

Fig. II-1-10 Mapa de ubicación detallada de indicios mineralizados



Tabla II-1-4 Lista de resultados de estudios de yacimientos y zonas mineralizadas (1)

Localidad	Nombre de Veta	Coordenacion	Actual estado	Escala de Veta	Mineral de mena	Ley	Roca madre	Alteracion	Potencial	Numero en mapa	
Seccion Central	San. Calros	N 3457.00 W 1476.00	Trabaja en nivel inferior	L=300m W=30~60cm	CS	Sn 0.80%	Pizarra	Im	A En parte inferior es posible trabajar	1	
		Seccion Triunfo Norte	Blanca	N 4103.00 W 1385.00	Trabaja en nivel inferior	L=270m W=10~40cm	CS	Sn 0.70%	"	A En parte inferior es posible trabajar	2
Colorada	N 4130.00 W 1326.00			Abandonado	L=350m W=10~20cm	CS	Sn 0.50%	"	D	3	
Rosario	N 4853.00 W 1648.00		Trabaja en nivel inferior	L=240m W=10~40cm	CS	Sn 0.60%	"	"	A En parte inferior es posible trabajar	4	
Seccion Unificada	Unificada 1	N 4788.00	Abandonado	L=60m W=15~20cm	CS	Sn 0.40%	"	"	C	5	
	Unificada 2	N 4790.00 W 1690.00	"	L=45m W=20cm	CS	Sn 0.40%	"	"	"	6	
		Unificada 3	N 4788.00 W 1682.00	"	L=52m W=15~20cm	CS	Sn 0.50%	"	"	"	7
	Unificada 4	N 4808.00 W 1700.00	"	L=26m W=10cm	CS	Sn 0.30%	"	"	"	8	
		Unificada 5	N 4820.00 W 1698.00	"	L=64m W=10~20cm	CS	Sn 0.40%	"	"	"	9
	Unificada 6	N 4836.00 W 1710.00	"	L=55m W=15~20cm	CS	Sn 0.35%	"	"	"	10	
		Unificada 7	N 1705.00 W 4858.00	"	L=70m W=15cm	CS	Sn 0.10%	"	"	"	11
	Unificada 8	N 4853.00 W 1758.00	"	L=60m W=15cm	CS	Sn 0.50%	"	"	"	"	12
		Unificada 9	N 4710.00 W 1700.00	"	L=45m W=15~30cm	CS	Sn 0.50%	"	"	"	13
	Unificada 10		N 4860.00 W 1745.00	"	L=45m W=10~15cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	14
		Unificada 11	N 4890.00 W 1250.00	"	L=60m W=10cm	CS	Sn 0.15%	"	"	"	15
	Unificada 12		N 4918.00 W 1750.00	"	L=50m W=10cm	CS	Sn 0.15%	"	"	"	16

Tabla II-1-4 Lista de resultados de estudios de yacimientos y zonas minerarizadas (2)

Localidad	Nombre de Veta	Coordenacion	Actual estado	Escala de Veta	Mineral de mena	Ley	Roca madre	Alteracion	Potencial	Numero en mapa	
Seccion Unificada	Unificada 13	N 4945.00 W 1728.00	Abandonado	L=45m W=15cm	CS	Sn 0.20%	Pizarra	Im	C	17	
	Unificada 14	N 4910.00 W 1800.00	"	L=110m W=15cm	CS	Sn 0.25%	"	"	"	18	
	Unificada 15	N 4966.00 W 1748.00	"	L=30m W=13cm	CS	Sn 0.30%	"	"	"	19	
	Unificada 16	N 4922.00 W 1813.00	"	L=60m W=10~15cm	CS	Sn 0.15%	"	"	"	20	
	Unificada 17	N 4926.00 W 1823.00	"	L=65m W=10~15cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	21	
	Unificada 18	N 4891.00 W 1858.00	"	L=70m W=16~20cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	22	
	Unificada 19	N 4858.00 W 1897.00	"	L=70m W=10cm	CS	Sn 0.15%	"	"	"	23	
	Unificada 20	N 4990.00 W 1975.00	"	L=65m W=5~10cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	24	
	Unificada 21	N 4988.00 W 2015.00	"	L=80m W=2~3cm	CS	Sn 0.15%	"	"	"	25	
	Unificada 22	N 5021.00 W 1966.00	"	L=20m W=2~4cm	CS	Sn 0.10%	"	"	"	26	
	Unificada 23	N 5022.00 W 1919.00	"	L=17m W=2~7cm	CS	Sn 0.15%	"	"	"	27	
	Unificada 24	N 5025.00 W 1991.00	"	L=23m W=2~5cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	28	
	Unificada 25	N 5038.00 W 2008.00	"	L=25m W=5~10cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	29	
	Unificada 26	N 5019.00 W 1965.00	"	L=100m W=20~50cm	CS, SP	Sn 1.0% Zn 0.60%	"	"	"	30	
	Unificada 27	N 4864.00 W 1682.00	"	L=50m W=10cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	31	
	Unificada 28	N 4864.00 W 1652.00	"	L=35m W=10~15cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	32	
	Unificada 29	N 4950.00 W 1609.00	"	L=90m W=10~20cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	33	
	Seccion San Antonio	San Antonio	N 4405.00 W 2180.00	"	L=200m W=3~15cm	CS	Sn 0.30%	"	ka. lim bi	D	34

Tabla II-1-4 Lista de resultados de estudios de yacimientos y zonas mineralizadas(3)

Localidad	Nombre de Veta	Coordenacion	Actual estado	Escala de Veta	Mineral de mena	Ley	Roca madre	Alteracion	Potencial	Numero en mapa	
Seccion Armas	I	N 5030.00 W 2707.00	Trabaja en pequena escala en nivel inferior	L=30m W=20cm	CS	Sn 0.20%	Pizarra	lim	C	35	
	II	N 5112.00 W 2852.00		L=60m W=5~10cm	CS	Sn 0.15%	"	lm	"	36	
	III	N 5060.00 W 2772.00		L=90m W=25cm	CS	Sn 0.40%	"	"	"	37	
	IV	N 5091.00 W 2788.00		L=100m W=10~20cm	CS	Sn 0.50%	"	"	"	38	
	V	N 5116.00 W 2813.00		L=105m W=20~40cm	CS	Sn 0.45%	"	"	"	39	
	VI	N 5200.00 W 2878.00		L=45m W=5cm	CS	Sn 0.13%	"	"	"	40	
	VII	N 5116.00 W 2901.00		L=60m W=10cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	41	
	VIII	N 5074.00 W 2912.00		L=50m W=10~20cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	42	
	Armas	N 5073.00 W 1696.00		L=70m W=5~10cm	CS	Sn 0.20%	"	"	"	43	
	Talla	N 5090.00 W 2719.00		L=180m W=10~40cm	CS, SP	Sn 0.40%	"	lm, Ka	"	44	
	Colorada	N 5112.00 W 2782.00		L=340m W=10~35cm	CS	Sn 0.50%	"	lm, Ka	"	45	
	Fortuna	N 5127.00 W 2888.00		L=180m W=20~40cm	CS	Sn 0.80%	"	lm, Ka	"	46	
	San. Jorge	N 5216.00 W 2917.00		L=100m W=20~50cm	CS	Sn 0.59%	"	lm	"	47	
	Seccion ocavi	Ocavi 1	N 4490.00 W 2840.00	Abandonado	L=60m W=30cm	CS	Sn 0.30%	"	lm, Ka	"	48
		Ocavi 2	N 4491.00 W 2841.00	"	L=65m W=10~15cm	CS	Sn 0.20%	"	lm	"	49
		Ocavi 3	N 4444.00 W 2843.00	"	L=55m W=10~15cm	CS	Sn 0.10%	"	lm, Ka	"	50
		Ocavi 4	N 4491.00 W 2859.00	"	L=65m W=10cm	CS	Sn 0.15%	"	lm, Ka	"	51

Tabla II-1-4 Lista de resultados de estudios de yacimientos y zonas mineralizadas (4)

Localidad	Nombre de Veta	Coordenacion	Actual estado	Escala de Veta	Mineral de mena	Ley	Roca madre	Alteracion	Potencial	Numero en mapa						
Seccion ocavi	Ocavi 5	N 4452.00	Abandonado	L=140m	CS	Sn 0.30%	Pizarra	Im-Ka	C	52						
		W 2927.00		W=20cm												
	Copacabana	N 4468.00	"	L=300m	CS	Sn 0.20%	"	Im-Ka	"	53						
		W 3035.00		W=20~50cm												
		N 4488.00		L=300m							CS	Sn 0.30%	"	Im-Ka	"	54
		W 2949.00		W=20~40cm												
Ramo Laura	N 4492.00	"	L=80m	CS	Sn 0.20%	"	Im	"	55							
	W 2928.00		W=15cm													
Angelica	N 4525.00	"	L=75m	CS	Sn 0.25%	"	Im-Ka	"	"	56						
	W 2832.00		W=40~60cm													
Seccion alto colquiri	Nuevo Rosario	N 2654.00	En explotacion	L=100m	CS, Gn, Ag-Mineral	Sn 0.10% Pb 0.40%	"	Im-bl	"	57						
		W 2866.00		W=5~10cm							Ag 24g/t					
Mesa de plata	Principal	N 2542.00	"	L=320m	CS, Gn, Ag-Mineral	Sn 0.10% Pb 0.30%	"	Im	"	58						
		W 2907.00		W=15cm							Ag 14g/t					
		N 3400.00	Abandonado	L=60m	CS	Sn 0.20% Pb-PbCO Ag-PbCO	"	Im-bl	D	-						
		W 2010.00		W=10cm												

Leyenda

L=Longitud W=Ancho de Veta CS=Casiterita SP=Esfalerita o marmatita gn=Galena Ag=Mineral argentifero Oxiado Fe=Oxido de Hierro  
Ka=Caolin Im=Limonitizacion bl=Blanqueamiento

Potencial

A:En trabajo B:Alto C:Medio D:bajo E:Muy bajo

Observacion

Las discripciones de vetas son de estado de superficie.  
No son de datos de vetas que actualmente estan en trabajo.

estudio geológico. De acuerdo a este descubrimiento, se realizaron MJBC-1, MJBC-2, MJBC-6, 7, MJBC-12-13. En MJBC-12 se descubrieron vetas argentíferas ricas y promisorias. Por lo tanto, se hicieron exploraciones adicionales mediante sondeos MJBC-18, 19, 20, 21 y MJBC-8. Sobre este resultado, se comentará más adelante. La diferencia con relación a las otras zonas mineralizadas, es que la presente zona es rica en mineral argentífero. Además, en vista de que existe mucha siderita, es evidente que difiere el período de mineralización. Por otra parte, del mineral compuesto se considera que es producto de la mineralización del último período de la presente zona.

## 1-5 CONSIDERACIONES

### 1-5-1 FORMA DE DISTRIBUCION DE LAS VETAS Y CARACTERÍSTICAS DE LA MINERALIZACION

Entre las 7 zonas mineralizadas mencionadas en "Comentarios sobre las zonas mineralizadas" del las zonas mineralizadas de Ocavi y Alto Colquiri están distribuidas independientemente en sentido de norte-sur al oeste de la zona mineralizada de Central. Las demás zonas mineralizadas, una vez cortadas por las fallas, se extienden continuamente a la zona mineralizada de Central doblándose al este de la zona de Unificada, o sea del norte. Las vetas de las zonas mineralizadas de Armas y Ocavi predominan en nordeste-sudoeste, y se extienden en casi la misma línea. Además, considerando el hecho de que están en paralelo a la cercanía de la falla de Ocavi, se supone que ambas zonas mineralizadas son de un solo origen. En cuanto a los minerales componentes de las vetas, obtenidos en los sondeos realizados en esta zona, a pesar de que la ley estañífera de estas zonas mineralizadas fue baja, se encontraron en gran cantidad pirita, pirrotina y marmatita. Por consiguiente, pueden clasificarse como zonas mineralizadas de pirita, pirrotina y marmatita. Además, generalmente estas zonas cuentan con muchas venillas delgadas que no son capaces de resistir las explotaciones. Esto hace imaginar que fue pequeña la acción de la estructura geológica en la formación de fractura. Si bien, las zonas mineralizadas de Armas y Ocavi se consideran como zonas del mismo origen, se ha visto diferencia en su buzamiento; las vetas de la zona mineralizada de Armas muestran un buzamiento al oeste, mientras que las de Ocavi, al este. Esta diferencia puede haberse producido por la falla de bisagra de Ocavi.

Las vetas principales de la zona mineralizada de Unificada, las que se distribuyen al este de la zona mineralizada de Armas y próximas a la falla de Ocavi, son venillas dirigidas en la dirección de noroeste-sudeste. Y todas estas han alcanzado la dirección de extensión de las zonas de Triunfo y Librulibruni. La mineralización en la superficie es débil, la fractura es pequeña, la calidad es baja y no existen buenas vetas. Sin embargo, como se mencionó en el párrafo anterior, en el interior de la mina se observa una mineralización positiva, por lo cual está realizándose la explotación de las vetas principales en esta dirección. En L325, las principales vetas son las de la mitad del norte de San Antonio que se desarrollan de noroeste - sudeste y las de Rosario que se extienden de nordeste - suroeste.

Las vetas principales de las zonas mineralizadas de Librulibruni y Triunfo son, en el interior de la mina, las de la mitad del sur de Blanca, San Carlos y Rosario que se extienden al norte-noroeste - sur-sudeste.

Existe una veta que se cruza oblicuamente a un ángulo agudo entre la veta de Blanca y la de San Carlos.

Esta veta hace imaginar que se produjo por la siguiente acción; en la ocasión de fractura en la veta de Blanca y en la de San Carlos, ambas vetas se movieron en sentido opuesto entre sí, produciéndose entre ellas una tensión de corte.

En la zona mineralizada de Librulibruni, la mitad del norte de la veta de Rosario toma el rumbo de sur-norte, mostrando una forma diferente que la parte del sur. La zona mineralizada principal se dirige al sur y se convierte en la zona mineralizada de Central donde se desarrolla las vetas que toman el rumbo de nordeste - suroeste.

Dentro de la presente zona mineralizada se encuentra la falla de Doble Ancho y su falla bifurcada, denominada falla de San José, y se desarrollan numerosas vetas paralelas en el techo inferior de la falla de Doble Ancho, las cuales llegan al norte-nordeste - sur-suroeste. Esta forma de distribución de las vetas difiere de la las otras zonas mineralizadas.

Sin embargo, las vetas principales de gran alcance y ancho no han mostrado desarrollo, por lo que la explotación se realiza al norte de la presente zona mineralizada, avanzando a las vetas de San Carlos y Blanca existentes en la zona mineralizada de Triunfo. Se considera que en la presente zona mineralizada se produjeron numerosas fracturas, pero sin desarrollarse las principales.

Los minerales componentes principales de cada zona mineralizada son casiterita, pirita y pirrotina, por lo que puede decirse que son zonas mineralizadas de Sn - Zn - Fe.

De acuerdo con el resultado del análisis estadístico del buzamiento de las vetas obtenidas mediante el estudio en el interior de la mina, L325 y L365, las vetas



se dividen en término general entre las de suroeste cuarta oeste - surdeste cuarta este y norte-sur, teniendo las vetas de suroeste cuarta oeste un ancho mayor a 100cm. Por consiguiente, es muy probable que las mejores vetas de la mina de Colquiri son las de norte-nordeste - norte-sur - norte-noroeste de San Carlos, Blanca y Rosario, respectivamente.

Se considera que, si hubiera sido una serie de vetas no alterado por la falla, el grupo de vetas de esta clase habría tenido una extensión de rumbo de 3.000m, una extensión de buzamiento mayor a 500m y un ancho máximo de veta de 4m con un alcance de reserva de vetas paralelas de 400 - 500m.

Formando un par con la zona mineralizada central arriba mencionada, se encuentra la zona mineralizada de Alto Colquiri que tiene forma de veta perteneciente al sistema de la zona mineralizada de Ocavi. En la superficie de la tierra esta formada una zona mineralizada de pequeña escala. La veta que pertenece a la presente zona mineralizada tiene sólo dos hileras de venillas en la superficie de la tierra, pero tiene un rumbo hacia el norte-sur con buzamiento de 60° - 70° al oeste. Mediante la ejecución de la exploración por sondeo realizada en la presente zona, se descubrieron vetas minerales ricas en filón argentífero.

En cuanto a la forma de las vetas, se considera que pertenece a la forma de las vetas de la zona mineralizada de Ocavi, también desde el punto de vista del buzamiento. Sin embargo, difieren los minerales componentes de las vetas, es decir contienen mineral argentífero, marmatita, galena, marcasita, arsenopirita, pirita que se forman de minerales formadas a relativamente baja temperatura, y aunque pertenecen a la forma de vetas minerales de la zona mineralizada de Ocavi, se considera que su formación deriva de la mineralización del período posterior. Viendo de una manera global las formas de vetas minerales de las zonas mineralizadas arriba mencionadas, las vetas minerales que se extienden de la zona mineralizada de Central a la zona mineralizada de Unificada constituyen generalmente un margen de forma ovalada que se extiende del sur-norte.

Y las formas de las zonas mineralizadas de Armas, Ocavi y Alto Colquiri también muestran un margen oeste de forma ovalada. Además, se ve un buzamiento que parece dirigirse a la profundidad del eje del cuerpo ovalado. Considerando la existencia de las formas de distribución horizontal/vertical de las vetas minerales y de la falla, se ideó el modelo de formación de yacimientos tal como se describe en "4-1 del Capítulo 4, Parte I).

Como se mencionó arriba, los minerales componentes de la zona mineralizada de Alto Colquiri difieren de los de otras zonas mineralizadas pero en cuanto a los otros son iguales, es decir, se ven casiterita, pirita, marmatita, pirrotina, arsenopirita, pirita, marcasita, siderita, etc. La ganga son principalmente minerales de silicato como pórfido cuarcífero, clorita, cericita, etc.

Por lo tanto, aunque estas vetas minerales contienen minerales de formación a relativamente alta temperatura e incluyen también minerales de formación a alta temperatura, de su textura simple y de la temperatura de llenado 205-385°C de la inclusión de fluido dentro del cuarzo de la veta de San Carlos (Sugaki et al (1985)), se considera que son yacimientos de vetas de tipo xenotermal.

La alteración de la roca madre relativa a la zona mineralizada es pequeña considerando la escala del yacimiento, debido a la pizarra difícil de alterarse. Las vetas minerales no tienen zonas alteradas y tienden a desarrollarse directamente dentro de la pizarra. Los minerales que se observan en las rocas madre alteradas son clorita y scericita. Desde el punto de vista de la relación entre la zona alterada y las vetas minerales, aunque la zona alterada sea de pequeña escala, pueden existir vetas importante en la parte inferior, siendo muy importante la existencia de la zona alterada, ya guarda íntima relación con la zona mineralizada en las profundidades. La zona mineralizada de Alto Colquiri es un ejemplo de esta relación. Y hay gran posibilidad de que el estudio de minerales alteradas llegue a ser un medio positivo para la exploración de la presente zona.

No se han confirmado en la zona de estudio rocas ígneas que originan mineralización. Sin embargo, a 60km al norte-noroeste de la mina de Colquiri se encuentra la granodiorita Quimusa Cruz que cuenta con un gran número de yacimientos de filón estañífero. Además, principalmente en la mina de Catavi al sudeste de la presente mina, el cuerpo intrusivo del pórfido cuarcifero de la tercera era está ejerciendo mineralización. Por lo tanto, se considera que en las profundidades de esta zona también existen masas rocosas similares.

#### 1-5-2 POTENCIAL DE LOS YACIMIENTOS

(1) En la mina de Colquiri, están dispuestas las zonas mineralizadas en forma ovalada a lo largo de sur-norte. Como se mencionó anteriormente, todas las zonas mineralizadas tienen una superficie pobre en mineral. Sin embargo, como se puede ver en L325, en el interior de la mina entre la zona mineralizada de Central y las zonas mineralizadas de Triunfo y Lubrullibruni, se encuentran vetas San Carlos, Blanca, Rosario y San Antonio, muy prometedoras. El alcance de distribución de este grupo de vetas minerales comprende en L325 aproximadamente 3,000m al sur-norte y alrededor de 500m en

la dirección este-oeste. Se ha confirmado también longitud a buzamiento continuo de 500m. En la sección del sur, fue buena la mineralización en escasas profundidades, con una tendencia de mejorar aún más a medida que se avanzaba a la sección del norte, en las profundidades. Por consiguiente, puede esperarse mucha utilidad en la sección del norte y su profundidad en la explotación actual.

(2) Las zonas mineralizadas de Unificada, Armas y Ocavi que se distribuyen en forma ovalada son débiles en la superficie, pero como están en la dirección de extensión de las vetas actualmente explotadas, en las profundidades hay gran posibilidad de que mejoren enormemente. Por consiguiente, puede decirse que estas áreas son muy promisorias.

(3) Formando una pareja con la zona mineralizada de Central, la zona mineralizada de Alto Colquiri es débil en su superficie. Sin embargo, como resultado de la exploración por sondeos, se encontraron vetas de alta calidad, especialmente de plata, relevando gran posibilidad de explotación fluctífera. Como se mencionó antes, estas vetas difieren de las otras zonas mineralizadas en cuanto a los minerales componentes. Es decir, generalmente son de baja temperatura, pertenecen a la etapa mineralizada del período posterior, y se observa que ha habido alimentación de solución mineral rico en plata. Por lo tanto, se consideran como vetas con muchas posibilidades en el futuro.

(4) Además de lo descrito en el resultado del estudio geofísico de cada zona mineralizada, se ha obtenido también zonas anómalas IP en conformidad con la cada zona mineralizada. Por consiguiente, puede decirse que la presente mina explotada todavía ofrece muchas posibilidades para el futuro.

## CAPITULO II EXPLORACION GEOFISICA

### 2-1-1 METODO DE MEDICION

#### (1) METODO DE MEDICION DEL FENOMENO PI

El método de medición se divide en 2 especies por la onda de la corriente de transmisión.

\* método de Time Domain (método T.D en signo, sistema en el dominio del tiempo, método transiente)

Se hace pasar una corriente continua a la tierra, a través de  $C_1$  y  $C_2$  de un par de electrodo de corriente, se observa la diferencia de potencia eléctrica primaria  $V_P$  justo antes de cortar la corriente entre el electrodo de potencial  $P_1$  y  $P_2$  del otro par, y la secundaria de potencial  $V_S(t)$  después de cortarla.  $(V_S / V_P) \times 100$  llamada cargabilidad indica el efecto de PI

\* método de Frequency Domain (método F.D en signo, sistema en el dominio de la frecuencia, método de frecuencia).

Se hace pasar la corriente que se compone de  $f_H > f_L$  de frecuencias de 2 clases, a la tierra, y se obtiene  $\rho_H$  y  $\rho_L$ , mediend cada resistividad, y luego se obtiene el valor de F B por  $(\rho_H - \rho_L) / \rho_H = F B$ , o P. F B que se indica en %.

$$\begin{aligned} P. F B (\%) &= 100 \times (\rho_H - \rho_L) / \rho_H \\ &= 100 \times (V_H - V_L) / V_H \end{aligned}$$

se adoptó  $f_H = 3\text{Hz}$ ,  $f_L = 0,3\text{Hz}$  en la medición de esta vez .

La especificación general de medición es como la Tab.

artículo	especificación
electrodo	Dipole-dipole
distancia	100m
factor	$n = 1 \sim 5$
frecuencia	3,0 0,3Hz



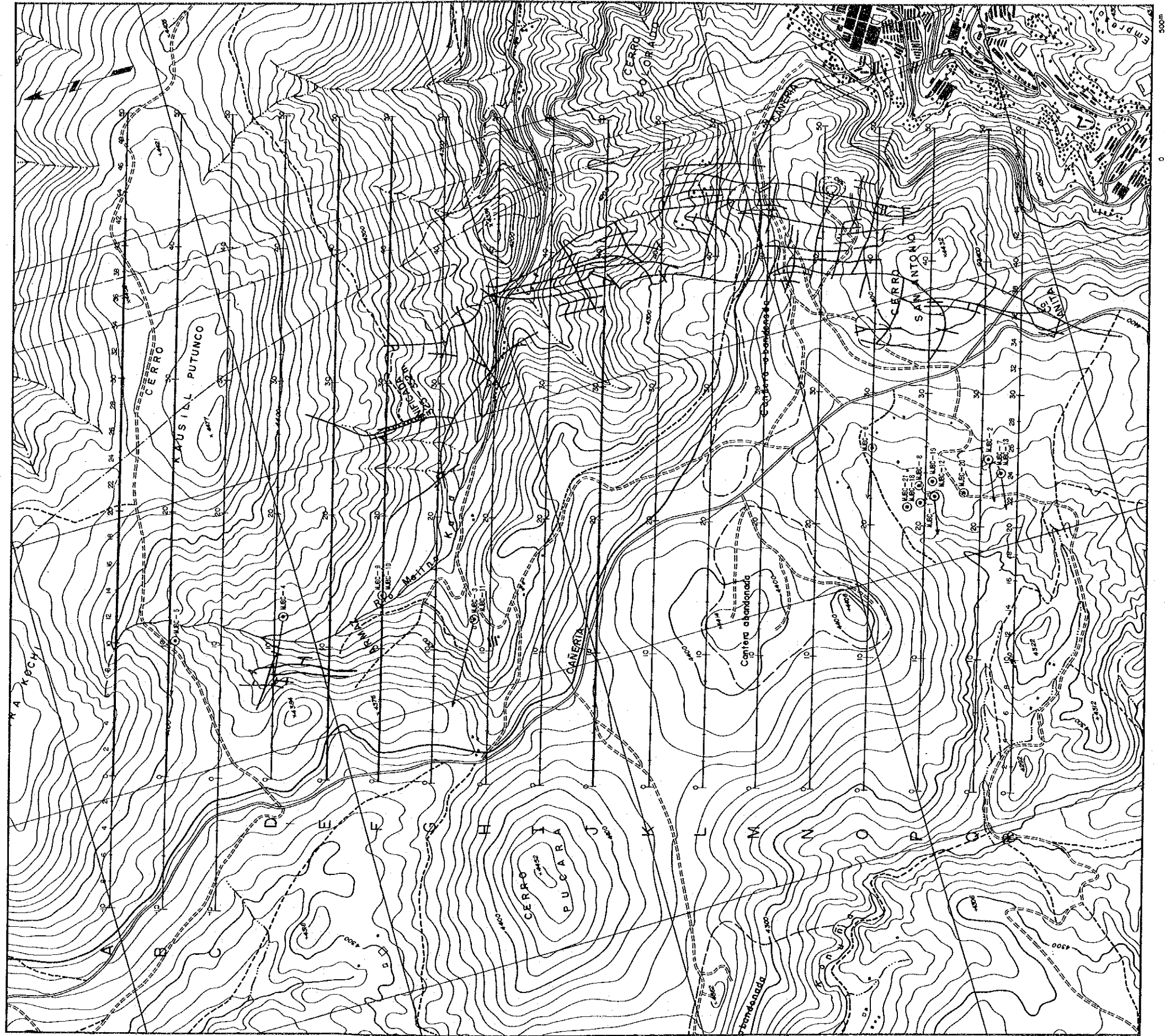


Fig. II-2-1 Mapa de ubicación de líneas de exploración geofísica



Tabla II-2-1 Contenido de exploración geofísica

Contenido de estudio de Metodo PI					
Nombre de linea	Largo de linea	Largo Total	Espacio entre estaciones	Espacio entre lineas	Direccion de linea
A, B, C	3.0km	9.0km	100m	200m Nota: Distancia Q, R es 150m	N74° W
D, E, F, G, H I, J, K, L, M N, O, P, Q, R	2.5km	37.5km			
Total		46.5km			
Contenido estudio de Metodo CSANT					
Nombre de linea	Numero de estacion (puntos)	Total punto (puntos)	Espacio entre estaciones	Espacio entre lineas	Direccion de linea
A, B	42	84	100m		N74° W
E, F	49	98			
J	35	35			
Total		217			



## (2) EQUIPOS Y MAQUINARIA

Se indican los equipos y maquinaria en la exploración, en la TAB

Table II-2-2 Lista de equipo y materiales de medición por método PI

Clase	Nombre	Especificación	Número
Transmisor PI	CH-8104T	potencial máximo: 2,5 kW voltage : 800 V máximo corriente : 0,1 ~ 2,5A	1
	CH-9105T	potencial máximo: 3,0 Kw voltage : 800 v máximo corriente : 0,2 ~ 3,0A	1
Receptor PI	CH-8003R	salida ----- : 300 K $\Omega$ desproporción dominio : 0,1mV~ 10V frecuencia : 0,1 0,3 1,0 3,0 Hz precisión : $\pm 0,2$ %	1
	CH-7801	salida----- : 300 K $\Omega$ desproporción dominio : 0,1mV~10V frecuencia : 0,1 0,3 1,0 3,0 Hz precision : $\pm 0,2$ %	1
Motor. dinamo	ZMG-5	potencial máximo : 5,0km, 3 fases frecuencia : 400Hz voltage de régimen : 120 / 208 V	1
Electrodo etc.	electrodo de potencial en superficie de terreno	red de cobre malla 16 30 $\times$ 30 cm	1 rollo
	electrodo de potencial en superficie de terreno	cobre-electrodo a sulfato de cobre	30
	cable eléctrica	VSF 1,25mm <sup>2</sup> vinilo	20.000 m
	material de medición	compás portátil (Ushikata) 100m ----- esrón	3
	emisor- receptor portátil	SONY ICB-87H voltage : 500mW	10

(3) METODO DE ANALISIS POR EL METODO POR PI

Se realizaron la interpretación cualitativa y la cuantitativa para el resultado de medición de este estudio.

En la interpretación se realizó el muestreo de anomalía, de lo cual lo más importante es reconocerse un anómalo de PI, tipo de letra "八". En la interpretación cuantitativa, se modificó la configuración terrestre, utilizando el método de elemento de límite de dos dimensiones y además se esforzó en aclarar el origen anómalo por simulación.

A continuación, se explica el método de elemento de límite de dos dimensiones.

Al suponerse que el electrodo es V en la fuente (x, y), se describe la fórmula sobre V, entonces, la fuente (Xo, Yo) es la de eléctrica, I es la cantidad de flujo de corriente y  $\sigma$  es la conductividad de vehículo.

$$\frac{\delta}{\delta} \left( -\sigma \frac{\delta V}{\delta x} \right) + \frac{\delta}{\delta} \left( -\sigma \frac{\delta V}{\delta y} \right) = 1 \cdot \delta (Xo-X) \delta (Yo-y) \dots \dots \dots (1)$$

$\delta (\cdot)$  es la función de la delta. Se veira la fórmula (1) como la siguiente fórmula.

$$\frac{\delta^2 V}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta y^2} = \frac{1}{\sigma} \left( \frac{\delta \sigma}{\delta x} \frac{\delta V}{\delta x} + \frac{\delta \sigma}{\delta y} \frac{\delta V}{\delta y} \right) \frac{1}{\sigma} \cdot \delta (Xo-X) \delta (Yo-y) \dots \dots \dots (2)$$

Esta fórmula, como V es  $\delta \sigma / \delta x = 0$ ,  $\delta \sigma / \delta y = 0$ ,  $\delta (\cdot) = 0$ , satisface la fórmula de (3).

$$\frac{\delta^2 V}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta y^2} = 0 \dots \dots \dots (3)$$

e indica que son puntos singlares el limitifero ( $\delta \sigma / \delta x \neq 0$ ,  $\delta \sigma / \delta y \neq 0$ ) y la fuente de eléctrica. En las exploraciones eléctricas, la fuente de eléctrica general está en el límite, la superficie terrestre, finalmente, todos los puntos singlares están en el límite. Se da una expresión de la interpretación de la fórmula(3) con el punto singular en el límite, como siguiente.

$$V(p) = \int \frac{q(Q)}{r} \cdot \ln \frac{1}{PQ} dQ \dots \dots \dots (4)$$

- pero, P : punto libre en el espacio (no importa que esté en el interior del dominio o en el límite)
- $\Gamma$  : límite total
- Q : punto que se mueve en el límite)
- PQ : distante no conocida que se describe como la función de la posición Q en la línea de demarcación.

Al sustituir la fórmula (4) por la (3) como  $q(Q)$  es constante y se entiende que la fórmula (4) es la solución de la (3). Ahora, como se decide la fórmula básica sobre  $V(P)$ , se explica la combinación entre ésta y el elemento de límite en el ejemplo del gráfico.

En este ejemplo, está dividido el espacio de dos dimensiones en los 4 territorios por las 4 líneas de límite A B, B C, B D e E F, y está dada la resistividad por  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ . Se conforme cada límite, se aproxima cada uno con la línea quebrada adecuada, cuyo punto quebrado se llama "elemento".

Al adoptarse el aproximado de línea quebrada a la fórmula (4), se describe la siguiente fórmula dentro de los límites del dominio de error causado por el aproximado de línea quebrada de línea de límite.

$$V(P) = \sum_{Q \in \Gamma_j} \left\{ q_j \cdot \int \ln \left( \frac{1}{PQ} \right) qQ \right\} \dots\dots\dots(5)$$

Aquí, P describe un punto facultativo de espacio y en la integración del lado derecho, el punto movable Q se mueve en el elemento  $\Gamma_j$ ,  $\Sigma$  significa suma total del elemento general.

Se considera que  $q(Q)$  de la fórmula (4) adopta el número fijo en  $\Gamma_j$ ,  $q_j$  es la constante no conocida para cada elemento, cuya cantidad equivale a la densidad de carga eléctrica (por larg unitario) que se acumula en la línea de límite, y al obtenerla, se puede obtener  $V(P)$ .

La parte principal de esta solución es la búsqueda de la constante no conocida  $q_j$ . Aquí, componiendo las ecuaciones con varios incógnitos sobre las constantes no conocidas,  $q_1, q_2, \dots, q_j, \dots$  y se resuelve con el método de repetición para llenar las condiciones del afluencia entre 2 estaciones de medición indicadas que están en el suelo.

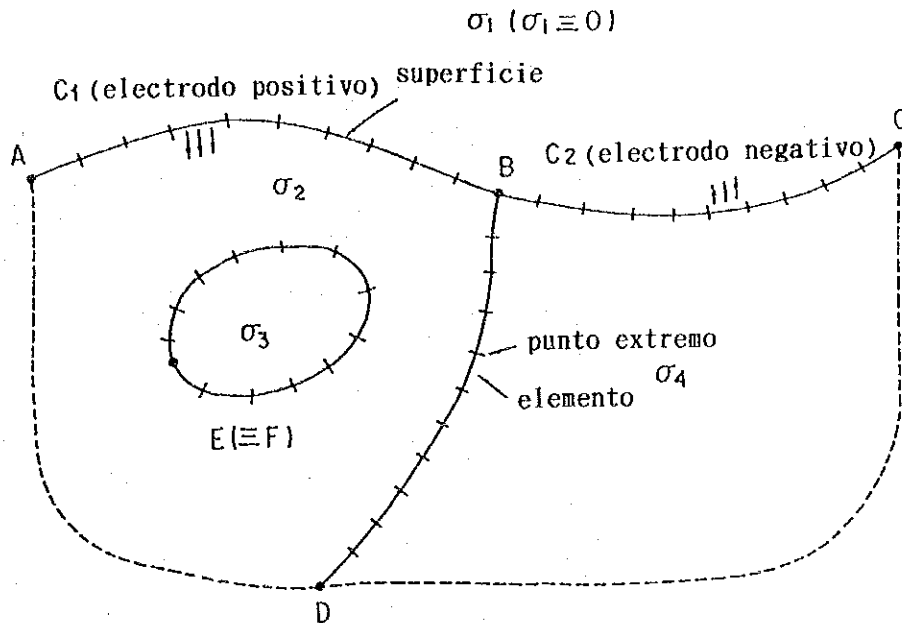


Fig. II -2- 2 Mapa de explicación del Método elemento límite

## 2-1-2 METODO CSAMT

### (1) METODO CSAMT DE MEDICION

El método CSAMT es un método que busca la distribución de la resistividad del subterráneo a través de las mediciones del campo eléctrico  $E$  que es paralelo al dipolo eléctrico y del campo magnético  $H$  perpendicular al campo eléctrico  $E$ , descargando a la tierra, a través del dipolo eléctrico de 1.5~2 de longitud, la corriente eléctrica en el dominio de una frecuencia audible.

En la figura II-2-3 se indica el resumen de la medición del método CSAMT. La distancia entre el lugar de transmisión y el de recepción debe ser más del triple (3: normalmente 4~8) de la profundidad de la superficie (8), donde se considera que se puede establecer aproximadamente la hipótesis de las ondas electromagnéticas planas en el lugar de recepción. Por esa razón, las zonas cerca del lugar de transmisión se llaman "near field", en las cuales no se puede establecer la hipótesis de las ondas electro-magnéticas planas, por lo que es difícil analizar de los datos. La profundidad de la superficie es la que reduce hasta 1/e (37%) las ondas electromagnéticas introducidas en la tierra homogénea (resistividad:  $\rho$ ) y esta profundidad se utiliza como la norma de la profundidad del estudio. El cálculo de la profundidad de la superficie se obtiene con la siguiente fórmula.

$$\delta = 503 \left| \frac{\rho}{f} \right|^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

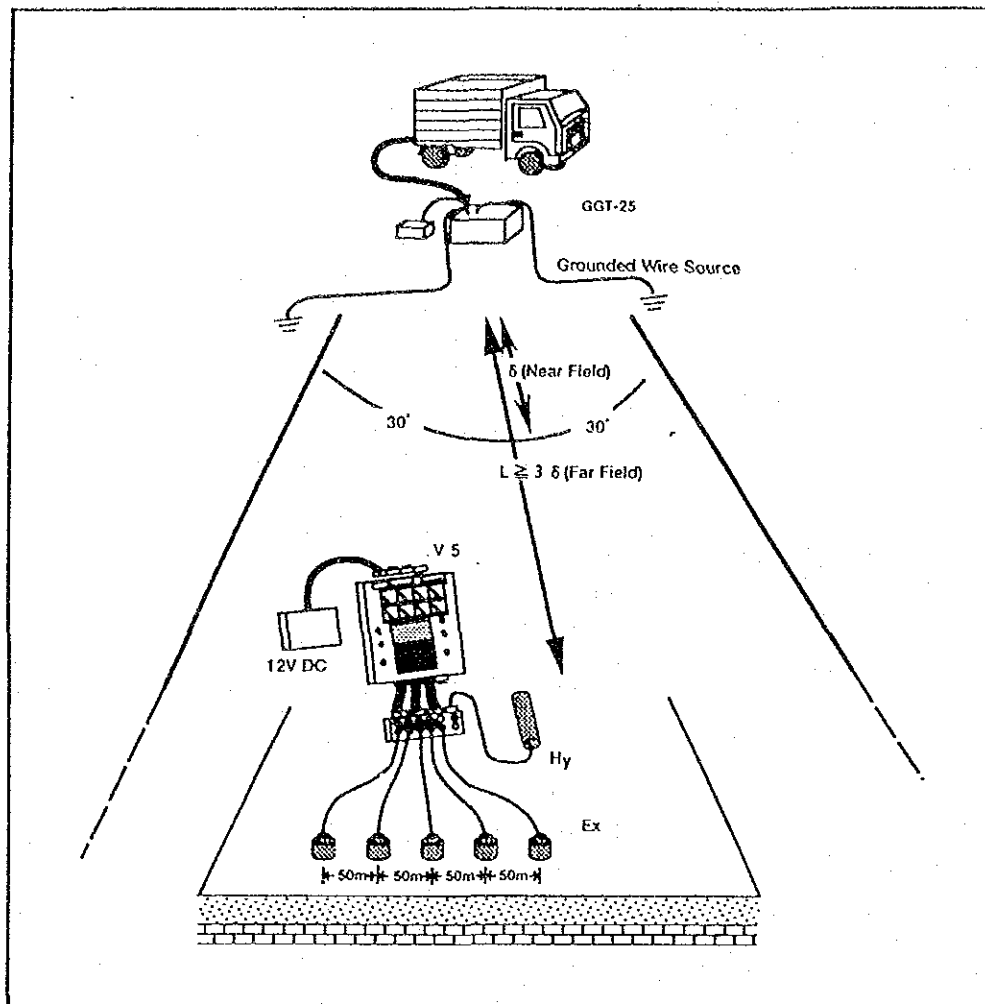


Fig. II-2-3 Mapa de explicación del método CSAMT

Tabla II-2-3 Lista de profundidad de efecto epidermis

电阻率	5	10	20	40	80	160	320	640	1,280	2,560	(Ω·m)
$f$ (Hz)	Skin Depth (meters)										$f$ (Hz)
2,048	23	33	50	70	99	141	199	281	398	562	2,048
1,024	33	50	70	99	141	199	281	398	562	795	1,024
512	50	70	99	141	199	281	398	562	795	1,124	512
256	70	99	141	199	281	398	562	795	1,124	1,591	256
128	99	141	199	281	398	562	795	1,124	1,591	2,249	128
64	141	199	281	398	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	64
32	199	281	398	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	4,499	32
16	281	398	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	4,499	6,362	16
8	398	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	4,499	6,362	8,998	8
4	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	4,499	6,362	8,998	12,725	4
2	795	1,124	1,591	2,249	3,181	4,499	6,362	8,998	12,725	17,395	2

Skin Depth (m) = 503 /  $\sqrt{f \rho}$

$\delta$  : profundidad de superficie

$\rho$  : resistividad de tierra homogénea ( $\Omega \cdot m$ )

f : frecuencia (Hz)

Como se ve claramente en la formula (1), la profundidad de superficie es la función entre el valor de la resistividad y el de la frecuencia. En la tabla II-2-5 se indica la variación de la profundidad de superficie relacionada con el cambio de la resistividad y de la frecuencia, utilizando la formula (1). En la zona de resistividad se nota la necesidad de tomar la distancia suficiente entre el lugar de transmisión y el de recepción para reducir la influencia de "near field".

Como en el electrodo de corriente se utilizaron 100 electrodos de acero a cada lado para reducir la resistencia de conexión a la tierra. Y para elevar la proporción S/N se estableció y transmitió en cada frecuencia el valor máximo de la corriente de transmisión, el cual no sobrepasa la potencia máxima del transmisor. Las frecuencias del transmisor son 11 frecuencias : 2, 048, 1, 024, 512, 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4 y 2Hz.

Para la medición del campo eléctrico se utilizó, como el electrodo de potencial, un electrodo de sulfato de cobre metido en una jarra no vidriada. Y para la medición del campo magnético se utilizó una antena magnética de carrete de inducción, la cual se colocó, separandola 10m del dipolo del campo eléctrico, en dirección perpendicular al dipolo de recepción.

Las señales del campo eléctrico y del magnético se procesan en el receptor V-5 y se calculan la intensidad y la fase del campo eléctrico, la intensidad y la fase del campo magnético, la resistividad aparente y la diferencia de fase. Estos datos se indican en el indicador visual de V-5 y se registran en la memoria junto con los terminos de medición como el número de veces de AMP GAIN y STACKING, etc.

En este estudio se procuró obtener los datos reproducibles, efectuando las mediciones más de 3 veces en cada frecuencia.

## (2) EQUIPO Y MAQUINARIA DE MEDICION

En la tabla II-2-4 se indican equipos y maquinarias usadas en la medicion.

TABLA II-2-4 LISTA DE EQUIPO Y MATERIALES DE MEDICION POR METODO CSAMT

Clase	Nombre	Especificación	Cantidad
Sistema de Transmisor	Marca ZONG GGT-Tipo 20 Transmisor	Voltaje potencial : 400-800V Corriente potencial: 0.2-25A Forma de onda potencial: forma corta de onda Frecuencia potencial : 1/1.024-2.048Hz Peso : 113Kg	1
	Marca ZONG XMT-Tipo 12 Controlador de Transmision	Frecuencia controlada : 1/1.024-2.048Hz Peso : 5.8Kg Fuente de alimentacion : 12 V bater a	1
Dinamo con Motor	Marca ZONG ZMG-Tipo 12 Dinamo	Potencia máxima : 30KW Frecuencia : 400Hz Voltaje estandar: 120/208V Motor: 4 cilindros enfriado por aire	1
Sistema de Receptor	Mar. Phoenix Tipo V 5 Receptor	Entrada de se al: 8 canales Dominio de frecuencia receptiva : DC-10KHz Receptividad de voltaje receptivo : 10 $\mu$ V CPU : CMOS NS32C0016 Memoria : 512K I/O : RS232-C A/D : 16 bit/125KHz Peso : 14Kg Fuente de alimentación : 12V bater a exterior	1
	Ma. TECTRINIX Tipo 212 Osciloscopio	Receptividad: 1mV/div - 50V/div Fuente de alimentacion : 12V bateria Peso : 1.6	2
	Mar. Phoenix Carrete AMT	Caracteristica de frecuencia : FC=1.1Hz Longitud total : 89 Diámetro : 90 Peso : 6.5Kg	2
Electrodo	Electrodo de corriente	Barra de hierro: diámetro 16 y longitud 80	200
	Electrodo de potencial	Electrodo no polarizado en solución saturada de sulfato cúprico	10
Cable eléctrico	FUJIKURA DEN SEN, CO. LTD (receptor)	Cable vinilo VSF 1.25	1000m
Equipo d medición	KYOZAN DENSE N, CO. LTD. (transmisor)	Cable vinilo CVVI $\times$ 3.5	6000m
	Comp s portatil de Mar. USHIKATA 100m Cuerda Esron		2
Receptor-Emisor portatil	SONY, CO. LTD.	Potencia : 500mW	6

### (3) METODO DE ANALISIS DE METODO CSAMT

En la figura II-2-4 se indica la secuencia de análisis por el método CSAMT realizado en este estudio.

En el estudio por el método CSAMT, la distancia entre el lugar transmisor y el receptor debe ser más del triple de la profundidad de la superficie para evitar la influencia de "near field". Sin embargo, en realidad no se pudo obtener fácilmente con antelación el promedio de la resistividad de la región del estudio y por la limitación de la proporción S/N, no se puede ubicar muy lejos el electrodo de corriente.

En este estudio se ubicó el electrodo de corriente a 8.5 del centro de la región del estudio, para reducir la influencia de "near field" lo mas posible.

En casi todos los puntos de medición la existencia de "nearfield" es poca, y no constituye gran problema, además se realizaba auto-corrección de "near field" en el receptor V-5.

A través de los datos registrados en V-5 se calcularon el valor promedio respectivo del campo eléctrico, el campo magnético y la diferencia de fase y el valor de la resistividad aparente. Y se obtuvo la tabla del valor medido. Para la fórmula del valor de la resistividad aparente se aplicó la siguiente fórmula que se utiliza normalmente en el método MT.

$$\rho_a = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \dots\dots\dots (2)$$

$\rho_a$  = resistividad aparente de la tierra ( $\Omega \cdot m$ )

f = frecuencia del electrodo de corriente (Hz)

$E_x$  = campo eléctrico ( $\mu V/m$ )

$H_y$  = campo magnético ( $\gamma$ )

Utilizando este valor de resistividad aparente, se trazaron los planos de la resistividad aparente de cada frecuencia.

El plano de sección de la resistividad aparente es el plano en que aparecen las líneas isoresistivas aparentes a una determinada distancia, escribiéndose los valores de la resistividad en las líneas de medición que siguen la línea sobre el sección de arriba a bajo por orden de la alta frecuencia, el eje vertical y la profundidad no corresponden mutuamente, resultando en un plano semejante al verdadero.

Se considera que el valor de la resistividad aparente que se ha observado incluye las informaciones de la resistividad que existen hasta la profundidad



de superficie. Para obtener un modelo adecuado de la resistividad se realizó el análisis en una dimensión, tomándose la estructura subterránea como la estructura multicapa horizontal.

(EL ANALISIS DE LA ESTRUCTURA DE MULTICAPA EN UNA DIMENSION )

Los valores de la resistividad aparente que corrigieron "nearfield" se aplicaron al análisis, excepto los que se consideraron que fueron evidentemente afectados por los ruidos. El análisis fue realizado con el método SIMULACION TIPO DIALOGO, el cual es como sigue: se supone que el número y el espesor de la capa de la estructura multicapa horizontal y el valor de la resistividad son el parámetro, y se calcula la curva  $\rho$ -f conforme a las formulas (3) ~ (8) relacionadas con el primer modelo que posteriormente se describe. Se corrige el parámetro para que se acerque a la curva  $\rho$ -f obtenida por los valores observados.

A continuación se describe a manera del cálculo de la curva  $\rho$ -f en el caso del modelo de la estructura multicapa horizontal en elém todo CSAMT.

En la siguiente fórmula se indica la impedancia superficial ( $Z_s, Q_j$ ) contra la capa (n+1) de la estructura multicapa horizontal (los valores de la resistividad de cada capa =  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n, \rho_{n+1}$ , y la profundidad de la base inferior de cada capa =  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ )

$$Z_s = \frac{E_x}{H_y} \Big|_{z=0} = \frac{i\omega (A_0 + B_0)}{\theta_0 (A_0 + B_0)} \quad \text{----- (3)}$$

$$\begin{aligned} A_0 + B_0 &= A_1 + B_1 \quad \text{----- (4)} \\ \theta_0 (A_0 - B_0) &= \theta_1 (A_1 + B_1) \\ A_j \exp(-\theta_j z_j) + B_j \exp(\theta_j z_j) \\ &= A_{j+1} \exp(-\theta_{j+1} z_j) + B_{j+1} \exp(\theta_{j+1} z_j) \\ \theta_j (A_j \exp(-\theta_j z_j) - B_j \exp(\theta_j z_j)) \\ &= \theta_{j+1} [A_{j+1} \exp(-\theta_{j+1} z_j) + B_{j+1} \exp(\theta_{j+1} z_j)] \\ &\quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad \text{----- (5)}$$

$$A_n = \frac{\theta_{n+1} + \theta_n}{2\theta_n} \exp[-(\theta_{n+1} - \theta_n)z_n]$$

$$B_n = \frac{\theta_{n+1} - \theta_n}{2\theta_n} \exp[-(\theta_{n+1} + \theta_n)z_n] \quad \text{----- (6)}$$

Aquí se utilizó el sistema de la unidad CGSEMU y  $\theta$  es la frecuencia.

$$\theta_j = \frac{\pi 4 i \omega}{2 \pi f} \quad 1/2 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

Por otro, como se hace  $1\text{mV/km} = 1\text{emu}$ ,  $1\Omega\text{m} = 10^{11}\text{emu}$  y  $1\text{r} = 10^{-5}$ , si es expresado por el sistema de la unidad CGSEMU el cálculo de la resistividad aparente indicada en la fórmula (2), ser como losiguiente:

$$\rho_a = \frac{2}{f} \left| z(\theta) \right|^2 \quad [\text{e. m. u.}] \quad \dots\dots\dots (7)$$

Por lo tanto, a través de las fórmulas (3)~(6) y de la (7) se puede obtener la resistividad aparente  $\rho_a$ . En el caso de utilizar  $\Omega \cdot \text{m}$  como la unidad de  $\rho_a$ , la fórmula expresada será como lo siguiente:

$$\rho_a = \frac{2}{f} \left| z(\theta) \right|^2 / 10^{11} \quad [\Omega \cdot \text{m}] \quad \dots\dots\dots (8)$$

(EL ANALISIS DE LA ESTRUCTURA EN DOS DIMENSIONES )

Con los resultados del análisis en una dimensión, se elaboró el plano sección de la resistividad aparente analizada, tomando este plano como el primer valor, se realizó el análisis en dos dimensiones. Se describe el resumen del método del análisis a continuación:

En el caso del fuente de ondas planas como el método MT (magneto telluric method), si se supone la estructura en dos dimensiones que no altera el campo en dirección de avance, la ecuación de Maxwell se divide en dos modos : el modo TM y el TE. En el cálculo del modelo en dos dimensiones con el método CSAMT usado esta vez, lo fundamental fue resolver la ecuación aproximada, separando la parte que corresponde al modo TM conforme a JUPP & Vozoff(1977) y utilizando el método de división por la diferencia limitada.

En la fig. II-2-3 se indica el proceso del análisis de la estructura en dos dimensiones. El cálculo de FORWARD busca la respuesta entre la diferencia de fase y la resistividad aparente por cada frecuencia en cada punto de medición en cuanto al modelo dado de resistividad de la tierra (la estructura y su distribución de resistividad). En el cálculo del análisis usado esta vez, el cálculo de FORWARD se utilizó para el examen y la selección del primer modelo y la corrección de los resultados del cálculo de INVERSION. El cálculo de INVERSION es uno de los métodos de solución del problema del valor del

limitifero opuesto y es lo que busca la distribución de la resistividad subterránea y que con lo cual se puede explicar muy bien los datos medidos. En ese caso, comparando la curva  $\rho a-f$  del valor medido con la del valor calculado se corrige y se cambia la distribución de resistividad a manera de que aquella se acerque a esta. La manera escogida para ello, fue la de aplicar repetidamente la multiplicación mínima en segunda potencia a través de la fórmula de recurrencia tipo lineal.

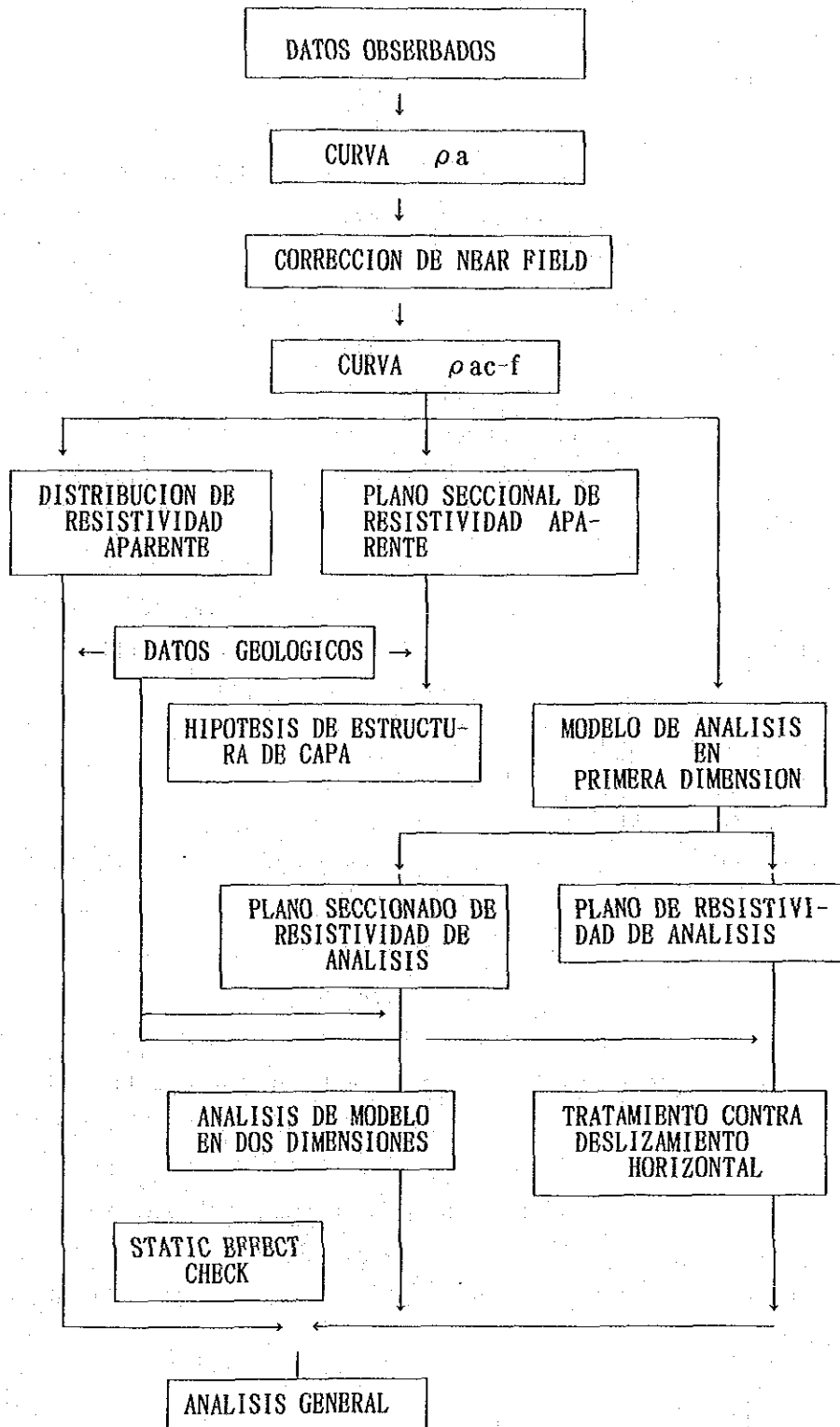


Fig. II-2-4 Flujograma de análisis del método CSAMT

## 2-2 RESULTADO DE LOS ESTUDIOS

### 2-2-1 RESULTADO DE LA MEDICION DE PROPIEDADES FISICAS

En la zona de Colquiri, en el primer año de la exploración, se tomaron 43 muestras de rocas y minerales de la superficie de la tierra e interior de la mina. En el segundo año, se tomaron 29 muestras de rocas y minerales del núcleo de sondeo para someterlas a la medición de propiedades físicas.

Empleando el sistema de medición de muestras IP fabricado por el Laboratorio Electrónico de Chiba, se midieron su resistividad y PFE. Para obtener una condición similar al yacimiento, las muestras fueron sometidas a las mediciones en estado húmedo. Aunque los valores de propiedades físicas obtenidos no siempre revelan los valores reales de los yacimientos subterráneos, son referencias útiles para conocer su tendencia.

La Tabla II-2-5 muestra los resultados de medición de propiedades físicas, clasificando las 69 muestras. La Fig. II-2-5 indica la relación entre PFE y resistividad.

El valor de resistividad de la pizarra (AR) oscila ampliamente entre 98,7 - 4065,9  $\Omega \cdot m$ , siendo su valor medio 912,5  $\Omega \cdot m$ . La pizarra diseminada de mineral sulfuro mostró un valor medio de 538,6  $\Omega \cdot m$  de entre 126,4 - 900,8  $\Omega \cdot m$ . La arenisca mostroo un valor medio de 985,8  $\Omega \cdot m$  de entre 138,2 - 2464,0  $\Omega \cdot m$ . Cabe anotar fue muy poca la diferencia de clase entre la pizarra y la arenisca.

El valor medio de la resistividad del mineral fue de 36,8  $\Omega \cdot m$  (de entre 11,6 - 147,5  $\Omega \cdot m$ ), siendo más bajo que el valor de la roca.

El valor medio de PFE de la pizarra fue de 1,0%, mientras que el de arenisca fue de 1,3%, siendo ambos generalmente bajos. El valor medio de PFE del mineral fue de 91,6% (de entre 13,2 - 140,2%) y el de la pizarra diseminada con mineral de sulfuro fue de 48,1% (de entre 10,1 - 93,3%), siendo notable el contraste entre la roca, la pizarra diseminada de mineral de sulfuro y el mineral. Por consiguiente, se supone que la zona anómala IP refleja la masa que incluye minerales y zonas de diseminada de mineral de sulfuro/mineralización.

### 2-2-2 ANALISIS DE SIMULACION DE IP

Mediante el método de elemento de límite de dos dimensiones, se realizó el análisis de las líneas de medición B, D, F, H, J, P y Q.

En el plano seccional geológico, Fig. II-2-6, se indican las zonas mineralizadas y las vetas por cada línea de medición. Además, para un

Tabla II-2-5 Lista de los resultados de medición de muestras

Sample No.	Drill hole	Sampled depth(m)	Descriptions	AR( $\Omega \cdot m$ )	PFE(%)
1	M-1		Ore(Po, mat)	147.5	19.2
2	M-2		Ore(Po)	19.3	140.2
3	M-3		Ore(Po)	14.9	106.7
4	M-4		Ore(Po)	15.5	89.1
5	M-5		Ore(Po)	30.6	105.8
6	M-6		Ore(Po)	18.2	114.7
7	MJBC-7	118.5	Ore	11.6	71.8
8	MJBC-8	317.0	Ore	7.0	101.9
9	MJBC-11	334.0	Ore	10.9	89.6
10	MJBC-14	102.0	Ore	4.7	150.0
11	MJBC-18	211.0	Ore	12.0	46.0
Average values of Ore				26.6	93.5
12	MJBC-4	200.8	Slate diss ore	189.5	30.5
13	MJBC-10	250.0	Slate diss ore	126.4	76.3
14	MJBC-11	300.0	Slate diss ore	127.3	93.3
15	MJBC-12	340.0	Slate diss ore	391.8	81.2
16	MJBC-10	300.0	Slate diss ore	711.6	10.1
17	MJBC-10	39.0	Slate diss ore	900.8	33.0
18	MJBC-12	150.0	Slate diss ore	177.4	12.1
Average values of Slate diss ore				538.6	48.1
19	D-2		Slate	4065.9	3.2
20	H-2		Slate	664.6	1.5
21	H-6		Slate	424.7	5.5
22	H-23		Slate	764.5	0.1
23	H-45		Slate	680.0	2.2
24	R-23		Slate	151.3	0.3
25	R-35		Slate	582.0	0.6
26	17-2		Slate	836.6	0.7
27	17-13		Slate	230.3	0.1
28	17-14		Slate	620.7	1.3
29	MJBC-1	100.0	Slate	466.0	0.1
30	MJBC-1	200.0	Slate	260.9	0.1
31	MJBC-2	153.0	Slate	451.1	0.1
32	MJBC-4	250.0	Slate	1036.5	0.1
33	MJBC-4	300.0	Slate	582.4	1.7
34	MJBC-7	117.5	Slate	98.7	2.1
35	MJBC-7	200.0	Slate	1223.8	0.1
36	MJBC-10	100.0	Slate	132.7	0.6
37	MJBC-12	200.0	Slate	1796.8	0.1
38	MJBC-12	400.0	Slate	896.4	0.1
39	MJBC-13	200.0	Slate	3198.7	0.2
Average values of Slate				912.6	1.0
40	B-15		Sandstone	1745.1	1.2
41	C-1		Sandstone	1454.3	0.2
42	E-0		Sandstone	607.5	0.3
43	E-6		Sandstone	2174.1	2.0
44	H-11		Sandstone	419.5	0.2
45	H-13		Sandstone	703.3	5.0
46	17-9		Sandstone	1186.1	2.5
47	K-9		Sandstone	804.7	1.2
48	K-15		Sandstone	1053.5	1.4
49	17-10		Sandstone	2367.3	2.3
50	L-7		Sandstone	798.1	0.5
51	M-20		Sandstone	605.2	0.6
52	N-0		Sandstone	852.9	1.4
53	N-11		Sandstone	1245.5	2.4
54	N-15		Sandstone	439.7	1.0
55	17-7		Sandstone	210.1	1.6
56	17-8		Sandstone	172.6	0.7
57	17-6		Sandstone	263.2	0.5
58	17-4		Sandstone	283.7	0.8
59	17-5		Sandstone	448.9	2.5
60	P-10		Sandstone	1118.8	1.2
61	17-3		Sandstone	1369.6	1.3
62	17-12		Sandstone	209.8	0.9
63	17-11		Sandstone	719.5	1.0
64	Q-26		Sandstone	184.3	1.4
65	MJBC-2	270.0	Sandstone	1037.5	0.1
66	MJBC-3	151.0	Sandstone	2464.0	1.6
67	MJBC-3	249.0	Sandstone	3510.5	2.0
68	MJBC-9	108.0	Sandstone	138.2	0.4
Average values of Sandstone				985.8	1.3

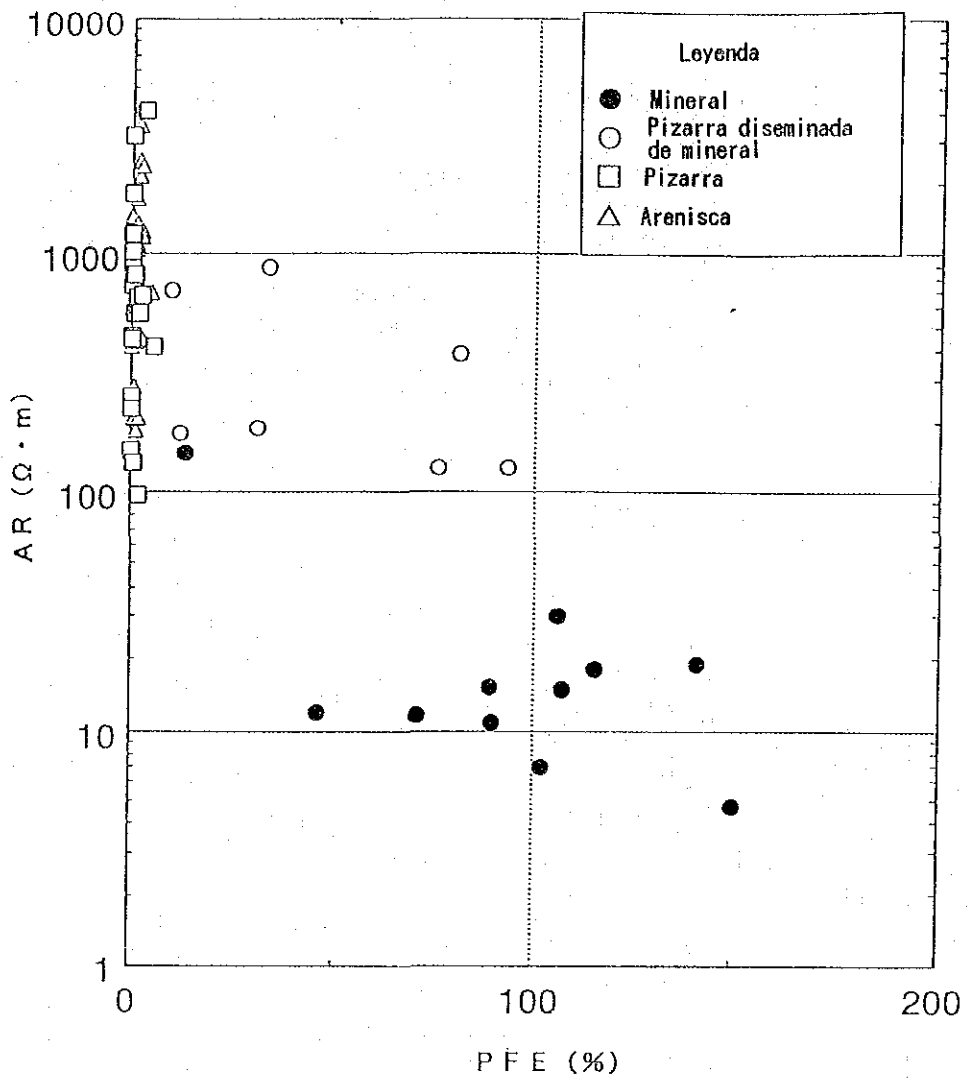


Fig. II-2-5

Relacion entre PFE y resistividad en medición de propiedad física

estudio adicional, los planos (Dibujos plano y seccional), Fig. II-2-7 - 10, se muestran la estructura de resistividad y la distribución de FE. Dándole un valor de resistividad a la formación (background) de cada línea de medición, tal como se muestra en el plano, y asignándole a cada uno de los modelos anómalos IP (modelo de cuerpo mineralizado) el valor resistivo y el valor PFE, ellos se muestran en el plano seccional (Diagrama de simulación en la Fig. II-2-11).

(Línea de medición B)

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado inclinado hacia el este y distribuido en la cercanía de los puntos de medición 4 - 8 (background:  $100\Omega \cdot m$ , PFE6% al valor de resistividad de  $10\Omega \cdot m$ ).

Se hizo también una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado inclinado hacia el oeste en la cercanía de los puntos de medición 20-26 (background:  $200\Omega \cdot m$ , PFE5% al valor de resistividad de  $10\Omega \cdot m$ ).

Se considera que el modelo de cuerpo mineralizado en los puntos de medición 4-8 corresponde a la extensión inferior de la zona mineralizada Armas. Se realizó MJBC-5, encontrándose venillas.

El modelo de cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos de medición 20-26 se supone ser la parte inferior de la zona mineralizada de Unificada, y se estima también que corresponde a la parte extendida al norte de cada veta del yacimiento principal.

(Línea de medición D)

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado en 3 puntos y distribuido en la cercanía de los puntos de medición 6 - 12.

Existen modelo en forma de placa horizontal (background:  $20\Omega \cdot m$ , PFE6% al valor de resistividad de  $20\Omega \cdot m$ ), modelo en forma de placa larga inclinado hacia el este (background:  $20\Omega \cdot m$ , PFE5% al valor de resistividad de  $7\Omega \cdot m$ ) y otro modelo similar en forma de placa corta (background:  $20\Omega \cdot m$ , PFE6% al valor de resistividad de  $6\Omega \cdot m$ ). En general, se considera un modelo en forma de placa vertical o casi vertical.

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado inclinado hacia el oeste en 3 puntos y distribuido en la cercanía de los puntos de medición 24-32 (Todos los backgrounds:  $8\Omega \cdot m$ , PFE5% al valor de resistividad de  $60\Omega \cdot m$ )

El modelo de cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos de medición 6-12 corresponde a la porción inferior de la zona mineralizada de Armas. En la ejecución de MJBC-4, se descubrieron venillas de abundante de zinc en las



profundidades entre 93.25m-377.60m.

Se considera que el modelo de cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos de medición 24-32 refleja las amplias zonas mineralizadas y alteradas de la parte inferior de las zonas de Unificada. Estas zonas corresponden a la extensión al norte de las vetas actualmente en explotación. Aunque hay posibilidad de existencia de yacimientos en la cercanía, con sólo los datos actuales no se puede confirmar la situación de mineralización. Por lo tanto, será necesario esperar el resultado de las exploraciones futuras.

(F) (Línea lateral F)

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado inclinado hacia el este y distribuido en la cercanía de los puntos de medición 6-8 (background:  $60\Omega \cdot m$ , PFE5% al valor de resistividad de  $40\Omega \cdot m$ )

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado inclinado hacia el oeste en 6 puntos y distribuido en la cercanía de los puntos de medición 24-44 (background:  $80\Omega \cdot m$ , PFE5-6% al valor de resistividad de  $30\Omega \cdot m$ )

El modelo de cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos de medición 6-8 corresponde a la porción inferior de la zona mineralizada de Armas. Se realizaron MJBC-9, MJBC-10; con MJBC-9 se encontraron vetas que contenían en especial piritas con un máximo largo cortado de 150cm, y con MJB-10 se encontraron venillas del calidad inferior.

Se considera que el modelo de cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos de medición revela la zona mineralizada de Librulibruni. La porción inferior de la zona mineralizada ya ha sido desarrollada. Y como existen vetas hay posibilidad de que como reflejo de ellas se ha formado la zona anómala.

(Línea de medición H)

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado en 3 puntos y distribuido en la cercanía de los puntos de medición 6-12.

Se cuentan con el modelo en forma de placa horizontal (background:  $80\Omega \cdot m$ , PFE5-6% al valor de resistividad de  $60\Omega \cdot m$ ), el modelo en forma de placa larga (background:  $80\Omega \cdot m$ , PFE6% al valor de resistividad de  $50\Omega \cdot m$ ) y el modelo en forma de placa corta (background:  $80\Omega \cdot m$ , PFE6% al valor de resistividad de  $50\Omega \cdot m$ ). Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado inclinado hacia el oeste y distribuido en la cercanía de los puntos de medición 28-44

(background:  $80\Omega \cdot m$ , PFE5% al valor de resistividad de  $40\Omega \cdot m$ , 2 puntos; PFE7% al valor de resistividad de  $30\Omega \cdot m$ , PFE6% al valor de resistividad de  $40\Omega \cdot m$ )

El modelo de cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos de medición 6-12 corresponde a la porción inferior de la zona mineralizada de Ocavi. En

la ejecución de MJBC-3, se descubrieron venillas de abundante zinc y estaño en las profundidades entre 103.18m - 481.83m.

Adicionalmente, se realizó MJBC-11 para la exploración en mayores profundidades, encontrándose numerosas vetas de red de alta calidad. En cuanto al modelo de cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos de medición 28-44, en la porción de escasa profundidad se refleja la zona mineralizada de Triunfo, mientras que en la porción inferior, el presente yacimiento.

(Línea de medicioon J)

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado en forma de placa horizontal distribuido en la cercanía de los puntos de medición 26-28

(background:  $70\Omega \cdot m$ , PFE5% al valor de resistividad de  $50\Omega \cdot m$ )

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado inclinado hacia el oeste y distribuido en la cercanía de los puntos de medición 38-46

(background:  $100\Omega \cdot m$ , PFE5-6% al valor de resistividad de  $60\Omega \cdot m$ )

Se realizaron sondeos en el interior de la mina, MJBC-16-MJBC-17, dándose con 4 vetas ricas en marmatitas con un ancho mayor a 30cm.

El modelo de cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos de medición 38-46, se considera la existencia del yacimiento, y la zona anómala indica claramente la existencia de yacimientos.

(Línea de medicioon P)

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado en forma de placa horizontal distribuido en la cercanía de los puntos de medición 22-24

(background:  $80\Omega \cdot m$ , PFE5% al valor de resistividad de  $60\Omega \cdot m$ )

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado inclinado hacia el oeste en 3 puntos y distribuido en la cercanía de los puntos de medición

36-46 (background:  $80\Omega \cdot m$ , PFE5-6% al valor de resistividad de  $60\Omega \cdot m$ )

El cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos 22-34 corresponde a la parte inferior de la zona mineralizada de Alto Colquiri. Se realizaron sondeos MJBC-1, descubriéndose vetas ricas de zinc y plata en 5 puntos entre 92.85m - 135.09m. El ancho máximo de la veta fue de 210cm.

Además de esto, se realizó MJBC-12 para la confirmación del rumbo de las vetas y para la exploración de profundidades, encontrándose 4

vetas ricas de zinc y plata con un máximo largo cortado de 106cm. A 50 metros al este, se realizoo MJBC-19, encontrándose 4 vetas ricas de zinc y plata con un máximo largo cortado de 280cm.





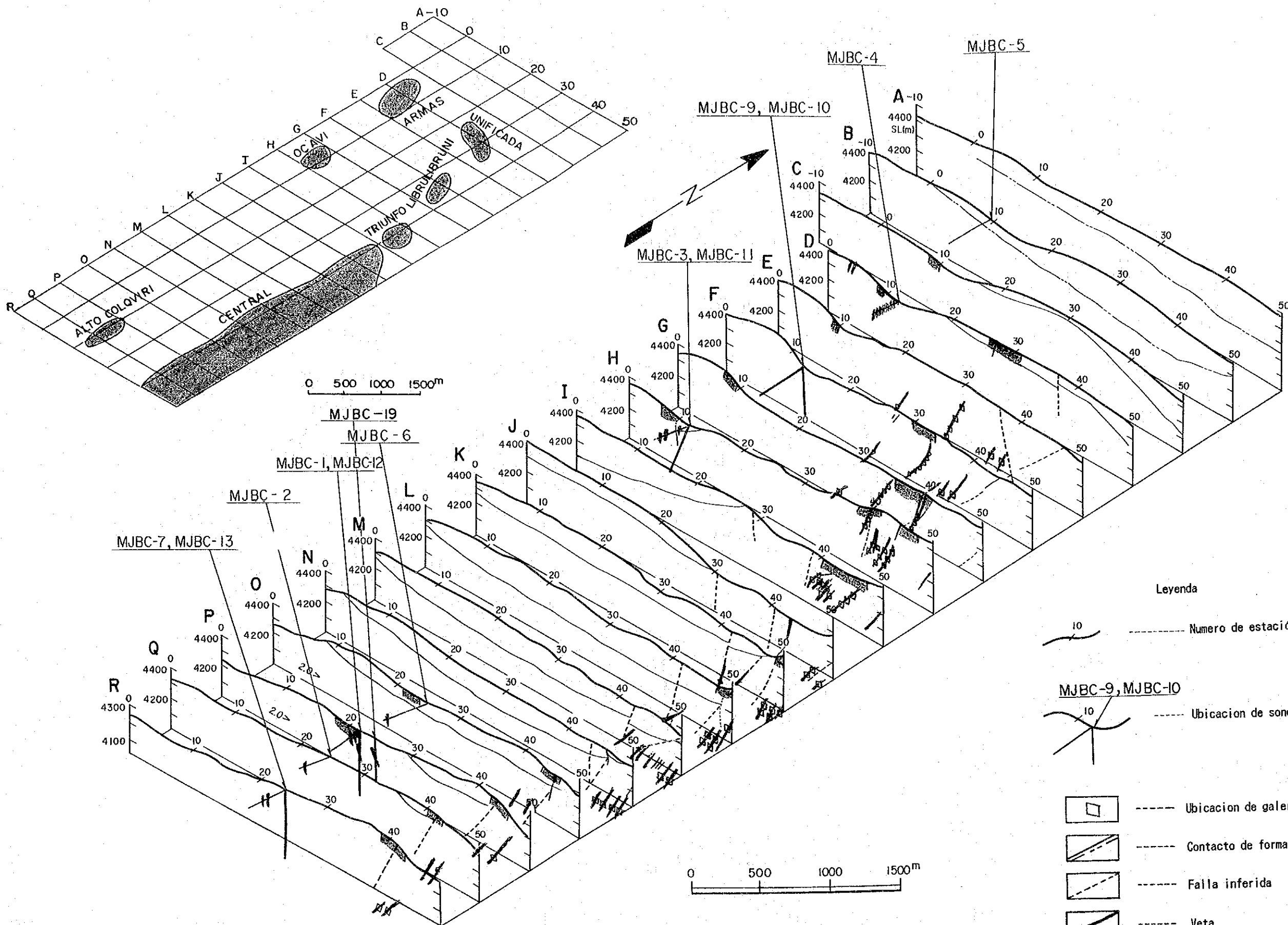
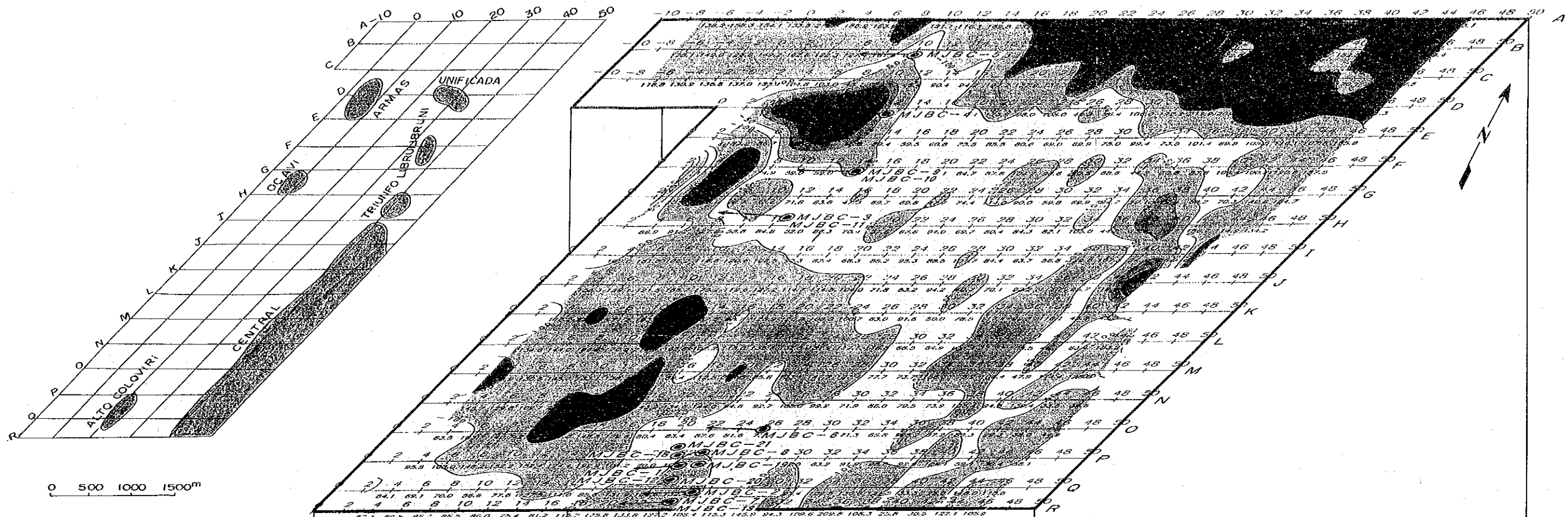
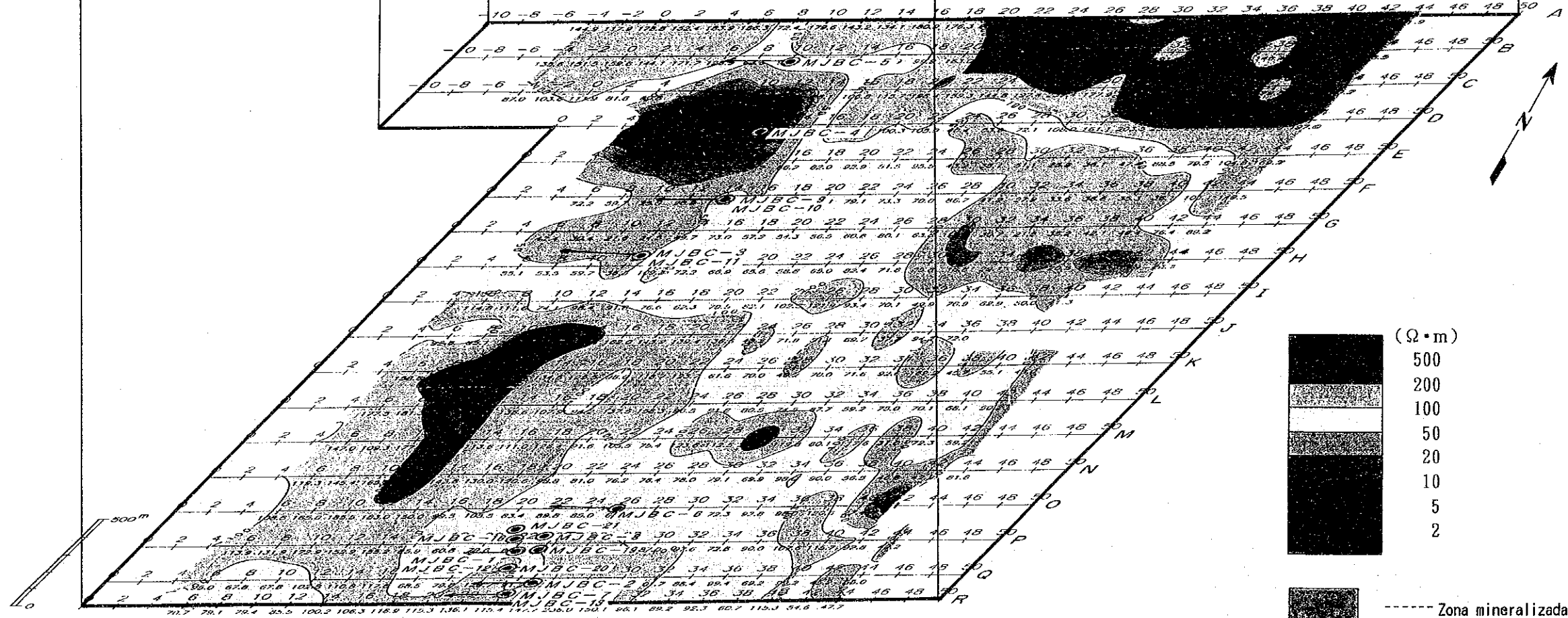


Fig. II-2-6 Diagrama panel de sección geológica



$N = 2 (150m)$   $AR (\Omega \cdot m)$



$N = 4 (250m)$   $AR (\Omega \cdot m)$

Fig. II-2-7 Diagrama panel de estructura de resistividad por método PI (Plan)

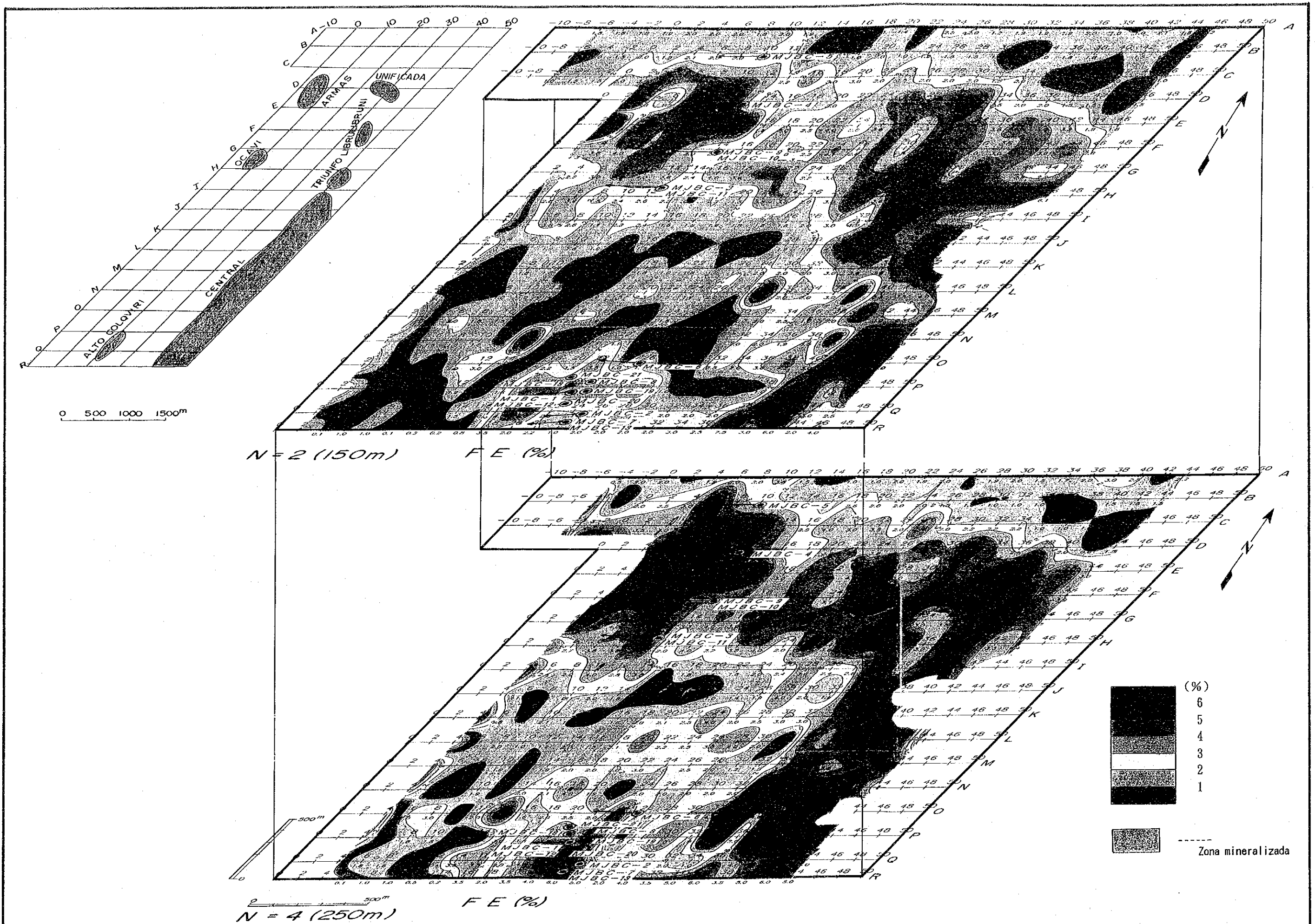


Fig. II-2-8 Diagrama panel de distribución de FE por método PI (Plan)



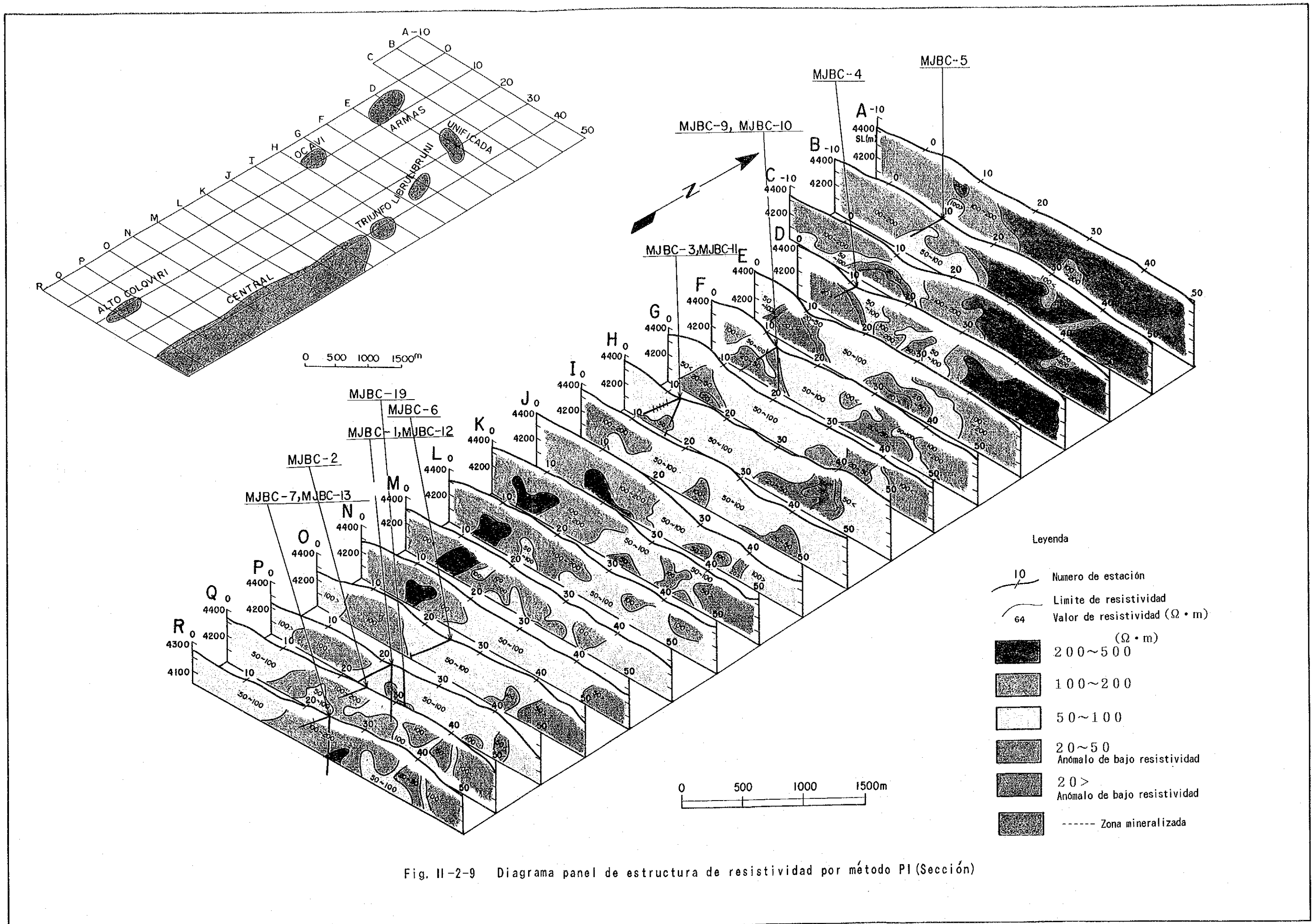


Fig. II-2-9 Diagrama panel de estructura de resistividad por método PI (Sección)



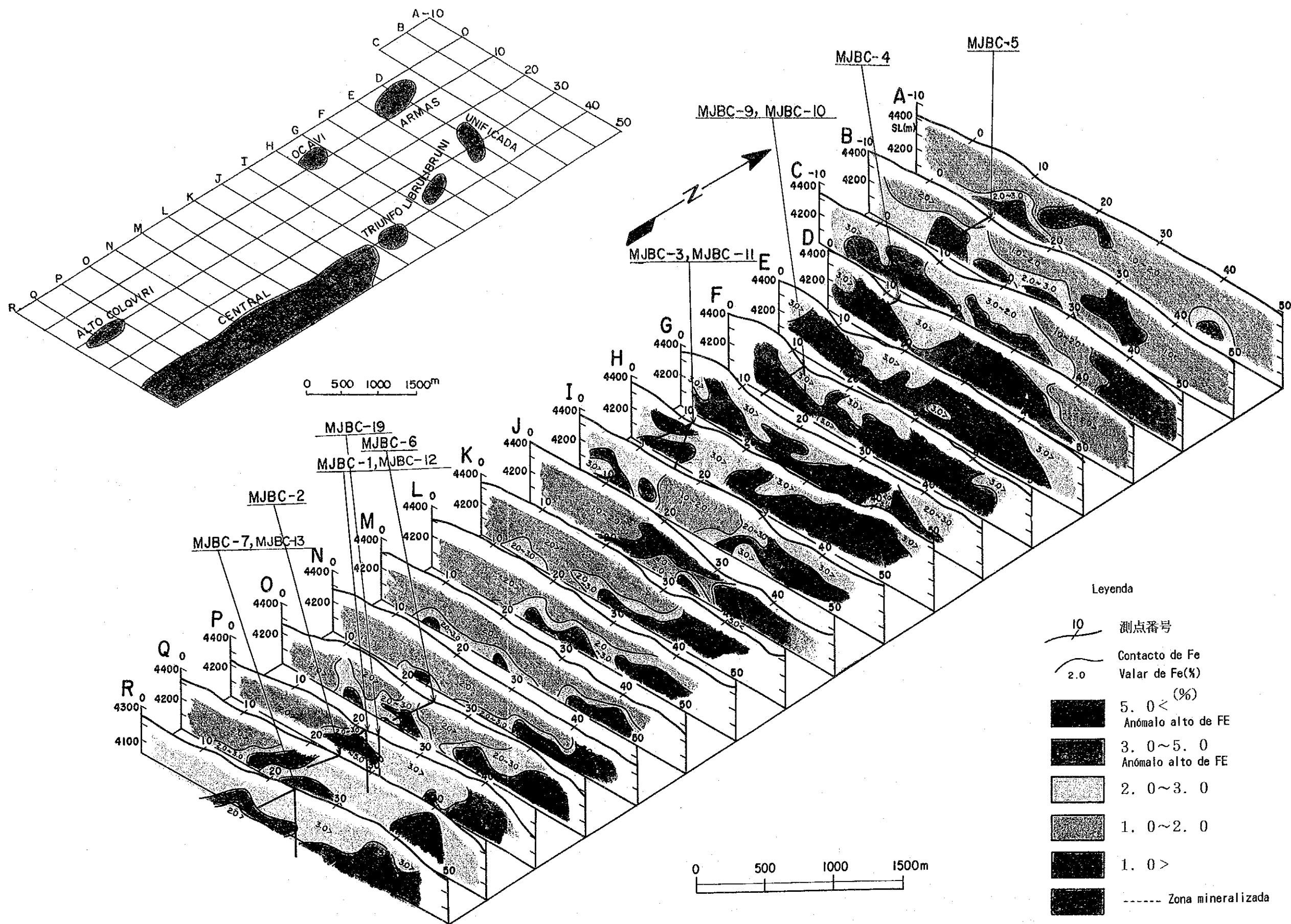


Fig. II-2-10 Diagrama panel de distribución de FE por método PI (Sección)

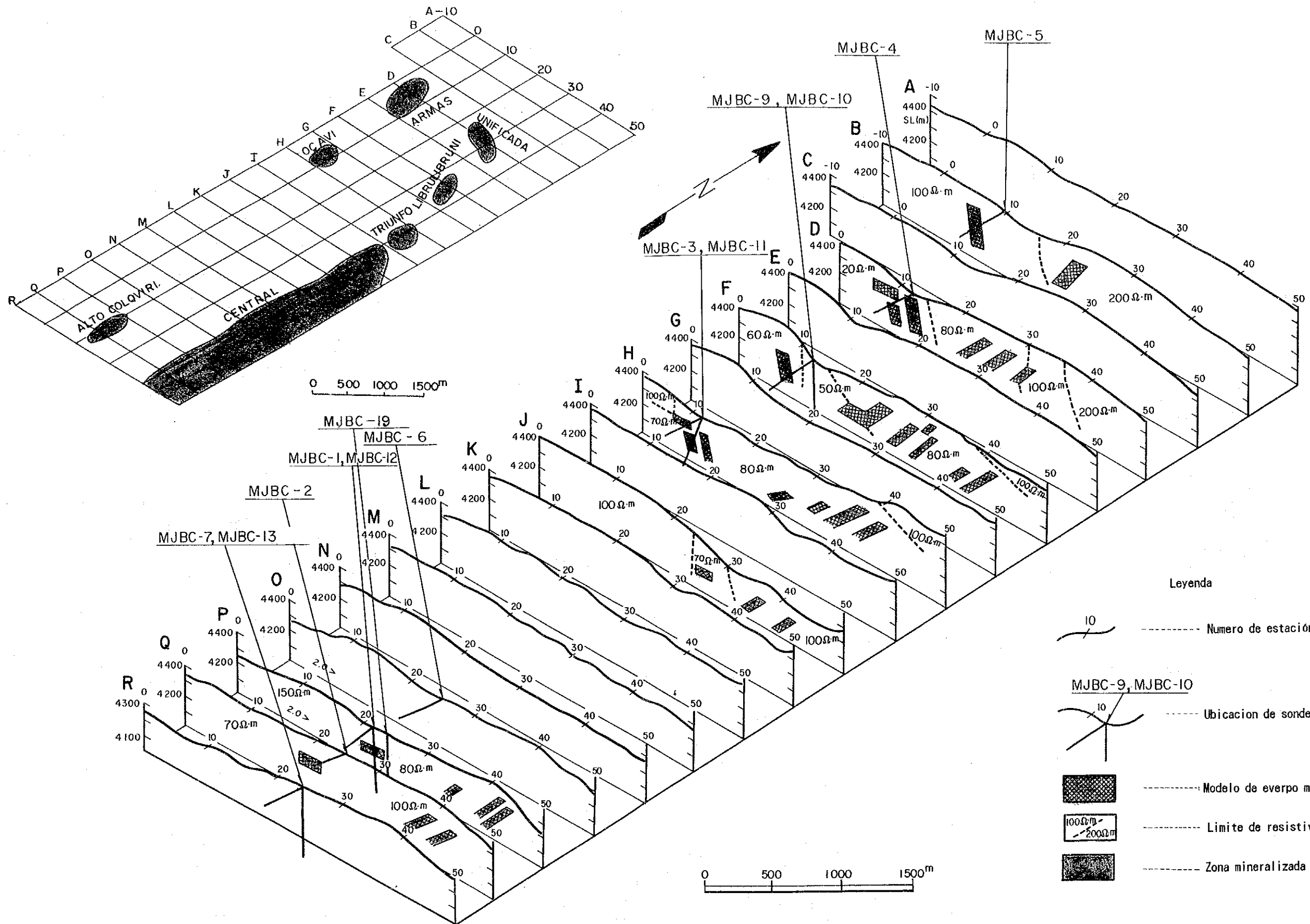


Fig. II-2-11 Diagrama panel de simulación de metodo PI (Sección)



(Línea de medición Q)

Se hizo una hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado en forma de placa horizontal distribuido en la cercanía de los puntos de medición 18-22

(background:  $70\Omega \cdot m$ , PFB5% al valor de resistividad de  $40\Omega \cdot m$ )

Se hizo también otra hipótesis del modelo de cuerpo mineralizado inclinado hacia el oeste en 2 puntos y distribuido en la cercanía de los puntos de medición 40 - 46 (background:  $100\Omega \cdot m$ , PFB7% al valor de resistividad de  $40 m$ , PFB6% al valor de resistividad de  $60\Omega \cdot m$ )

El cuerpo mineralizado en la cercanía de los puntos 18 - 22 corresponde a la parte inferior de la zona mineralizada de Alto Colquiri. Se realizaron sondeos MJBC-2, descubriéndose vetas ricas de zinc y plata entre 214.15m - 214.50m (35cm).

Además de esto, en el intermedio de las líneas de medición Q, R de la extensión al sur, se realizó MJBC-7, encontrándose entre 118.10m - 194.85m 3 vetas ricas de zinc, plomo y plata. Se realizó también MJBC-13 para la confirmación del rumbo y buzamiento de las vetas y para la exploración de profundidades, encontrándose vetas con un máximo largo cortado de 47cm.

### 2-2-3 ANALISIS DE DOS DIMENSIONES POR METODO CSAMT

Se realizó el análisis de dos dimensiones por método CSAMT en los 5 puntos de medición; A, B, E, F, J. El cálculo de Forward se realizó para obtener la resistividad y diferencia de fases de cada frecuencia de cada punto de medición con respecto al modelo de resistividad de tierra (estructura subterránea y su distribución de resistividad). El presente cálculo analítico se adoptó para el estudio/selección del modelo inicial y para la corrección de los resultados del cálculo de inversión.

El cálculo de inversión es un tipo para la solución de problema de valor inverso y se adopta para calcular la distribución de resistividad en el subterráneo, explicable de la mejor manera con relación a los datos de medición reales. En este caso, se compara y se hace referencia a la curva pa-f entre el valor real y el valor calculado. Y de manera que el valor calculado se aproxime al valor real, se corrige y modifica la distribución de resistividad. Para ello, se ha adoptado el método para la aplicación repetida de involución mínima.

Las Figs. II-2-11 y II-2-12 muestran vistas seccionales de la estructura de resistividad de una y dos dimensiones.

### (Sección A)

La distribución de resistividad del método IP muestra hasta una profundidad de 300m.

En los puntos de medición 14-48, se muestra la zona de alta resistividad de más de  $200\Omega \cdot m$ , mientras en los puntos 6-10 se indica la zona de baja resistividad, inferior a  $100\Omega \cdot m$ . En el plano seccional de la estructura de resistividad, se muestra casi la misma forma; la zona de alta resistividad para las formaciones de Catavi se considera ser principalmente de arenisca, y la zona de baja resistividad se prevé ser arenisca y alternación de estratos de pizarra. Es buena la conformidad entre el método IP y el CSAMT. Además, la distribución de la estructura de la parte profunda, en los puntos de medición 2-4, 6-10, 12-14, 22-26, la resistividad de menos de  $50\Omega \cdot m$  se observa su extensión de la parte de escasa profundidad a la parte profunda. Por otra parte, la profundidad mayor sobre la altura de 3600m, se observa baja resistividad, inferior a  $20\Omega \cdot m$ . Se supone que existe una zona fracturada en la zona de baja resistividad, inferior a  $50\Omega \cdot m$ . Se deduce también que es alta la salinidad de las rocas en la zona de baja resistividad a las profundidades máximas.

Según el análisis de dos dimensiones, en escasas profundidades de los puntos de medición 3-30 está distribuida la alta resistividad de  $180\Omega \cdot m$ . Esto refleja la arenisca de las formaciones de Catavi. De las profundidades relativamente pequeñas a las altas profundidades de los puntos de medición 3-4, se distribuye zonas de baja resistividad,  $50\Omega \cdot m$  y  $20\Omega \cdot m$ . En los puntos de medición 22-25 también se observa la distribución de zonas de baja resistividad. Se supone que esta tendencia se debe a la existencia de zonas fracturadas.

En las profundidades máximas, a lo largo de toda su extensión existen zonas de baja resistividad,  $10\Omega \cdot m$  y  $15\Omega \cdot m$ . El factor principal de lo mencionado, puede ser el aumento de salinidad dentro de las rocas.

### (Sección B)

La sección de estructura de resistividad muestra en las profundidades escasas de los puntos de medición 0-8 zonas de baja resistividad, inferior a  $100\Omega \cdot m$ , en los puntos 14-21, zonas de alta resistividad, más o menos  $100\Omega \cdot m$ . Y en los puntos 6-14, de profundidades relativamente escasas, zonas de baja resistividad, inferior a  $20\Omega \cdot m$ . En profundidades sobre la altura de 3800m, aunque existen ciertos altibajos, hay zonas de baja resistividad, inferior a  $20\Omega \cdot m$ . En las zonas de baja resistividad provenientes de profundidades relativamente escasas de los puntos de medición 15-21, se supone la

existencia de zonas fracturadas. De acuerdo con el análisis de dos dimensiones, en escasas profundidades de los puntos de medición 15-21, se ha confirmado la existencia de zonas de alta resistividad de  $180\Omega \cdot m$ .

A lo largo de todas las líneas de medición, de profundidades medias a altas, se han observado la existencia de zonas de baja resistividad de  $15\Omega \cdot m$ .

En las profundidades medias a altas de los puntos de medición 14-15, se han observado un cambio radical de resistividad, de  $15\Omega \cdot m$ , a  $110\Omega \cdot m$ , por lo que se deduce que existe zonas fracturadas.

#### (Sección B)

La sección de estructura de resistividad muestra en las profundidades escasas de los puntos de medición 4-9 zonas de resistividad relativamente baja. Y en los puntos 10-24, de profundidades sobre la altura de 3900m, existen zonas de baja resistividad, inferior a  $20\Omega \cdot m$ .

De acuerdo con el análisis de dos dimensiones, en profundidades medias de los puntos de medición 6-24, se ha confirmado la existencia de zonas de baja resistividad,  $10\Omega \cdot m$ .

Además, a lo largo de todas las líneas de medición, a escasas profundidades, se han observado la existencia de zonas de baja resistividad.

#### (Sección F)

En la sección de estructura de resistividad, en general es prominente la zona de baja resistividad. En los puntos de medición 5-6, 10-19, 21-28, 33-34, 35-41 y 45-49, existen zonas de baja resistividad, de  $50\Omega \cdot m$  o inferior, en escasas o relativamente escasas profundidades. De acuerdo con el análisis de dos dimensiones, en profundidades medias de los puntos de medición 42-48, se ha confirmado la existencia de zonas de baja resistividad en todo el alcance de las líneas de medición (de escasas profundidades a altas profundidades), además de la zona de alta resistividad obtenida,  $200\Omega \cdot m$ .

#### (Sección J)

En la sección de estructura de resistividad, existen zonas de baja resistividad,  $50\Omega \cdot m$  o inferior, en profundidades relativamente escasas de los puntos de medición 22-28 y 33-34.

A una profundidad mayor a aproximadamente 3400m de altura, existen zonas de baja resistividad;  $30\Omega \cdot m$  o inferior.

De acuerdo con el análisis de dos dimensiones, en profundidades relativamente escasas de los puntos de medición 423-25, se ha confirmado la existencia de

zonas de baja resistividad;  $20\Omega \cdot m$  o inferior. Se obtuvo un valor de resistividad de  $80\Omega \cdot m$  en profundidades escasas y altas de los puntos de medición 1-22.





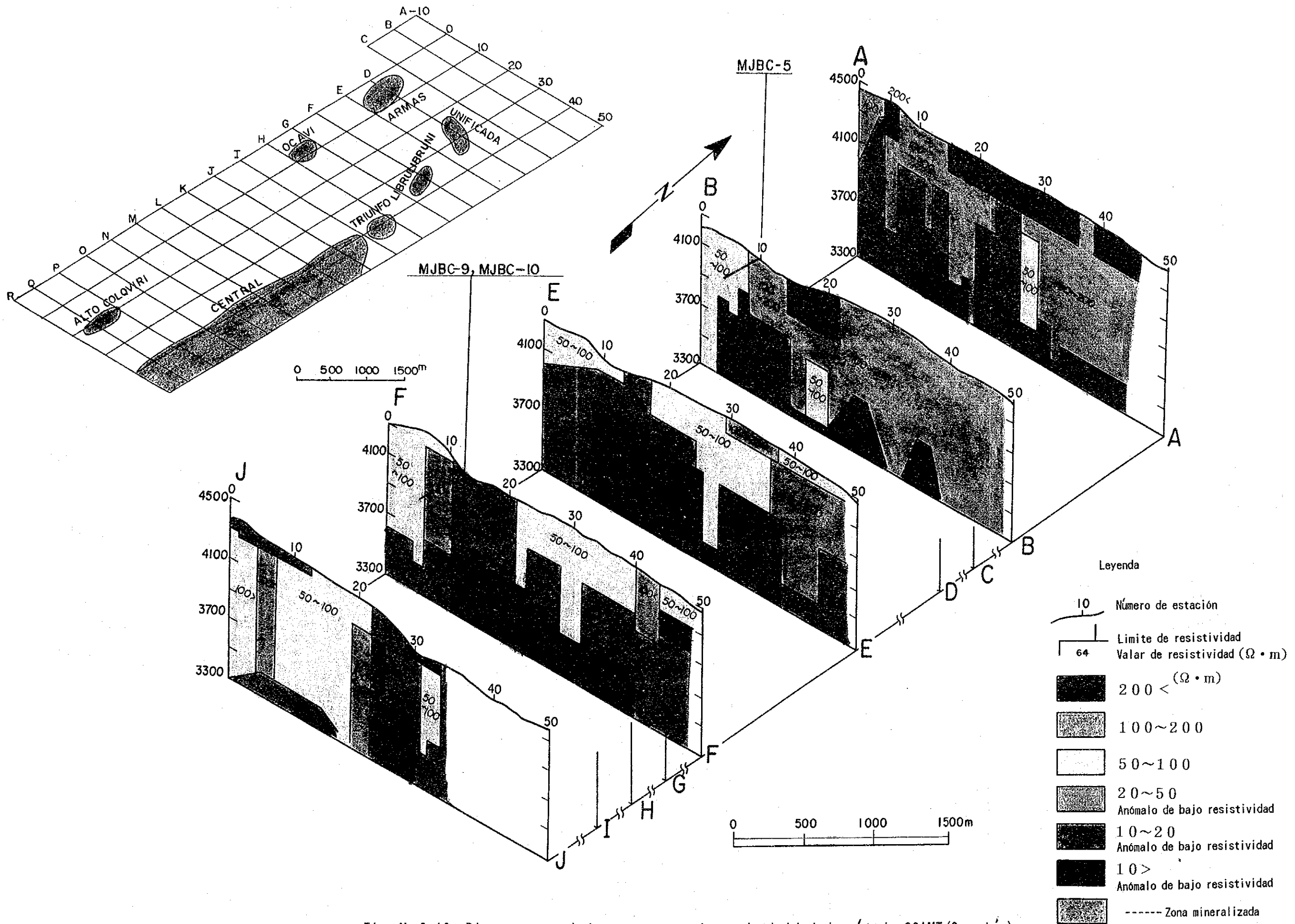


Fig. II-2-12. Diagrama panel de estructura de resistividad de método CSAMT (Sección)

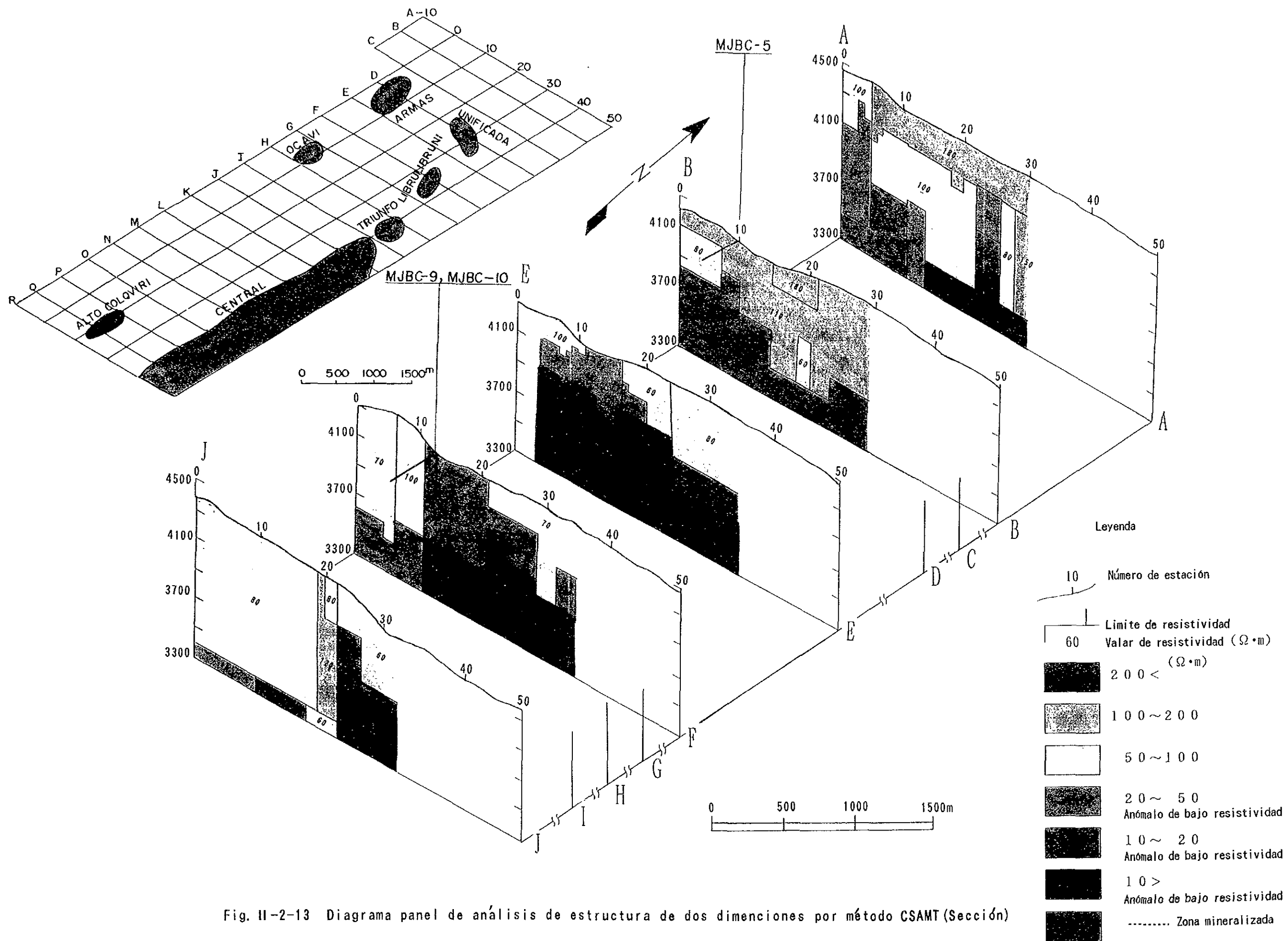


Fig. II-2-13 Diagrama panel de análisis de estructura de dos dimensiones por método CSAMT (Sección)



Fig. II-2-14 Mapa de resultado sintético de exploración geofísica



## CAPITULO III SONDEO

Este estudio por sondeo, se ha realizado, tanto en el interior, como en el exterior de la mina. Las posiciones de perforación se presentan en FigII-3-1.

Los resultados de los sondeos se han analizado en forma integral junto con los resultados del estudio geológico y los de la exploración geofísica, con el fin de evaluar potencial de existencia en el yacimiento. Además utilizando los núcleos, se han realizado varias pruebas sobre la vetas y matrices en el laboratorio. Los tipos de pruebas y sus números se presentan en la tabla II-1-2.

Estos resultados de las pruebas en el laboratorio también se han utilizado para la interpretación de mineralización y alteración, con el fin de establecer una estrategia de exploración y un estudio sobre la mineralización.

### 3-1 OBJETO

El estudio de sondeo se ha realizado con el fin de confirmar alta posibilidad de existencia del yacimiento en las zonas seleccionadas, a través del estudio geológico y de exploración geofísica, principalmente por el método de IP en el caso de este último. El estudio por sondeo consiste en 21 taladros en total, de los cuales 17 son del exterior de la mina y 4 son del interior. La ubicación, longitud, inclinación y algunos datos de perforación se presenta en la tabla II-3-1.

A continuación se presentan descripciones de los objetivos concretos de estos estudios de sondeo en cada sección.

#### (1) Sección Armas MJBC- 4, 5, 9, 10 (En el exterior de la mina)

Estas 4 perforaciones se han realizado con el fin de confirmar las zonas de anomalía de IP en la parte inferior de la mineralización en Armas, la cual se ha definido por el estudio geológico.

#### (2) Sección Ocavi MJBC- 3, 11 (En el exterior de la mina)

Estas 2 perforaciones se han realizado con el fin de confirmar las zonas de anomalía de IP en la parte inferior de la mineralización en Ocavi, la cual se ha definido por el estudio geológico.

#### (3) Sección Alto Colquili MJBC- 1, 2, 6, 7, 8, 12, 13, 18, 19, 20, 13, (En el exterior de la mina)

Estas 11 perforaciones se han realizado con el fin de confirmar las zonas de anomalía de IP en la parte inferior de la mineralización en Alto Colquili, la cual se ha definido por el estudio geológico.





- Leyenda**
- Perforación vertical
  - ⊙ Perforación inclinada
  - ⊗ Perforación vertical/inclinada en mismo lugar

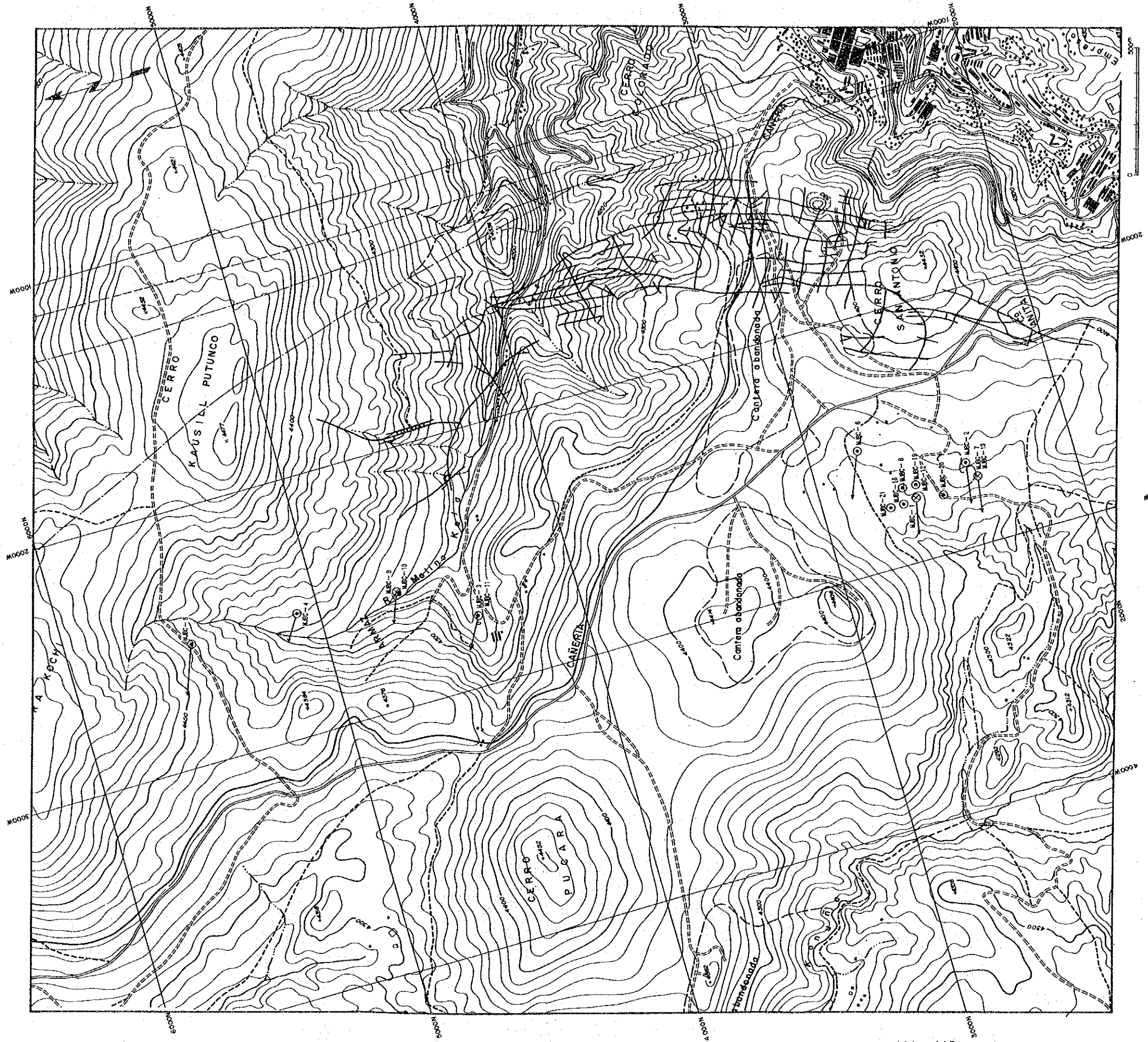


Fig. II-3-1 Mapa de ubicación de sondas



