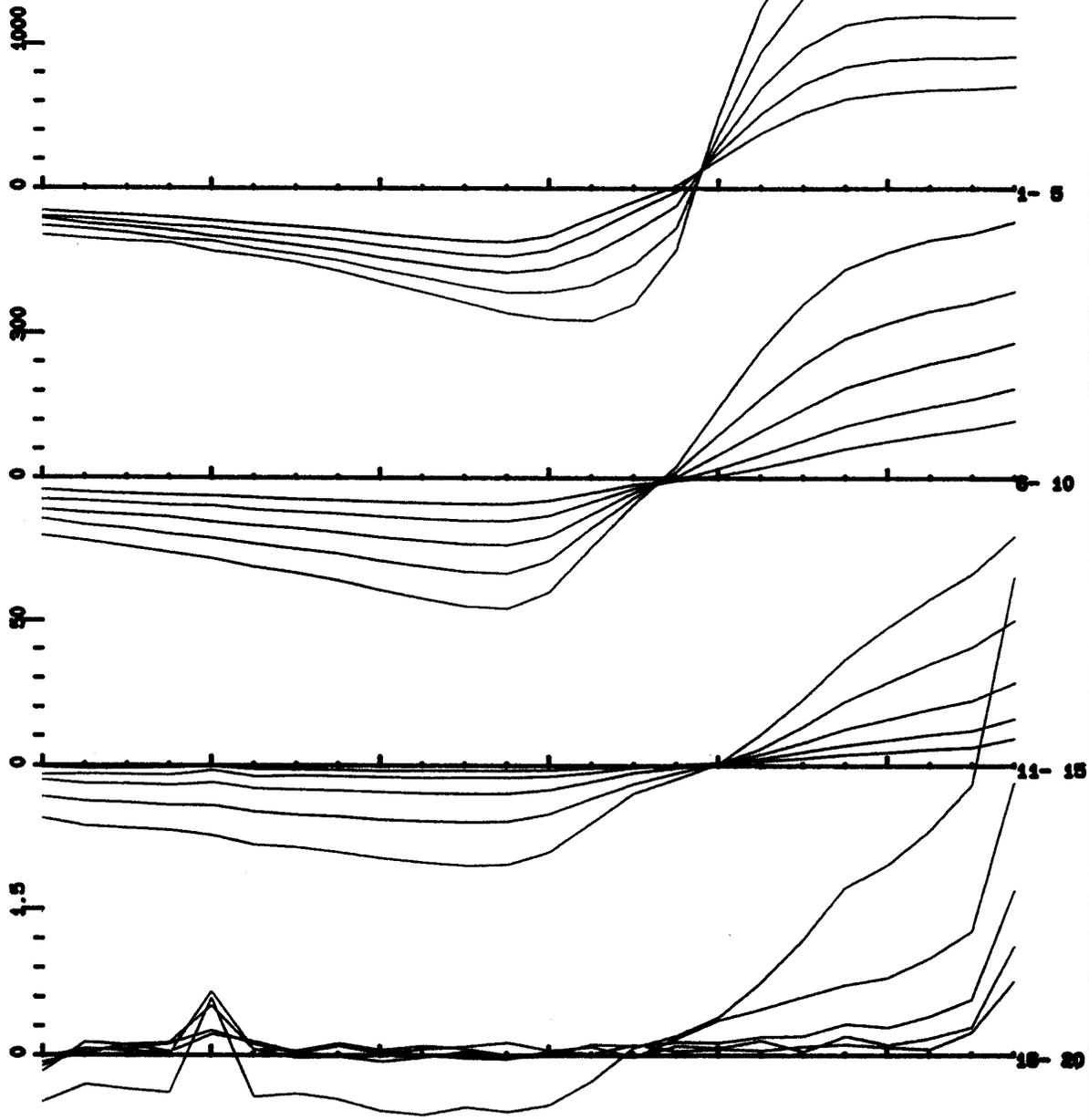
LINE

10

Z Component

- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20



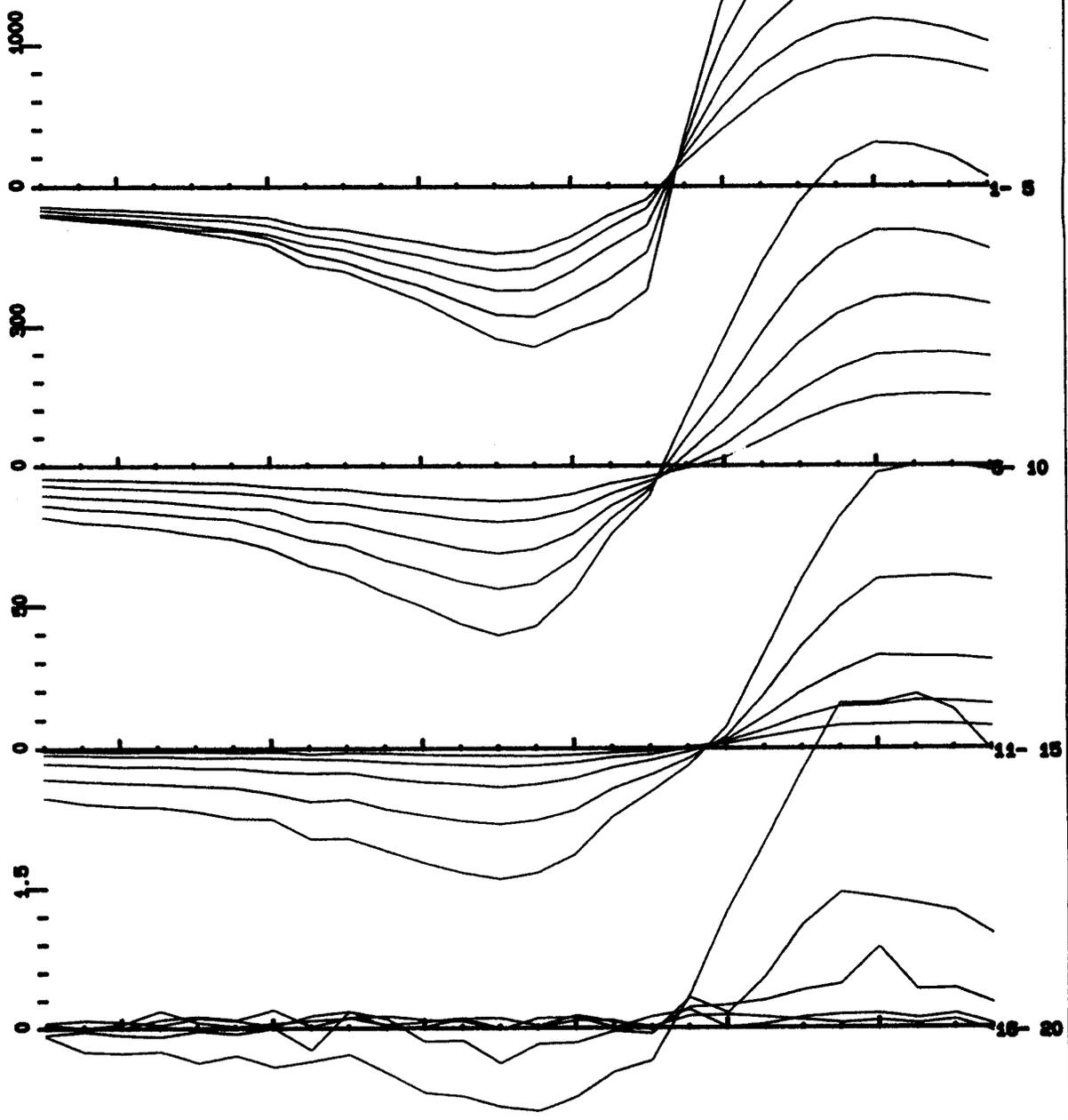
EM37 Data: File A: TOM2

LINE 11

Z Component

- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20



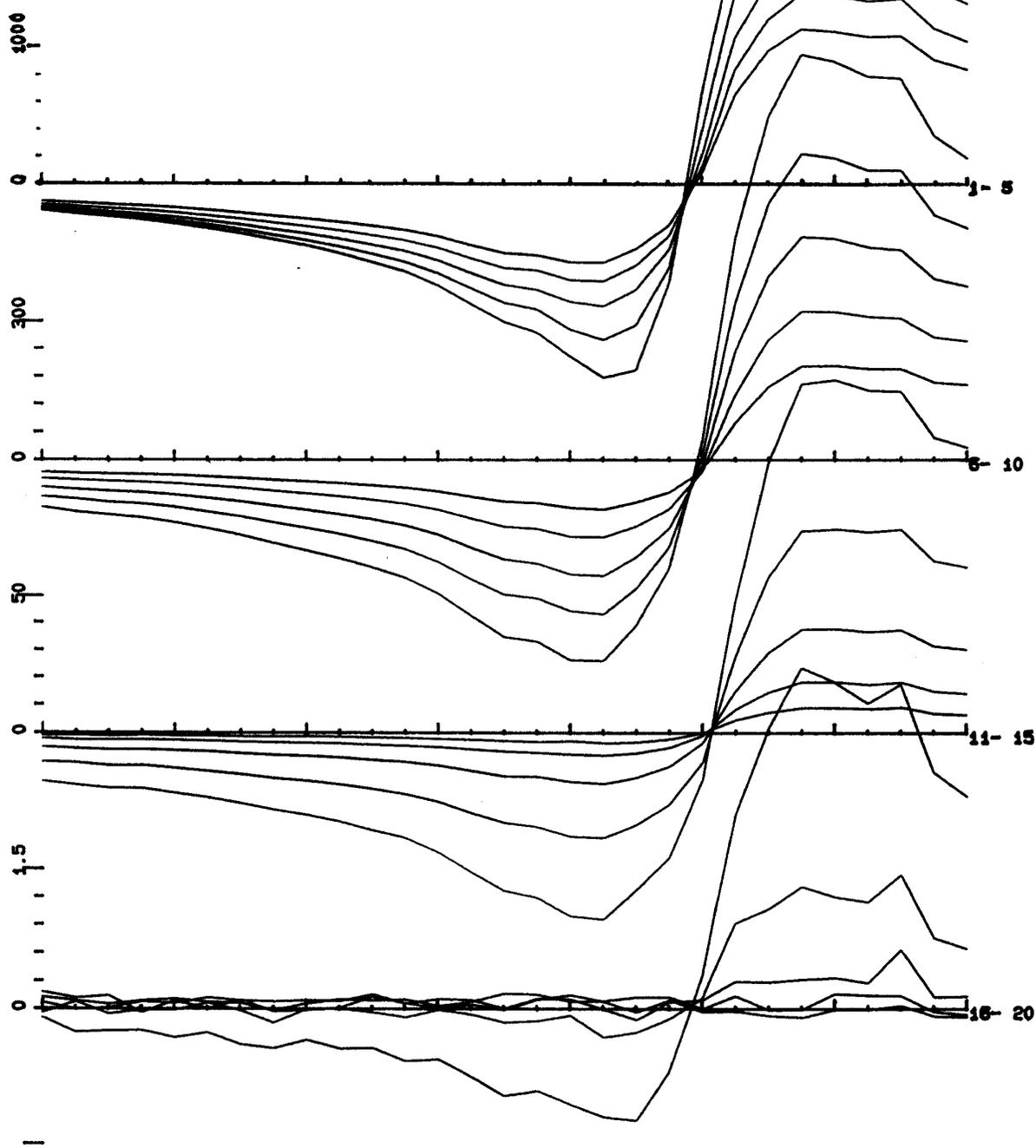
LINE

12

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20

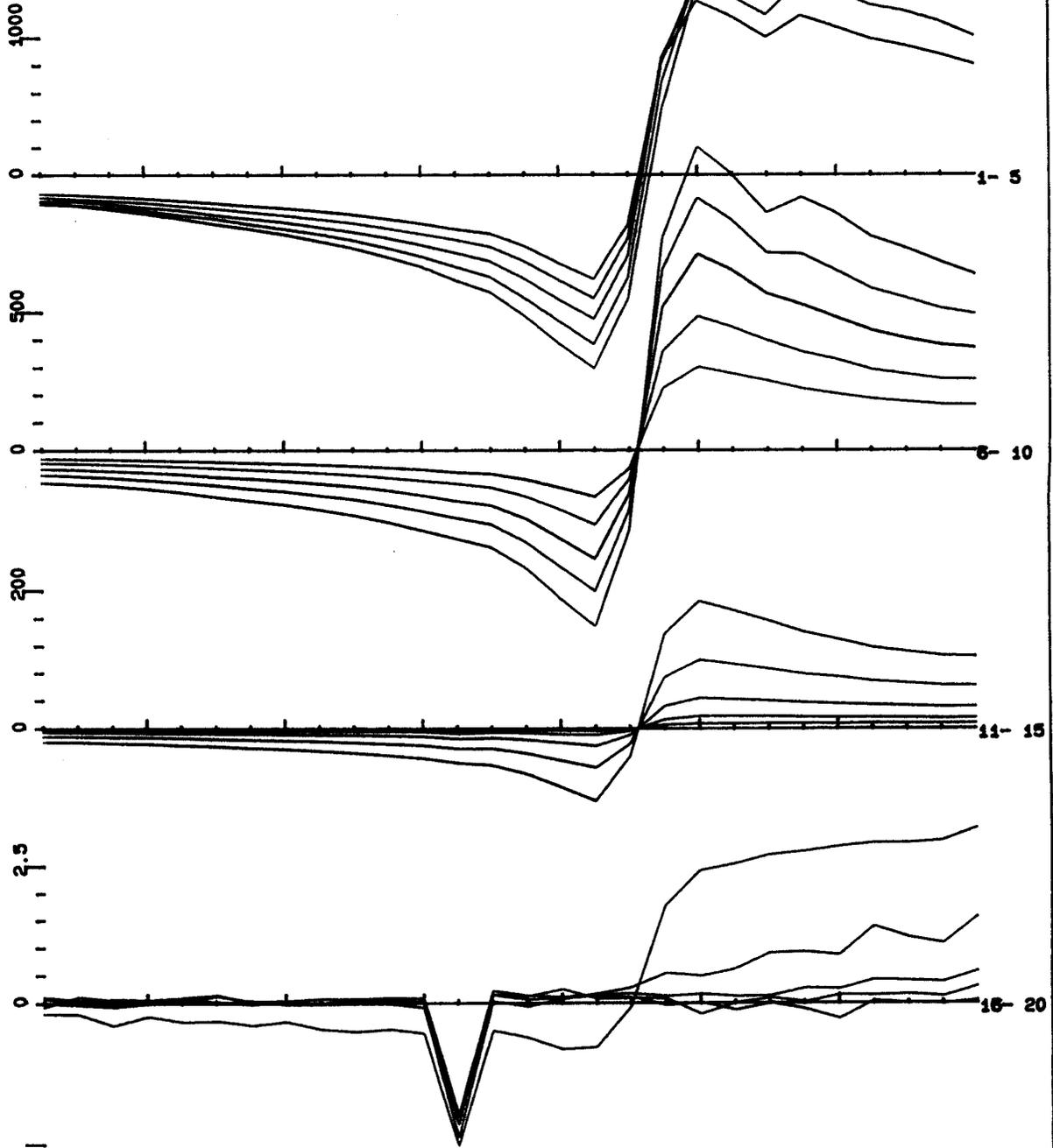


LINE 125

Z Component

- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20

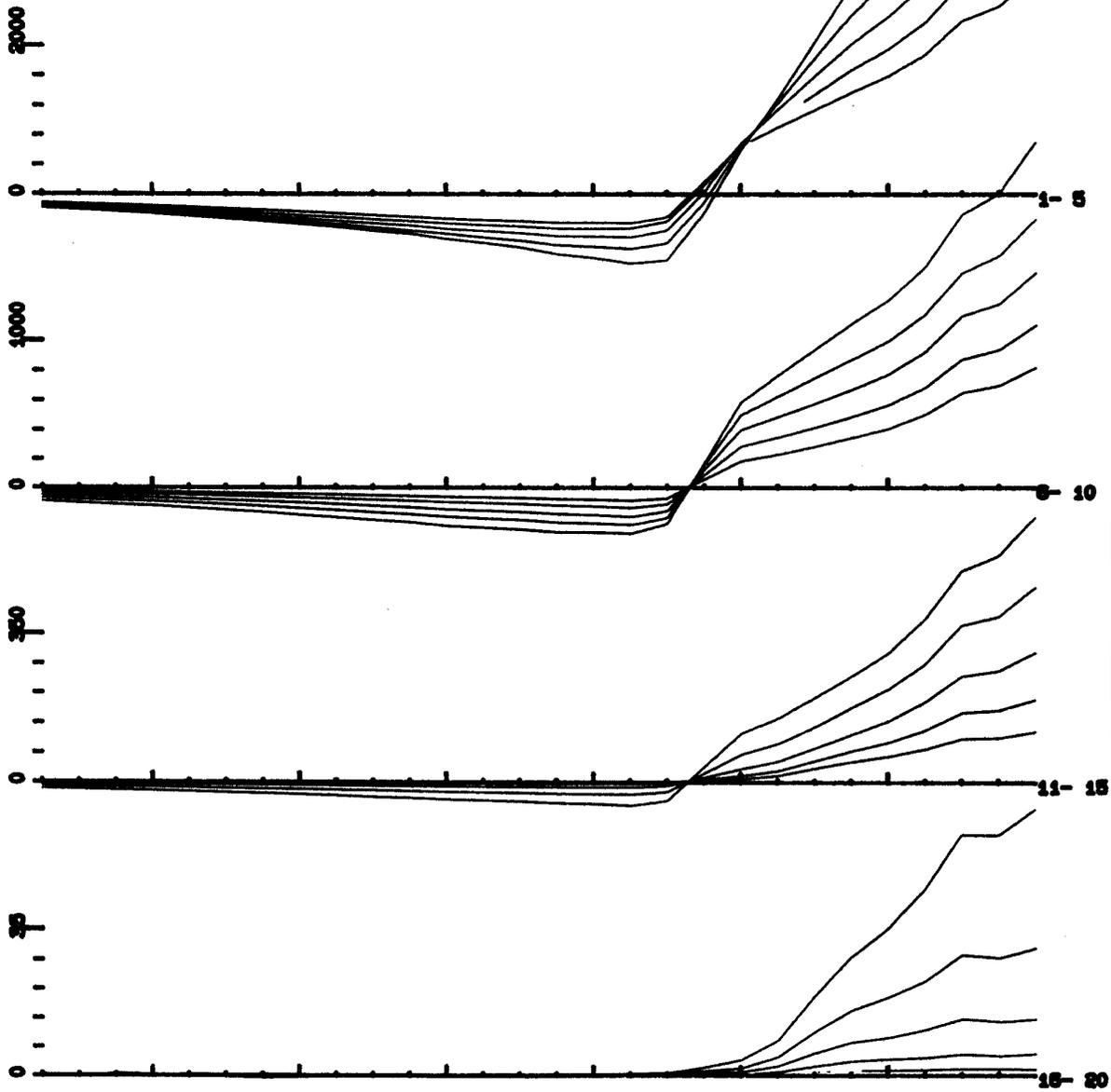


LINE 13

Z Component

- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W

1xDBZ/200us mV; N, TXC 6, 20



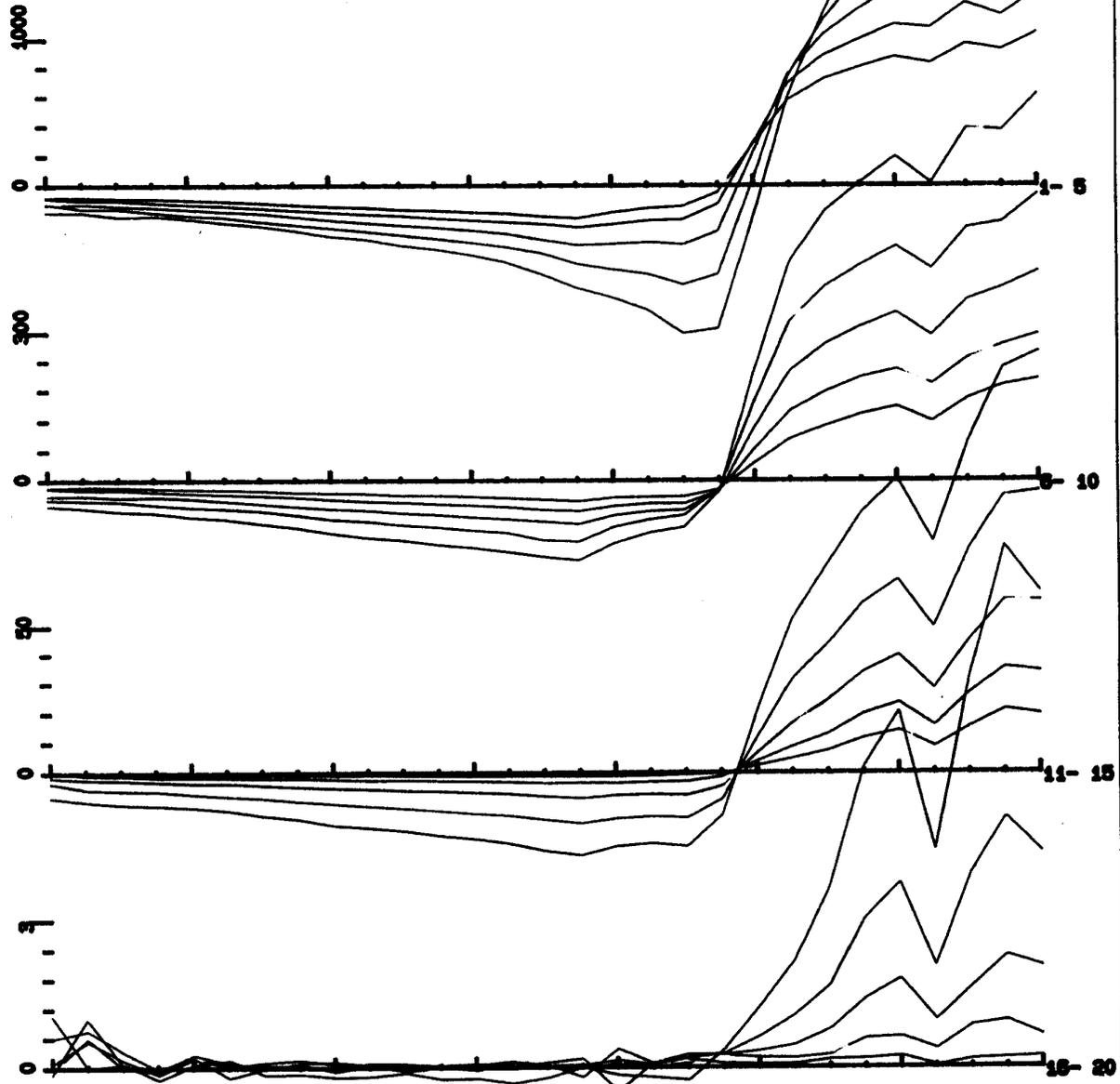
EM37 Data: File A: TOMB3

LINE 14

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/185us mV; N, TXC 6, 20



EM37 Data: File A: TOMB3

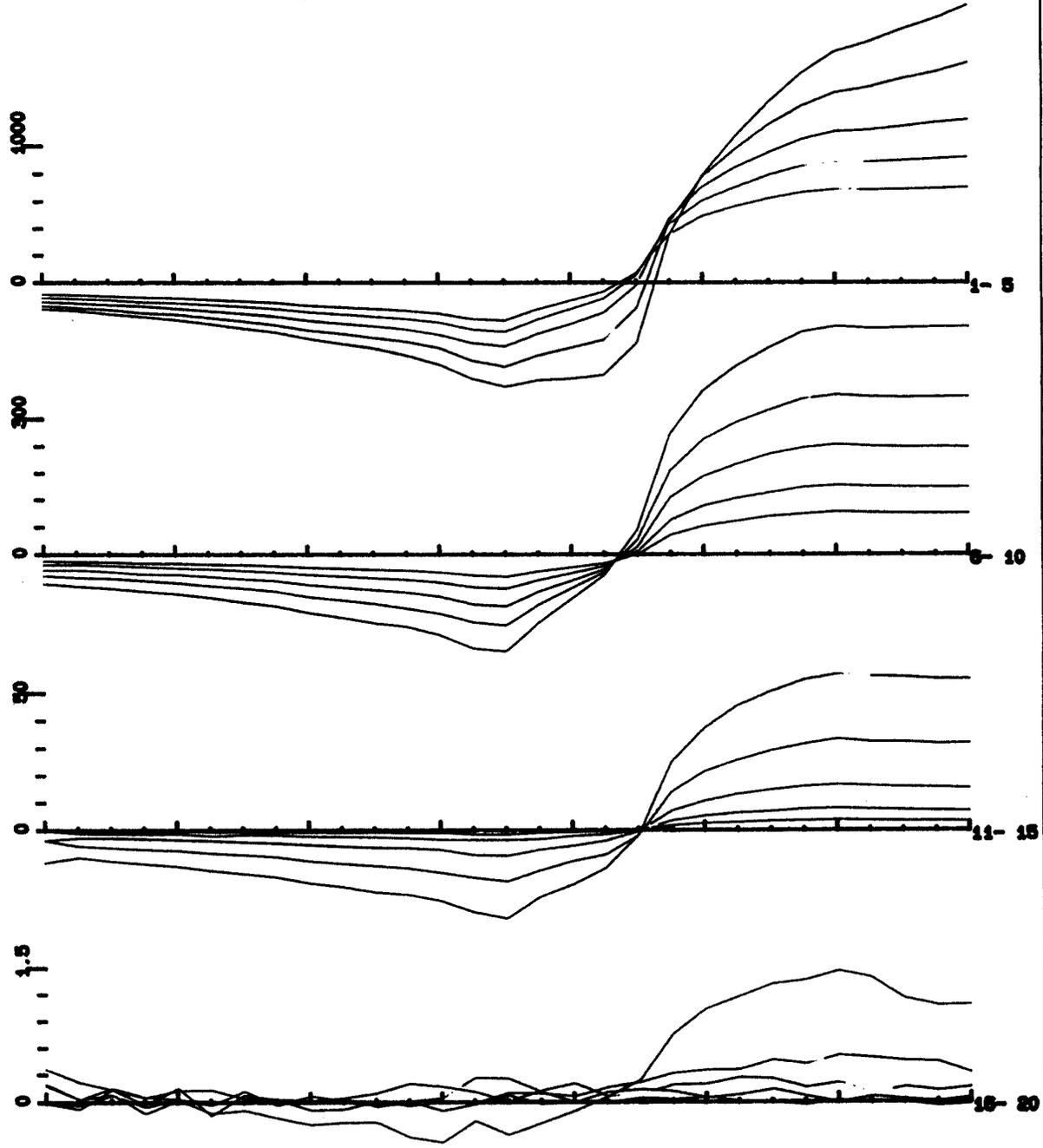
LINE

15

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/185us mV; N, TXC 6, 20



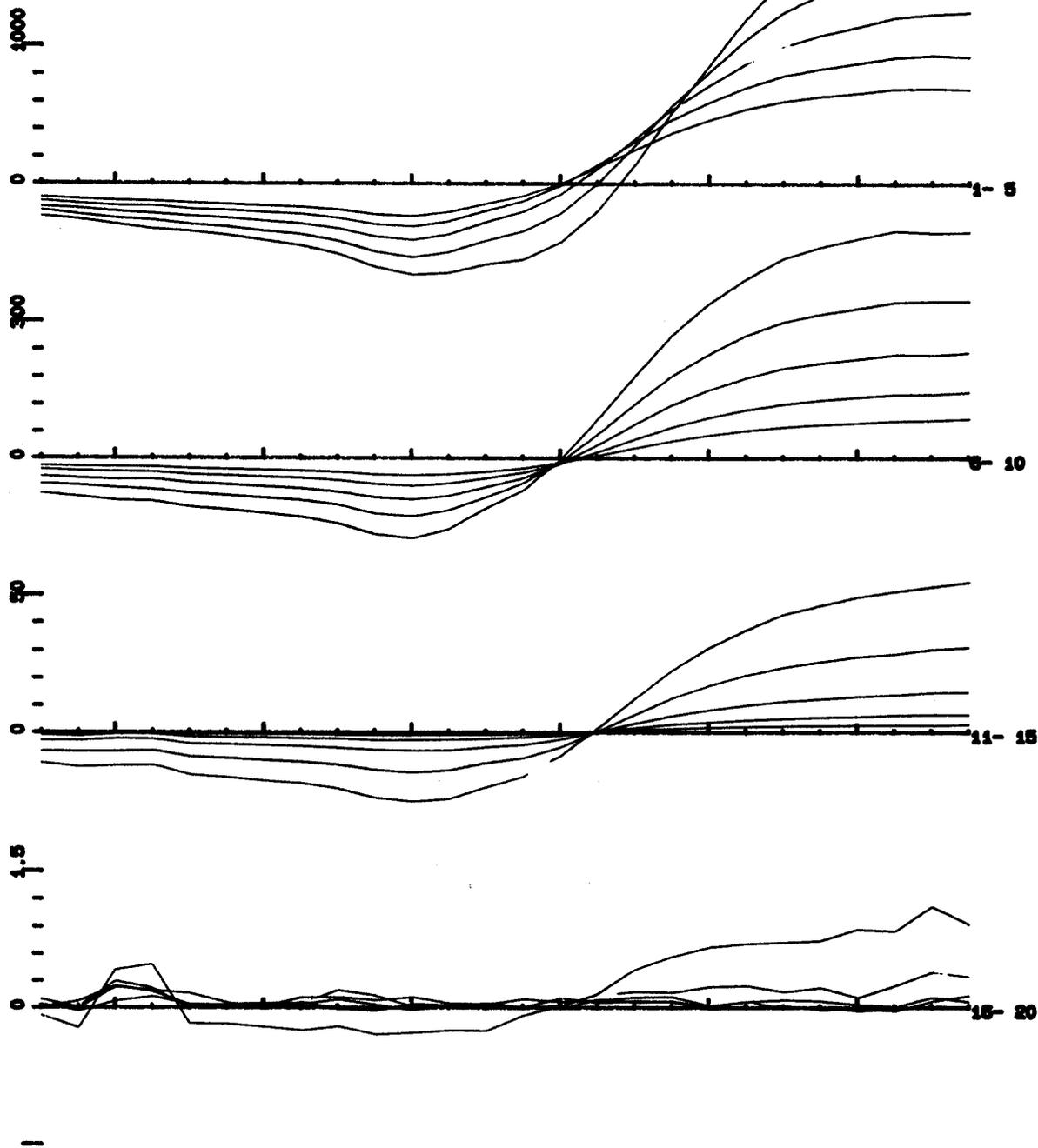
EM37 Data: File A: TOMB3

LINE 16

Z Component

- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W

1xDBZ/185us mV; N, TXC 6, 20



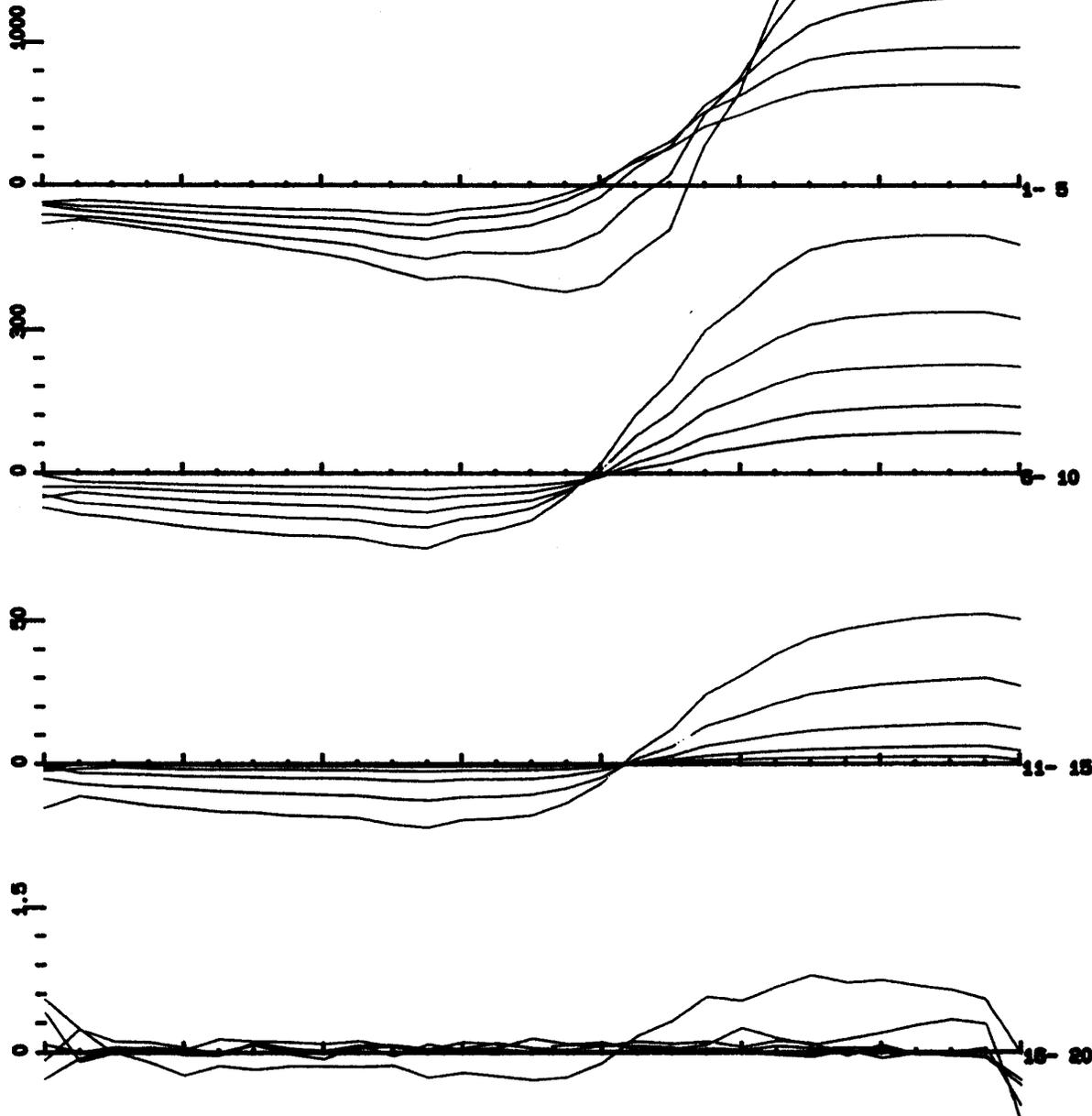
EM37 Data: File A: TOMB3

LINE 17

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/190us mV; N, TXC 6, 20

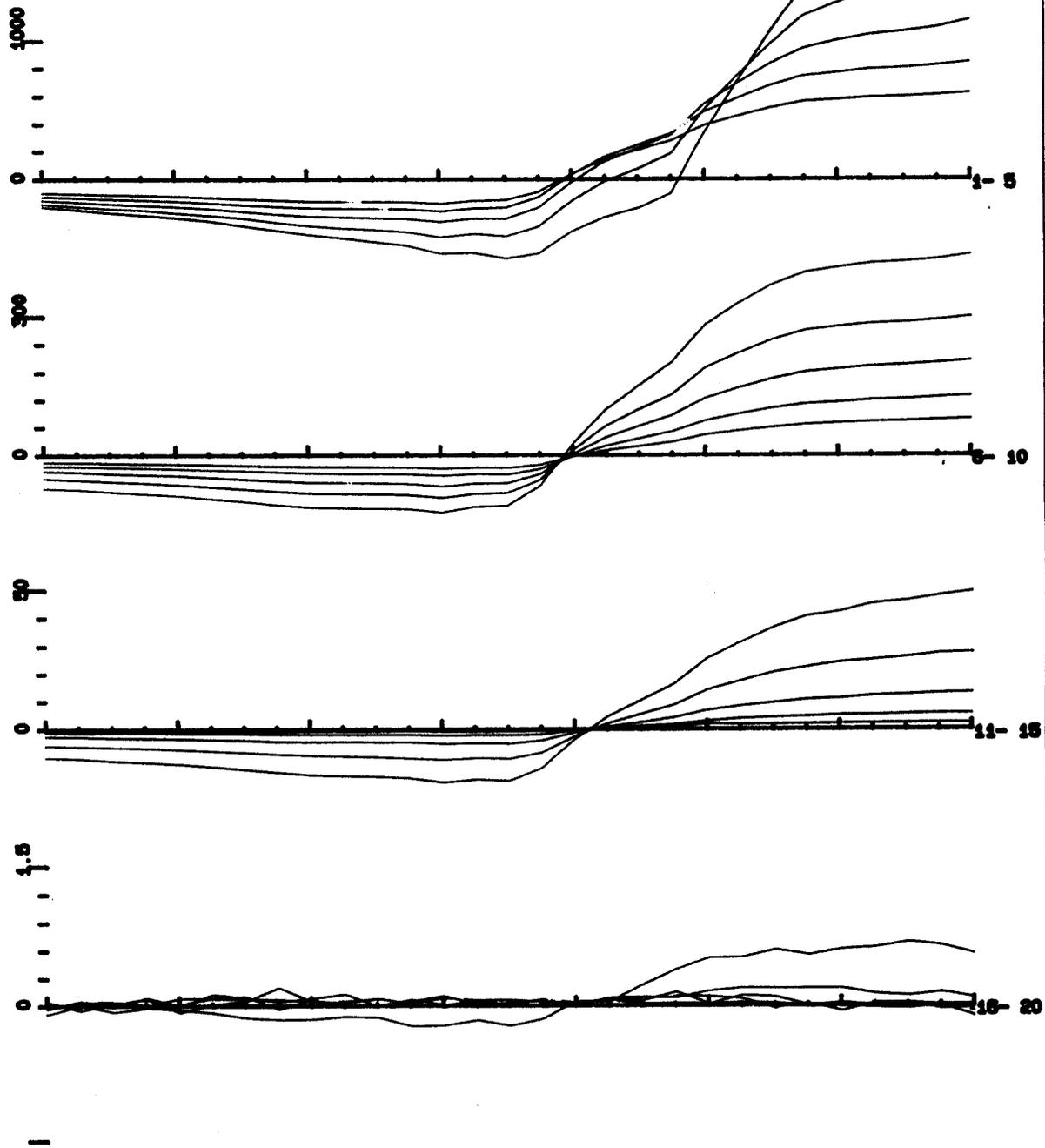


LINE 18

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/30us mV; N, TXC 6, 20

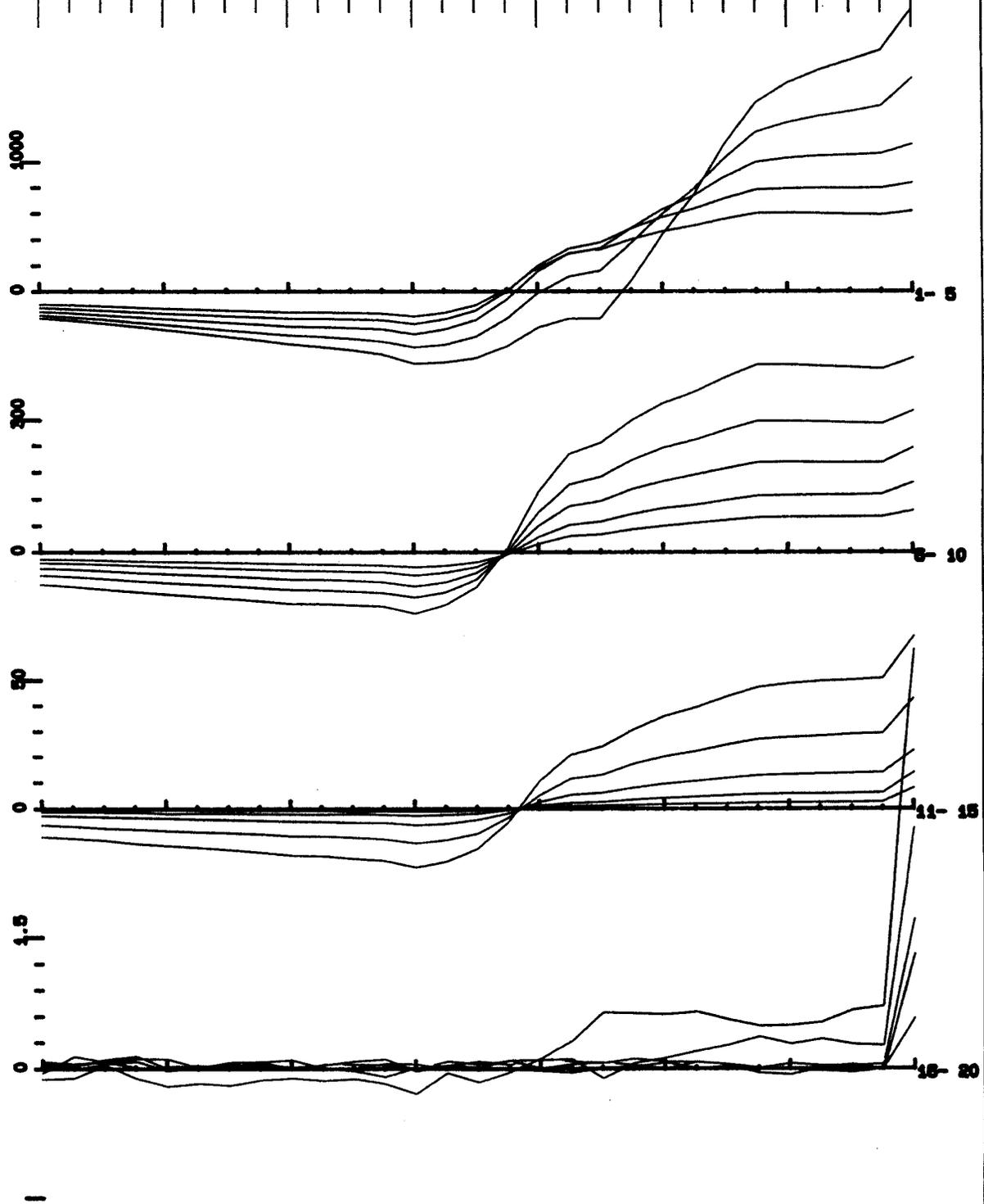


LINE 19

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/190us mV; N, TXC 6, 20



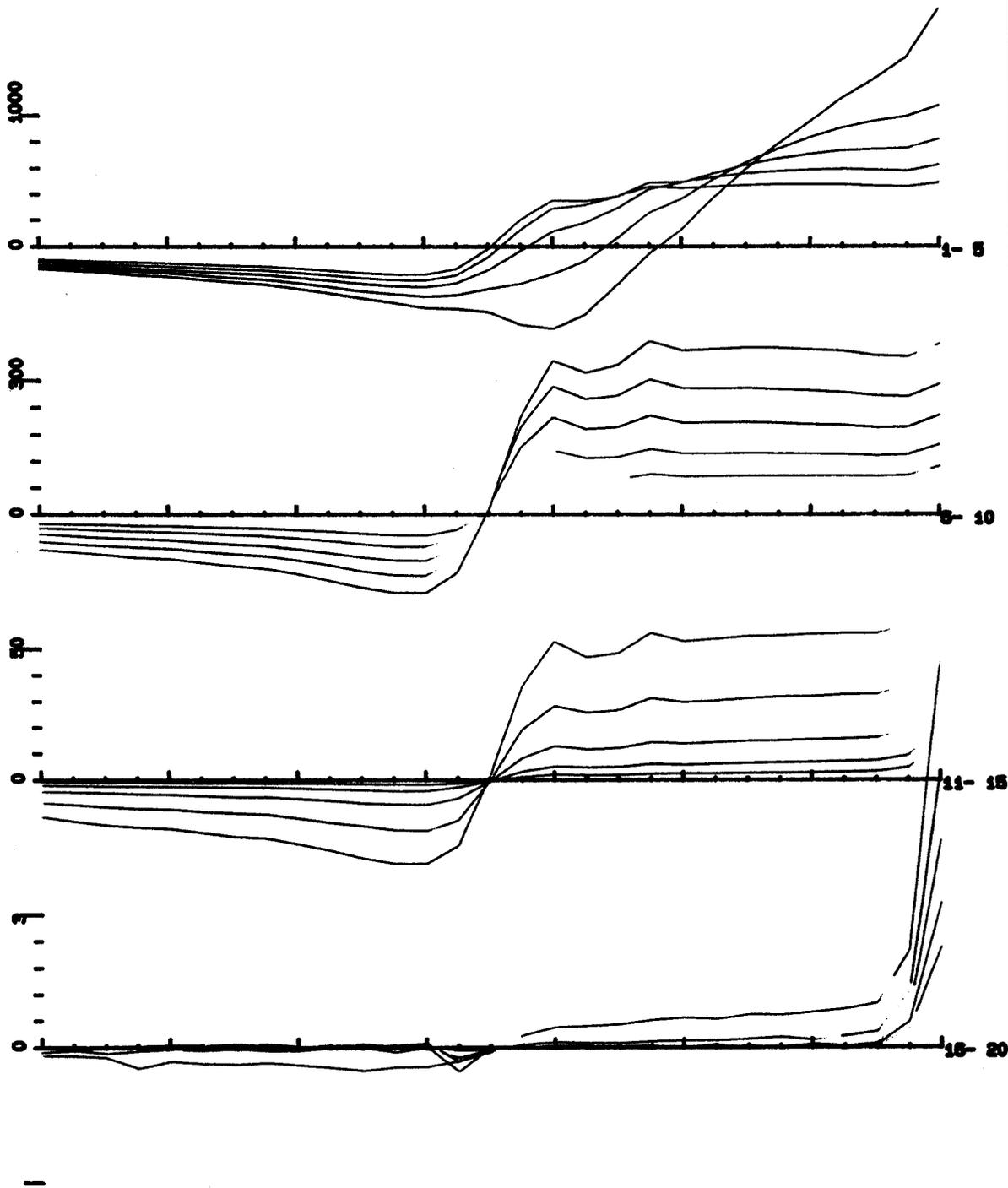
EM37 Data: File A: TOMB4

LINE 20

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/190us mV; N, TXC 6, 20



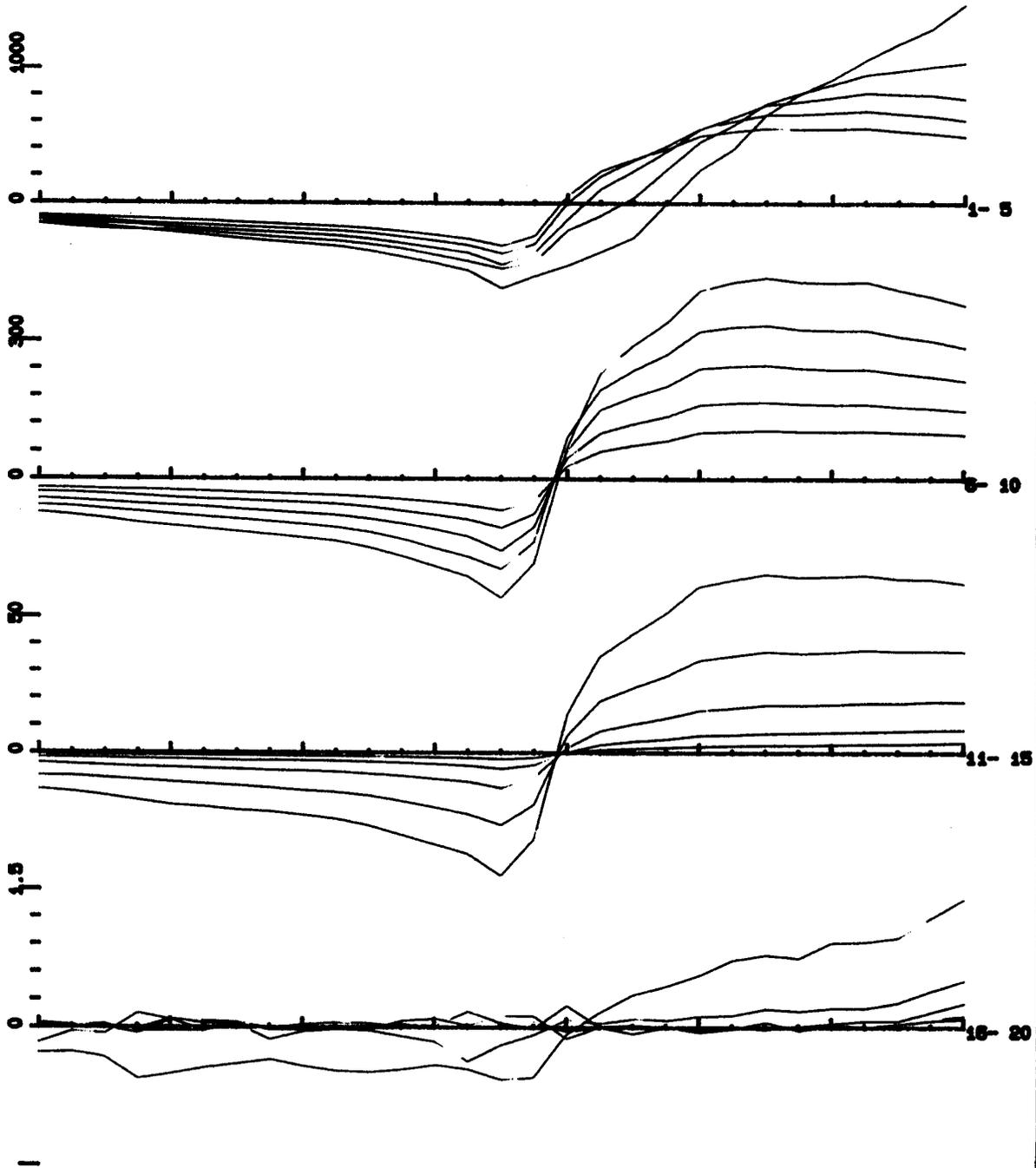
EM37 Data: File A: TOMB4

LINE 21

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1XDBZ/190us mV; N, TXC 6, 20



EM37 Data: File A: TOMB4

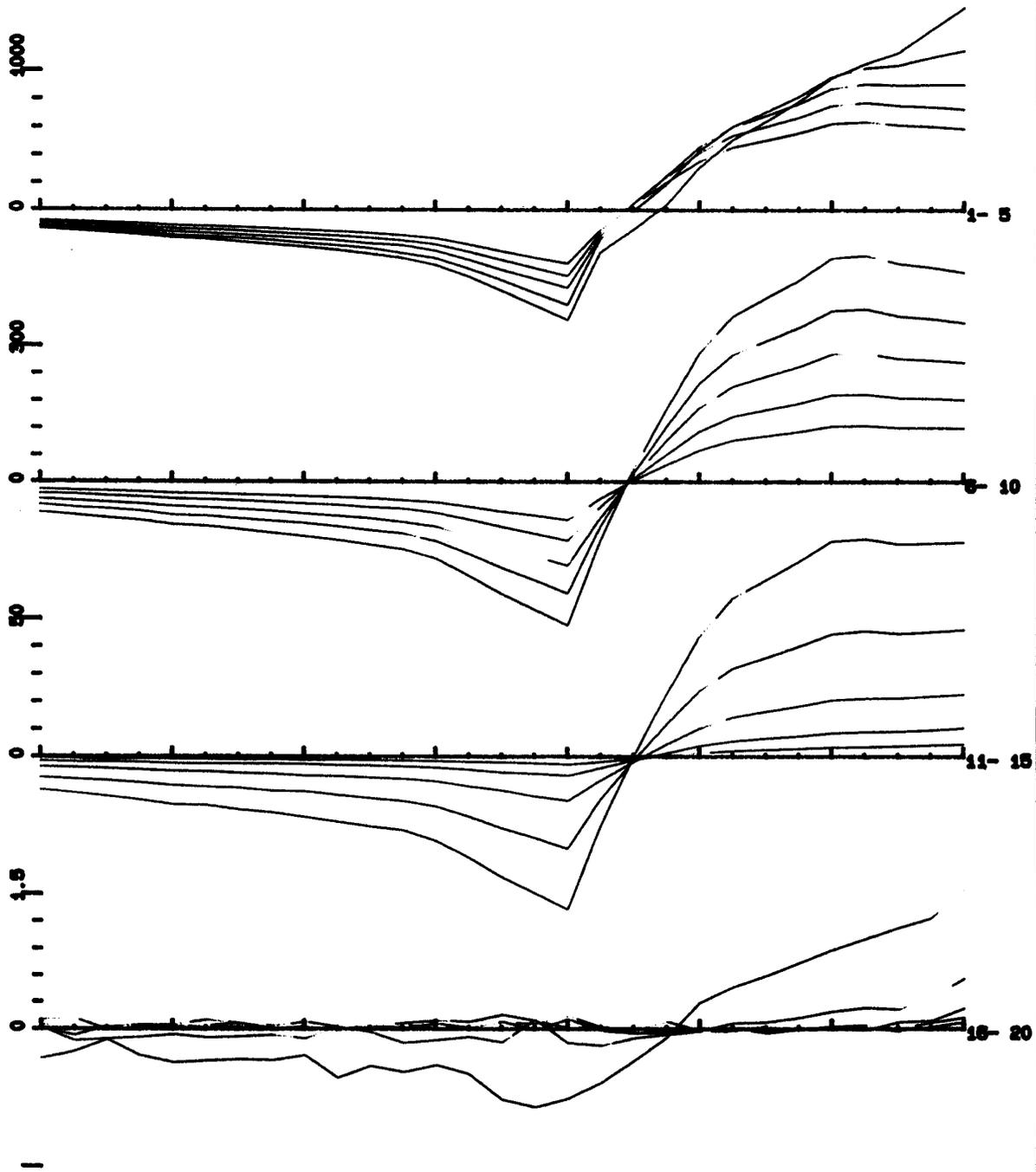
LINE

22

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/190us mv; N, TXC 6, 20



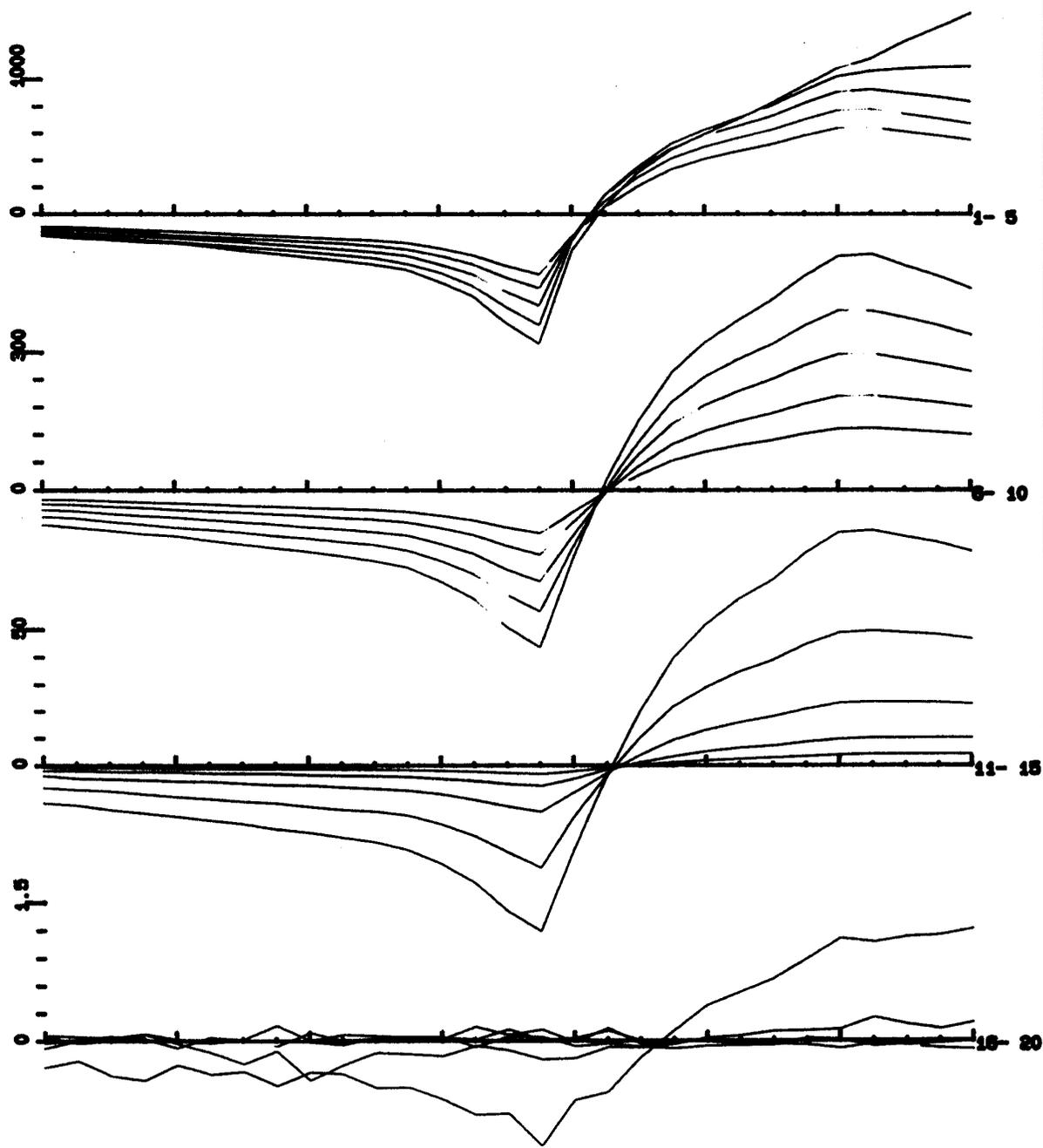
EM37 Data: File A: TOMB4

LINE 23

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/190us mV; N, TXC 6, 20



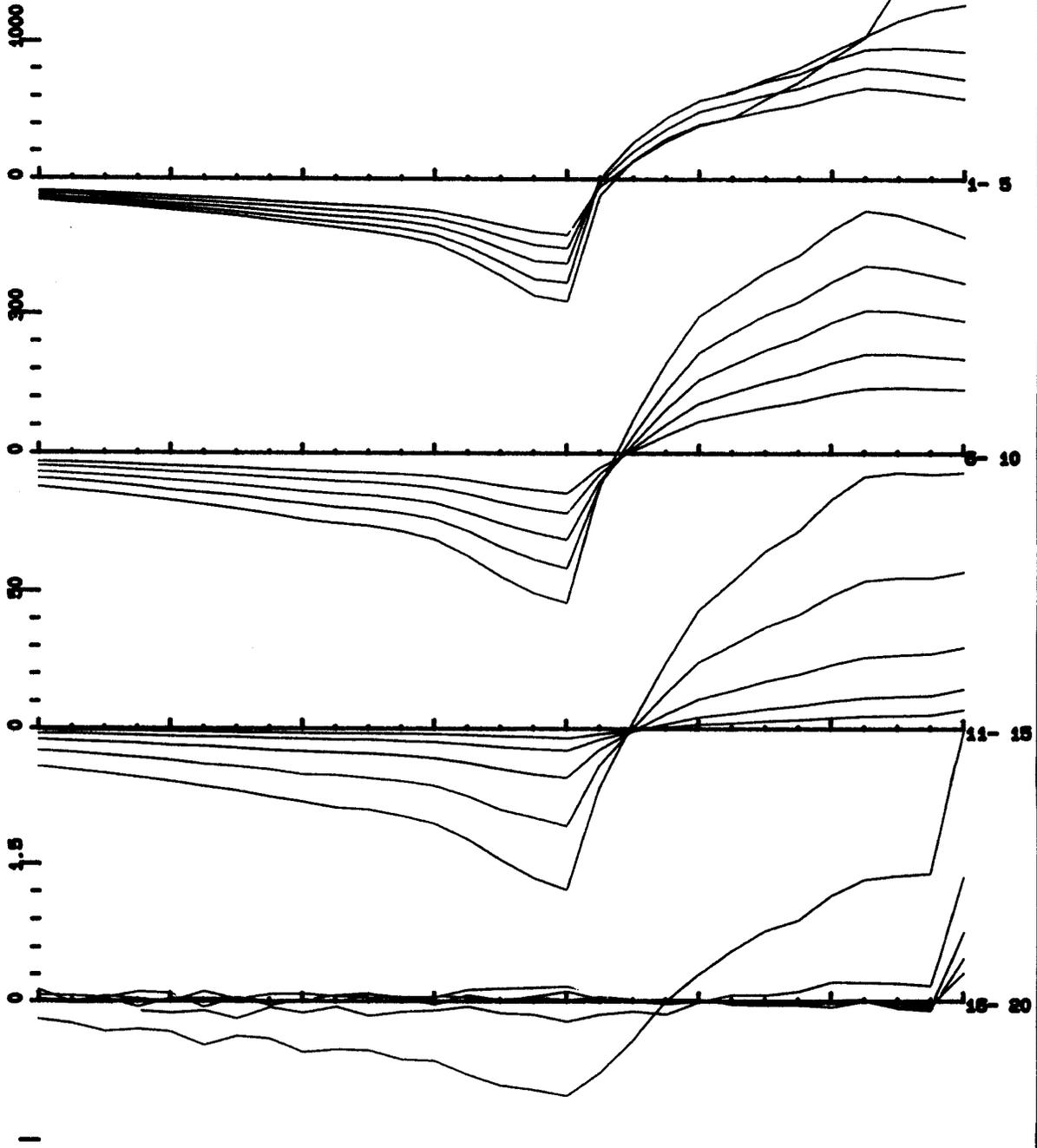
LINE

24

Z Component

- 700W
- 675W
- 650W
- 625W
- 600W
- 575W
- 550W
- 525W
- 500W
- 475W
- 450W
- 425W
- 400W
- 375W
- 350W
- 325W
- 300W
- 275W
- 250W
- 225W
- 200W
- 175W
- 150W
- 125W
- 100W
- 75W
- 50W
- 25W
- 0W

1xDBZ/190us mV; N, TXC 6, 20



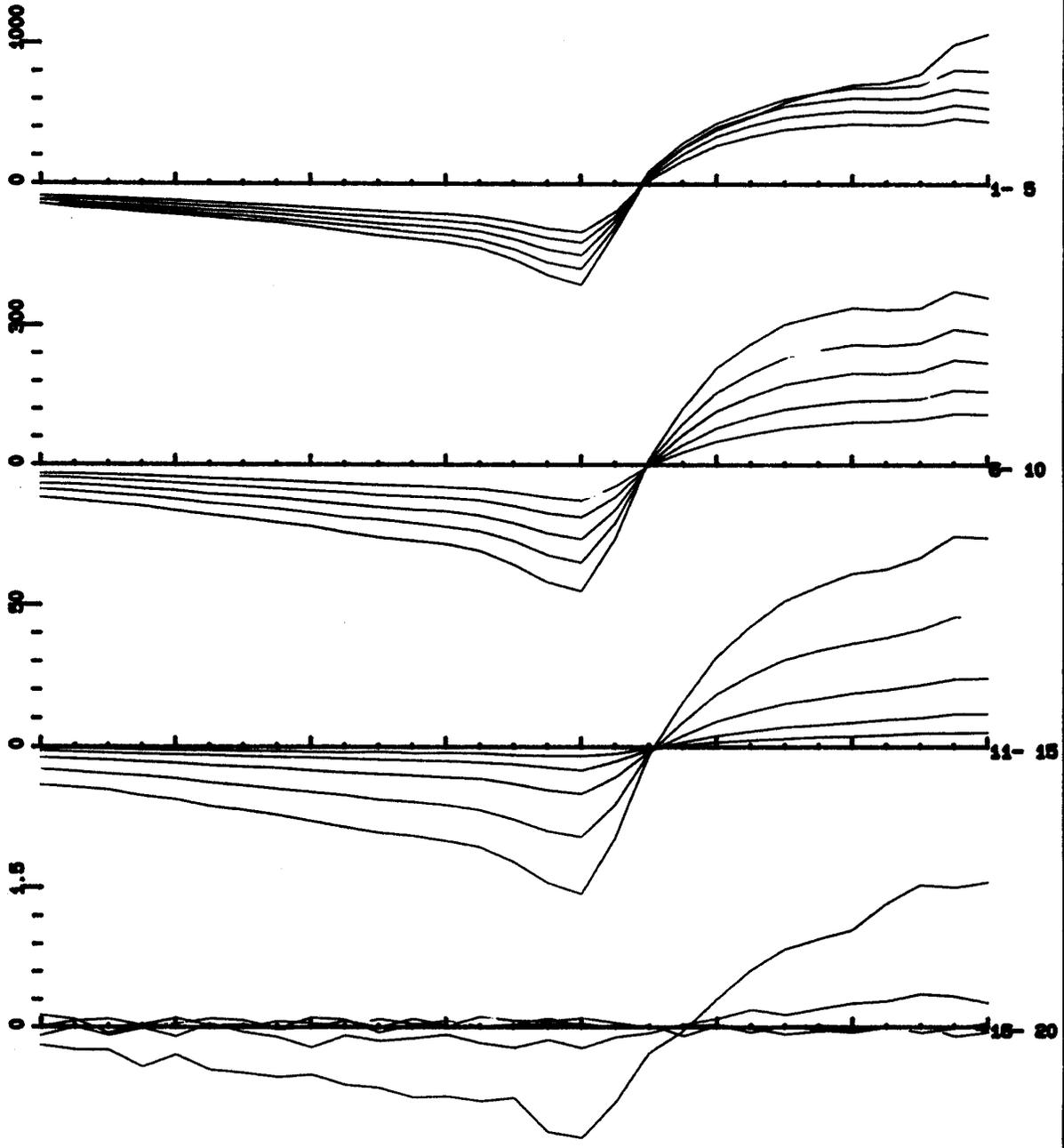
EM37 Data: File A: TOMB4

LINE 25

Z Component

700W
675W
650W
625W
600W
575W
550W
525W
500W
475W
450W
425W
400W
375W
350W
325W
300W
275W
250W
225W
200W
175W
150W
125W
100W
75W
50W
25W
0W

1xDBZ/190us mV; N, TXC 6, 20



EM37 Data: File T57550

LINE

05

Z Component

375M

305E

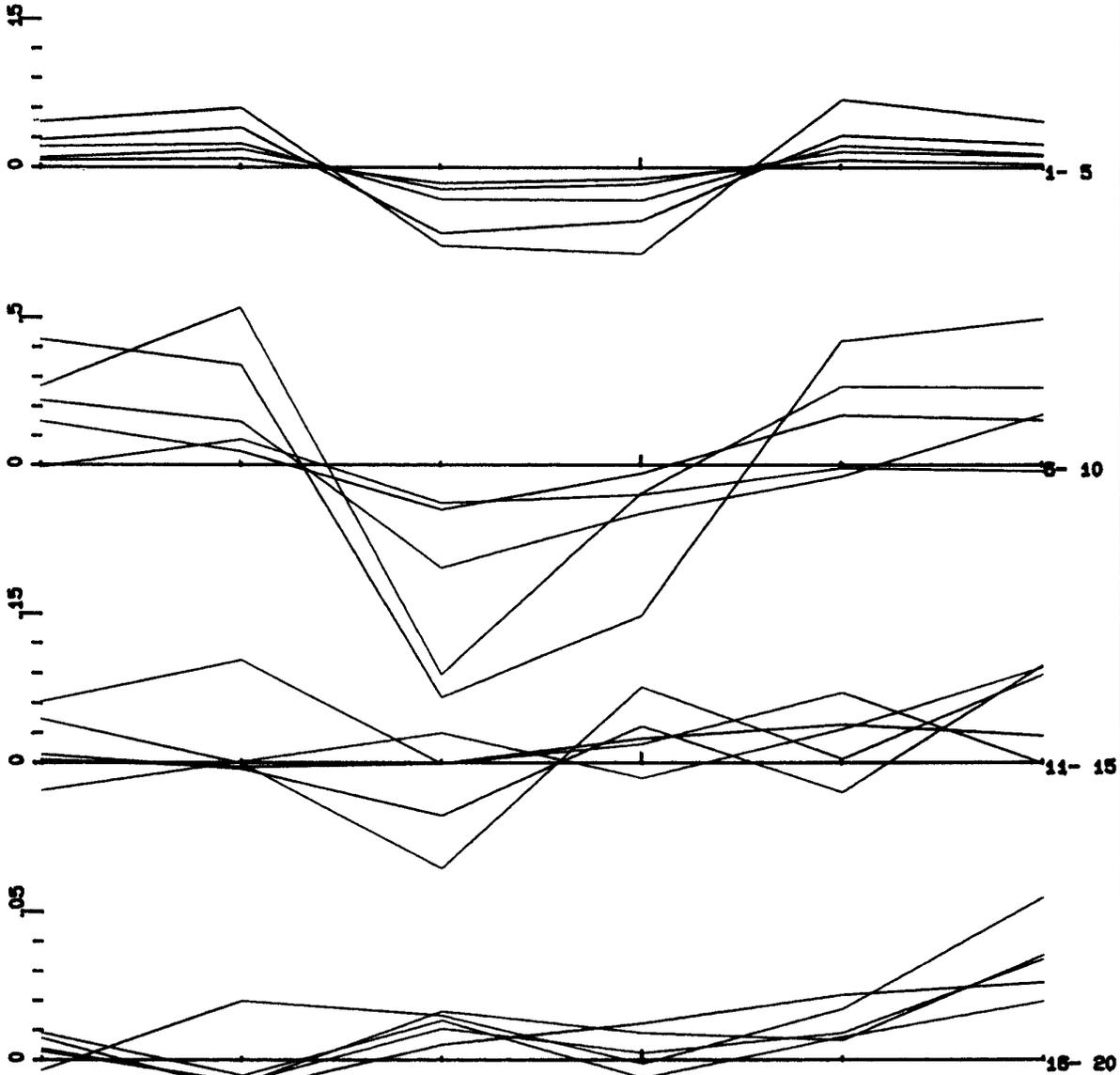
325W

300E

275W

250E

1xDBZ/165us mV; N, TXC 7, 20



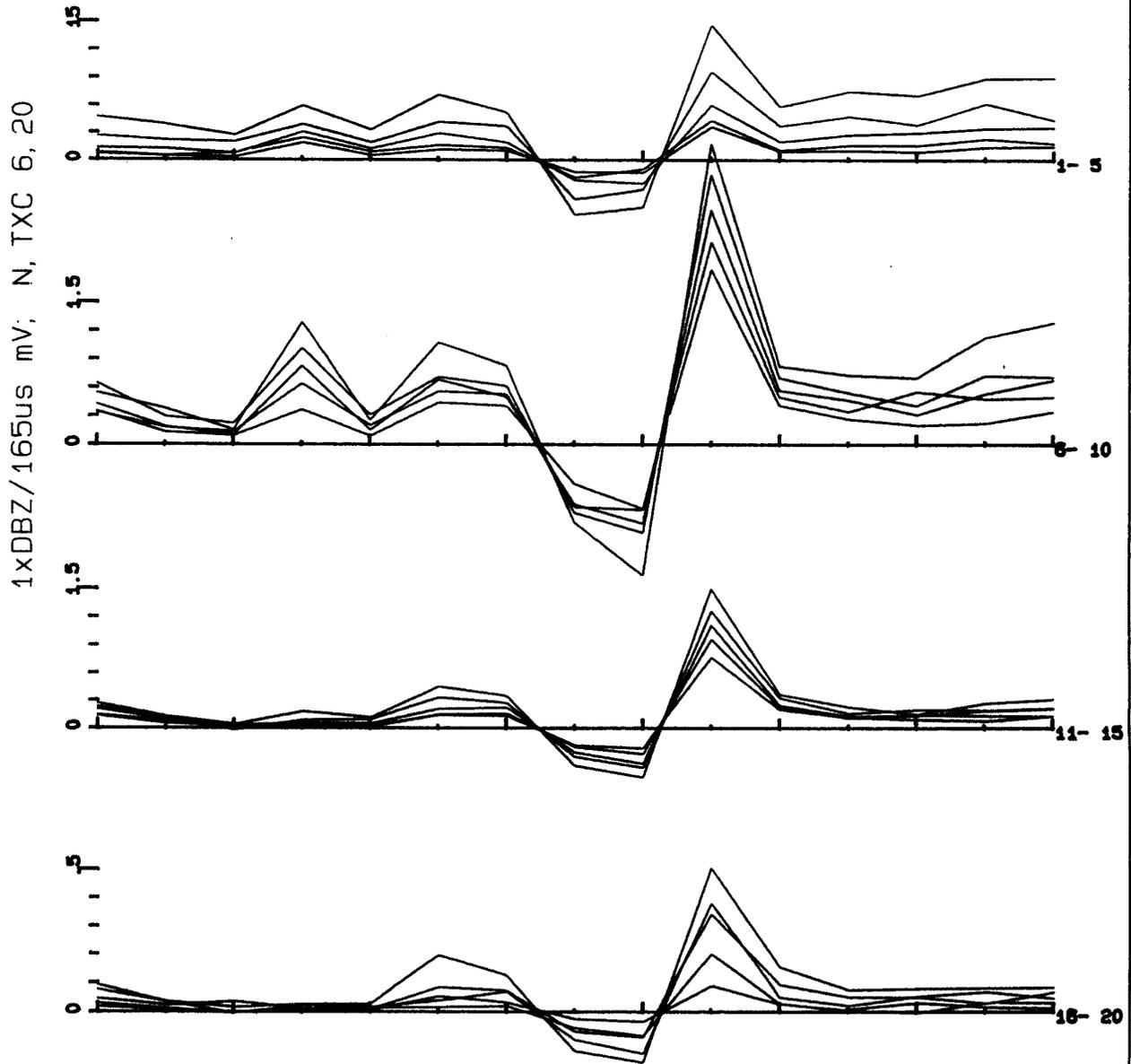
EM37 Data: File T57525

LINE

5

Z Component

—500W — 475W — 450W — 425W — 400W — 375W — 350W — 325W — 300W — 275W — 250W — 225W — 200W — 175W — 150W



ANEXO 2.-

EJEMPLOS TOMADOS DE M.J. WILT, 1.991.

5.2 Case 2: Mapping sulfide vein deposits in the South American Andes

In the first field example the geological and conductivity structure was well known from a combination of surface geology, geophysics and drilling. For the present case only some of this information is known and the surface EM data is expected to provide the answer to a structural puzzle.

The prospect is a metallic sulfide mineral deposit in the South American Andes (Figure 5.8). Sulfide ores occur primarily in a Mesozoic rhyolitic host and at the contact between this rock and the overlying Tertiary volcanics. The northeast-southwest trending veins dip southward approximately 45 degrees near loop 1 (Figure 5.8); and appear as oxidized outcrops in the bands marked "veins".

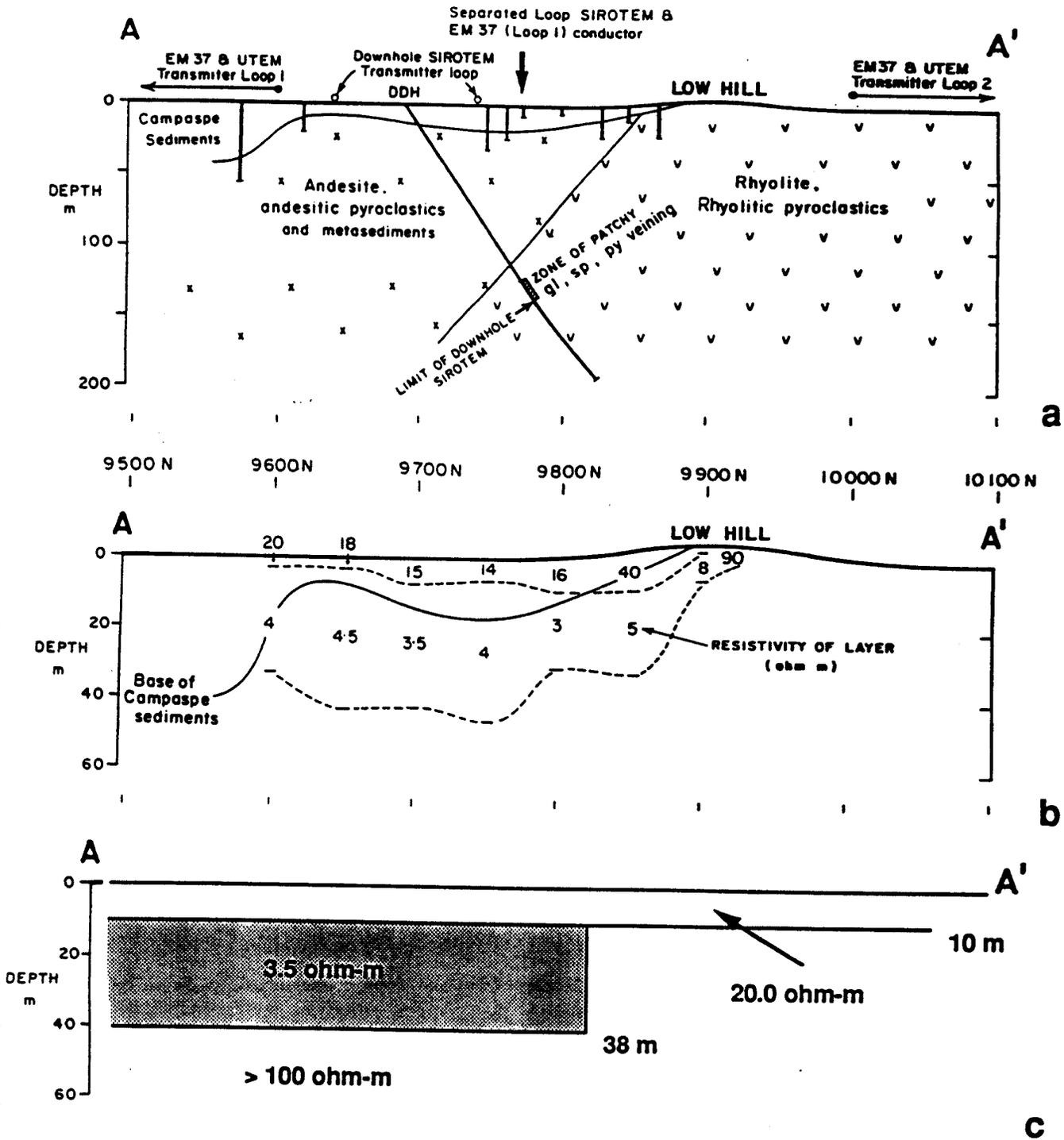


Figure 5.7 Interpreted cross section A-A' for the Britannia prospect. Parts a) and b) show the geological cross-section and the resistivity structure based on Schlumberger resistivity soundings. Part c) shows the interpreted resistivity section based on the present contact interpretation of the EM measurements.

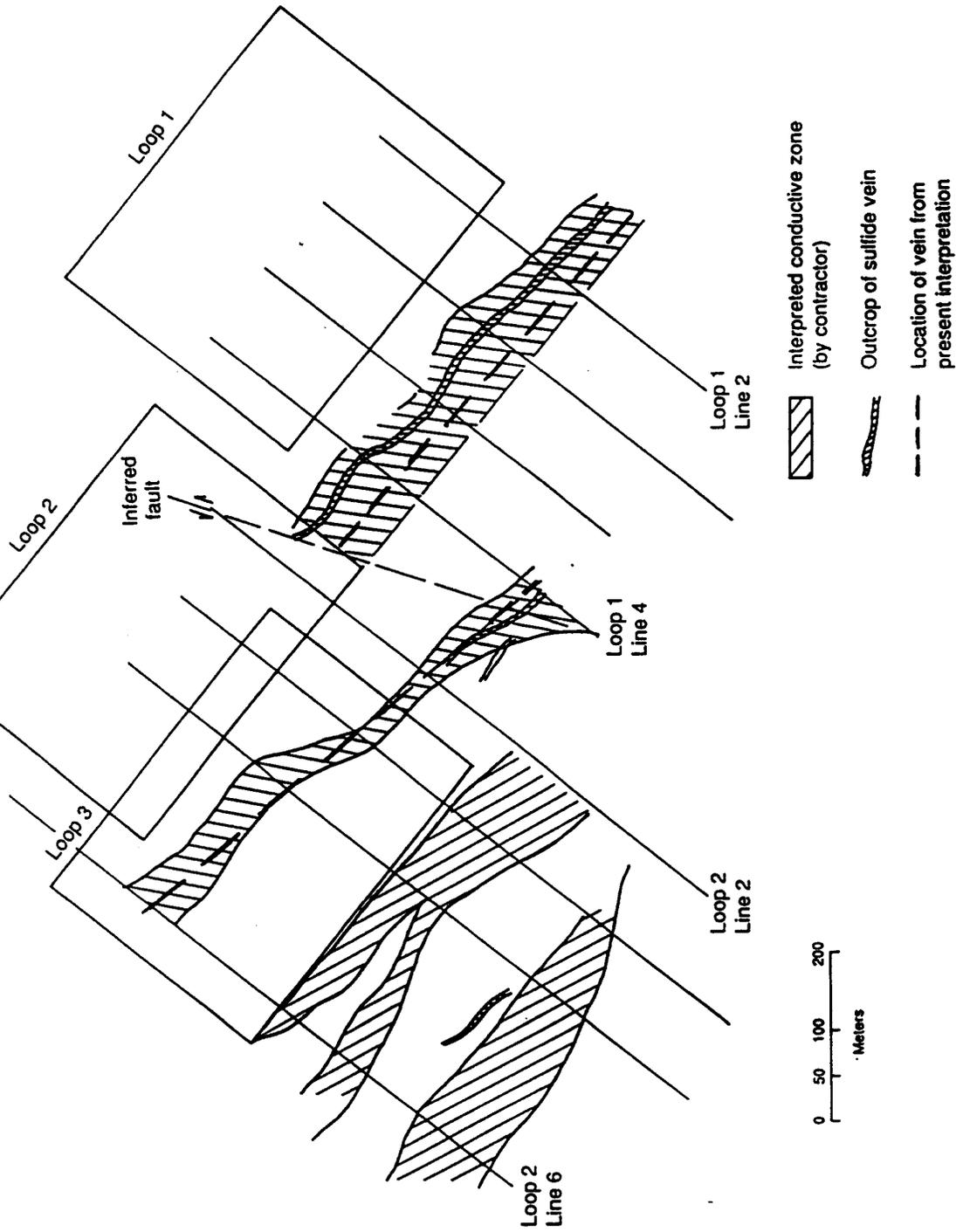


Figure 5.8 Site location map for ore prospect in the South American Andes. The banded markings are the surface location of conductive vein deposits as interpreted by the contractor. The dashed markings are the interpretation by the author.

The depth to unoxidized ore is approximately 130m near the southern edge of loop 1. Adjacent to the outcropping veins the rocks are extensively oxidized and form a discontinuous gossan. At the northwestern edge of loop 1 the veins are offset to the southwest. Across the fault the configuration of the veins is unknown.

Electromagnetic surveys were made over the prospect to trace the vein deposits and help define the structure. Three large rectangular loops (300 m x 400 m) were emplaced in the survey area and time domain horizontal and vertical magnetic field measurements were made along northeast-southwest trending profiles. The survey was done with the CRONE pulse EM system at lag times from 0.1 to 36.0 ms after current extinction (Crone, 1976).

To complicate the interpretation the Mesozoic rhyolites and Tertiary volcanics, which are in contact at the surface southwest of the transmitter loops, have markedly different resistivities. Surface dc resistivity surveys have shown that the Tertiary volcanics are relatively resistive (200 ohm-m) but the rhyolites are 20-60 ohm-m for the upper 150m and lower in resistivity beneath this. The contact between these host rock units will therefore produce an EM anomaly of significant magnitude and since this contact probably extends to considerable depth it will likely produce effects even at later times (see Chapter 3). We expect that contact effects will be superimposed on the anomaly due to the dipping conductor, it is therefore important to distinguish between these two types of anomalies before the vein deposits can be mapped.

The contractor attempted to determine the surface location of the unoxidized vein deposits by picking inflections on the horizontal and vertical field profiles. This is a very effective technique for locating sheet-like conductive mineral deposits in areas of poorly conducting host rocks, and in areas covered by a uniform overburden layers (West et al. 1984). Where the host rock is discontinuous these techniques are less effective and as shown above it is easy to confuse the response from a dipping sheet with that of a contact. The interpreted locations of the conductive zones (vein deposits) are shown in Figure 5.8. In the vicinity of loop 1 the interpretation traces a single conductor coinciding with the known location of the primary vein deposit. Near loops 2 and 3, however, a complex pattern of multiple conductors is indicated. Although it is possible that across the fault the vein deposits have split or

have been reconfigured in a complex manner it is also possible that some of the marked conductors are actually due to surface contacts instead of dipping veins.

To distinguish between these possibilities we use the method described in section 5.1; that is, we calculate the response due to a continuous layered model that best fits the data in the region away from the contact or vein deposits. We then subtract the layered model response from the field profiles. From the residual profiles we can distinguish between anomalies due to a dipping sheet and contact effects.

The background response was determined by fitting the transients measured at the center of the loop transmitters to layered models, using programs RECTEM and RECINV (Raiche, 1986). The best fit for all three transients was a two layer model: a 45 ohm-m layer 170m thick overlying a 25 ohm-m substrate.

Figure 5.9 is a plot of the vertical and horizontal field data profiles for loop 2 line 2 and the difference between these and data profiles calculated for the two layer model (residual profiles). At later times both the field and residual profiles show a clear crossover anomaly in the vertical component and a peak anomaly in the horizontal field near station 300; this is a characteristic type of response for a steeply dipping sheet. Notice that at later times on the horizontal field residual profiles the position of the maximum move slightly southward. This type of peak migration is typical for a dipping sheet (West et al. 1984).

The profiles for loop 2 line 6 are a good illustration of a contact effect (Figure 5.10). They show the characteristic anomaly for a steeply dipping sheet; that is a crossover anomaly in the vertical field and peak in the horizontal component. When the host rock response is removed, however, the residual profiles show a peak anomaly in the vertical field and a crossover in the horizontal component. This is the same type of response described in Chapter 3 for truncated sheet and quarter-space contacts. Since both of these field profiles traverse the trace of the dipping sheet and also across the contact zone and there are indications of both types of anomalies on the residual profiles. For loop 2 line 2 the ore vein response is much stronger than the contact anomaly for loop 2 line 6 the reverse is true.

Vertical field residual transients for both of these anomalies are plotted in Figure 5.11 The figure shows that the transients have slightly different time constants. The time constant for the dipping sheet

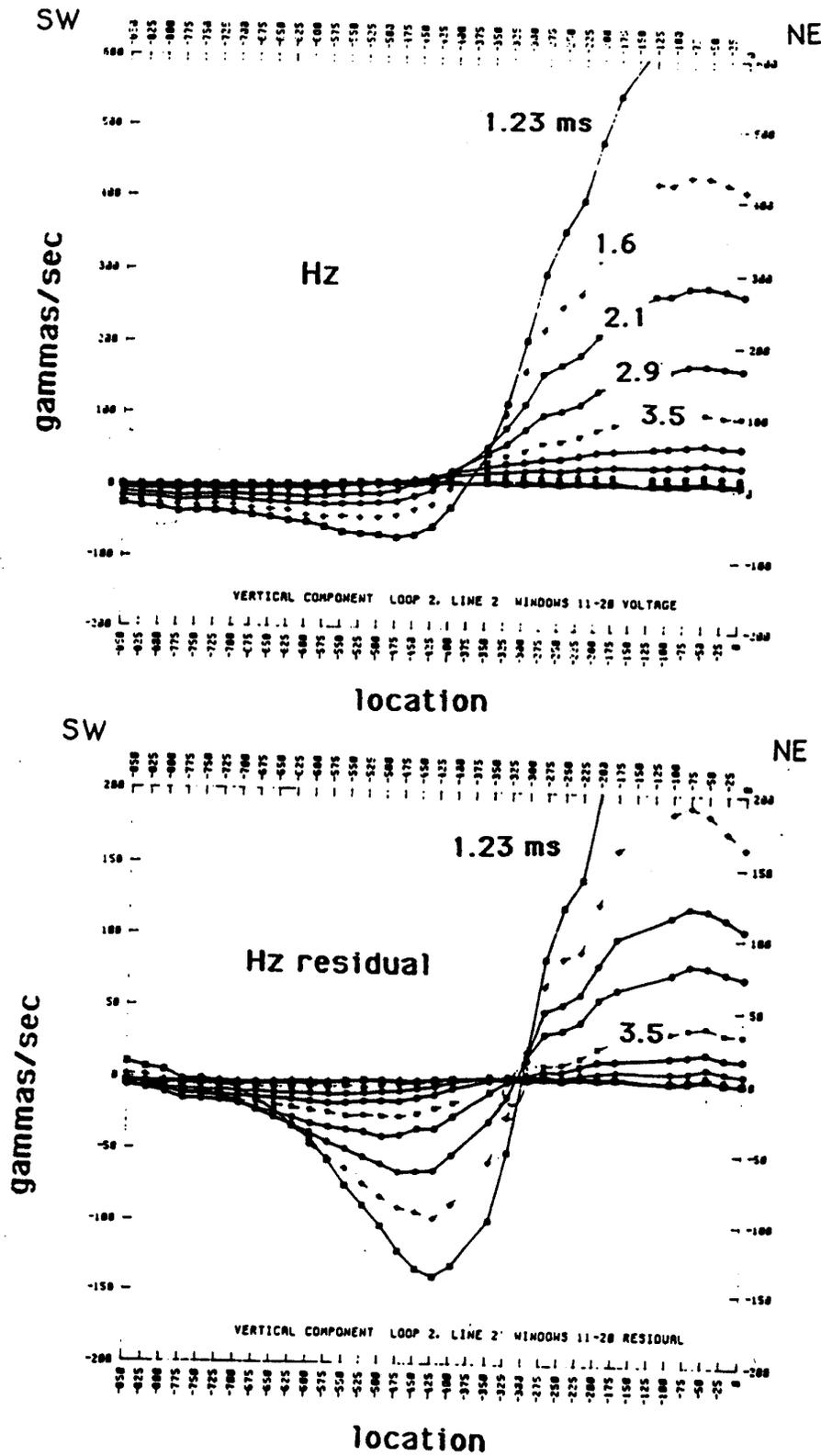


Figure 5.9a Field and residual vertical component profiles for loop 2 line 2. The field and residual profiles both show a crossover anomaly near station 300.

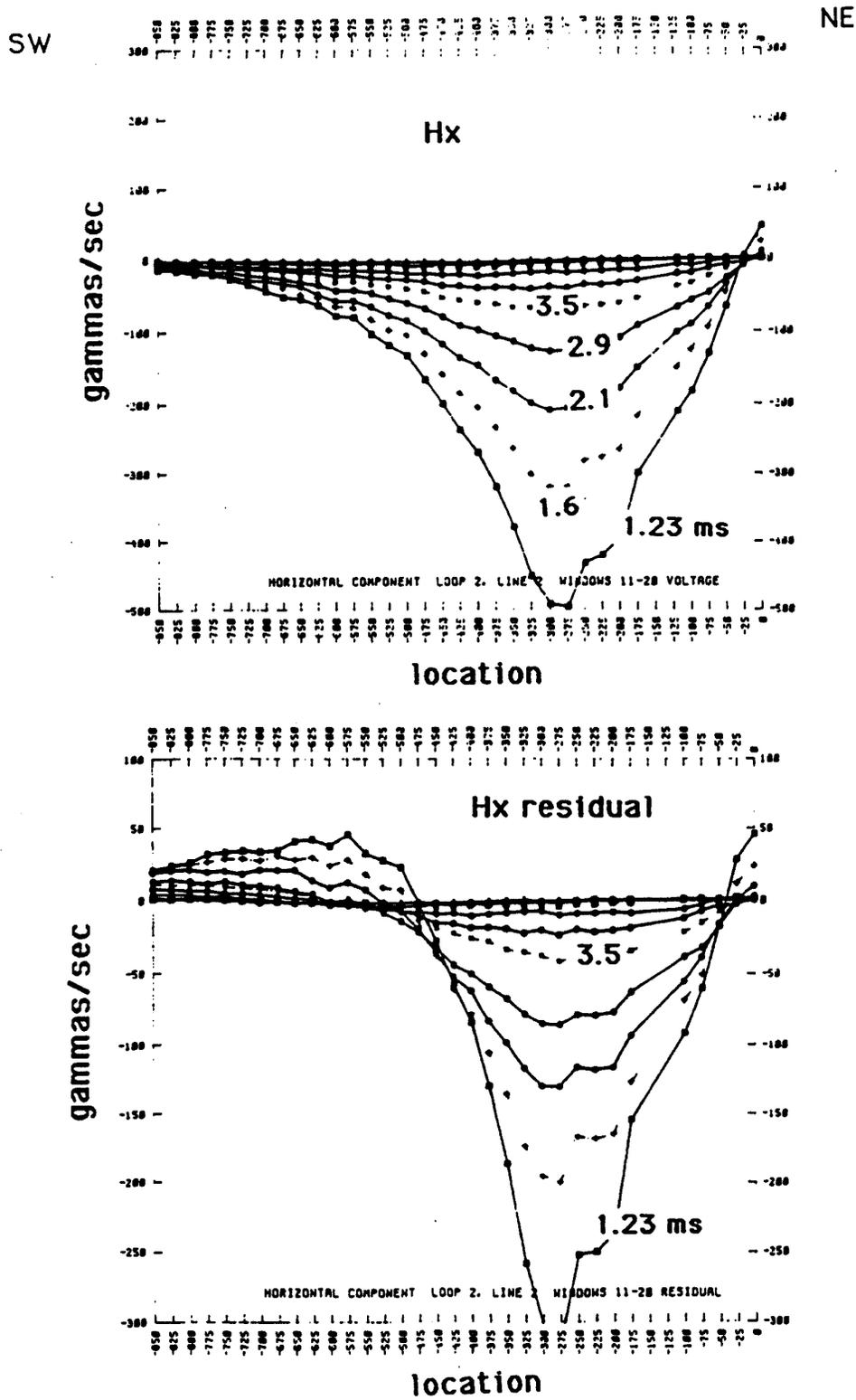


Figure 5.9b Field and residual horizontal component profiles for loop 2 line 2. The field and residual profiles both show a peak anomaly near station 300.

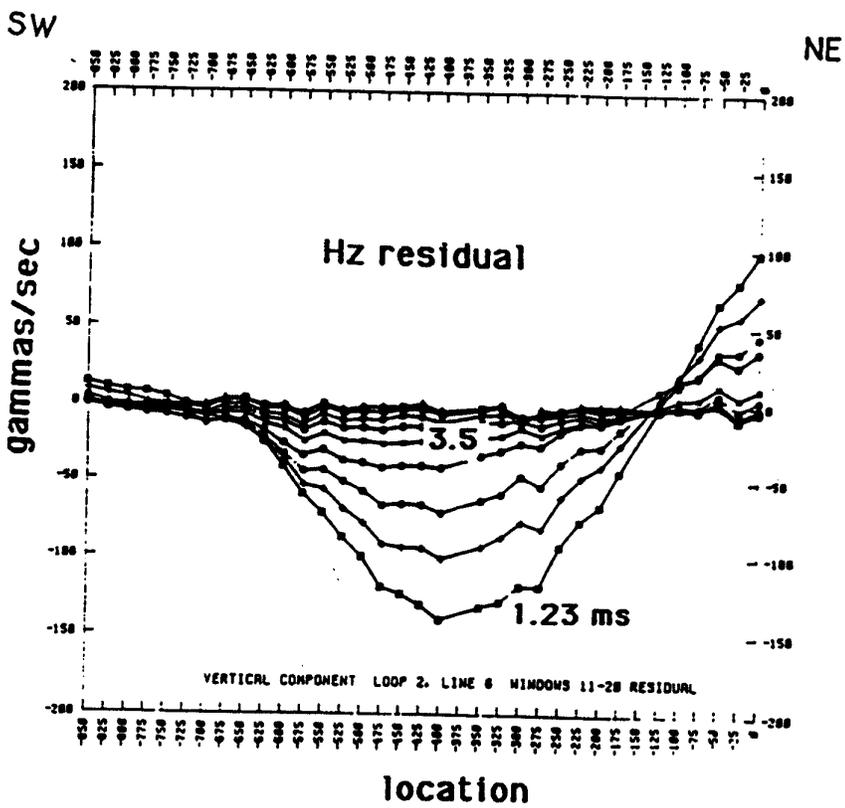
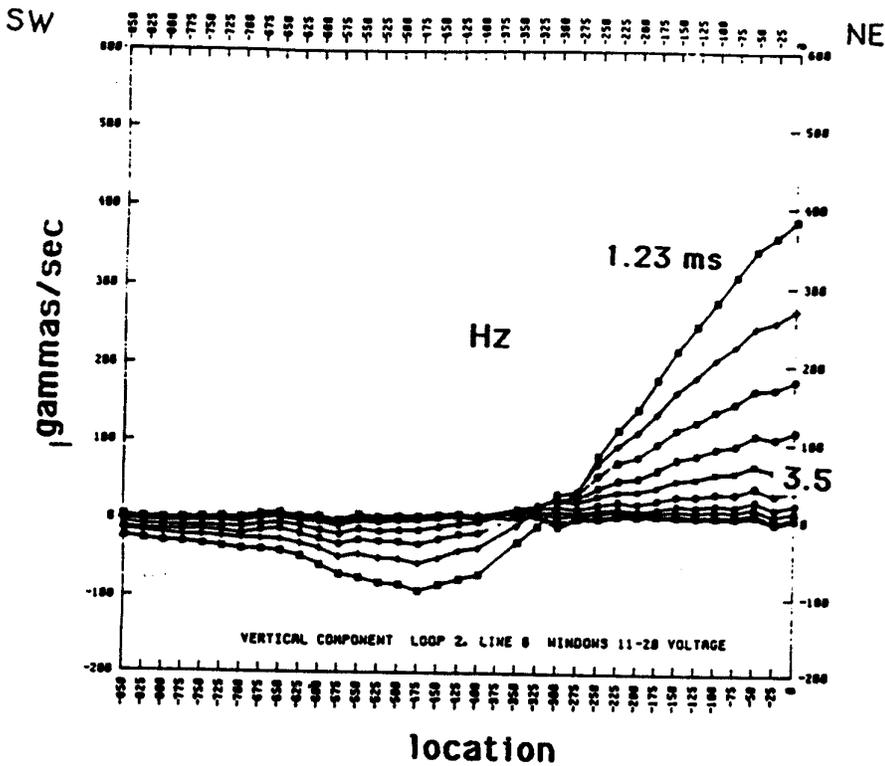


Figure 5.10a Field and residual vertical component profiles for loop 2 line 6. The field profiles show a crossover anomaly near station 425 but the residual profiles show a peak.

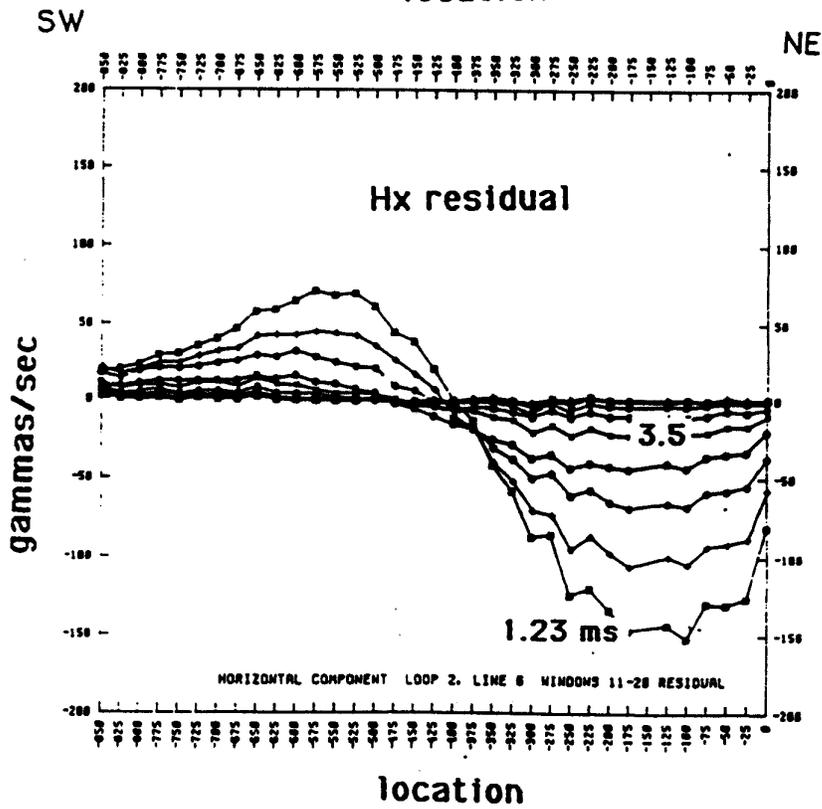
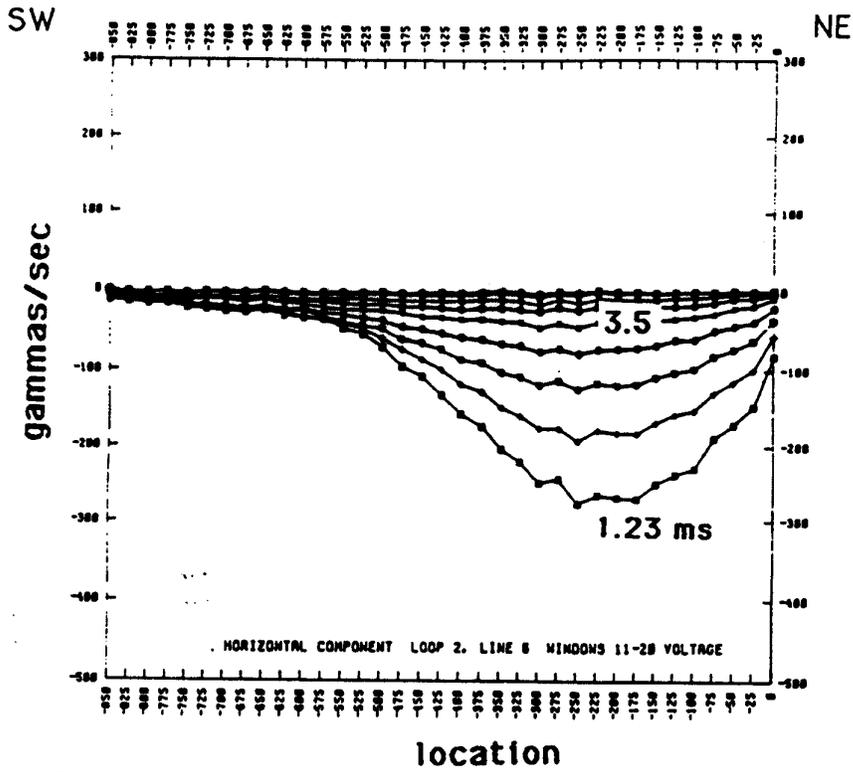


Figure 5.10b Field and residual horizontal component profiles for loop 2 line 6. The field profiles show a peak anomaly near station 425 but the residual profiles show a crossover.

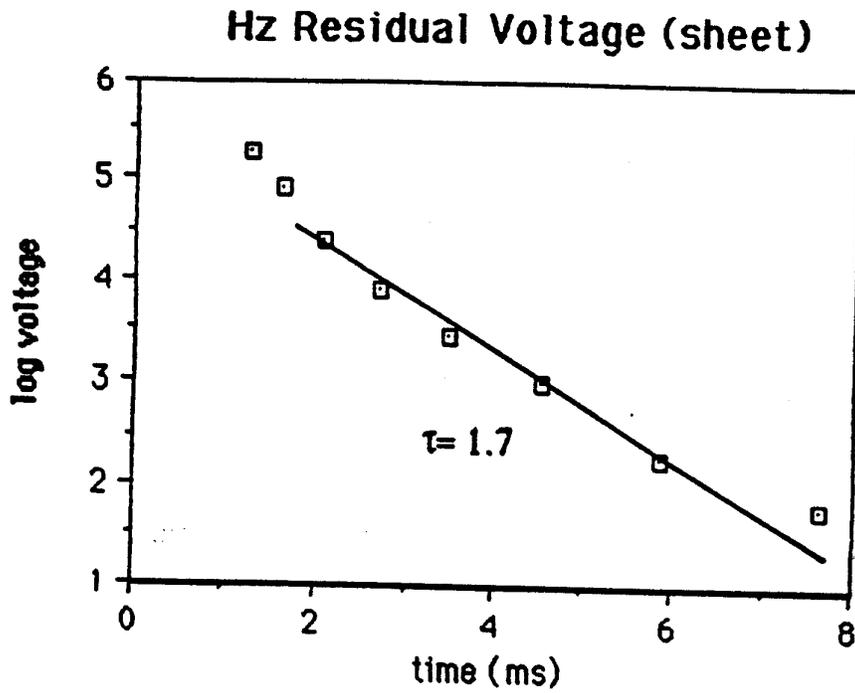


Figure 5.11a Vertical field residual transient from loop 2 line 2 station 425.

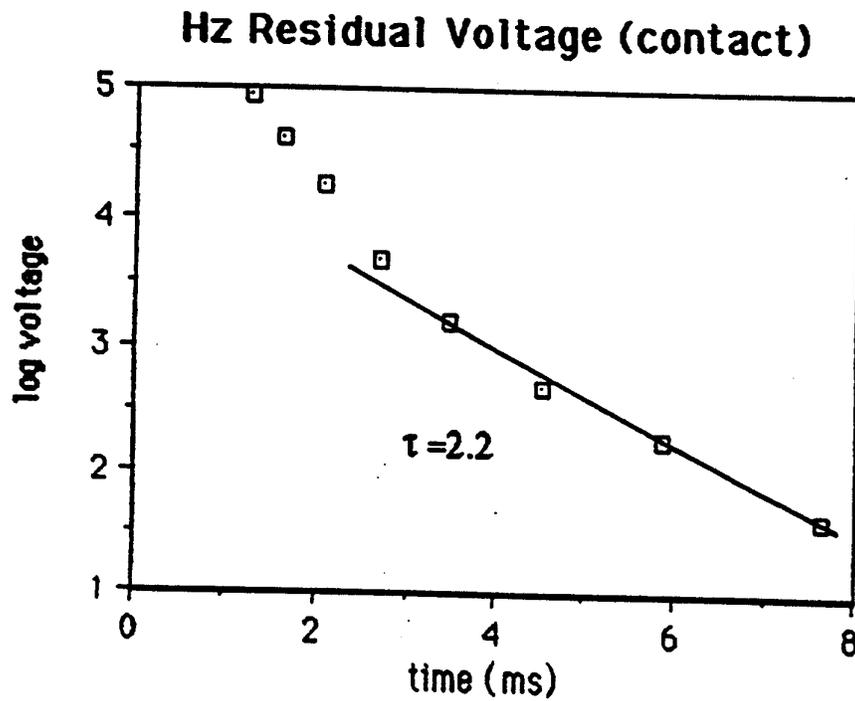


Figure 5.11b Vertical field residual transient from loop 2 line 6 station 400.

is 1.7 ms but for the surficial contact it is 2.2 ms.

The dashed markings on Figure 5.8 indicate the interpreted position of the primary ore zone based on the positions of peaks and crossovers in the residual profiles. These data suggests that the vein was offset southward about 200m near the northwestern edge of loop 2 and continues across the fault with a slightly more northerly trend. The vein anomaly seems to substantially diminish by loop 2 line 6 indicating that the ore content is beginning to weaken. The anomaly near station 400 on loops 2 and 3 is primarily a contact effect. This contact may be the result of oxidation of ore-vein outcrops within the surface rhyolites or it may represent the primary Mesozoic/Tertiary boundary.

The above example, although less quantitative than the first case, shows that separating the EM anomaly from the background response (stripping) is a very useful and not particularly difficult task. It allows for much simpler identification of contact effects and better isolation of target anomalies.

5.3 Case 3: Central-loop sounding in Long Valley, California

A profile of central-loop soundings were made in the Long Canyon region of Long Valley, California to investigate the geological contact zone located at the base of the resurgent dome within Long Valley caldera (Figure 5.9 ; Bailey et al. 1976). A series of ring fractures is known to encompass the dome and within the fracture zone a line of hot springs feeds warm water into shallow aquifers. The resistivity of these shallow aquifers is low (2-5 ohm-m) but rocks of the adjacent resurgent dome are fresh water alluvial sediments and recent volcanics of higher resistivity (10-200 ohm-m) (Stanley et al. 1976). Faults mapped near the contact zone are thought to provide the plumbing for the shallow geothermal system (Sorey, 1985).

The central-loop TDEM profile (A-A') is located at the mouth of Long Canyon beginning approximately 1000m north of the hot springs area and extending southward for 2500m (Figure 5.12). At each station vertical and horizontal field components were measured within a 200m square loop transmitter. The loops were spaced between 100m and 200m apart with the stations more closely spaced in the hot springs region.

Field data were collected using the Geonics EM-37 system, (McNeill, 1982), at fundamental