

UNIVERSITY OF TORONTO

1961

THE EXPLORATION AND EXPLOITATION OF MINERAL RESOURCES

IN

THE PROVINCE OF ALBERTA

BY J. H. HARRIS

(A-10)

WAC 11 1961

JICA LIBRARY



J 1143260(6)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

LIBRARY OF THE JICA OFFICE IN TORONTO

615  
661  
MPN

141-N  
1961  
100-33



INFORME  
DE  
LA EXPLORACION COOPERATIVA DE MINERAL  
EN  
REGION ARCELIA  
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
(FASE I)

MARZO 1988

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN



1143260 {6}

## PROLOGO

El gobierno del Japón, de acuerdo a la solicitud del gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, decidió realizar investigaciones relativas a la exploración de yacimientos de minerales tales como investigación geológica, geoquímica, geofísica, y perforación con el fin de comprobar la posibilidad de la existencia de recursos minerales en la región Arcelia situada en el centro de México.

El gobierno del Japon consignó a Japan International Cooperation Agency of Japan (JICA) la realización de estas investigaciones, y ésta a su vez consigno a Metal Mining Agency of Japan (MMAJ) su ejecución, dado que la característica de estas investigaciones pertenece a un campo especializado de geología y de exploración minera.

El año 1987 corresponde al primero año de estas investigaciones y MMAJ organizó una delegación compuesta de ocho expertos, la que fue enviada al área de estudio donde permaneció trabajando desde el 20 de julio hasta el 12 de diciembre.

Los trabajos de investigaciones fueron concluidos, con la cooperación de organismos gubernamentales de México, especialmente del Consejo de Recursos Minerales (CRM), el 12 de diciembre tal como estaban programados.

El presente informe consiste en un resumen de los resultados de las investigaciones, efectuadas en el primero año y formará parte del informe final.

Para terminar, queremos manifestar nuestro profundo agradecimiento a los organismos gubernamentales de México, así como a los Ministerios de Relaciones Exteriores y de Industria, y Comercio Internacional del Japón, Embajada del Japón en México, y a todas las personas concernientes, por sus colaboraciones prestadas por la puesta en práctica de estas investigaciones.

Febrero de 1988



Kensuke Yanagiya  
Presidente  
Japan International Cooperation Agency



Junichiro Sato  
Presidente  
Metal Mining Agency of Japan



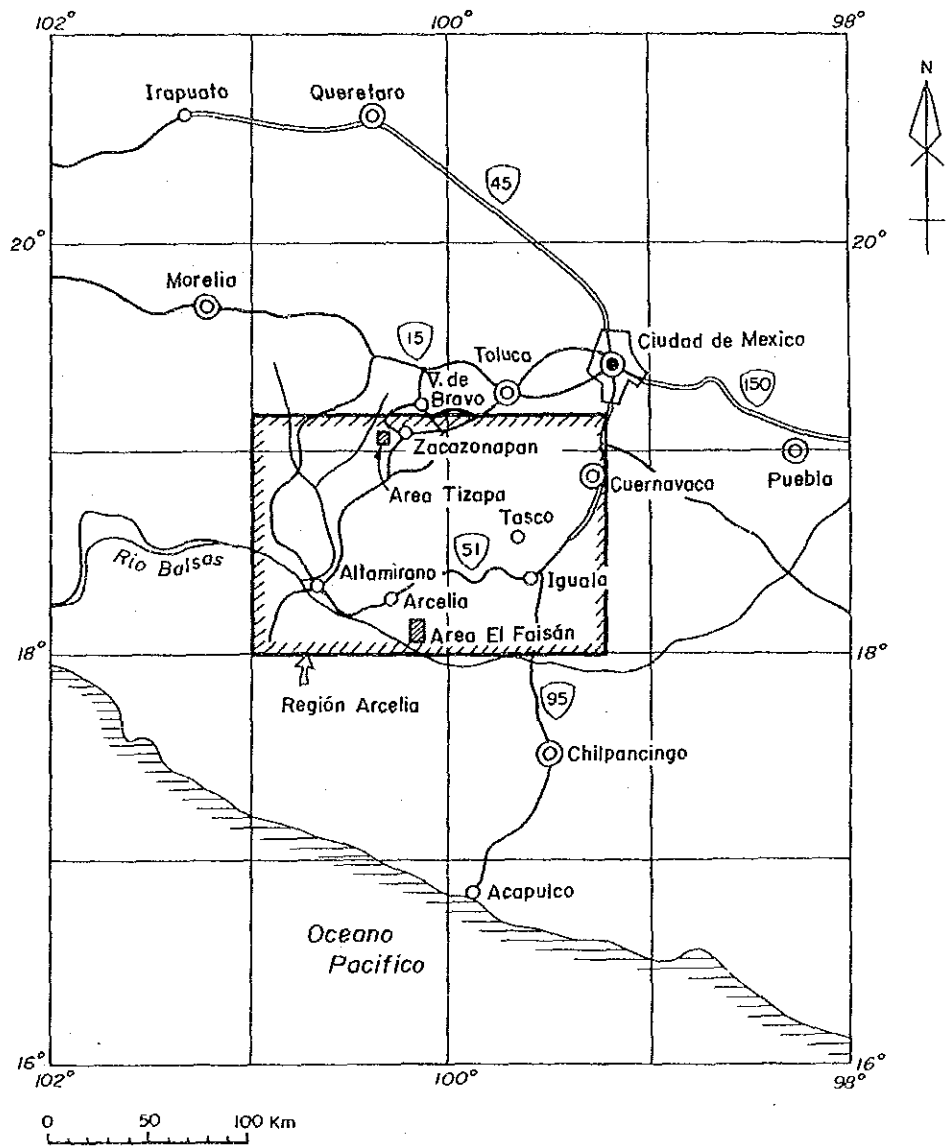
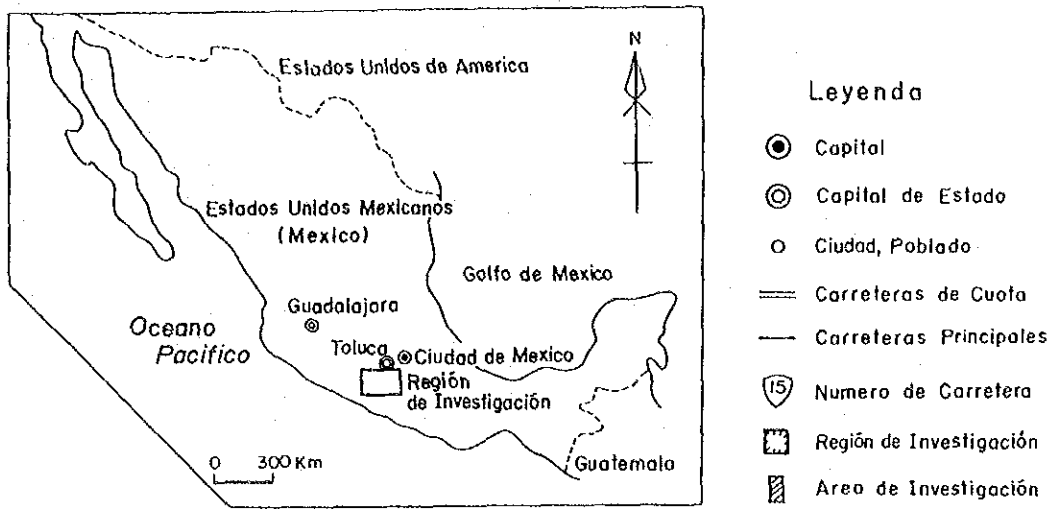


Fig. 1-1-1 Mapa de Localización de la Región de Investigación





## RESUMEN

### 1. Area Tizapa

La zona mineralizada de Tizapa es un yacimiento de sulfuros masivos encajonados en esquistos de formación mesozoica que se encontraba sometida las exploraciones activas por CRM, un organismo gubernamental de México, hasta el inicio del presente proyecto. El objetivo de las actividades del presente estudio es aclarar las particularidades de la zona mineralizada con el fin de obtener la guía de las exploraciones futuras y se llevaron a cabo la investigación por perforación de siete (7) barrenos con la longitud total de 1.800 m., investigación geofísica de la superficie terrestre por medio del método TEM, y investigación geofísica por medio del método de "charged potential" aprovechando los barrenos.

Como consecuencia de las investigaciones del presente estudio la zona mineralizada fue captado a través de siete (7) perforaciones. Según los estudios realizados en base a ello y a los resultados de perforaciones convencionales, la zona mineralizada de Tizapa está compuesto de un cuerpo de buena continuidad contenido en la parte limítrofe de la capa superior de esquisto grafitico y de capa inferior de esquistos, de varios cuerpos mineralizados delgados contenidos dentro de la capa superior de esquisto grafitico de un cuerpo mineralizado grueso, que a pesar de ser de mala continuidad alcanza a 20m contenido en la capa inferior de esquistos y de varios cuerpos mineralizados delgados. Asimismo, según la observación microscópica del núcleo de perforación, resultados de pruebas yanálisis tales como el análisis EPMA teniendo en cuenta sucomposición mineral que comprende galena, se juzga que la zona mineralizada de, Tizapa pertenece al yacimiento de sulfuros masivos volcanogenico tipo "kuroko".

Los resultados de la exploración geofísica de la superficie terrestre por medio del método TEM demostraron que la capa de esquisto grafitico de la base superior la zona mineralizada se detectó claramente como faja de baja resistividad y que la misma desarrolla ampliamente hacia la dirección a la que cae la

zona mineralizada, es decir, hacia norte-noroeste aumentando su profundidad levemente. Por el otro lado, como consecuencia de la exploración geofísica por medio del método Potencial Cargado aprovechando los barrenos se supone que la continuidad del cuerpo en la parte central de la zona mineralizada de Tizapa es buena, lo que apoya la forma del cuerpo mineralizado estimada a partir de las investigaciones por perforación.

Teniendo en cuenta los resultados de las investigaciones mencionadas arriba se desea que en el futuro se efectúen investigaciones por perforación con el fin de confirmar la extensión inferior del cuerpo mineralizado hacia donde cae el cuerpo, es decir, hacia noroeste, identificar y observar directamente la zona mineralizada y aclarar sus particularidades excavando la galería de exploración y extraer muestras del mineral para la prueba metalúrgica.

## 2. Area El Faisán

Esta zona consiste en rocas sedimentarias cretácicas y rocas intrusivas que las atraviesan. Tradicionalmente se consideraba que era una área conteniendo sulfuros masivos, pero a través de las presentes investigaciones se ha deducido que la zona mineralizada corresponde al yacimiento de oro tipo aguas termales dentro del depósito hidrotermal, y que el horizonte favorable del depósito de sulfuros masivos volcanogénico se distribuye de norte al este de la área investigada.

Como resultado de la exploración geoquímica se detectó zonas anomalías de gran escala cerca de las zonas mineralizadas conocidos de Suriana, Machete, Infierno y El Faisán, pero los cuerpos mineralizados suelen presentar la forma de veta, los minerales estando compuestos principalmente de cuarzo, pirita y limonita, se considera que difícilmente puede esperarse yacimientos económicos. Por consiguiente, bajo las actuales circunstancias no convendría hacer más exploración en esta área aunque no se puede negar por completo el potencial del yacimiento de oro en esta área ya que existen rocas asociadas, yacimientos de sulfuros masivos y yacimiento de oro tipo aguas

termales cuya causa de formación es diferente, uno cerca del otro.

Se piensa que al explotar yacimiento de sulfuros masivos en algún lugar del contorno estableciendo una base para exploración del área valdría más buscar yacimientos de oro en esta zona, por lo que se desea planificar la exploración de minas en esta zona basándose en el método progresivo empezando por investigación geológica regional que sería el fundamento de tales actividades, que aparentemente hacía falta hasta hoy, para ir enforcando gradualmente los puntos a explorar.



## INDICE

PROLOGO

MAPA DE LOCALIZACION DE LA REGION DE INVESTIGACION

RESUMEN

### PARTE I GENERALIDAD

Capitulo 1	Introducción .....	1
1-1	Antecedentes y Objetivos de la Investigación .....	1
1-2	Alcance de la Investigación, Objeto y Resumen del Trabajo en el Primer Año .....	1
1-3	Organización de la Misión de Investigación .....	2
Capitulo 2	Geografía de la Región a ser Investigada .....	6
2-1	Ubicación y Tráfico .....	6
2-2	Topografía e Hidrografía .....	6
2-3	Clima y Vegetación .....	8
Capitulo 3	Informaciones Existentes sobre la Geología en la Región Arcelia .....	9
3-1	Resumen de las Investigaciones Realizadas .....	9
3-2	Geología General de la Región Arcelia .....	10
3-3	Disposición Geológica del Area de Investigación .....	13
3-4	Historia de Minería en la Región de Investigación .....	14
Capitulo 4	Estudios Integros de los Resultados de Investigación .	16
4-1	Estructura Geológica, Mineralización y Control de Mineralización .....	16
4-2	Potencial de Sulfuros Masivos y Vetas Aureas .....	20
Capitulo 5	Sugerencias para el Segundo Año de Investigación .....	23
5-1	Coclusión .....	23
5-2	Recomendación para el Segundo Año .....	26

### PARTE II DESCRIPCION DETALLADA

Capitulo 1	Area Tizapa .....	27
1-1	Método de Investigación .....	27
1-2	Investigaciones por Perforación .....	27
1-2-1	Investigaciones rIALIZADAS .....	27

1-2-2	Método de Trabajo y Equipos Utilizados .....	31
1-2-3	Trabajos de Perforación .....	35
1-2-4	Selección de los Puntos a Perforación .....	37
1-2-5	Resumen Geológico de Cada Barreno .....	37
1-2-6	Las Condiciones del Cuerpo Mineralizado .....	40
1-3	Sondeo Geofísico .....	145
1-3-1	Exploración por el Método TEM .....	145
1-3-2	Investigación mediante el Método de Potencial Cargado.	223
1-3-3	Medición de Polarización Inducida de las Muestras del Núcleo Perforado .....	242
1-4	Consideración .....	262
Capitulo 2	Area El Faisán .....	265
2-1	Método de Investigación .....	265
2-2	Investigación Geológica .....	265
2-2-1	Geología .....	265
2-2-2	Geología Estructura .....	271
2-2-3	Mineralización .....	281
2-2-4	Alteración .....	283
2-3	Investigación Geoquímica .....	294
2-3-1	Método de Muestreo y Análisis .....	294
2-3-2	Método de Análisis .....	294
2-3-3	Resultado de Análisis .....	295
2-3-4	Evaluación de Anomalía .....	296
2-4	Consideración .....	313
2-4-1	Geología .....	313
2-4-2	Mineralización y Alteración .....	314
2-4-3	Análisis Geoquímico .....	316
2-4-4	Potencial de Yacimiento de Oro .....	318

Parte III CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL SEGUNDO AÑO

Capitulo 1	Conclusión .....	327
Capitulo 2	Recomendación para el Segundo Año .....	330

## Lista de Figuras, Tablas y Planos

- Fig. I-1-1 Mapa de Localización de la Región de Investigación
- Fig. I-3-1 Mapa Geológico de la Región Arcelia
- Fig. II-1-1 Localización de las Perforaciones y Líneas de Secciones Geológicas, Area Tizapa
- Fig. II-1-2 Resultado de Obras de la Perforación MJM-1, Area Tizapa
- Fig. II-1-3 Resultado de Obras de la Perforación MJM-2, Area Tizapa
- Fig. II-1-4 Resultado de Obras de la Perforación MJM-3, Area Tizapa
- Fig. II-1-5 Resultado de Obras de la Perforación MJM-4, Area Tizapa
- Fig. II-1-6 Resultado de Obras de la Perforación MJM-5, Area Tizapa
- Fig. II-1-7 Resultado de Obras de la Perforación MJM-6, Area Tizapa
- Fig. II-1-8 Resultado de Obras de la Perforación MJM-7, Area Tizapa
- Fig. II-1-9 Secciones geológicas de las Perforación, Area Tizapa
- Fig. II-1-10 Plano de Isohypsa de la Zona Mineralización de Contacto de Esquistos Grafíticos y Mica-Esquistos, Area Tizapa
- Fig. II-1-11 Principio de Medición de por el Método TEM, Area Tizapa
- Fig. II-1-12 Configuración de Medición por el Método TEM, Area Tizapa
- Fig. II-1-13 Diagrama de las Posiciones Medidas por el Método TEM, Area Tizapa
- Fig. II-1-14 Plan de la Resistividad Aparente( $t=0.515mS$ ), Area Tizapa
- Fig. II-1-15 Plan de la Resistividad Aparente( $t=2.055mS$ ), Area Tizapa
- Fig. II-1-16 Plan de la Resistividad Aparente( $t=5.779mS$ ), Area Tizapa
- Fig. II-1-17 Plan de la Resistividad Aparente( $t=13.227mS$ ), Area Tizapa
- Fig. II-1-18 Sección de la Línea de Estación S03, Area Tizapa
- Fig. II-1-19 Sección de la Línea de Estación S02, Area Tizapa
- Fig. II-1-20 Sección de la Línea de Estación S01, Area Tizapa
- Fig. II-1-21 Sección de la Línea de Estación N00, Area Tizapa
- Fig. II-1-22 Sección de la Línea de Estación N01, Area Tizapa
- Fig. II-1-23 Sección de la Línea de Estación N02, Area Tizapa
- Fig. II-1-24 Sección de la Línea de Estación N03, Area Tizapa
- Fig. II-1-25 Sección de la Línea de Estación N04, Area Tizapa
- Fig. II-1-26 Sección de la Línea de Estación N05, Area Tizapa
- Fig. II-1-27 Sección de la Línea de Estación N06, Area Tizapa
- Fig. II-1-28 Sección de la Línea de Estación N07, Area Tizapa
- Fig. II-1-29 Sección de la Línea de Estación N08, Area Tizapa
- Fig. II-1-30 Sección de la Línea de Estación N09, Area Tizapa

- Fig. II-1-31 Sección de la Línea de Estación N10, Area Tizapa
- Fig. II-1-32 Sección de la Línea de Estación N12, Area Tizapa
- Fig. II-1-33 Sección de la Línea de Estación N14, Area Tizapa
- Fig. II-1-34 Sección NW-SE, Area Tizapa
- Fig. II-1-35 Plan de la Estructura de Resistividad (Capa Superficial)  
Area Tizapa
- Fig. II-1-36 Plan de la Estructura de Resistividad(100m de Profundidad)  
Area Tizapa
- Fig. II-1-37 Plan de la Estructura de Resistividad(200m de Profundidad)  
Area Tizapa
- Fig. II-1-38 Plan de la Estructura de Resistividad(300m de Profundidad)  
Area Tizapa
- Fig. II-1-39 Diagrama del Panel de Estructura de Resistividad,  
Area Tizapa
- Fig. II-1-40 Plan de la Profundidad Superficial de la Baja Resistividad  
Area Tizapa
- Fig. II-1-41 Plan de la Profundidad Inferior de la Baja Resistividad  
Area Tizapa
- Fig. II-1-42 Diagrama de Concepto del Método CP, Area Tizapa
- Fig. II-1-43 Diagrama de Configuración de la Línea de Medición y de la  
Estación por el Método CP, Area Tizapa
- Fig. II-1-44 Diagrama de Distribución del Plan del Potencial Constante  
por el Método CP, Area Tizapa
- Fig. II-1-45 Diagrama de Distribución del Plan del Potencial Constante  
por el Método CP (Datos Remedidos), Area Tizapa
- Fig. II-1-46 Diagrama del Resultado del Análisis por el Método CP  
Area Tizapa
- Fig. II-1-47 Sección del Resultado de la Medición por el Método CP  
(Estación 1), Area Tizapa
- Fig. II-1-48 Sección del Resultado de la Medición por el Método CP  
(Estación 2), Area Tizapa
- Fig. II-1-49 Sección del Resultado de la Medición por el Método CP  
(Estación 4), Area Tizapa
- Fig. II-1-50 Diagrama de Colocación de los Equipos de Medición de la  
Muestra IP, Area Tizapa
- Fig. II-1-51 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad  
Interna (MJM-1), Area Tizapa



- Fig. II-1-52 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad Interna (MJM-2), Area Tizapa
- Fig. II-1-53 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad Interna (MJM-4), Area Tizapa
- Fig. II-1-54 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad Interna (MJM-6), Area Tizapa
- Fig. II-1-55 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad Interna (MJM-7), Area Tizapa
- Fig. II-1-56 Seudosección de Cargabilidad Aparente en Linea .-N02 Area Tizapa
- Fig. II-1-57 Diagrama del Resultado de la Medición de SIP de Muestra (Sulfuros Masivos), Area Tizapa
- Fig. II-1-58 Diagrama del Resultado de la Medición de SIP de Muestra (Esquistos de Clorita), Area Tizapa
- Fig. II-1-59 Diagrama del Resultado de la Medición de SIP de Muestra (Filitas Grafíticas), Area Tizapa
- Fig. II-2-1 Mapa Geológico del Area El Faisán
- Fig. II-2-2 Perfil Geológico del Area El Faisán
- Fig. II-2-3 Columna Geológica del Area El Faisán
- Fig. II-2-4 Zonas de Mineralización y Alteración, Area El Faisán
- Fig. II-2-5 Columna geológica del Sondeo BF-1, Area El Faisán
- Fig. II-2-6 Gráficas de Frecuencias Relativas y Acumulativas por Elementos de Suelos, Area El Faisán
- Fig. II-2-7 Diagramas de Dispersión por Elementos Suelos, Area El Faisán
- Fig. II-2-8 Resultados de Análisis de Elementos (Cu,Zn), Area El Faisán
- Fig. II-2-9 Resultados de Análisis de Elementos (Pb,Ag), Area El Faisán
- Fig. II-2-10 Resultados de Análisis de Elementos (Au,Hg), Area El Faisán
- Fig. II-2-11 Resultados de Análisis de Componentes Principales (Z1,Z2) Area El Faisán

Tabla I-1-1	Contenido de la Investigación
Tabla II-1-1	Resumen de Perforaciones, Area Tizapa
Tabla II-1-2	Lista de Maquinarias y Materiales Usados, Area Tizapa
Tabla II-1-3	Lista de Consumo de Materiales, Area Tizapa
Tabla II-1-4	Lista del Consumo de Brocas de Diamante, Area Tizapa
Tabla II-1-5	Diagrama del Programa de Perforación, Area Tizapa
Tabla II-1-6	Resumen del Programa de Perforación MJM-1, Area Tizapa
Tabla II-1-7	Resumen del Programa de Perforación MJM-2, Area Tizapa
Tabla II-1-8	Resumen del Programa de Perforación MJM-3, Area Tizapa
Tabla II-1-9	Resumen del Programa de Perforación MJM-4, Area Tizapa
Tabla II-1-10	Resumen del Programa de Perforación MJM-5, Area Tizapa
Tabla II-1-11	Resumen del Programa de Perforación MJM-6, Area Tizapa
Tabla II-1-12	Resumen del Programa de Perforación MJM-7, Area Tizapa
Tabla II-1-13	Grados Medios de Zonas de Mineralizaciones en las Perforaciones, Area Tizapa
Tabla II-1-14	Resultados de Observación Microscópica de Secciones Delgadas de Nucleo y sus Fotografías, Area Tizapa
Tabla II-1-15	Resultados de Observación Microscópica de Secciones Pulidas de Nucleo y sus Fotografías, Area Tizapa
Tabla II-1-16	Resultados de EPMA Análisis (Composición Química de Minerales), Area Tizapa
Tabla II-1-17	Resultados de EPMA Análisis (Imagen Electronica Esparcida) Area Tizapa
Tabla II-1-18	Resultados de Análisis Químico de las Muestras, Area Tizapa
Tabla II-1-19	Tiempo de Muestreo de SIROTEM (mS), Area Tizapa
Tabla II-1-20	Tabla del Resultado de la Medición de IP de Muestra(1) • (2), Area Tizapa
Tabla II-2-1	Resultados de Observación Microscópica de Secciones Delgadas de rocas, Area El Faisán
Tabla II-2-2	Lista de Análisis Químico de Rocas, Area El Faisán
Tabla II-2-3	Resultados de Observación Microscópica de Secciones Pulidas de Minerales, Area El Faisán
Tabla II-2-4	Lista de Análisis Químico de Minerales, Area El Faisán
Tabla II-2-5	Resultados de Análisis por Rayos-X, Area El Faisán
Tabla II-2-6	Lista de Análisis Químico de Suelos, Area El Faisán

- Tabla II-2-7 Factores Estadísticos de Elementos de Suelos,  
Area El Faisán
- Tabla II-2-8 Correlación Coeficiente Entre elementos de Suelos,  
Area El Faisán
- Tabla II-2-9 Lista de Análisis de Componentes Principales,  
Area El Faisán
- Tabla II-2-10 Clacificación de Zona Anmalía, Area El Faisán

- PL. II-1-1 Columnas Geológicas de Perforación MJM-1, Area Tizapa
- PL. II-1-2 Columnas Geológicas de Perforación MJM-2, Area Tizapa
- PL. II-1-3 Columnas Geológicas de Perforación MJM-3, Area Tizapa
- PL. II-1-4 Columnas Geológicas de Perforación MJM-4, Area Tizapa
- PL. II-1-5 Columnas Geológicas de Perforación MJM-5, Area Tizapa
- PL. II-1-6 Columnas Geológicas de Perforación MJM-6, Area Tizapa
- PL. II-1-7 Columnas Geológicas de Perforación MJM-7, Area Tizapa
- PL. II-1-8 Perfiles Geológicos de Perforación, Sección C-C'  
Area Tizapa
- PL. II-1-9 Perfiles Geológicos de Perforacion, Sección E-E'  
Area Tizapa
- PL. II-1-10 Perfiles Geológicos de Perforacion, Sección G-G'  
Area Tizapa
- PL. II-1-11 Perfiles Geológicos de Perforacion, Sección J-J'  
Area Tizapa
- PL. II-1-12 Perfiles Geológicos de Perforacion, Sección I-I'  
Area Tizapa
- PL. II-1-13 Perfiles Geológicos de Perforacion, Sección IV-IV'  
Area Tizapa
- PL. II-1-14 Perfiles Geológicos de Perforacion, Sección VII-VII'  
Area Tizapa
- PL. II-2-1 Mapa de Ubicación de Muestras, Area El Faisán
- PL. II-2-2 Mapa Geológico del Area El Faisán
- PL. II-2-3 Perfil Geológico del Area El Faisán
- PL. II-2-4 Zonas de Mineralizacion y Alteracion, Area El Faisán
- PL. II-2-5 Resultados de Analisis de Elementos (Cu,Zn),  
Area El Faisán
- PL. II-2-6 Resultados de Analisis de Elementos (Pb,Ag),  
Area El Faisán

- PL. 11-2-7      Resultados de Análisis de Elementos (Au,Hg),  
                  Área El Faisán
- PL. 11-2-8      Resultados de Análisis de Componentes Principales (Z1,Z2),  
                  Área El Faisán





## PARTE I GENERALIDAD





## Capítulo 1 Introducción

### 1-1 Antecedentes y Objetivos de la Investigación

La región de Arcelia se encuentra ubicada en la porción central de los Estados Unidos Mexicanos (Fig. I-1-1), la cual presenta perspectivas económicas potenciales de yacimientos de sulfuros masivos que se han realizados trabajos de exploraciones por parte del Consejo de Recursos Minerales (CRM). Especialmente en las áreas de El Faisán y Tizapa de dicha región se han encontrado yacimientos minerales prometedores y zonas mineralizadas. Además se recomienda que se desarrollen exploración detallada a fin de captar la distribución de yacimientos a ser explotados.

Por consiguiente, esta investigación tiene por objeto aclarar las características geológicas y la distribución de yacimientos con precisión en ambas áreas en cooperación con CRM.

Esta investigación se desarrollará durante tres años a partir del año de 1987. Especialmente en el área de Tizapa en donde se realizarán investigaciones mediante trabajos de perforaciones, exploraciones geofísicas y prospecciones para evaluar los yacimientos a ser explotados. Mientras tanto que en el área de El Faisán, se elegirán zonas de yacimientos prometedores por medio de investigaciones geológicas y geoquímicas para evaluar sus potencialidades.

### 1-2 Alcance de la Investigación, Objeto y Resumen del Trabajo en el Primer Año

La región de Arcelia está ubicada dentro de las siguientes coordenadas geográficas, rodeada de los cuatro puntos siguientes:

Límite noroeste	:	19° 10' latitud norte
		101° 00' longitud oeste
Límite nordeste	:	19° 10' latitud norte
		99° 13' longitud oeste
Límite sudeste	:	18° 00' latitud norte
		101° 00' longitud oeste
Límite suroeste	:	18° 00' latitud norte
		99° 13' longitud oeste

La investigación que se efectuó durante el primer año en las áreas de Tizapa y de El Faisán en región Arcelia cubre una área de 2 y 30 kilómetros cuadrados respectivamente.

En el área de Tizapa, se realizaron investigaciones mediante trabajos de perforación y exploraciones geofísicas. En las investigaciones por perforación se eligieron siete puntos para desarrollar trabajos de perforación (1800 m. de longitud en total). En cuanto a la perforación se dibujaron gráficas en columna y se realizaron las investigaciones por medio de el análisis químico de menas, secciones pulidas de menas y las secciones delgadas de rocas. En las investigaciones geofísicas, los resultados de estas investigaciones se unieron para captar el estado geológico y fijar la continuidad de yacimientos, estado embrionario, grado y cantidad de mena. Además, la guía de investigaciones para perforación y exploración en los años posteriores se consiguió en base a los resultados de investigación.

Por otra parte, en el área de El Faisán, se realizaron las investigaciones geológicas y geoquímicas. En las investigaciones geológicas se definieron las estructuras geológicas y la distribución de zonas mineralizadas y alteradas. En las investigaciones geoquímicas, se realizó el análisis de suelo extraído, por medio del cual se considero la relación entre la mineralización, la estructura geológica y la característica geoquímica para elegir zonas de la posible existencia de un yacimiento económico.

El detalle del trabajo para este año es como se indica en la Tabla I-1-1.

### 1-3 Organización de la Misión de Investigación

Los miembros de la misión de investigación quienes participaron en la planificación del proyecto de investigación y negociación para concertar un acuerdo e investigación en el sitio son los siguientes.

#### Planificación y Negociación

Japones

Makoto ISHIDA	Metal Mining Agency of Japan
Yozo BABA	Metal Mining Agency of Japan
Atusi OSAME	Metal Mining Agency of Japan
Yasuo ENDO	Metal Mining Agency of Japan
Nobuyasu NISHIKAWA	Metal Mining Agency of Japan
Takasi KAMIKI	Japan International Cooperation Agency
Akio HOSHINO	Metal Mining Agency of Japan

Mexicanos

Ramón Farias García	Consejo de Recursos Minerales
Fernando Castillo Nieto	Consejo de Recursos Minerales
Luis Brizuela Venegas	Consejo de recursos Minerales
Gustabo Camacho Ortega	Consejo de Recursos Minerales
Raúl Cruz Rios	Consejo de Recursos Minerales

Investigacion

Japones

Akiyoshi KOMURA	Supervision	Dowa Engineering Co., Ltd.
Naotoshi KONISHI	Geofisica	Dowa Engineering Co., Ltd.
Kunio KIMURA	Geofisica	Dowa Engineering Co., Ltd.
Yasuo KANEMITSU	Perforacion	Dowa Engineering Co., Ltd.
Hisato KAI	Perforacion	Dowa Engineering Co., Ltd.
Kiyotaka MATSUZAKI	Perforacion	Dowa Engineering Co., Ltd.
Yukio KINRYU	Geologia	Dowa Engineering Co., Ltd.

Mexicanos

Jose Jesus Parga	Geología	Consejo de Recursos Minerales
Panfilo Sanchez Alvarado	Geología	Consejo de recursos Minerales
Hugo A. Omana Pulido	Geología	Consejo de Recursos Minerales
Felipe Paizanni Herrera	Geología	Consejo de Recursos Minerales
Eriberto Martinez Amador	Geología	Consejo de Recursos Minerales
Gilberto Paredes Ramirez	Geología	Consejo de Recursos Minerales



Tabla 1-1-1 Contenidos de Investigación

Investigación y Contenido

Investigación por Sondeos, Area Tizapa

MJM-1	300 metros	-90°
MJM-2	250 metros	-90°
MJM-3	250 metros	-90°
MJM-4	250 metros	-90°
MJM-5	250 metros	-90°
MJM-6	250 metros	-90°
MJM-7	250 metros	-90°

Investigación Geofísica, Area Tizapa

Método TEM	202 puntos
Método Potential Cargado	149 puntos

Investigación Geológica y Geoquímica, Area El Faisán

Area	30 km <sup>2</sup>
Numero de Muestras	1,210

Método de Análisis y Cantidad

Investigación por Sondeo, Area Tizapa

Observación Microscópica (Sección Delgada)	25
Observación Microscópica (Sección Pulida)	22
Análisis Químico de Mineral (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)	113
Probación por Micro-analizador de Rayos-X	6

Investigación Geofísica, Area Tizapa

Resistivito	65
Laboratorio IP	65

Investigación Geológica y Geoquímica, Area El Faisán

Observación Microscópica (Sección Delgada)	34
Observación Microscópica (Sección Pulida)	21
Difracción por Rayos-X	33
Análisis Químico de Mineral (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)	22
Análisis Total de Roca (SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, MgO, CaO, K <sub>2</sub> O, BaO, Na <sub>2</sub> O, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI)	31
Análisis Geoquímico por Suelo (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Hg)	1,210

## Capítulo 2. Geografía de la Región a ser Investigada

### 2-1 Ubicación y Tráfico

La región de Arcelia está ubicada en la zona que atraviesa el estado de México y el de Guerrero de los Estados Unidos Mexicanos, con 190 km de longitud en dirección de este a oeste y con 130 km de longitud en dirección de sur a norte (Fig. I-1-1).

Para este año se realizaron investigaciones en las áreas de Tizapa y de El Faisán, destinándose los campamentos bases en Zacazonapan y en Santo Tomás respectivamente. La sede se puso en la ciudad de Valle de Bravo, próximo a Zacazonapan en el área de Tizapa.

La ciudad de Valle de Bravo en donde la sede se encuentra dista 100 kilómetros de la ciudad de México por vía de la carretera nacional No. 15 o sea ruta al norte. Si la carretera nacional No. 134, es decir, ruta al sur se coje desde Tojuca, la distancia es de 80 kilómetros, necesitando tres horas y dos horas y media en coche respectivamente.

Zacazonapan está a 50 kilómetros de distancia de la ciudad Valle de Bravo, necesitando para trasladarse una hora y media. La carretera está pavimentada a excepción de algunas secciones parciales. El sitio de perforación está a 3,5 km en dirección sudeste desde Zacazonapan, necesitando 15 minutos para trasladarse en coche.

La distancia desde la ciudad de México hasta Santo Tomás es de 270 km, se toman las carreteras nacionales No. 95 y 51 vía Iguala y Arcelia, necesitando siete horas en coche. La carretera desde la ciudad de México hasta Arcelia está completamente pavimentada. La carretera desde Arcelia hasta Santo Tomás cuya distancia es de 30 km, no está pavimentada, necesitando una hora y media en coche. El sitio a ser investigado está en dirección oriente desde Santo Tomás necesitando una hora más. Ambos sitios son transitables todo el año.

### 2-2 Topografía e Hidrografía

El área de Tizapa está cubierta de lava de basalto

Cuartario por lo que presenta una topografía suavemente inclinada reflejando la naturaleza de la roca. La zona en donde esta topografía se ha desarrollado se llama el altiplano de Tizapa, el cual se inclina suavemente al sur. El área de Tizapa está situada en la parte sudeste del altiplano, teniendo una altura de 1.325 a 1.380 metros. El área linda con el Río Frío en el lado este y el lado sur. La ribera del río tiene una altura de 130 metros sobre el nivel del río, formando acantilados excarpados. En estos acantilados, además de lava de basalto, se observan esquisto de grafito pertenecientes al Cretácico en la parte superior del yacimiento, esquistos de sericita y de clorita de las rocas en cajo nantes de sulfuros masivos. El Cretácico no aflora en la superficie del altiplano. Ningún río grande más que el Río Frío se observa en esta área. Como este río fluye por el altiplano llano, presenta drenaje de tipo dendritico.

En el área de El Faisán, las rocas sedimentarias pertenecientes al cretácico y rocas intrusivas, se encuentran distribuidas extensamente, por lo que en la zona en donde las rocas sedimentarias están distribuidas presentan una topografía de colina inclinada suavemente, mientras que la zona en donde las rocas intrusivas están distribuidas presentan una topografía de acantilado. Especialmente, en la parte sudeste además se observan frecuentemente acantilados cuya altura alcanzan de veinte a treinta metros. La altura varía de 360 a 1,400 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, la mayor parte del área tiene una altura de menos de 1,000 metros. El Río Balsas, tercer río de México corre por el borde sur de esta área en dirección de este a oeste y todos los ríos pequeños desembocan en el Río Balsas. En la parte oriental de esta área, el arroyo La Canita, tributario del Río Balsas se desarrolla característicamente en dirección de sur a norte. La dirección de flujo del Río Balsas y de La Cañita corresponde a la estructura geológica básica de México (falla y anticlinal). Por otra parte, muchas redes fluviales en esta área corren paralelo a la estructura geológica local (direcciones de diaclasa y rocas intrusivas).

### 2-3 Clima y Vegetación

La región Arcelia marca un promedio de 18 a 19 grados en latitud norte. Sin embargo, de acuerdo con la altura y topografía, representa variedades de clima.

Como el área de Tizapa es un altiplano que tiene una altura de más de 1,000 metros, se clasifica en la tierra templada. En verano, (junio a octubre) la temperatura atmosférica puede tener más de 20°C mientras que en invierno (noviembre a mayo), la temperatura fluctúa de 10° a 16°C por lo general. Es un clima típico de "lluvioso en verano y seco en invierno". La precipitación pluvial durante todo el año es de 600 a 1,000mm, la mayor parte de la cual se concentra en el tiempo de junio a octubre.

Por otra parte, el área de El Faisán se encuentra en la porción denominada tierra caliente debido a la altura de menos de 1,000 metros. En verano, la temperatura puede tener más de 35°C, marcando 25°C al mínimo bajo con mucha humedad. En invierno, la temperatura es de 20 a 30°C sin humedad. Por lo tanto, es cómodo para vivir. Esta área presenta el mismo clima que el área de Tizapa "lluvioso en verano y seco en invierno". La precipitación pluvial durante todo el año es de 900 a 1,000 mm, la mayor parte de la cual se concentra en el tiempo de junio a octubre.



## Capitulo 3 Informaciones Existentes Sobre la Geología

### 3-1 Resumen de las Investigaciones Realizadas

En 1977, CRM realizó una investigación sobre el área donde se localizan estos yacimientos, la cual se denomina "Eje Neovolcánico" verificada por medio de imágenes de satélite, teniendo como resultado la existencia y distribución de rocas metamórficas genéticamente relacionadas con yacimientos de sulfuros masivos.

En base a los resultados de este estudio, en 1977, se desarrolló una investigación geológica regional, la cual se comenzó en el área de Tizapa y alguna parte del yacimiento de sulfuros masivos se encontró en el mismo año. Además, el yacimiento de Santa Rosa que es del mismo tipo que el de Tizapa existe a 6km al sur del yacimiento de Tizapa. En consecuencia, al área de Tizapa y sus alrededores resultaron prometedores para el desarrollo de la exploración minera.

En 1979, una investigación a detalle se comenzó en el área de Tizapa y se continuó hasta 1982. La investigación a detalle consiste en investigación geológica, investigación geofísica (método IP y método TURAM), investigación geoquímica (vapor de mercurio), investigación por perforación (47 perforaciones, longitud total 7,719.2 metros) excavación de galerías (2 minas: 28 y 22 metros) y excavación de pozo (21.5 metros).

Como consecuencia, se estima que reservas de yacimiento es de 3.1 millones de toneladas ya que el yacimiento se encuentra de 76 a 288 metros de profundidad bajo la superficie y que el máximo espesor de estrato es de 20 metros con una extensión de 420 metros. El ley media es de Au 2g/t, Ag 271g/t, Zn 7.64%, Pb 1.93%, Cu 0.64%, Cd 566g/t. Además un yacimiento del mismo tipo con capacidad de cuatro millones de toneladas se espera confirmar.

Como lo expuesto arriba, del yacimiento de Tizapa se sabe que mediante las investigaciones realizadas hasta la fecha, y que sin embargo debido a la baja recuperación da núcleo por perforación, la situación geológica y la distribución de yacimientos no se ha captado. Por consiguiente, al realizar

investigaciones a detalle por perforación para prospección, la investigación a detalle por perforación realizada en este proyecto es indispensable.

Por otra parte, en el área de El Faisán y sus alrededores, CRM realizó una investigación por medio de imágenes de satélite y zona alterada se confirmó. En 1980, una investigación geológica regional que cubre 400 Km<sup>2</sup> e investigación sobre la mina vieja se realizaron. Como consecuencia, muestras de Au 6g/t y Ag 150g/t se obtuvieron en la mina vieja de El Infierno del área de El Faisán.

En base a los resultados de esta investigación se iniciaron trabajos mediante perforación (BF-1: 250m) de donde las muestras están colectadas siendo analizadas por CRM. Sin embargo, no se han acumulado datos básicos sobre la situación geológica, tipo de yacimiento y su extensión así como roca asociada con yacimiento a pesar de las investigaciones realizadas por CRM.

En otros sitios de la región Arcelia, yacimientos de oro y plata, y yacimientos de sulfuros masivos se han confirmado, pero no se ve producción. El CRM realizó prospecciones positivamente solo en las áreas anteriormente citadas. Otras zonas de roca metamórfica (100,000 Km<sup>2</sup> por todo el país) no se han investigado, lo que significa que los yacimientos de sulfuros masivos no se entienden bien. Además, estos tipos de yacimientos exclusivamente se encuentran dentro del cierto horizonte favorable, por lo que se requiere de técnicas avanzadas para la exploración y análisis.

Los yacimientos de sulfuros masivos son las fuentes de producción mundial de metales principales como (Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Ba) y metales raros (Ga, In) y además gran reservas se puede esperar. Es probable que el descubrimiento y explotación de los yacimientos de sulfuros masivos se avancen rápidamente en el área de rocas metamórficas si se aplica una metodología de exploración apropiada.

### 3-2 Geología General de la Región Arcelia

Las rocas metavolcánicas y metasedimentarias

pertenecientes al sistema Jurásico-Cretácico que generan los yacimientos de sulfuros masivos anteriormente mencionados se encuentran en el centro de esta región, las cuales están rodeadas con las rocas sedimentarias pertenecientes al sistema cretácico, rocas sedimentarias pertenecientes al sistema terciario y rocas intrusivas. Como esta región se incluye en la zona Eje Neovolcánico, la distribución de rocas volcánicas pertenecientes al Sistema Cuaternario se ve en dicha región (Fig.I-3-1).

Las rocas metamórficas perteneciente al sistema jurásico-cretácico están en la etapa de metamorfismo bajomedio, correspondiendo al esquistos de clorita. Estas rocas metamórficas se componen de filitas y areniscas que se originan en las rocas sedimentarias y de esquistos de biotita y esquistos de clorita que se originan en las rocas volcánicas, las cuales discordantemente están cubiertas de rocas sedimentarias pertenecientes al sistema cretácico.

Las rocas sedimentarias pertenecientes al sistema cretácico son sedimentos marítimos, los cuales se componen principalmente de caliza, arenisca y lutita acompañándose con conglomerado, limolita y carbón. El grado de metamorfismo es más bajo que las rocas jurásico-cretácico. Algunas rocas no están metamorfaseadas.

Las rocas sedimentarias pertenecientes al sistema terciario son sedimentos continentales, los cuales se componen principalmente de conglomerado, arenisca y limolita. Las rocas volcánicas se componen de basalto a riolita.

Las rocas intrusivas se componen de roca granítica, dacita y basalto. Las rocas granítica se componen de granito a diorita cuarsosa.

El sistema cuaternario se componen de lava y cono de ceniza de basalto y andesita.

Las rocas metamórficas pertenecientes al sistema jurásico-cretácico tienen una foliación con inclinación de 25 a 30 grados hacia el oeste o este recorriendo del nornoroeste hacia el nornordeste. Esta dirección indica la dirección de estructura básica y su metamorfismo es cuasada por el

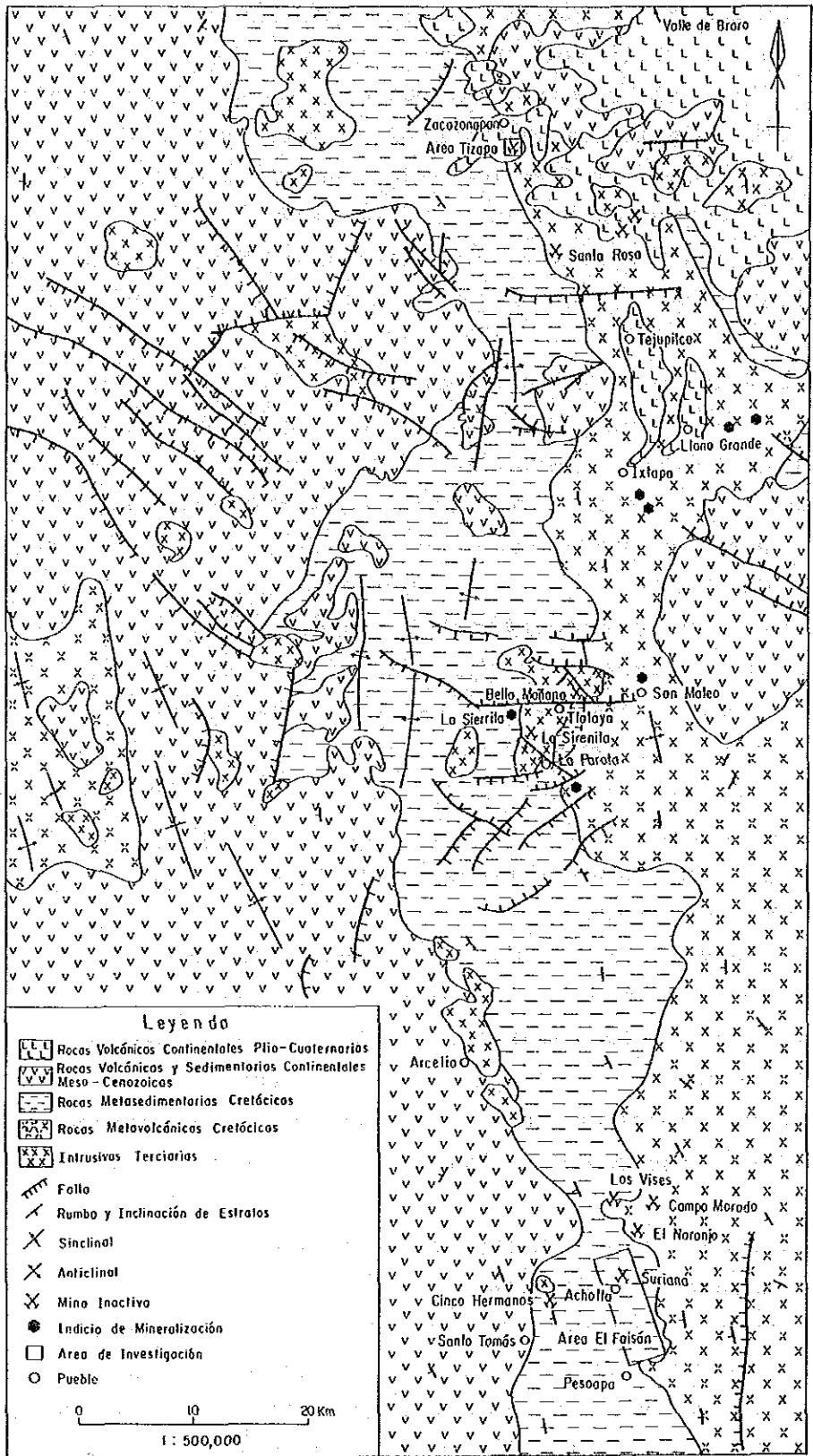


Fig. 1-3-1 Mapa Geológico de la Región Arcelia

movimiento orogenico de cordillera. El sistema cretácico sufrió un movimiento de metamorfosi por gravitación a fines del período Coñac, lo que produjo pliegues asimétricamente contra el plano axial. La parte central de esta región se levantó relativamente. La dirección del eje de pliegue presenta una dirección sur a norte.

Posteriormente ocurrió el hundimiento de la tierra al borde del Océano Pacifico en la era cenozoica del periodo Mioceno, por lo que muchas fallas se desarrollaron, Las direcciones de fallas principales son de noroeste, nordeste, sur-norte y este-oeste y las rocas volcánicas y intrusivas pertenecientes al sistema terciario se formaron a lo largo de estas fallas. Este movimiento de estructura se continúa todavía y la actividad volcánica aparece en forma de actividad geotermica.

En esta región, se encuentran los yacimientos de sulfuros masivos y las vetas de oro y plata. Aquél se formó relacionado con las rocas metamórficas pertenecientes al sistema jurásico-cretácico y ésta se formó en relación con las rocas intrusivas pertenecientes al sistema terciario.

### 3-3 Disposición Geologica del Area de Investigación

En el área de Tizapa, las rocas metamórficas y las de intrusivas (era desconocida) pertenecientes al sistema jurásico-cretácico están cubiertos directament por sistema cuaternario. Las rocas metamórficas se componen de esquisto de grafitico, esquisto de biotita y esquisto de clorita. Las rocas intrusivas se componen de diorita y dacita. El sistema cuaternario se compone de sedimentos lacustres y lava de basalto. Los yacimientos de sulfuros masivos existen dentro de los esquistos de biotita y clorita pertenecientes al sistema jurásico-cretácico mientras que los esquistos grafitico sirven de base superior al yacimiento. Los esquistos de biotita y clorita se originan en las rocas volcánicas ácidas y se considera que los yacimientos hayan sido originados por la actividad de chorreo relacionada con la actividad volcánica submarina.

Las rocas metamórficas pertenecientes al sistema jurásico-cretácico que componen las rocas encajonantes de yacimiento se extienden hacia el área de El Faisán hasta más de 100 km con una anchura de 20 km al máximo. Así que en Campo Morado que está situado a 4 km al norte del área de El Faisán, se confirma un yacimiento de sulfuros masivos.

Además, según la investigación regional realizada por CRM, se considera que las rocas metamórficas (sistema Jurásico-cretácico) que componen las rocas encajonantes del mismo yacimiento están distribuidas ampliamente en el área de El Faisán. La zona de rocas metamórficas en dicha área es grande y se confirma que dicha zona se extiende un lineamiento en dirección nornoroeste hasta 7 km de longitud con una anchura de 300 m. El tipo de alteración es de silicificación, caolinitización, hematitización sericitización y cloritización, confirmándose una la acidificación fuerte y además característicamente se observa fuerte oxidación en la zona de mineralización.

Sin embargo, en la investigación realizada por CRM, la investigación por imagen del satélite se enfatizó y ninguna investigación geológica a detalle se ha realizado a fin de perseguir el horizonte favorable del yacimiento desde Campo Morado donde el yacimiento de sulfuros masivos se encuentra.

### 3-4 Historia de Minería en la Región de Investigación

En este momento no hay ninguna mina que esté en funcionamiento en la región Arcelia. Antes las minas siguientes estaban en funcionamiento (Fig. I-3-1). Minas del tipo de sulfuros masivos: Santa Rosa, Campo Morado, Los Vises y El Naranjo. Minas del tipo de veta: Bella Mañana, La Sirenita, El Pinzán, Cinco Hermanos y Suriana. Las minas de ambos tipos fueron para la explotación del oro y plata aunque no existen documentos justificantes sobre los resultados de su funcionamiento.

La mina Santa Rosa está a 10 km, al noroeste de Tejupilco donde se excavó un pozo hasta 70 metros de profundidad (Cserna, 1982).

La mina Campo Morado está a 4 kilómetros al nornodeste del área de El Faisán. Durante los años 1900 a 1920, se extraía la plata de la mena oxidada que se encontró en la parte de la superficie. Sin embargo, la mina permanecía sin utilizarse.

En los años de 1973 a 1978, Union Oil Company y Cía Minera Río Morado S.A. realizaron prospecciones (JICA, 1980) Desde 1987, Japan International Cooperation Agency (JICA) y Comisión de Fomento Minero (CFM) han realizado investigaciones sobre la técnica metalúrgica de minerales (Fuji and Aquino 1987).

La mina de los Visos y la mina El Naranjo están a 1 kilómetro al oeste y a 1.5 km al suroeste de la mina Campo Morado respectivamente. Parece que el oro y la plata se extraían en ambas minas antes de la Revolución Mexicana. Su detalle no es conocido.

Además de dichas minas, un lugar que está a 800 metros al noroeste de San Mateo y un punto que está a 6 km al sudeste de La Parota se confirman como yacimientos potenciales de sulfuros masivos. En Tlatlaya, existe una roca intrusiva grande perteneciente al granito del período Neógeno denominada Tronco de Tlatlaya. Muchos yacimientos en forma de veta están distribuidos, los cuales se descubrieron en 1970. Durante los años de 1900 a 1940, un auge de prospección y las minas Bella Mañana y la Sirenita se desarrollaron.

Desde el año de 1976, CRM ha realizado prospecciones y un yacimiento de Au 0.8 g/t y Ag 230 g/t con capacidad de 800,000 toneladas que se ha captado (Cserna, 1982).

La mina Cinco Hermanos está a 5 km al oeste del área de El Faisán y estaba en funcionamiento junto con la mina la Suriana, su mina subsidiaria para la explotación del oro y la plata. Su detalle no es conocido.

Además de la mina Suriana, se realizaron prospecciones en Piedra Grande, Machete, El Faisán e Infierno del área de El Faisán (Fig. II-2-4). La mina El Pinzaón está al suroeste de Valderrama y yacimientos potenciales se encuentran al este de Llano Grande y al sudeste de Ixtapa, las cuales no se han investigado completamente.

## Capitulo 4 Estudios Integros de los Resultados de Investigación

### 4-1 Geología Estructural, Mineralización y Control de Mineralización

#### 4-1-1 Area Tizapa

La roca base de esta área consiste en el estrato de esquisto grafitico en su parte superior y en el estrato de esquisto en la inferior compuesta de esquistos de clorita, de muscovita y de cuarzo. Se deduce que todos estos estratos de esquisto son originarios de roca sedimentaria, pero existe cierta diferencia entre el estrato de esquisto grafitico en la base superior y el estrato de esquistos de micas varias en la base inferior debida a la cantidad de contenido de sustancia carbonosa de la roca original. Sin embargo, entre los esquistos de la base inferior leve diferencia de los elementos iniciales o diferencia de profundidad y condiciones de temperatura en el período de metamorfosis aparecen como diferencia de minerales metamórficos y se piensa que son de origen de roca sedimentaria esencialmente sin mucha diferencia. Por consiguiente se considera que el estrato de esquisto grafitico en la base superior y los estratos de esquistos se pueden tratar como capas diferentes en términos estratigráficos aunque los esquistos en la base inferior tienen muy escasa continuidad lateral en sección y es muy difícil establecer clasificación estratigráfica. De todas formas, en estas capas de esquistos no se observan rocas de aparente origen de tobas volcánicas máficas como en la faja del "Sambagawa" en Japón.

Los cuerpos mineralizados se extienden hacia este-noreste y coincidiendo con la estructura geológica de capa de esquisto que se inclina unos 25° hacia norte-noroeste, se observan cuerpos mineralizados de buena continuidad a lo largo del límite de capa de esquisto grafitico en la base superior y la capa de esquisto en la base inferior. Por otro lado, se observan algunos cuerpos mineralizados delgados y de mala continuidad en la capa de esquisto grafitico en la base superior y en la capa de esquistos en la base inferior se



observan numerosos cuerpos mineralizados grandes y pequeños entre los cuales se encuentran algunos de 20 m de espesor aunque la continuidad es inferior.

Por otro lado, al estudiar la calidad del mineral, en general están afectados por efectos metamórficos, por lo cual se observan estructura en bandas o estructura cataclásica en parte de ellos, pero la textura original no se conoce. Considerando sólo la textura metamórfica es similar al del yacimiento de la faja del "Sambagawa" de Japón, o sea, el yacimiento tipo "Besshi" de Japón. Sin embargo, la composición mineral consiste principalmente en pirita-esfalerita-galena-calcopirita-tetraedrita, es diferente del yacimiento tipo "Besshi", que contiene menos cantidad de galena y es más bien muy similar al yacimiento tipo "Kuroko" de Japón.

Según los resultados de la observación microscópica de secciones pulidas de los mineral es y de análisis por EPMA, la plata en los cuerpos mineralizados proviene principalmente de tetraedrita. Aparte del mineral antedicho se reconoce la existencia de arsenopirita, marcasita, bismunita, pirrotita, bournonita, minerales de origen Pb-Ag-Sb-S, pero la composición mineral íntegra es muy similar a la del yacimiento de "Kuroko" de Japón como se indicó antes. Al observar los contenidos de oro y plata en la mena presentan un valor más elevado que los yacimientos tipo "Kuroko", en cuanto a Au y Ag, pero también hay algunos como el de Horne de Canadá con valores tan elevados como 4,7 g/t de Au y 533 g/t, por lo que no se podría decir que sea particularmente anormal.

En los yacimientos de plomo y zinc (McArthur, Broken Hill, Mount Isa) en estratos dentro de las fajas de hendidura de la corteza continental en el mundo, que se considera similar a los yacimientos de tipo "Besshi", la esfalerita y galena y pirita presentan notable diferencia en base a los estudios de isótopo entre los minerales que forman parte de los yacimientos y se considera que estos grupos se precipitaron y se sedimentaron a partir de soluciones diferentes una de las otras. Hace falta estudio de isótopos en el yacimiento de Tizapan para poder discutir sobre la genesis de yacimientos.

#### 4-1-2 Area El Faisán

Esta área está compuesta de rocas sedimentarias cretácicas y de intrusivas que las atraviesan.

Las cretácicas se dividen a su vez en tres unidades: la capa de arenisca arcosa, capa lutita y la capa alternancia de toba y limolita, de abajo a arriba. Dichas tres unidades concordantemente se sobreponen en forma continua y en general se inclinan levemente hacia el oeste dirigiéndose de norte-noroeste a sur-sureste. En este sistema prevalecen las rocas sedimentarias tipo molasa, que ha sido ligeramente afectado por metamorfismo regional. Son pocas las rocas piroclásticas ácidas y no se observan lavas tales como las de dacita.

Las rocas intrusivas se componen de dacita, andesita, pórfido y gabro. Estas rocas se distribuyen a gran escala en el centro de la área atravesando el cretácico ocupando aproximadamente 50% (15 km<sup>2</sup>) de la superficie del área investigado. Se extiende de norte-noroeste a sur-sureste como la sistema cretácico y su inclinación es casi vertical. La continuidad es de más de 10 km en la dirección hacia donde se extiende con anchuras de más de 1.5 km. El período de intrusión de gabro fue el más tardío, mientras que entre otras rocas el cambio de litofacies y la composición de mineral es gradual y se diría que se formaron subiendo todos a la vez en un período relativamente corto, juzgando por el sentido de discrepancia de capas que se observa en cretácico se supone que las intrusiones han inyectado a lo largo de la falla regular formada en el cretácico.

Se observan varias zonas mineralizadas dentro de las intrusiones y cerca de los límites con las rocas intrusivas y las sistemas cretácicas tienden a reducirse a medida que se aparta de ellos. Dichas zonas mineralizadas presentan la forma combinada de veta-vetilla, de red, de diseminación y brechas y genéticamente son epigenéticos. Los grandes continúan con unos 200 m de ancho y más de 1.5 km de largo aunque también se observan muchos paralelos. Una gran parte de vetas no están acompañadas de fracturas o falla de arcilla, el desplazamiento es poco, y muchos son paralelos en la dirección de rocas

invasivas, lo que hace pensar que fue contenido en fractura de tensión formado en la época de enfriamiento de rocas intrusivas. Por otro lado, la zona de alteración se distribuye rodeando el zona mineralizada y el grado de alteración tiende a elevarse a medida que se dirige al zona mineralizada. En base a ello se juzga que mineralización y alteración se formación por una acción de solución hiderotermal después de la inyección de rocas intrusivas.

El período de mineralización se divide en la primera etapa y la segunda según las ocurrencias de minerales y su moda de paragénesis. Los minerales de la primera etapa son principalmente cuarzo acompañando pirita y los de la segunda se componen de limonita y hematita con case ninguna cantidad de cuarzo. Se observa electrum en los minerales de la segunda etapa. Y en los minerales de de alteración se observan caolinita, sericita y clorita. Se juzga por la ocurrencia de dichos minerales que se cristalizaron en el estado oxidado desde la solución hiderotermal ácida a neutro, característicos de las actividades la solución hiderotermal cerca de la superficie terrestre. Por consiguiente, se estima que el yacimiento es el de epitermal.

Los resultados del análisis indican que en cuanto a elementos principales Cu y Pb ocupan menos de 1%, y Zn menos de 3%. Los resultados del análisis del suelo demuestran que Au y Ag ocupan al máximo 6,2 g/t y 307 g/t respectivamente existiendo poco contenido de otros elementos. En base a ello se piensa que en esta zona no existen elementos atractivo para exploración salvo Au y Ag. En los datos de perforación realizada por CRM no se encuentran señales de aumento de Cu, Pb o Zn en las profundidades.

Entre yacimientos de oro de epitermal existe aparte de aquéllos, tipo veta, los de formación similar a las características de los geotérmicos aún activos. Recientemente éstos se denominan "yacimientos de oro tipo aguas termales". Los yacimientos de dicho tipo se caracterizan por el que se forman a través de actividades de agua caliente que acompañan a las actividades ígneas posteriores al movimiento de bloque de

la base, el que se distribuyen fajas silicificadas o de alteración ácida cerca de la superficie, el que el oro acompaña rocas silicificadas y veta de cuarzo u óxidos y el que además hay poco sulfuros aparte de pirita y que entre los elementos menores se concentran densamente Hg, As y Sb.

Al tomar en cuenta factores varios, se deduce que el yacimiento en esta zona es el de oro tipo aguas termales. Entre las partes ricas de oro de yacimiento de este tipo las hay aquéllas que continúan hasta la profundidad y otras que se observan únicamente en los sitios no profundos, y en caso del yacimiento del que tratamos no se averiguaron hasta ahora cambios de condiciones de Au y Ag en la profundidad. Sin embargo, se piensa que no se transformaría en yacimientos tipo Cu, Pb y Zn.

#### 4-2 Potencialidad de sulfuros masivos y veta Aureas

##### 4-2-1 Area Tizapa

En la región Tizapa existe el cuerpo mineralizado de yacimientos de sulfuros masivos ya descubiertos. Además, en su derredor se conoce la existencia del cuerpo mineralizado de Santa Rosa y otros de la misma índole. Por consiguiente, no hace falta hacer comentarios acerca del potencial de yacimientos de este tipo en esta zona. Para el futuro queda por considerar la extensión hacia el noroeste del cuerpo mineralizado ya conocido aunque los resultados de las investigaciones del presente año señalaron la posibilidad de que el cuerpo mineralizado continúe hacia dicha dirección profundizándose levemente.

Por el otro lado, tal como se mencionó antes alrededor de la zona se concen algunos cuerpos mineralizados de la misma clase y muestra la posibilidad de que se encuentren distribuidos horizontes geológicos adecuados lo que significa que es un área de alta potencialidad de que contenga yacimientos.

#### 4-2-2 Area El Faisán

Como consecuencia de la exploración geoquímica se identificó la adición de Cu, Pb, Zn, Au Ag y Hg en la roca encajonante por influencia de la mineralización de oro. Se detectaron fajas anómalas en la topografía geoquímica cerca de los cuerpos mineralizados ya conocidos, de la cuales las grandes son de dimensión de 300m x 800m. En base a la distribución y escala de dichas fajas anómalas los lugares más apropiados para la exploración serían los cuerpos mineralizados de Zuliana y Machete, seguidos por Infierno y El Faisán.

El cuerpo mineralizado al que se refiere este informe parece pertenecer al yacimiento de oro tipo aguas termales. Los yacimientos de dicha clasificación están en operación en EE. UU., Japón, etc. y frecuentemente presenta formas masivas de combinación de la veta, red, disseminación y brechas. Por consiguiente, se puede adoptar el método de excavación a la tajo abierto de gran escala. Por otro lado, el cuerpo mineralizado de esta región está gobernado por la dirección a la que inyectan las intrusiones con las formas vetas en vez de las masivas. No se sabe si en la profundidad se transforma en la masiva, pero se adoptaría el método por galería y no aquél a tajo abierto al realizar la excavación dentro de la profundidad explotable en el momento. En caso de excavación por galería la explotación es imposible a no ser que la ley de mena sea bastante alta. Entre los yacimientos de oro tipo veta hay muchos de alta ley sometidos a la excavación por galerías, mientras que entre los de tipo aguas termales no se conocen aquéllos de alta ley de oro.

Ya que últimamente en México CRM realiza activamente la exploración de yacimientos de este tipo y es deseable efectuar la exploración geofísica o investigaciones por perforación en esta área con el fin de estimar la ley de mena de la parte inferior del cuerpo mineralizado, pero al tomar en cuenta la forma, escala, condiciones del mineral y de excavación del cuerpo mineralizado no convendría realizar exploraciones de una forma activa.

Asimismo, considerando la no distribución de roca ácida

tales como lava de dacita etc., capa de horizonte contenedor, el hecho de que no se observa sitios de ocurrencias del mineral que acompañen sulfuros masivos que son formados signeticamente con las rocas encajonantes, que la principal alteración es ácida y además el que es un medio de depósitos continentales o depósitos marinos no profundos donde sedimenta molasa es razonable pensar que existe muy poca posibilidad de que existan yacimientos de sulfuros masivos, que es de un yacimiento tipo "submarine exhalative sedimentary deposit".

## CAPITULO 5 Conclusiones y Sugerencias

### 5-1 Conclusions

#### 5-1-1 Area Tizapa

(1) Como resultado de las investigaciones por perforacion del presente estudio se captaron cuerpo mineralizado en cada una de las siete perforaciones y se identificaron el estado geológico así como las formas y características del cuerpo mineralizado de Tizapa. Es decir, dicho cuerpo mineralizado está compuesto del cuerpo de buena continuidad contenido en el límite de la capa de esquisto grafitico en la base superior y capas de esquistos en la base inferior, de varios cuerpos mineralizados delgados contenidos en la base superior y del cuerpo mineralizado grueso de mala continuidad y varios cuerpos delgados contenidos en la base inferior. Según análisis y pruebas del núcleo de perforación se estima que este yacimiento pertenece a la clasificación de sulfuros masivos tipo "kuroko" al tener en cuenta la composición mineral.

(2) Los resultados del análisis del cuerpo mineralizado intersectado indicaron las siguientes cifras: Au : 0.8 - 4.4 g/t, Ag : 5.1 - 1.263 g/t, Cu : 0.1 - 2.11 %, Pb : 0.12 - 3.89 %, Zn : 0.98 - 19.56 %.

En cuanto Ag, Cu, Pb y Zn no hubo grandes diferencias en los valores obtenidos comparados con los resultados según CRM. Pero en lo referente a Au, sobre el cual había falta de datos, los valores obtenidos fueron de 1.8 g/t a 4.4 g/t en las partes de sulfuros masivos. Estos resultados demuestran que CRM acertaba al estimar aproximadamente 2 g/t de Au. De ello se podrá concluir que al realizar cálculos o análisis de reservas de mena y previabilidad se puede incorporar tal cifra en cuanto al contenido de Au.

(3) Como consecuencia de la exploración geofísica por el método TEM del presente estudio se detectó con claridad la capa de esquisto grafitico de la base superior como faja de baja

resistividad y se aclaró que ésta se desarrolla extensamente aumentando su profundidad hacia donde cae el cuerpo mineralizado de Tizapa, es decir, hacia norte-noroeste. Ello señala que hay posibilidad de que el cuerpo mineralizado continúe dicha dirección.

(4) Por otra parte, según los resultados de exploración geofísica por el método "Potencial Cargado" a provechando los barrenos, hay bastante buena continuidad en el cuerpo mineralizado. Dichos resultados coinciden bien con la estimación hecha en base a la sección de perforación.

#### 5-1-2 Area El Faisán

(1) Tradicionalmente esta zona se la consideraba la posibilidad de existencia de yacimiento de sulfuros masivos y se realizaba exploración de acuerdo con dicha idea. Pero con las investigaciones efectuados en el presente estudio se aclaró que la zona mineralizada tan extensa identificable en el imagen de LANDSAT consiste en el cuerpo mineralizado de primera época formado por actividades de agua caliente a causa de inyección de dacita que atraviesa la sistema cretácico cuyos minerales principales son cuarzo y pirita, y en el de la segunda época, cuyos minerales principales son hematites y goethita.

(2) Como estos cuerpos mineralizados cuentan con oro y plata como su elemento principal y son escasos el cobre, plomo y zinc, con las características surgidas por la oxidación del contorno en la superficie y bajo las condiciones ácidas, se diría que corresponden a la clase de "yacimiento de oro tipo aguas termales", que es una subclasificación de yacimiento tipo veta de epitermal. Ya que en este tipo de yacimiento el contenido de oro no es tanto como en el yacimiento tipo veta, sólo aquéllos de la forma masiva de gran escala y explotable al método de tajo ecavables a la intemperie abierto están en explotación. Sin embargo, los cuerpos mineralizados de esta zona presentan con frecuencia la forma veta y en la actualidad no hay señales de convertirse en yacimientos masivos de gran escala.



(3) Por otro lado, la exploración geoquímica demuestra anomalos de gran escala en las zonas mineralizadas de Zuliana, Machete, Infierno y El Faisán, en las cuales no se puede negar la potencialidad de oro. Pero los anomalos geoquímicos no se puede evaluar como los de primera clase. Por consiguiente, aunque no se recomienda una exploración activa, sería mejor estudiar la validez de exploración de oro en el futuro por medeio de observación de la exploraciones y explotaciones del contorno.

(4) Por otro lado, a 6 km al noreste de esta zona existen yacimientos de sulfuros masivos tales como Campo Morado, lo que hace pensar, que el horizonte favorable de dicha yacimiento que incluye rocas volcanicas ácidas tales como lavas de dacitas adecuados para encajonar este tipo de yacimientos distribuyen al este de esta zona. Al no ser suficientes las investigaciones geológicas regional del área que rodea la zona de referencia se desea ela borar un plano con suficiente precisión para perseguir con exactitud el horizonte favorable de yacimientos ya conocidos, efectuar investigaciones de fajas de alteración o exploración geoquímica en dichos horizontes con el fin de selecctionar potenciales zonas conteniendo yacimientos.

## 5-2 Sugerencias para el Segundo Año de Investigación

### 5-2-1 Area Tizapa

(1) Los resultados de investigaciones por perforación y exploración geofísica del presente año aclaran bastante la estructura del cuerpo mineralizado y su continuidad pero sólo se vieron minerales en el núcleo de perforación y no se encuentra confirmada la ocurrencia real del yacimiento. Para verificar las características del cuerpo mineralizado es necesario confirmar y observar el cuerpo excavando por galerías de exploración. Le dichas galerías se podrá extraer bastante cantidad de muestras para prueba metalúrgica que ofrecerían datos para el estudio de factibilidad futuro.

(2) A pesar de que hay esperanza de que el cuerpo mineralizado de Tizapa continúe a la parte inferior buzando al noroeste, hasta ahora no se efectuaron exploraciones en tal dirección. Dichas exploraciones son indispensables para aumentar las reservas de mena. Ya que los resultados de la exploración geofísica demuestran que se puede esperar su extensión se desea efectuar perforaciones profundas con el fin de confirmarlo.





## PARTE II DESCRIPCION DETALLADA



## Capitulo 1 La Region Tizapa

### 1-1 Método de investigación

Las investigaciones correspondientes al año corriente, es decir, el primer año del proyecto, se realizaron con el fin de perseguir con mayor certeza la continuidad de cada cuerpo mineralizado en el interior del yacimiento de Tizapa confirmado a través de las investigaciones realizadas hasta ahora por CRM. Al mismo tiempo se llevó a cabo perforaciones complementando las ya existentes para solucionar la incertidumbre en los cálculos de reserva del depósito de mineral porque ha habido problemas en la recuperación del núcleo. Como consecuencia de las investigaciones los intervalos de las perforaciones en el presente depósito de mineral son de 100 m siendo parcialmente de 50 m.

Los resultados de dichas perforaciones fueron empleados para elaborar la sección y junto con los datos de perforaciones anteriores se estudiaron en forma íntegra para examinar la continuidad del cuerpo mineralizado y otras materias. En principio se realizó el muestreo a cada metro en la intercepción de mineral para emplear como muestras del análisis químico. Sin embargo, en las partes donde se observan cambios en la ocurrencia del mineral se redujo la distancia del muestreo. Asimismo se realizó observación microscópica de secciones delgadas de rocas representativas al igual que de secciones pulidas de muestras de mineral. En cuanto a las secciones pulidas en que se observa mineral de plata se sometieron al EPMA de la análisis de imagen de composición y el cuantitativo de plata. Por otro lado se trató de estimar el estado de existencia del depósito de mineral dilucidando la estructura resistiva subterránea por medio del método TEM, que cubre los cuerpos mineralizados existentes y sus alrededores y el método potenciométrico aprovechando las barrenas.

### 1-2 Investigaciones por Perforación

#### 1-2-1 Perfil de las investigaciones realizadas

Tal como se señaló antes, las investigaciones







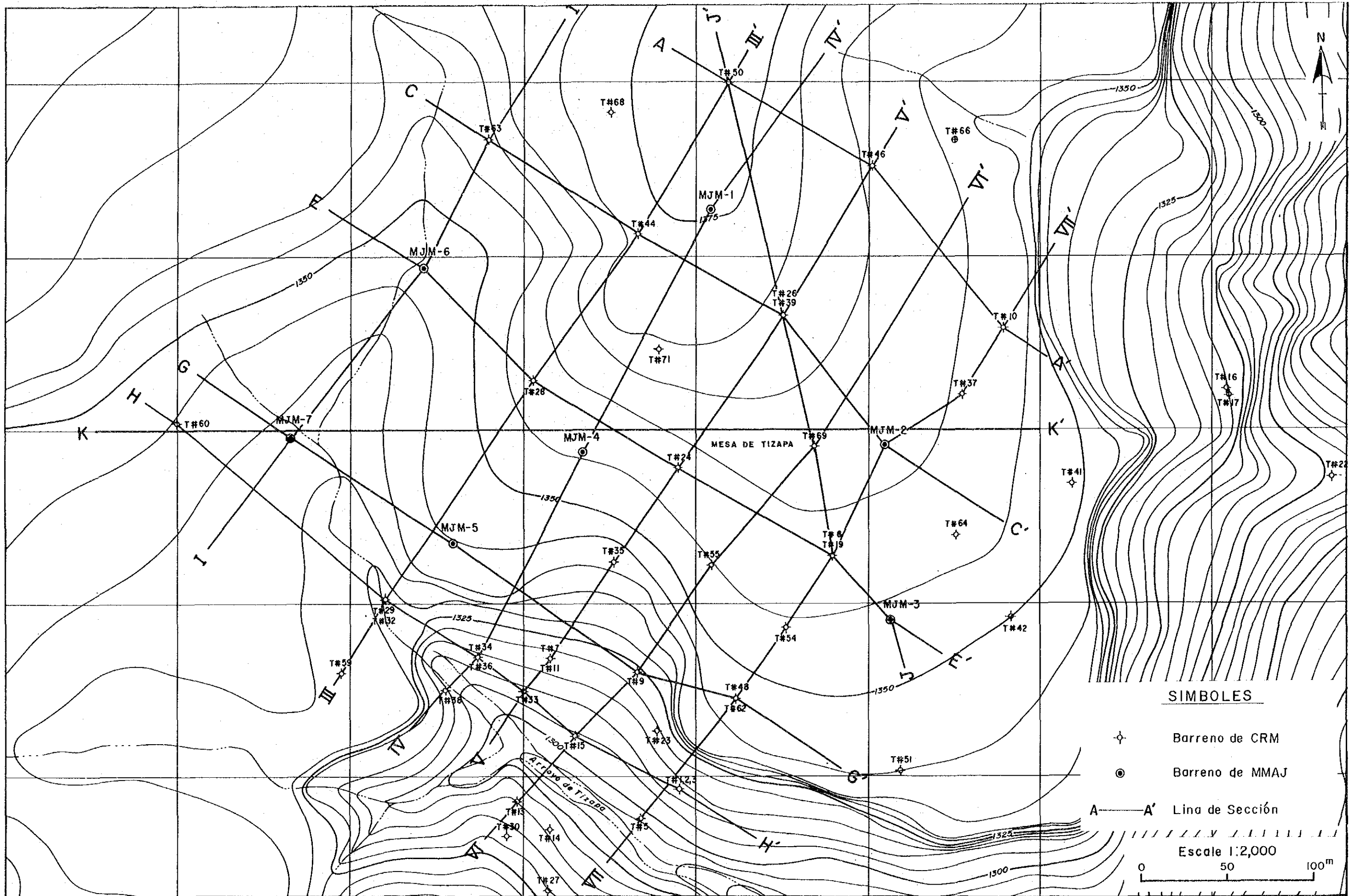


Fig. 11-1-1 Localización de las Perforaciones y Líneas de Secciones Geológicas, Área Tizapa



correspondientes al presente año consiste en perforaciones para suplir los intervalos de las barrenas existentes. Inicialmente se planeaban siete (7) barrenas con la avance total de 1,750 m, pero debido a que una de ellas tuvo que prorrogarse en 50 m a causa del cambio de profundidad del cuerpo mineralizado, la avance total de perforaciones alcanzó a 1.800 m.

Las ubicaciones de las perforaciones efectuadas se indican en la Figura II-1-1. Al mismo tiempo en la Tabla II-1-1 se senala el resumen de cada barrena.

Tabla II-1-1 Perfil de las barrenas

No.	Inclinación	Profundidad planeada	Frofundiada perforada	Período (mes/día)
MJM-1	-90	300 m	300.20 m	8.5 - 9.10
MJM-2	-90	250 m	250.60 m	9.11 - 9.22
MJM-3	-90	250 m	250.60 m	9.23 - 10.10
MJM-4	-90	250 m	250.30 m	10.11 - 10.23
MJM-5	-90	250 m	250.40 m	10.24 - 10.1
MJM-6	-90	250 m	250.60 m	11.2 - 11.13
MJM-7	-90	250 m	250.60 m	11.14 - 11.29
TOTAL		1800 m	1803.30 m	

#### 1-2-2 Método de trabajo y equipos utilizados

En las presentes investigaciones se emplearon equipos de perforación donados a CRM, la contraparte. Las principales piezas de reposición y reparación provinieron de Japón mientras que los artículos de consumo tales como broca, lodo, lubricante para herramientas de corte, hormigón, etc. fueron de adquisición local.

Para los trabajos de perforación se formaron tres equipos entre tres ingenieros de perforación japoneses y 10 obreros locales, quienes operaron en tres turnos diarios.

El método de perforación se adopetó el sistema línea de alambre iniciando con el tubo de boca de 101 mm con calibre final de BQ. Se utilizó principalmente bentonita, CMC y lubricante para herramientas de corte como lodo líquido para excavación. En las Tablas II-1-2, II-1-3 y II-1-4 se indican las principales maquinarias, materiales de consumo y corona de diamantes consumidos.

Tabla 11-1-2 Lista de Máquinaria y Materiales Usados

MAQUINA DE PERFORACION, MODELO TGM-3 (TONE)

Capacidad BQT 660 mts - Media altura 1,520 mms, Largo 2,380 mms  
Ancho 990 mms, Cabezal velocidad del eje (r.p.m.) en giración de:  
200, 500, 770, 1,000

Torno su capacidad de levantamiento es de 2,200 tons.

Bomba de aceite - Capacidad 60 lts/50 r.p.m., Presión máxima 70  
kg/cm<sup>2</sup>

MOTOR DE PERFORACION, (MITSUBISHI)

Revoluciones 50 - 60 Hz, 1,800 p, Potencia es de 15 kw

BOMBA PARA PERFORACION, NAS-3C (TONE)

Su cilindro es duplex de doble acción con peso de 330 kgs -

Diametro del pistón 75 mm x 75 lt x min. Presión máxima 40 kg/cm<sup>2</sup>

MOTOR DE BOMBA, (MITSUBISHI)

Revoluciones 50 - 60 Hz - 1,800 p - Potencia 7.5 kw

MESCLADORA DE LODO, MGE-200 (TONE)

Capacidad del tanque 150 lts - Capacidad de mesaclar 200 lts

MOTOR DE LA MESCLADORA, (HITACHI)

Revoluciones 50 - 60 Hz, 1,800 r.p.m. - Potencia de 1.5 kw

MOTOR A DIESEL GENERADOR PARA PERFORACION, DCA-55 (DENYO)

Capacidad de 55 kVA

GENERADOR DE LUS, DA-120 (ISUZU)

Motor 76.5 ps/1,800 r.p.m.

BOMBA PARA PERFORACION DE AGUA, MS-403 (MARUYAMA)

Potencia maxima 40 ksc, 63 lts/min.

MOTOR DE BOMBA, GED-25R (SHIBAURA)

5.0 ps/1,800 r.p.m.

CASTILLO DE PERFORACION, NL-2 (TONE)

Alto 7 mts

GRUA DE WIRELINE, WHS-60 (TONE)

Tabla 11-1-3 Lista de Consumo de Materiales

1. Sellos de maquina WL.	
1-1 Tubos para perforación - NQ	
Tubo exterior para núcleo	76 Juegos
Tubo core barrel exterior	4 do.
Acople interior de barra	3 do.
Tubo interior	3 Piezas
Soporte interior	3 do.
Extractor de caja	20 do.
Extractor	30 do.
Rodamientos (307)	20 do.
Llave pescador para sacar tubos	2 do.
Empaquetadura de goma	10 do.
1-2 Tubos para perforacion - BQ	
Tubo exterior para nucleo	115 Juegos
Tubo core barrel exterior	4 do.
Acople interior de barra	2 do.
Tubo interior	3 Piezas
Soporte interior	3 do.
Empaquetaduras de goma	10 do.
Exterior de caja	30 do.
Extractor	40 do.
Llave pescador para sacar tubos	1 do.
Rodamientos (07)	30 do.
2. Extractor de subida y bajada	
Cables de acero - 12 mm x 30 mts	3 Rollos
Cables de caero - 6 mm x 500 mts	2 do.
3. Maquina TGM-3	
Freno para tubo - NQ	3 Piezas
Freno para tubo - BQ	3 do.
4. Bomba NAS-3C	
Goma de piston - E2703-004	16 Piezas
Manguera para agua - 50 mm x 4.5 mts	2 Rollos
Manguera de presión - 25 mm x 20 mts	1 do.

Tabla II-1-3 cont.

5. Casing		
Casing - NW	3 mts	20 Juegos
Casing - BW	3 mts	83 do.
6. Otros		
Bentonita		15,305 kg
C.M.C.		642 kg
Cemento		900 kg
Tel-stop		103 kg
Aceite Diesel		22,000 lts
Aceite Movil		600 lts
Aceite para Turbina		560 lts
Gasolina		2,600 lts
Grasa		150 kg
Cajones para nucleo - NQ		205 Piezas
Cajones para nucleo - BQ		163 do.

Tabla II-1-4 Lista del Consumo de Brocas de Diamante

Altic.	Modelo	MJM-1	MJM-2	MJM-3	MJM-4	MJM-5	MJM-6	MJM-7	T.
Bit	101mm	1			1				3
	NQ-WL	3	2	2	3	2	3	2	17
	BQ-WL	3	2	2	2	2	2	2	15
Reamer	NQ-WL	2	1	1	1	1	1	1	8
	BQ-WL	2	1	1	1	1	1	1	8
Casing Shoe	NW	1	1	1	1	1	1	1	7
	BW	1	1	1	1	1	1	1	7

### 1-2-3 Trabajos de perforación

#### Instalación

Los equipos de perforación que se encontraban depositados en el almacén de Talpa tras su uso en las investigaciones de Jalisco, fueron trasladados en su mayoría al almacén de Zacazonapan de CRM antes de estas investigaciones. A la llegada de la delegación de investigaciones se repararon unos 3 km. de carretera que dirige de Zacazonapan al sitio de perforación en Tizapa para transportar los equipos al local. Se alquiló una casa particular del pueblo de Zacazonapan para servirse de alojamiento de los obreros.

#### Traslado

La distancia del traslado entre puntos de perforación fue tan corta como de 100 a 200 m y junto con la configuración terrestre plana favoreció la tarea. Se preparó un camino viable para camión de carga quitando minerales pesados para trasladar la mandrinadora sin desarmar sobre el camión de carga.

#### Retiro

A la completación de todo el trabajo los equipos fueron almacenados en Zacazonapan sometiéndose antes a inspección y mantenimientos con el fin de prevenir cualquier inconveniente en la siguiente oportunidad.

#### Muestreo del núcleo y control de lodo líquido

Después de perforar con NQ-WL hasta 88 m a 171 m según el estado de la roca base de cada barrena, se insertó tubo de ademe BW perforando con BQ-WL hasta el fondo de la barrena. A pesar de las precauciones tomadas fue totalmente imposible recuperar el núcleo en las fajas quebradizas de algún basalto o partes quebradizas de esquisto grafítico. En las tablas II-1-6 a II-1-12 se indican datos acerca de la recuperación del núcleo. Su porcentaje mínimo fue de 79,4% y el máximo, de 96.6%.

En cuanto al lodo líquido para perforación se empleó bentonita, CMC o lubricante para herramientas de corte de acuerdo con las particularidades de la roca base. En casos de agua perdida se tomaron medidas tales como adición de bentonita y CMC o la utilización de "telstop".

En caso de que dichas medidas no resultaban eficientes se



inyectó aceite liviano y grasa para prevenir mayor pérdida de agua.

#### Abastecimiento de agua

El agua se introdujo al tanque intermedio a través de la tubería de tres (3) pulgadas desde el valle a 5 km al este del río en el extremo oriental de la meseta de Tizapa, luego bombardeada al tanque sobre la meseta para realizar abastecimiento natural a cada barrena.

#### Perforación

En la Tabla II-1-5 se indica el progreso del trabajo en general, la perforación de cada barrena y los resultados de perforación se indican en las tablas II-1-6 a II-1-12.

A continuación se indican particularidades de cada barrena:  
MJM-1: Debido a la intensidad de grietas y derrumbamiento de basalto a 70 - 90 m que requirió aglutinado diario se deterioró notablemente la eficiencia de perforación. Tampoco hubo facilidad de muestreo del núcleo en la faja quebradiza en el esquisto grafítico a 100 - 120 m causando la baja eficiencia de perforación. Siendo ésta la primera perforación en el local los trabajos se realizaron con precaución por lo cual se tardó más de lo estimado.

MJM-2: Aunque hubo grietas y derrumbamiento de basalto a 23 - 46 m se logró cementación efectivo aprovechando la experiencia de la perforación anterior terminando el trabajo a una velocidad de 31.3 m de perforación diaria.

MJM-3: Hubo derrumbamiento y agua perdida en el basalto a 42 m y en el esquisto clorítico a unos 188 m que requirieron cementación reduciendo la eficiencia del trabajo.

MJM-4: Hubo derrumbamiento y agua perdida en el basalto entre 57 a 66 m pero se superó sin dificultad logrando la alta eficiencia de 35.7 m de perforación real diaria.

MJM-5: Las condiciones generales de la roca base fueron óptimas y se logró la alta eficiencia de 50.1 m diario con la duración de 5 días de perforación real.

MJM-6: Aunque hubo derrumbamiento parcial en general las condiciones de la roca base fueron buenas y demostró la eficiencia de 31.3 m de perforación real diaria.

MJM-7: Igual que en la barrena anterior las condiciones generales de la roca base fueron buenas lograndose la alta eficiencia de 35.8 m de perforación real diaria.

#### Medidas contra emanación y pérdida de agua

En las presentes investigaciones no hubo emanación de agua pero agua perdida en todas las barrenas. Contra el agua perdida se tomaron medidas tales como mexclade CMC o "telstop" en el lodo líquido de bentonita y en las partes poco profundas se previno insertando ademe. Y en las partes con derrumbamiento se empleó además la aplicación presionada de lechada de hormigón.

#### 1-2-4 Selección de la ubicación de perforación

Como se indicó anteriormente el cuerpo mineralizado de Tizapa está explotado por CRM asignándose ya unos 300 millones de toneladas de mineral. Sin embargo, los intervalos de perforaciones existentes no alcanzan para cumplir con intervalos de 100 m salvo algunas excepciones siendo insuficientes para estimar la magnitud de cada cuerpo mineralizado o su continuidad. De ahí que se planearon perforaciones adicionales para los intervalos largos del área o en los puntos trascendentales para estimar la continuidad.

Se planearon siete barrenas a perforar con lo cual el cuerpo mineral conocido de aproximadamente 400 m por 400 m fue cubierta con intervalos de 100 m. en general y de 50 m en parte. En particular en el centro del cuerpo mineralizado se redujeron los intervalos haciendo posible estimación más segura de la continuidad del cuerpo mineralizado. En el área occidental del cuerpo mineralizado donde había notable falta de perforación se planearon dos barrenas a perforar con el fin de poder prever con mayor certeza la posibilidad de extenderlo hacia oestenorte.

#### 1-2-5 Resumen geológico de cada barrena

##### MJM-1

Existe terreno hasta 4.40 m desde la boca y debajo de éste, capa de roca sedimentaria consistente en limolita, arenisca y conglomerado en granos. El basalto que se sitúa bajo

ésta presenta facies variadas en forma y color, desde el vesicular y brusco a compacto y duro dnc, desde el color gris oscuro hasta el púrpuro claro, desde la estructura bandeada hasta la masiva uniforme. Y en algunas partes se encuentran desarrolladas grietas donde se está convirtiendo en lodo siendo graves obstáculos para la la perforación.

Debajo del basalto está la capa de roca sedimentaria compuesta de arenisca, conglomerado, rocas bases varias y brecha de explosión que contiene guijarro heterogéneo de pómez. A 97.80 m alcanza al la fase discordancia debajo de la cual hay esquisto grafitico, de mica o de clorita. El cuerpo mineralizado fue captado en tres puntos: de 200.60 m a 201.85 m; de 235.80 m a 237.10 m y de 246.70 m a 258.75 m. Todos estos se contienen en los esquistos de mica que está debajo del esquisto grafitico y son sulfuros masivos sólidos en grano principalmente de pirita acompañada de alguna esfalerita. En la parte que acompaña esfalerita presenta estructura en rayas delgadas. En los esquistos de mica o de clorita en su alrededor frecuentemente se encuentra disminación de pirita.

#### MJM-2

La geología de esta barrena es casi igual a la de MJM-1, pero no existe esquisto grafitico en la roca base superior y en general de desarrolla esquisto de clorita grueso.

El cuerpo mineralizado fue captado en tres puntos: de 94.10 m a 96.50 m, de 103.30 m a 105.50 m y de 106.30 m a 123.25 m. Todos estos son sulfuros masivos sólidos en grano, siendo pirita su componente principal.

#### MJM-3

En esta barrena el cuerpo mineralizado fue captado en dos pultos debajo del plano de disconformidad encima de base: de 71.35 m a 73.10 m y de 75.80 m a 77.40 m. Los 10 cm del extremo superior del cuerpo superior consiste en conjunto de pirita con estructura de brecha desarrollada debajo del cual está conpmuesto de sulfuros masivos de pirita y esfalorita sólidos y en granos con estructura en bandeada desarrollada. La prte superior del cuerpo mineralizado inferior consiste en sulfuros masivos de esfalerita, galena y pirita con estructura granular

desarrollada. El 10 cm debajo de éstos consiste en mineral sulfúrico con estructura flúida bien desarrollada. Además se observa diseminación de pirita o esfalerita en el esquisto grafitico entre 78.70 m a 80.30 m. del cuerpo mineralizado se compone de esquisto de clorita hasta el fondo de la barrena.

#### MJM-4

En esta barrena atraviesan dique de porfidio entre 77.50 m y 85.70 m donde está la fase discordancia de base. La roca base consiste en esquisto de grafitico hasta 153.60 m y más abajo, en capas alternante de esquisto de clorita y de biotita.

El cuerpo mineralizado fue captado en tres puntos: 114.10 m a 114.90 m, de 116.00 m a 116.20 m y de 153.60 m a 157.00 m. Los dos puntos superiores están dentro del esquisto grafitico y el otro, en el extremo inferior de la capa de esquisto grafitico, es decir en el límite con capas alternante de esquistos de clorita, de mica y de biotita. La mayoría del cuerpo mineralizado son sulfuros masivos sólidos y en granos de pirita y otros, pero 1.25 m inferiores del cuerpo mineralizado inferior presenta notable mineralización en rayas o diseminación de piritas dentro de la faja silicificada fuertemente

#### MJM-5

En esta barrena existe exquistos grafitico debajo de la fase discordancia de base a 66.40 m y a partir de 124.20 m hay capas alternas de mica, de clorita y de biotita.

Encuanto al cuerpo mineralizado solo existen sulfuros masivos sólidos en granos, de pirita, apenas con 10 cm de espesar desde 124.00 m y diseminación de pirita dentro de la faja silícea.

#### MJM-6

En esta barrena hay capa de esquisto grafitico debajo de discordancia de base a 72.90 m y cuerpo mineralizado en su extremo inferior de 168.35 m a 197.70 m. En él hay faja de sulfuros masivos sólidos en granos de 186.35 m a 186.80 m y de 195.90 m a 196.30 m siendo el resto diseminación de pirita y calcopirita. Debajo del cuerpo mineralizado hay esquisto de clorita hasta el fondo de la barrena.