

附錄

1. 廣東省...
 2. 廣西...
 3. 雲南...
 4. 貴州...
 5. 四川...
 6. 陝西...
 7. 甘肅...
 8. 寧夏...
 9. 青海...
 10. 新疆...

附錄

附錄

1. 廣東省...
 2. 廣西...
 3. 雲南...
 4. 貴州...
 5. 四川...
 6. 陝西...
 7. 甘肅...
 8. 寧夏...
 9. 青海...
 10. 新疆...

INFORME
SOBRE EXPLORACION DE MINERALES
DEL AREA DE ALMAGUER
DEPARTAMENTO DE CAUCA
REPUBLICA DE COLOMBIA

FASE II

JICA LIBRARY



1030187[7]

12662

MARZO 1986

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 5. 15	705
	66.1
登録No. 12662	MPN

PROLOGO

En respuesta a los requerimientos del gobierno de la República de Colombia, el gobierno del Japón ha decidido realizar el desarrollo de la exploración de minerales en Almaguer localizado en el sur-occidente colombiano y ha encargado tal investigación a "Japan International Cooperation Agency", el cual ha decidido encargar esos trabajos de investigación a "Metal Mining Agency of Japan" debido a de que la investigación se refiere a un campo especial de geología y a un examen de recursos minerales.

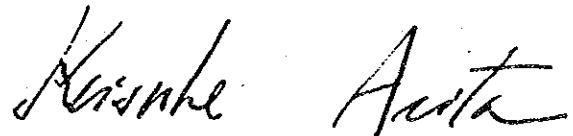
La primera fase de esta investigación empezó en 1984. Para la segunda fase "Metal Mining Agency of Japan" organizó una misión para las investigaciones que constaba de siete personas quienes fueron enviados allí desde el 3 de julio de 1985 hasta el 17 de enero de 1986.

La investigación en el campo, gracias a la cooperación del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, que es una agencia relativa al gobierno de la República de Colombia fue cumplido según se había planeado.

En este informe se ha recogido y arreglado los resultados de las investigaciones en la segunda fase para hacer parte del informe final.

Finalmente queremos expresar nuestro agradecimiento por la cooperación a las agencias relativas al Gobierno de la República de Colombia, y también a "Ministry of Foreign Affairs", "Ministry of International Trade and Industry", a la Embajada del Japón en Colombia, y a todo el personal de las compañías concernientes a esta investigación.

Febrero, 1986



Presidente
Japan International
Cooperation Agency



Presidente
Metal Mining Agency of Japan

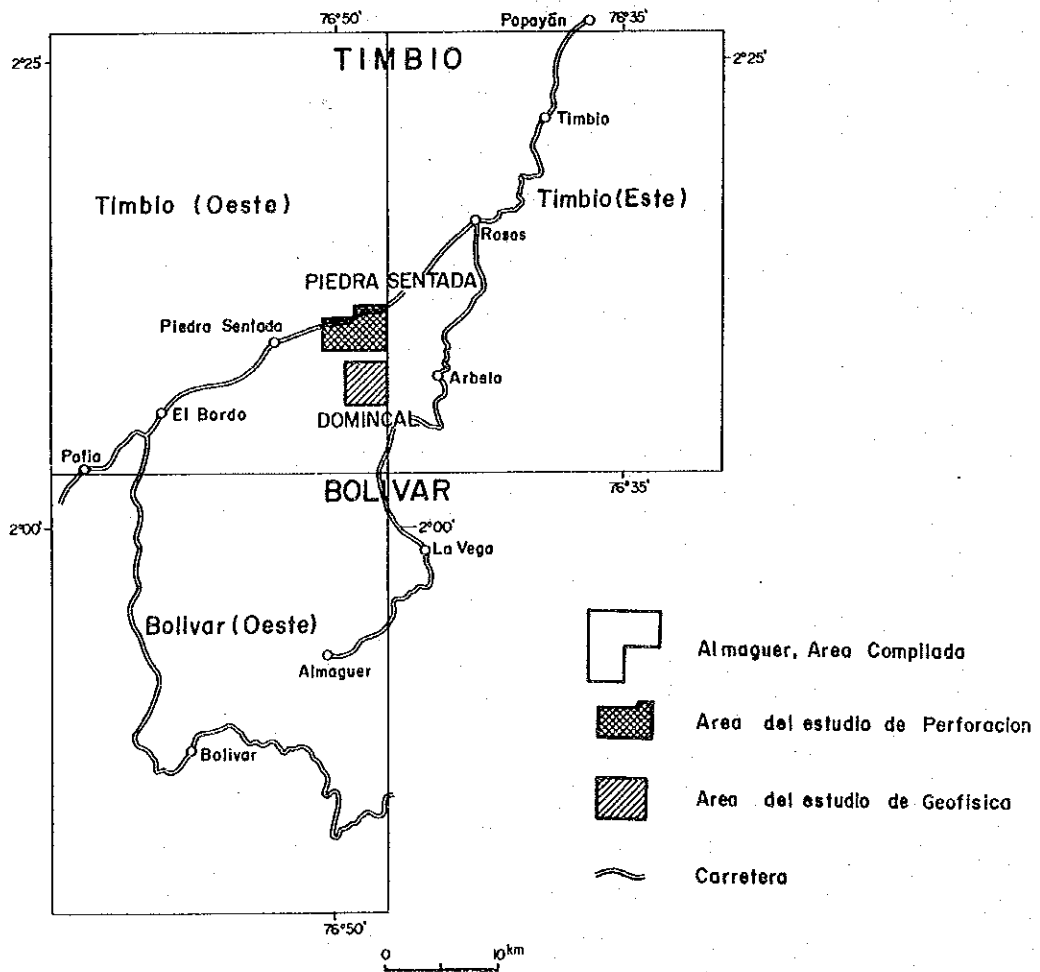
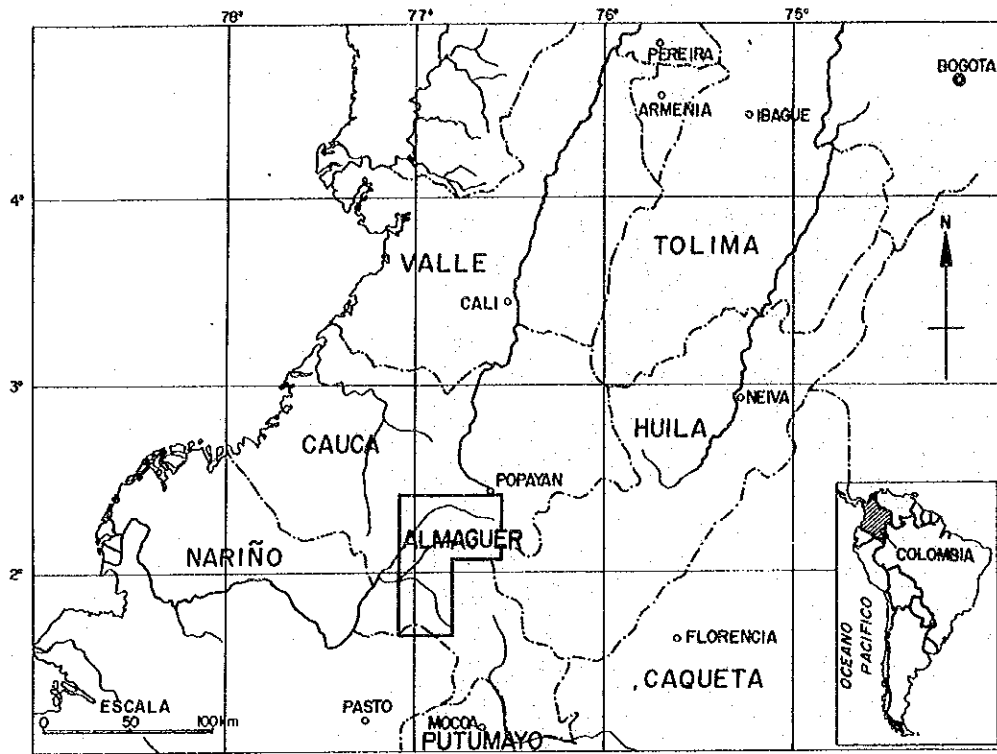


FIG. 1-1 MAPA DE UBICACION

RESUMEN

Durante el año fiscal de 1984 se efectuó una compilación de toda la información geológica existente con el fin de localizar zonas promisorias que englobaron prospectos mineralógicos de rendimiento económico en el Area de Almaguer, situada en el sur-occidente colombiano.

Dentro de los prospectos mineralógicos potenciales, en tres de ellos se utilizaron trabajos de prospección geoquímica y geológica y en otro se efectuó prospección geofísica y geológica. En una de las conclusiones de esta investigación se presumió que en las zonas de El Dominical y Piedra Sentada se podría presentar la posibilidad de contener mineralizaciones del tipo pórfido cuprífero.

Durante el año 1985 la investigación estuvo dirigida a la comprobación de la hipótesis de trabajo anteriormente mencionada, mediante la exploración geofísica en el área de Dominical y trabajos de perforación en el área de Piedra Sentada.

Las actividades realizadas en la investigación durante 1985 fueron las siguientes:

<u>Nombre del área</u>	<u>Método de investigación</u>	<u>Metas físicas alcanzadas</u>
Dominical	Geofísica	
	Método SIP	4 líneas totalizando 6 km Puntos leídos 212
	Método IP	4 líneas totalizando 6 km Puntos leídos 212
Piedra Sentada	Perforación	5 pozos para un total de 1655,6 m todos verticales 2 pozos de 300 m c/u 3 pozos de 350 m c/u

Los análisis de laboratorio fueron los siguientes:

Medidas de las propiedades geofísicas
de las muestras de roca

Método SIP	23 muestras
Método IP	22 "
Análisis químico de los núcleos de perforaciones	107 muestras
Estudio secciones delgadas	16 "
Estudio secciones pulidas	11 "
Análisis de difracción rayos X	10 "
Medida de la temperatura de homogenización de inclusiones fluidas	10 "

Los trabajos de campo en la investigación empezaron el 3 de julio de 1985 y terminaron el 17 de enero de 1986. Durante este período participaron 7 ingenieros japoneses y 7 geólogos colombianos.

Los resultados de la investigación se pueden resumir en la siguiente forma:

Area Dominical: La distribución de la resistividad aparente descubierta por los métodos SIP e IP no tiene relación con la unidad geológica y tiene una tendencia concordante con la distribución de PFE.

Este fenómeno sugiere que la resistividad refleja la alteración de las rocas causada por la solución mineralizante. Considerando las características del método SIP, se dibujaron varios mapas, tales como: seudo-sección fase, seudo-sección espectral, mapa tipo de clasificación espectral, mapa cole-cole y mapas EM de desacoplamiento y tratamientos de los anteriormente mencionados.

El rasgo característico encontrado en estos seudo-mapas es casi el mismo al encontrado en el seudo-mapa PFE. Los valores de PFE varían de 0.2% a 13.2%. Isovalores de PFE se extienden en dirección NE-SW desde el este hasta la mitad del área investigada y se ensancha en dirección NW-SE a partir de la mitad del área trabajada hacia el oeste.

La zona de valores altos PFE encierra la parte sur de la anomalía geoquímica detectada en trabajos anteriores. Igualmente, los valores PFE decrecen a un segundo orden en toda la anomalía geoquímica.

Area Piedra Sentada: La granodiorita porfídica posiblemente relacionada con la mineralización del tipo pórfido cuprífero es un cuerpo intrusivo a pequeña escala con la forma de un cono invertido. De los pozos perforados, tres intersectan rocas verdes metavolcánicas del Grupo Diabásico.

La mineralización consiste esencialmente de pirita con cantidades muy subordinadas de calcopirita y muy esporádicamente se observan venillas de cuarzo con molibdenita. El tenor promedio de los análisis de los núcleos es de 0.1 gr Au /t y 0.03% de Cu; los otros elementos analizados, Ag, Mo, Pb y Zn son tan bajos que no se discutirán.

La distribución zonal de la mineralización y de la alteración se reconoció con un centro local yaciendo muy cerca al pozo CJM-2.

La fuerte anomalía de PFE detectada por el método SIP en 1984 corresponde a la zona epidota-clorita-pirita, la cual está rodeando la zona mineralizada central. En el área de Dominical se recomienda realizar la siguiente investigación en la Tercera Fase:

- 1) Trabajos de perforación conjuntamente con prospección geológica detallada en el área geoquímica y geoelectricamente anómala.
- 2) Prospección geoelectrica mediante los métodos SIP e IP en la prolongación de la anomalía encontrada este año.

INDICE

PROLOGO
MAPA DE UBICACION
RESUMEN

1. INTRODUCCION	1
1.1. TRABAJOS ANTERIORES	1
1.2. OBJETIVO	1
1.3. AREA INVESTIGADA	1
1.4. VIAS DE ACCESO	1
1.5. METODOLOGIA Y CONTENIDO DE LA INVESTIGACION	1
1.6. DURACION Y MIEMBROS DE LA INVESTIGACION	2
2. AREA DOMINICAL-EXPLORACION GEOFISICA	3
2.1. OBJETIVO	3
2.2. EXTENSION DE LA INVESTIGACION	3
2.3. ESPECIFICACIONES	3
2.4. METODOLOGIA	4
2.4.1. EL METODO SIP	4
2.4.2. EL METODO IP	6
2.5. INSTRUMENTOS	6
2.5.1. INSTRUMENTACION PARA EL METODO SIP	6
2.5.2. INSTRUMENTACION PARA EL METODO IP	7
2.6. PROCESAMIENTO DE DATOS Y MÉTODO DE ANALISIS	8
2.6.1. METODO SIP	8
2.6.2. METODO IP	10
2.6.3. MEDICION DE LA MUESTRA DE ROCA	11
2.7. RESULTADOS DE LOS LEVANTAMIENTOS	11
2.7.1. POR EL METODO SIP	11
2.7.2. POR EL METODO IP	14
2.7.3. MEDICION DE LA MUESTRA DE ROCA	15
2.8. RESULTADOS DE ANALISIS	16
2.8.1. SUPOSICION DE LA ESTRUCTURA SUBTERRANEA POR SIMULACION	16
2.9. CONSIDERACIONES	19
3. AREA PIEDRA SENTADA-EXPLORACION POR PERFORACION	23
3.1. BOSQUEJO DE LA EXPLORACION	23
3.1.1. OBJETIVO	23
3.1.2. BOSQUEJO DE LA OPERACION	23
3.1.3. DESCRIPCION Y ANALISIS DE LOS NUCLEOS	23
3.2. ACTIVIDADES EN PERFORACION	24
3.2.1. PREPARACION DE EQUIPOS Y SITIOS DE PERFORACION	24
3.2.2. DESEMPEÑO EN PERFORACION	24
3.2.3. MOVILIZACION Y BODEGAJE	27
3.2.4. RESULTADOS DE LA PERFORACION	27
3.3. GEOLOGIA Y MINERALIZACION DE LOS POZOS DE PERFORACION	28
3.3.1. CJM-1	28
3.3.2. CJM-2	29
3.3.3. CJM-3	30
3.3.4. CJM-4	30
3.3.5. CJM-5	31
3.3.6. DISCUSION GENERAL DE LOS RESULTADOS DE PERFORACION	31

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
4.1. CONCLUSIONES	35
4.1.1. AREA DOMINICAL	35
4.1.2. AREA DE PIEDRA SENTADA	35
4.2. RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFIA	37

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1-1	MAPA DE UBICACION
FIG. 2-1	MAPA DE PUNTOS Y LINEAS DE MEDIDA
FIG. 2-2	LOGISTICA UNA PROSPECCION DE SIP
FIG. 2-3	EJEMPLO DE DESACOPAMIENTO
FIG. 2-4	COLOCACION ELECTRODE DE DIPOLE-DIPOLE
FIG. 2-5	METODO DE INDICACION A SEUDOSECCION
FIG. 2-6	INFLUENCIA TOPOGRAFICA EN EL RESISTIVIDAD APARENTE
FIG. 2-7	METODE CLASIFICACION ESPECTRAL
FIG. 2-8	EJEMPLO DE SIMULACION
FIG. 2-9	SEUDOSECCIONES DE LA FASE SIN DESACOPLAR
FIG. 2-10	RELACION MUTUA ENTRE FASE-PFE
FIG. 2-11	SEUDOSECCIONES DE LA FASE DESACOPLADA DE 3 PUNTOS
FIG. 2-12	RELACION MUTUA ENTRE 3PT-PFE
FIG. 2-13	DIAGRAMA DE COLE-COLE
FIG. 2-14	DIAGRAMA DE MAGNITUDE NORMALIZADA
FIG. 2-15	DIAGRAMA DE FASE
FIG. 2-16	DIAGRAMA DE CLASIFICACION ESPECTRAL
FIG. 2-17	DIAGRAMA COLE-COLE SOBRE LAS MUESTRAS
FIG. 2-18	RESULTADOS MEDIDOS DE LAS ROCAS MUESTRAS (SIP)
FIG. 2-19	RESULTADOS MEDIDOS DE LAS ROCAS MUESTRAS (IP)
FIG. 2-20	RESULTADO DE SIMULACION
FIG. 2-21	MAPA DE INTERPRETACION
FIG. 3-1	LOCALIZACION DE LAS PERFORACIONES EN EL AREA DE PIEDRA SENTADA
FIG. 3-2	SECCION GEOLOGICA GENERALIZADA

LISTA DE TABLES

TAB. 1-1	DISTRIBUCION DEL TRABAJO
TAB. 1-2	PERIODOS DE TRABAJO
TAB. 2-1	ESPECIFICACIONES GEOFISICA EN EL AREA DOMINICAL
TAB. 2-2	MEDIDAS DE LAS ROCAS MUESTRAS (SIP)
TAB. 2-3	MEDIDAS DE LAS ROCAS MUESTRAS (IP)
TAB. 3-1	DATOS DE PERFORACION
TAB. 3-2	COMPILACION DE ANALISIS QUIMICO DE NUCLEOS DE PERFORACIONES

LISTA DE PLANOS

- PL. 1 MAPA DE PUNTOS Y LINEAS DE MEDIDA
- PL. 2 MAPA EN PLANO DE RESISTIVIDADES APARENTES ($n=2$)
- PL. 3 SEUDOSECCION DE RESISTIVIDAD APARENTE SIP (0.125 Hz)
- PL. 4 SEUDOSECCION DE ESISTIVIDAD APARENTE IP (0.3–3.0 Hz)
- PL. 5 MAPA EN PLANO DE PFE
- PL. 6 SEUDOSECCION DE PFE (SIP, 0.125 Hz)
- PL. 7 SEUDOSECCION DE PFE (IP, 0.3–3.0 Hz)
- PL. 8 LOCALIZACION DE LAS PERFORACIONES EN EL AREA DE PIEDRA SENTADA
- PL. 9 SECCION GEOLOGIA GENERALIZADA POR CJM-1, CJM-2, Y CJM-3
- PL. 10 SECCION GEOLOGIA GENERALIZADA POR CJM-4, CJM-2 Y CJM-5
- PL. 11 REGISTRO NUCLEO CJM-1
- PL. 12 REGISTRO NUCLEO CJM-2
- PL. 13 REGISTRO NUCLEO CJM-3
- PL. 14 REGISTRO NUCLEO CJM-4
- PL. 15 REGISTRO NUCLEO CJM-5

APENDICE

A.2-1	DIAGRAMA DE COLE-COLE DESACOPADA
A.2-2	DIAGRAMA DE DESACOPADA MAGNITUDE NORMALIZADA
A.2-3	DIAGRAMA DE FASE DESACOPADA
A.2-4	DIAGRAMA DE CLASIFICACION ESPECTRAL DESACOPADA
A.2-5	SEUDOSECCIONES DE LA FASE DESACOPADA LINEA A
A.2-6	SEUDOSECCIONES DE LA FASE DESACOPADA LINEA B
A.2-7	SEUDOSECCIONES DE LA FASE DESACOPADA LINEA C
A.2-8	SEUDOSECCIONES DE LA FASE DESACOPADA LINEA D
A.2-9	DIAGRAMA COLE-COLE SOBRE LAS MUESTRAS
A.3-1	LISTA DEL EQUIPO USADO EN PERFORACION
A.3-2	ARTICULOS DE CONSUMO Y REPUESTOS DE PERFORACION
A.3-3	PREPARACION REGISTROS DE TRANSPORTE
A.3-4	RESULTADOS OPERACIONALES DE UN POZO DE PERFORACION CJM-1
A.3-5	RESULTADOS OPERACIONALES DE UN POZO DE PERFORACION CJM-2
A.3-6	RESULTADOS OPERACIONALES DE UN POZO DE PERFORACION CJM-3
A.3-7	RESULTADOS OPERACIONALES DE UN POZO DE PERFORACION CJM-4
A.3-8	RESULTADOS OPERACIONALES DE UN POZO DE PERFORACION CJM-5
A.3-9	RESUMEN OPERACIONAL DE LOS DATOS PARA CADA POZO
A.3-10	TIEMPO TRABAJADO EN CADA POZO
A.3-11	METRAJE DE PERFORACION CON BROCAS DE DIAMANTE
A.3-12	ESPECIFICACIONES DE LAS BROCAS DE DIAMANTE
A.3-13	REGISTRO PROGRESIVO DE PERFORACION CJM-1
A.3-14	REGISTRO PROGRESIVO DE PERFORACION CJM-2
A.3-15	REGISTRO PROGRESIVO DE PERFORACION CJM-3
A.3-16	REGISTRO PROGRESIVO DE PERFORACION CJM-4
A.3-17	REGISTRO PROGRESIVO DE PERFORACION CJM-5
A.3-18	ANALISIS QUIMICO DE LOS NUCLEOS DE PERFORACIONES
A.3-19(1)	REUSLTADOS DE LOS ESTUDIOS PETROGRAFICOS DE LAS SECCIONES
A.3-19(2)	RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE LAS SECCIONES PULIDAS
A.3-20	LISTA DEL RESULTADOS DE DIFRACCION RAYOS X
A.3-21	VALOR DE MEDIDA DE TEMPERATURA HOMOGENIZACION
A.3-22	TEMPERATURA HOMOGENIZACION DE INCLUSION FLUIDA DE MINERAL CUARZO
A.3-23(1)	MICROFOTOGRAFIAS DE LAS SECCIONES
A.3-23(2)	MICROFOTOGRAFIAS DE LAS SECCIONES PULIDAS
A.3-24	LAS CARTAS DE DIFRACCION RAYOS X

1. INTRODUCCION

1.1. TRABAJOS ANTERIORES

En la primera fase de la investigación se exploraron 4 zonas promisorias para minerales en el área de Almaguer, seleccionadas mediante la compilación de datos. Las áreas Dominical, Cerro Negro y La Medina, se investigaron a través de la prospección geológica y geoquímica y la zona de Piedra Sentada se efectuaron trabajos de prospección geológica y geofísica. Como resultado de esta investigación se presume que las áreas de Piedra Sentada y Dominical pueden corresponder a depósitos de cobre porfídico, ricos en oro. La segunda fase de la investigación llevada a cabo en las áreas de Piedra Sentada y Dominical tuvieron el propósito de comprobar esta hipótesis.

1.2. OBJETIVO

El objetivo primordial de la investigación en este año fue el de conocer la mineralización por medio de la prospección geológica detallada.

1.3. AREA INVESTIGADA

El área de Almaguer se localiza en el sur-oeste de Colombia, en el Departamento del Cauca y pertenece a los Municipios de La Sierra, La Vega, Almaguer y El Bordo.

Las áreas exploradas este año, Piedra Sentada y Dominical, pertenecen a La Sierra y La Vega, respectivamente.

1.4. VIAS DE ACCESO

Las áreas exploradas de Piedra Sentada y Dominical son adyacentes y alineadas con respecto a la norte-sur y distan 40 km en línea recta hacia el suroeste de Popayán. Las vías de acceso al área de trabajo están relacionadas con la carretera Panamericana, mediante un recorrido de dos horas entre Popayán y El Mango (la parte más norte del área de Piedra Sentada), pasando por el Municipio de Rosas. Para llegar a Dominical existe una vía de penetración secundaria saliendo del Municipio de Rosas hasta El Diviso, con un recorrido de dos horas; desde El Diviso es necesario caminar una hora para alcanzar la Vereda Dominical.

1.5. METODOLOGIA Y CONTENIDO DE LA INVESTIGACION

La metodología adoptada este año fue de perforación en Piedra Sentada y prospección geofísica en la región de Dominical.

El contenido de la investigación para cada área, así como los principales trabajos de laboratorio son como se indica en Tab. 1-1:

1.6. DURACION Y MIEMBROS DE LA INVESTIGACION

Los trabajos de campo para este año fueron efectuados entre el 3 de julio de 1985 y el 17 de enero de 1986. Dentro de este periodo se realizó la exploración geofísica entre el 8 de julio y el 23 de agosto de 1985. Igualmente, las perforaciones fueron efectuadas entre el 15 de julio de 1985 y el 12 de enero de 1986.

El personal participante en la segunda fase fue el siguiente:

Coordinación y Negociación:

Takashi Kamiki	MMAJ	Raúl Durán	INGEOMINAS
Yasuo Endo	MMAJ	Luis Jaramillo C.	INGEOMINAS

Trabajos de Campo:

Yoshihiro Nagumo	Geólogo Jefe	Pedro A. Marín	Coordinador
Fukujiro Miyoshi	Geofísico	Abigail Orrego	Geólogo
Akira Egawa	Geofísico	Clemente Ropain	Geofísico
Tsugio Ishikawa	Geofísico	Miguel Garzón	Geofísico
Nobuhiko Yamamoto	Ing.Perforación	Héctor Castro	Geólogo
Yoshinobu Sato	Ing.Perforación	Alfonso Arias	Geólogo
Hisashi Shimizu	Ing.Perforación	Oscar Pulido	Geólogo

(MINDECO)

(INGEOMINAS)

TAB. 1-1 DISTRIBUCION DEL TRABAJO

Area de Trabajo	Métode	Cantidad del Trabajo				Prueba laboratorio
Dominical	SIP	Línea A	1.5km	212 puntos	Medición caracter física de la muestra de roca 23 piezas	
		Línea B	1.5			
		Línea C	1.5			
		Línea D	1.5			
		Total	6.0km			
	IP	Línea 1	1.5km	212 puntos	Medición caracter física de la muestra de roca 22 piezas	
		Línea 2	1.5			
		Línea 3	1.5			
		Línea 4	1.5			
		Total	6.0km			
Piedra Sentada	Perforación	CJM-1	301.8m	Vertical	Análisis químicos	
		CJM-2	351.4	Vertical	de testigos	
		CJM-3	300.6	Vertical	Secciones delgadas	
		CJM-4	351.2	Vertical	Secciones pulidos	
		CJM-5	350.6	Vertical	Difracción rayos X	
		Total	1,655.6m		Temperature homogéneo	

TAB. 1-2 PERIODOS DE TRABAJO

GRUPOS DE TRABAJO	EQUIPOS DE TRABAJO	1985 JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	1986 ENERO
Geofísica	Japón 3 Colombia 2		<p>8 14</p> <p>Mobilización</p> <p>Trabajo en el campo</p>	<p>12 15 22</p> <p>Análisis en Bogotá</p> <p>Trabajo en el campo</p>					
Perforación	Japón 4 Colombia 3		<p>3 15</p> <p>Preparación</p>		<p>Trabajo en el campo</p>				<p>12 17</p> <p>Despacho de trabajo</p>

2. AREA DOMINICAL-EXPLORACION GEOFISICA

2.1. OBJETIVO

Los estudios de geología y geoquímica adelantados durante el año anterior permitieron la localización de una zona anómala para cobre y molibdeno. Un factor negativo presente en el área lo constituye el hecho que la mineralización en superficie para estos elementos es muy débil. Sin embargo, observaciones posteriores confirmaron la presencia de estos minerales así como la existencia de una faja de alteración en la roca encajante lo cual sugiere que podríamos encontrarlos en la parte superior de un sistema de pórfido cuprífero desarrollado en profundidad y potencialmente de interés económico. Con base en estas suposiciones se utilizaron, en la zona, 2 métodos geofísicos que son el SIP (Método Espectral de Polarización Inducida) y el IP (Polarización Inducida), con el fin de comprobar esta hipótesis y determinar la continuación de la mineralización en el subsuelo.

Primero se utilizó el método SIP para conocer las condiciones de mineralización en el interior en la zona, o sea para delinear la mejor determinar sus características a través de la polarización espectros anómalos; luego, con base en la interpretación de los estos resultados, se aplicó el método IP para determinar la localización exacta de su extensión o su continuidad.

2.2. EXTENSION DE LA INVESTIGACION (Véase las Figuras 1-1 y 2-1)

Los levantamientos SIP e IP en el área Dominical se realizaron alrededor de la zona mineralizada donde las anomalías geoquímicas, tienen extensión de 7 km², se levantaron 4 líneas (líneas A - D) por el método SIP, y 4 líneas (líneas 1 - 4), 2 por cada lado exterior este y oeste de dicha líneas A - D, por el método IP.

2.3. ESPECIFICACIONES

Las especificaciones de los levantamientos geofísicos realizados en el área propuesta se indican en la tabla 2-1 a continuación.

TAB. 2-1 ESPECIFICACIONES GEOFISICA EN EL AREA DOMINICAL

METODO	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION
SIP	Líneas y puntos	Línea A 1.5 km 53 puntos
		Línea B 1.5 km 53 puntos
		Línea C 1.5 km 53 puntos
		Línea D 1.5 km 53 puntos
	Total	6.0 km 212 puntos
	Dirección	340°
	Intervalo entre líneas	300 m
Arreglo de los electrodos	Dipolo-dipolo	
Intervalo entre electrodos	100 m	
Coeficientes de aislamiento de electrodos	1-5	

METODO	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION															
	Frecuencias de medición	0.125, 0.375, 0.625, 0.875, 1.123, 1.375, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 8, 24, 40, 56, 72, 88 Hz															
	Muestras de roca	23															
IP	Líneas y puntos	<table border="0"> <tr> <td>Línea A</td> <td>1.5 km</td> <td>53 puntos</td> </tr> <tr> <td>Línea B</td> <td>1.5 km</td> <td>53 puntos</td> </tr> <tr> <td>Línea C</td> <td>1.5 km</td> <td>53 puntos</td> </tr> <tr> <td>Línea D</td> <td>1.5 km</td> <td>53 puntos</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>6.0 km</td> <td>212 puntos</td> </tr> </table>	Línea A	1.5 km	53 puntos	Línea B	1.5 km	53 puntos	Línea C	1.5 km	53 puntos	Línea D	1.5 km	53 puntos	Total	6.0 km	212 puntos
Línea A	1.5 km	53 puntos															
Línea B	1.5 km	53 puntos															
Línea C	1.5 km	53 puntos															
Línea D	1.5 km	53 puntos															
Total	6.0 km	212 puntos															
	Dirección	340°															
	Intervalo entre líneas	150 m															
	Arreglo de los electrodos	Dipolo-dipolo															
	Intervalo entre electrodos	100 m															
	Coefficientes de aislamiento de electrodos	1-5															
	Frecuencias de medición	0.3, 3 Hz															
	Muestras de roca	22															

2.4. METODOLOGIA

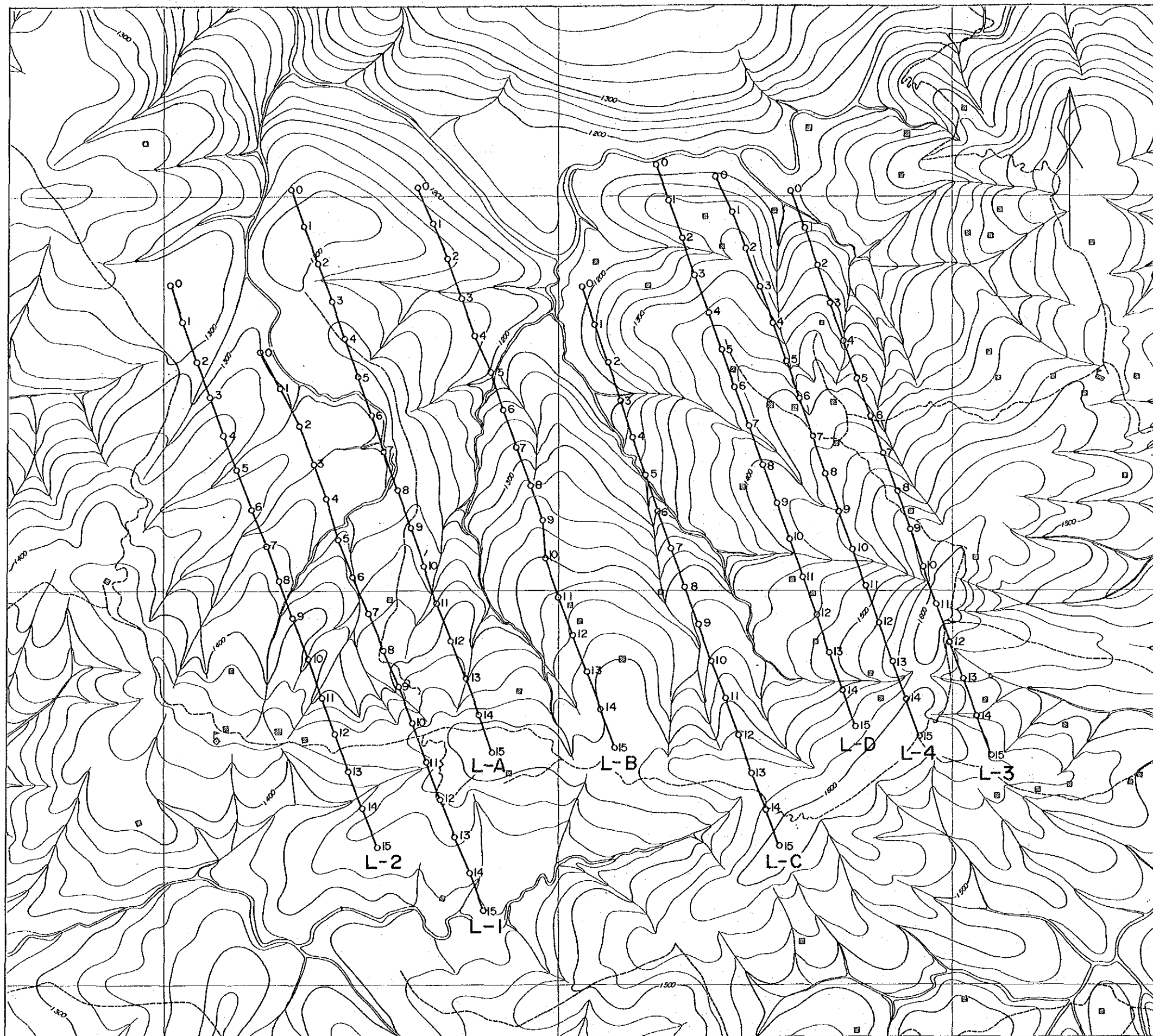
2.4.1. EL METODO SIP (Método Espectral de Polarización Inducida)

El método convencional IP en el dominio de la frecuencia prospecta tanto la variación de resistividad de 2 frecuencias en el rango de unos 0.1 a 5.0 Hz como el efecto frecuencial, mientras el método SIP tiene la capacidad de medir la resistividad y el "desfasaje" por un rango extenso de frecuencias que abarca, por razones prácticas, desde 0.01 hasta 100 Hz aproximadamente, así prospectando y discriminando entre la fuente anómala IP de las respuestas de frecuencia (respuestas o características espectrales) del estrato y del cuerpo del depósito mineral.

En la presente prospección, fue adoptado dicho método con la técnica de dominio de la frecuencia por medio de un equipo manufacturado por Zonge Engineering and Research Organization de los EE. UU.

La configuración de los electrodos, utilizada para esta prospección fue la de dipolo-dipolo con el intervalo entre electrodos $a=100$ m (distancia horizontal), que permitió medir el coeficiente de aislamiento de electrodos $n=1 - 5$.

Por otra parte, se adoptaron las 3 frecuencias fundamentales de 0.125, 1.0 y 8.0 Hz, y con el objeto de revisar las respuestas IP (efecto



LEYENDA

- 0 1 2 3
o-o-o L-A Líneas de SIP
- 0 1 2 3
o-o-o L-1 Líneas de IP

FIG. 2-1 MAPA DE PUNTOS Y LINEAS DE MEDIDA

IP) de las 18 frecuencias usadas en la presente prospección que abarcaron desde 0.125 Hz hasta 88 Hz, se aplicó un análisis de Fourier tanto de dichas frecuencias como de sus armónicos 3^o, 5^o, 7^o, 9^o y 11^o.

Los componentes de la medición son la magnitud de voltaje y el desfase entre las señales transmisora y receptora.

Para medir el desfase de alta precisión para cada frecuencia, es necesario sincronizar el receptor con el transmisor; para lo cual el aparato transmisor debe permanecer comunicado al receptor. Para este efecto, se utilizó una línea de señales, que se llama "alambre de comunicación", que permitió medir el potencial. Se colocó este alambre de comunicación a distancia de más de 20 m apartada desde el cable de corriente con el fin de eliminar el efecto de acoplamiento electro-magnético que pudiera resultar entre éste y dicho alambre.

Con electrodo de corriente se utilizó una chapa de cobre de tamaño de 30 cm² aproximadamente, la cual se enterró a la profundidad de unos 50 cm. La corriente usada fue de 0.3 a 1.0 A. Fueron utilizados en esta prospección los electrodos de potencial no polarizables, compuestos de una solución saturada de sulfato de cobre contenida en un tarro poroso con un conductor de cobre.

El esquema de conexiones eléctricas y el arreglo de equipo se indica en el dibujo a continuación.

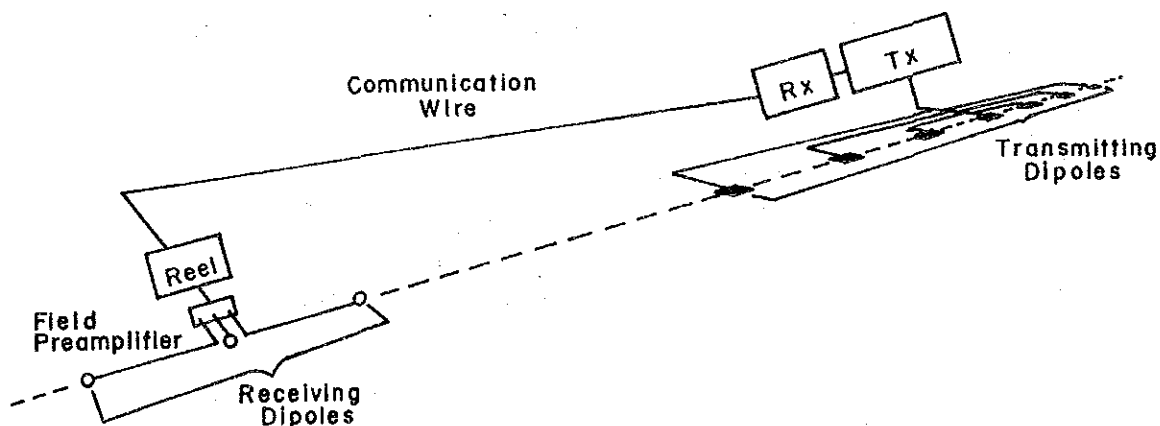


FIG. 2-2 LOGISTICA UNA PROSPECCION DE SIP

El punto de referencia para los levantamientos se identificó con un punto del mapa topográfico que seguramente corresponde a un punto topográfico actual, y la elevación se leyó en dicho mapa (1/5,000). Basado en este punto de referencia se llevó a cabo el levantamiento de líneas por medio de una poligonal abierta utilizando brujulas de bolsillo y cinta. Durante este levantamiento, las señales de los mojones se colocaron cerca del cruce de cada línea con el camino de herradura para que sirviese como marcador futuro.

2.4.2. EL METODO IP

La presente prospección se llevó a cabo por el método de Polarización Inducida (IP) en el dominio de la frecuencia, con el equipo donado al gobierno colombiano por el gobierno japonés en 1984.

El arreglo de los electrodos, el intervalo entre ellos, el coeficiente de aislamiento de electrodos y otros datos relevantes son similares a aquellos usados para el método SIP. Las frecuencias de medición son 0.3 Hz y 3 Hz.

En esta prospección, el transmisor se colocó casi en el establecido centro de cada línea y el receptor se trasladaba en el orden establecido sobre la línea. La transmisión se hizo a cada electrodo de corriente asignado a las órdenes emitidas desde el receptor, recibiendo así la diferencia de potencial necesaria entre los electrodos de potencial.

Para conocer la extensión de la anomalía prospectada en el método SIP, las líneas No. 1 y No. 2 se establecieron por el lado occidental fuera de las líneas SIP y las No. 3 y No. 4 por el lado oriental fuera de las mismas, siendo cada línea de largo de 1.5 km y tomando una distancia o intervalo de 150 m entre estas líneas. Los procedimientos y las señales marcadoras adoptados son idénticos a los del método SIP.

2.5. INSTRUMENTOS

Las especificaciones de los equipos utilizados adoptados para dichas prospecciones se indican a continuación:

2.5.1. INSTRUMENTACION PARA EL METODO SIP

(1) TRANSMISOR

* Equipo manufacturado por Zonge, GGT-6

Peso: 95 kg
Voltaje de salida: 100 V max.
Corriente de salida: 0.2 - 20 A
Frecuencias de transmisión: DC - 10 kHz
Alimentación de entrada: 400 Hz, 100 V, trifásico

(2) Receptor

* Receptor principal manufacturado por Zonge, GDP-12-2GB

Peso: 15 kg
Sensitividad: 0.2 μ V
Frecuencias de recepción: 1/8 - 4.096 Hz en un rango de 16 frecuencias
Otras características:
Convertidor analógico-digital, 12 "digitos"
Tiene capacidad de rendir diversos informes por medio de la interface RS-232 C.

* Registrador manufacturado por Epson, HC-20

Peso: 1.7 kg
Memoria: RAM, 16 k byte
Microimpresor: Sistema de matriz de puntos de impacto;
0.7 línea/seg. de velocidad de impresión
Interface: RS 232C
Con el impulsor de microcassette

(3) Grupo motor-generador

* Equipo manufacturado por Santoku-Koku y Fuji Heavy Industries

Peso: 95 kg
Voltage: 115 V
Frecuencia: 400 Hz, trifásica
Energía de salida: 3.5 kW

2.5.2. INSTRUMENTACION PARA EL METODO IP

(1) Transmisor

* Equipo manufacturado por Yokohama Electronics, Inc., Modelo L-5804 A,B

Peso: 50 kg
Voltage de salida: 800 V max.
Corriente de salida: 0.20 - 4 A
Frecuencias de transmisión: 0.1, 0.3, 1.0, 3.0 Hz y DC
Alimentación de entrada: 50 Hz/400 Hz, 90 - 130 V, monofásica

(2) Receptor

* Equipo manufacturado por Yokohama Electronics, Inc., Modelo DF-58A1

Peso: Aprox. 7.5 kg
Sensitividad: Voltage; 0.1% a 1%, PFE; 0.1%
Frecuencias de recepción: 0.3 y 3 Hz
Impedancia de entrada: 2 megohms

(3) Grupo motor-generator

* Equipo manufacturado por P.M Research Inc.

Peso: Aprox. 37 kg
Voltage: 115 V
Frecuencia: 400 Hz, monofásica
Energía de salida: 2 kW

2.6. PROCESAMIENTO DE DATOS Y METODO DE ANALISIS

2.6.1. METODO SIP

(1) Procesamiento de Datos

Los datos obtenidos de las medidas de campo proporcionan la magnitud y el desfase entre las 18 frecuencias que abarcan desde 0.125 Hz hasta 88 Hz. Estos datos son entrados en el Microprocesador de Datos (Receptor GDP-12) junto con otros datos necesarios, tales como la corriente de transmisión y diversos parámetros de medida. El microprocesador calibra los valores medidos automáticamente con base en los valores de calibración almacenados en su memoria, y luego, calcula, también automáticamente, las partes real e imaginaria para cada frecuencia, los valores de resistividad aparente (RHO) de las 3 frecuencias fundamentales (0.125, 1 y 8 Hz), el valor de la fase desacoplada de 3 puntos (3PT) y el porcentaje del efecto de frecuencia (PFE).

Para dicho calculos se usan las siguientes fórmulas, respectivamente:

$$[\rho_a] = \frac{MG_{0.125}}{i} \times \pi \cdot A \cdot N(N+1) \cdot (N+2) \cdot C$$

$$[PFE] = \frac{MG_{0.125} - MG_{1.00}}{MG_{1.00}} \times 100$$

$$[3PT] = \frac{10}{8} \phi_{0.125} - \frac{10}{8} \phi_{0.375} + \frac{3}{8} \phi_{0.625}$$

donde

ϕ_i = desfase en la frecuencia i
MG_i = magnitud en la frecuencia i
A = intervalo entre los electrodos
N = coeficiente de aislamiento del electrodo
C = constante del sistema

Estos valores se envían al Registrador HC-20 para almacenamiento junto con otros datos que incluyen el valor de corriente (el usado para calcular la resistividad), el error medio estandar (SEM) y el No. del electrodo para desfase y las condiciones de medición (apilamiento, con o

sin filtro de muesca de 50/60 Hz, ganancia). Estos resultados son impresos y almacenados en un microcassette de cinta magnética, incorporado en el Registrador.

A partir de dichos datos, se elaboran tanto la magnitud y el desfase normalizados con los datos de la frecuencia más baja como sus partes real e imaginaria, usando las partes real e imaginaria de cada frecuencia almacenada en la cinta magnética.

(2) Corrección

(a) Desacoplo electromagnético

El acoplamiento electromagnético se va aumentando con el aumento del valor f/ρ y de la profundidad de prospección. En el caso del método SIP la eliminación de este acoplamiento electromagnético creciente, o desacoplo, se puede realizar con los valores medidos de multiples frecuencias. El método de calculo que usamos en la presente prospección es el de P. G. Hallof et al., por el cual la impedancia compleja $Z(\omega)$ que puede obtenerse del método SIP se expresa con la fórmula siguiente, independiente de la estructura de resistividad subterránea:

$$Z(\omega) = R_0 \left\{ 1 - m_1 \left[1 - \frac{1}{1+(i\omega\tau_1)c_1} \right] - m_2 \left[1 - \frac{1}{1+(i\omega\tau_2)c_2} \right] + m_3 \left[1 - \frac{1}{1+(i\omega\tau_3)c_3} \right] \right\}$$

donde el término que se determina por m_1 , τ_1 y c_1 es la respuesta IP, el que se determina por m_2 , τ_2 y c_2 es la respuesta de acoplamiento electromagnético bajo una tierra homogénea, y el que se determina por m_3 , τ_3 y c_3 la respuesta de acoplamiento electromagnético por un buen conductor.

Dando los valores $\omega = 2\pi f$, de magnitud y fase a cada término de la formula anterior, se calculó cada término por la aproximación mínima-cuadrática.

Un ejemplo de este cálculo se muestra en la figura 2-3.

(b) Corrección topográfica

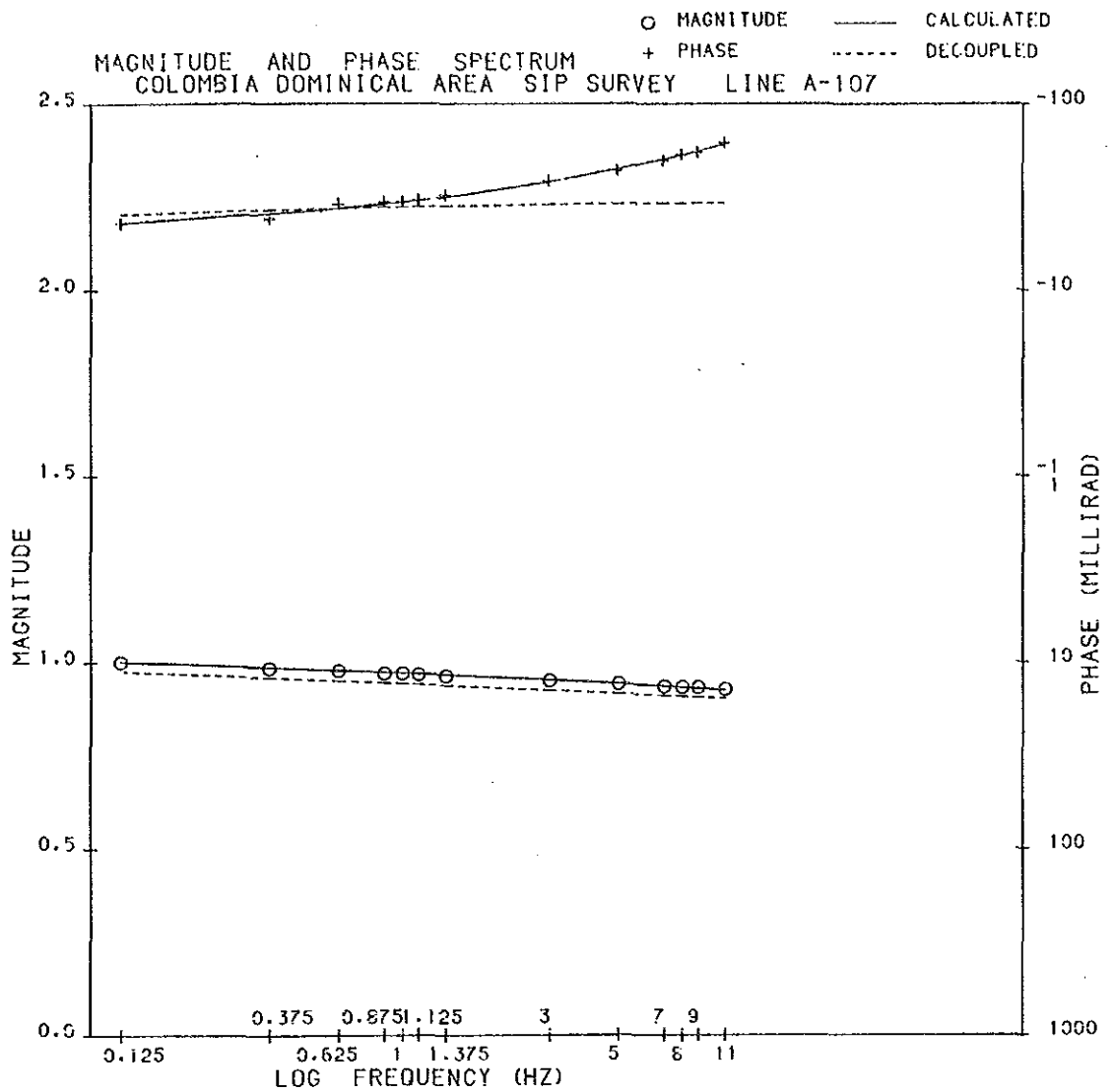
La resistividad aparente que se obtiene de la medición en la configuración dipolo-dipolo (fig. 2-4) de los electrodos está afectada por la forma topográfica, además de las propiedades de la estructura subterránea. En la figura fig. 2-6 se muestra la distribución de los valores de resistividad aparente en un terreno con relieve y estructura subterráneas homogénea. Como se observa en la figura, la resistividad aparente tiende a aumentarse en la parte de la cima y a presentarse más baja en el valle. Esto indica la necesidad de la corrección topográfica en función de la resistividad aparente al analizar la estructura de un área de terreno de gran relieve, para que se elimine dicho efecto topográfico.

El análisis para la presente prospección también se aplicó tal procedimiento de corrección topográfica: se dió un modelo bidimensional en relieve del terreno a la calculadora para el cálculo del efecto topográfico potencial en forma del factor. Con base en el factor así obtenido se llevó a cabo el análisis

(3) Técnicas de Análisis

(a) Secciones y diagramas de resultados

A partir de los datos anteriores de las medidas de campo y también de aquellos a los cuales se efectuó la corrección topográfica descrita en el subpárrafo (2), se elaboraron los siguientes secciones y diagramas para cada línea. Al levantar las secciones, se adoptó la técnica de trazar los valores calculado y medido en el vértice de un triángulo equilátero



	R0	M1	M2	M3	T1	T2	T3	C1	C2	C3
INITIAL	1.3500	0.4400	0.6600	0.1500	3.5000	0.0003	0.0019	0.3100	0.5500	0.6100
FINAL	1.1428	0.3962	0.6603	0.0974	0.0389	0.0002	0.0000	0.1471	0.7376	0.0958
NO.	F (HZ)	MAGNITUDE			PHASE					
		OBSERVED	CALCULATED	DECOUPLED	OBSERVED	CALCULATED	DECOUPLED			
1	0.125	1.0000	1.0008	0.9743	-22.60	-22.73	-25.25			
2	0.375	0.9826	0.9847	0.9566	-23.90	-25.41	-26.63			
3	0.625	0.9757	0.9769	0.9482	-28.60	-27.15	-27.18			
4	0.875	0.9681	0.9715	0.9427	-29.30	-28.60	-27.52			
5	1.000	0.9680	0.9694	0.9404	-29.40	-29.26	-27.64			
6	1.125	0.9653	0.9674	0.9385	-30.00	-29.88	-27.75			
7	1.375	0.9609	0.9641	0.9351	-31.80	-31.06	-27.92			
8	3.000	0.9481	0.9503	0.9220	-37.90	-37.44	-28.49			
9	5.000	0.9402	0.9403	0.9134	-43.20	-43.91	-28.77			
10	7.000	0.9322	0.9331	0.9077	-48.80	-49.63	-28.91			
11	8.000	0.9303	0.9300	0.9055	-52.40	-52.31	-28.95			
12	9.000	0.9300	0.9272	0.9035	-54.20	-54.90	-28.99			
13	11.000	0.9246	0.9223	0.9001	-60.90	-59.83	-29.04			

MAGNITUDE MEASURED AT 0.125 HZ IS 1.0000
THE SUM OF SQUARES OF RESIDUALS IS 0.00083

FIG. 2-3 EJEMPLO DE DESACOPLAMIENTO

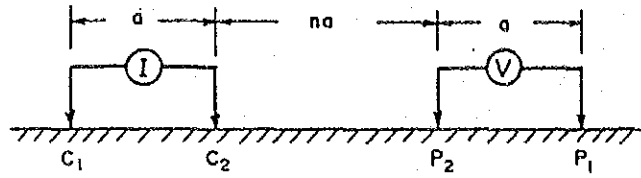


FIG. 2-4 COLOCACION ELECTRODE DE DIPOLE-DIPOLE

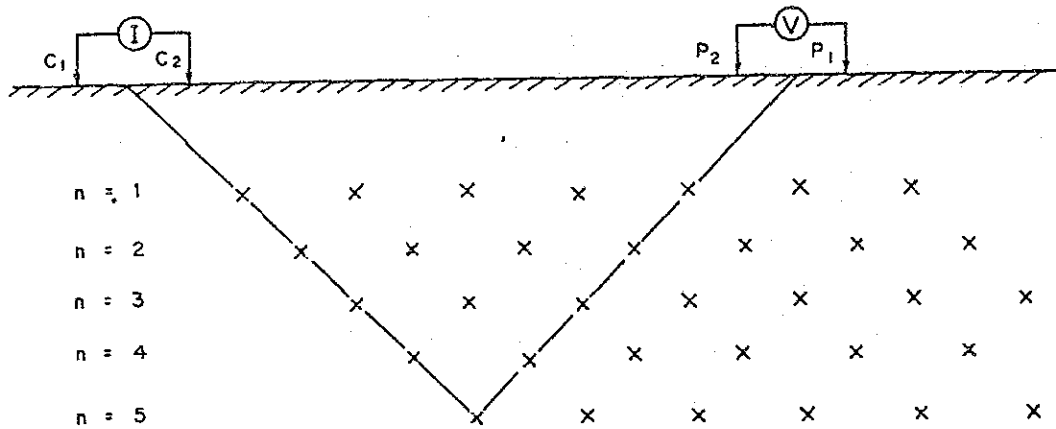


FIG. 2-5 METODO DE INDICACION A SEUDOSECCION

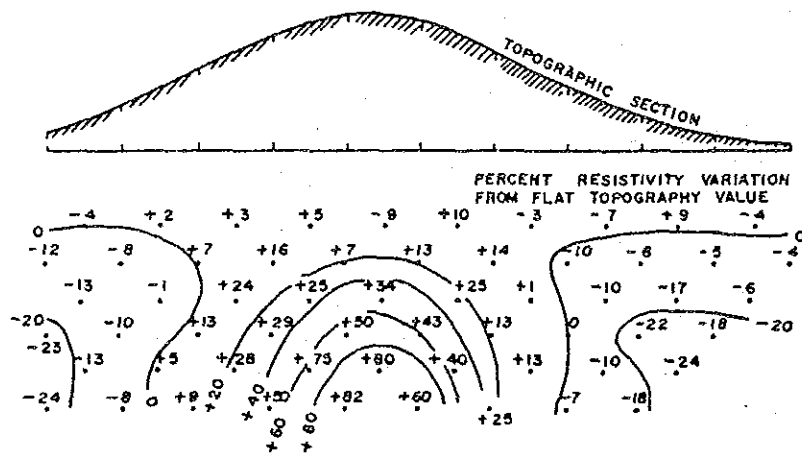


FIG. 2-6 INFLUENCIA TOPOGRAFICA EN EL RESISTIVIDAD APARENTE

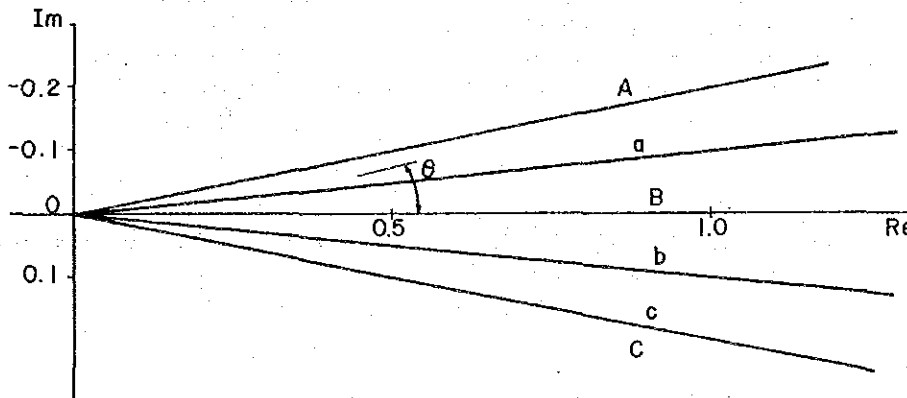
rectangular que se tomó como la base la línea trazada entre el punto medio del electrodo de corriente y el del electrodo de potencial, como se muestra en la figura 2-5.

- 1) Secciones afines de resistividad aparente (0.125 Hz)
- 2) Secciones afines de PFE (0.125 Hz - 1 Hz)
- 3) Secciones de la fase sin corregir (0.125 Hz)
- 4) Diagrama de Cole-Cole
- 5) Diagrama de la respuesta espectral de fase
- 6) Diagrama de la respuesta espectral de magnitud
- 7) Diagrama de la fase desacoplada de 3 puntos (0.125 Hz - 0.375 Hz - 0.625 Hz)
- 8) Diagrama de clasificación espectral
- 9) Plano de distribución de resistividad aparente (n=1, 2)
- 10) Plano de distribución PFE (n=1, 2)

* Las secciones 3) y los diagramas 4) - 8) se refieren a los datos peculiares del método SIP.

(b) Clasificación espectral

Los tipos de espectros están clasificados de acuerdo con la pendiente de la curva del diagrama de Cole-Cole. Para cada grupo de armónicos basado en las frecuencias fundamentales (0.125 Hz y 1 Hz) la pendiente se determinó de acuerdo con el gradiente de la ecuación lineal de regresión, y se clasificaron en 6 tipos (A - C) como se indica a continuación.



$\frac{-Im}{Re} = \tan \theta$	$\tan \theta \geq 20\% \text{ ---- A}$
	$20\% > \tan \theta \geq 10\% \text{ ---- a}$
	$10\% > \tan \theta \geq 0\% \text{ ---- B}$
	$0\% > \tan \theta \geq -10\% \text{ ---- b}$
	$-10\% > \tan \theta \geq -20\% \text{ ---- c}$
	$-20\% > \tan \theta \text{ ----- C}$

FIG. 2-7 METODE CLASIFICACION ESPECTRAL

También se elaboraron los diagramas de clasificación espectral a partir del diagrama de Cole-Cole tanto anterior como posterior al desacoplo electromagnético. En las secciones afines usamos los signos 'a' y 'b', los cuales indican: 'a' = región del espectro de frecuencias bajas, y 'b' = región del espectro de frecuencias altas.

(c) Simulación por modelo

Para analizar la resistividad aparente (ρ_a) y el efecto de frecuencia (FE) en todas las secciones de las líneas de medida, se trabajó la simulación por calculadora con los procedimientos siguientes en el orden que se indica a continuación:

- 1) Cálculo del factor de corrección topográfica
- 2) Indicación de la resistividad aparente después de la corrección topográfica
- 3) Elaboración de un modelo de subsuelo, considerando los resultados del levantamiento geológico y aquellos observados de las muestras de roca, con el fin de simular los valores de resistividad aparente ya corregida y FE, y también la situación de distribución. En general, el modelo se elabora consultando con muchos ejemplos acumulados en el pasado. Entre tales ejemplos, un caso de estructura fallada y otro de estructura inclinada se ilustran en las figuras 2-8 respectivamente.
- 4) Cálculos de los valores FE y de resistividad aparente a partir del modelo de subsuelo elaborado.
- 5) Comparación de los datos medidos con los valores calculados.
- 6) En caso de no o baja concordancia de los datos medidos con los valores calculados, se modificó el modelo.
- 7) Determinación de un modelo como el más aceptable, en que la distribución de los valores calculados casi concuerden con la de datos medidos.

2.6.2. METODO IP

(1) Procesamiento de los datos observados

Fue utilizada la expresión siguiente para calcular la resistividad aparente (ρ_a) a partir de los datos medidos:

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \quad \Omega \cdot m$$

donde

K = constante geométrica

V = potencial de recepción entre P₁ y P₂ (V)

I = corriente de transmisión entre C₁ y C₂ (A)

Nota: Se emplearon los valores V e I de AC_H (señales a frecuencias de 3.0 Hz)

Por otra parte, se determinó el efecto de frecuencia FE de acuerdo con la expresión:

$$FE = \frac{\rho_{aL} - \rho_{aH}}{\rho_{aH}} \times 100\%$$

donde

ρ_{aL} = resistividad aparente medida a frecuencia más baja (0.3 Hz en este caso) ($\Omega \cdot m$)

ρ_{aH} = resistividad aparente medida a frecuencia más alta (3.0 Hz en este caso) ($\Omega \cdot m$)

(2) Método de Corrección y Técnicas de Análisis

El método de corrección topográfica, las técnicas empleadas para analizar las secciones resultantes y el procedimiento de elaborar el modelo de simulación utilizados para la prospección por método IP son

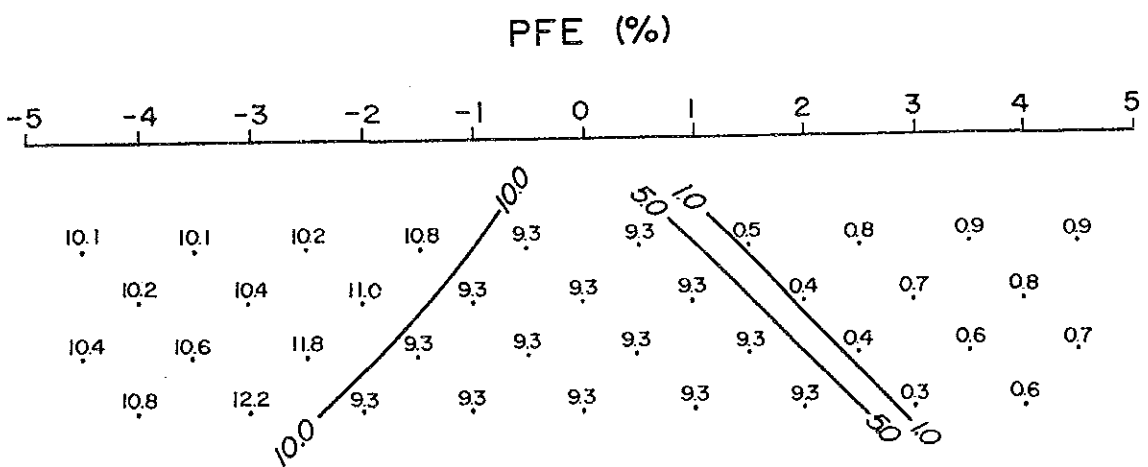
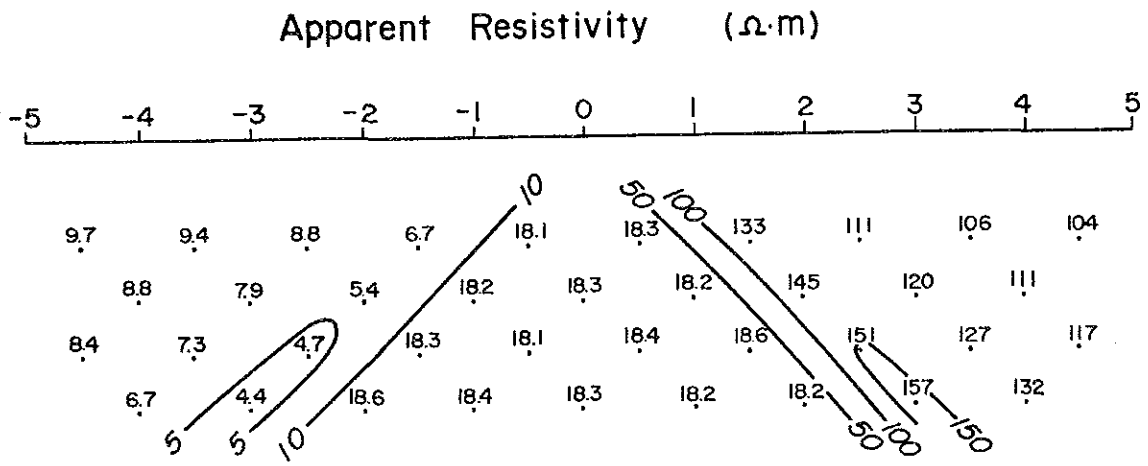
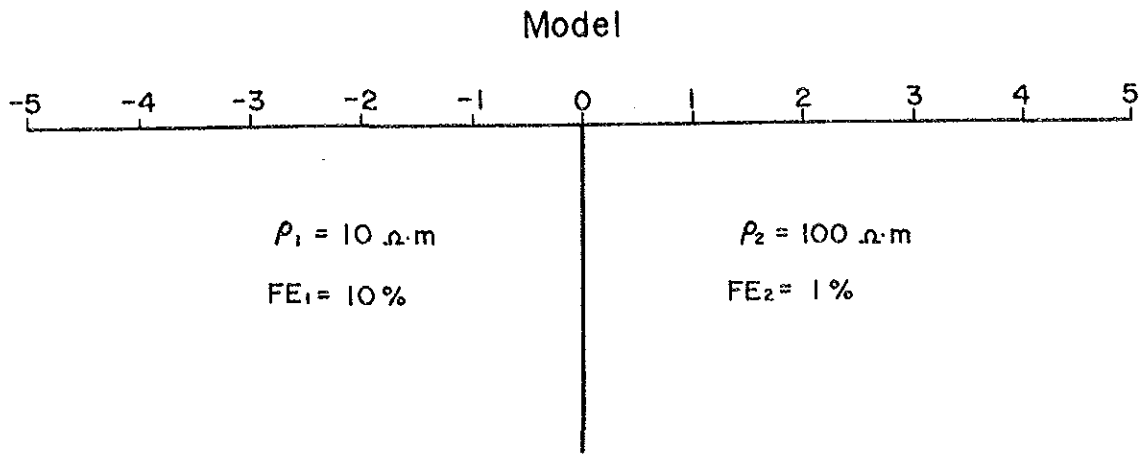


FIG. 2-8 EJEMPLO DE SIMULACION

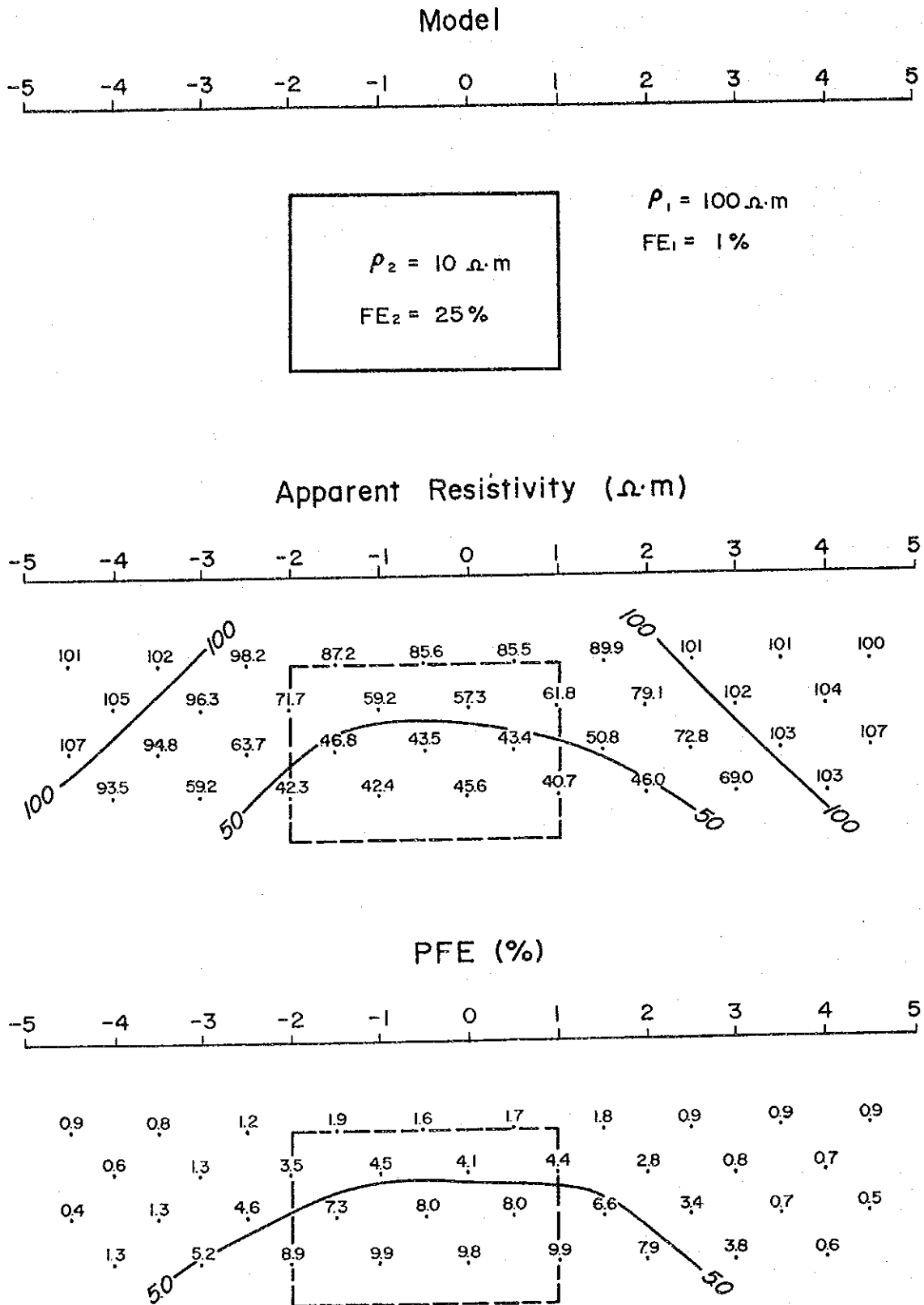


FIG. 2-8 EJEMPLO DE SIMULACION

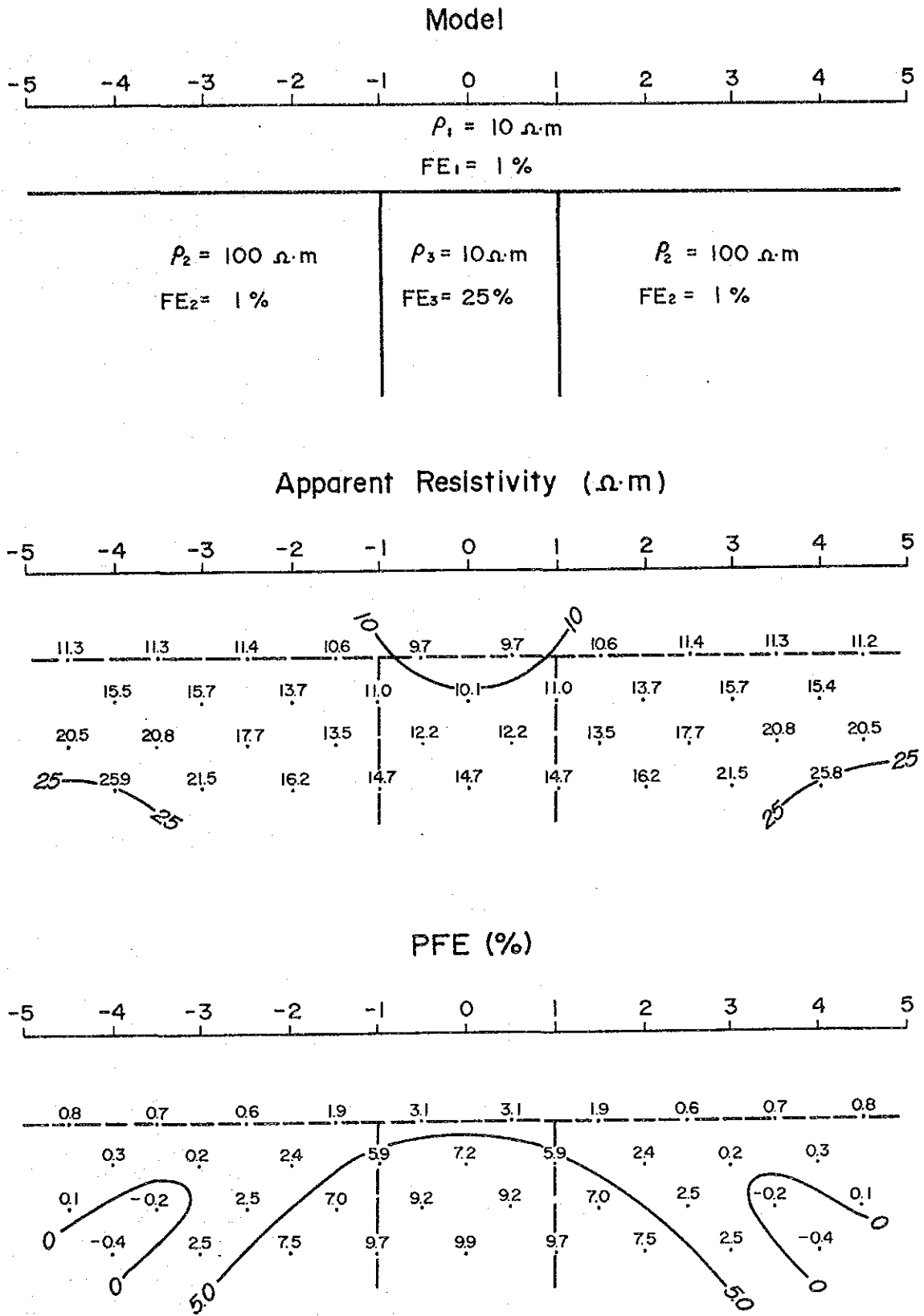


FIG. 2-8 EJEMPLO DE SIMULACION

iguales que aquéllos empleados para la prospección por método SIP.

2.6.3. Medición de la muestra de roca

La medición de las muestras de roca se hace para determinar las propiedades de las rocas que se encuentran en el área prospectada. Estas propiedades son las resistividades y respuestas espectrales del desfase. Puede ser bastante riesgoso y limitado utilizar la resistividad y las respuestas espectrales de desfase de las muestras superficiales en lugar de las rocas del subsuelo de la misma área como si aquéllas representasen éstas; no obstante, es importante conocer los tipos y cualidades de las rocas locales, y especialmente, de las rocas anormales de SIP que permitirían ayudar en la interpretación de datos y la elaboración de modelos de simulación.

En la presente prospección, se reunieron un total de 45 (SIP: 23, IP: 22) muestras de roca de la superficie, las cuales fueron traídas a Japón para determinar dichas propiedades.

Los resultados observados en dichas muestras de roca se muestran en la tabla 2-2, 2-3, y las relaciones entre los valores de resistividad y efecto de frecuencia (PFE) por tipo de roca, en la figura 2-18, 2-19.

2.7. RESULTADOS DE LOS LEVANTAMIENTOS

2.7.1. POR EL METODO SIP

(1) Secciones de Resistividad Aparente (PL. 2 - PL. 3)

La resistividad aparente mostró una distribución que abarcó desde unos $30 \Omega \cdot m$ hasta más de $1000 \Omega \cdot m$. Dibujamos las líneas isópletas a 100, 250, 500, 750 y $1000 \Omega \cdot m$, de las cuales se derivan las 5 zonas siguientes. Se describe a continuación con base en estas 5 zonas.

100 $\Omega \cdot m$

250 $\Omega \cdot m$

500 $\Omega \cdot m$

1000 $\Omega \cdot m$

VL	L	M	H	VH
----	---	---	---	----

- 1) La distribución de la resistividad aparente presenta una semejanza entre las líneas prospectadas.
- 2) En general, zonas de resistividad M - H están distribuidas por la parte central de cada línea hacia el sur, y las de resistividas M - L por la parte central hacia el norte.
- 3) La distribución de la zona de resistividad L va reduciéndose desde la línea A hacia la línea D; al contrario, la distribución de las zonas M - H va aumentando desde la línea A hacia la D.
- 4) Las rocas principales que se distribuyen en la superficie son dioritas (Td) y andesitas (Ta-da). Sin embargo, la discriminación entre estas especies de roca no se identifica por la distribución de la resistividad aparente, sino que las zonas L - H corresponden con la distribución de ambas rocas. Esto puede atribuirse al hecho de que las rocas dioritas (Td) y andesitas (Ta-da) son similares, de contraste moderado, e indica que las causas de alta resistividad no tienen relación directa con la división entre dioritas (Td) y andesitas (Ta-da). Por los extremos norte de las líneas A y B se observa la distribución de formación Esmita (Tme) que corresponde a la zona de resistividad M.

(2) Secciones de PFE (PL. 5 - PL. 6)

Un máximo de 13% se observó en la medición de PFE. Dibujamos las

líneas isópletas a 2.5, 5, 7.5 y 10%, de las cuales se derivan 5 zonas. Se describe a continuación con base en estas 5 zonas.

	2.5%	5%	7.5%	10%
Fondo (Back ground)	W	M	S	VS

- 1) La distribución de PFE presenta una semejanza entre las líneas prospectadas A y B. Zonas de alto PFE, mayores de 7.5% (S y VS), están distribuidas en la profundidad del extremo sur de las líneas. La zona W se distribuye extensamente por la parte central de las líneas, y alrededor del punto No. 4 la distribución cambia a la zona de Fondo (B.G.).
- 2) También se presenta una semejanza en la distribución de PFE entre las líneas C y D; por la parte central de ambos líneas se observan las zonas S - VS. El remate de esta alta anomalía se encuentra por los puntos No(s). 5, 6 y 7 en la línea C, y por los puntos No(s). 6 y 7 en la línea D, extendiéndose ambas a poca profundidad.
- 3) Los bajos PFE (B.G.) se detectan en los extremos sur y norte de las líneas C y D.
- 4) Para la distribución en plano de N=2, las zonas S - VS se extienden continuamente en la dirección NE-SW a lo largo del lado sur de la anomalía geoquímica.
- 5) En las líneas C y D las zonas en que se distribuye la roca dioritas (Td) corresponde a las zonas S y VS, mientras que en las líneas A y B estas zonas (S y VS) se extienden por el área de distribución de andesitas (Ta-da).

(3) Secciones de la Fase sin Corregir (0.125 Hz) (Fig. 2-9)

Los valores medidos de la fase fueron de -9 a -96.8 mrad. Tomando las líneas isópletas a -20, -45 y a -75 en el mapa en plano de sección transversal, la tendencia resultante de estas líneas isópletas coinciden más o menos con aquéllas de PFE para todas las líneas prospectadas. Esto es porque la fase y el PFE indican un mismo fenómeno, por lo que coinciden esencialmente. La correlación entre los datos de fase y PFE es como se indica en la figura 2-10. El coeficiente de correlación resulta en $R=0.989$, esto es, se entiende que existe una correlación muy íntima entre los dos. La ecuación lineal de regresión se expresa:

$$(Fase) = 2.9 - 7.5 \times (PFE)$$

(4) Diagrama de la Fase Desacoplada de 3 Puntos (Fig. 2-11)

Los valores de la fase desacoplada de 3 puntos fueron de -6.2 a -98.5 mrad. El grado de correlación entre los valores de fase desacoplada de 3 puntos y de PFE se muestra en la figura 2-12. El coeficiente de correlación es $R=0.994$, lo que sugiere que la correlación del PFE es más íntima con la fase desacoplada de 3 puntos que con la fase sin corregir. Se asume que esto se debe al hecho de que los valores de la fase de 3 puntos (3PT) son los resultados de desacoplamiento electromagnético de la fase sin corregir.

(5) Diagrama de Cole-Cole (Fig. 2-13)

El presente diagrama es de Cole-Cole, que se elaboró a partir de los datos de los levantamientos después de eliminar los valores de acoplamiento electromagnético. Se trazó la componente en oposición de fase desacoplada en el eje de ordenadas, y la componente en fase desacoplada en el eje de

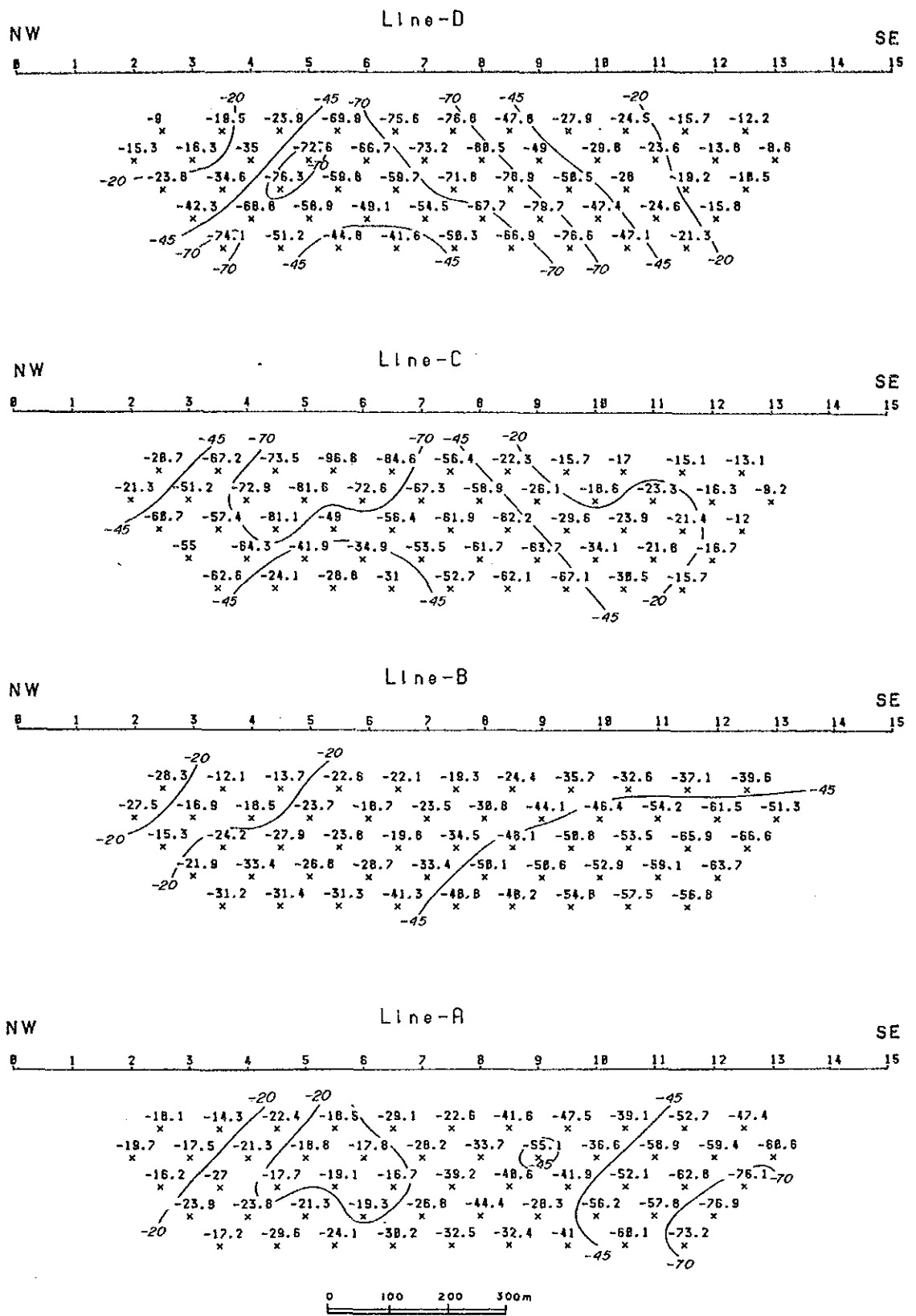


FIG. 2-9 SECCIONES DE LA FASE SIN CORREGIR

PHASE-PFE Sookan Graf

PHASE $Y = 2.86206 - 7.47457 * X$: $R = .988989$

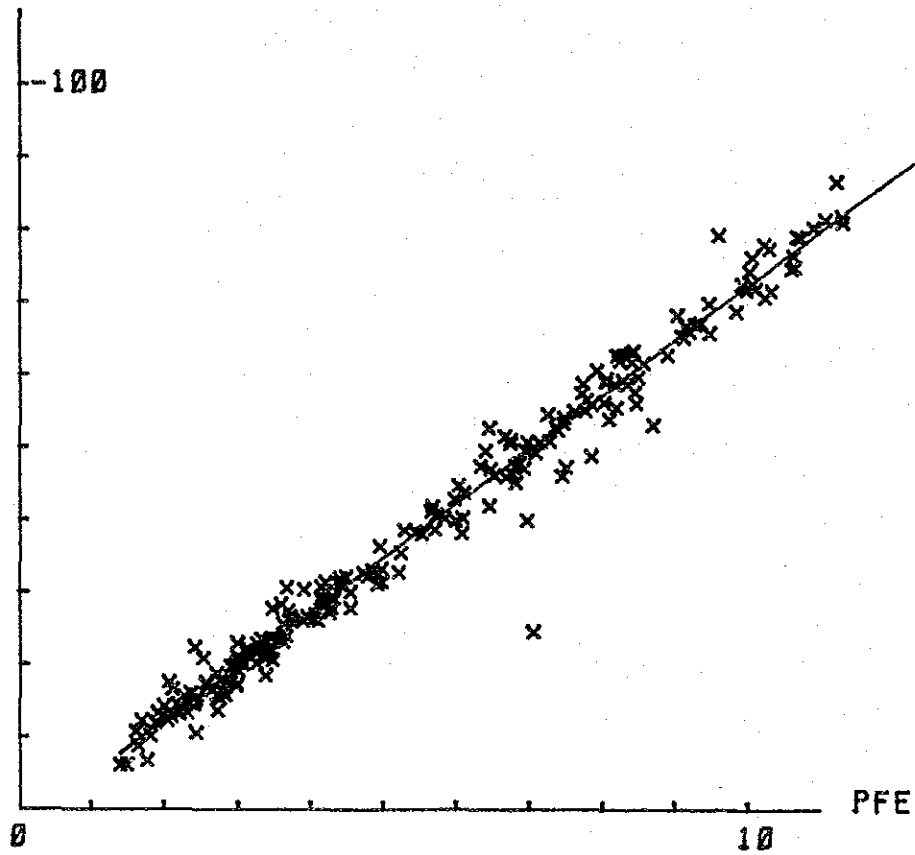


FIG. 2-10 RELACION MUTUA ENTRE FASE-PFE

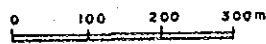
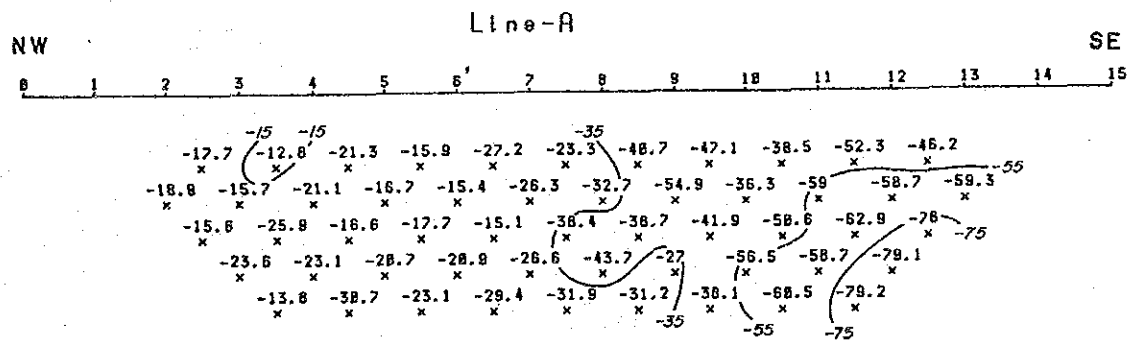
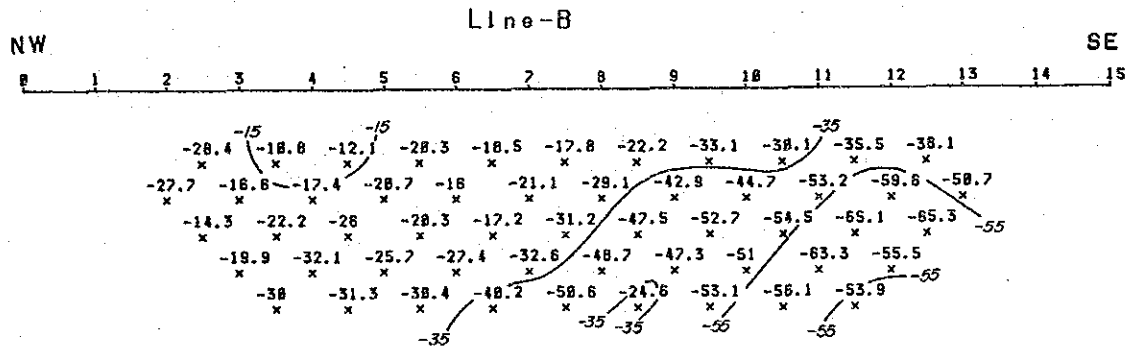
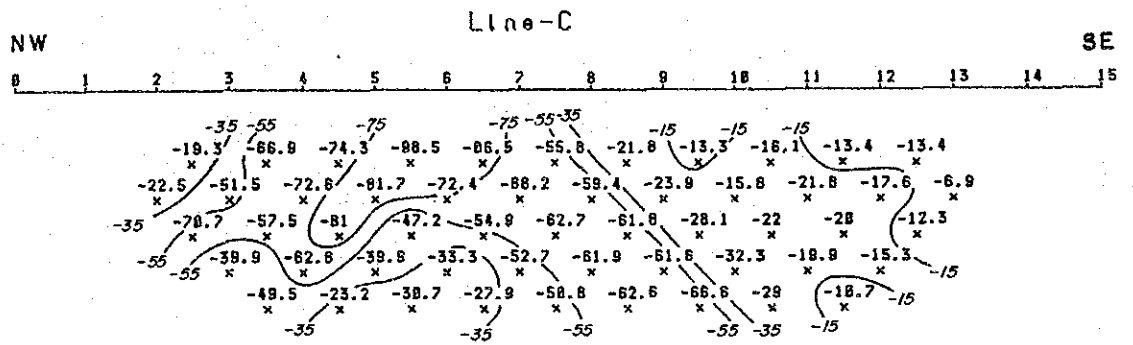
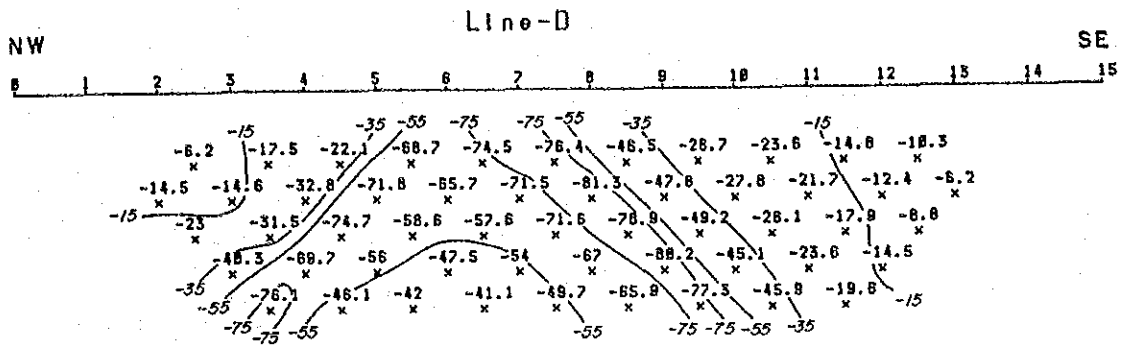


FIG. 2-11 DIAGRAMA DE LA FASE DESACOPLADA DE 3 PUNTOS

3PT-PFE Sookan Graf

3PT $Y = .727242 - 7.3117 * X$: $R = .994223$

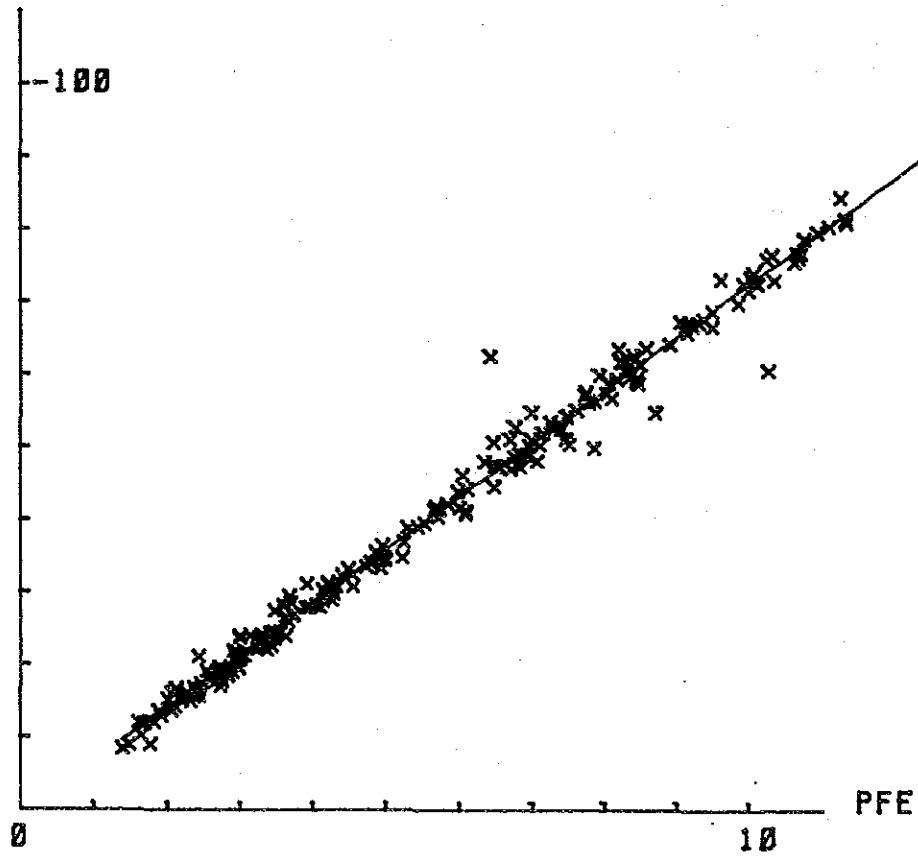


FIG. 2-12 RELACION MUTUA ENTRE 3PT-PFE

abscisas. De este diagrama las siguientes observaciones se pueden señalar.

1) Es común para todas las líneas que se obtuvieron las curvas con la llanura larga cuando los valores PFE fueron altos, y las curvas con la llanura corta cuando los mismos fueron bajos, siendo menores de 5%. La curva de Cole-Cole se pone llana en la parte de frecuencias bajas cuando el efecto de frecuencias (PFE) es alto porque el valor PFE resulta del grado de la variación NMV en la región de bajas frecuencias. Además, aquéllo indica que la razón de la variación NMV en la región de bajas frecuencias se mantiene aun en la región de altas frecuencias; lo cual se considera como indicador de la mineralización y la existencia de alteración.

2) La curva se forma primero en la región de frecuencias altas para todas las líneas; esto se atribuye al acoplamiento electromagnético, y esta tendencia es particularmente acentuada en la línea B.

(6) Diagrama de la Respuesta Espectral de NMV (Fig. 2-14)

Se trata de un diagrama de los valores de voltaje de recepción que se observan por cada frecuencia, normalizado con el voltaje de recepción de la frecuencia mínima (0.125 Hz), y los valores están registrados para cada medida. La inclinación en la región de frecuencias bajas se emplea como base de las cálculos de los valores de PFE.

(7) Diagrama de la Respuesta Espectral de Fase (Fig. 2-15)

Se trata de un diagrama del desfase entre las señales de recepción y transmisión medidas para cada frecuencia, y los valores están registrados por cada punto de medición. Como se observa en la figura 2-12, el valor de la respuesta espectral de fase a frecuencia de 0.125 Hz (la parte indicada con la línea punteada) tiene un grado alto de correlación con PFE.

La tendencia creciente de la pendiente de la curva de conformidad con el aumento de frecuencia, formándose la curva repentinamente, es atribuible al acoplamiento electromagnético.

(8) Diagrama de Clasificación Espectral (Fig. 2-16)

El presente diagrama se elaboró según el método explicado en el subpárrafo 1-6-1-(3)-(b). Las características generales indicadas por A, B y C son descritas en el subpárrafo 2-7-3-6). De este diagrama las siguientes observaciones pueden señalarse.

1) Se obtuvieron los tipos espectrales aB - cC.

2) Por lo general, el tipo espectral B aparece en la zona de altos valores PFE, y el tipo C en la zona de valores bajos de PFE. Cuando se clasifican los tipos espectrales en la región de bajas frecuencias en grupos B, b, c y C, las zonas de distribución resultan similares a las de distribución PFE: la mayor parte de los tipos B y b se distribuye en las zonas de PFE mayores de 5%, y los tipos c y C se distribuyen principalmente en las zonas de PFE menores de 5%.

3) Se observan unas áreas de distribución del grupo espectral b en las zonas de PFE menores de 5%, alrededor de los puntos No(s). 2, 3 y 4 y de los puntos No(s). 7, 8 y 9 para la línea A. También se observa la distribución del grupo B, aunque en un área nada más, en profundidad entre el punto No. 4 y el No. 5.

4) En la línea B, la distribución del tipo espectral b se observó en las zonas de PFE menores de 5%, sobre todo, en el área hacia el norte desde el punto No. 3 y en profundidad alrededor de los puntos No(s). 6, 7 y 8.

5) La distribución del tipo espectral b se observó en el área de bajo PFE alrededor del punto No. 2 para la línea C.

6) Todos los grupos b mencionados en 3) - 5) anteriores pertenecen a las zonas anormales de investigación geoquímica.

2.7.2. POR EL METODO IP (PL. 2, 4)

(1) Secciones de Resistividad Aparente

Se observó una distribución de la resistividad aparente que abarcó un rango de $42 - 1322 \Omega \cdot m$. Las líneas isópletas y las zonas correspondientes empleadas son las mismas que aquéllas utilizadas para el método SIP.

- 1) Las líneas 3 y 4 fueron establecidas por el lado este del área prospectada, y la 1 y 2 por el lado oeste de la misma.
- 2) Las resistividades aparentes observadas por el lado de las líneas 3 y 4 fueron más altas que por el lado de las 1 y 2. Esto sugiere que el centro de la alta resistividad aparente del área prospectada se encuentra por las líneas C y D por método SIP, extendiéndose hacia la dirección nordeste.
- 3) En la línea 2, la resistividad aparente fue baja por todo el largo de la línea, la mayoría siendo menores de $250 \Omega \cdot m$.

(2) Secciones de PFE (PL. 5, 7)

Un máximo de 12.8% se observó en la medición de PFE. Las líneas isópletas y sus zonas correspondientes son las mismas que aquéllas empleadas para el caso del método SIP.

- 1) Zonas de alto PFE de anomalía, mayores de 7.5%, están distribuidas principalmente en el subsuelo a poca profundidad a lo largo de la línea 4, desde el punto No. 3 al No. 6, e incluso la zona VS, de PFE mayor de 10%.
- 2) El patrón de distribución de la línea 3 es similar que el de la línea 4 anterior, pero con el centro de anomalía PFE algo más hacia el extremo norte de la línea.
- 3) Estas anomalías de PFE observadas son la continuación de aquellas anomalías observadas en la línea D del método SIP, hacia la dirección nordeste. Por lo tanto, es probable que se extienda más en la misma dirección.
- 4) En la línea 1, la zona de alto PFE anómalo, mayor de 7.5%, se encuentra en profundidad por el centro de la línea. Zonas anormales de PFE (M), mayores de 5%, se distribuyen ampliamente por toda la línea, excepto sus extremos.
- 5) En la línea 2, la zona de PFE anómalo (M), mayor de 5%, se extiende ampliamente por todo el largo de la línea en la misma manera que para la línea 1; la distribución de la zona S con anomalía de PFE alto, mayores de 7.5%, sin embargo, presenta una configuración distinta que la de la línea 1, siendo más parecida al patrón de distribución en la línea 4, aunque su extensión es más pequeña.
- 6) Desde el punto de vista plano, se asume que las áreas de distribución observadas en las líneas 2 y 1 por método IP son la continuación de la zona de alto PFE anormal (S) observada en la línea A por método SIP.
- 7) La distribución extensa de la anomalía PFE observada en esta área, desde la línea 3 hasta la 2 de IP, se localiza por la parte norte, incluyendo la faja de alta resistividad aparente, a lo largo del lado sur fuera de la anomalía geoquímica, y en una configuración que rodea esa anomalía.
- 8) No obstante que las líneas 1 y 2 están muy cerca con un intervalo de sólo 150 m, la zona S de alto PFE anómalo con valores mayores de 7.5% estuvo desviada fuertemente al norte y además, los patrones de distribución fueron distintos. Por lo tanto, se deduce que la anomalía en la dirección NE-SW observada en la línea SIP extiende su área en la profundidad por el lado de la línea 2 o se extingue, y que por otra parte, debe existir otra anomalía de alto PFE desde el área

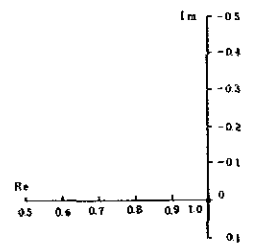
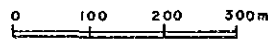
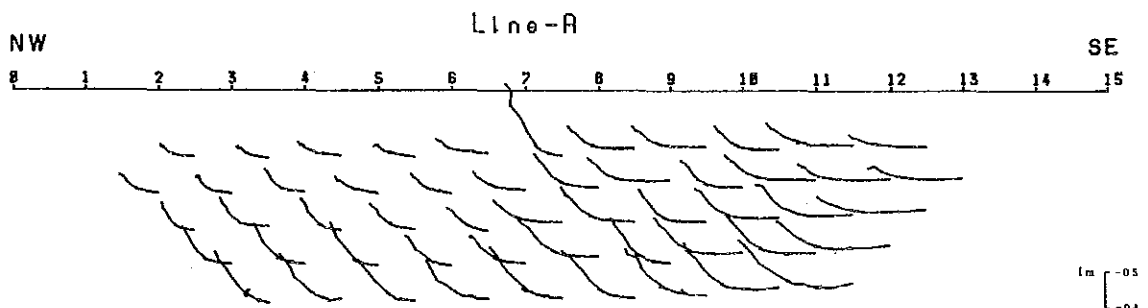
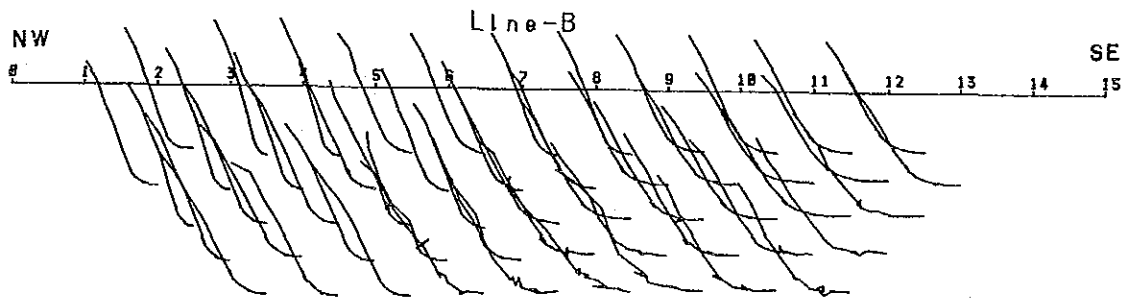
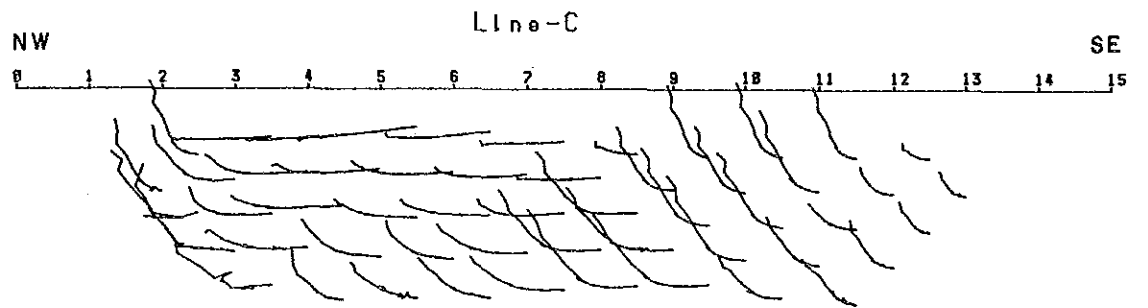
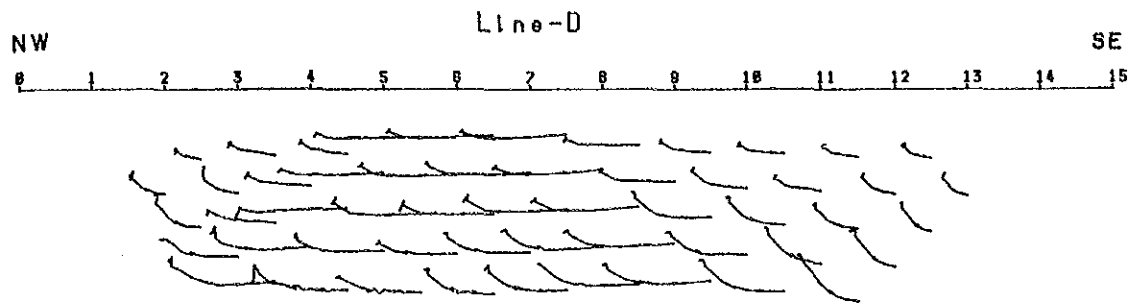
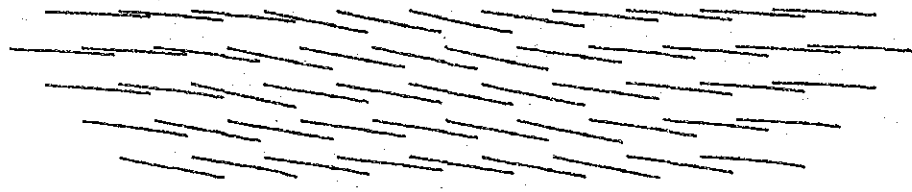
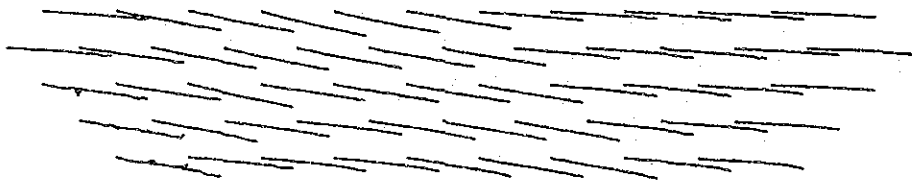


FIG. 2-13 DIAGRAMA DE COLE-COLE

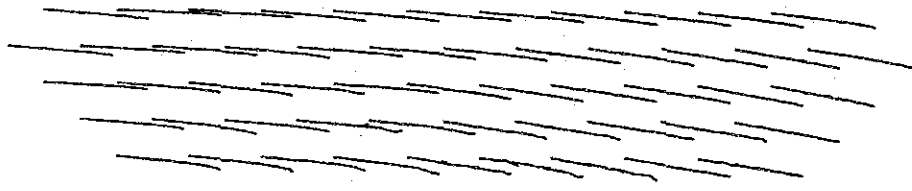
NW Line-D SE
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



NW Line-C SE
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



NW Line-B SE
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



NW Line-A SE
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

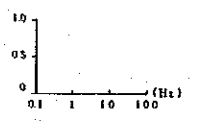
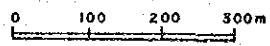
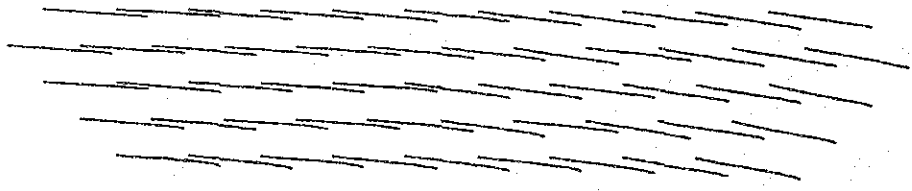


FIG. 2-14 DIAGRAMA DE MAGNITUDE NORMALIZADA

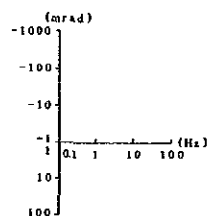
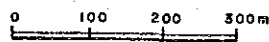
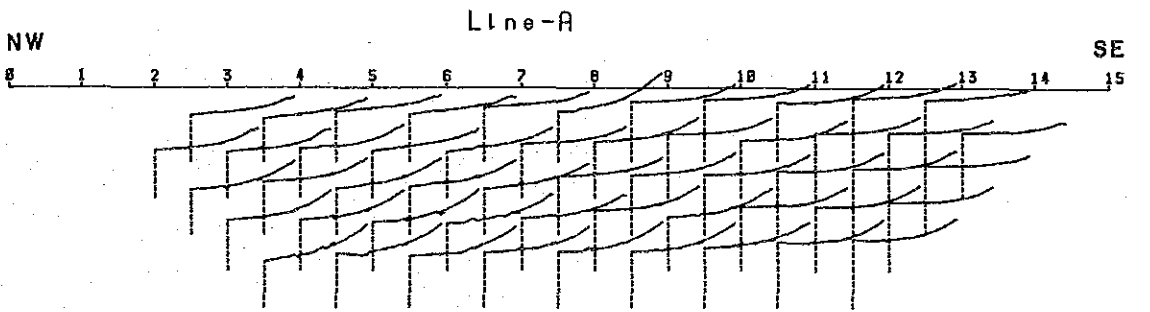
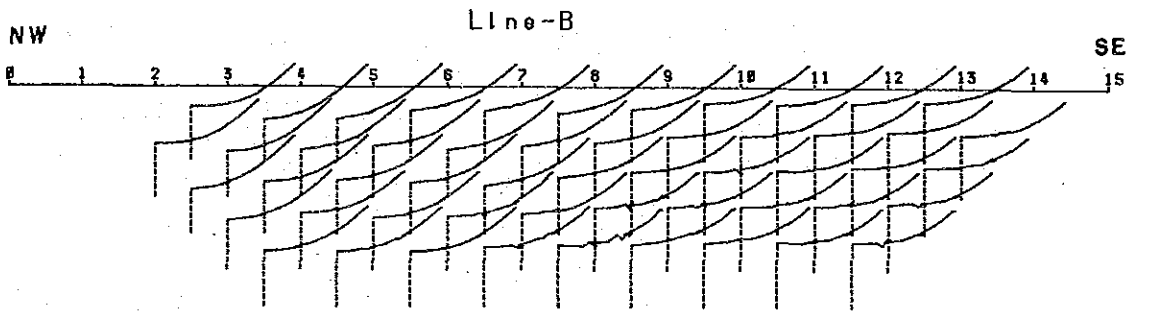
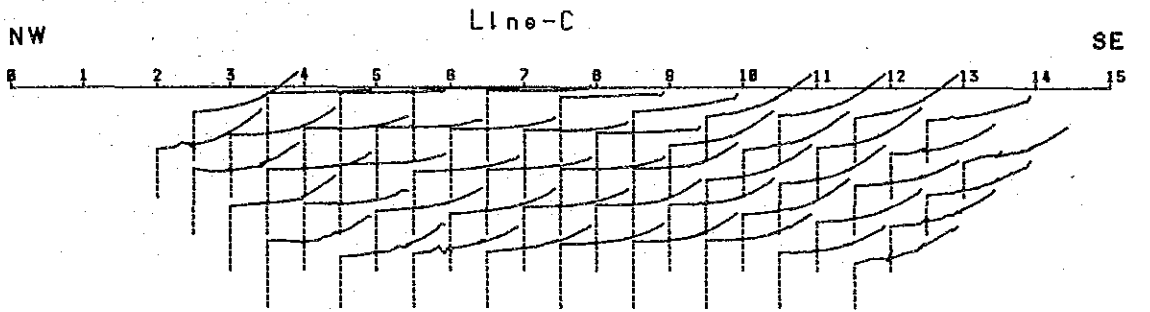
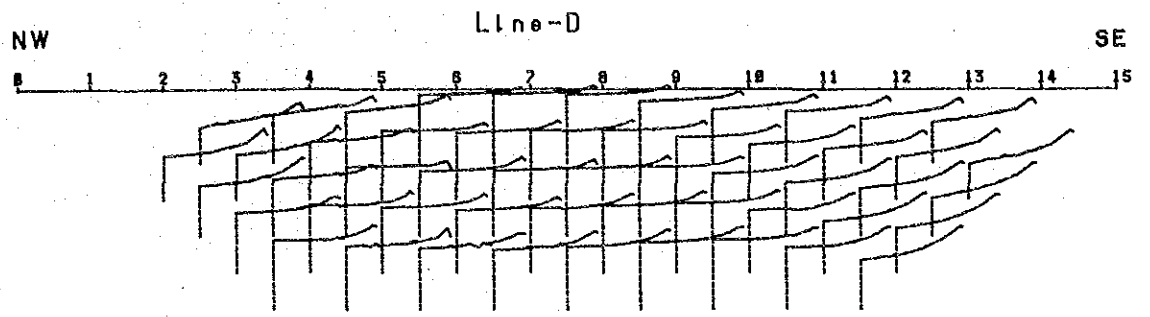


FIG. 2-15 DIAGRAMA DE FASE

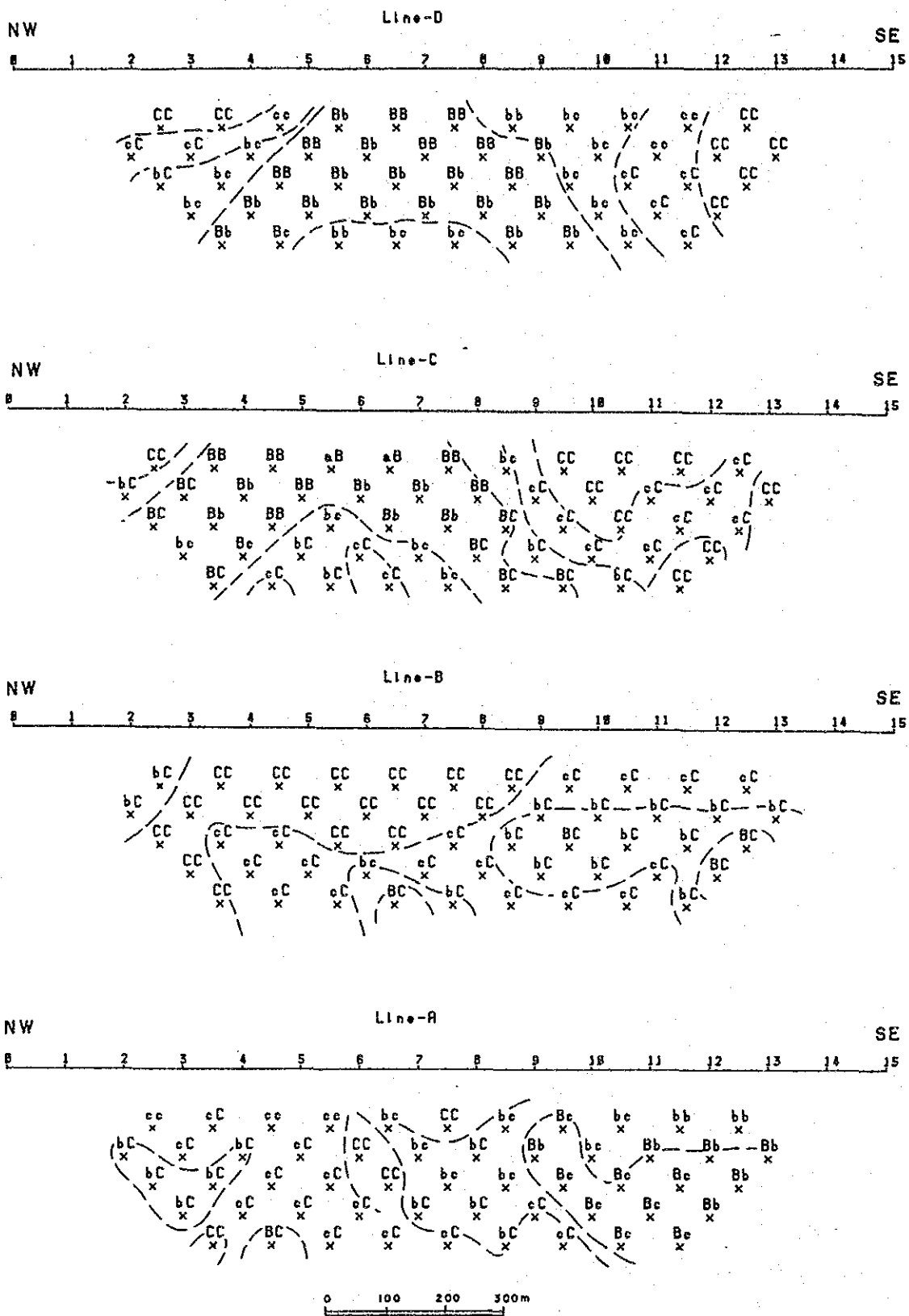


FIG. 2-16 DIAGRAMA DE CLASIFICACION ESPECTRAL

poco profunda de sus puntos No(s). 5 y 6 hasta los puntos No(s). 7, 8 y 9 en la profundidad.

2.7.3. MEDICION DE LA MUESTRA DE ROCA

Podemos hacer las siguientes observaciones a partir de los resultados obtenidos de la medición de las muestras de roca que se llevó a cabo para determinar sus propiedades:

- 1) Todas las muestras de rocas reunidas en el área de interés, tanto las dioritas (Td) como andesitas (Ta-da) y también las rocas del estrato de formación Esmita (Tme), mostraron una gran dispersión en su resistividad aparente, que se distribuye en una extensión amplia abarcando desde unos 100 Ω .m hasta 10,000 Ω .m. El valor medio es muy alto, siendo 1,000 Ω .m más o menos, para todas las rocas observadas.
- 2) Tratándose de PFE, comparando con los resultados de la prospección, los resultados de la medición de las muestras de roca indicaron valores relativamente bajos en términos generales, la mayoría distribuyéndose entre 0.3% y 7.4%. Sólo una muestra de roca (1-3) fue la que tenía gruesos filones con piratas de hierro, en la cual se observó un alto valor PFE, de 21.5%. Esto sugiere que los cuerpos que respondían a altos valores PFE en la prospección deben ser las rocas en que las piratas de hierro se concentran en un grado muy alto.
- 3) Se ve un aumento de los valores PFE en el orden del estrato de formación Esmita (Tme), andesitas (Ta-da) y dioritas (Td).
- 4) Si se clasifican las rocas sometidas a la medición según el tipo de alteración: uno afectado por silicificación, y otro por cloritización o epidotización (en adelante se llamará la alteración croritica), se notan las siguientes características, respectivamente:
 - Rocas silicificadas: Se identifican por los valores de resistividad aparente relativamente bajos, comparadas con otras, algunas tienen resistividad aparente más baja que 500 Ω .m.
 - Rocas de alteración cloriticas: La resistividad aparente es relativamente alta para estas rocas, con valores PFE medianos.
 - Rocas intemperizadas: La resistividad aparente es relativamente baja para estas rocas, con valores PFE relativamente altos.
- 5) Cuando se clasifican las rocas muestreadas según el tipo espectral, es decir, las que pertenecen al tipo de espectro 'b', al tipo 'b' y que pertenecen al tipo de espectro C, al tipo 'C', se observan las siguientes tendencias:
 - De tipo 'b': Relativamente valores altos tanto en PFE como en la resistividad aparente. La mayoría de las rocas que pertenecen a este grupo son dioritas (Td).
 - De tipo 'c': Relativamente altas en PFE y bajas en la resistividad aparente. Hay más rocas de este tipo en el orden de dioritas (Td), andesitas (Ta-da) y las de formación esmita (Tme).
 - De tipo 'C': Relativamente bajas en PFE; las rocas de este tipo suman más de 50% en las andesitas (Ta-da) y las de formación Esmita (Tme).
- 6) Las formas curvilíneas del diagrama de Cole-Cole y sus respectivos factores probables pueden clasificarse como sigue:

<u>Factor probable</u>	<u>Forma curvilínea</u>	<u>Tipo espectral</u>
Efecto de pirritas	Curva ascendente relativamente larga	Tipo AB
	Curva en forma del puente arqueado	Tipo ABC
Efecto de alteración e intemperización	Curva alargada que se extiende lateralmente	Tipo B
Efecto de pirritas y alteración	Curva ascendente relativamente larga	Tipo AB
Tipo nulo	Curva ascendente y corta	Tipo C

Generalmente, los tipos espectrales se pueden clasificar como sigue:

Tipo A: Alteración intensa; sulfuros, grafitos, cierta especie del mineral de arcilla, etc.

Tipo B: Alteración moderada; con pequeña cantidad de pirritas de hierro, etc.

Tipo C: Alteración poco desarrollada; cloritas, rocas volcánicas no expuestas a la intemperie, piedras calizas, etc.

Sin embargo, en la presente medición de las muestras de roca, varios tipos espectrales sólo se clasificaron como se ha dicho arriba.

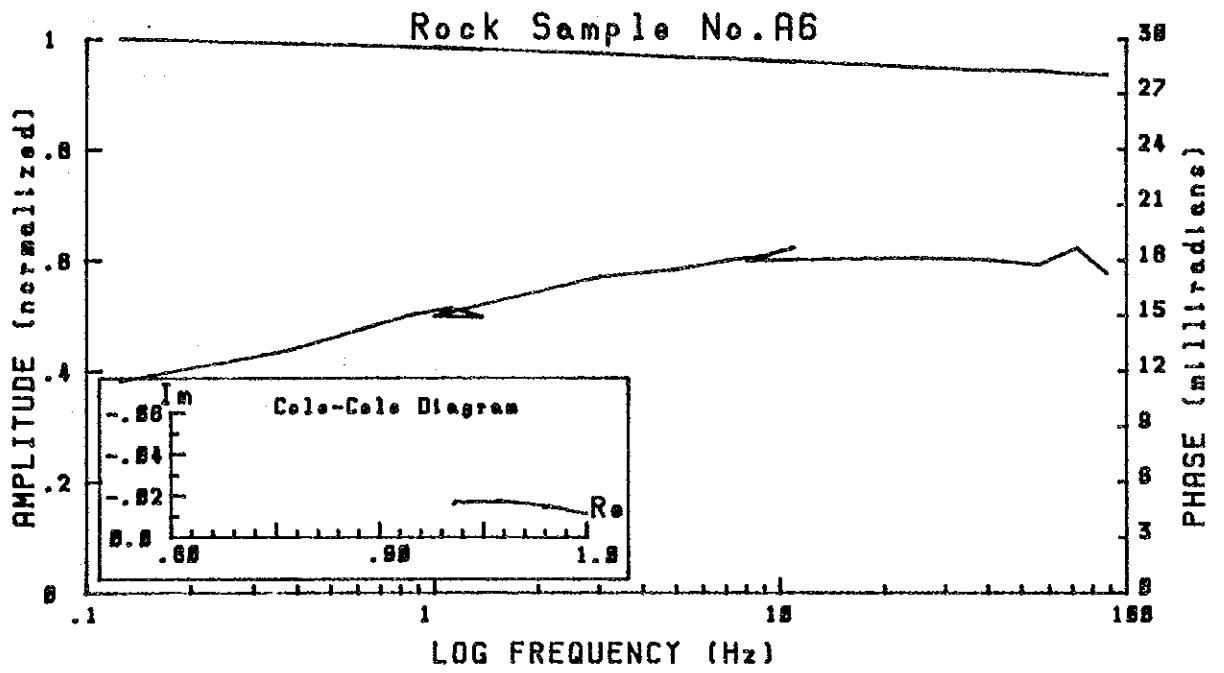
De dichos resultados, se obtienen las siguientes observaciones:

- 1) Por toda el área, las dioritas (Td) se encuentran en las zonas de altos valores PFE, y la gran parte de dioritas pertenece al tipo de espectro 'b'. De aquí se deduce una probabilidad de que los cuerpos intrusivos de dioritas tuvieran mucha influencia sobre la actividad mineralizadora en el área de interés, dando la diseminación piritosa y la alteración de las rocas alrededor.
- 2) Se supone que los cuerpos que respondían a valores altos PFE fueron las pirritas de hierro intensamente concentradas, y la gran parte de estos cuerpos corresponde a la resistividad aparente relativamente alta.
- 3) Dentro de las muestras de roca sometida a la medición, aquellas de alteración cloritica mostraron relativamente altos valores de la resistividad aparente, mientras algunas rocas silicificadas mostraron bajos valores de la resistividad aparente. Esto podría atribuirse a la abundancia de fisuras en las rocas silicificadas; sobre todo, los puntos de muestreo de las rocas silicificadas con menos de 500 Ω .m corresponden a las zonas de valores bajos de la resistividad aparente observadas en los resultados de la prospección, por lo que están de acuerdo con éstos.

2.8. RESULTADOS DE ANALISIS

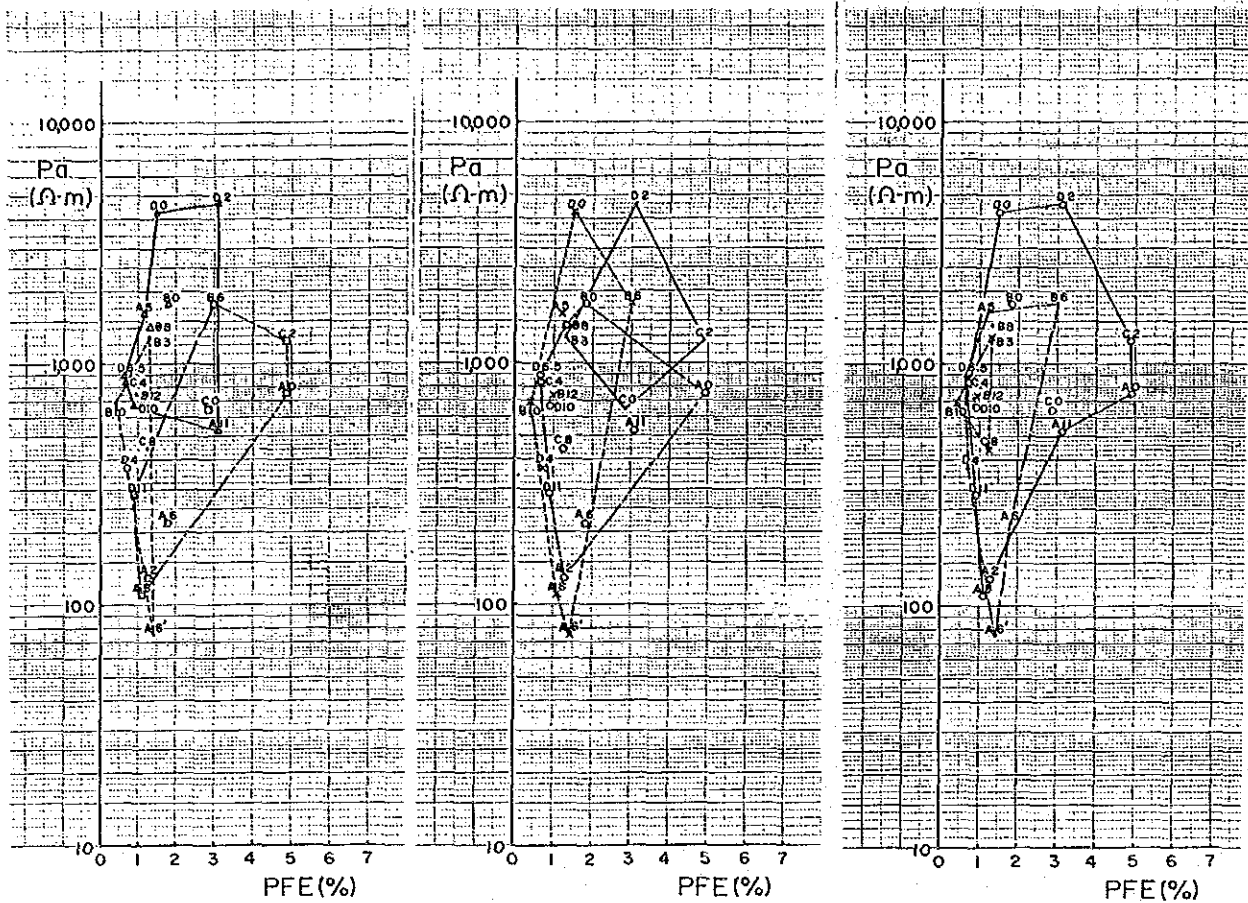
2.8.1. SUPOSICION DE LA ESTRUCTURA SUBTERRANEA POR SIMULACION (Fig. 2-20)

Se llevó a cabo la simulación para cada línea de prospección, usando los resultados de la distribución de la resistividad aparente y de PFE obtenidos en la presente prospección, para suponer la estructura



RHO: 216 ohm.m PFE: 1.8 % PHASE: -12 mrad SPECT. TYPE: cc

FIG. 2-17 DIAGRAMA COLE-COLE SOBRE LAS MUESTRAS



CLASIFICACION POR ALTERACION SIP
LEYENDA

- efflorescence
- alteración silicificada
- △— alteración verde
- fresco

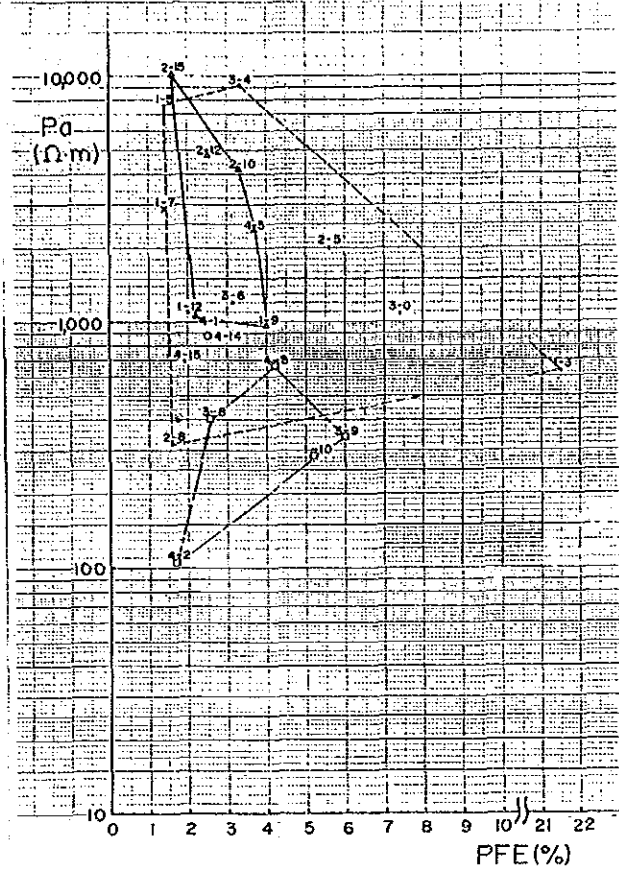
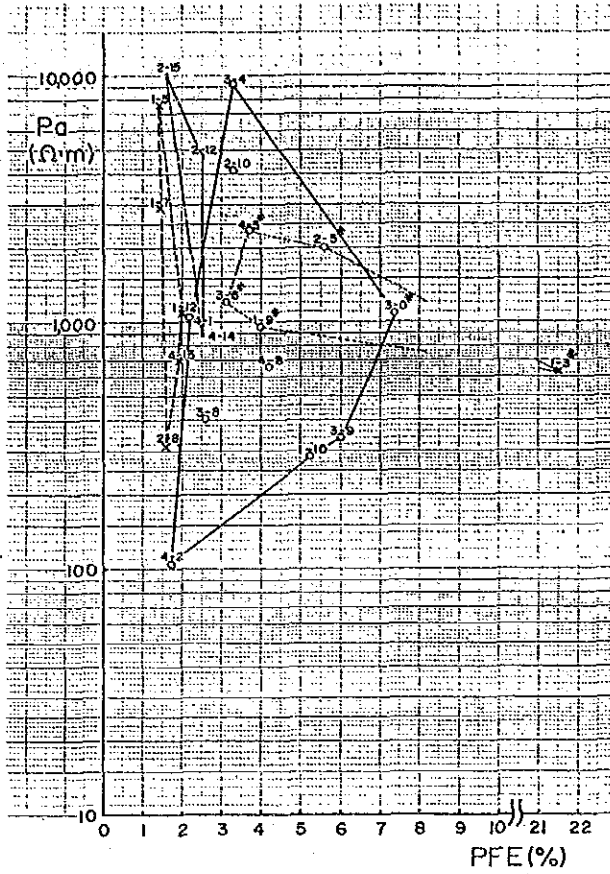
CLASIFICACION POR TIPO SPECTRO SIP
LEYENDA

- bb
- {bc, cb, CB
cc, Cc, cC
- x— CC

CLASIFICACION POR ROCAS SIP
LEYENDA

- x— Tme
- Ta-da
- Td

FIG. 2-18 RESULTADOS MEDIDAS DE LAS ROCAS MUESTRAS (SIP)



CLASIFICACION POR
ROCAS IP
LEYENDA

- x Tme
- Ta-da
- Td
- 4-5* Pyrite

CLASIFICACION POR
ALTERACION IP
LEYENDA

- eflorescence
- alteration silicificada
- △ alteration verde
- fresco
- x alteration arcilla

FIG. 2-19 RESULTADOS MEDIDOS DE LAS ROCAS MUESTRAS (IP)

TAB. 2-2 MEDIDAS DE LAS ROCAS MUESTRAS (SIP)

(1)

No.	Sample Name	Resistivity ($\Omega \cdot m$)	Raw Phase (-mrad)	3PT Decoupled (-mrad)	PFE %	Type of Cole-Cole	Rock Name	Note
1	A0	763	32	30	4.9	cb	granodiorite	WeS
2	A2	131	9.3	8.6	1.3	cC	granodiorite	WeS EpM
3	A5	1,650	7.5	6.3	1.2	CC	andestic porphyrite	ChW
4	A6	216	12	11	1.8	cc	andestic porphyrite	WeW
5	A6'	77	8.6	6.3	1.4	CC	dacite porphyry	SiS
6	A8	110	8.2	7.4	1.1	CC	grano-diorite	WeM SiS
7	A11	518	17	1.4	3.1	CB	grano-diorite	EpW ChW
8	B0	1,757	12	10	1.8	Cc	granite porphyry	EpW
9	B3	1,276	9.4	9.4	1.3	bb	csg sandstone	SiW
10	B6	1,792	20	18	3.0	CC	andestic porphyrite	WeM
11	B8	1,436	8.6	8	1.3	cb	andestic porphyrite	EpW
12	B10	685	2.4	1.7	0.4	CC	siltstone	SiW
13	B12	747	5.7	4.4	0.9	CC	csg sandstone	SiW
14	C0	643	20.3	19	2.9	bb	grano-diorite	ChW WeW
15	C2	1,260	34	32	4.9	bb	grano-diorite	WeS
16	C4	867	3.8	2.7	0.6	bc	grano-diorite	ChW

No.	Sample Name	Resistivity ($\Omega \cdot m$)	Raw Phase (-mrad)	3PT Decoupled (-mrad)	PFE %	Type of Cole-Cole	Rock Name	Note
17	C8	450	7.9	7.0	1.2	cc	siltstone	SiW
18	D0	4,310	9.6	8.1	1.5	CC	csg granite porphyry	EpM
19	D2	4,710	22	21	3.1	bb	fng grano-diorite	EpW
20	D4	371	4.5	4.0	0.7	CC	dacite porphyry	Fresh
21	D6.5	885	4.1	3.9	0.6	cb	andestic porphyrite	EpW
22	D10	668	6.0	5.4	0.9	cc	granodio	EpM
23	D11	284	6.6	6.1	0.9	Cc	Micro granodiorite	WeM

* Remark

Ch : Chrolitized csg coase grained
 Ep : Epidotized fng fine grained
 Si : Silicificated
 We : Weathered
 S : Strong
 M : Middle
 W : Weak

TAB. 2-3 MEDIDAS DE LAS ROCAS MUESTRAS (IP)

No.	Sample Name	Resistivity ($\Omega \cdot m$)	PFE (%)	Rock Name	Note
1	1-3	63	21.5	sandstone	SiM py vein marked
2	1-5	7,580	1.4	sandstone	SiM
3	1-7	290	1.4	fng sandstone	ArW
4	1-9	964	4.2	micro granodiorite	ChM dotted py
5	1-10	287	5.2	granodiorite	WeM
6	1-12	1,095	2.0	siltstone	SiM
7	2-5	2,022	5.6	csg granodiorite	SiM py f. vein
8	2-8	323	1.6	siltstone	SiW
9	2-10	4,126	3.3	csg granodiorite	ChW
10	2-12	4,750	2.5	andestic porphyrite	EpW
11	2-15	10,320	1.6	andestic porphyrite	EpW
12	3-0	1,090	7.4	csg granodiorite	SiW dotted py
13	3-4	9,261	3.3	csg granodiorite	EpW
14	3-6	1,207	3.1	csg granodiorite	EpW dotted py
15	3-8	406	2.6	csg granodiorite	WeW
16	3-9	342	6.0	csg granodiorite	WeM
17	4-1	1,060	2.2	csg granodiorite	Ep, WhW
18	4-2	104	1.7	csg granodiorite	WeM
19	4-5	2,370	3.7	granodiorite	Ep, ChW dotted py
20	4-8	666	4.2	granodiorite	WeM
21	4-14	870	2.5	andestic porphyrite	Fresh
22	4-15	688	1.9	sandstone	SiM

* Remark

Ch	: Chrolitized	M	: Middle
Ep	: Epidotized	W	: Weak
Si	: Silicificated	csg	: coase grained
Ar	: Argillized	fng	: fine grained
We	: Weathered	py	: pyrite
S	: Strong	f	: fine

subterránea del área de interés. Como resultado de esta simulación, se obtuvieron unos patrones de distribución muy afines a los datos medidos de la resistividad aparente y PFE.

(1) Línea 3 de IP

Por geología, dioritas (Td) se distribuye por toda la zona en esta línea excepto su extremo sur donde la distribución de andesitas (Ta-da) y es más notable.

En cuanto a la estructura de resistividad, se encuentran latentes los bloques (1) y (5) altamente resistivos por los puntos No(s). 5 - 9, en medio del fondo casi uniforme con resistividad 300 - 400 Ω .m.

Los bloques (2), (3) y (5) son de altos valores PFE, rodeando los bloques (4) y (6) que pertenecen a la zona de PFE mediano. Aquellos bloques de alto PFE constituyen un cuerpo semejante que se liga con la línea 4 y se supone que se componen de pirita de hierro de ley alta contenida en el estrato de dioritas (Td) de alta resistividad.

En la superficie alrededor de los puntos No(s). 3 - 5, existen las ruinas de una mina vieja de oro, y se considera que las características que indican las propiedades físicas en esta vecindad incluyen el depósito de oro.

(2) Línea 4 de IP

Excepto la parte sur desde el punto No. 13 donde la distribución de andesitas (Ta-da) y es más notable, por toda la zona en esta línea se distribuye dioritas (Td) geológicamente.

Deduciendo a partir del modelo subterráneo de simulación, el lindero divisorio de la resistividad debe encontrarse entre el punto No. 3 y el No. 4. No obstante, ningún cambio de litología se observa por esta vecindad, lo que nos hace suponer que la resistividad habría sido reducida por causa de la erosión eólica por la superficie (1) u otras causas.

Los bloques (1) y (3) son los que mantienen la alta resistividad existente en medio del fondo uniforme de resistividad 400 - 500 Ω .m.

Con respecto al PFE, los bloques (1), (3), (4) y (7) se encuentran con valores altos, lo que nos hace deducir que están latentes en forma de bloques desde el punto No. 4 hasta cerca del punto No. 9. Esta estructura con altos valores tanto de resistividad como de PFE sugiere que existan filones de pirita de hierro de ley alta en el estrato de andesitas (Ta-da) y dioritas (Td).

(3) Línea D de SIP

En esta línea se distribuye andesitas (Ta-da) y dioritas (Td) a todo lo largo excepto su extremo sur donde es más notable la distribución de andesitas (Ta-da) y dioritas (Td) y por el ambiente geológico, tiene las mismas características que las líneas 3 y 4 de IP.

Como resultado de la simulación se entiende que existe un lindero divisorio de la resistividad alrededor del punto No. 3, y los bloques (5) y (6) con baja resistividad de 100 Ω .m por el lado norte y los (9), (8) y (1) con alta resistividad por el lado sur.

Los bloques (6) y (7) con altos valores PFE se encuentran dentro y por el perímetro de la faja de alta resistividad, y los bloques (3) y (4) también de altos valores PFE entre los bloques de alta resistividad.

(4) Línea C de SIP

Las características de la resistividad aparente y de PFE en esta línea son casi idénticas a las de la línea D, y se supone por lo tanto que el cuerpo causante de PFE de ésta continúe hasta la línea C.

Las rocas en la superficie son dioritas (Td), andesitas (Ta-da) y formación Esmita (Tme) desde el norte hacia el sur de la línea. En la vecindad del punto No. 3 se encuentra un lindero divisorio de la

resistividad. La resistividad es más baja por el norte de este lindero, y más alta por el lado sur. Una faja de alta resistividad de $1500 \Omega \cdot m$ existe por el lado norte desde el punto No. 8.

Los bloques (2) y (6) constituyen un cuerpo causante de alto PFE (15%), encontrándose dentro y por el perímetro de las rocas de alto PFE de unos 5 - 7% y correspondiendo con los bloques (2) y (6) de la línea D. En la superficie alrededor del bloque (2) se reconoce la mineralización, y por el bloque (6) la superficie presenta una anomalía de prospección geoquímica.

(5) Línea B de SIP

Por geología, Td se distribuye por toda esta línea excepto sus extremos donde la distribución de formación Esmita (Tme) es más notable.

En ambos extremos de la línea se encuentran los bloques (4) y (7) altamente resistivos, de $1000 - 1500 \Omega \cdot m$, y los bloques de resistividad mediana de $300 \Omega \cdot m$ ocupan el centro de la línea. Una capa fina de baja resistividad de $100 \Omega \cdot m$ aproximadamente se encuentra en la superficie, alrededor de los puntos No(s). 3 - 7. El bloque (7), que es de alto PFE, subsiste dentro de los bloques (1) y (6) que son de mediano PFE. El valor PFE se reduce hasta menos de 3% hacia el norte desde el punto No. 8.

(6) Línea A de SIP

Geológicamente, formación Esmita (Tme) se distribuye en la parte superficial de los extremos de esta línea, y hacia el centro están distribuidas las rocas dioritas (Td) y andesitas (Ta-da).

Sus características de resistividad aparente y PFE son parecidas a las de la línea B.

Desde el punto de vista de la distribución de resistividad, la estructura se considera muy homogénea, y los bloques (2), (3) y (5) de baja resistividad se distribuyen localmente.

Los bloques (6) y (7) que forman un cuerpo causante de alto PFE, están latentes hacia el sur desde el punto No. 8; entre estos, el bloque (6) está colindante con el lado norte de la anomalía geoquímica, y el (7) corresponde a la distribución de alto PFE anómalo en los extremos de la línea. La mineralización de la superficie se observó en los puntos No(s). 2 y 6, pero no es que éstos respondan a los valores altos PFE, sino que corresponden a la vecindad de las fajas de baja resistividad (2) y (3).

(7) Línea 1 de IP

Por geología, las rocas formación Esmita (Tme), dioritas (Td) y andesitas (Ta-da) están mezcladas en esta línea.

El lindero divisorio de resistividad existe alrededor del punto No. 3, siendo la resistividad baja por su lado norte y alta por su lado sur. Desde este punto hasta el punto No. 12 se encuentra un cuerpo causante de valores altos PFE, de unos 7%, dentro del cual se encuentra el bloque (1), que causa valores más altos de PFE, de 10%. Este bloque de alto PFE es la continuación del bloque (6), también de alto PFE, de la línea A, mientras se supone que los bloques (7) y (4) son la continuación del bloque (7) de dicha línea.

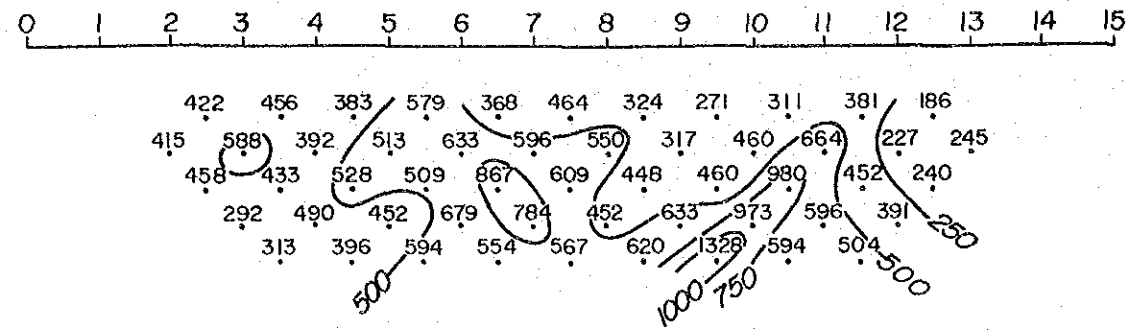
(8) Línea 2 de IP

Esta línea ocupa la roca formación Esmita (Tme) extensamente, y las dioritas (Td) y andesitas (Ta-da) se encuentran en un área muy estrecha entre los puntos No(s). 5 y 9. En cuanto a la resistividad, se considera que la línea es homogénea, y se supone que su sección de resistividad aparente esté afectada en algún modo por la variación local de la superficie.

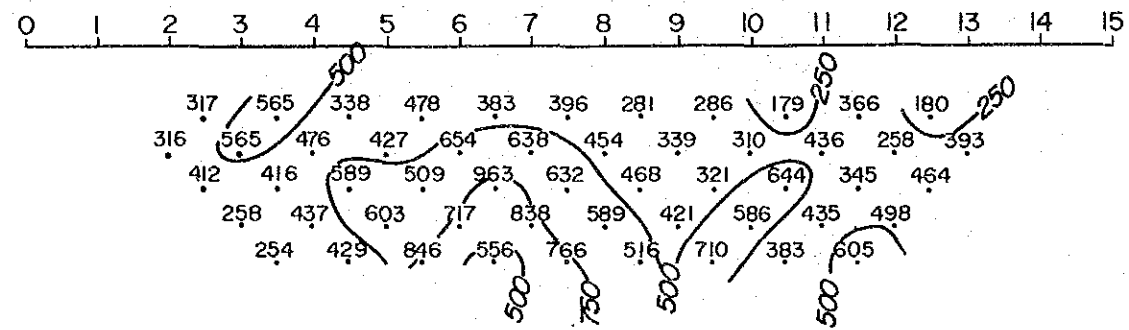
Entre el punto No. 4 y el No. 13, bloques causantes de valores PFE de más o menos 5% se encuentran y en medio de estos bloques se encuentran los

LINE - 3

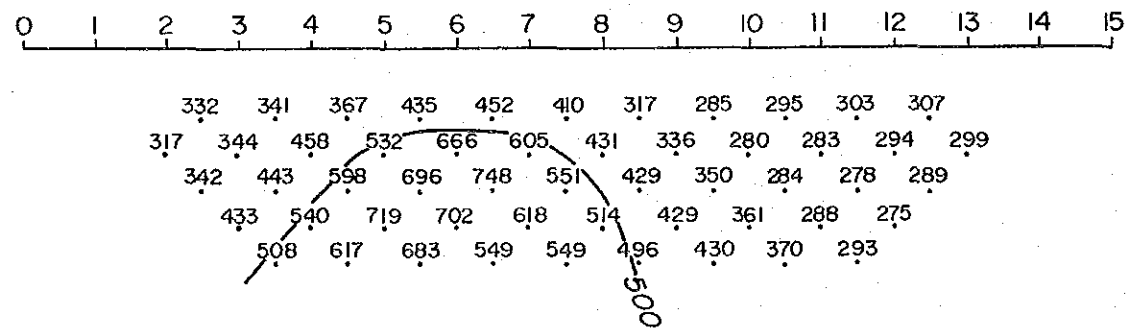
OBSERVED DATA AR ($\Omega \cdot m$)



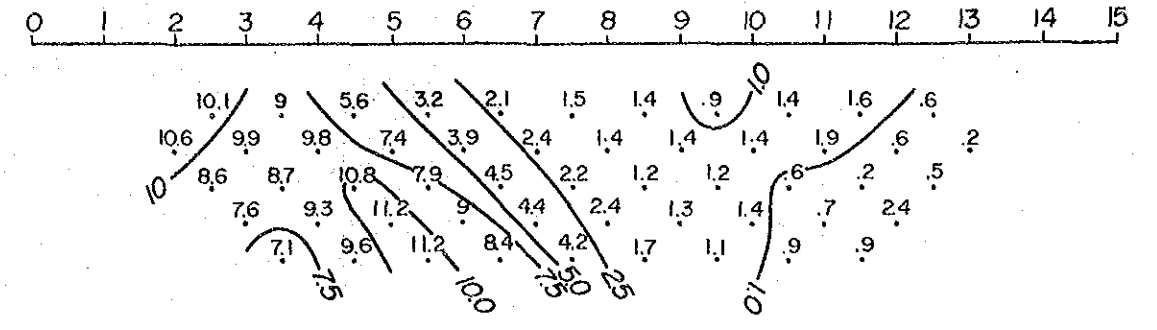
CORRECTED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



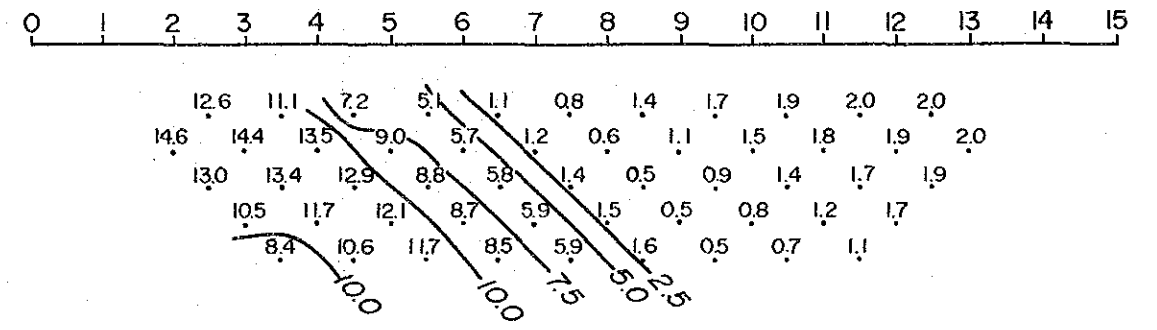
CALCULATED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



OBSERVED DATA PFE (%)



CALCULATED RESULTS PFE (%)



SIMULATED MODEL

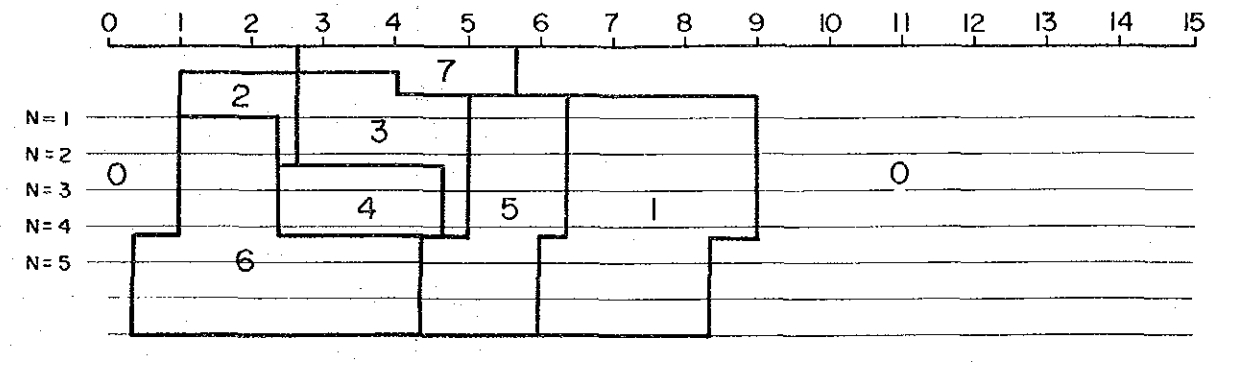
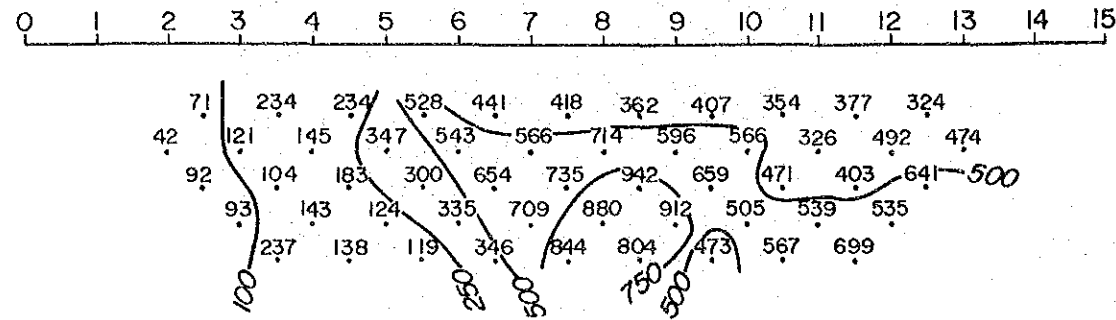


FIG. 2-20(1) RESULTADO DE SIMULACION

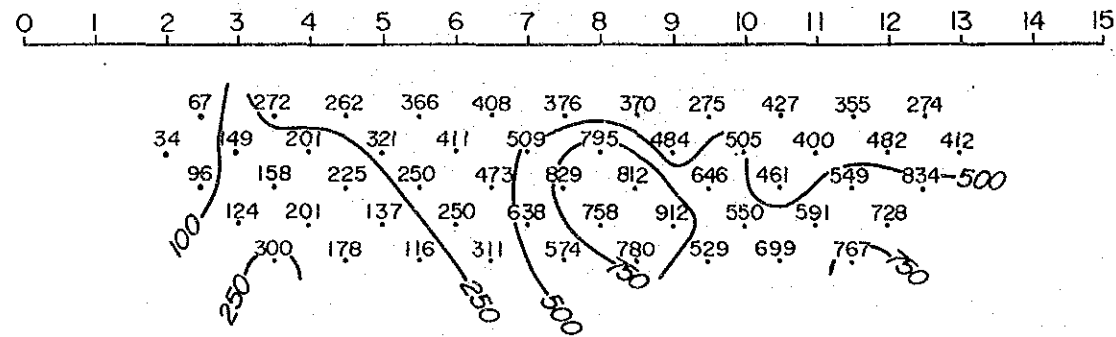
MODEL No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RESISTIVITY ($\Omega \cdot m$)	300	1000	300	400	400	1000	300	300		
FREQUENCY EFFECT (%)	2.0	2.0	15.0	15.0	5.0	15.0	5.0	4.0		

LINE - 4

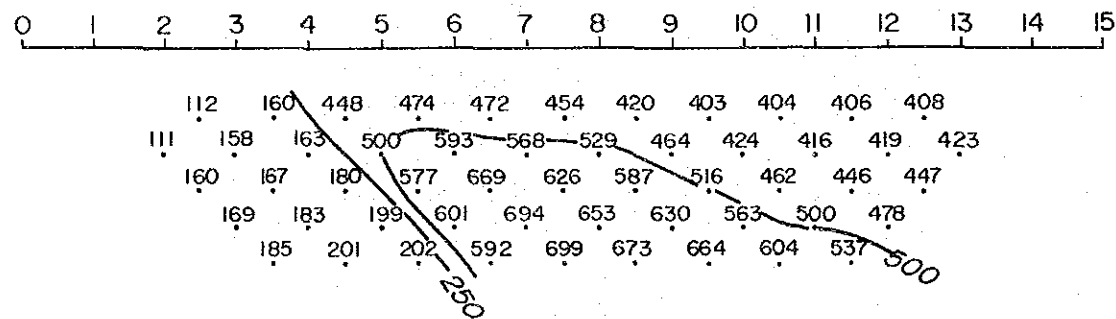
OBSERVED DATA AR ($\Omega \cdot m$)



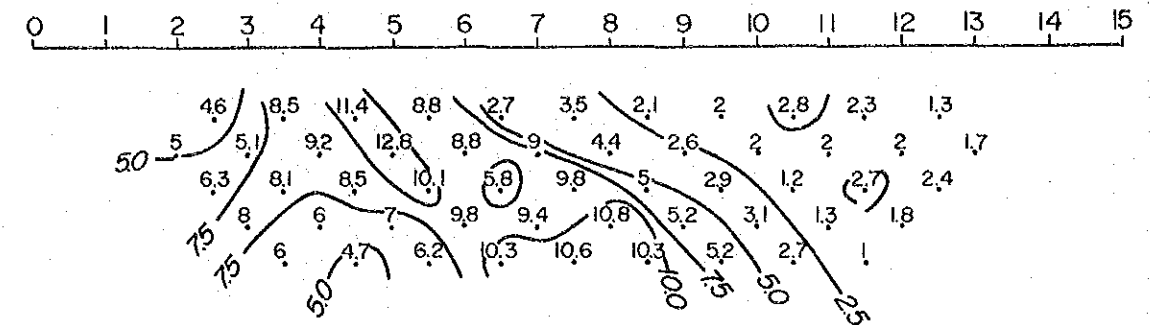
CORRECTED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



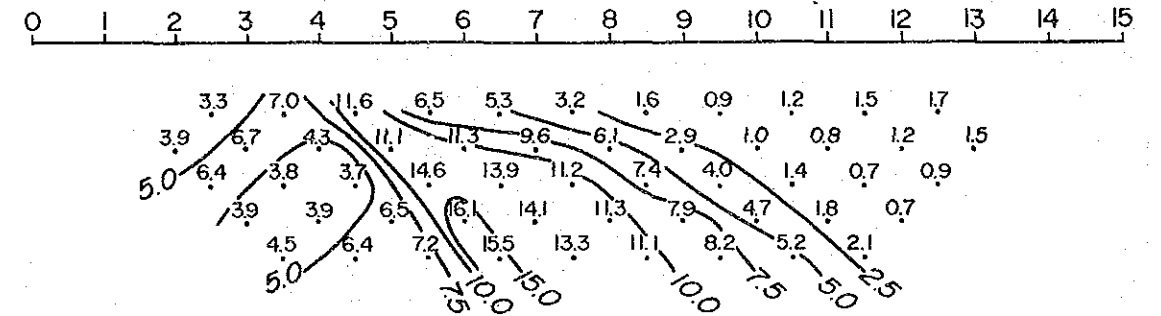
CALCULATED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



OBSERVED DATA PFE (%)



CALCULATED RESULTS PFE (%)



SIMULATED MODEL

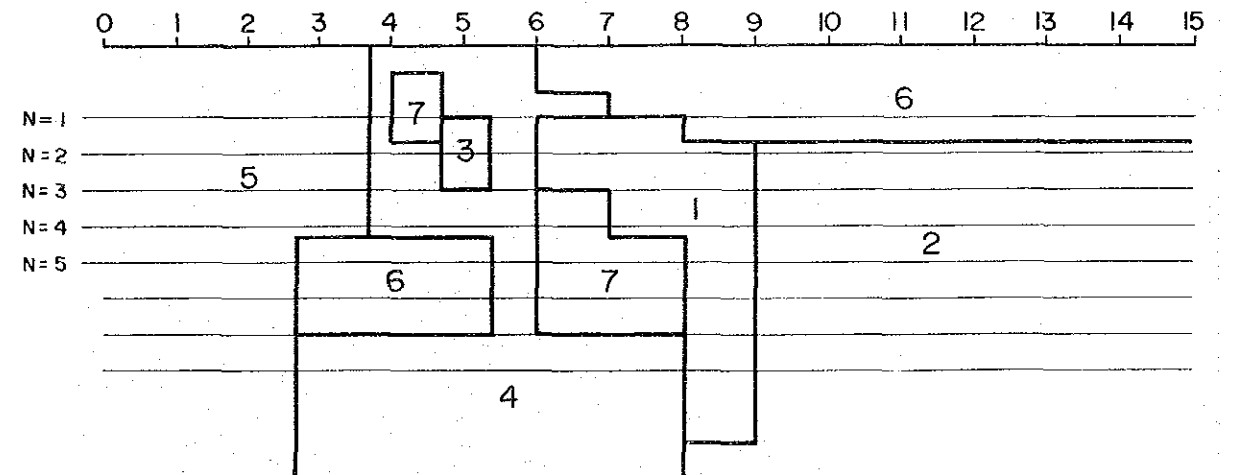
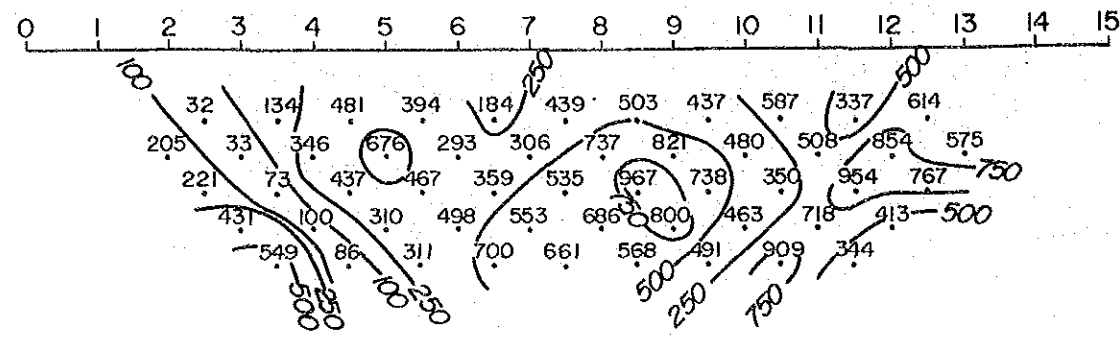


FIG. 2-20(2) RESULTADO DE SIMULACION

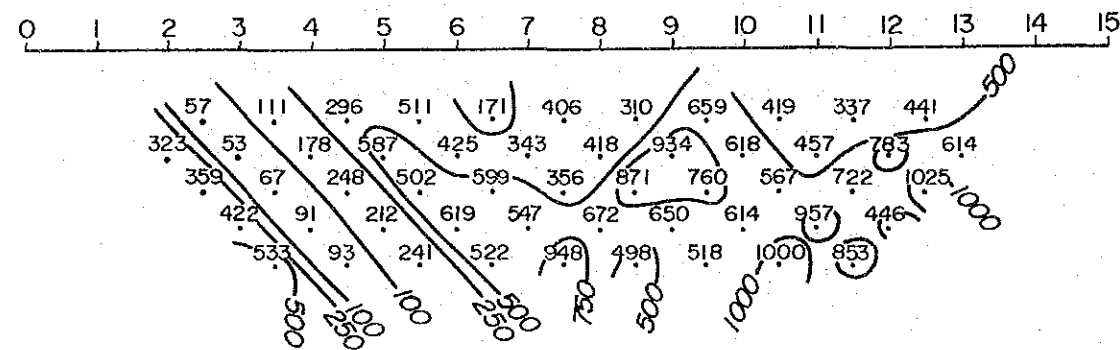
MODEL No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RESISTIVITY ($\Omega \cdot m$)		1000	500	1000	400	100	400	400		
FREQUENCY EFFECT (%)		20.0	2.0	10.0	7.0	3.0	2.0	20.0		

LINE - D

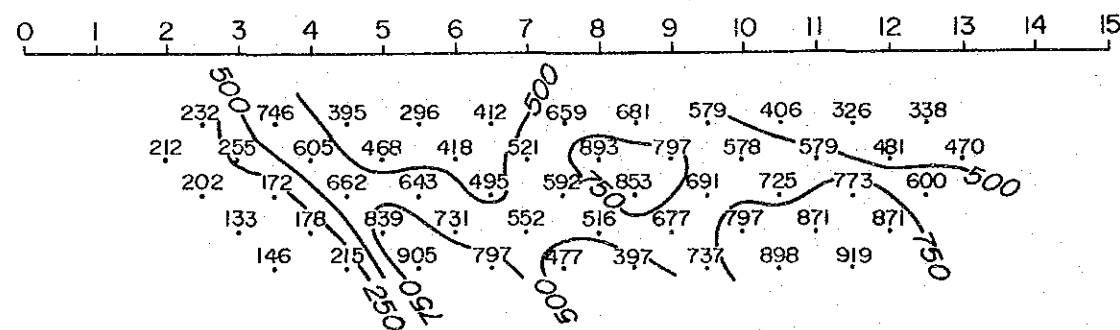
OBSERVED DATA AR ($\Omega \cdot m$)



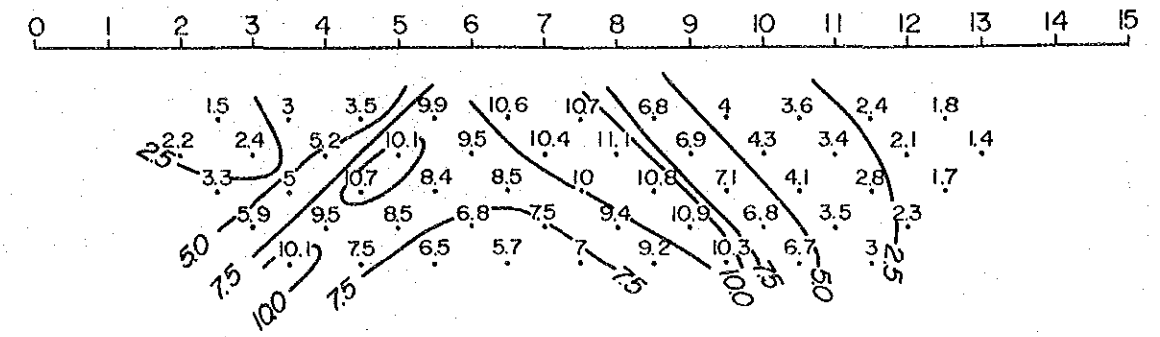
CORRECTED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



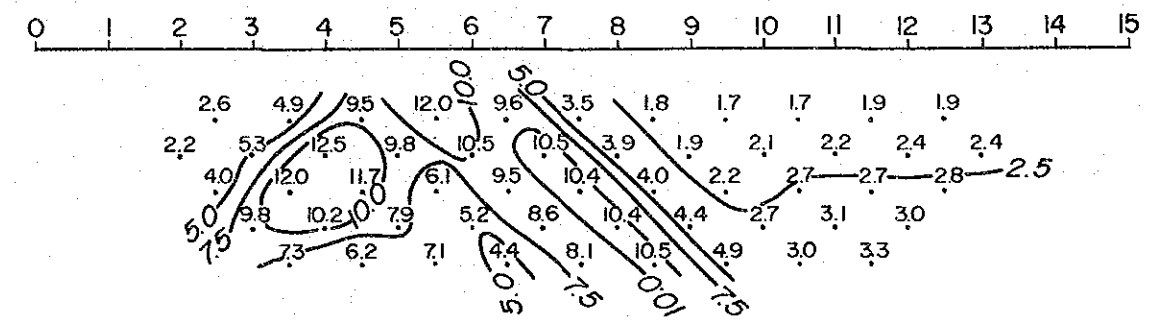
CALCULATED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



OBSERVED DATA PFE (%)



CALCULATED RESULTS PFE (%)



SIMULATED MODEL

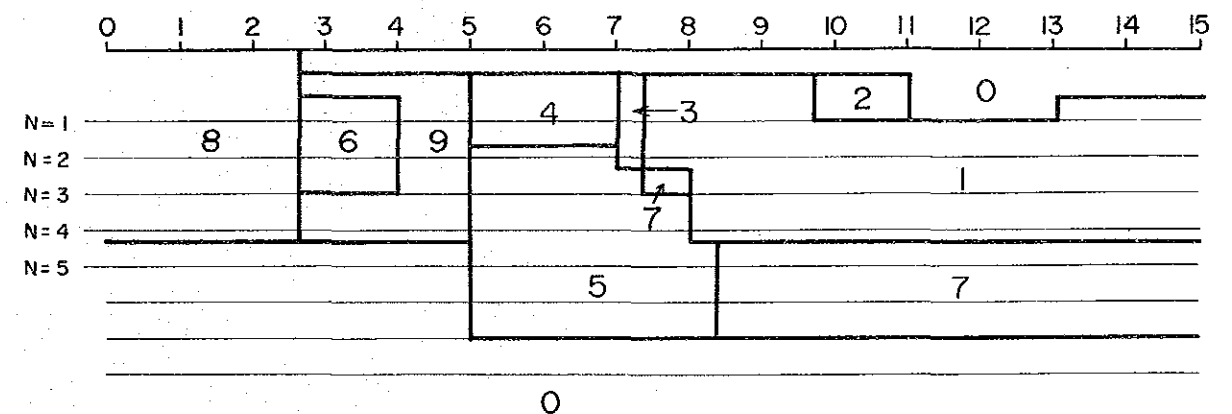
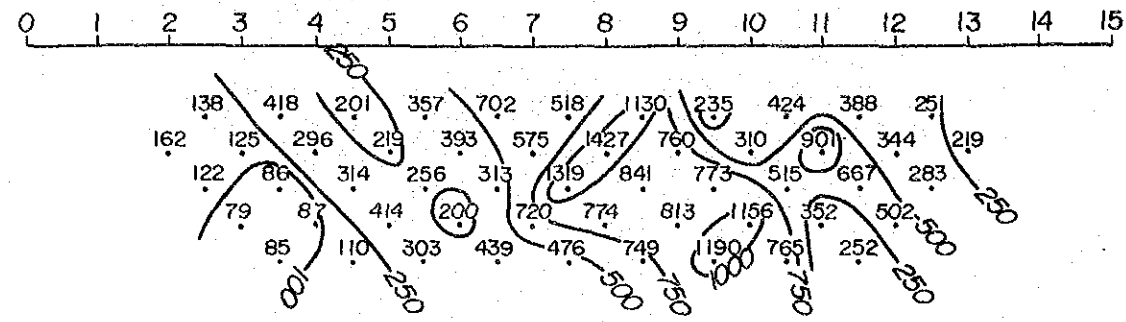


FIG. 2-20 (3) RESULTADO DE SIMULACION

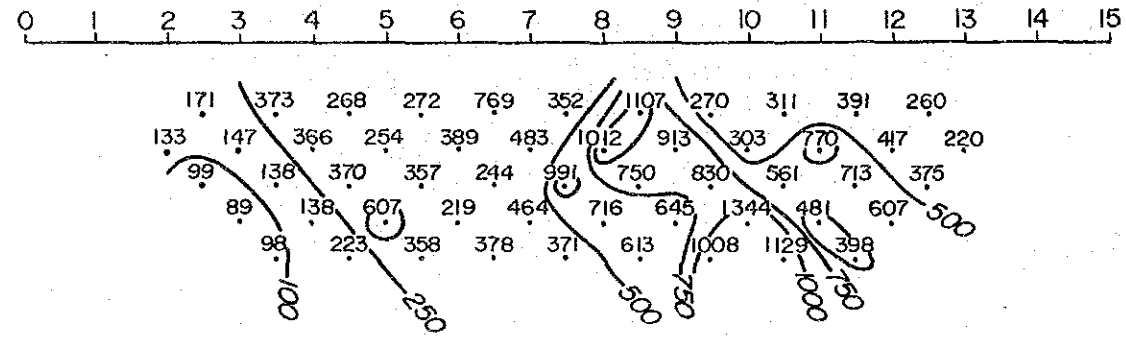
MODEL No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RESISTIVITY ($\Omega \cdot m$)	300	1000	1000	1000	300	300	900	300	100	900
FREQUENCY EFFECT (%)	2.0	4.0	2.0	15.0	15.0	7.0	15.0	4.0	2.0	2.0

LINE - C

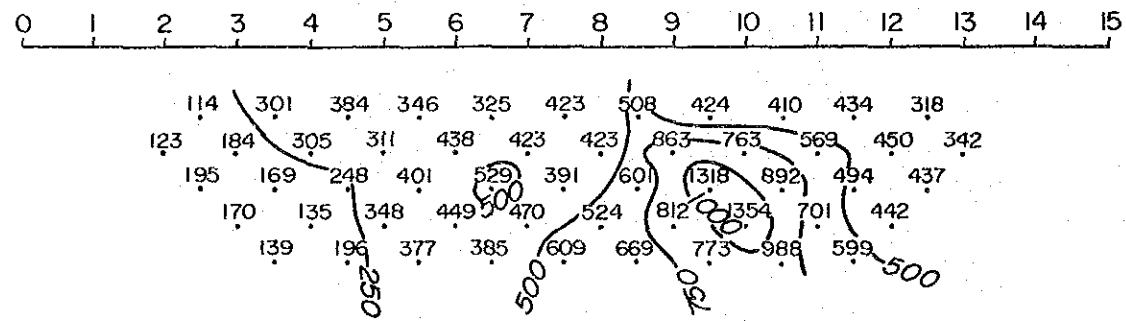
OBSERVED DATA AR ($\Omega \cdot m$)



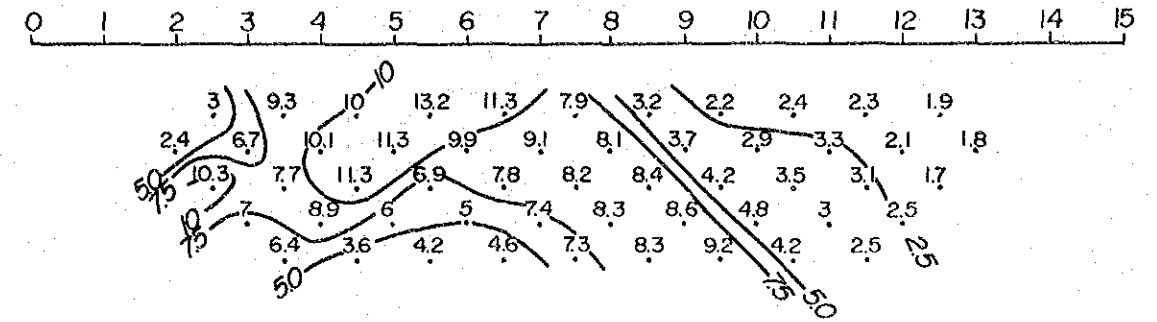
CORRECTED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



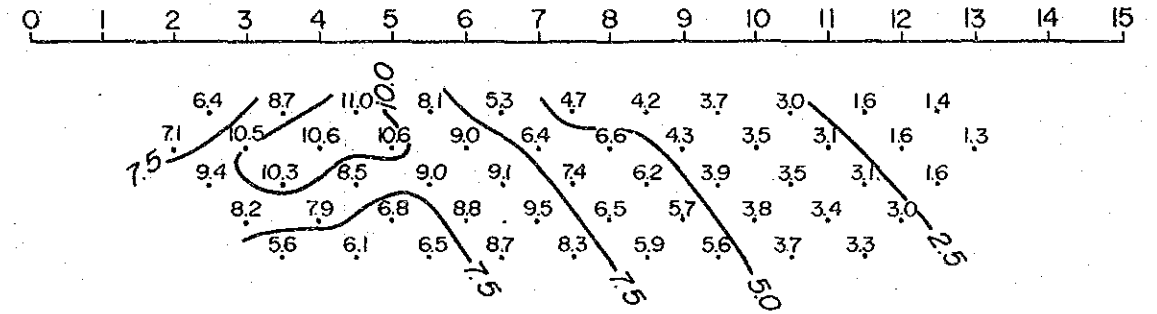
CALCULATED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



OBSERVED DATA PFE (%)



CALCULATED RESULTS PFE (%)



SIMULATED MODEL

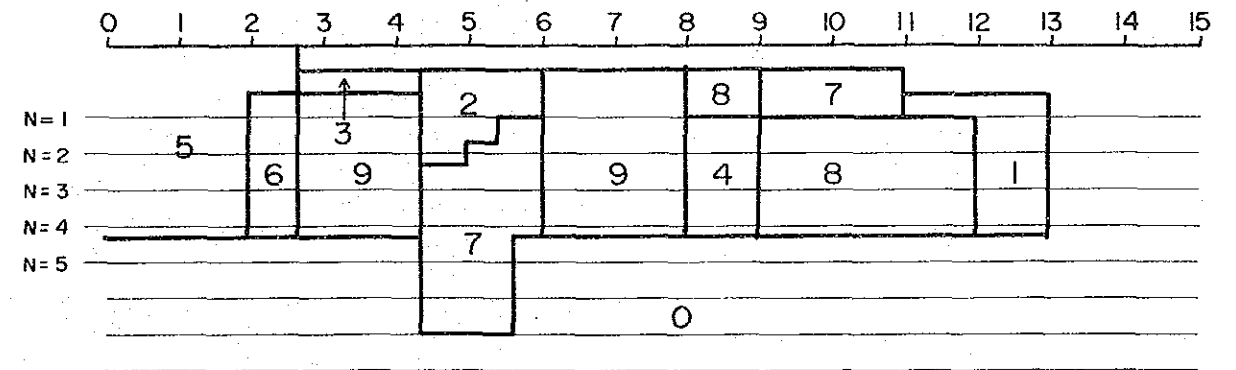


FIG. 2-20(4) RESULTADO DE SIMULACION

MODEL No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RESISTIVITY ($\Omega \cdot m$)	300	1500	500	100	1500	100	100	300	1500	300
FREQUENCY EFFECT (%)	2.0	2.0	15.0	7.0	10.0	2.0	15.0	5.0	5.0	7.0

bloques (2), (3) y (4) que son de altos valores PFE, 10 - 15%.

Al comparar con la línea 1, se observa que la dislocación en plano de los bloques de alto PFE es más notable en esta línea 2. No obstante, se puede suponer que los bloques de mediano valor PFE continúan, cambiando su extensión hacia la dirección NE-SW.

2.9. CONSIDERACIONES

1) La geología del área de interés consiste en diorita, andesita y dacita, y microdiorita que en conjunto forman cuerpos intrusivos en el estrato de la formación Esmita Terciaria. El estrato de la formación Esmita se distribuye desde la parte oeste hasta la sur del área de la presente prospección, andesitas y dacitas se distribuyen desde su parte central hasta las oeste y sur, y las dioritas se distribuyen por la parte noreste, pero una parte de ellas (dioritas) forman cuerpos intrusivos en el centro del área y en la parte oeste.

No se observa ninguna correlación entre la distribución de los estratos y la distribución en plano de la resistividad aparente obtenido a través de los métodos SIP e IP, sino que ésta atraviesa cada estrato hacia la dirección NE-SW, y es más bien parecida a la tendencia de la distribución en plano de PFE.

De aquí se considera que excepto unas fajas locales de baja resistividad atribuible a la erosión eólica, la distribución de la resistividad no responde a la distribución de estratos, sino que indica la variación del litofacies producida por mineralización y alteración, la cual causó la anomalía de PFE. Esto también explica el hecho de la gran dispersión dentro de un estrato que se observó en la medición de las propiedades físicas de muestras de roca que fueron tomadas del área.

2) Las tendencias que existen en la distribución de los valores PFE pueden clasificarse como sigue:

(1) Parte oriental

De la línea 3 hasta la línea C tiene gran proporción de las zonas con valores PFE de más de 7.5%, y colocando un bloque grande, que cause valores altos PFE, puede explicarse la distribución de PFE. Distribuyéndose por la dirección NE, los patrones de distribución de (PFE) son parecidos por estas líneas, por lo tanto se supone una continuación de las estructuras subterráneas similares.

(2) Parte central

Los patrones de distribución en las líneas A y B son muy parecidos, ambos indicando la continuidad en la dirección E-W. Se supone que se encuentran las zonas de alto PFE, mayores de 7.5% en los extremos de las líneas y los bloques causantes de alto PFE mayores de 10%, existente desde los centros de gran profundidad de estas líneas extendiéndose hacia los extremos sur de poca profundidad. La mayor parte de estas líneas pertenece a los valores 2.5% - 5% y se distribuye desde el punto No. 8 hacia el norte.

La anomalía geoquímica se encuentra en la parte que abarca desde la línea D hasta la A, y es de notar que la mayor parte de esta anomalía corresponde a la distribución de los valores PFE de 2.5% a 5%.

(3) Parte occidental

La estructura de resistividad en las líneas 1 y 2 es continua por la dirección NE-SW, sin embargo, su distribución de PFE cambia por la dirección NW-SE.

Las zonas de valores PFE más altos que 5% se distribuyen a todo lo largo, y los patrones de distribución de valores PFE mayores de 7.5% son distintos entre la línea 1 y la 2.

Hay una falla entre las líneas A y 1, y como la anomalía alrededor de esta falla se dispone a lo largo de ella, es de suponer que haya posibilidad de relación entre la distribución PFE y la existencia de esta falla.

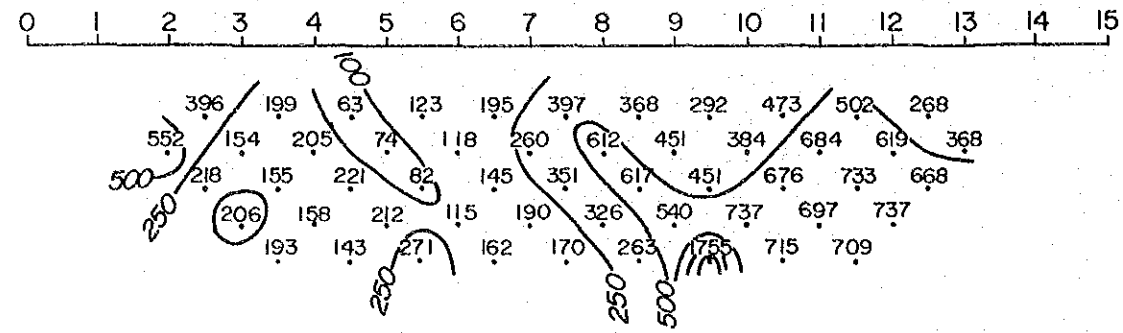
- 3) Como resultado de la simulación llevada a cabo para cada línea prospectada, se encontraron los cuerpos causantes de valores PFE de 5 - 8% ampliamente para todas las líneas, y además, se encontraron cuerpos causantes de valores más altos, mayores de 10%, en el centro o perímetro de cada uno de aquéllos. Mientras hay algunos casos en que estos cuerpos causantes de valores PFE más altos que 10% corresponden a los de alta resistividad o se encuentran dentro de los que tienen baja resistividad, los resultados obtenidos de la medición de muestras de roca y la situación de los afloramientos sugieren la existencia de las piritas de hierro ampliamente diseminadas dentro de las dioritas o andesitas y dacitas, y también de las piritas de hierro reticuladas.
- 4) El análisis espectral elaborado para cada punto prospectado reveló una íntima correlación entre el tipo espectral y el valor PFE. La clasificación en tipos espectrales B, b, c y C en la región de bajas frecuencias (0.125 - 1 Hz) indicó la concordancia con la tendencia de líneas isópletas de PFE. Los tipos b y B, indicadores de mineralización y alteración, se detectaron dentro de los valores bajos PFE. Estos se encuentran en las zonas de valores bajos PFE (2.5 - 5%) con la distribución amplia, y corresponden a la anomalía geoquímica. La distribución de estos tipos espectrales se indica a continuación:
Línea A: * En la profundidad alrededor de los puntos No(s). 2 - 5
 * En la profundidad alrededor de los puntos No(s). 6 - 9
Línea B: * En la profundidad alrededor de los puntos No(s). 6 - 8
- 5) La línea isópleta para los valores PFE más altos que 5% rodea la anomalía geoquímica, distribuyéndose por la parte sur fuera de la anomalía. Como ambas anomalías (de PFE y geoquímica) tienen correlaciones en función tanto de posición como de configuración, se puede suponer la existencia de un depósito de cobre porfídico.

En general, un depósito de cobre porfídico se forma por la mineralización en el centro con las zonas de alteración y de piritas en su periferia. Esta formación causa la anomalía de altos valores PFE, y la zona de mineralización, en la formada anomalía geoquímica, corresponde a las zonas de bajo PFE anómalo alrededor de dichas zonas de alto PFE anormal. Por lo tanto, en el caso de la presente prospección en que la zona de alto PFE anómalo indicó la existencia de la zona de piritas de hierro, tal zona de alto PFE anómalo, junto con sus alrededores de bajo PFE anómalo, debería ser el punto al que se dirija la mirada como el punto que requiere la prospección. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la anomalía de bajo PFE siempre existe rodeando la anomalía de alta PFE, si existe ésta; por lo que es necesario que el área de prospección tenga una extensión suficiente para considerar la existencia del cuerpo causante de bajo PFE.

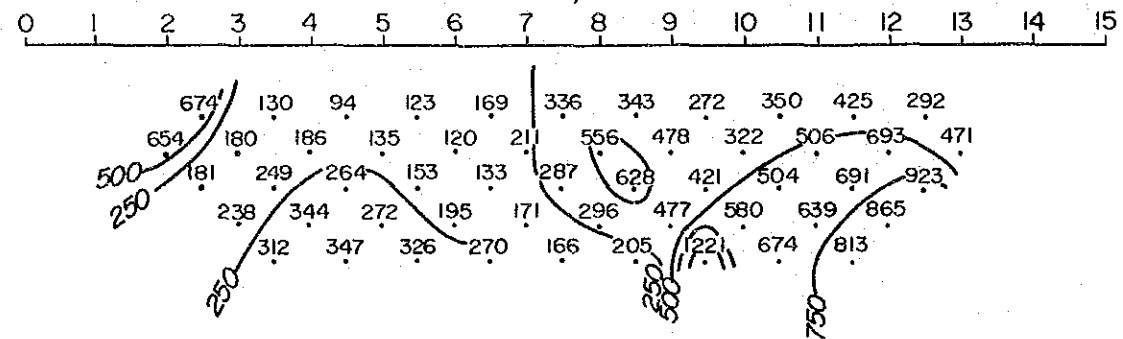
En esta prospección en particular, tal área se extiende desde la línea B hasta la línea 1; como mencionamos en 4) anterior, sería el punto de sondeo exploratorio el área donde se evaluaron los tipos espectrales b

LINE - B

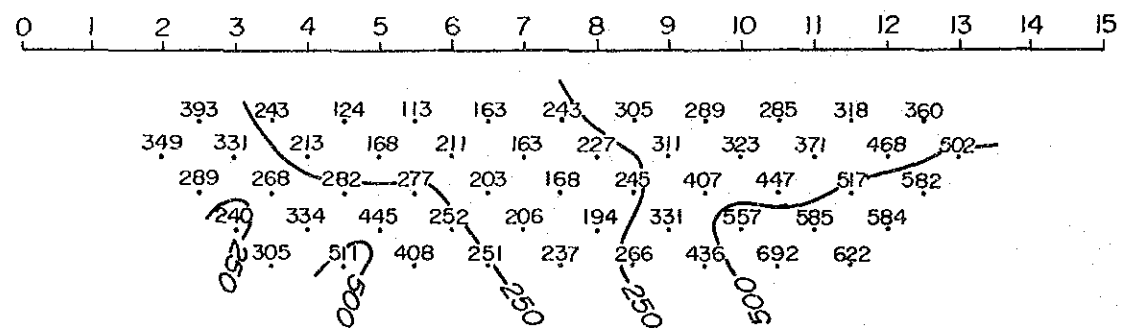
OBSERVED DATA AR ($\Omega \cdot m$)



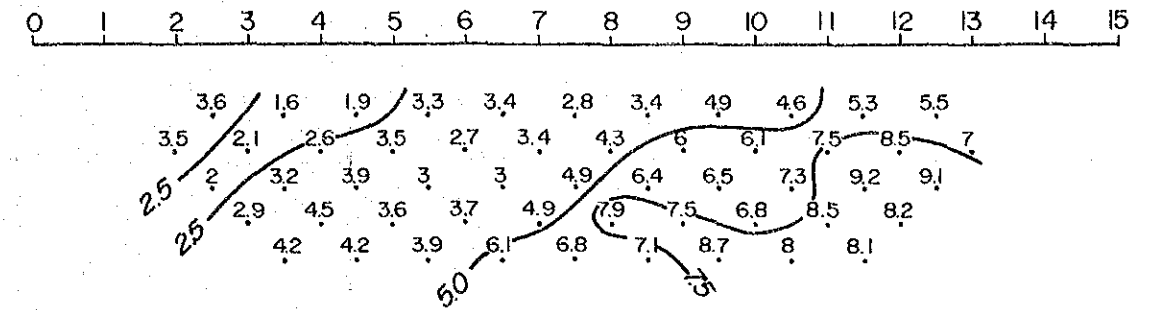
CORRECTED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



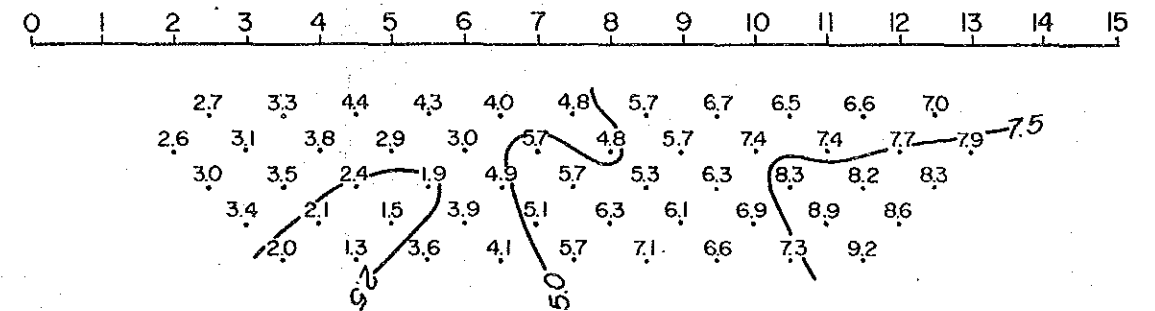
CALCULATED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



OBSERVED DATA PFE (%)



CALCULATED RESULTS PFE (%)



SIMULATED MODEL

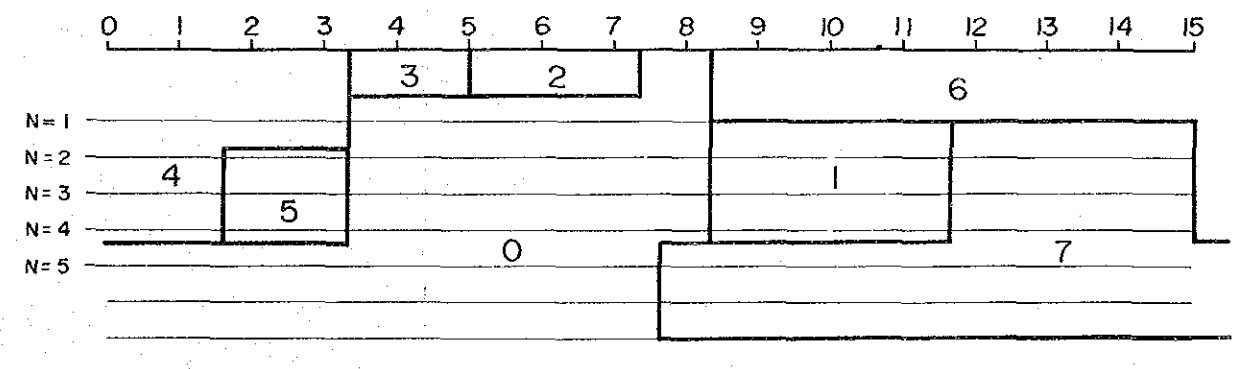
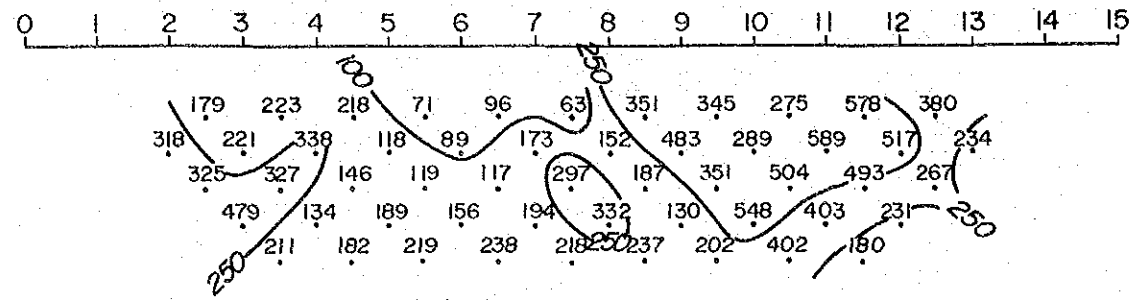


FIG. 2-20(5) RESULTADO DE SIMULACION

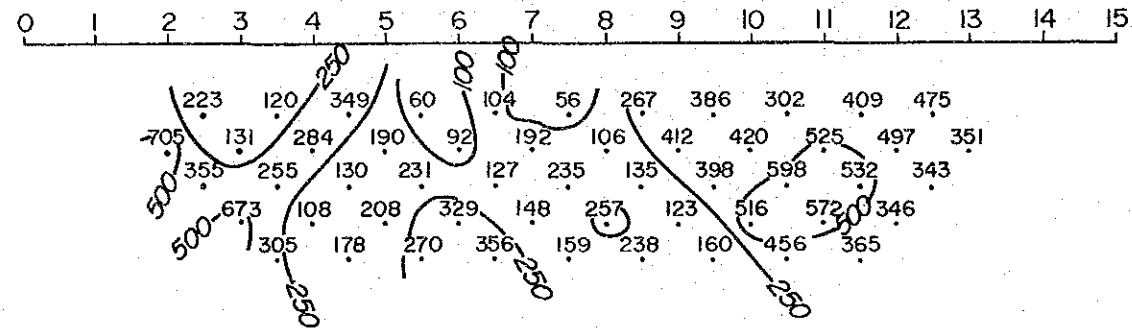
MODEL No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RESISTIVITY ($\Omega \cdot m$)	300	300	100	200	1000	200	300	1500		
FREQUENCY EFFECT (%)	3.0	6.0	5.0	3.0	2.0	2.0	6.0	10.0		

LINE - A

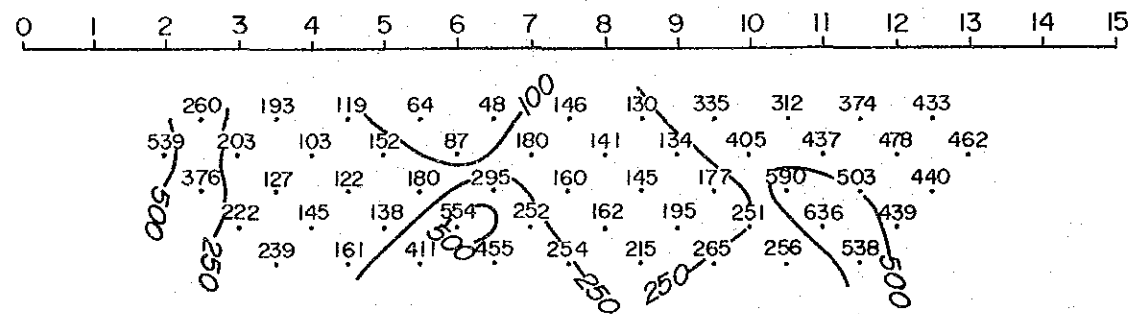
OBSERVED DATA AR ($\Omega \cdot m$)



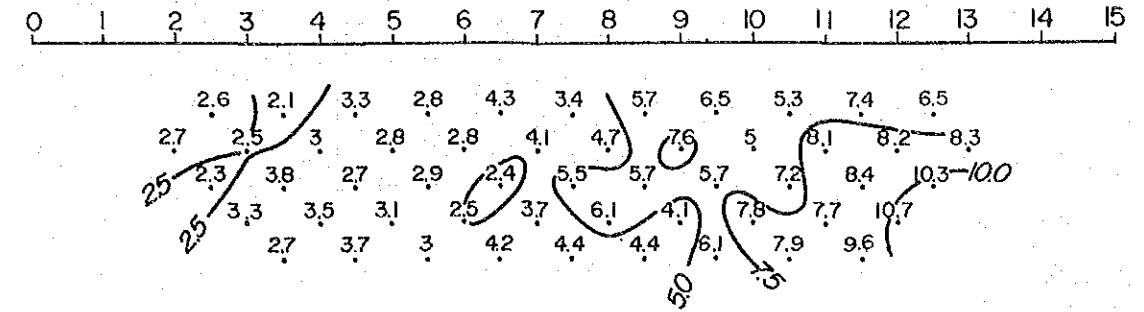
CORRECTED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



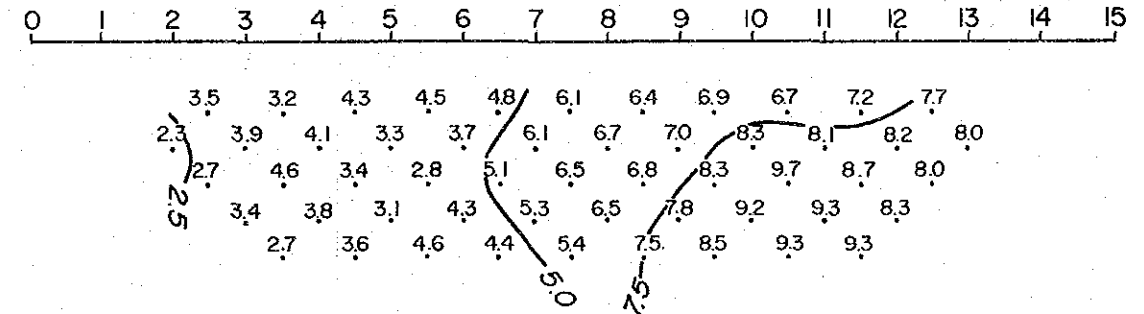
CALCULATED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



OBSERVED DATA PFE (%)



CALCULATED RESULTS PFE (%)



SIMULATED MODEL

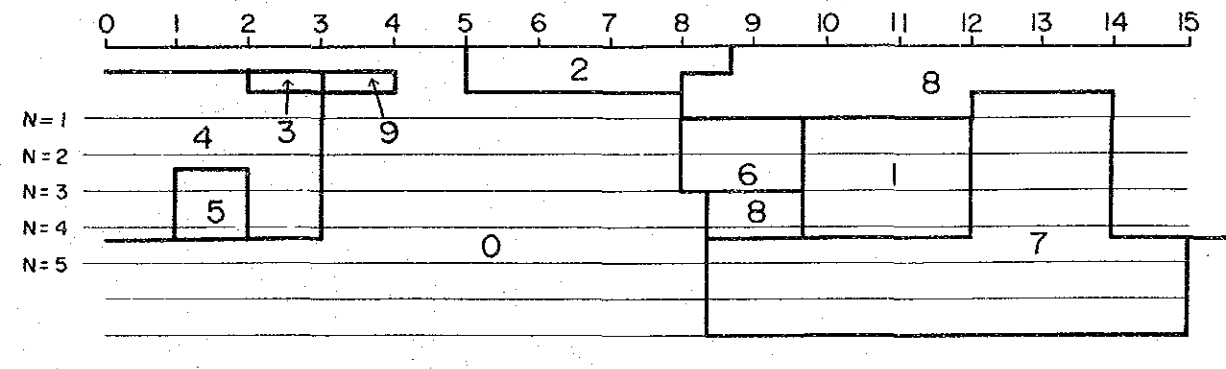
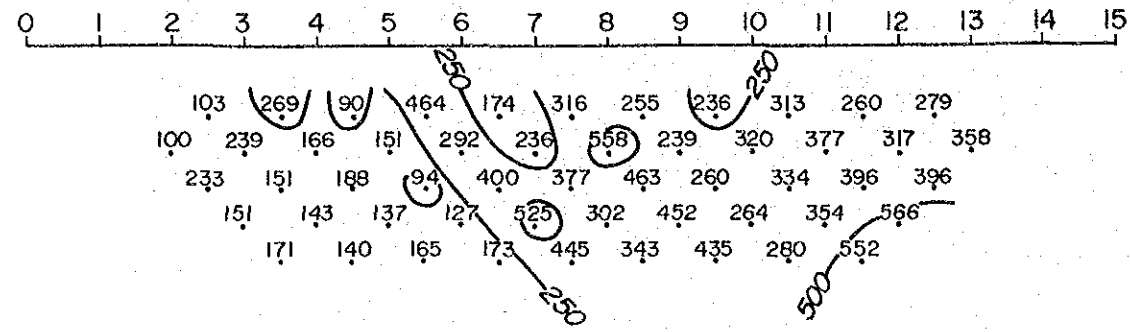


FIG. 2-20 (6) RESULTADO DE SIMULACION

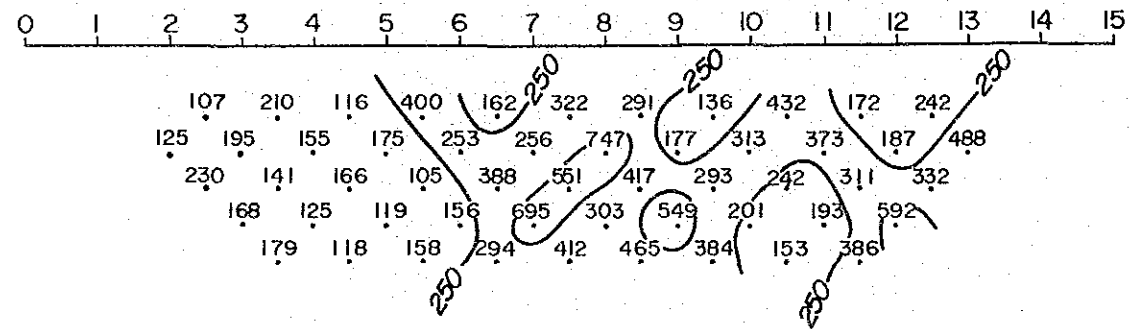
MODEL No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RESISTIVITY ($\Omega \cdot m$)	300	300	60	100	1000	200	300	1000	300	200
FREQUENCY EFFECT (%)	3.0	6.0	5.0	6.0	2.0	2.0	10.0	10.0	6.0	2.0

LINE - I

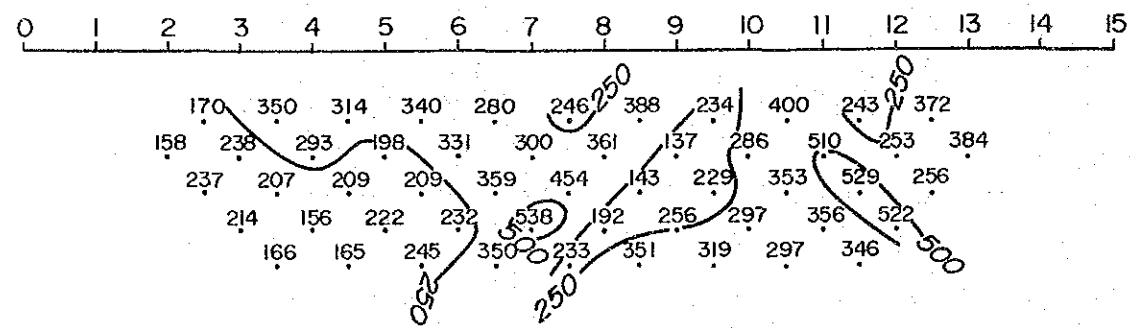
OBSERVED DATA AR ($\Omega \cdot m$)



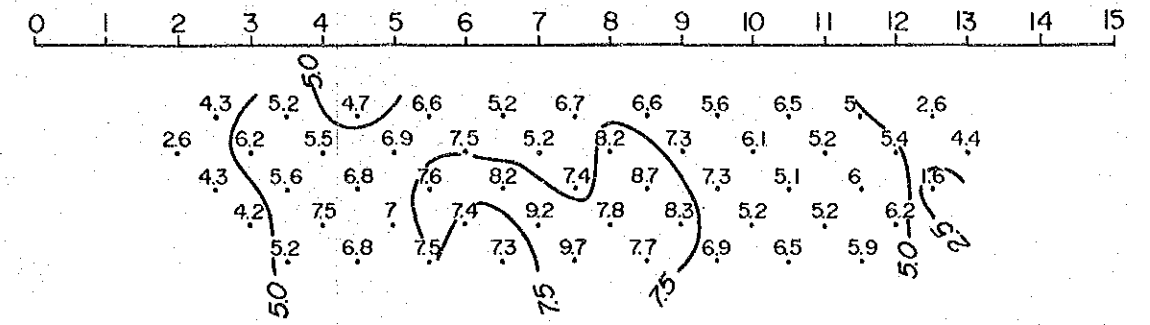
CORRECTED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



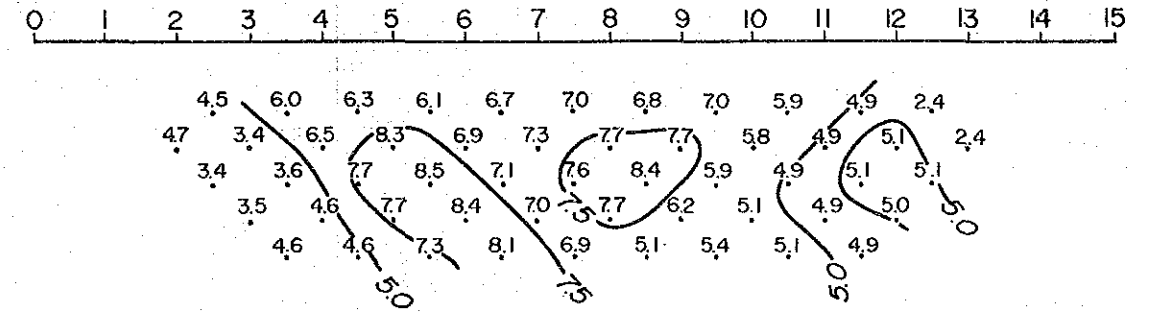
CALCULATED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



OBSERVED DATA PFE (%)



CALCULATED RESULTS PFE (%)



SIMULATED MODEL

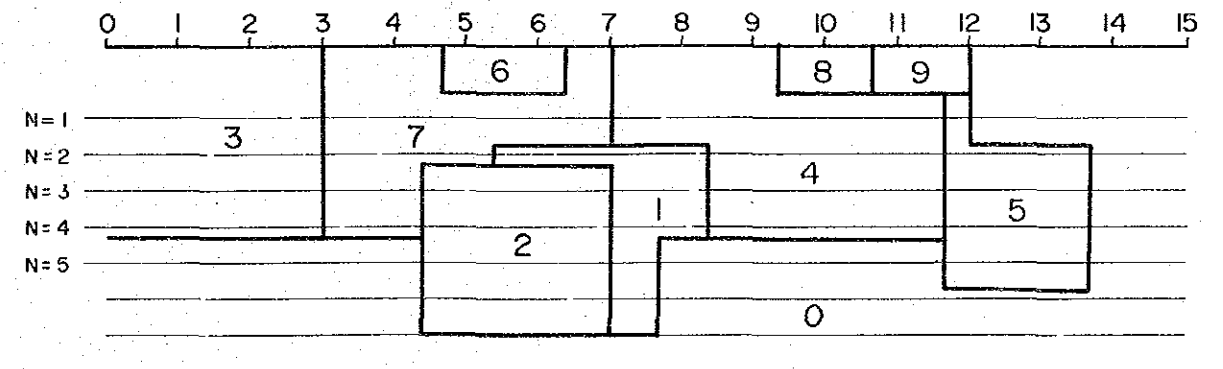
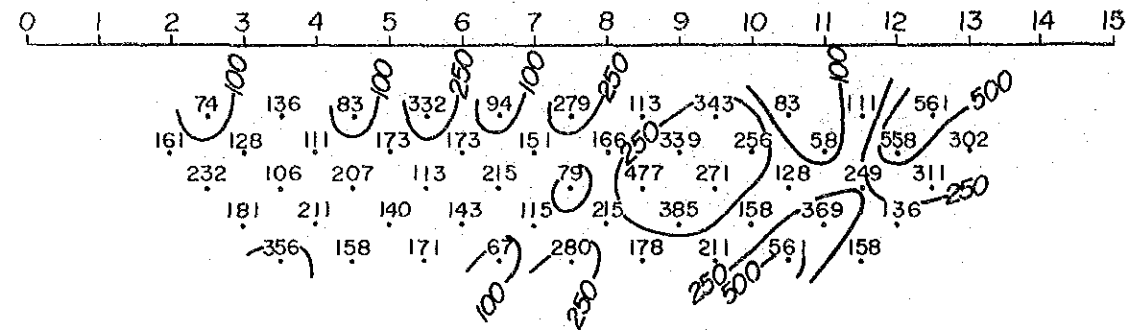


FIG. 2-20(7) RESULTADO DE SIMULACION

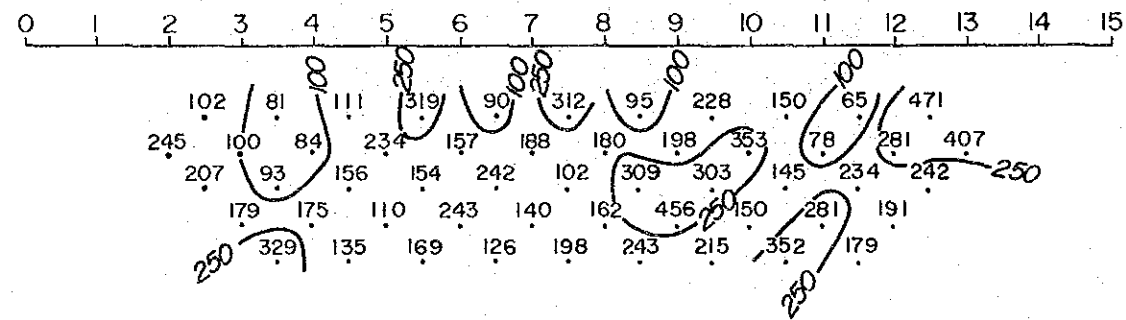
MODEL No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RESISTIVITY ($\Omega \cdot m$)	350	350	300	150	250	600	500	250	700	200
FREQUENCY EFFECT (%)	2.5	10.0	2.5	2.5	6.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0

LINE - 2

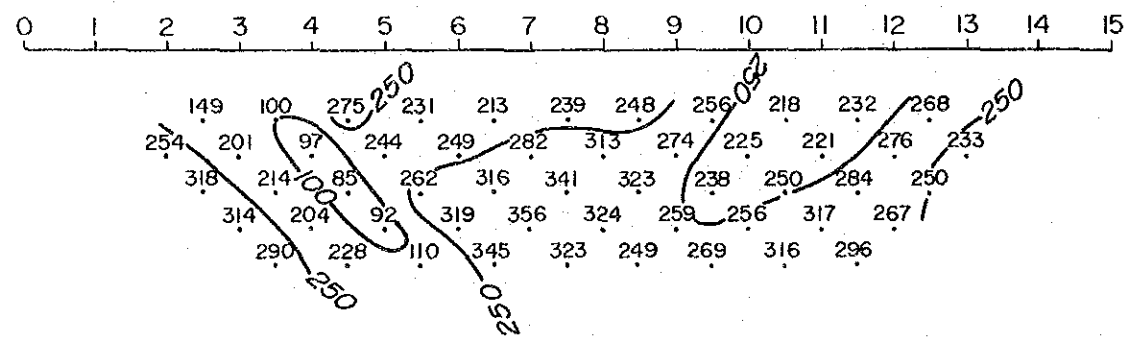
OBSERVED DATA AR ($\Omega \cdot m$)



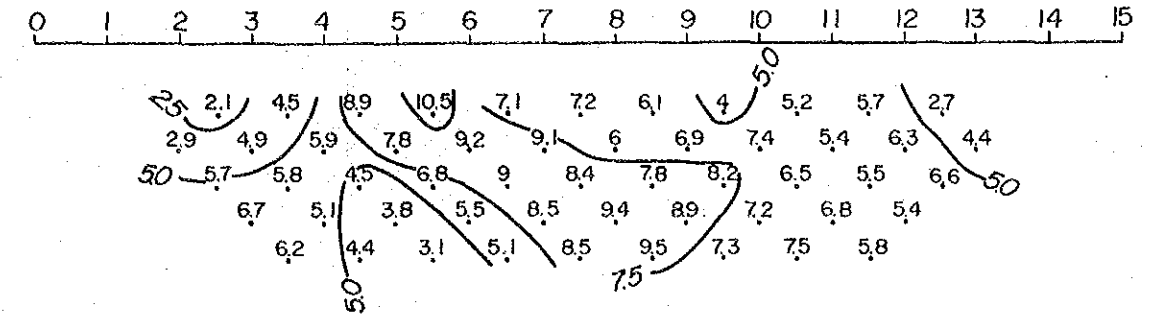
CORRECTED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



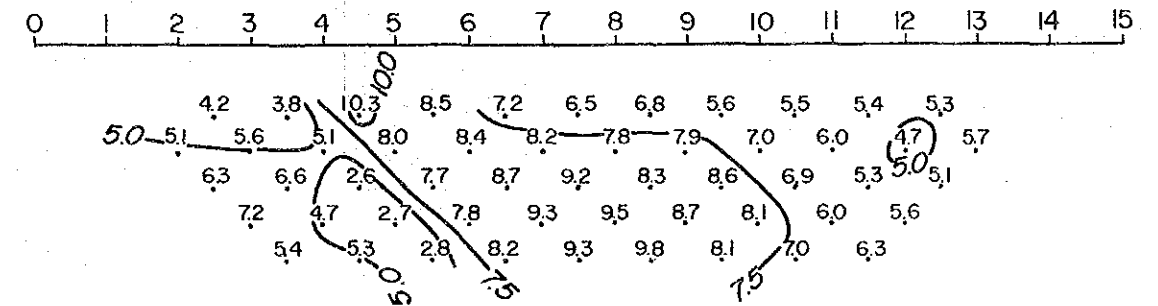
CALCULATED RESULTS AR ($\Omega \cdot m$)



OBSERVED DATA PFE (%)



CALCULATED RESULTS PFE (%)



SIMULATED MODEL

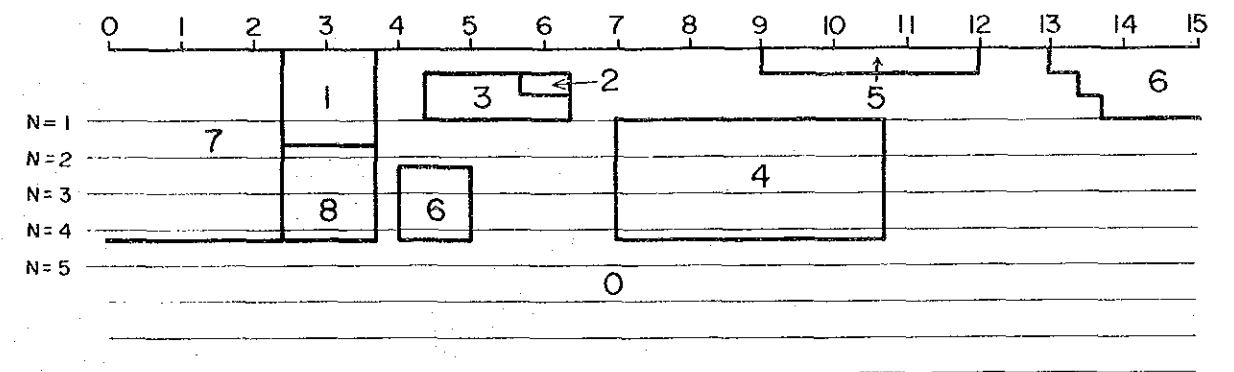
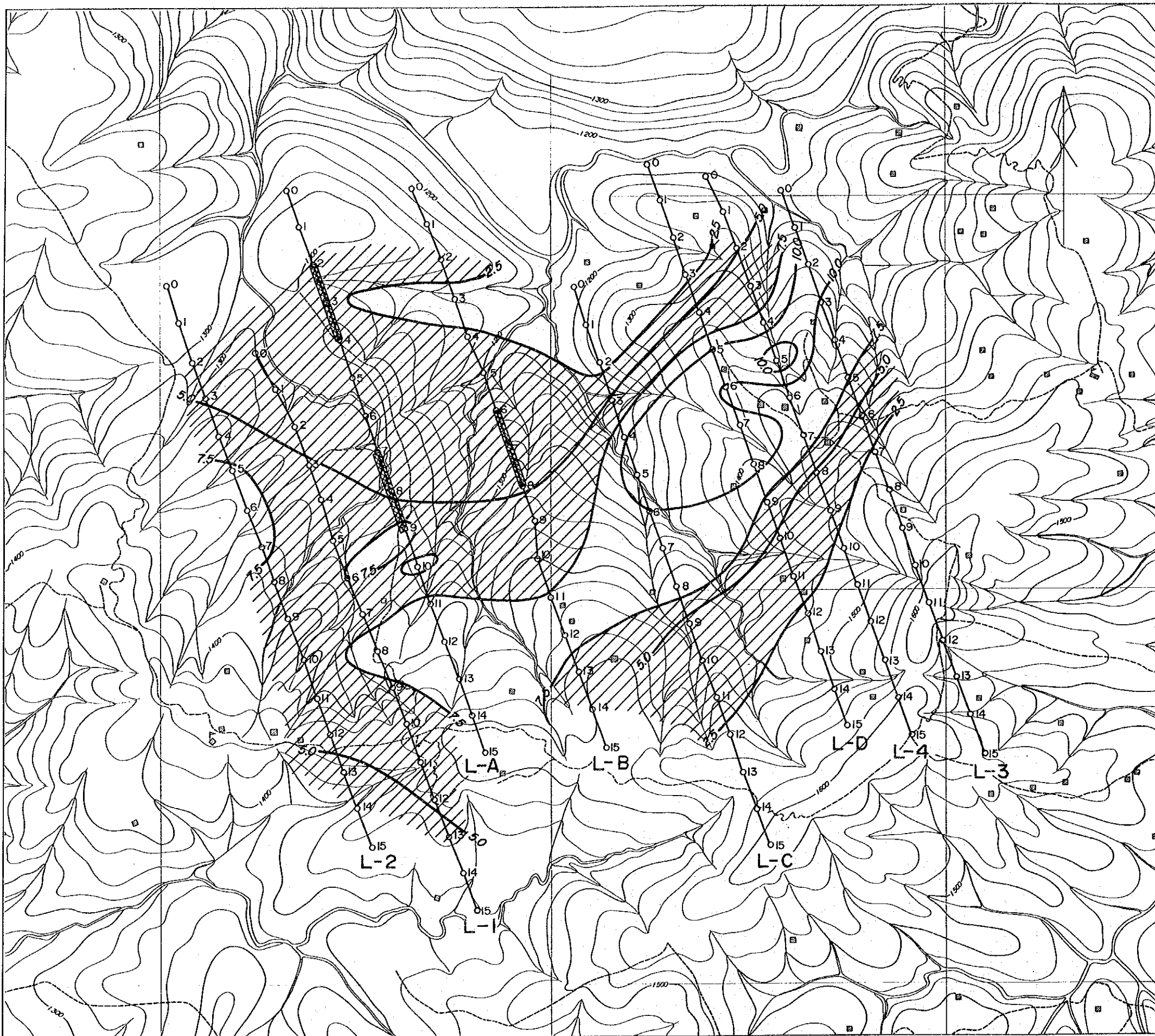


FIG. 2-20(8) RESULTADO DE SIMULACION

MODEL No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RESISTIVITY ($\Omega \cdot m$)	200	70	300	300	500	300	500	300	300	
FREQUENCY EFFECT (%)	6.0	2.0	15.0	10.0	10.0	3.5	2.0	5.0	5.0	

y B que indican la mineralización y alteración por una amplia zona de bajo PFE anómalo.



Leyenda

- 0 1 2 3 L-A Líneas de SIP
- 0 1 2 3 L-1 Líneas de IP
- ~~~~~ Isolíneas de PFE
- ~~~~~ 2.5%
~~~~~ 7.5%      Zona de PFE entre 7.5 por ciento y 2.5 por ciento
- ~~~~~      Parte Anomalía por Clasificación Espectral



Fig. 2-21 MAPA DE INTERPRETACION



### 3. AREA PIEDRA SENTADA-EXPLORACION POR PERFORACION

#### 3.1. BOSQUEJO DE LA EXPLORACION

##### 3.1.1. Objetivo

La primera fase de la exploración reveló que existe la posibilidad de detectar un depósito del tipo pórfido cuprífero en el área de Piedra Sentada. La siguiente etapa de exploración mediante la perforación se llevó a cabo con el fin de comprobar esta hipótesis.

##### 3.1.2. Bosquejo de la Operación

El grupo dedicado a esta operación estuvo compuesto por 3 perforadores que fueron trasladados a la República de Colombia el 15 de julio de 1985. La preparación del sitio de perforación y la nacionalización del equipo fue hecha simultáneamente. El período de perforación fue entre el 20 julio de 1985 y el 4 de enero de 1986 para un total de 169 días. La longitud total de los 5 pozos perforados fue de 1655,6 m. Una máquina TOM 3 se empleó en esta actividad con una capacidad de 590 m con diámetro NQ y 750 m con diámetro BQ.

Se emplearon 3 turnos de perforación, cada día, de 8 horas cada uno, con 3 auxiliares, conformando cada grupo de perforación un perforador y tres auxiliares. El sistema empleado en perforación fue el "Wire-line" para una mejor recuperación y una mayor eficiencia.

A continuación se describe un resumen operacional de cada pozo perforado:

| Pozo  | Longitud perforada, m | Longitud de Núcleo, m | % Núcleo Recuperado |
|-------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| CJM-1 | 301.80                | 300.50                | 99.6                |
| CJM-2 | 351.40                | 348.20                | 99.1                |
| CJM-3 | 300.60                | 296.85                | 98.8                |
| CJM-4 | 351.20                | 345.90                | 98.5                |
| CJM-5 | 350.60                | 346.40                | 98.8                |
| Total | 1655.60               | 1637.85               | 98.9                |

##### 3.1.3. Descripción Análisis de los Núcleos

Todos los núcleos de los pozos de perforación fueron descritos teniendo en cuenta la litología, alteración y mineralización. Los resultados fueron descritos en formatos geológicos con una escala de 1 a 200. Para cuantificar la mineralización de los núcleos, cada 15 m se envió una muestra con una longitud de 1.5 m, correspondiente a un cuarto de núcleo total. Cada una de estas muestras se analizó para los siguientes elementos: oro, plata, molibdeno, cobre, plomo y zinc. Además de estos análisis se enviaron varios núcleos al laboratorio para realizarles algunos análisis. Los principales contenidos y el número de muestras se describen a continuación:

|                                                               |     |          |
|---------------------------------------------------------------|-----|----------|
| (1) Análisis químicos de los núcleos (Au, Ag, Mo, Cu, Pb, Zn) | 107 | muestras |
| (2) Observación microscópica de secciones delgadas            | 16  | "        |
| (3) Observación microscópica de secciones pulidas             | 11  | "        |
| (4) Análisis de difracción de Rayos X                         | 10  | "        |
| (5) Inclusiones fluidas y temperaturas de homogenización      | 10  | "        |

### 3.2. ACTIVIDADES EN PERFORACION

#### 3.2.1. Preparación de equipos y sitios de perforación

Los equipos de perforación fueron transportados, uno de la oficina Central del INGEOMINAS en Bogotá, y el otro de Buenaventura al sitio de trabajo, cada uno de ellos en un camión de 20 toneladas, durante la mitad de la última quincena del mes de julio de 1985. Al mismo tiempo se realizaron las siguientes actividades: preparación del sitio de perforación, negociación con los dueños de los terrenos donde se pensaba perforar y contratación de mano de obra local.

La longitud total de caminos construidos manualmente para transportar el equipo de perforación fue de 3085 m. La máquina de perforación se transportó mediante la combinación de los siguientes métodos: a) mediante un camión de 4 toneladas, b) transportándola manualmente al hombro de los trabajadores y c) adoptando el método de halarse ella misma cuando no se disponía de carretera.

La conducción del agua a los sitios de perforación fue necesario hacerla a través de una manguera de polietileno y bombeada a 550 m de la quebrada Zanjón Grande a los sitios CJM-1 y CJM-2. A los sitios de perforación CJM-3 y CJM-4 se bombeó el agua por 700 m del Zanjón Santa Lucía. Para el pozo CJM-5 se bombeó el agua por 100 m a partir de un pequeño afluente de Zanjón Grande.

#### 3.2.2. Desempeño en Perforación

Para perforar la parte más externa de los suelos se emplearon brocas diamante de 131 mm de diametro. Al alcanzar las rocas duras se uso el "Wire-line" ; continuando la perforación con el tamaño HQ. Con el fin de proteger las paredes del pozo se insertó el casing. Posteriormente y para alcanzar la profundidad final se perforó con el tamaño BQ. Para facilitar la perforación se emplearon lodos en base a bentonita.

##### 1) CJM-1

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| Longitud perforada:   | 301.80 m              |
| Longitud de núcleo:   | 300.50 m              |
| Núcleo recuperado:    | 99.6%                 |
| Fecha de iniciación:  | Septiembre 9 de 1985  |
| Fecha de terminación: | Septiembre 24 de 1985 |

0.00 - 6.20 m

El pozo se perforó hasta 6.20 m con broca de diamante de 131 mm. Se colocó casing de 127 mm y HW.

6.20 - 102.50 m

Hasta la profundidad de 102.50 se perforó con brocas de diamante HQ. Posteriormente el pozo se es ancho hasta la profundidad de 7.00 m empleando una zapata HW, colocando casing HW hasta esa profundidad. Igualmente, se instaló un casing NW hasta la profundidad de 102.50 m.

102.50 - 201.30 m

Se alcanzó la profundidad de 201.30 m con broca de diamante NQ. Como se encontró que las paredes del pozo eran muy estables se instaló casing BW hasta esa profundidad.

201.30 - 301.80 m

Con una broca de diamante BQ se perforó más que la profundidad propuesta de 300.00 m.

2) CJM-2

|                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| Longitud del pozo:    | 351.40 m          |
| Longitud del núcleo:  | 348.20 m          |
| Núcleo recuperado:    | 99.1%             |
| Fecha de iniciación:  | Agosto 6 de 1985  |
| Fecha de terminación: | Agosto 28 de 1985 |

0.00 - 5.50 m

Con una broca de diamante de 131 mm se inició el pozo hasta la profundidad de 5.50 m atravesando suelos; hasta esa profundidad se sentaron casings 127 mm y HW.

5.50 - 25.50 m

Se alcanzó la profundidad de 25.50 m con broca de diamante HQ a través de granodiorita; como las paredes del pozo eran muy estables se instaló casing HW y se ensanchó el pozo con una zapata HQ.

25.50 - 117.60 m

Con broca de diamante HQ se perforó hasta la profundidad de 117.60 m a través de granodiorita. El casing NW se colocó hasta esa profundidad.

117.60 - 252.60 m

Se perforó hasta 252.60 m con broca de diamante NQ, a través de rocas granodioríticas y un casing BW se instaló hasta esa profundidad.

252.60 - 351.40 m

A través de rocas granodioríticas se perforó hasta 351.40 m con broca de diamante BQ sobrepasándose la profundidad acordada (350.00 m).

3) CJM-3

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| Longitud del pozo:    | 300.60 m         |
| Longitud del núcleo:  | 296.85 m         |
| Núcleo recuperado:    | 98.8%            |
| Fecha de iniciación:  | Octubre 5, 1985  |
| Fecha de terminación: | Octubre 22, 1985 |

0.00 - 1.80 m

La perforación del pozo se inició con broca de diamante de 131 mm hasta 1.80 m de profundidad, a través de suelos; se colocó casing HW hasta esa profundidad.

1.80 - 15.50 m

La perforación continuó hasta los 15.50 m a través de granodiorita con broca HQ, no obstante haberse encontrado una zona muy fracturada entre 13.20 m y 15.50 m. Para insertar el casing HW hasta la profundidad de 15.50 m se empleó una zapata HW.

15.50 - 99.20 m

La profundidad de 99.20 m se alcanzó con broca de diamante HQ a través de shale y granodiorita. Hasta esta misma profundidad se instaló un casing NW.

99.20 - 199.50 m

Se continuó la perforación con broca de diamante NQ hasta la profundidad de 199.50 m, perforándose granodiorita y rocas verdes metavolcánicas. A

esta profundidad se instaló el casing BW.

199.50 - 300.60 m

Se alcanzó la profundidad de 300.60 m con broca de diamante BQ, perforándose únicamente rocas verdes metavolcánicas; con esta profundidad se logró la meta propuesta.

4) CJM-4

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| Longitud del pozo:    | 351.20 m           |
| Longitud del núcleo:  | 345.90 m           |
| Núcleo recuperado:    | 98.5%              |
| Fecha de iniciación:  | Noviembre 3, 1985  |
| Fecha de terminación: | Noviembre 27, 1985 |

0.00 - 5.00 m

La perforación del pozo se inició con broca de diamante de 131 mm hasta la profundidad de 5.00 m, a través de suelos y granodiorita meteorizada. Se instalaron casings de 127 mm y HW.

5.00 - 99.00 m

La perforación continuó a través de granodiorita y shale hasta la profundidad de 99.00 m con broca de diamante HQ. Se colocó hasta el fondo del pozo un casing NW.

99.00 - 206.90 m

La profundidad de 206.90 m se alcanzó a través de granodiorita y rocas verdes metavolcánicas con broca de diamante NQ. Al registrarse la estabilidad de las rocas se decidió colocar el casing BW hasta el fondo del pozo.

206.90 - 351.20 m

Con broca de diamante BQ se perforó a través de rocas verdes metavolcánicas hasta la profundidad de 351.20 m. Con esta profundidad se logró la meta propuesta de 350.00 m.

5) CJM-5

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| Longitud del pozo:    | 350.60 m           |
| Longitud del núcleo:  | 346.40 m           |
| Núcleo recuperado:    | 98.8%              |
| Fecha de iniciación:  | Diciembre 5, 1985  |
| Fecha de terminación: | Diciembre 23, 1985 |

0.00 - 9.00 m

El pozo se inició con brocas de diamante 131 mm hasta la profundidad de 9.00 m; perforándose únicamente suelos. Se sentó casing 127 mm y HW hasta el fondo del pozo.

9.00 - 15.00 m

Con broca de diamante HQ se perforó granodiorita hasta la profundidad de 15.00 m; luego se sentó casing HW hasta el fondo del pozo con la ayuda de una zapata HW.

15.00 - 96.00 m

Se alcanzó la profundidad de 96.00 m, a través de granodiorita con broca de diamante HQ, se sentó casing NW hasta el fondo del pozo.



96.00 - 207.60 m

Se continuó perforando granodiorita con broca de diamante NQ hasta la profundidad de 207.60 m; se instaló casing BW hasta el fondo del pozo.

207.60 - 350.60 m

Con broca de diamante BQ se perforó granodiorita, mena de magnetita y rocas verdes metavolcánicas hasta la profundidad de 350.60 m, sobrepasándose un poco más la profundidad propuesta para este pozo.

### 3.2.3. Movilización y bodegaje

1) Movilización: En la siguiente tabla se dan los días empleados en la movilización del equipo en cada uno de los pozos:

|       |               |
|-------|---------------|
| CJM-1 | 7 días        |
| CJM-2 | 5 días        |
| CJM-3 | 8 días        |
| CJM-4 | 9 días        |
| CJM-5 | <u>7 días</u> |

TOTAL 36 días

2) Bodegaje:

La última parte de la perforación se realizó en época de lluvias. Se emplearon 7 días para transportar todo el equipo de perforación desde el pozo No. 5 hasta la bodega, necesitándose 10 trabajadores extras para mantener la carretera en condiciones más o menos aceptables.

### 3.2.4. Resultados de la Perforación

1) Eficiencia de la perforación

Como se indica en A.3-9, y en relación con la profundidad total de perforación de 1655.60 m; la longitud perforada por turno fue de 5.67 m/turno, mientras que el trabajo real de perforación fue de 6.52 m/turno.

La continuidad de perforación y el número de rotación de la broca se exhiben en la tabla siguiente:

|                 | Continuidad de Perforación | No. de rotaciones |
|-----------------|----------------------------|-------------------|
| Rocas duras     | 1.0 - 2.0 cm/min.          | 400 - 500 r.p.m.  |
| Rocas moderadas | 2.0 - 3.0 cm/min.          | 300 - 400 r.p.m.  |
| Rocas blandas   | 3.0 - 4.0 cm/min.          | 100 - 200 r.p.m.  |

2) Recuperación de núcleos

Tal como se demuestra en A.3-9, se recuperaron 1637.85 metros de núcleos de un total de 1655.60 metros perforados. En consecuencia, el promedio de recuperación en todo el proyecto fue de 98.9%, muy aceptable para estos casos.

### 3.3. GEOLOGIA Y MINERALIZACION DE LOS POZOS DE PERFORACION

Los cinco pozos perforados en el área de Piedra Sentada se presentan tabulados en la siguiente forma:

TAB. 3-1 DATOS DE PERFORACION

| Pozo No. | Coordenadas               | Elevación (m) | Profundidad (m) | Dirección | Objetivo del Pozo                                                                   |
|----------|---------------------------|---------------|-----------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| CJM-1    | X= 732.720<br>Y= 1027.560 | 1321          | 301.8           | Vertical  | Comprobar fuerte anomalía SIP                                                       |
| CJM-2    | X= 733.000<br>Y= 1027.080 | 1285          | 351.4           | Vertical  | Comprobación de anomalía moderada SIP localizada en el centro del área investigada. |
| CJM-3    | X= 733.030<br>Y= 1026.480 | 1247          | 300.6           | Vertical  | Comprobación de anomalía fuerte SIP. Anomalía N.W.                                  |
| CJM-4    | X= 733.340<br>Y= 1026.740 | 1220          | 351.2           | Vertical  | Comprobación de la extensión de la anomalía al norte de los pozos CJM-2 y 3.        |
| CJM-5    | X= 732.000<br>Y= 1027.150 | 1280          | 350.6           | Vertical  | Comprobación de la extensión de la anomalía al sur de los pozos CJM-1, 2 y 3.       |

Todos los pozos fueron seleccionados dentro del área anómala de forma ligeramente elipsoidal de 2 km x 3 km, extendiéndose en dirección NE-SW y localizada en el centro del área de Piedra Sentada. Los tres primeros pozos están localizados sobre las líneas SIP con el fin de obtener mejor información entre la anomalía geofísica y la mineralización. Los pozos restantes se perforaron, uno en la prolongación norte, el otro en la prolongación sur de los tres pozos perforados previamente.

La descripción geológica de cada pozo se dará a continuación:

#### 3.3.1. CJM-1

0.0 - 4.9 m Suelo carmelito englobando cantos de granodiorita porfídica meteorizada.

4.9 - 119.4 m Granodiorita a dacita de textura porfídica, caracterizada por la presencia de cristales euhedrales de biotita y fenocristales de cuarzo hasta de un centímetro de diámetro.

Se observa débil epidotización en forma diseminada y a lo largo de diaclasas menores.  
Se presentan pequeñas concentraciones de pirita con cantidades subordinadas de pirrotita, esporádicamente pequeños gránulos de calcopirita.

119.4 - 179.2 m Predominio de rocas sedimentarias muy compactas y de grano fino, intruídas por granodiorita a dacitas porfídicas.  
En este tramo son muy comunes las venas de cuarzo con pirita de un espesor entre 0.2 - 1.5 cm.

179.2 - 301.8 m Granodiorita a dacita de textura porfídica, muy similar a la anterior, pero la alteración cambia a silicificación intermitente asociada a las vetas de cuarzo.  
El contenido de sulfuros es esencialmente pirita con cantidades subordinadas de pirrotita y calcopirita, asociación que es muy constante en todos los demás pozos.

### 3.3.2. CMJ-2

0.0 - 5.0 m Suelos de color carmelito pálido englobando fragmentos de roca granodiorítica porfídica meteorizada.

5.0 - 22.0 m Granodiorita de textura porfídica con cristales euhedrales de biotita y fenocristales de cuarzo. Pirita y epidota son comunes en forma diseminada y rellenando diaclasas.

22.0 - 59.0 m Granodiorita y diorita. La diorita es equigranular y de color más oscuro que la granodiorita porfídica. El contacto entre las dos rocas se encuentra a los 22 m y corresponde a una fisura cizallada, mientras que a los 59.0 m es irregular, es decir, se observa un cambio transicional a granodiorita porfídica.

Se observa pirita con cantidades pequeñas de calcopirita. La alteración está representada esencialmente por epidota rellenando diaclasas.

59.0 - 138.6 m Alternancia de granodiorita con textura porfídica y granodiorita de textura equigranular. Ambas texturas se presentan mineralizadas con pirita y cantidades fácilmente reconocibles de calcopirita.  
Se observa un incremento en la alteración representado por epidota-clorita y silicificación.

138.6 - 351.4 m Todo el trayecto está constituido por granodiorita porfídica.  
La mineralización está representada por pirita con pequeñas cantidades de calcopirita. Igualmente, se observan venillas de cuarzo con pirita, calcopirita y molibdenita.

- La alteración consiste en una mezcla de epidotización y silicificación, pero la silicificación se incrementa con la profundidad.
- 3.3.3. CJM-3**
- 0.0 - 1.8 m Suelos pobremente desarrollados de color carmelito.
- 1.8 - 21.3 m Granodiorita porfídica con piritita diseminada y en diacclasas.
- 21.3 - 30.6 Diorita porfídica con hornblenda acicular. Los principales constituyentes son hornblenda y feldespato. Es un intrusivo anterior a la granodiorita porfídica. La mineralización está representada esencialmente por piritita diseminada y en diacclasas y en mucha menor por calcopiritita.
- 30.6 - 51.2 m Shale de color verde a púrpura oscuro el cual está intruido por granodiorita porfídica. La piritita es muy abundante.
- 51.2 - 124.3 m Diorita porfídica caracterizada con hornblenda en forma acicular y cristales prismáticos subhedrales de feldespatos. Rellenos de fisura de epidota-clorita cortan venas de cuarzo con piritita y molibdenita. Toda la roca se observa mineralizada con piritita y en mucha menor proporción calcopiritita.
- 124.3 - 300.6 m Rocas volcánicas compactas y de grano muy fino, color verde a verde oscuro. Grupo diabásico. La mineralización de sulfuros disminuye en cantidad en comparación con las rocas intrusivas porfídicas. Se intersectaron dos vetas de cuarzo a las profundidades de 225.7 - 226.8 m y 281.0 - 281.9 m y el contenido de oro es 0.42 gr/t y 0.20 gr/t, respectivamente. Igualmente a la profundidad de 240.0 - 241.5 m se detectaron 0.96 gr Au/t correspondiendo al valor más alto de toda la perforación.
- 3.3.4. CJM-4**
- 0.0 - 5.0 m Talus
- 5.0 - 56.8 m Diorita porfídica con hornblenda acicular, caracterizada por la presencia de mena de magnetita muy fina y de color negro a púrpura oscuro, a la profundidad de 33.6 - 42.6 m. En general toda la roca se presenta mineralizada con piritita.
- 56.8 - 155.2 m Granodiorita porfídica intruyendo a la diorita porfídica con hornblenda acicular originando zonas híbridas en el contacto. La mineralización está compuesta por piritita diseminada y en venillas.

- 155.2 - 244.4 m Predominio de diorita porfídica con hornblenda acicular conteniendo dos zonas ricas en mena de magnetita a las profundidades de 181 - 187 m y 202 - 203 m. Igualmente, se observa en menor proporción granodiorita porfídica y diorita equigranular. Se observa débil cloritización y silicificación y piritización en forma diseminada y rellenando diaclasas.
- 244.4 - 351.2 m Roca ígnea masiva, grano fino. Grupo Diabásico. En la zona de contacto entre el Grupo Diabásico y la diorita porfídica con hornblenda acicular se observa mena negra de magnetita y la diorita porfídica presenta un margen híbrida en contacto con la mena de magnetita. Venas de pirita cortan las dos rocas. Sin embargo, el contenido de pirita es menor en el Grupo Diabásico que en las rocas ígneas porfídicas.
- 3.5.5. CJM-5
- 0.0 - 10.6 m Suelo carmelito pobremente desarrollado a partir de granodiorita porfídica. Morfológicamente la zona podría corresponder a un bloque caído.
- 10.6 - 35.0 m Granodiorita porfídica con cristales euhedrales de biotita y fenocristales de cuarzo. Epidotización y piritización son muy comunes. Se observa una margen híbrida en la diorita porfídica infrayacente.
- 30.5 - 62.6 m Diorita porfídica con cristales prismáticos de hornblenda, epidota y pirita a parches y rellenando fisuras.
- 62.6 - 212.6 m Granodiorita porfídica con dos zonas ricas en magnetita, una a la profundidad de 119.6 - 123.2 m y la otra a 149.6 - 155.6 m. Esporádicamente se observa epidotización y silicificación. Piritización es muy común. En la zona 190 - 210 m es muy común observar venas de cuarzo con calcopirita y molibdenita.
- 212.6 - 288.2 m En este tramo se observan los siguientes tipos de rocas: 1) Roca aplítica a venas de cuarzo alveolar. 2) Mena de magnetita de grano fino y color oscuro. 3) Roca ígnea, grano fino, color oscuro, posiblemente un miembro del Grupo Diabásico y 4) Granodiorita porfídica.
- 288.2 - 350.6 m Rocas metavolcánicas de color verde oscuro y grano fino del Grupo Diabásico. La piritización continúa diseminada o rellenando diaclasas, sin embargo, la presencia de pirita disminuye con la profundidad.

### 3.3.6. Discusión General de los Resultados de Perforación

La exploración por perforación realizada este año, reveló nuevos rasgos y problemas; de estos los más importantes se describen a continuación:

### 1) Geología

En el área donde se distribuyen rocas intrusivas ácidas a intermedias se perforaron 5 pozos. Estas rocas ígneas han sido clasificadas en tres unidades litológicas: (A) Andesita porfídica de color gris y de grano medio a fino; (B) Diorita o microdiorita de color gris a gris blanco, grano medio y textura equigranular y (C) Dacita o granodiorita porfídica de color gris blanco, grano grueso y textura porfídica.

La relación entre las dos primeras litologías no es clara, mientras que las rocas porfídicas (C) tienen un contacto híbrido contra las litologías (A) y (B), lo cual sugiere que la roca porfídica es la más joven dentro de los intrusivos.

La andesita porfídica (CJM-3, 25.5 m) bajo el microscopio muestra las siguientes características: textura subhedral granular y debido a la fuerte alteración se observan minerales secundarios tales como: biotita, clorita, epidota y sericita conjuntamente con los minerales primarios de cuarzo y plagioclasa anhedral a subhedral.

La diorita o microdiorita exhibe una textura equigranular aparente, mientras que las texturas porfídicas son claramente visibles al microscopio (CJM-2, 39.6 m, 53.1 m, 94.4 m). Su asociación mineralógica está representada por: hornblenda-biotita-plagioclasa-cuarzo, caracterizada además por un amplio dominio de hornblenda y plagioclasa.

La dacita porfídica contiene la misma asociación mineralógica que la diorita pero está caracterizada por un gran predominio de fenocristales euhedrales de biotita y anhedrales a subhedrales de cuarzo.

### 2) Alteración

Microscópicamente, y bajo la lupa, se observa que las rocas intrusivas presentan epidota y clorita como minerales de alteración, ya sea diseminadas o a lo largo de fisuras y diaclasas y silicificación en forma de venas de cuarzo o adición de sílice a toda la roca.

La epidotización se observa en todos los pozos perforados, sin embargo, su abundancia cambia de un sitio a otro, mientras que la silicificación es muy notoria en los pozos CJM-1, 2 y 5 y en las zonas profundas de los pozos CJM-2 y 5 es mucho más intensa.

La observación microscópica de 16 secciones delgadas de los pozos CJM-1, 2 y 3, reveló que la carbonitización es muy común y abundante seguida por biotitización, silicificación, epidotización y cloritización. La biotitización donde mejor se observa es en el pozo CJM-2.

Los análisis de difracción de rayos X de 10 muestras de los pozos CJM-1, 2 y 3 demostraron que la cantidad de clorita es mínima en el pozo CJM-2 y se incrementa en los pozos CJM-1 y 3. Mientras que la presencia de feldespato potásico presenta una tendencia inversa a la de la clorita. Como conclusión, se puede decir que el área perforada presenta un zonamiento en su alteración entre zona propilítica y zona de biotitización con su centro de alteración muy cerca al pozo CJM-2.

### 3) Mineralización

Mediante la exploración por perforación se comprobó que hay dos tipos de mineralización en el área estudiada.

Una de las mineralizaciones es del tipo pórfido cuprífero en la forma de sulfuros diseminados o en enrejado (net work) y la otra en la forma de magnetita masiva localizada esencialmente en las rocas intrusivas verdes metavolcánicas. La mineralización de sulfuros está ampliamente desarrollada en la superficie y en todos los pozos perforados, mientras que la mineralización de magnetita solamente se encontró en los pozos

CJM-3, 4 y 5, los cuales intersectaron rocas verdes metavolcánicas. La mineralización de magnetita es de color negro, masiva y de grano fino y de color negro con textura pisolítica y se encuentran en las profundidades de 56.5 a 61.4 m en CJM-3 y en 33.4 a 42.5 m, 180.8 a 187.0 m, 202.2 a 203.0 m y 244.4 a 246.8 m en CJM-4 y a las profundidades de 119.6 a 123.2 m, 149.6 a 155.6 m, 218.6 a 220.0 m, 222.8 a 225.8 m y 272.8 a 276.6 m en CJM-5. El análisis de una de las muestras a la profundidad de 58.5 a 60.0 m en CJM-3 fue de 20% de Fe.

Se observó que el pórfido presenta un margen o contacto híbrido con la mena de magnetita a la profundidad de 244.4 m en el pozo CJM-5. Igualmente, en la mena de magnetita se desarrolla mineralización de sulfuros en la forma de disseminación y de stockwork.

El tenor de los análisis de la mineralización del tipo pórfido cuprífero es muy bajo. Las muestras para los análisis fueron preparadas en la siguiente forma: cada 15 metros se colectó 1/4 del intervalo de 1.5 m de longitud y esta muestra fue enviada al laboratorio.

El tenor promedio de las muestras de los pozos de perforación fue de 0.1 gr. Au/t y 0.03% de cobre; el resultado de los otros elementos solicitados fue tan bajo que no se analizarán.

Un resumen del tenor de los análisis para oro y cobre, pozo por pozo se darán en TAB. 3-2.

Al examinar los resultados de los análisis, la mineralización de cobre es más fuerte en los pozos CJM-2 y CJM-5 que en los otros pozos, lo cual es concordante con lo observado ocularmente.

Bajo el microscopio los minerales de mena corresponden a pirita, calcopirota, pirrotita y magnetita y en menor proporción a bornita (CJM-2, 190.0 m), cubanita (CJM-1, 148.0 m), tetraedrita (CJM-2, 190,0 m) y bournonita (CJM-1, 12.2 m). Igualmente, es muy común observar molibdenita foliada en venas de cuarzo. La temperatura de homogenización utilizando inclusiones fluidas en cuarzo reveló que los pozos CJM-1 y CJM-2 tuvieron una temperatura muy similar entre 325 y 351°C; mientras que CJM-3 mostró una temperatura entre 240° y 291°C incrementándose esta temperatura con la profundidad.

Teniendo en cuenta la distribución de temperaturas, anteriormente mencionadas, conjuntamente con la intensidad de la mineralización y una zonación de la alteración se presume que el centro de una mineralización incipiente se localiza muy cerca al sitio del pozo CJM-2.

#### 4) Forma de las Rocas Intrusivas

La geología observada en los núcleos de perforación demostró que las rocas verdes metavolcánicas son mucho más espesas y de una distribución mucho más amplia en profundidad que lo que se había predicho a partir de la geología superficial.

Igualmente, al hacer la correlación geológica entre los 5 pozos y al considerar la geología superficial, se puede interpretar que los cuerpos intrusivos son mucho más pequeños y de forma cónica invertida.

#### 5) Relaciones entre Mineralización anomalías SIP

Se programaron 3 pozos sobre las dos líneas SIP, denominados CJM-1, CJM-2 y CJM-3, de este a oeste, con el propósito de comprobar la anomalía geofísica SIP y por consiguiente, el de buscar una mena o mineralización.

Los máximos valores de las zonas anómalas SIP fueron detectados en ambos extremos de las líneas investigadas y los valores más bajos de la anomalía fueron encontrados en la mitad de las líneas investigadas. Se pensó en la presencia de cuerpos superficiales muy conductores en ambos extremos de la zona anómala y en unos 200 m de profundidad en la mitad de la anomalía, dichos cuerpos parecían ser de la forma masiva.

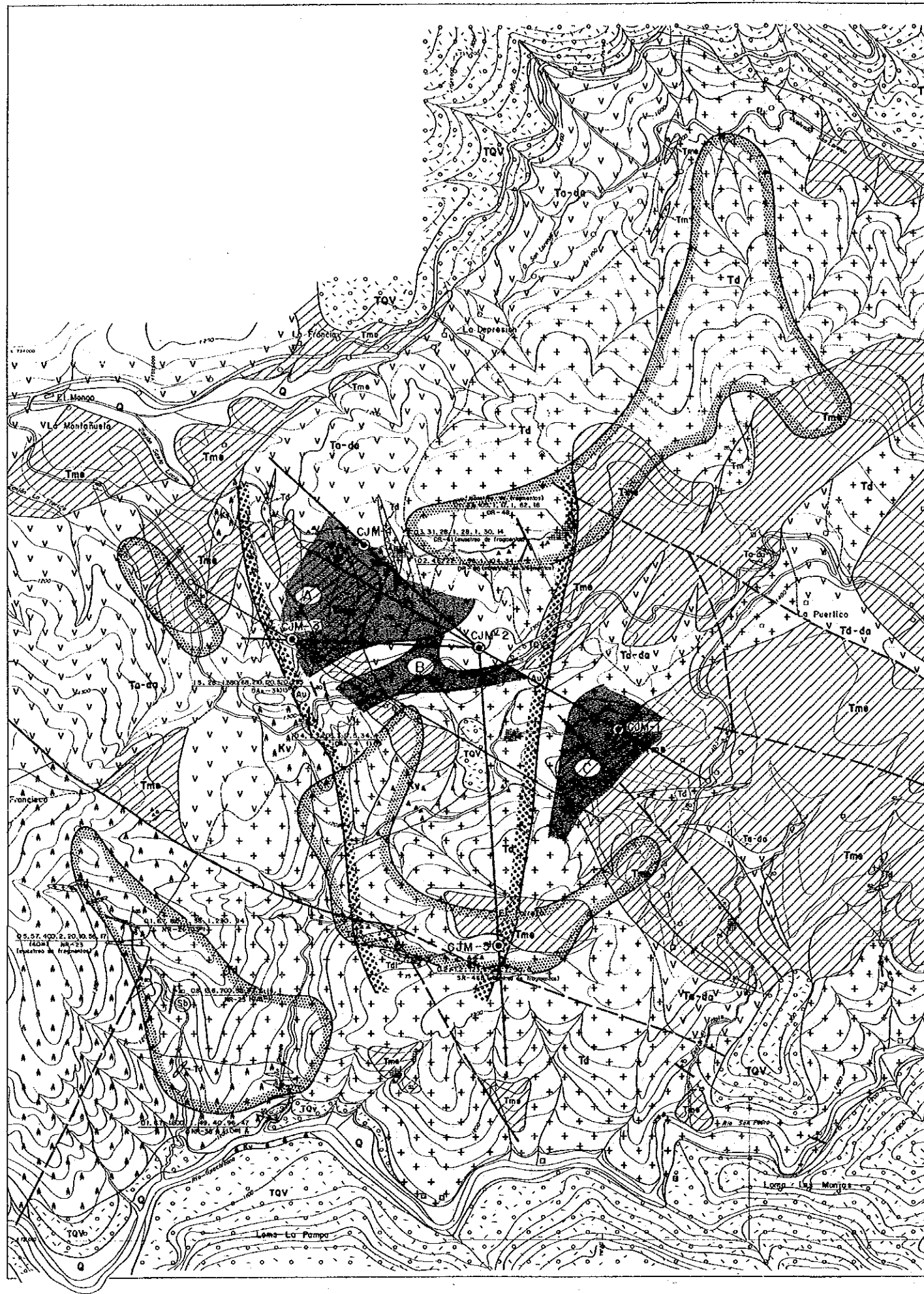
Como un resultado de la perforación se encontró que la mineralización en los cinco pozos es del tipo sulfuros diseminados y en enrejado (network) y por la cantidad de sulfuros parece no haber una gran diferencia entre los pozos a simple vista.

En relación con la mineralización de cobre, CJM-2 posee el mejor tenor entre los 5 pozos. Asimismo, la zonación de alteración y la temperatura de homogenización sugieren la presencia de un centro muy local de mineralización en las cercanías del pozo CJM-2.

Existe la posibilidad de que los valores más altos de la anomalía SIP detectados en ambos extremos de las líneas investigadas reflejan la zona más externa de una mineralización de cobre.







**LEYENDA**

- CJM-1 Numero del pozo
- Localización del pozo (1985)
- Línea de geofísico SIP (1984)
- ⊖ Anomalia de geofísico SIP (1984)
- ⊖ Zona mineralizada alta (1984)
- ⊖ Anomalia geoquímica de Cu de sedimentos oclivos (1970')

**ROCAS ESTRATIFICADAS**

|                        |     |                                             |                                                         |
|------------------------|-----|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| CENIZAS<br>Cuaternario | Q   | Depósitos no consolidados                   | Arenas, arenas gruesas                                  |
|                        | TQV | Formación Popayán                           | Talca, lavas volcánicas, lavas andesíticas              |
|                        | Tme | Formación Esmilto                           | Lavas, lavas andesíticas, conglomerados                 |
| Terciario              | Tm  | Formación Mosquera                          | Lavas, lavas andesíticas, conglomerados                 |
|                        | Ks  | Rocas sedimentarias Cretácicas sin estudiar | Lías, areniscas                                         |
| MESOZOICO              | Xv  | Grupo Diabásico                             | Diabásos, basaltos, lavas andesíticas, lavas basálticas |
|                        | Xiv | Olimitas                                    | Peridotita, basaltos                                    |
| PLEISTOCENO            | Pm  | Grupo Caguará(?)                            | Esquistos arenosos, esquistos calcáreos, cuarcitas      |

**ROCAS IGNEAS**

|           |     |                                      |
|-----------|-----|--------------------------------------|
| Terciario | Td  | Diabásos                             |
|           | Tr  | Ruñidas, Cuarzo-Porfíridas           |
|           | Tod | Andesita Porfírica, Dacita Porfírica |
|           | Tm  | Microsilita                          |
|           | Te  | Granodiorita, Dacita, Cuarzoandita   |
|           |     | Zona silicificada                    |
|           | ▲   | Mineralización de Sulfuros           |

- Fallo
- Vaso ovalifera
- Ecuivalencia
- Eje Simétrico
- Eje Antisimétrico
- J.L. Sacación



**FIG. 3-1 LOCALIZACION DE LAS PERFORACIONES EN EL AREA DE PIEDRA SENTADA**

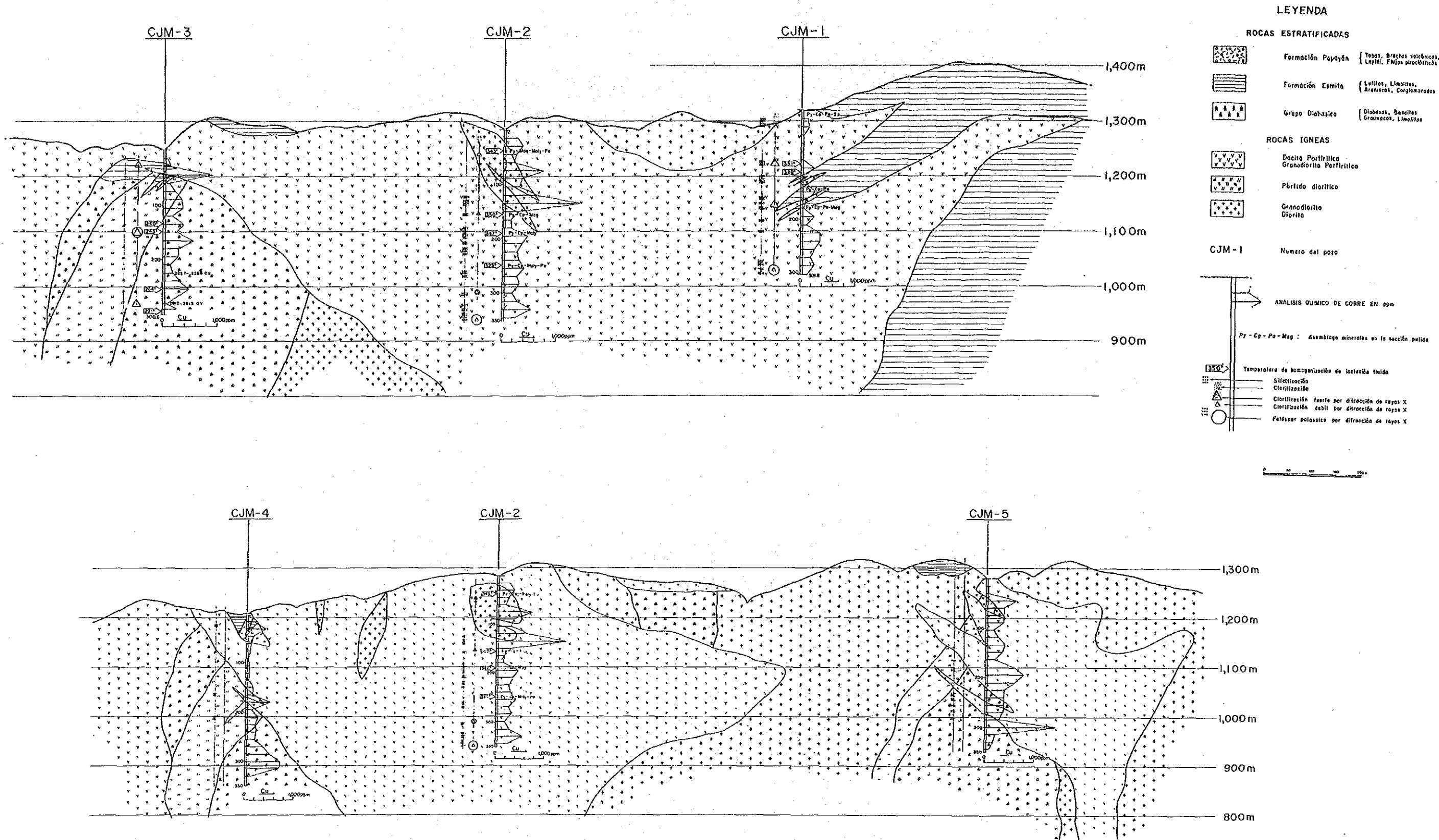


FIG. 3-2 SECCION GEOLOGICA GENERALIZADA

TAB. 3-2 COMPILACION DE ANALISIS QUIMICO DE  
 NUCLEOS DE PERFORACIONES

| Pozo No. | Cantidad de muestras | Análisis (ppm) |       |       |      |      |       |      |      |       |  |  |  |
|----------|----------------------|----------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|--|--|--|
|          |                      | Au             |       |       | Ag   |      |       | Mo   |      |       |  |  |  |
|          |                      | Min.           | Max.  | Prom. | Min. | Max. | Prom. | Min. | Max. | Prom. |  |  |  |
| CJM-1    | 20                   | 0.08           | 0.46  | 0.17  | <1   | <1   | <1    | 2    | 22   | 5.3   |  |  |  |
| CJM-2    | 23                   | 0.06           | 0.30  | 0.12  | <1   | 2    | 1.09  | 2    | 48   | 12.9  |  |  |  |
| CJM-3    | 19                   | 0.01           | 0.96  | 0.14  | <1   | 3    | 1.32  | 1    | 14   | 6.8   |  |  |  |
| CJM-4    | 22                   | <0.005         | 0.335 | 0.095 | 0.1  | 0.9  | 0.29  | 1    | 8    | 2.7   |  |  |  |
| CJM-5    | 23                   | 0.005          | 1.030 | 0.102 | 0.1  | 1.1  | 0.27  | 1    | 150  | 17.3  |  |  |  |
| Total    | 107                  | <0.005         | 1.030 | 0.12  | 0.1  | 3    | 0.77  | 1    | 150  | 9.24  |  |  |  |

| Pozo No. | Cantidad de muestras | Análisis (ppm) |      |       |      |      |       |      |      |       |  |  |  |
|----------|----------------------|----------------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|--|--|--|
|          |                      | Cu             |      |       | Pb   |      |       | Zn   |      |       |  |  |  |
|          |                      | Min.           | Max. | Prom. | Min. | Max. | Prom. | Min. | Max. | Prom. |  |  |  |
| CJM-1    | 20                   | 26             | 387  | 158   | 3    | 10   | 6.8   | 10   | 34   | 22.6  |  |  |  |
| CJM-2    | 23                   | 148            | 1440 | 382   | 6    | 44   | 10.9  | 10   | 36   | 19.0  |  |  |  |
| CJM-3    | 19                   | 59             | 910  | 283   | 6    | 62   | 13.8  | 11   | 182  | 29.7  |  |  |  |
| CJM-4    | 22                   | 56             | 720  | 250   | 1    | 22   | 2     | 10   | 27   | 17.4  |  |  |  |
| CJM-5    | 23                   | 45             | 1450 | 389   | 1    | 19   | 1.83  | 12   | 70   | 18.3  |  |  |  |
| Total    | 107                  | 26             | 1450 | 297   | 1    | 62   | 6.87  | 10   | 182  | 21.1  |  |  |  |

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

#### 4.1.1. Area Dominical

Como resultado de la prospección que por el método SIP de geofísica, se llevó a cabo en este ejercicio, se localizó una anomalía de alto PFE rodeando la parte sur fuera de la anomalía geoquímica. La relación posicional entre esta distribución de la anomalía de alto PFE y la geoquímica, indica la posible existencia de una estructura semi-circular que es generalmente indicadora del halo de pirritas de hierro que acompaña un depósito de cobre porfídico. También se señaló la posibilidad de la influencia de una falla que existe entre las líneas A y 1, sobre la formación de dicha anomalía de alto PFE, aunque sea localmente.

Los resultados de nuestro análisis sugieren que los bloques que mostraron alto PFE deben ser las pirritas de hierro ampliamente diseminadas dentro de las dioritas o andesitas y dacitas, y sobre todo, las pirritas de hierro reticuladas o muy masivas. Si estas son las que acompañan un depósito de cobre porfídico, las zonas de alto PFE anómalo y sus zonas periféricas de bajo PFE anómalo pueden mostrar un depósito prometedor de cobre. Con esta hipótesis, sin embargo, por los resultados del análisis espectral se detectaron los tipos espectrales b y B que fueron indicadores de mineralización y alteración dentro de las zonas de bajo PFE anómalo, ampliamente distribuidas, y así se determinó el punto de sondeo exploratorio.

#### 4.1.2. Area de Piedra Sentada

El estudio realizado mediante la perforación de 5 pozos, para un total de 1655.6 metros perforados, permiten exponer los siguientes hechos:

Se identificaron dos épocas de mineralización, la más antigua corresponde al depósito de la mena de magnetita concentrada en el Grupo Diabásico, y la más reciente es la mineralización de tipo pórfido cuprífero asociada con rocas intrusivas a intermedias, de edad Mioceno.

La mena de magnetita alcanza un promedio de 20% de hierro y se encuentra alrededor del centro de la débil mineralización del tipo pórfido cuprífero.

La mineralización tipo pórfido cuprífero produce una zona de alteración propilítica ampliamente distribuida, la cual en el sondeo CJM-2 localizado aproximadamente cerca al centro de la zona de mineralización, presenta una disminución en la cantidad de clorita y un incremento en la biotitización y feldespatos de potasio.

La temperatura de homogenización de las inclusiones líquidas en cristales de cuarzo, es concordante con las zonas de alteración; esto es, la temperatura más alta se encuentra en el sondeo CJM-2 y la temperatura es menor en el pozo CJM-3.

La mineralización del depósito de cobre porfídico es rica en pirita con muy pocas cantidades de calcopirita y molibdenita presentes en venas de cuarzo. El tenor promedio de los análisis es: oro 0.1 g/t y cobre 0.03%, el resto de los elementos tales como plata, molibdeno, plomo y zinc son demasiado bajos para discutirlos.

El cuerpo intrusivo al cual se considera está relacionada la mineralización del pórfido cuprífero tiene forma de cono invertido, en intrusivos pequeños.

La relación entre la anomalía SIP y la mineralización de cobre, revela que el contenido de cobre es más alto en la zona que presenta los

segundos valores de FE que aquella que tiene los valores más alto de FE.

Lo anterior refleja el hecho bien conocido de que la zona con mayor FE corresponde a la zona de pirita-clorita-epidota, la cual representa el margen externo de la mineralización del pórfido cuprífero.

#### 4.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados del estudio adelantado en el presente año, se recomienda continuar los trabajos en el área de Dominical durante la tercera fase del proyecto. El área promisorio de Piedra Sentada fue totalmente estudiada y se considera que no es necesario adelantar trabajos posteriores en dicha zona.

##### Recomendaciones para el área de Dominical

Los estudios geológicos y geoquímicos realizados el año anterior habían revelado la existencia de zonas de alteración alrededor del probable depósito de cobre porfídico. Los trabajos adelantados en el presente año confirmaron dicha existencia a partir de las propiedades físicas.

Por otra parte, la superficie del área de interés está cubierta por suelos provenientes de rocas meteorizadas y afectadas por la erosión, por este motivo los afloramientos son escasos. Lo anterior impidió encontrar las causas que producen la anomalía de IP, por lo tanto, geológicamente nos encontramos todavía en la etapa de deducción. La detección, por el análisis espectral de los patrones indicativos de mineralización y alteración dentro de las zonas de bajo PFE, no llegó a lograr la determinación definitiva de la existencia de minerales.

La anomalía de IP observada en el área en cuestión se puede atribuir también a las zonas periféricas de un posible depósito de cobre porfídico; además existe la probabilidad de que sea el efecto de una falla porque la anomalía de PFE se distribuye en una forma semi-circular, como si rodeara la anomalía geoquímica. Por estas razones se recomienda tanto la ejecución de sondeos exploratorios en la zona interesante, como los levantamientos por los métodos SIP e IP para así entender y confirmar todos los aspectos del área.

## BIBLIOGRAFIA

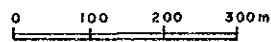
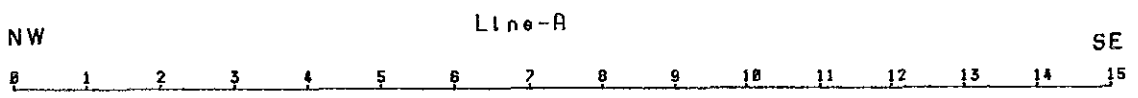
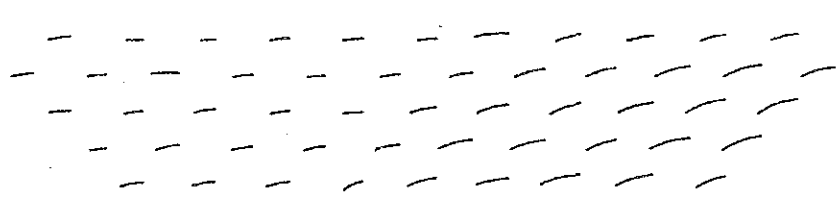
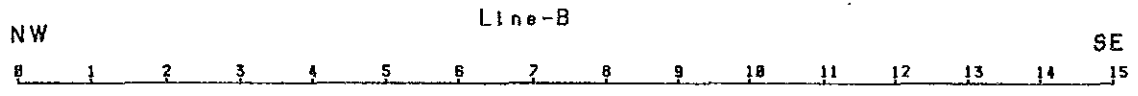
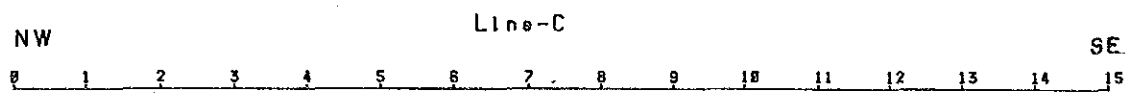
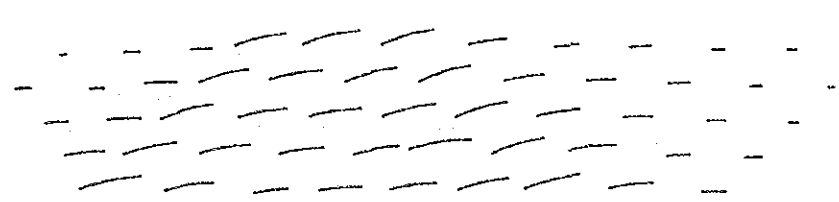
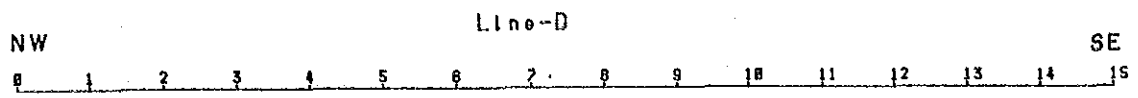
- Carson, D.J.T. and Jambor, J.L. 1974 - Mineralogy, Zonal Relationships and Economic Significance of Hydrothermal Alteration at Porphyry Copper Deposits, Rabine Lake Area, British Columbia  
CIM Bulletin, February 1974 pp 110 - 133
- Chakrabarti, A.K. and Durango, J.M. (1979)  
Observations on A Porphyry Copper Prospect in Choco, Western Colombia  
ECONOMIC GEOLOGY, 1979 pp 1687 - 1692
- Guilbert, J.M. and Lowell, J.D. (1974)  
Variations in Zoning Patterns in Porphyry Ore Deposits  
CIM Bulletin, February 1974 pp 99 - 109
- Gustafson, L.B. and Hunt, J.P. (1975)  
The Porphyry Copper Deposit at El Salvador, Chile  
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 70, 1975, pp 857 - 912
- Hollister, V.F. Anzalone, S.A. and Richter, D.H. (1975)  
GEOLOGY OF MINERAL DEPOSITS  
Porphyry Copper Deposits of Southern Alaska and Contiguous Yukon Territory  
CIM Bulletin, April, 1975 pp 104 - 112
- Kesler, S.E. Sutter, J.F. Issigonis, M.J. Jones, L.M. and Walker, R.L. (1977)  
Evolution of Porphyry Copper Mineralization in an Oceanic Island Arc: Panama  
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 72, 1977, pp 1142 - 1153
- Sillitoe, R.H. Jaramillo, L. Damon, P.E. and Escover, R. (1982)  
Setting, Characteristics, and Age of the Andean Porphyry Copper Belt in Colombia  
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 77, 1982, pp 1837 - 1850
- Sillitoe, R.H. and Bonham, H.F. (1984)  
Volcanic Landforms and Ore Deposits  
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 79, 1984, pp 1286 - 1298
- Titley, S.R. (1975)  
Geological Characteristics and Environment of Some Porphyry Copper Occurrences in the Southwestern Pacific  
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 70, 1975, pp 499 - 514

## APENDICE



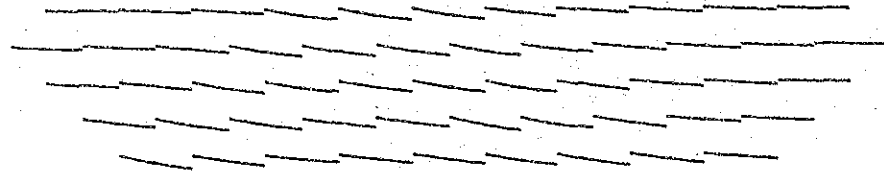




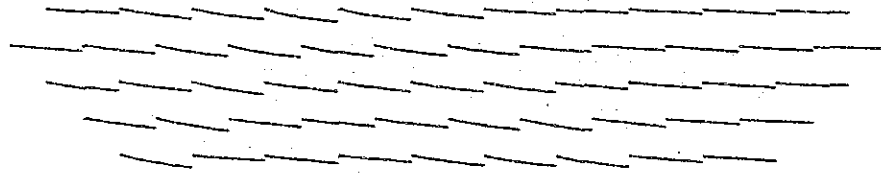


A. 2-1 DIAGRAMA DE COLE-COLE DESACOPLADA

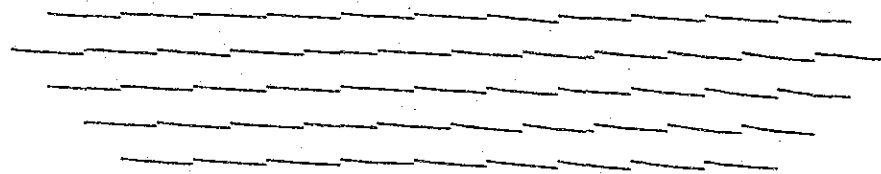
NW Line-D SE  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



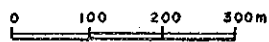
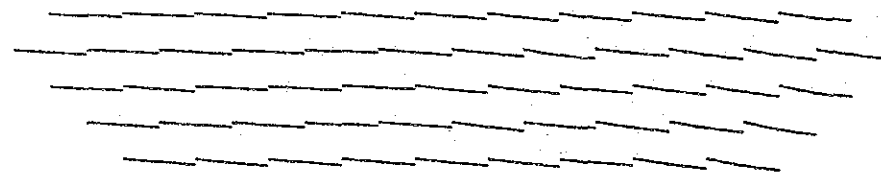
NW Line-C SE  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



NW Line-B SE  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



NW Line-A SE  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



A. 2-2 DIAGRAMA DE DESACOPLADA MAGNITUDE NORMALIZADA