



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

---

---

PROSPECCIÓN GEOLOGICO - MINERA  
EN EL ÁREA DE 5 DE MAYO,  
Tehuacan, DGO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO GEOLOGO

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER LOPEZ ISLAS

MEXICO, D. F.

1982



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-6

Al Pasante señor LOPEZ ISLAS FRANCISCO JAVIER,  
P r e s e n t e .

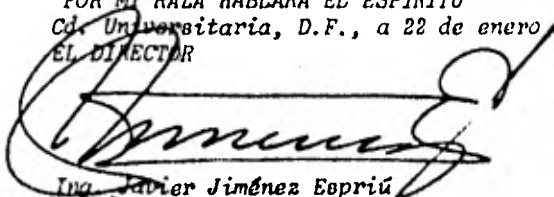
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Prof. Ing. German Arriaga García, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de INGENIERO GEOLOGO.

"PROSPECCION GEOLOGICO MINERA EN EL AREA 5 DE MAYO",  
TAHUEHUETO, DGO."

- I.- Generalidades
- II.- Geografía
- III.- Fisiografía
- IV.- Geología regional
- V.- Geología local
- VI.- Metalogenia
- VII.- Evaluación
- VIII.- Conclusiones y recomendaciones
- Bibliografía
- Apendices
- Planos e ilustraciones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar el Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 22 de enero de 1982  
EL DIRECTOR

  
Ing. Javier Jiménez Espriú

JJE'NRV'mib.

---

PROSPECCION GEOLOGICO MINERA EN EL AREA DE  
5 DE MAYO, TAHUEHUETO, DURANGO

## CONTENIDO

|                                                   | Pág. |
|---------------------------------------------------|------|
| I. GENERALIDADES                                  |      |
| I.1. - Introducción.....                          | 1    |
| I.2. - Antecedentes.....                          | 2    |
| I.3. - Objetivo del Trabajo.....                  | 4    |
| I.4. - Método de Trabajo.....                     | 4    |
| II. GEOGRAFIA                                     |      |
| II.1. - Localización y Extensión del<br>Area..... | 6    |
| II.2. - Vías de Comunicación.....                 | 7    |
| II.3. - Flora y Fauna.....                        | 8    |
| III. FISIOGRAFIA                                  |      |
| III.1. - Geomorfología.....                       | 12   |
| a) Orografía.....                                 | 13   |
| b) Hidrografía.....                               | 14   |
| III.2. - Meteorología.....                        | 14   |
| IV. GEOLOGIA REGIONAL                             |      |
| IV.1. - Estratigrafía.....                        | 16   |
| V. GEOLOGIA LOCAL                                 |      |
| V.1. - Complejo Volcánico Inferior... 23          |      |
| V.2. - Serie Volcánica Superior.....              | 33   |
| V.3. - Geología Estructural.....                  | 35   |
| V.4. - Geología Histórica.....                    | 37   |
| VI. METALOGENIA                                   |      |
| VI.1. - Descripción de Acontecimientos,<br>.....  | 42   |

|                                                     | Pág. |
|-----------------------------------------------------|------|
| a) Paragénesis, Zoneamiento y Sucesión.....         | 43   |
| b) Temperatura.....                                 | 47   |
| VI. 2. - Secuencia de Acontecimientos               | 47   |
| VI. 3. - Clasificación genética del yacimiento..... | 48   |
| VII. EVALUACION                                     |      |
| VII. 1. - Cubicación de Reservas.....               | 50   |
| VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES                |      |
| BIBLIOGRAFIA                                        |      |
| APENDICES                                           |      |
| PLANOS E ILUSTRACIONES                              |      |

## PLANOS E ILUSTRACIONES

### LAMINAS:

- |                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| 1. - Plano de Localización  | Entre 7 y 8   |
| 2. - Columna Estratigráfica | Entre 34 y 35 |

### PLANOS:

- |                                                                                             |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1. - Plano Topográfico del Distrito Minero<br>Tahuehueto, Dgo.                              | Al final |
| 2. - Plano Geológico-Topográfico Superficial<br>del Area 5 de Mayo                          | "        |
| 3. - Geología de Interior de Mina, Minas 5 -<br>de Mayo I y II                              | "        |
| 4. - Geología de Interior de Mina, Mina 5 -<br>de Mayo III                                  | "        |
| 5. - Plano de Muestreo Minas 5 de Mayo I y II                                               | "        |
| 6. - Plano de Muestreo Mina 5 de Mayo III                                                   | "        |
| 7. - Cubicación de Reservas Mina 5 de Mayo<br>I                                             | "        |
| 8. - Croquis del Método Utilizado para cubi-<br>cación de Reservas, Mina 5 de Mayo I        | "        |
| 9. - Cubicación de Reservas y Programa a-<br>desarrollar, Mina 5 de Mayo II                 | "        |
| 10. - Croquis del Método utilizado para cubi-<br>cación de Reservas, Mina 5 de Mayo -<br>II | "        |

- 11. - Cubicación de Reservas y Programa a desarrollar Mina 5 de Mayo III Al final
- 12. - Croquis del Método utilizado para cubi- cación de Reservas, Mina 5 de Mayo III "
- 13. - Sección Transversal mostrando el barreno BDM-11 "

## I. GENERALIDADES

## I. GENERALIDADES

### I.1. - Introducción

La política del Gobierno Federal para los próximos años, es la de incrementar la producción de materias primas y la industrialización de las mismas para satisfacer la demanda nacional y estar en condiciones de exportar los excedentes procurando incrementar progresivamente su valor agregado.

De acuerdo con esta política, el Consejo de Recursos Minerales, dependencia de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, ha aumentado sus programas de exploración con el fin de localizar nuevas áreas mineralizadas, así como para confirmar la existencia de reservas de mineral en áreas conocidas con el fin de instalar plantas de beneficio.

El Estado de Durango está comprendido dentro de los programas de exploración geológico-mineros que se están efectuando en la República Mexicana.

El Distrito Minero de Tahuehueto fue seleccionado para desarrollar un programa de exploración geológico-minera, ya que la región presenta características geológicas muy favorables para contener concentraciones importantes de mineral, y además es una región cuya historia minera se remonta a la época colonial; en el presente siglo -

fue explotado por la Cfa. Sacramento de La Plata y también por la - Cfa. Japonesa EMIJAMEX, quienes cubicaron 81,000 ton probables, con una ley media de: 72 gr/ton de Ag; 3.7% de Pb; 6.81% de Zn y - 0.33% de Cu.

En este distrito se han localizado 5 áreas que presentan - estructuras de vetas mineralizadas que han sido exploradas mediante diversas obras mineras y barrenos, las cuales se han nombrado como sigue:

Area El Crestón

Area El Rey

Area 5 de Mayo

Area Texcalama

Area 3 de Mayo

De estas 5 áreas en 4 se tienen obras mineras; en la actualidad, sólo en las áreas 5 de Mayo y El Rey se continúa con las obras mineras, ya que son las áreas que presentan mejores leyes.

En el presente trabajo se hará referencia especialmente a - las actividades exploratorias realizadas en el área 5 de Mayo.

## 1.2. - Antecedentes

En el área de Tahuehueto, como en gran parte de la Sierra Madre Occidental, se han llevado a cabo actividades de exploración y

explotación minera en forma rudimentaria desde la época de la colonia y posiblemente desde antes por los indígenas . De toda esta época no se encontró información.

Las primeras investigaciones llevadas a cabo por personal del Consejo de Recursos Naturales No Renovables en el área de Tahuehueto, se iniciaron el año de 1971 por personal de la Residencia en Durango, según se reportó en el informe "Estudio Geológico Minero de las minas ubicadas en Tahuehueto El Alto, Dgo.", elaborado por los Ings. A. Pineda y M. Carrasco, en el cual hablan de la geología regional y la infraestructura, así como del potencial minero existente en el distrito.

La Cía. Sacramento de La Plata, propietaria de los fundos mineros existentes en el área, estuvo realizando trabajos de exploración hasta el año de 1976, fecha en que mediante un convenio con Fomento Minero y el Consejo de Recursos Minerales, la Cía. EMIJAMEX realizó obras de exploración y desarrollo hasta el año de 1978 en que se retiró.

Como resultado de estos trabajos, la compañía presentó dos informes geológicos que incluyen planos geológicos y topográficos de todo el distrito, escala 1:10 000, los cuales han servido como base para estudios posteriores.

De 1979 a la fecha, el Consejo de Recursos Minerales continúa

la exploración del distrito.

### 1.3. - Objetivo del Trabajo

Los trabajos desarrollados por el Consejo de Recursos Minerales en el Distrito Tahuehueto, tienen dos objetivos esenciales: uno - de carácter económico y otro sustancialmente geológico.

El primero consiste en ayudar al desarrollo socio-económico de la región, creando fuentes de trabajo y dando asesoría técnica a los habitantes de la zona, y también para incrementar las Reservas Mineras Nacionales; el otro tipo de objetivo es de carácter geológico propia mente dicho, y sus aspectos centrales son los siguientes:

Dar a conocer las características geológicas del área y establecer criterios para la prospección de depósitos minerales similares al que se menciona en este trabajo.

### 1.4. - Método de Trabajo

#### a) Documentación

Se recopiló toda la información existente posible sobre el área de trabajo, la cual consistió de informes geológicos, informes - de trabajos realizados y planos geológicos y topográficos superficiales escala 1:10 000. Así mismo se reunió la restitución fotogramétrica existente, escala 1:10 000.

### b) Campo

1o. - Se efectuaron varios caminamientos en el área durante los cuales se hizo un levantamiento topográfico con brújula Brunton's y cinta de lienzo de 50 m, en el que se fueron mapeando todos los rasgos geológicos observados, así como la localización de las muestras que se tomaron para análisis petrográfico. Este plano se hizo a escala 1: 1 000 y se tomó como punto de partida la bocamina de la Mina 5 de Mayo

2o. - Se elaboró levantamiento geológico-topográfico del interior de las minas escala 1:250 con tránsito.

3o. - Se realizó el muestreo sistemático, tanto en superficie como en interior de mina de las estructuras mineralizadas.

En superficie, las muestras se tomaron cada 10 m y en interior de mina cada 2 m, además, en algunas partes, debido al espesor y características de la veta, se tomaron muestras seleccionadas, usando como criterio para separarlas, el que en una parte de la veta se presenta la mineralización económica concentrada y en otra parte de la veta en forma diseminada.

### c) Gabinete

1o. - Se elaboró el Plano Geológico-Topográfico, escala --- 1:1 000.

2o. - Elaboración de planos topográficos y geológicos de las minas, escala 1:250.

3o. - Elaboración de planos de muestreo, escala 1:250.

4o. - Elaboración de secciones longitudinales de las vetas para cubicación de reservas y programación de obra minera.

5o. - Elaboración de sección vertical del barreno de diamante BDM-11.

6o. - Cálculo de reservas

## II. GEOGRAFIA

## II. GEOGRAFIA

### II.1. - Localización y Extensión del Area

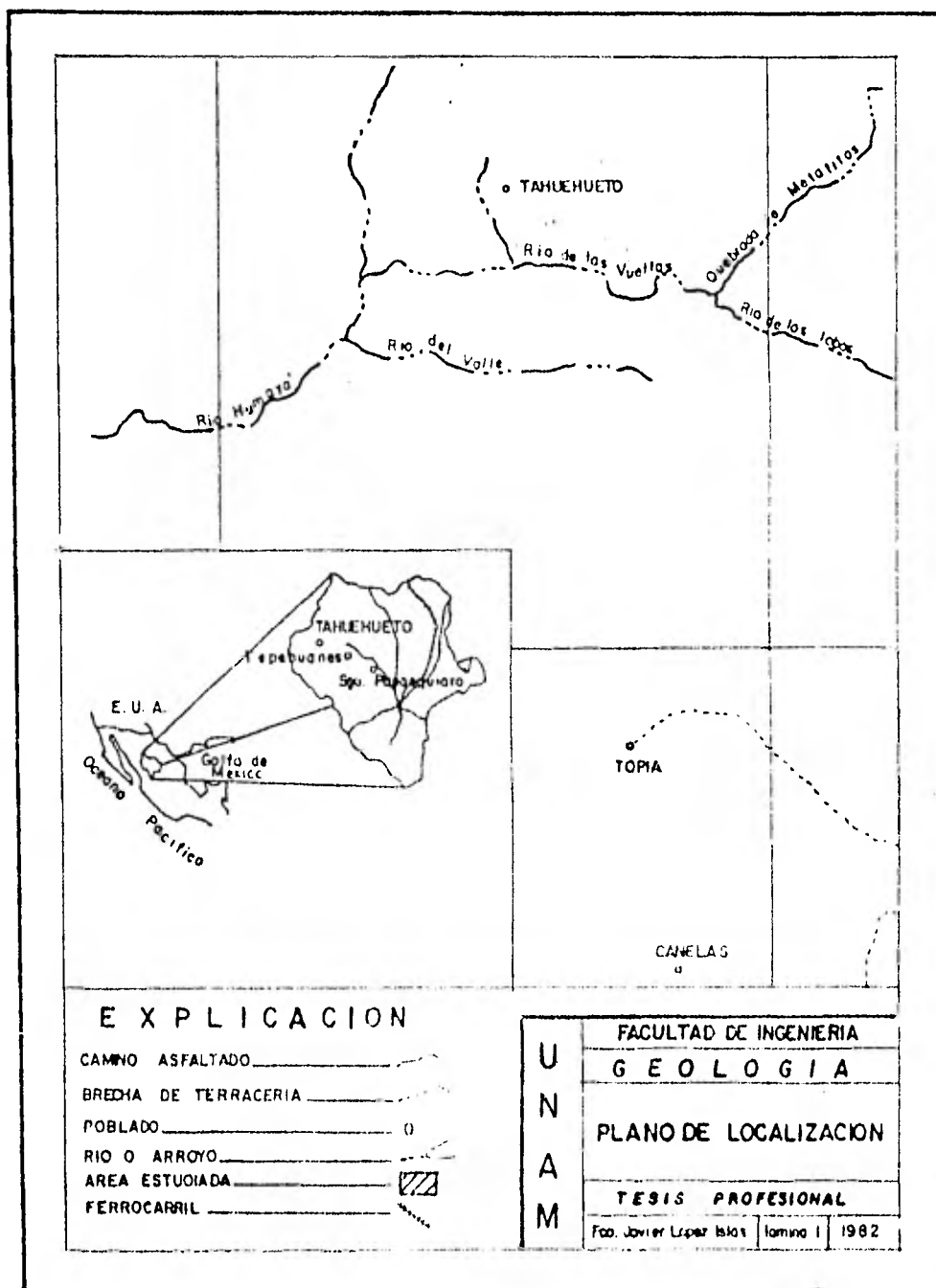
El área de estudio se encuentra dentro del Distrito Minero de Tahuehueto el cual se localiza al noreste del Estado de Durango, en el Mpio. de Tepehuanes. La distancia en línea recta de la Ciudad de Durango al área de estudio, es de 200 km (Lámina No. 1).

Las coordenadas Geográficas del área son: 25°25' Latitud Norte; 106°37' Longitud Oeste.

Dentro del Distrito Minero de Tahuehueto, se encuentran las siguientes áreas mineralizadas: El Crestón, El Rey, 5 de Mayo, Texcalama, 3 de Mayo, Dolores y Montecristo; de estas áreas sólo en El Rey y en 5 de Mayo se está trabajando actualmente, ya que a la fecha son las que han presentado estructuras mineralizadas mejor definidas y con mejores leyes; el área de 5 de Mayo tiene una extensión - de 28 Has.

### II.2. - Vías de Comunicación

El Acceso al área se efectúa por la Carretera Panamericana Durango-Cd. Juárez, Chihuahua (No. 49), desviándose en el km 56, Escuela-Granja 5 Guadalupe Aguilera, hacia el oeste, siguiendo la carretera a Santiago Papasquiaro, con un recorrido de 173 km pavimentados. A partir de Santiago Papasquiaro 15 km adelante, se termina la ca



rrertera y empieza un camino de terracería en buen estado, el cual - conduce al Pueblo de Tepehuanes, Dgo.

En esta población principia un camino maderero que pasa por varias rancherías hasta llegar al ejido maderero El Huacal a los 100 km de Tepehuanes, donde se inicia una brecha de 90 km de longitud, la cual llega hasta el campamento. El tiempo aproximado de recorrido del Poblado de Tepehuanes al área de trabajo es de 8 a 10 hs., pero se necesitan dos horas y media por avioneta desde la Ciudad de Durango, aterrizando en la pista conocida como Mesa de Los Toros, la cual se encuentra a 1.6 km del Campamento, Tepehuanes que es la cabecera municipal; cuenta con correo, telégrafo, teléfono y estación de ferrocarril. El poblado más cercano a Tahuehueto es Topía, que cuenta con un camino de tierra que comunica con Tepehuanes así como servicio aéreo constante tanto de la Ciudad de Durango, como de Culiacán, Sin., pero a pesar de la cercanía se hacen aproximadamente dos días en bestia.

En el campamento hay radio para comunicarse a la Cd. - de Santiago Papasquiaro y a la Cd. de Durango.

### II. 3. - Flora y Fauna

Al recorrer el territorio continental y marítimo de la República Mexicana, se observa que al igual que ocurre en otros paí-

ses, las especies vegetales y animales se distribuyen en forma aparentemente irregular, concentrándose en ciertas áreas. Indudablemente que eso sucede obedeciendo a razones topográficas y climatológicas por lo que la población vegetal y animal no es uniforme ni de la misma densidad en toda la superficie de la República Mexicana.

Es interesante la contemplación de la realidad actual, que muestra la distribución de las especies vegetales y animales dentro de zonas de características físicas bien definidas, de suerte que el conjunto de especies vegetales y animales, pueden significar prototipos de la región de que se trata.

Estas zonas de distribución de seres vivos se conocen con el nombre de Provincias Bióticas, entendiéndose, como se ha dicho antes, que comprenden la distribución de las especies botánicas y de las zoológicas armónicamente enlazadas.

Según la Carta Biogeográfica propuesta como base para el estudio de las provincias biogeográficas de nuestro país, formulada por Jorge L. Tamayo, se han aislado las provincias que a continuación se enumeran:

- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| 1. - Oesteserranense  | 10. - Chihuahua-Potosiense   |
| 2. - Esteserranense   | 11. - Bajío-Altense          |
| 3. - Neovolcanense    | 12. - Coahuila-Tamaulipense  |
| 4. - Surserranense    | 13. - Sinaloense             |
| 5. - Chiapanense      | 14. - Balsas- Surpacífquense |
| 6. - Californiense    | 15. - Tehuantepecanense      |
| 7. - Sonorense        | 16. - Giganta-San Luquense   |
| 8. - Surcaliforniense | 17. - Veracruzense           |
| 9. - Guadalupense     | 18. - Yucatanense            |

Además se consideran las siguientes provincias oceanográficas:

- 19. - Panamense-Californiense
- 20. - Panamense
- 21. - Oeste-Atlántica-Tropicalense

De acuerdo con la Carta Biogeográfica de la República Mexicana, el Distrito Minero Tahuehueto se encuentra en la Provincia Biogeográfica Oesteserranense que a continuación se describe y la cual se identifica plenamente en el distrito.

Oesteserranense. Angosta faja que cubre la parte de más de 1,000 m de altura s. n. m., de la Sierra Madre Occidental que se extiende desde la Frontera Internacional con los Estados Unidos hasta el extremo norte del Estado de Jalisco, comprendiendo el noreste de Sonora, porciones occidentales de Chihuahua, Durango y Zacatecas, noreste de Nayarit y norte de Jalisco. Su clima es seco en las partes bajas, y lluvioso en las alturas, con reducida precipitación tanto en verano como en invierno. En las alturas las coníferas tienen actualmente su mayor desarrollo dentro del país, acaso porque han sido poco explotadas; en las medias abunda el bosque mixto, en las laderas se encuentra el pino, el madroño, pinabete, abeto douglas y álamo temblón; en las partes bajas aparecen madroños y arbustos como la manzanita. Entre los mamíferos característicos se destacan el lobo, coyote, la ardilla, el conejo y la liebre; entre las aves, el guajolote, el gorrión, primavera

solitaria, carpintero, magueyero, el aura, zopilote, guacamayas y también abundan los reptiles como las lagartijas y las víboras de cascabel.

### III. FISIOGRAFIA

### III. FISIOGRAFIA

#### III.1. - Geomorfología

El área de estudio se localiza dentro de la gran provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, (Alvarez Jr., 1961); a la cual Ordóñez (1936, p. 1,286), describe como sierras muy próximas unas a otras con altura media de 2,100 m, pero con pichachos que alcanzan hasta 3,000 m, s.n.m., sus altas crestas son casi paralelas y uniformes, están separadas por profundos cañones a veces con altos acantilados que presentan diversos colores y tienen una gran belleza. La orientación que presenta este gran conjunto de rocas es de norte a sur y de NW-SE. Como dominan en las partes más elevadas las ignimbritas, cuya actitud es casi horizontal, el aspecto que adquieren estas rocas es más bien el de una gran mesa o plateau, - que es dominante en toda la provincia. Según Terrones Langoné (Tesis Profesional, 1940), las corrientes de agua que forman la vertiente del Pacífico, corren en estrechos valles de gran profundidad llamados "quebradas", los que se amplían al penetrar en la angosta llanura costera del Pacífico, la cual es otra provincia fisiográfica.

El origen de todos estos aspectos geomorfológicos debe atribuírse solamente a un gran levantamiento general, lo suficientemente rápido para permitir que todas las corrientes permanezcan -

en su etapa juvenil o sea cañones de gran pendiente. Debe suponerse también que este levantamiento no ha sido uniforme en toda la provincia, pero sí es evidente que el efecto de erosión de grandes corrientes fue muy continuado hacia el oriente, donde rellenó grandes porciones de lo que es actualmente la Mesa Central.

La gran provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental se subdivide en tres subprovincias o provincias menores que corren paralelamente a la Costa Occidental de México, ellas son:

- a) Subprovincia del Altiplano
- b) Subprovincia de Barrancas
- c) Subprovincia de Valles y Sierras Paralelas

El área de estudio se encuentra dentro de la subprovincia de Barrancas.

a) Orografía

La Subprovincia de Barrancas se distingue por ser una faja de terreno profundamente esculpida por los ríos que fluyen hacia el SW. La erosión es principalmente vertical y el relieve netamente juvenil con valles cortados en "V", ríos encajonados y cañones con laderas de gran pendiente, en donde actúan como factores importantes de la erosión, los procesos gravitacionales; de esta manera se forman barrancas de gran profundidad, a las cuales la subprovincia debe su nombre. El desnivel entre el fondo de las barrancas y las partes altas de los -

acantilados varía, pero comúnmente es de 1,000 a 1,500 m (la región de la Subprovincia de Barrancas es de gran importancia económica, - porque la erosión ha expuesto el subsuelo mineralizado más antiguo). Algunas variaciones en las formas topográficas locales se deben a las vetas que por estar silicificadas resaltan notablemente en el terreno formando crestones como el caso de la Veta 5 de Mayo II.

#### b) Hidrografía

La red hidrográfica es dendrítica (López Ojeda 1981); los ríos principales llevan agua durante todo el año. Las estructuras geológicas ejercen sobre el drenaje una importante influencia.

Los ríos de la región forman parte de la vertiente del Pacífico; los más importantes son:

El Río Humaya o Colorado, el Río de Las Vueltas, el Río del Valle y el Río de Quebrada Honda.

### III. 2. - Meteorología

Siguiendo el criterio de Köppen, el clima del área de estudio, se puede considerar templado lluvioso con lluvias en verano, que se caracteriza porque la temperatura media del mes más cálido es superior a los 18°C y en el mes más frío es mayor a 0°C.

Las lluvias se presentan en verano y la precipitación media anual queda comprendida entre los 900 y 1,000 mm.

#### IV. GEOLOGIA REGIONAL

---

#### IV. GEOLOGIA REGIONAL

El análisis del conjunto de procesos geológicos que afectaron a toda la región pondrá de manifiesto las condiciones que dieron origen al yacimiento. Asimismo, este cuadro geológico podrá servir de base para el modelo de tipos de yacimientos similares.

La Provincia Geológica de la Sierra Madre Occidental, dentro de la cual se encuentra el área de estudio, es un gran sistema montañoso que se extiende, desde la Provincia del Desierto de Sonora al Norte, hasta el Eje Neovolcánico en el sur; está limitada hacia el oriente por la Mesa Central, y al poniente por la Llanura Costera del Pacífico; su orientación es NW-SE y tiene una longitud de 1,400 km aproximadamente y un ancho que en algunos lugares llega a los 300 kilómetros.

La Sierra Madre Occidental está integrada por rocas que varían en edad desde el Pre-Cámbrico (Talafierro, 1933), hasta el Reciente, pero su característica fundamental es que está cubierta por grandes espesores de rocas volcánicas principalmente tobas y derrames riolíticos; de esta manera constituye una de las provincias calcoalcalinas más grandes del mundo. La formación y el emplazamiento de los magmas que dieron origen a esta provincia volcánica, se encuentran relacionados a la zona de subducción formada entre la Placa de Norteamérica y las placas de Farallón y Cocos, durante una parte del Terciario.

---

En general, a las rocas de la serie calcoalcalina que forman gran parte de la Sierra Madre Occidental, se les denomina Serie Volcánica Superior y según estudios radiométricos (K-Ar) realizados en 1977 por McDowell y Keizer, el período magmático que dio origen a estas rocas, tiene una edad de 32 a 23 millones de años.

#### IV.1. - Estratigrafía

La secuencia de la Sierra Madre Occidental consiste principalmente de rocas metamórficas, de edad probablemente Pre-Cámbrica, y de lavas terciarias y cuaternarias. Pero a lo largo de sus flancos y en su parte norte, se encuentran áreas de estratos paleozoicos y mesozoicos que comprenden capas que datan probablemente del Cámbrico, Devónico, Mississípico, Pensilvánico, Pérmico, Trásico-Jurásico y Cretácico.

#### BASAMENTO CRISTALINO (Pre-Cámbrico)

Esquistos, gneiss y otras rocas metamórficas, de edad probablemente Pre-Cámbrica, existen en muchos lugares de la Sierra Madre Occidental y probablemente forman todo el núcleo o corazón de la cordillera. En la parte norte de la provincia se les ha podido fijar la edad. Describiendo la región de Cabullona en Sonora, Talafierro - (1933), dice: Las rocas más antiguas que afloran son esquistos cristalin<sup>os</sup> más antiguos que el Cámbrico y que forman el complejo basal so

bre el que fueron depositados los sedimentos del Paleozoico y aún posteriores. Consisten de esquistos cuarzosos y micáceos, cuarcitas esquistosas y esquistos de clorita y anfíbolos que representan - rocas sedimentarias y volcánicas metamorfizadas. Litológicamente son semejantes a los esquistos del final de la Comarca de Bisbee y al esquistos de Vishnú del Gran Cañón del Colorado.

Este basamento cristalino subyace en forma discordante al Complejo Volcánico Inferior.

#### COMPLEJO VOLCANICO INFERIOR (Cretácico Tardío-Eoceno - Superior).

El complejo está formado por rocas andesíticas muy alteradas e intrusiónadas por cuerpos granodioríticos, cuarzo-monzoníticos y tonalíticos principalmente.

En 1951-1952, John Lemish hizo una descripción de las diferentes rocas que constituyen este complejo volcánico y que afloran en Topia dividiendo el Complejo Volcánico Inferior en las siguientes unidades litológicas:

##### Andesita de Topia

Dentro de esta andesita se encuentran, en forma de alternancias acuñadas, tobas andesíticas con escasas brechas en pequeños espesores que se adelgazan llegando a desaparecer en pocos metros.

En Topia, estas andesitas tienen un espesor total de

1,400 m y presentan una serie de capas alternantes de tobas y lavas de acuerdo a las cuales se han dividido en tres miembros:

Andesita Miembro Santa Ana

Constituye la base de la andesita, con un espesor calculado de 500 m, consiste de tres unidades de toba y una de lava.

Andesita Miembro del Carmen

Tiene un espesor aproximado de 400 m, es el miembro intermedio de la andesita y está integrado por cuatro unidades alternadas de lava y toba.

Andesita Miembro Hornos

Es el miembro superior de la andesita y tiene un espesor aproximado de 400 m, está formada por una unidad inferior de lava y una superior de toba.

Estas andesitas según John Lemish (1951-1952), se caracterizan por presentar plagioclasas que oscilan desde oligoclasa hasta andesina cálcica, así como la presencia de minerales máficos como hornblenda y biotita; teniendo como característica principal el gran contenido de augita que tiene la matriz, siendo raro encontrar cuarzo y cristobalita.

Su estructura es compacta y homogénea y su textura puede ser afanítica o porfídica, con matriz de grano fino o criptocristalina; los derrames lávicos se encuentran alternando con tobas de la misma

composición, formando una secuencia estratiforme.

Es frecuente que estas andesitas presenten bandeo metamórfico sobre todo en las proximidades de los intrusivos.

La edad de estas andesitas es difícil de determinar, debido a la alteración hidrotermal y a la carencia de información paleontológica, pero un estudio radiométrico, empleando el método K-Ar, realizado en 1977 por McDowell y Keizer, sitúa al período de magmatismo que les dio origen entre 100 y 45 millones de años de edad.

#### Pórfidos Andesíticos

Las andesitas del Complejo Volcánico Inferior se encuentran intrusionadas por pequeños cuerpos de pórfidos andesíticos.

Su textura es porfídica con fenocristales de plagioclasas y a veces de anfíbolos, dentro de una matriz microgranular.

Estos pórfidos andesíticos son de edad premineral, ya que se encuentran en ocasiones como roca encajonante de la mineralización.

#### Intrusivo Granodiorítico

Al norte del área de Topia, y en general a todo lo largo de la Sierra Madre Occidental, afloran numerosos intrusivos de composición calcoalcalina, granodiorítica a diorítica, cuyos afloramientos varían en forma y extensión; sin embargo, se pueden relacionar genéti-

camente, asociándolos a una de las últimas etapas del período de magmatismo que dio origen a las andesitas de este complejo.

En Topia, John Lemish (1951-1952) estudió uno de estos intrusivos describiéndolo de esta manera:

Presenta color gris blanquecino a blanco verdoso, este último debido quizá, a la propilitización de la matriz.

Al intemperizarse, la roca presenta color crema; además, destaca la textura porfídica, distinguiéndose a simple vista fenocristales de plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo. Las plagioclasas son de forma subedral. Los máficos presentes son biotita y hornblenda verde, los minerales accesorios más comunes son zircón y magnetita; la matriz se considera afanítica con una silicificación moderada.

Frecuentemente se encuentran dentro de estos intrusivos, numerosos xenolitos de andesita, en general no superiores a los 2 m de longitud.

En casi toda la Sierra Madre Occidental el grupo de rocas más importante desde el punto de vista económico es el Complejo Volcánico - Inferior, debido a que la gran mayoría de los yacimientos que se han explotado en esta sierra se encuentran emplazados en dicho complejo.

El Complejo Volcánico Inferior sobreyace discordantemente al basamento cristalino y subyace, también, discordantemente a la Serie Volcánica Superior.

### SERIE VOLCANICA SUPERIOR

La Serie Volcánica Superior está constituida por una serie de rocas volcánicas de composición riolítica que incluyen tobas e ignimbritas con un espesor aproximado de 300 metros.

En general se presentan dos tipos de tobas alternadamente; tobas rojas y tobas moradas. Las tobas rojas están compuestas por fragmentos angulosos a subredondeados, de 3 mm a 10 cm de diámetro, envueltos en una matriz compuesta por feldespato potásico y caolín. Los fragmentos son de cuarzo y pedazos de rocas ígneas de composición andesítica, dacítica y riolítica principalmente. Frecuentemente presentan bandeamiento debido a la gradación de sus fragmentos. Las tobas moradas presentan cantos angulosos de 2 mm de longitud máxima, con abundantes feldespatos emplazados en una matriz afanítica.

Las ignimbritas (tobas soldadas) son comunes en toda la serie, su color es gris rosado. Son rocas porosas que generalmente contienen fragmentos de riolitas, cuarzo, sanidino y plagioclasas.

Este complejo se ha subdividido en dos grandes cuerpos, uno llamado Secuencia Espinazo-El Salto, que aflora en la parte meridional de la sierra comprendida entre el Espinazo del Diablo y El Salto; y otro grupo denominado Secuencia Volcánica Durango que aflora en la parte oriental de la Sierra.

Su edad es posterior a la edad de formación de la gran mayoría de los yacimientos minerales del área, sobre todo los de Au, Ag, -

Pb, Zn y Cu, aunque se puede observar una incipiente mineralización en estas rocas que se considera contemporánea a su formación.

Se han hecho estudios geocronológicos (McDowell y Kelzer, 1977) que revelan una edad de  $29.8 \pm 1.2$  millones de años para la Secuencia Volcánica Durango y una edad de  $23.3 \pm 0.3$  millones de años para la Secuencia Espinazo-El Salto.

La composición de ambas es similar (composición riolítica); no obstante, estudios mineralógicos y químicos (Waitt, 1970; Wahl, 1973; Swanson, 1974), han indicado que la temperatura de emplazamiento de la Secuencia Espinazo-El Salto fue mayor que la de la Secuencia Volcánica Durango.

La Serie Volcánica Superior cubre de manera discordante al Complejo Volcánico Inferior y se encuentra cubierta a su vez, en parte, de forma discordante por una serie de depósitos aluviales recientes.

#### DEPOSITOS ALUVIALES

Se encuentran ampliamente distribuidos y muestran una gran variación litológica; los productos dominantes son grava, arena y arcilla. Se les observa formando abanicos aluviales y planicies de inundación; además, la mayor parte del área estudiada está cubierta por una vegetación que aunque no es exuberante, si le confiere a su sustrato, un espeso suelo orgánico que hace que los afloramientos sean escasos.

## V. GEOLOGIA LOCAL

## V. GEOLOGIA LOCAL

La finalidad de este capítulo es dar una descripción detallada de los diferentes tipos de rocas que afloran en el área 5 de Mayo y su relación con la mineralización, ya que como se verá más adelante, en la clasificación genética del yacimiento, la roca encajonante tiene una relación directa con el origen de la mineralización.

En el Area 5 de Mayo se distinguen dos paquetes diferentes de rocas. El inferior y más antiguo está integrado por rocas volcánicas de composición andesítica con intercalaciones de rocas dacíticas y por cuerpos intrusivos cuya composición varía de cuarzomonzonítica a granítica. El paquete superior y más reciente de rocas está constituido por tobas e ignimbritas de composición calcoalcalina y que forman una especie de sello a la mineralización.

### V.1. - Complejo Volcánico Inferior

El Complejo Volcánico Inferior está constituido por alteraciones de cuerpos acuñados, de extensión horizontal variable, de tobas, andesitas, dacitas y conglomerados volcánicos que fueron intrusionados por rocas de composición que varía de intermedia a ácida (cuarzomonzonítica a granítica).

#### ROCAS EXTRUSIVAS

Se distinguen dos cuerpos independientes de tobas, separados en-

---

tre sí por un paquete de andesitas y dacitas y luego todas estas rocas cubiertas por un conglomerado volcánico.

A continuación se describe cada una de estas rocas en la secuencia que se supone siguieron al depositarse:

Toba A. Esta toba aflora sobre el Río de Las Vueltas, cerca de donde termina el camino que va del campamento al río; es de color gris claro e intemperiza a un amarillo pardusco. Es masiva, de composición andesítica-dacítica; su afloramiento sobre el Río de Las Vueltas se distingue por su color de alteración, y se extiende a lo largo del río unos 60 metros.

Debido a que esta toba es la que ocupa la parte inferior de esta formación, se supone que sobreyace discordantemente al complejo cristalino más antiguo, sin embargo su contacto inferior no se observó en el campo; su contacto superior es normal con las andesitas.

#### Andesitas

Estas rocas se encuentran aflorando sobre el camino que va del Río de Las Vueltas hacia el Area 5 de Mayo y alrededor de las Vetas 5 de Mayo I y II, donde es parte de la roca encajonante. Sus mejores afloramientos se encuentran sobre los arroyos y a los flancos de las vetas.

Las andesitas presentan colores generalmente grises con tonalidades que pueden ser verdes, pardas y negras, predominando las pri

meras. Presentan normalmente una estructura compacta y una textura porfídica.

Al microscopio muestran una textura microlítica porfídica (Ver - Apéndice Petrográfico, Estudio L-82-45) y la siguiente mineralogía:

Esenciales: Plagioclasas

Accesorios: Feldespatos potásicos, magnetita, hornblenda.

Secundarios: Epidota, clorita, sericita, hematita, limonita

Minerales arcillosos: calcita.

Las rocas andesíticas están constituidas esencialmente por un agregado de finos microlitos de plagioclasas de composición media (oligoclasa-andesina), con disseminaciones de fenocristales euedrales y subedrales de composición similar. Estos minerales se presentan generalmente alterados parcialmente a minerales arcillosos, y con reemplazamientos parciales por calcita, hematita y limonita. Donde esta roca ha estado sujeta a esfuerzos, las plagioclasas están en parte reemplazadas por epidota.

Como minerales accesorios comunes presenta hornblenda y magnetita. La hornblenda se presenta en cristales subedrales y anedrales disseminados, rellenoando intersticios entre el agregado microlítico y los fenocristales; la magnetita se presenta en microcristales euedrales y subedrales, rellenoando intersticios y disseminados en toda la roca.

Esta roca se clasificó como una andesita porfídica de hornblenda.

El origen de la andesita es extrusivo y a veces hipabisal, alterada por soluciones hipogénicas y posteriormente por el intemperismo.

Estas rocas forman el mayor espesor de la Formación Inferior con 500 m y se encuentran en la parte media de ésta. Su contacto inferior es con la Toba A y su contacto superior es transicional con las dacitas.

#### Dacitas

Las dacitas empiezan a aflorar cerca de las vetas del Area 5 de Mayo y se les encuentra alternando con las andesitas, pero hacia arriba estratigráficamente tienden a predominar sobre éstas. También se presentan como rocas encajonantes de la mineralización.

Las dacitas se encuentran muy alteradas, por lo que sólo es posible observar una textura de reliquia (Ver Anexo Petrográfico, Lámina L-82-40); esto se debe a que los minerales primarios han sido alterados en su totalidad y sólo es posible observar las huellas de la textura original de la roca.

Estas rocas presentan colores grises con tonalidades verdes, pardas, ocre y oscuras; con una estructura compacta y textura porfídica de reliquia.

Al microscopio se observa una textura holocristalina porfídica de reliquia (Ver Lámina L-82-40) y frecuentemente una textura mi-

crofítica porfídica.

Estas dacitas presentan la siguiente mineralogía:

Esenciales: Plagioclasas (oligoclasa-andesina), cuarzo.

Accesorios: Ferromagnesianos alterados, magnetita

Secundarios: Cuarzo, clorita, epidota, minerales arcillosos, hematita, limonita, sericita.

Las dacitas están formadas esencialmente por un agregado de finos microlitos de plagioclasas de composición media (oligoclasa-andesina) con abundantes fenocristales euedrales y subedrales de la misma composición. Estos minerales están frecuentemente muy alterados, reemplazados por sericita y minerales arcillosos, así como agregados cristalinos de epidota donde la roca ha estado sujeta a esfuerzos de dinamometamorfismo. En este último caso las maclas de las plagioclasas se presentan distorsionadas debido a los esfuerzos a los que han estado sujetas estas rocas.

Por lo común los ferromagnesianos de estas rocas están totalmente alterados a agregados de clorita, hematita, limonita.

La magnetita se presenta en cristales euedrales y subedrales muy finos diseminados y martitizados.

Estas rocas se clasificaron como: Dacitas porfídicas.

El origen de las mismas es extrusivo y ocasiones subvolcánico.

Presentan un espesor aproximado de 150 metros.

El contacto inferior de estas rocas es concordante y transicional con las andesitas y el contacto superior es concordante con el segundo grupo de tobas.

#### Toba B.

Estas rocas son de color gris con tonos claros y presentan una estructura poco compacta y una textura piroclástica gradada. En algunos lugares se encuentra intercalada con el conglomerado volcánico que la cubre.

La composición de esta toba varfa, siendo principalmente dacítica pero en partes también es andesítica, y contiene fragmentos de vidrio.

Su contacto inferior es concordante con las dacitas y su contacto superior es discordante con el Conglomerado Volcánico.

#### Conglomerado Volcánico

Estas rocas constituyen el miembro superior de la Formación Inferior. Se les encuentra en la base de los acantilados formados por las rocas de la Formación Superior.

Este conglomerado se presenta pseudo-estratificado con estratos de un espesor que varfa de 0,50 a 5 m aproximadamente y a estos estratos se les puede medir el rumbo y el echado (N17°E 31°NW). Los fragmentos que contiene el conglomerado son de composición andesítica

y dacítica principalmente. Los fragmentos más grandes son del tamaño de una cabeza humana y de forma arredondada-subangulosa.

La matriz es de color rojo; presenta una estructura compacta y textura afanítica. El microscopio se le observa una textura piroclástica y presenta la siguiente mineralogía:

Esenciales: Oligoclasa, andesina, feldespatos potásicos, cuarzo, fragmentos de roca.

Accesorios: Ferromagnesianos alterados, magnetita, epidota.

Secundarios: Sericita, hematita, limonita, calcita, minerales arcillosos.

A la matriz se le clasifica como toba dacítica y es de origen extrusivo.

El contacto inferior de este conglomerado volcánico es discordante con la Toba B y su contacto superior es discordante con la Serie Volcánica Superior.

#### Rocas Intrusivas

Dentro de todo el Distrito Minero de Tahuehueto, afloran una serie de intrusivos de forma irregular los más grandes y en forma de diques los más pequeños. Se observó que estos intrusivos varían tanto en composición como en edad y forma. Los más grandes de forma irregular y de composición cuarzomonzonítica, son los más antiguos

y se consideran dentro de la Formación Inferior; los más pequeños en forma de diques son de composición más básica (diorítica) e intrusionan a las dos formaciones; debido a esto, se les considerará aparte y aquí sólo se tratará a los intrusivos más grandes.

#### Rocas Cuarzomonzoníticas

Sobre el Arroyo 5 de Mayo hacia el NW, aflora un intrusivo cuyo afloramiento a lo largo del arroyo mide 210 metros. Este intrusivo se encuentra dentro de rocas andesíticas y dacíticas.

Este intrusivo forma parte de la roca encajonante de las vetas del área, sobre todo de la Veta 5 de Mayo II hacia el NE.

Esta roca presenta un color que varía de gris verdoso claro a pardo rojizo, con una estructura muy compacta y una textura fanerítica.

Al microscopio se le observa una textura holocristalina hipidiomórfica de grano medio, en ocasiones muy alterada. Presenta la siguiente mineralogía:

Esenciales: Cuarzo, microclina (pertitas), andesina, oligoclasa.

Accesorios: Hornblenda, apatita, magnetita, biotita.

Secundarios: Clorita, sericita, calcita, minerales arcillosos, turmalina, pirita, calcopirita, hematita, limonita.

La roca se presenta formada esencialmente por un agregado de cristales subedrales de plagioclasas de composición media (oligoclasa).

sa-andesina) con intercalaciones de feldespatos potásicos (microclina). En ocasiones se presentan inclusiones de plagioclasas en finos cristales dentro de la microclina en intercrecimientos peritéticos. - El porcentaje relativo de las plagioclasas con respecto a los feldespatos potásicos es bastante variable; esta variación hace que la clasificación de la roca, localmente, varíe de cuarzomonzonita a granito - calcoalcalino. Los feldespatos se encuentran parcialmente alterados a minerales arcillosos y las plagioclasas a sericita. En ocasiones las plagioclasas se presentan reemplazadas por calcita.

El cuarzo se encuentra, generalmente, rellenando intersticios - dentro del agregado feldespático. Este mineral se presenta en cristales anedrales con extinción recta. Existe una segunda generación de cuarzo, rellenando delgadas vetillas y diseminado en conjuntos anedrales.

La hornblenda se presenta en cristales euedrales y subedrales, a menudo fuertemente alterados a calcita, clorita, hematita y limonita con inclusiones de apatita.

La biotita se encuentra en cristales subedrales con hábito tabular, parcialmente alterados a clorita, en ocasiones con inclusiones de apatita.

La magnetita se presenta en cristales anedrales y subedrales diseminados, parcialmente alterados a hematita.

La apatita se encuentra en finos cristales subedrales y anedrales diseminados en toda la roca y como inclusiones dentro de los ferromagnesianos.

La turmalina está presente rellenando delgadas vetillas y en forma diseminada en la roca. Este mineral indica fenómenos de tipo pneumatolítico.

La pirita se presenta en cristales muy pequeños eudrales y subedrales diseminados en la roca, así mismo rellenando delgadas vetillas, asociados a cuarzo secundario.

La calcopirita se encuentra en forma diseminada en microcristales anedrales y también rellenando vetillas muy delgadas. Aun cuando esto puede representar una mineralización de tipo pórfido cuprífero, no se ve una alteración lo suficientemente fuerte para haber originado a profundidad una zona de enriquecimiento, además el afloramiento del intrusivo es bastante pequeño y la cubierta volcánica es muy grande.

En general, esta roca se clasifica como una granodiorita porfídica de hornblenda y biotita, pero debido a que esta roca cambia horizontalmente de composición, debido a la diferenciación magmática; en algunas partes el intrusivo se clasifica como cuarzomonzonita y en otras como granito.

Estas rocas se formaron por emplazamiento plutónico, formando un cuerpo de tipo circunscrito, con alteraciones de tipo pneumatolítico (Arriaga, Rodríguez, 1981).

## V.2. - Serie Volcánica Superior

Esta formación se presenta al final de la columna estratigráfica de la región, y se localiza en las partes altas de la Sierra de - Tahuehueto; formando mesetas con bordes escarpados. En esta formación no se presenta la mineralización de (Ag, Pb, Zn, Cu y Au) que constituye los yacimientos económicamente importantes de Tahuehueto.

La Formación Superior se presenta como una especie de sello de la mineralización.

Esta formación está integrada por rocas de composición riolítica, tobas e ignimbritas, pero no se pudieron distinguir unidades litológicas más o menos definidas como en la formación anterior; por lo tanto, se hará una descripción general de estas rocas.

Estas rocas presentan colores pardos con tintes rojizos y una estructura muy compacta que se observa muy bien en las tobas soldadas, ignimbritas, y una textura tobácea. Se observan en algunas partes granos de cuarzo de 2 a 5 mm de diámetro.

Al microscopio presentan una textura piroclástica y se observan los siguientes minerales que forman a la roca:

Primarios: Fragmentos de roca, vidrio, ceniza volcánica, cuarzo, sanidino, plagioclasas, biotita, magnetita.

Secundarios: Minerales arcillosos, hematita, limonita, sericita,

clorita, epidota.

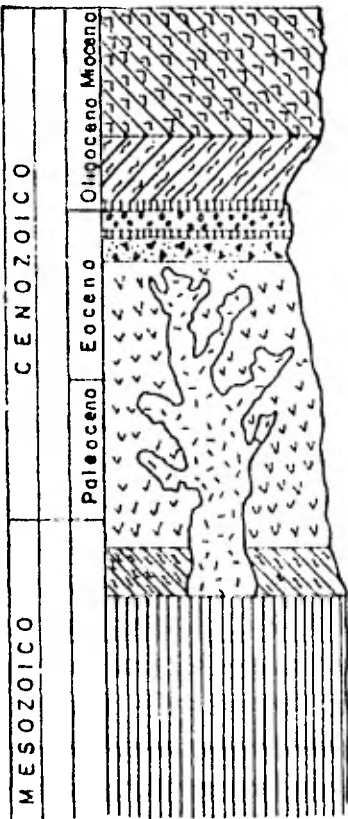
**Relaciones Entre Minerales:** La roca se presenta formada esencialmente por un agregado de vidrio de tipo riolítico, con una textura de tipo vermiculoso característica de las tobas soldadas (ignimbritas); este constituyente vítreo contiene intercalaciones de ceniza volcánica y disseminaciones de los siguientes constituyentes:

**Fragmentos de Roca:** Se presentan varios tipos de fragmentos de roca; andesitas con una textura microlítica porfídica formadas por un agregado de finos microlitos de plagioclasas de composición media - (andesina-oligoclasa), con alteraciones a minerales arcillosos y reemplazamientos por un abundante agregado de hematita y limonita.

**Pórfidos Riolíticos:** Estas rocas se presentan con una textura holocrystalina porfídica, formadas por un agregado de fenocristales subedrales de cuarzo y feldespatos (sanidino) incluidos en una mesostasis formada por un agregado de cuarzo y feldespatos potásicos. Estas rocas presentan una fuerte alteración a minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo del caolín).

**Feldespatos:** Se presentan en cristales angulosos en sus variedades potásicas (sanidino) y plagioclasas calco-sódicas (andesina-oligoclasa). En general la alteración principal de los feldespatos potásicos es a minerales arcillosos (del grupo del caolín) y la de las plagioclasas es a sericita.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL AREA 5 DE MAYO



- DISCORDANCIA
- IGIMBRITAS
- TOBAS RIOLITICAS FACIES VITREAS
- GRANODIORITA
- CONGLOMERADO VOLCANICO
- TOBA B
- ANDESITAS
- TOBA A

**Cuarzo:** Se encuentra en cristales subedrales parcialmente corroídos por la matriz de la roca. Se presenta con extinción recta y sin alteración aparente.

**Biotita:** Se observa en finos cristales tabulares con pequeñas alteraciones a clorita, hematita y limonita.

**Magnetita:** Se presenta en finos cristales euedrales y subedrales diseminados en toda la roca.

Los constituyentes citados se presentan diseminados en la matriz vítreo de la roca. Esta matriz se presenta en ocasiones parcialmente desvitrificada y con alteraciones a hematita, limonita y minerales arcillosos (probablemente del grupo del caolín).

Aunque esta formación está integrada por tobas e ignimbritas, - las rocas que predominan son las ignimbritas; el origen de estas rocas es piroclástico.

Esta formación cubre de manera discordante al Complejo Volcánico Inferior, como es la formación más joven en la Sierra de Tahuchue- to, sólo está cubierta por aluviones del Reciente y por el suelo vegetal.

### V. 3. - Geología Estructural

Los elementos estructurales más importantes en el área de estudio son los sistemas de fallas y fracturas que la afectan, así como los cuerpos intrusivos que en ella afloran.

Las fallas y fracturas se agrupan en dos sistemas principales; el más importante agrupa a las fallas y fracturas que tienen un rumbo - predominante NE-SW; el otro sistema comprende a las que están orientadas predominantemente NW-SE. Además de estos dos sistemas de - fracturamiento, se encuentran asociados a ellos fracturamientos menores que deben considerarse como sistemas de fracturamiento secundario o complementario de los fallamientos principales.

Los dos sistemas de fracturamiento que se mencionan arriba pertenecen a episodios tectónicos distintos.

Esta suposición se hace en base a sus relaciones con las rocas - que afloran en el área, pero principalmente con respecto a la mineralización.

El sistema NE-SW es el más importante desde el punto de vista - económico, ya que se formó antes que los depósitos minerales de Ag, Pb, Zn, Cu y Au que se encuentran encajonados en la Serie Volcánica Inferior y sirvió como gufa y receptáculo de las soluciones mineralizantes.

Las principales fallas de este sistema se encuentran mineralizadas conociéndoseles por los nombres de las vetas que se forman en ellas y son:

El Crestón, La Azufrosa, 5 de Mayo I, 5 de Mayo II y Texcalama. Todas estas fallas-veta tienen una orientación NE-SW y echados al SE.

Ninguna de las fallas y fracturas de este sistema corta a la Serie - Volcánica Superior, deduciéndose de esto, que esta serie es posterior a la mineralización.

El segundo sistema de fracturamiento lo integran principalmente fallas que tienen un rumbo general NW-SE y echados al SW, aunque hay numerosas fallas de este sistema que no siguen este patrón.

Este sistema de fracturamiento afecta a las dos series volcánicas, así como a los intrusivos que afloran en el área.

Las fallas de este sistema cortan y desplazan a las vetas de toda la región y dividieron a la sierra en bloques fallados, los cuales tuvieron basculamientos.

Además de los dos sistemas de fracturamiento antes mencionados, se observan principalmente en el paquete riolítico, pequeños pliegues - de tipo anticlinal, el patrón de orientación de estos pliegues es normalmente NW-SE.

#### V.4. - Geología Histórica

Las rocas más antiguas de que se tiene noticia en la Sierra Madre Occidental son rocas metamórficas, esquistos y gneisses entre otras, de edad probablemente Precámbrica, las cuales forman el basamento de las series volcánicas. Los magmas que forman diques en el mineral de Topia y cerca del mineral de Birimoa, en el Arroyo de Pascuas, transportaron fragmentos de ortocuarcitas que sirven como evi-

dencias de la existencia de estas rocas.

En el Cretácico se formaron las calizas que constituyen las cordilleras de Indé, penetrando hasta el pie de la Sierra Madre Occidental. Durante el Cretácico Temprano, las tierras emergidas al norte del país estaban concentradas principalmente en lo que son actualmente los Estados de Sonora y Sinaloa hasta parte de Michoacán; al oriente de estas tierras emergidas se extendía el Miogeosinclinal Mexicano, ocupando los actuales Estados de Chihuahua, oriente de Durango, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; en ese tiempo, San Luis Potosí actuaba como plataforma y una parte de Coahuila como isla.

Hacia la parte norte del Estado de Sonora ya se empezaban a originar las primeras manifestaciones de vulcanismo.

En el Cretácico Medio continúan en términos generales las mismas condiciones y el vulcanismo andesítico persiste.

Antes de que terminara el Cretácico Medio se inició el levantamiento general del territorio mexicano, emergiendo de las aguas todo el terreno que había sido cubierto por los mares del Cretácico Medio. Enormes esfuerzos de compresión lateral, provenientes del SW, provocados por el choque entre las placas de Farallón y Cocos con la de Norteamérica, causaron la formación de pliegues paralelos sobre las capas de calizas formando cordilleras. Este plegamiento de las ro-

cas cretácicas precedió la salida de numerosas erupciones volcánicas andesíticas.

Las rocas más antiguas que afloran en el área son andesitas que se han correlacionado con el Complejo Volcánico Inferior, al cual se le ha calculado, por medios radiométricos, una edad de 100 a 45 millones de años; es decir, del Cretácico Superior a fines del Eoceno. En este período se formó el Orógeno Laramide; este fenómeno corresponde a la zona de subducción que se formó entre las placas de Farallón y del Pacífico y la placa de Norteamérica (Atwater y Molnar, 1973), época durante la cual se desarrolló una intensa actividad magmática.

Durante la parte final del Eoceno se registra un aparente hiatus en el depósito de rocas volcánicas y es cuando se origina el emplazamiento de grandes batolitos que elevan la Sierra Madre Occidental; además estos fenómenos provocan los esfuerzos tensionales que originan el primer y más importante sistema de fracturamiento del Distrito Minero de Tahuehueto (descrito en el inciso de geología estructural); también se producen intrusiones de diques andesíticos y la primera etapa de mineralización de la zona. Este intervalo ha sido representado por De Long y Fox (1977), como la separación de las placas tectónicas o bien como una subducción en rocas deshidratadas de la litósfera oceánica, en cuyo caso la expansión puede generar o no, activi-

dad ígnea. Como consecuencia de la separación de las placas tectónicas y de las intrusiones, se forman grandes esfuerzos de tensión que culminan con un fallamiento general en el Oligoceno. Las fallas formadas en este período sirvieron como conductos para que escaparan grandes masas de roca ígnea que habían permanecido en las cámaras magmáticas de los batolitos; al encontrar zonas de debilidad se intrusieron dando lugar a la potente secuencia de rocas riolíticas de la Serie Volcánica Superior que cubren las partes altas de la Sierra Madre Occidental.

Estas erupciones tuvieron lugar en el Oligoceno y Mioceno (McDowell y Clabaugh, 1976).

Durante el Mioceno se desarrolló un segundo período de actividad tectónica que dio lugar a plegamientos, grandes fallas y fracturas casi verticales en la parte media del norte del país debido a la culminación del ajuste isostático iniciado en el Oligoceno; en esta época - se tienen derrames basálticos correspondientes a la Formación Metates, formación de fosas y pilares tectónicos, así como deformación de las rocas pseudoestratificadas de la Sierra Madre Occidental formando pliegues anticlinales y sinclinales de longitudes de onda - muy grandes, cuyos ejes se orientan principalmente NW-SE.

Este ciclo orogénico también tuvo como consecuencia que las fallas y fracturas que originó sirvieran como conductos para los líquidos

dos residuales de las cámaras magmáticas; así se originaron una serie de intrusivos riolíticos y un segundo período de mineralización en el cual se forman nuevas vetas que cortan a las anteriores. Desafortunadamente este segundo período de mineralización es de extensión más limitada y en la región de Tahuehueto no se han encontrado indicios de él.

Posteriormente los procesos volcánicos cesan totalmente y la Sierra Madre Occidental queda expuesta a la erosión, cubriéndose parcialmente por una capa de aluviones y suelo vegetal.

## VI. METALOGENIA

## VI. METALOGENIA

Los procesos geológicos que dieron lugar a la formación de los yacimientos de Ag, Pb, Zn, Cu y Au, de Tahuehueto, Dgo., se fueron desarrollando en una secuencia cronológica definida que se puede llegar a conocer a través de las evidencias que dejó en el yacimiento.

El conocimiento de la secuencia en que se fueron desarrollando los diferentes fenómenos geológicos que originaron los yacimientos minerales es muy importante, tanto desde el punto de vista teórico como práctico. Desde el punto de vista teórico ayudará a comprender el origen del yacimiento y desde el punto de vista práctico ayudará en la prospección de más yacimientos de este tipo, tanto en Tahuehueto como en otros distritos que poseen características geológicas similares a las del área de estudio.

### VI.1. - Descripción de Acontecimientos

En el Area 5 de Mayo se encuentran dos tipos de mineralización: la primera es de tipo "Pórfido Cuprífero" (Arriaga, Informe Inédito, 1981) en asociación espacio temporal con las rocas intrusivas del área, su importancia es poca, debido a que el volumen del intrusivo en que se aloja es reducido y la mineralización en sí, es bastante pobre.

La otra mineralización se encuentra en forma de vetas. En el Área 5 de Mayo la mineralización se encuentra a lo largo de dos vetas llamada

das 5 de Mayo I y 5 de Mayo II. Como se había indicado previamente, estas vetas se encuentran alojadas en andesitas y aunque están íntimamente relacionadas en el espacio y en el tiempo, presentan ciertas diferencias morfológicas. La Veta 5 de Mayo I tiene un espesor promedio mayor que la Veta 5 de Mayo II, pero en cambio, la mineralización que presenta es más pobre.

Estas vetas presentan un rumbo general NE-SE con echados al - SE del orden de  $70^\circ$ .

El yacimiento está integrado por un sistema de vetas y fracturas - que se manifiestan en la superficie como crestones. El sistema está formado por dos vetas aparentemente paralelas pero que en realidad - tienden a juntarse hacia el SW, y también, debido a que sus echados son de distinta intensidad, se juntan a profundidad.

A partir del punto donde se unen las vetas para formar una sola estructura, la mineralización aumenta, formando una estructura mineralizada ancha (6 m promedio), pero con tramos de roca estéril. - Además, la mineralización se tiende a enriquecer al bajo de la veta; esto se puede deber a que la Veta 5 de Mayo II, que es la más rica de las dos, se encuentra precisamente al bajo, enriqueciendo la estructura.

Ambas vetas presentan crustificación o bandeamientos con numerosas drusas tanto en interior de mina como en superficie; en algu-

nos lugares presenta semejanza con una brecha mineralizada.

Aunque las vetas presentan principalmente estructuras de relleno de cavidades, también se observan las estructuras de reemplazamiento sobre todo en los respaldos de las vetas, en los que a veces se llegan a tener valores considerables de Ag. Una muestra tomada sobre un respaldo de la Veta 5 de Mayo II reportó 200 gr/ton de Ag.

Una vez formadas las vetas, fueron cubiertas por la Serie Volcánica Superior y después, debido a nuevos fracturamientos, que afectaron la región, y a los efectos de la erosión, estas vetas fueron cortadas y expuestas a la intemperie, lo que provocó que se formaran minerales supergénicos, aunque su importancia es realmente escasa.

#### a) Paragénesis, Zoneamiento y Sucesión:

Las vetas presentan la siguiente paragénesis hipogénica:

Minerales de Mena: Calcopirita, blenda, galena, bornita, cobre gris (tetraedrita-tentantita), (plata), oro.

Minerales de Ganga: Cuarzo, pirita, calcita, clorita, sericita.

Aparte de estos minerales se presentan otros de origen supergénico que a continuación se enumeran:

Calcocita, malaquita, azurita, covelita, cerusita, hemimorfita, smithsonita, hematita y limonita.

Los minerales mencionados se presentan en los yacimientos en la forma siguiente:

**Calcopirita:** Se encuentra íntimamente asociada a la blenda como inclusiones en ella en forma de textura de exsolución y en vetillas, lo que indica que estos minerales son en parte contemporáneos, pero también que la calcopirita se siguió formando después de la blenda; también la calcopirita se encuentra en cristales anedrales formando bandas en las crustificaciones, así como diseminada. En las partes donde se concentra más este mineral, se presenta también bastante bornita, y los muestreos indican que en la zona donde predomina la calcopirita aumentan las leyes de Au principalmente y también las de plata.

**Blenda:** Es un mineral abundante en la mineralización del área de estudio. Se presentan dos tipos de blenda; uno color miel o caramelo y otro más oscuro tendiendo a gris oscuro, debido a su contenido de Fe. El más abundante es el primero; ambos tipos se presentan en cristales anedrales íntimamente relacionados con la calcopirita como ya se había indicado y también están asociados a la galena que en ocasiones los reemplaza.

**Galena:** Este mineral también es abundante dentro de los yacimien

tos. Se encuentra en dos formas; una bien cristalizada, formando - cristales euedrales grandes y bien definidos (a este tipo de galena se le llama de hoja ancha); también se encuentra finamente cristalizada y con un carácter bastante argentífero (Arriaga, 1981); a esta forma se le conoce como punta de aguja; se encuentra tanto formando bandas en las crustificaciones, así como en cristales aislados subedrales y en parte reemplazando a la calcopirita y a la blenda.

Bornita: La bornita no es muy abundante en las vetas; se encuentra asociada a la calcopirita en cristales anedrales, a veces diseminada y a veces en vetillas dentro de la calcopirita.

Cobre Gris: Este mineral pertenece a la serie de la tetraedrita-tenantita; se encuentra en cristales subedrales aislados, diseminados y asociados a la calcopirita reemplazándola en parte (Arriaga, 1981).

Pirita: Este mineral se encuentra tanto en las vetas como en la roca encajonante. Se presenta tanto en cristales anedrales como euedrales, diseminado y en vetillas.

Calcocita y Covelita: Estos minerales se presentan como alteraciones de la calcopirita y la bornita; se encuentran en cristales anedrales diseminados. La covelita en ocasiones reemplaza a la calcocita .

Malaquita y Azurita: Estos carbonatos se encuentran en la zona -

de alteración supergénica, alterando a los sulfuros de cobre (calcopirita y bornita); se presentan en forma anedral y en ocasiones en forma botroidal.

Los resultados de los análisis de las muestras tomadas en las minas indican que las leyes de Au tienden a subir en la Mina 5 de Mayo III y las de plata se conservan altas al igual que en la parte SW de la Mina 5 de Mayo II, al NE sobre la Mina 5 de Mayo II los valores de plata tienden a bajar. Con respecto a los valores de Pb y Zn, se observa que en la Mina 5 de Mayo II los valores del Zn son un poco mejores que los del plomo y en la Mina 5 de Mayo III los valores del plomo son mejores que los de Zn; por lo que respecta al cobre, éste sí muestra un franco aumento en sus valores en la Mina 5 de Mayo III.

En cuanto a la Veta 5 de Mayo I se observa que los valores de Ag son bajos, menos de 60 gr/ton promedio y además los valores de Au, Ag, Cu, tienden a descender hacia el NE, mientras que los de Pb y Zn tienden a aumentar, siendo ligeramente superiores los valores de Zn.

Comparando las dos vetas entre sí se observa que la mineralización más rica está en la Veta 5 de Mayo II. Siendo más notable el caso de la plata, que en la Veta 5 de Mayo II tiene buenos valores y en la 5 de Mayo I sus leyes son muy bajas.

Tomando en cuenta la estructura de las vetas y el zoneamiento de los elementos planteado anteriormente, se propone la siguiente sucesión de minerales:

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| Pirita                | ██████████ |
| Blenda                | ██████████ |
| Calcopirita           | ██████████ |
| Galena                | ██████████ |
| Bornita               | ██████████ |
| Tetraedrita-Tenántita | ██████████ |
| Calcocita             | ██████████ |
| Covelita              | ██████████ |

b) Temperatura:

La temperatura a que se formó el yacimiento, es - la de las soluciones hipogénicas que lo originaron y de acuerdo con la paragénesis del yacimiento y con las alteraciones provocadas por las soluciones hipogénicas en los respaldos de las vetas, se deduce que - la temperatura del yacimiento debió ser moderada, entre 250°C y 200°C estando estas temperaturas basadas únicamente en observaciones de - de campo y sujetas a cambios debidos a investigaciones de laboratorio.

VI. 2. - Secuencia de Acontecimientos

Tomando en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se propone la siguiente secuencia de acontecimientos:

a) Sobre un basamento cristalino, se depositó el Complejo Volcánico Inferior.

b) Emplazamiento de los intrusivos

- c) Fracturamiento de toda la zona debido a esfuerzos de tensión.
- d) Alteraciones hipogénicas
- e) Depósito de la mineralización
- f) Depósito de la Serie Volcánica Superior
- g) Segundo período de fracturamiento regional y plegamiento de la Serie Volcánica Superior.
- h) Erosión e Intemperismo

#### VI. 3. - Clasificación Genética del Yacimiento

Los yacimientos polimetálicos del Area 5 de Mayo están relacionados a una actividad volcánica subaérea, la cual fue originada por una actividad magmática calcoalcalina que se desarrolló sobre una zona de subducción que estuvo activa hasta mediados del Terciario.

Los depósitos se encuentran emplazados en una secuencia volcánica que varía en composición de andesitas a riolitas, aunque éstas últimas se formaron posteriormente a la mineralización; además, la relación entre la mineralización y las rocas intrusivas del área es directa, ya que parte de la roca encajonante la constituye la granodiorita.

Las vetas ocupan fracturas y fallas de tensión preexistentes formadas en las andesitas y en los intrusivos indistintamente.

La alteración propilítica afecta a las rocas volcánicas en la proxi-

midad de las vetas, con una alteración más restringida de halos de - sericitización, silicificación y cloritización, circundando las vetas.

Los depósitos contienen los siguientes metales: Au, Ag, Pb, Zn, y Cu. Siendo los más abundantes el Pb, el Zn y la Ag. La ganga principal es cuarzo, acompañado de varias cantidades de pirita y calcita.

La mineralización se formó por la cristalización de minerales - de Pb, Zn y Cu, a partir de fluidos hipogénicos, a lo largo de las fallas y fracturas mencionadas arriba, a bajas temperaturas (alrededor de 200°C) y presiones y profundidades someras (alrededor de 500 m).

En base a las observaciones realizadas en el presente trabajo, no se puede precisar a ciencia cierta la fuente de los minerales contenidos en las menas de la zona, sin embargo, en trabajos realizados en otros yacimientos muy similares, se ha llegado a conclusiones que podrían ayudar a identificar la fuente de la mineralización. Entre los estudios que pueden aportar información acerca del origen de las soluciones minerales, están los estudios de isótopos estables y inclusiones fluidas. Entre otras cosas, indican el porcentaje de agua meteórica o connata que contenían esas soluciones y en base a esta información se podrá definir si los componentes minerales se derivaron de los intrusivos que afloran en el área o de la secuencia volcánica andesítica.

## VII. EVALUACION

## VII. EVALUACIÓN

### VII.1. - Cubicación de Reservas

Se consideraron reservas minerales a los depósitos conocidos en que los minerales pueden ser extraídos provechosamente, bajo las presentes condiciones económicas y con la tecnología existente.

Se tomaron en cuenta las reservas según dos categorías en orden descendente de certeza geológica y se definieron de la manera siguiente:

Reservas Probadas. - Menas o vetas bloqueadas en tres dimensiones por las obras mineras de exploración, frentes, cruceros, contrapozos y catas, realizados por el Consejo de Recursos Minerales.

Reservas Probables o Semiprobadas. - Menas adyacentes donde es probable que exista mineral, pero donde las condiciones limitantes no pueden ser definidas con precisión.

Se incluyeron menas cortadas por un barreno muy espaciado que se hizo para comprobar la continuidad de la mineralización.

Las leyes medias se calcularon aplicando la siguiente fórmula:

$$L.M = \frac{(AXL)}{A}$$

Donde:

Lm. = Ley Media

A = Ancho de la Veta

L = Ley

Para el cálculo de las reservas se usaron las siguientes

**fórmulas:**

$$V = AXE$$

$$T = VXP.E.$$

Donde:

T = ton. métricas

V = Volumen en  $m^3$

P. E. = Peso específico del material de mena

A = Area

E = Espesor

El peso específico considerado fue 3.

### CUBICACION DE RESERVAS

HASTA EL MES DE ABRIL DE 1982, SE CUBICARON EN LAS TRES MINAS DEL AREA  
5 DE MAYO, LAS SIGUIENTES RESERVAS

| MINA          | TONELADAS | Au gr/ton          | L E Y E S |      | Zn%  | Cu%  | TIPO DE RESERVAS |
|---------------|-----------|--------------------|-----------|------|------|------|------------------|
|               |           |                    | Ag gr/ton | Pb%  |      |      |                  |
| 5 de Mayo I   | 32,132    | 0.39               | 39        | 2.18 | 2.26 | 0.35 | Probadas         |
| 5 de Mayo I   | 47,103    | 1.34               | 48        | 1.94 | 2.27 | 0.26 | Probables        |
| 5 de Mayo II  | 14,116    | 3.86               | 171       | 2.46 | 1.38 | 0.81 | Probadas         |
| 5 de Mayo II  | 21,643    | 3.22               | 181       | 1.95 | 1.72 | 1.38 | Probables        |
| 5 de Mayo III | 48,243    | 0.68               | 217       | 1.19 | 1.53 | 1.15 | Probadas         |
| 5 de Mayo III | 42,287    | 0.14               | 179       | 1.04 | 1.62 | 0.86 | probables        |
| TOTALES       |           | Reservas Probadas  | 94,491    | ton. |      |      |                  |
|               |           | Reservas Probables | 111,033   | ton. |      |      |                  |
| GRAN TOTAL:   |           |                    | 205,524   | ton. |      |      |                  |

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

En base a los trabajos realizados y los resultados obtenidos en el Area 5 de Mayo, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1o. - Existen dos tipos de mineralización:

- a) Pórfidos cupríferos en asociación espacio-temporal a las rocas plutónicas del área y puesto que su asociación es genética, éstas constituyen las rocas encajonantes de esta mineralización.
- b) Vetas del tipo de los filones de fisura que son los tipos de yacimientos más importantes del distrito, así como en todos los distritos vecinos, llegando a constituir una verdadera provincia metalogenética. Estas vetas están relacionadas a un vulcanismo de tipo calcoalcalino. Las rocas encajonantes de la mineralización son las propias rocas volcánicas (andesitas-dacitas) y también las rocas plutónicas descritas.

2o. - La edad de la mineralización tipo pórfido cuprífero es mayor que la de la mineralización en las vetas. Esto se deduce del hecho de que las rocas plutónicas que son contemporáneas de la mineralización cuprífera se encuentran formando parte de la roca encajonante de

las vetas.

3o. - La mineralización económicamente importante en el área (y también en todo el distrito), se presenta en forma de vetas angostas (entre 50 y 100 cm) con leyes relativamente altas de Ag, Pb y Zn.

4o. - La edad de estas vetas es posterior al vulcanismo medio y preignimbrítica.

5o. - Las reservas cubicadas hasta el mes de abril de 1982, no son suficientes para justificar una operación minera en el área.

#### RECOMENDACIONES

Para poder establecer una operación minera en el Area 5 de Mayo, así como en todo el Distrito de Tahuehueto, es necesario ubicar un mínimo de un millón de toneladas de mineral con leyes medias de: 200gr/ton de Ag, y 15% de Pb-Zn combinado. Por lo tanto, lo más importante en el Area 5 de Mayo es realizar obras mineras y barrenos de diamante para ubicar la mayor cantidad de reservas posible que tengan una ley media mínima similar a la mencionada anteriormente.

1o. - En la Mina 5 de Mayo III, seguir desarrollando la frente SW, Nivel 1 a lo largo de otros 50 m, con el fin de conocer su comportamiento en esta dirección y efectuar el muestreo necesario.

2o. - Mina 5 de Mayo I, continuar el crucero NW Nivel 2 hasta cortar la Veta 5 de Mayo II, 30 m abajo del Nivel 1, para después se-

guirla 100 m hacia el SW con la frente SW Nivel 2.

3o. - Hacer un barrenos de diamante con los datos mostrados - en el Plano No. 13 para comprobar la continuidad de las 2 vetas a profundidad.

4o. - Hacer 4 secciones verticales perpendiculares a las dos vetas, del lado de la Mina 5 de Mayo III para tratar de determinar - la intersección a profundidad de las mismas, apoyándose para esto, en la información de las obras mineras.

Estas secciones se harán de acuerdo con los datos representados en el Plano No. 2.

## BIBLIOGRAFIA

- ARAÑA, S. V., y López R. J.      Volcanismo, Colegio Universitario Ediciones Istmo, Madrid.
- ARRIAGA, G.G.,      Geología y Génesis del Yacimiento de Fierro del Cerro Náhuatl, Coquimatlán, Col. Tesis Profesional, 1962.
- ARRIAGA, G. G., y Rodríguez M.H., 1981      Estudio Metalogénico del Distrito Mímico Tahuehueto, Dgo., Consejo de Recursos Minerales (et al).
- BATEMAN, Alan, M., Jensen, M.L.,      Economic Mineral Deposits, John Wiley & Sons, New York.
- BILLINGS, M.P.      Structural Geology, Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- CARRASCO, C. M., 1978      Carta y Provincias Metalogenéticas del Estado de Durango. México.
- CORTEZ, O. S., Elvir A.R., Gamboa, A. A., y García, C.F. 1964.      Recorrido Geológico Minero de Culiacán, Sin., a Tepehuanes, Dgo., Informe del C. R. N. N. R., Publicación 14E.
- DURAN, M. H., Alba, S. L., y Pérez, J.A., 1982      Retabulación de Reservas a Abril de - 1982, en las Areas El Rey y 5 de Mayo en el Proyecto Tahuehueto, Dgo., C. R. M., (et al).
- GORSHKOV, G., Yakushova, A.      Geología General, Editorial MIR, Moscú
- HISASHI, K., 1978      Report on Geological Investigations at Sacramento (Tahuehueto El Alto), Mine Tepehuanes, Dgo. (et al).
- HUANG, W.T.,      Petrología, UTEHA, México
- LAHEE, F.H.,      Geología Práctica, Ediciones Omega, S. A., Barcelona.

- LEMISH, John, 1955  
The Geology of the Topia Mining District  
Topia, Dgo., Mex., unpubl., Ph. D.  
Dissertation, Univ. of Michigan, U.S.A.
- LOPEZ, O. J.A., Romo, J. y  
González, S. J.,  
Informe Final de trabajos realizados en  
el Proyecto "R.M.N. Canelas, Dgo."  
Informe C. R.M., (et al).
- LOPEZ, R.E., 1979  
Geología de México, Tomo II. Edición  
particular.
- McDOWELL, F.W., and  
Claybaugh, S.E., 1972  
Edades Potasio-Argón de Rocas Volcáni-  
cas en la Sierra Madre Occidental, al  
Noreste de Mazatlán. Soc. Geol. Mex.  
Mem. II Convención Nacional, p.182.
- OLMEDO, V.J.A.,  
Estudio Geológico Minero del Distrito  
de Coneto de Comonfort, Edo. de Duran-  
go, Tesis Profesional, 1979.
- PARK, Ch. F., and McDiarmid  
Roy A., 1970.  
Ore Deposits, W.H. Freeman and Co.  
San Francisco.
- PETERS, William C.  
Exploration and Mining Geology, John  
Wiley & Sons., New York.
- PINEDA, R.A., y Carrasco C.  
M., 1971  
Estudio Geológico Minero de las minas  
ubicadas en Tahuehueto El Alto, Dgo.  
C. R.N.N. R. (et al).
- SEYFERT, C.K., Sirkin, L.A.  
Earth History and Plate Tectonics, Har-  
per & Row Publishers, New York.
- SHIGEKICHI, I, and Hisashi, K.  
1976  
Report of Geological Reconnaissance in  
Sacramento de la Plata (Tahuehueto El  
Alto) Mine, Durango, EMIJAMEX, S.A.  
de C. V. (et al).
- SILLITOE, R.H., 1977  
Base and precious metal mineralization  
related to subaerial volcanism (et al )
- SMITH, D.M., Jr., Albinson, T.  
and Sowkins, F.J., 1979  
Geologic and Fluid Inclusion Studies of  
the Tayoltita Silver-Gold Vein Deposit,  
Durango, Mexico. (et al).

- |                         |                                                                                                                        |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TAMAYO, J. L.           | Geografía Moderna                                                                                                      |
| VARGAS, B. B. , 1980    | Informe de Avance a Diciembre 1980<br>Proyecto Tahuehueto, Dgo. , C. R. M. ,<br>(et al).                               |
| VARGAS, L. M. ,         | Estudio Geológico Minero del Distrito<br>Minero de Indé, Dgo. , Tesis Profesio-<br>nal, 1981.                          |
| ZUÑIGA, A. J. L. , 1981 | Estudio Geológico Minero del Mineral<br>"La Esperanza", La Esperanza, Mpio.<br>de Canelas, Durango, Tesis Profesional. |

---

**APENDICE I**  
**ESTUDIOS PETROGRAFICOS**

---

# CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

## PETROGRAFIA Y METALOGENIA

### INFORME

Remitente JAVIER LOPEZ ISLAS

Fecha \_\_\_\_\_ Reporte No. \_\_\_\_\_

#### NOTAS DE CAMPO

Muestra No. \_\_\_\_\_ Fecha de entrada \_\_\_\_\_ Memorandum No. 2-82

Muestra marcada JM-1 L-82-40

Procedencia Durango, Proyecto: Tahuehueto

Estudio requerido Petrográfico

Descripción afloramiento \_\_\_\_\_

#### ASPECTO MEGASCOPICO

Color Gris verdoso

Estructura y textura Compacta, afanítica

Minerales Oxidos, pirita

Alteración \_\_\_\_\_

#### ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Polocristalina, relictos de reliquia

Minerología Primarios: cuarzo, feldespatos, plagioclasas

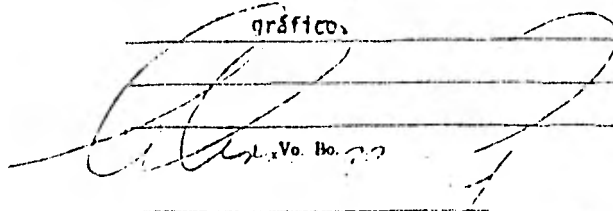
Secundarios: magnetita

Accesorios: clorita, sericita, hematita, limonita y minerales arcillosos.

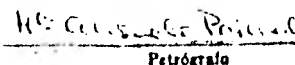
CLASIFICACION Pórfido dacítico? alterados

ORIGEN Hipabisal

OBSERVACIONES Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.



Jefe del Departamento  
ING. GERARDO ARRIAGA GARCIA

  
Petrográfico

ING. DEL CONSEJO PASCHAL PARRA

**CONSEJO DE RECURSOS MINERALES**  
**PETROGRAFIA Y METALOGENIA**  
**INFORME**

Remitente JAVIER LOPEZ ISLAS

Fecha \_\_\_\_\_ Reporte No. \_\_\_\_\_

**NOTAS DE CAMPO**

Muestra No. \_\_\_\_\_ Fecha de entrada \_\_\_\_\_ Memorándum No. 2-82

Muestra marcada MS-4 1-82-45

Procedencia Tahuelheto, Doa

Estudio requerido Petrográfico

Descripción afloramiento \_\_\_\_\_

**ASPECTO MEGASCOPICO**

Color Gris

Estructura y textura Compacta, fanerítica

Minerales Oxidos

Alteración \_\_\_\_\_

**ESTUDIO MICROSCOPICO**

Textura Microclítica, clítica

Minerología Primarias: feldespato K, plagioclasas alteradas.

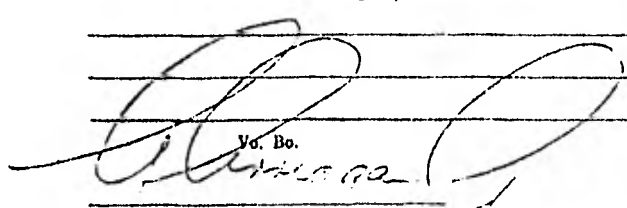
Accesorios: hornblenda, calcita, magnetita

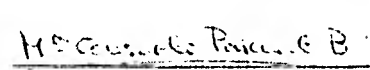
Secundarios: sericita, hematita, limonita y min. arcillosos

CLASIFICACION Andesita, porfídica alterada

ORIGEN Extrusivo

OBSERVACIONES Ejemplar estudiado en lámina delgada

  
Yo, Bo.  
Jefe del Departamento  
ING. GERMAN ARRIAGA ESPICIA

  
M. Consuelo Pascual  
Petrografo  
M. CONSUELO PASCUAL B.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente JAVIER LOPEZ ISLAS

Fecha \_\_\_\_\_ Reporte No. \_\_\_\_\_

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. \_\_\_\_\_ Fecha de entrada \_\_\_\_\_ Memorándum No. 2-82

Muestra marcada JK-E L-82-51

Procedencia Tehuacan, Dgo.

Estudio requerido Petrográfico

Descripción afloramiento \_\_\_\_\_

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Gris verdoso

Estructura y textura Compacta, fanerítica

Minerales Oxidos

Alteración \_\_\_\_\_

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Holocristalina, hipidiomórfica de grano medio

Mineralogía Esenciales: plagioclasas alteradas, cuarzo, feldespatos

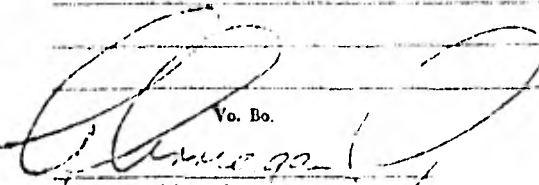
Accesorios: magnetita, hornblenda, calcita

Secundarios: clorita, sericita, hematita, limonita y minerales arcillosos.

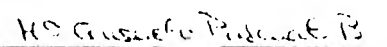
CLASIFICACION Granodiorita de hornblenda

ORIGEN Plutónico

OBSERVACIONES Ejemplar estudiado en lámina delgada.

  
Vo. Bo.  
Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

  
Petrografía

ING. Ma. CONSUELO PASCUAL B.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente JAVIER LOPEZ ISLAS

Fecha \_\_\_\_\_ Reporte No. \_\_\_\_\_

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. \_\_\_\_\_ Fecha de entrada \_\_\_\_\_ Memorándum No. 2-82

Muestra marcada JM-19 L-82-63

Procedencia Tehuacan, Dgo.

Estudio requerido Petrográfico

Descripción afloramiento \_\_\_\_\_

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Rojo

Estructura y textura Compacta, fanerítica

Minerales Oxidos, calcita

Alteración \_\_\_\_\_

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Piroclástica

Minerología Feldespatos, cuarzo, ceniza y polvo volcánico, vidrio  
magmático, fragmentos de roca, calcita, sericita, hematita, li-  
monita y minerales arcillosos.

CLASIFICACION Iguimbrita alterada

ORIGEN Piroclástico

OBSERVACIONES Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico

Vo. Bo.

Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

Petrógrafo

M.S. ELENA ESPASA GARCES

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente JAVIER LOPEZ ISLAS

Fecha \_\_\_\_\_ Reporte No. \_\_\_\_\_

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. \_\_\_\_\_ Fecha de entrada \_\_\_\_\_ Memorandum No. 2-62

Muestra marcada JM-21 L-82-65

Procedencia Tahuehueto, Dgo.

Estudio requerido Petrográfico

Descripción afloramiento \_\_\_\_\_

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Gris

Estructura y textura Compacta, fanerítica

Minerales Calcita, óxidos

Alteración \_\_\_\_\_

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Microclítica, porfídica alterada

Minerología Francés: plagioclasas alteradas (oligoclasa-andesina)

Accesorios: calcita, magnetita, ferromagnesianos alterados.

Secundarios: cericita, hematita, limonita, minerales arcillosos

CLASIFICACION Andesita porfídica, alterada

ORIGEN Extrusivo con fuerte alteración hidrotermal

OBSERVACIONES Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico

Vo. Bo.

Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

Petrografo

PAS. ELENA ESPARZA GARCÉS

**CONSEJO DE RECURSOS MINERALES**  
**PETROGRAFIA Y METALOGENIA**  
**INFORME**

Remitente JAVIER LOPEZ ISLAS

Fecha \_\_\_\_\_ Reporte No. \_\_\_\_\_

**NOTAS DE CAMPO**

Muestra No. \_\_\_\_\_ Fecha de entrada \_\_\_\_\_ Memorándum No. 2-82

Muestra marcada JM-22 1-82-66

Procedencia Tahuehueto, Dgo.

Estudio requerido Petronráfico.

Descripción afloramiento \_\_\_\_\_

**ASPECTO MEGASCOPICO**

Color Gris, verdoso

Estructura y textura Compacta, fanerítica

Minerales Oxidos

Alteración \_\_\_\_\_

**ESTUDIO MICROSCOPICO**

Textura Holocrystalina, porfídica alterada

Minerología Esenciales: plagioclasis alteradas, feldspatos, cuarzo.

Accesorios: hornblenda, magnetita

Secundarios: clorita, sericita, cuarzo, hematita, limonita y minerales arcillosos

CLASIFICACION Porfido dacítico alterado

ORIGEN Hipabisal

OBSERVACIONES Ejemplar estudiado en lámina delgada

Vo. Bo.

Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

Petrografo

DAS. ELENA ESPANA GARCÉS

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente Javier López I.  
Fecha \_\_\_\_\_ Reporte No. \_\_\_\_\_

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. \_\_\_\_\_ Fecha de entrada \_\_\_\_\_ Memorándum No. 82/18  
Muestra marcada III L-82-183  
Procedencia Tehuacan, Dgo.  
Estudio requerido Petrográfico  
Descripción afloramiento \_\_\_\_\_

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Gris  
Estructura y textura Compacta porfídica  
Minerales Cuarzo, clorita, óxidos  
Alteración \_\_\_\_\_

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Holocristalina porfídica alterada  
Minerología Esenciales: cuarzo, plagioclasas alteradas, microclina  
Accesorios: ferromagnesianos alterados  
Secundarios: sericita, clorita, pirita, hematita, limonita y mi-  
nerales arcillosos.

CLASIFICACION Microgranito calcoalcalino  
ORIGEN Hipabisal

OBSERVACIONES 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada

Vo. Bo.

Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

  
Petrografo

PAB. HEERMELINDA DUEON S.

**CONSEJO DE RECURSOS MINERALES**  
**PETROGRAFIA Y METALOGENIA**  
**INFORME**

Remitente Javier López I.

Fecha \_\_\_\_\_ Reporte No. \_\_\_\_\_

**NOTAS DE CAMPO**

Muestra No. \_\_\_\_\_ Fecha de entrada \_\_\_\_\_ Memorándum No. 82/13

Muestra marcada V L-82-185

Procedencia Tahuehueto, Dgo.

Estudio requerido Petrográfico

Descripción afloramiento \_\_\_\_\_

**ASPECTO MEGASCOPICO**

Color Gris

Estructura y textura Compacta porfídica

Minerales Pirita, cuarzo, feldespatos

Alteración \_\_\_\_\_

**ESTUDIO MICROSCOPICO**

Textura Holocristalina hipidiomórfica (microclina)

Minerología Esenciales: cuarzo, oligoclasa andesina, microclina

Accesorios: apatita, ferromagnesianos alterados, magnetita

Secundarios: calcita, sericita, clorita, pirita.

CLASIFICACION Granito calcalcalino

ORIGEN Plutónico

OBSERVACIONES 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada

Vo. Bo.

Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

Petrografo

PAS. HERMELINDA DURON S.

APENDICE II  
MEMORIA DE CALCULOS

# AREA 5 DE MAYO

## a) Mina 5 de Mayo I

TONELADAS COMPROBADAS      3 2 1 3 2  
TONELADAS PROBABLES      4 7 1 0 3

POTENCIAL      7 9 2 3 5      TONELADAS

Se tienen 3 2 1 3 2 Toneladas Probadadas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 1.52 | 0.39   | 39     | 2.18 | 2.26 | 0.35 |

Se tienen 4 7 1 0 3 Toneladas Probables con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 1.84 | 1.34   | 48     | 1.94 | 2.27 | 0.26 |

## B L O C K I

|         | Esp. | Au   | Ag | Pb   | Zn   | Cu   |
|---------|------|------|----|------|------|------|
| CATAS   | 2.02 |      | 47 | 1.57 | 0.79 | 0.32 |
| NIVEL I | 1.03 | 1.72 | 61 | 1.91 | 3.64 | 0.64 |
|         |      |      | 95 | 3.17 | 1.60 | 0.65 |

|           | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
|           |      | 1.77 | 63  | 1.97 | 3.75 | 0.66 |
|           | 3.05 | 1.77 | 158 | 5.14 | 5.35 | 1.31 |
| LEY MEDIA | 1.53 | 0.58 | 52  | 1.69 | 1.75 | 0.43 |

a).-

$$b = 60 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{24}{1} \text{ "}$$

$$1440 \times 1.53 \times 3 = 6609 \text{ Toneladas.}$$

b).-

$$b = 40 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{15}{1} \text{ "}$$

$$600/2 \times 1.53 \times 3 = 1377 \text{ Toneladas.}$$

c).-

$$b = 25 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{20}{1} \text{ "}$$

$$500 \times 1.53 \times 3 = 2295 \text{ Toneladas.}$$

d).-

$$b = 23 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{16}{1} \text{ "}$$

$$368/2 \times 1.53 \times 3 = 844 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 11 125 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 1.53 | 0.58   | 52     | 1.69 | 1.75 | 0.43 |

### B L O C K I I

|           | Esp. | Au   | Ag | Pb   | Zn   | Cu   |
|-----------|------|------|----|------|------|------|
| CATAS     | 2.02 |      | 33 | 2.32 | 1.76 | 0.31 |
| NIVEL I   | 1.50 | 0.92 | 31 | 2.68 | 4.10 | 0.33 |
|           |      |      | 67 | 4.69 | 3.56 | 0.63 |
|           |      | 0.92 | 31 | 2.68 | 4.10 | 0.30 |
|           | 3.02 | 0.92 | 98 | 7.37 | 7.67 | 0.93 |
| LEY MEDIA | 1.51 | 0.30 | 32 | 2.44 | 2.54 | 0.31 |

a).-

$$b = 55 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{15}{2} \text{ "}$$

$$825/2 \times 1.51 \times 3 = 1863 \text{ Toneladas.}$$

b).-

$$b = 80 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{45}{2} \text{ "}$$

$$3600 \times 1.51 \times 3 = 16313 \text{ Toneladas.}$$

c).-

$$b = 50 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{25}{2} \text{ "}$$

$$1250/2 \times 1.51 \times 3 = 2813 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 2 1 0 0 7 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au.    | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 1.51 | 0.30   | 32     | 2.44 | 2.54 | 0.31 |

B L O C K I I I

|          | Esp. | Au   | Ag | Pb   | Zn   | Cu   |
|----------|------|------|----|------|------|------|
| BLOCK II | 1.51 | 0.30 | 32 | 2.44 | 2.54 | 0.31 |

a).-

$$b = 138 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{45}{1} \text{ "}$$

$$6210 \times 1.51 \times 3 = 28131 \text{ Tonelados.}$$

b).-

$$b = 45 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{12}{1} \text{ "}$$

$$540/2 \times 1.51 \times 3 = 1223 \text{ Tonelados.}$$

Se tienen 2 9 3 5 4 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 1.51 | 0.30   | 32     | 2.44 | 2.54 | 0.31 |

B L O C K I V

|           | Esp. | Au    | Ag  | Pb   | Zn    | Cu   |
|-----------|------|-------|-----|------|-------|------|
| BLOCK I   | 1.53 | 0.58  | 52  | 1.69 | 1.75  | 0.43 |
| BLOCK II  | 1.51 | 0.30  | 32  | 2.44 | 2.54  | 0.31 |
| B D D I   | 2.94 | 6.58  | 120 | 0.30 | 1.90  |      |
|           |      | 0.80  | 80  | 2.59 | 2.68  | 0.66 |
|           |      | 0.45  | 48  | 3.68 | 3.84  | 0.47 |
|           |      | 19.35 | 353 | 0.88 | 5.59  |      |
|           | 5.98 | 20.69 | 481 | 7.15 | 12.11 | 1.13 |
| LEY MEDIA | 2.00 | 3.45  | 80  | 1.20 | 2.03  | 0.19 |

a).--

$$b = 105 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{25}{1} \text{ "}$$

$$2625 \times 2 \times 3 = 15750 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 15750 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 2.00 | 3.46   | 80     | 1.20 | 2.03 | 0.19 |

#### B L O C K V

|       | Esp. | Au | Ag | Pb   | Zn   | Cu   |
|-------|------|----|----|------|------|------|
| CATAS | 2.02 |    | 25 | 0.62 | 0.24 | 0.08 |

b = 30 Mts.

h = 11 "

$$330 \times 2.02 \times 3 = 1\,999 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 1 9 9 9 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 2.02 |        | 25     | 0.62 | 0.24 | 0.08 |

#### TONELADAS PROBADAS

|           |        |       |          |         |          |         |          |
|-----------|--------|-------|----------|---------|----------|---------|----------|
| I.-       | 11 125 | 1.53  | 0.58     | 52      | 1.69     | 1.75    | 0.43     |
| II.-      | 21 017 | 1.51  | 0.30     | 32      | 2.44     | 2.54    | 0.31     |
|           | 32 132 | 3.040 | 12754.60 | 1250724 | 70058.33 | 7282653 | 11295.92 |
| LEY MEDIA |        | 1.52  | 0.39     | 39      | 2.18     | 2.26    | 0.351    |

#### TONELADAS PROBABLES

|           |        |      |          |         |          |          |          |
|-----------|--------|------|----------|---------|----------|----------|----------|
| III.-     | 29 354 | 1.51 | 0.30     | 32      | 2.44     | 2.54     | 0.31     |
| IV.-      | 15 750 | 2.00 | 3.46     | 80      | 1.20     | 2.03     | 0.19     |
| V.-       | 1 999  | 2.02 |          | 25      | 0.62     | 0.24     | 0.08     |
|           | 47 103 | 5.53 | 63301.20 | 2249303 | 91763.14 | 10701142 | 12252.16 |
| LEY MEDIA |        | 1.84 | 1.34     | 48      | 1.94     | 2.27     | 0.26     |

b) Mina 5 de Mayo II

TONELADAS, PROBADAS 1 4 1 1 6

TONELADAS PROBABLES 2 1 6 4 3

POTENCIAL 3 5 7 5 9 TONELADAS

Se tienen 1 4 1 1 6 Toneladas Probadas con Ley Media de:

|      |        |        |      |      |      |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.86 | 3.86   | 171    | 2.46 | 1.38 | 0.81 |

Se tienen 2 1 6 4 3 Toneladas Probables con Ley Media de:

|      |        |        |      |      |      |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.73 | 3.22   | 181    | 1.95 | 1.72 | 1.38 |

B L O C K I

|           |      |      |     |      |      |      |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
|           | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
| CATAS     | 0.93 | 3.96 | 155 | 4.11 | 0.52 | 0.27 |
| NIVEL I   | 0.94 | 3.84 | 177 | 1.82 | 1.77 | 1.04 |
|           |      | 3.68 | 144 | 3.82 | 0.48 | 0.25 |
|           |      | 3.60 | 166 | 1.71 | 1.66 | 0.97 |
|           | 1.87 | 7.28 | 310 | 5.53 | 2.14 | 1.22 |
| LEY MEDIA | 0.93 | 3.89 | 166 | 2.95 | 1.14 | 0.65 |

a).-

$$b = 54 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{25}{2} \text{ "}$$

$$1350 \times 0.93 \times 3 = 3766 \text{ Toneladas.}$$

b).-

$$b = 16 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{7}{2} \text{ "}$$

$$112/2 \times 0.93 \times 3 = 156 \text{ Toneladas.}$$

c).-

$$b = 45 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{13}{2} \text{ "}$$

$$675 \times 0.93 \times 3 = 1883 \text{ Toneladas.}$$

d).-

$$b = 15 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{7}{2} \text{ "}$$

$$105/2 \times 0.93 \times 3 = 146 \text{ Toneladas.}$$

e).-

$$b = 32 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{8}{2} \text{ "}$$

$$256 \times 0.93 \times 3 = 714 \text{ Toneladas.}$$

f).-

$$b = 33 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{16}{2} \text{ "}$$

$$528/2 \times 0.93 \times 3 = 736 \text{ Toneladas}$$

g).-

$$b = 25 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{10}{1} \text{ "}$$

$$250 \times 0.93 \times 3 = 697 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 8098 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.93 | 3.89   | 166    | 2.95 | 1.14 | 0.65 |

### B L O C K I I

|           | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
| CATAS     | 0.76 | 5.63 | 201 | 2.30 | 0.27 | 0.40 |
| NIVEL I   | 0.83 | 2.19 | 156 | 1.39 | 3.03 | 1.64 |
|           |      | 4.28 | 153 | 1.75 | 0.21 | 0.30 |
|           |      | 1.82 | 129 | 1.15 | 2.51 | 1.36 |
|           | 1.59 | 6.10 | 282 | 2.90 | 2.72 | 1.66 |
| LEY MEDIA | 0.80 | 3.84 | 177 | 1.82 | 1.71 | 1.04 |

a).-

$$b = 65 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{36}{1} \text{ "}$$

$$2340 \times 0.80 \times 3 = 5616 \text{ Toneladas.}$$

b).-

$$b = 11 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{7}{1} \text{ "}$$

$$77 \times 0.80 \times 3 = 184 \text{ Toneladas.}$$

c).-

$$b = 26 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{7}{1} "$$

$$182/2 \times 0.80 \times 3 = 218 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 6018 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.80 | 3.84   | 177    | 1.82 | 1.71 | 1.04 |

### B L O C K I I I

|         | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|---------|------|------|-----|------|------|------|
| NIVEL I | 0.63 | 3.84 | 177 | 1.82 | 1.71 | 1.04 |

a).-

$$b = 88 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{46}{1} "$$

$$4048 \times 0.68 \times 3 = 8257 \text{ Toneladas.}$$

b).-

$$b = 27 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{10}{1} "$$

$$270/2 \times 0.68 \times 3 = 275 \text{ Toneladas.}$$

c).-

$$b = 21 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{11}{1} "$$

$$231 \times 0.68 \times 3 = 471 \text{ Toneladas.}$$

d).-

$$b = 30 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{15}{2} \text{ "}$$

$$450/2 \times 0.68 \times 3 = 459 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 9 4 6 2 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.68 | 3.84   | 177    | 1.82 | 1.71 | 1.04 |

B L O C K I V

|         | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|---------|------|------|-----|------|------|------|
| NIVEL I | 0.67 | 1.65 | 196 | 1.41 | 2.06 | 2.46 |

a).-

$$b = 123 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{25}{2} \text{ "}$$

$$3075 \times 0.67 \times 3 = 6180 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 6 1 8 0 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.67 | 1.65   | 196    | 1.41 | 2.06 | 2.46 |

B L O C K V

|          | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|----------|------|------|-----|------|------|------|
| BLOQUE I | 0.93 | 3.89 | 166 | 2.95 | 1.14 | 0.65 |

|           | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
| BLOQUE II | 0.80 | 3.84 | 177 | 1.82 | 1.71 | 1.04 |
|           |      | 3.61 | 154 | 2.74 | 1.06 | 0.60 |
|           |      | 3.07 | 142 | 1.45 | 1.36 | 0.83 |
|           | 1.73 | 6.68 | 296 | 4.19 | 2.42 | 1.43 |
| LEY MEDIA | 0.86 | 3.86 | 171 | 2.42 | 1.39 | 0.82 |

a).-

$$b = 32 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{16}{1} \text{ "}$$

$$512/2 \times 0.86 \times 3 = 660 \text{ Toneladas.}$$

b).-

$$b = 9.0 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{23}{1} \text{ "}$$

$$2070 \times 0.86 \times 3 = 5341 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 6 0 0 1 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.86 | 3.86   | 171    | 2.42 | 1.39 | 0.82 |

#### TONELADAS PROBADAS

I.- 8098      0.93      3.39      166      2.95      1.14      0.65

|           |      |          |         |         |          |         |
|-----------|------|----------|---------|---------|----------|---------|
| II.- 6018 | 0.80 | 3.84     | 177     | 1.82    | 1.71     | 1.04    |
| 14116     | 1.72 | 54610.34 | 2409454 | 3484186 | 19522.50 | 1152242 |

|           |      |      |     |      |      |      |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
| LEY MEDIA | 0.86 | 3.86 | 171 | 2.46 | 1.38 | 0.81 |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|

TONELADAS PROBABLES

|            |      |      |     |      |      |      |
|------------|------|------|-----|------|------|------|
| III.- 9462 | 0.68 | 3.84 | 177 | 1.82 | 1.71 | 1.04 |
|------------|------|------|-----|------|------|------|

|           |      |      |     |      |      |      |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
| IV.- 6180 | 0.67 | 1.65 | 196 | 1.41 | 2.06 | 2.46 |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|

|          |      |      |     |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|
| V.- 6001 | 0.86 | 3.86 | 171 | 2.42 | 1.39 | 0.82 |
|----------|------|------|-----|------|------|------|

|       |      |          |         |         |          |         |
|-------|------|----------|---------|---------|----------|---------|
| 21643 | 2.21 | 69694.94 | 3912225 | 4045706 | 37252.21 | 2996410 |
|-------|------|----------|---------|---------|----------|---------|

|           |      |      |     |      |      |      |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
| LEY MEDIA | 0.73 | 3.22 | 181 | 1.95 | 1.72 | 1.38 |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|

c) Mina 5 de Mayo III

TONELADAS PROBADAS 4 8 2 4 3

TONELADAS PROBABLES 6 5 4 7 4

POTENCIAL 1 1 3 7 1 7 TONELADAS

Se tienen 4 8 2 4 3 Toneladas probadas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 1.08 | 0.68   | 217    | 1.19 | 1.53 | 1.15 |

Se tienen 6 5 4 7 4 Toneladas Probables con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 1.37 | 0.26   | 172    | 0.97 | 1.45 | 0.98 |

# B L O C K I

|            | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|------------|------|------|-----|------|------|------|
| CATEO SUP. | 0.73 | 2.62 | 232 | 0.50 | 0.13 | 0.94 |
| 5 DE MAYO  | 0.73 | 1.36 | 147 | 0.79 | 0.51 | 1.68 |
| III        |      | 2.44 | 216 | 0.47 | 0.12 | 0.87 |
|            |      | 0.99 | 107 | 0.58 | 0.37 | 1.22 |
|            | 1.66 | 3.43 | 323 | 1.05 | 0.49 | 2.10 |
| LEY MEDIA  | 0.83 | 2.07 | 195 | 0.63 | 0.30 | 1.27 |

a).-

$$b = 27 \text{ Mts.}$$

$$h = 18 \text{ "}$$

$$486 \times 0.83 \times 3 = 1210 \text{ Tons.}$$

b).-

$$b = 39 \text{ Mts.}$$

$$h = 19 \text{ "}$$

$$741/2 \times 0.83 \times 3 = 922 \text{ Tons.}$$

Se tienen 2 1 3 2 Tonelados con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.85 | 2.07   | 195    | 0.63 | 0.30 | 1.27 |

### B L O C K I I

|               | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|---------------|------|------|-----|------|------|------|
| CATAS SUP.    | 0.60 | 2.29 | 360 | 1.33 | 0.05 | 0.81 |
| 5 DE MAYO III | 0.68 | 4.22 | 468 | 3.06 | 2.61 | 4.51 |
|               |      | 1.37 | 245 | 2.08 | 1.77 | 3.07 |
|               |      | 2.87 | 318 | 2.88 | 1.80 | 3.56 |
| LEY MEDIA     | 0.64 | 3.31 | 440 | 2.25 | 1.41 | 2.78 |

a).-

$$b = 55 \text{ Mts.}$$

$$h = 45 \text{ "}$$

$$2475 \times 0.64 \times 3 = 4752 \text{ Tons.}$$

b).-

$$b = 37 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{18}{\text{---}} \text{ "}$$

$$666 \times 0.64 \times 3 = 1278 \text{ TONS.}$$

c).-

$$b = 25 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{12}{\text{---}} \text{ "}$$

$$300/2 \times 0.64 \times 3 = 288 \text{ TONS.}$$

d).-

$$b = 23 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{9}{\text{---}} \text{ "}$$

$$207 \times 0.64 \times 3 = 397 \text{ TONS.}$$

e).-

$$b = 17 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{7}{\text{---}} \text{ "}$$

$$119/2 \times 0.64 \times 3 = 114 \text{ TONS.}$$

f).-

$$b = 25 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{6}{\text{---}} \text{ "}$$

$$150/2 \times 0.64 \times 3 = 144 \text{ TONS.}$$

Se tienen 6 9 7 3 Toneladas con Ley Media de:

| ESP. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.64 | 3.31   | 440    | 2.25 | 1.41 | 2.78 |

B L O C K   I I I

|               | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|---------------|------|------|-----|------|------|------|
| 5 DE MAYO III | 1.79 | 0.14 | 179 | 1.04 | 1.62 | 0.86 |

a).-

$$\begin{aligned}
 b &= 83 \text{ Mts.} \\
 h &= \frac{72}{5976 \times 1.79 \times 3} = 32,091 \text{ Tons.}
 \end{aligned}$$

b).-

$$\begin{aligned}
 b &= 45 \text{ Mts.} \\
 h &= \frac{10}{450 \times 1.79 \times 3} = 2416 \text{ Tons.}
 \end{aligned}$$

c).-

$$\begin{aligned}
 b &= 40 \text{ Mts.} \\
 h &= \frac{10}{400/2 \times 1.79 \times 3} = 1074 \text{ Tons.}
 \end{aligned}$$

d).-

$$\begin{aligned}
 b &= 53 \text{ Mts.} \\
 h &= \frac{25}{1325/2 \times 1.79 \times 3} = 3557 \text{ Tons.}
 \end{aligned}$$

Se tienen 39 138 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 1.79 | 0.14   | 179    | 1.04 | 1.62 | 0.86 |

# B L O C K I V

|           | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
| BLOCK III | 1.79 | 0.14 | 179 | 1.04 | 1.62 | 0.86 |

a).-

$$b = 115 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{34}{1} \text{ "}$$

$$3910 \times 1.79 \times 3 = 20,996 \text{ TONS.}$$

b).-

$$b = 98 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{35}{1} \text{ "}$$

$$3430 \times 1.79 \times 3 = 18,419 \text{ TONS.}$$

c).-

$$b = 45 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{20}{1} \text{ "}$$

$$500/2 \times 1.79 \times 3 = 1342 \text{ TONS.}$$

d).-

$$b = 38 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{15}{1} \text{ "}$$

$$570/2 \times 1.79 \times 3 = 1530 \text{ TONS.}$$

Se tienen 42 287 Toneladas con Ley Media de:

| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 1.79 | 0.14   | 179    | 1.04 | 1.62 | 0.86 |

B L O C K V

|           | Esp. | Au   | Ag  | Pb   | Zn   | Cu   |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
| NIVEL I   | 1.05 | 1.28 | 233 | 1.41 | 1.58 | 1.82 |
| B D M 8   | 0.70 |      | 102 | 0.17 | 1.32 | 1.49 |
| B D M 11  | 1.05 |      | 122 | 0.71 | 0.56 | 0.38 |
|           |      | 1.34 | 245 | 1.48 | 1.66 | 1.91 |
|           |      |      | 71  | 0.12 | 0.92 | 1.04 |
|           |      |      | 125 | 0.75 | 0.59 | 0.40 |
|           | 2.80 |      | 444 | 2.35 | 3.17 | 3.35 |
| LEY MEDIA | 0.95 | 0.48 | 159 | 0.84 | 1.13 | 1.20 |

a).-

$$b = 512 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{27}{2} "$$

$$1512/2 \times 0.95 \times 3 = 2154 \text{ Toneladas.}$$

b).-

$$b = 123 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{40}{2} "$$

$$4920/2 \times 0.95 \times 3 = 14022 \text{ Toneladas.}$$

c).-

$$b = 123 \text{ Mts.}$$

$$h = \frac{40}{2} "$$

$$4920/2 \times 0.95 \times 3 = 7011 \text{ Toneladas.}$$

Se tienen 23187 Toneladas con Ley Media de:

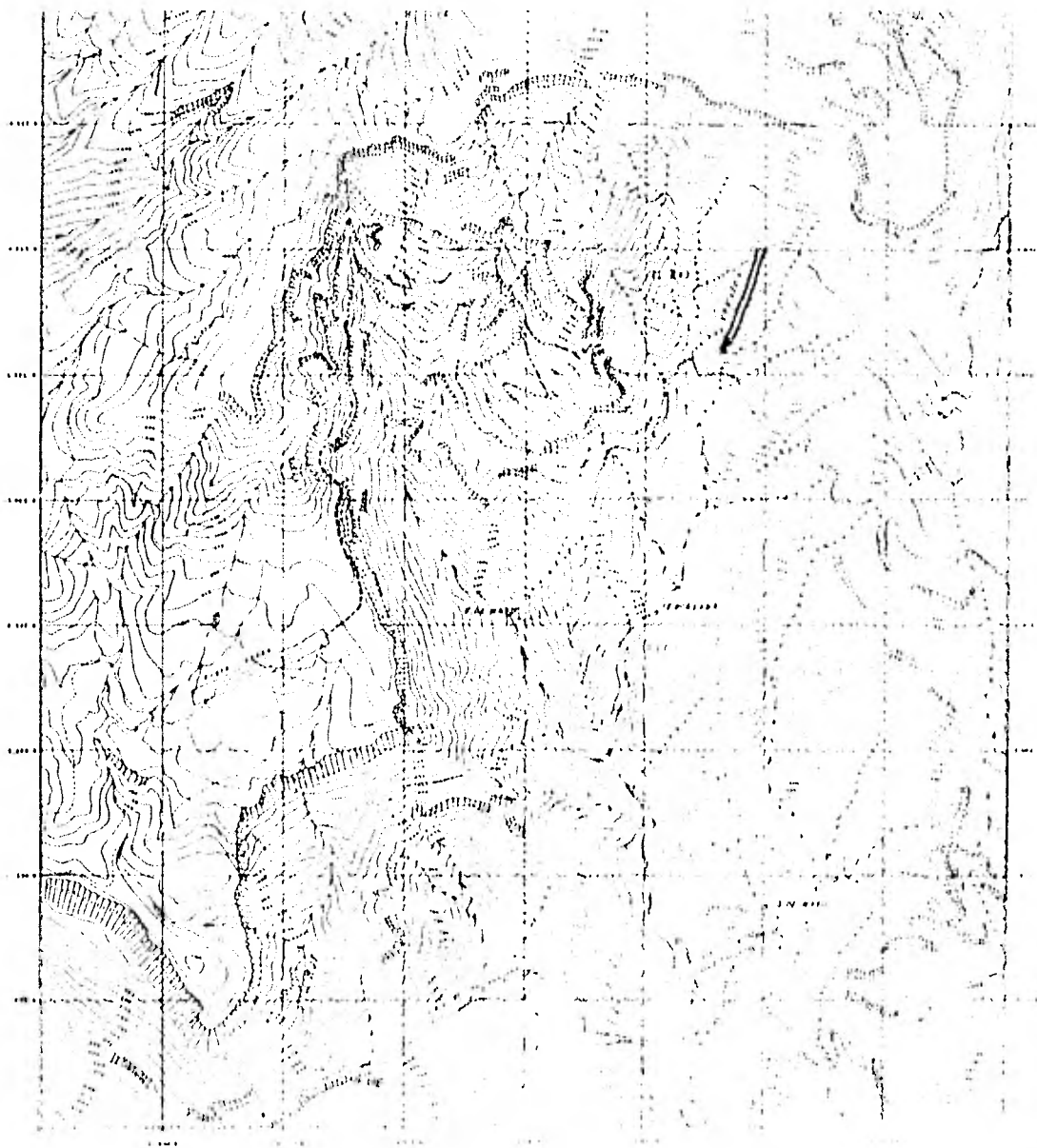
| Esp. | Au     | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   |
|------|--------|--------|------|------|------|
| Mts. | gr/ton | gr/ton | %    | %    | %    |
| 0.95 | 0.48   | 159    | 0.84 | 1.13 | 1.20 |

TONELADAS PROBADAS

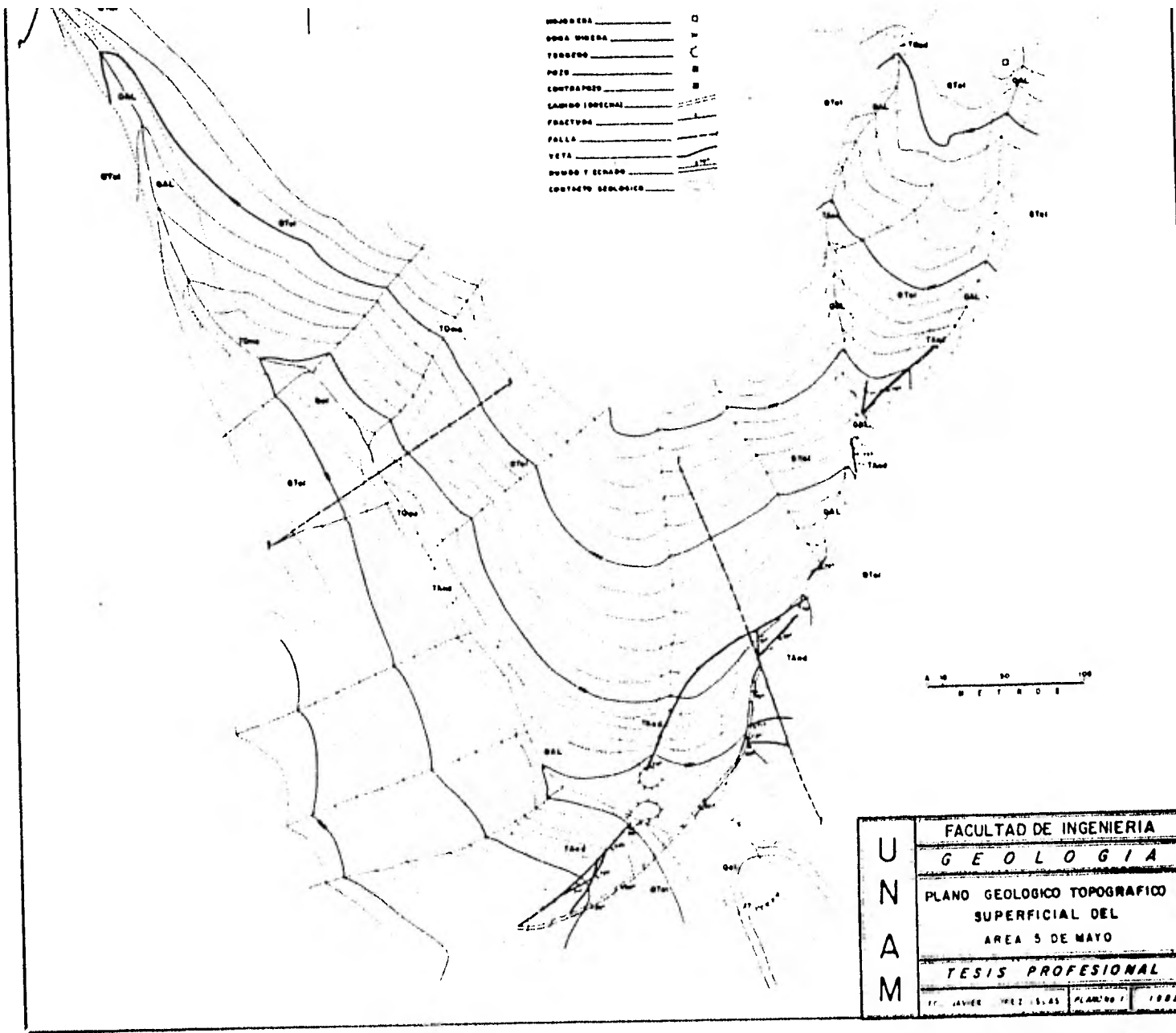
|       |        |      |          |          |         |       |         |
|-------|--------|------|----------|----------|---------|-------|---------|
| I.-   | 2132   | 0.83 | 2.07     | 195      | 0.63    | 0.30  | 1.27    |
| II.-  | 6973   | 0.64 | 3.31     | 440      | 2.25    | 1.41  | 2.78    |
| III.- | 39138  | 1.79 | 0.14     | 179      | 1.04    | 1.62  | 0.86    |
|       | 48 243 | 3.26 | 32973.19 | 10489562 | 5773593 | 73875 | 5575126 |
|       |        | 1.08 | 0.68     | 217      | 1.19    | 1.53  | 1.15    |

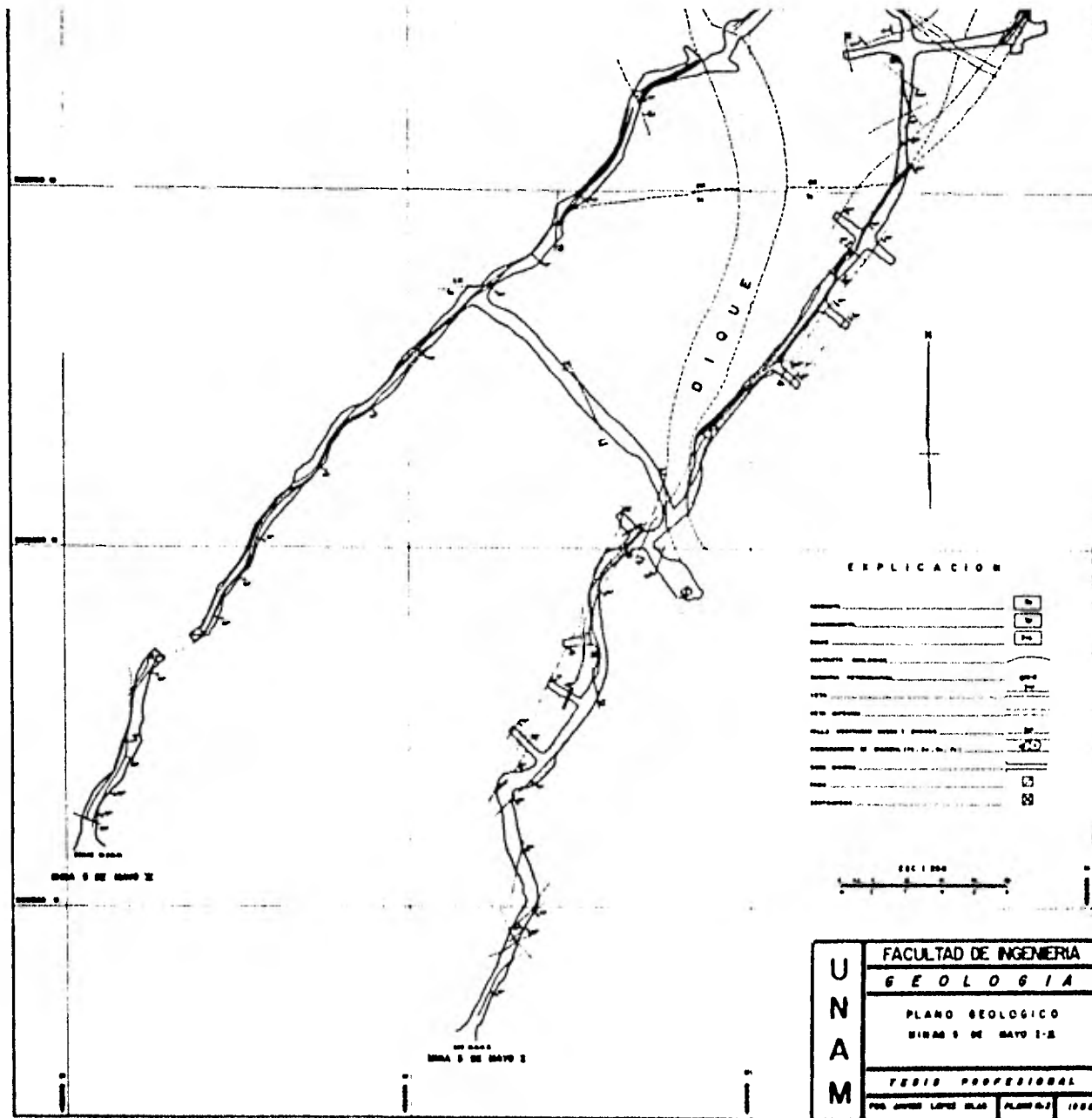
TONELADAS PROBABLES

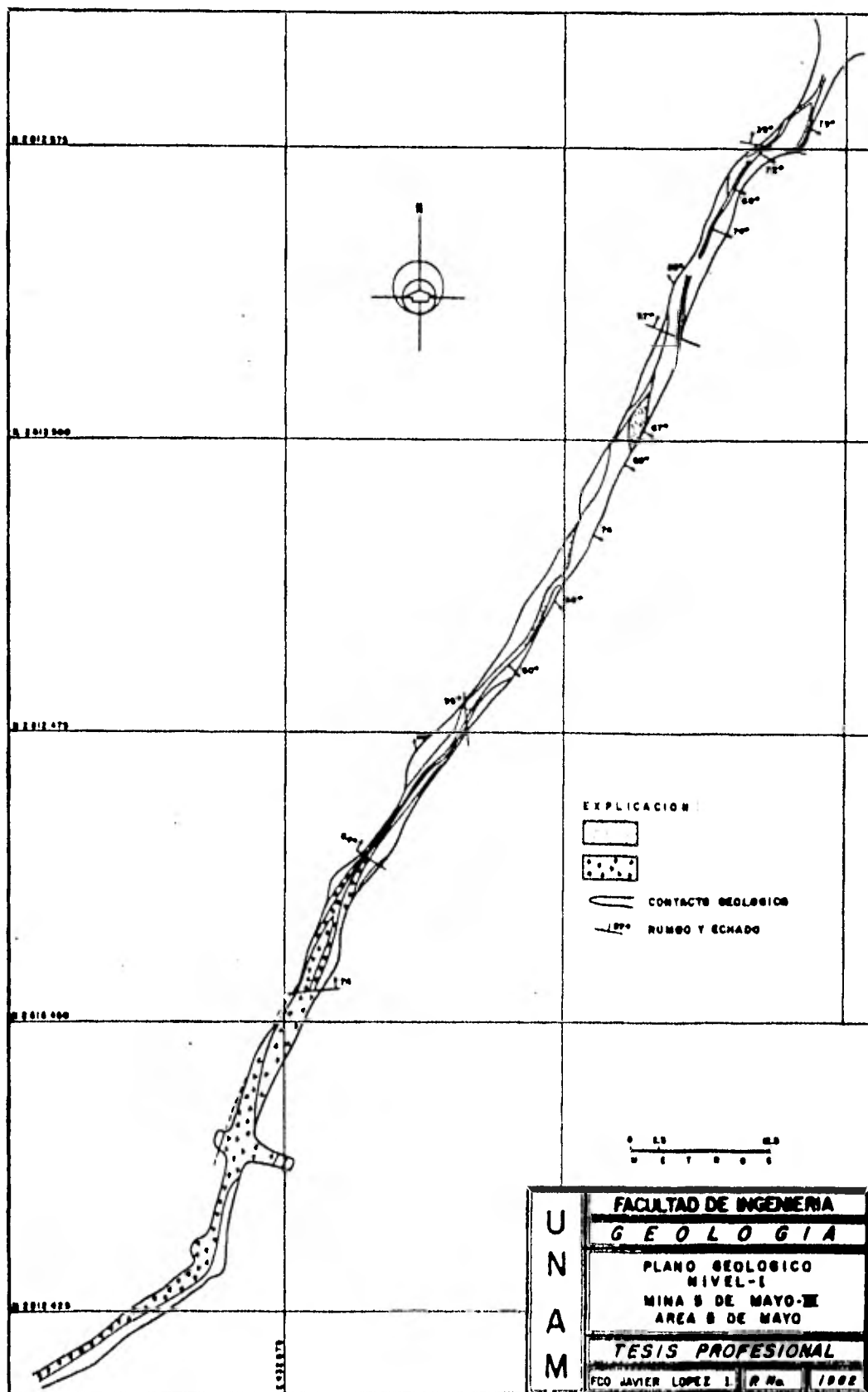
|           |        |      |         |          |         |         |          |
|-----------|--------|------|---------|----------|---------|---------|----------|
| IV.-      | 42 287 | 1.79 | 0.14    | 179      | 1.04    | 1.62    | 0.86     |
| V.-       | 23 187 | 0.95 | 0.48    | 159      | 0.84    | 1.13    | 1.20     |
|           | 65 474 | 1.37 | 1704994 | 11256106 | 6345556 | 9470625 | 64191.22 |
| LEY MEDIA |        | 1.37 | 0.26    | 172      | 0.97    | 1.45    | 0.98     |

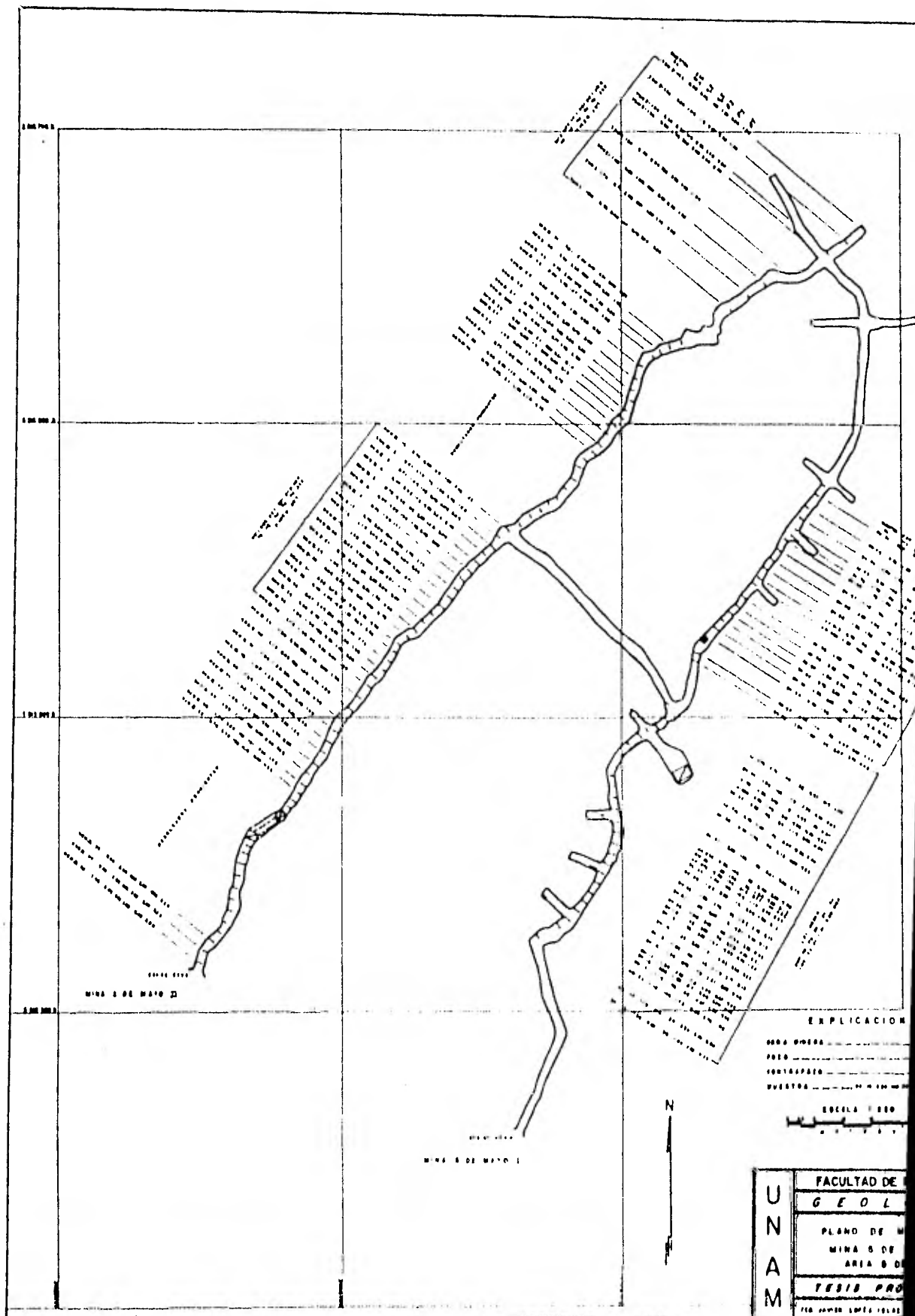


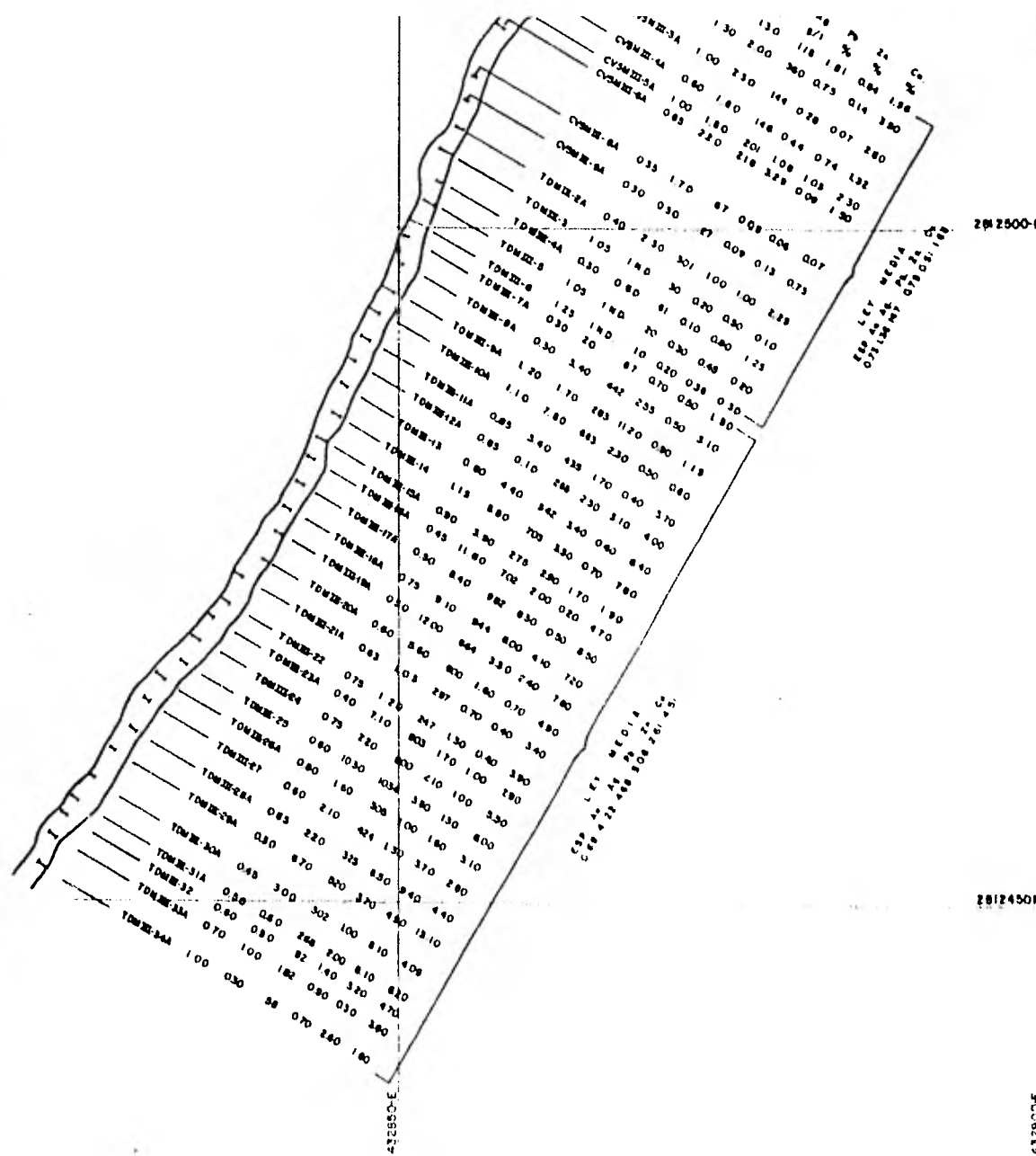
|                  |                           |       |      |
|------------------|---------------------------|-------|------|
| U<br>N<br>A<br>M | FACULTAD DE INGENIERIA    |       |      |
|                  | G E O L O G I A           |       |      |
|                  | LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO |       |      |
|                  | DEL AREA 5 DE MAYO        |       |      |
|                  | TESIS PROFESIONAL         |       |      |
|                  | ALUMNO                    | FECHA | 1982 |







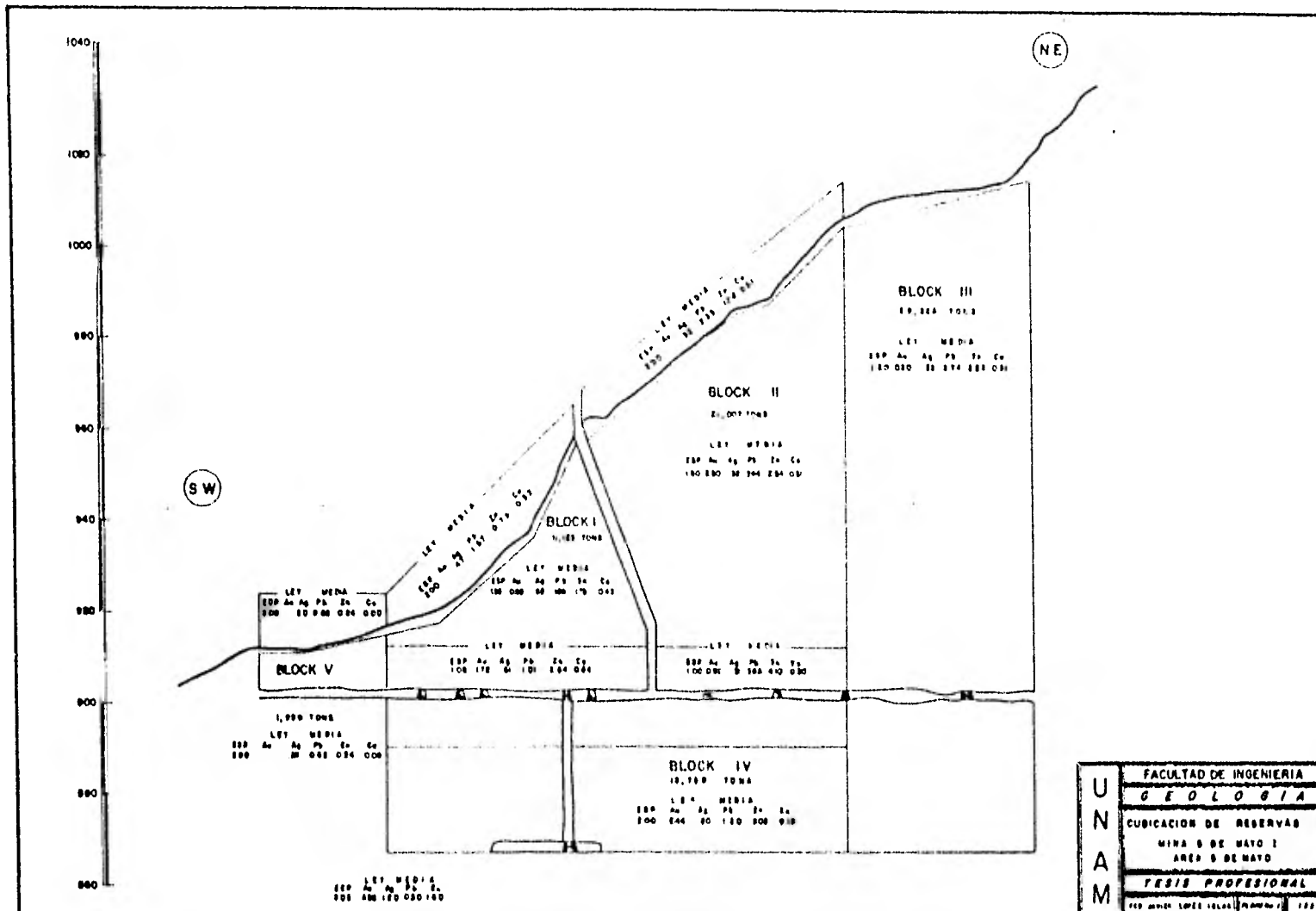




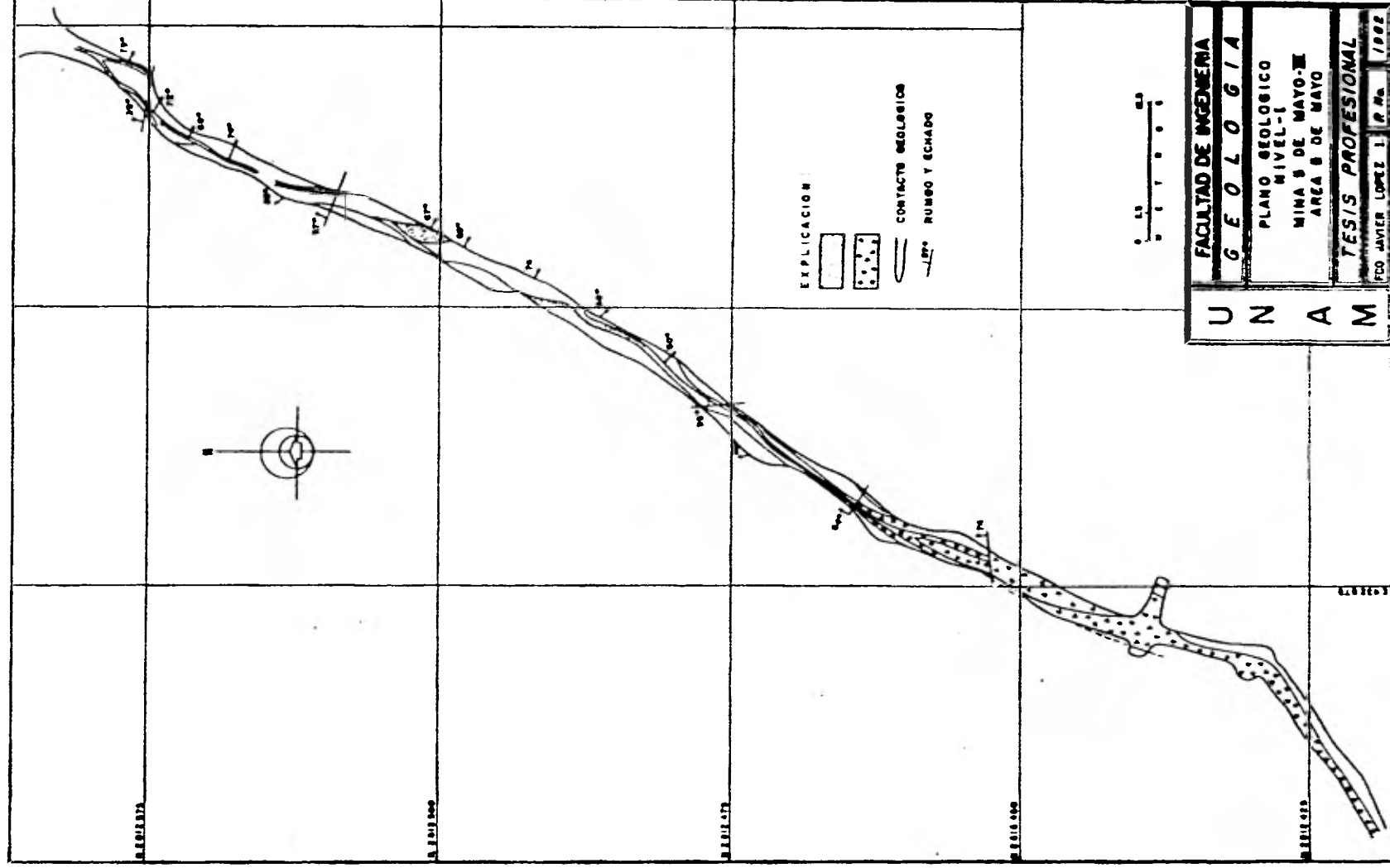
MUESTRA --- TSM III-2A 0.40 230 301 100 100 228

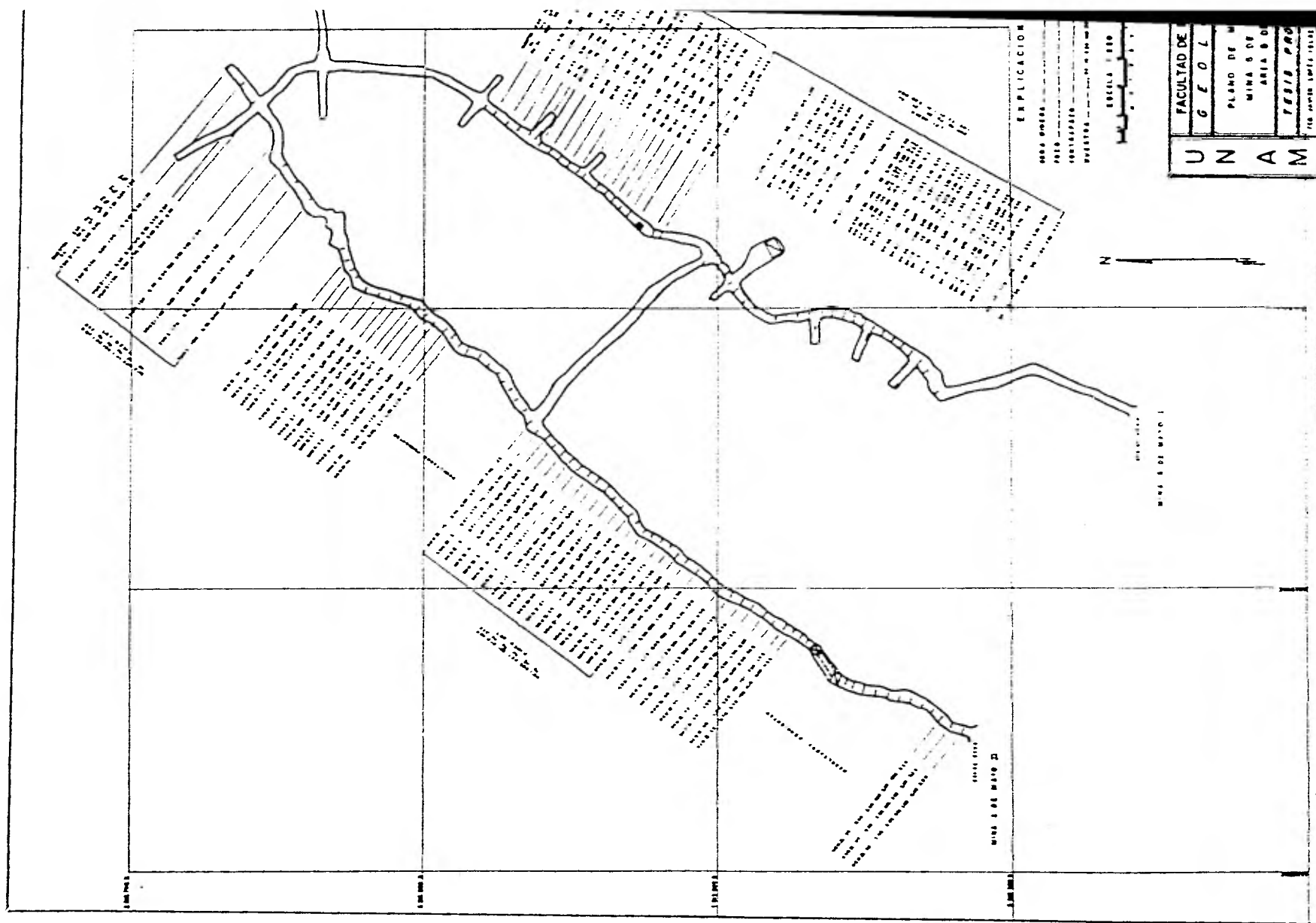
0 25 50 100 150 200  
 METROS

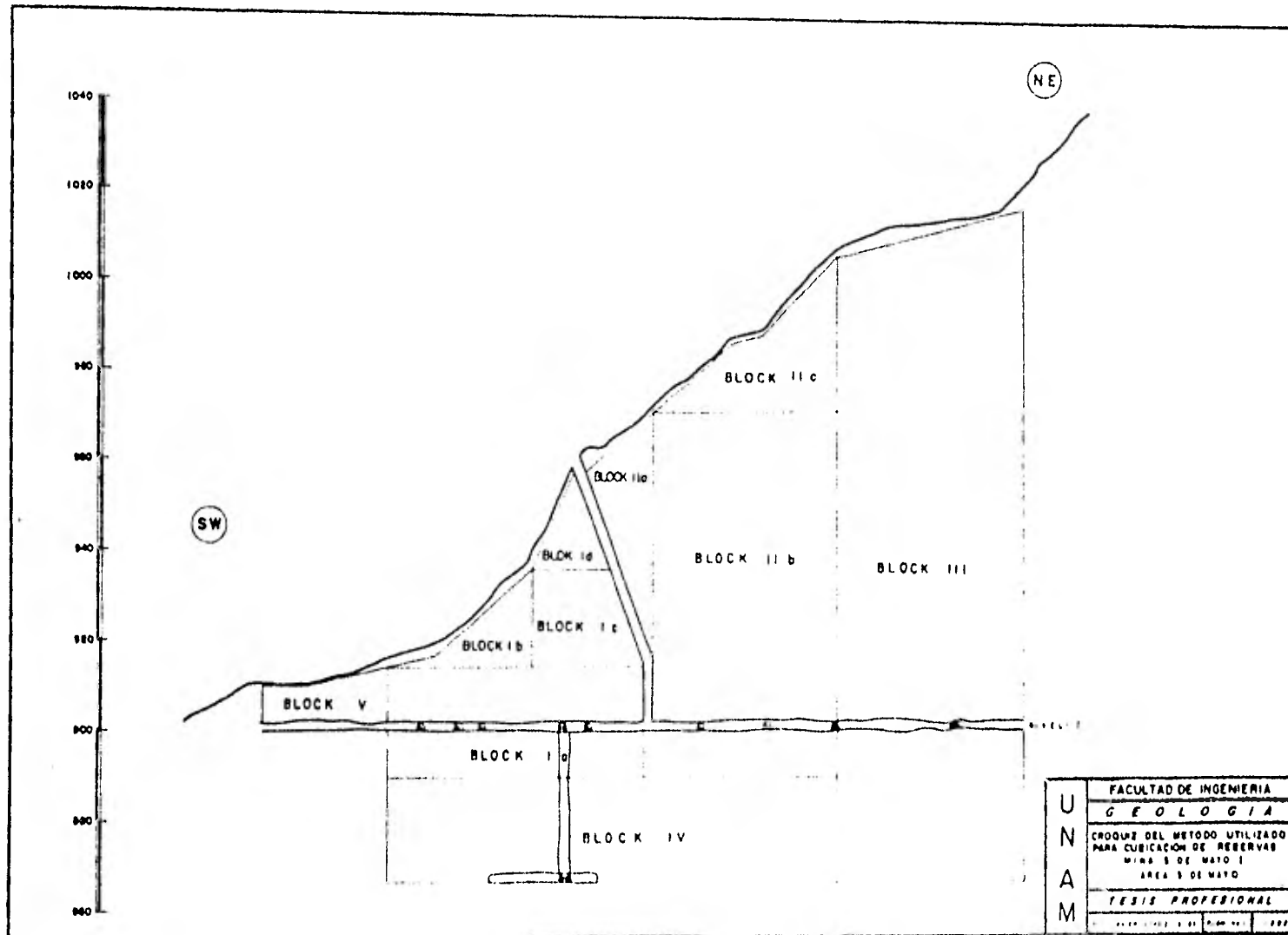
|                          |                                        |       |
|--------------------------|----------------------------------------|-------|
| UNAM                     | <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>          |       |
|                          | <b>G E O L O G I A</b>                 |       |
|                          | PLANO DE MUESTREO                      |       |
|                          | NIVEL - I                              |       |
|                          | MINA S DE MAYO - III<br>AREA S DE MAYO |       |
| <b>TESIS PROFESIONAL</b> |                                        |       |
| FOL. JAVIER LOPEZ ISLAS  |                                        | PLANO |
| 1988                     |                                        |       |



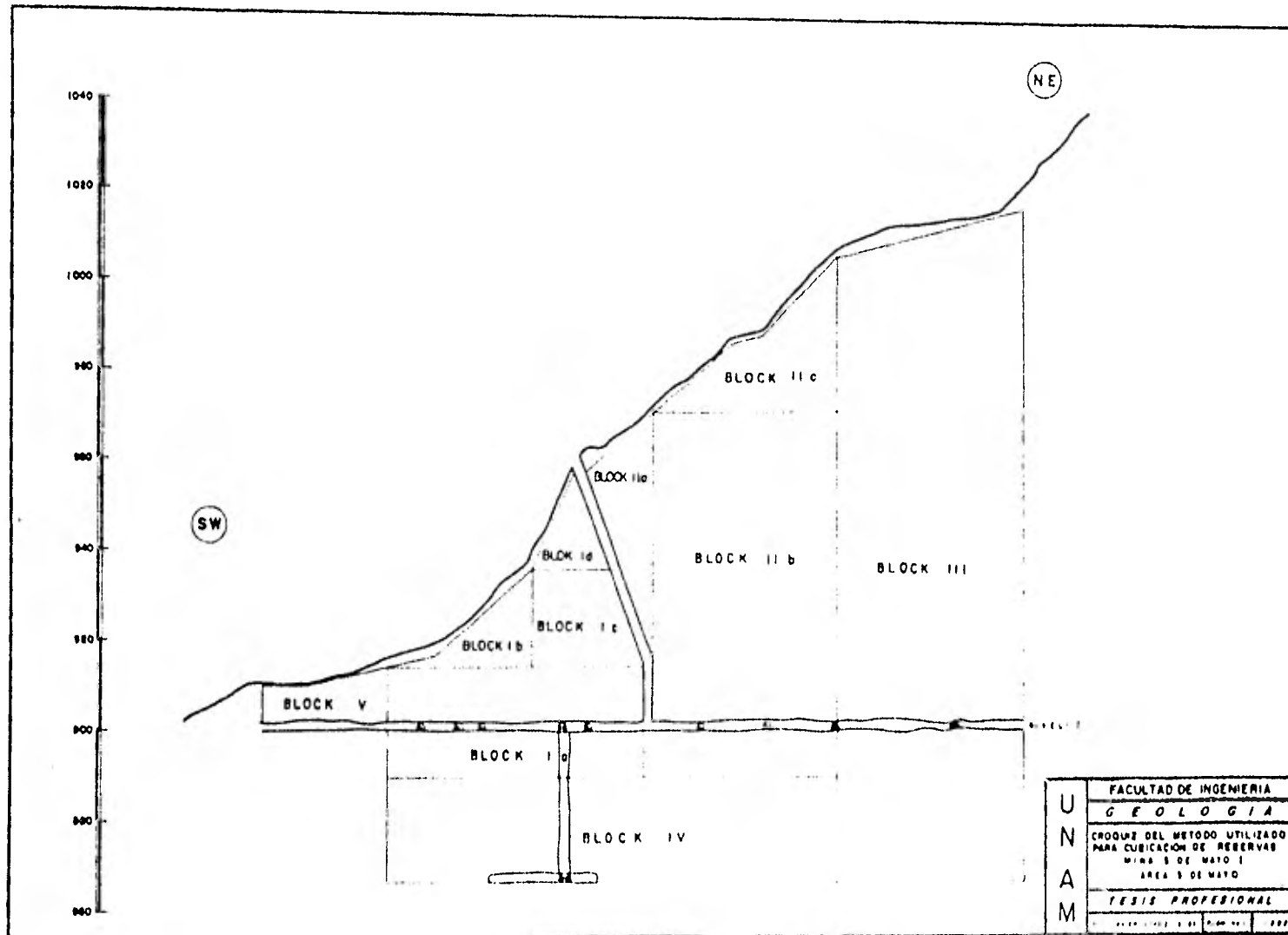
|                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| U<br>N<br>A<br>M | FACULTAD DE INGENIERIA     |
|                  | GEOLOGIA                   |
|                  | CUBICACION DE RESERVAS     |
|                  | MINA S DE MATO I           |
|                  | AREA S DE MATO             |
|                  | TESIS PROFESIONAL          |
|                  | PER JAVIER LÓPEZ VELAZQUEZ |
|                  | 1992                       |

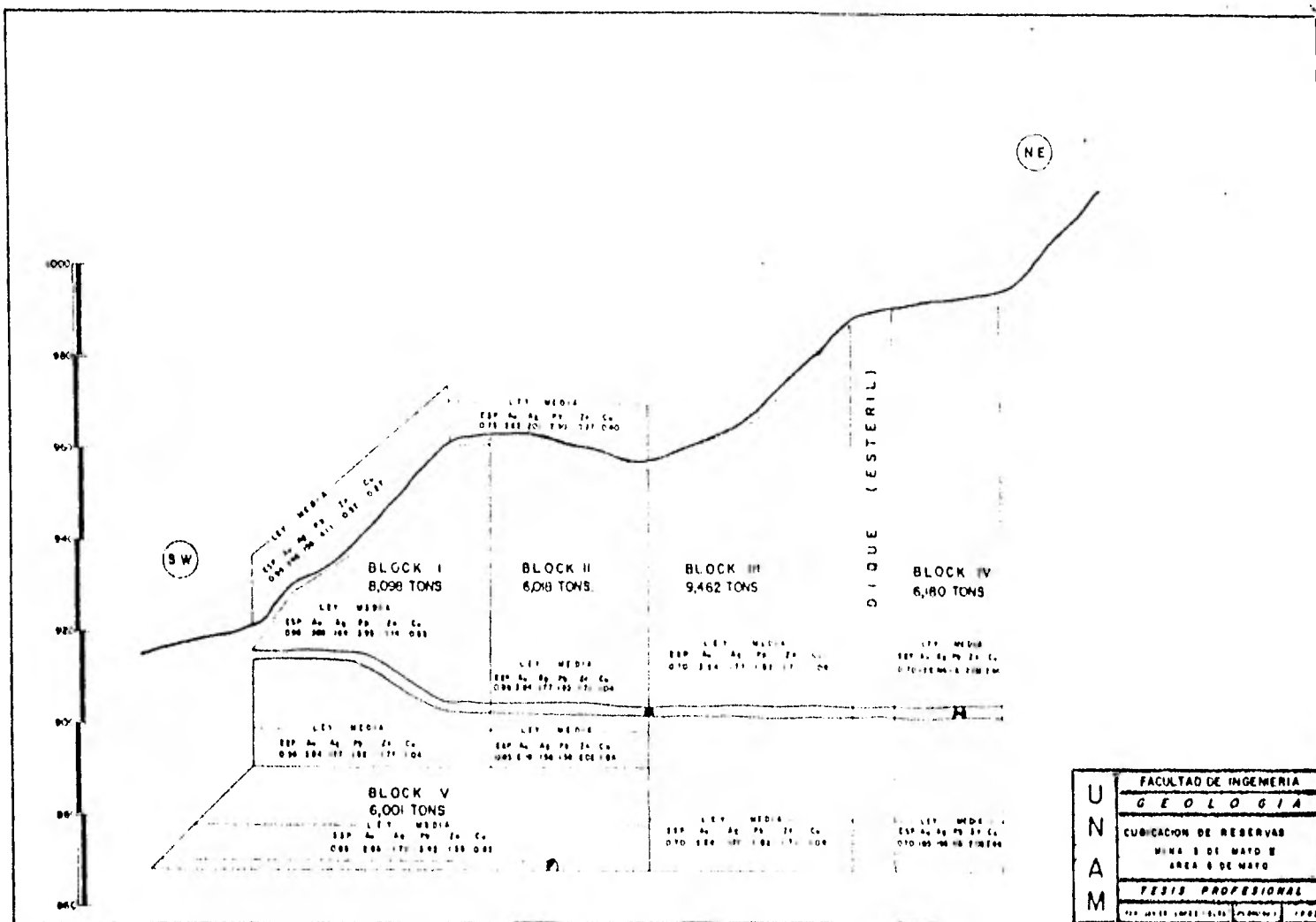




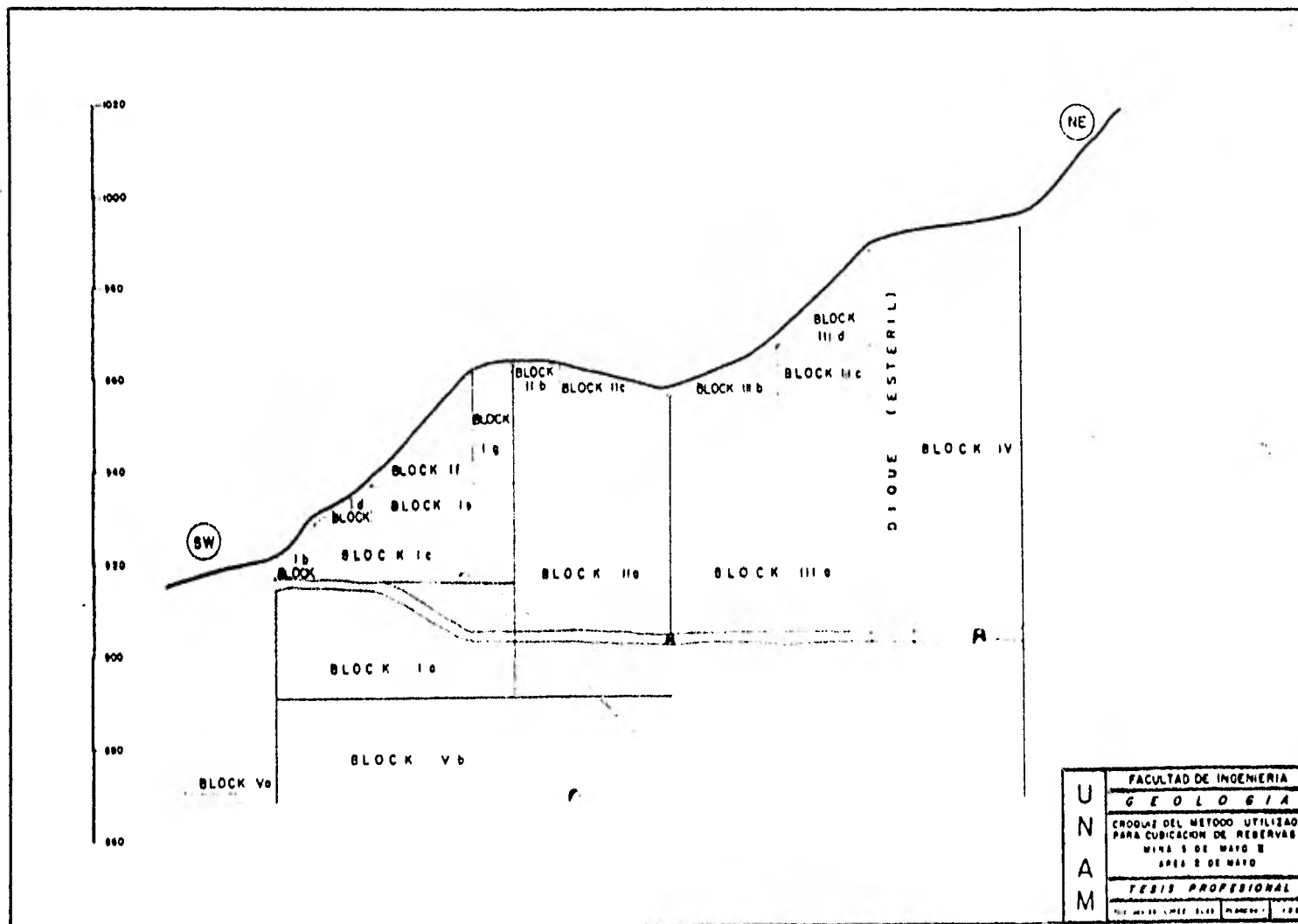


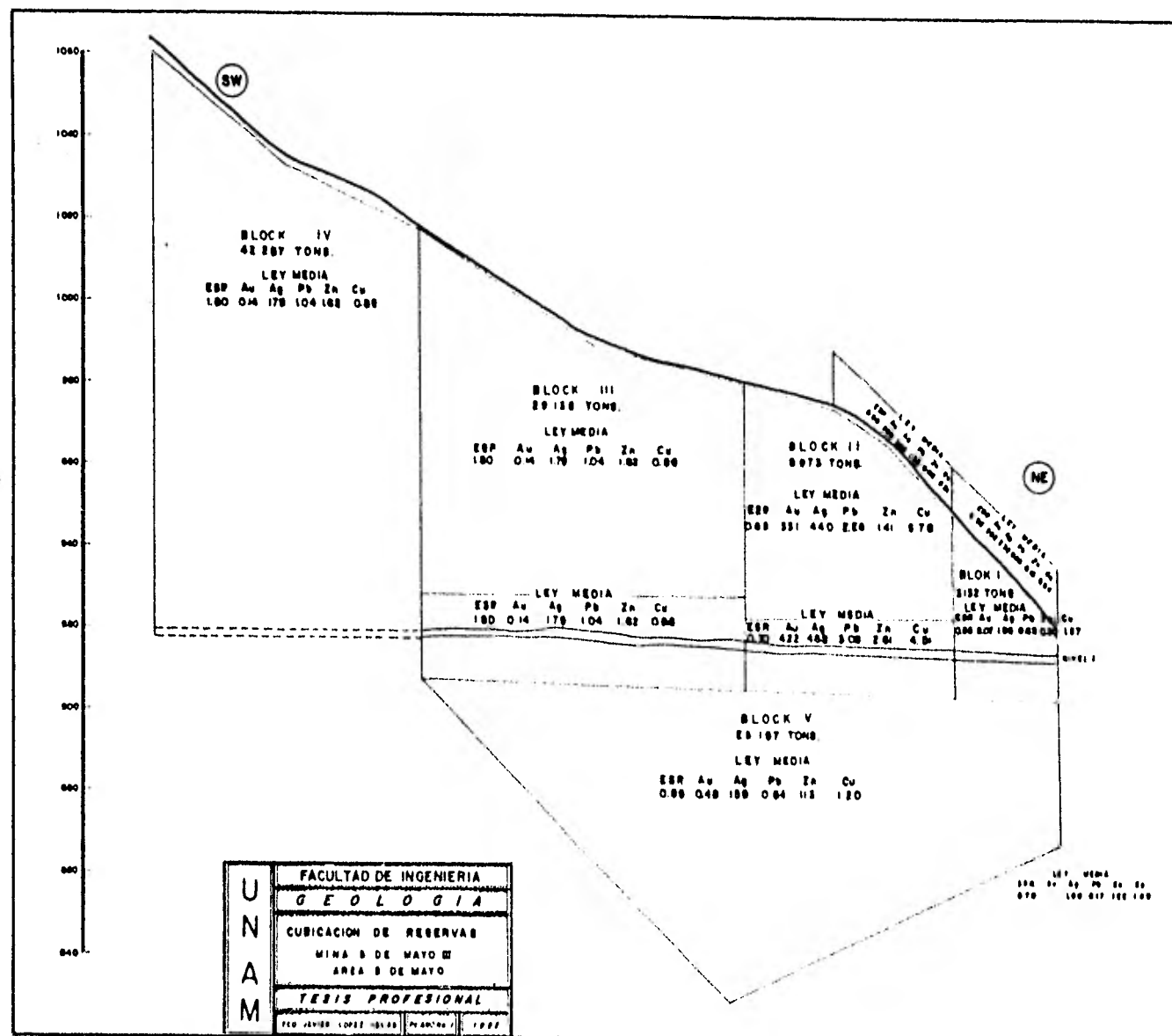
|      |                                                             |
|------|-------------------------------------------------------------|
| UNAM | FACULTAD DE INGENIERIA                                      |
|      | GEOLOGIA                                                    |
|      | CROQUIS DEL METODO UTILIZADO<br>PARA CUBICACION DE RESERVAS |
|      | MINA S DE MATO I                                            |
|      | AREA S DE MATO                                              |
|      | TESIS PROFESIONAL                                           |
|      | FECHA: 1961                                                 |
|      | HOJA: 1                                                     |
|      | DE: 1                                                       |

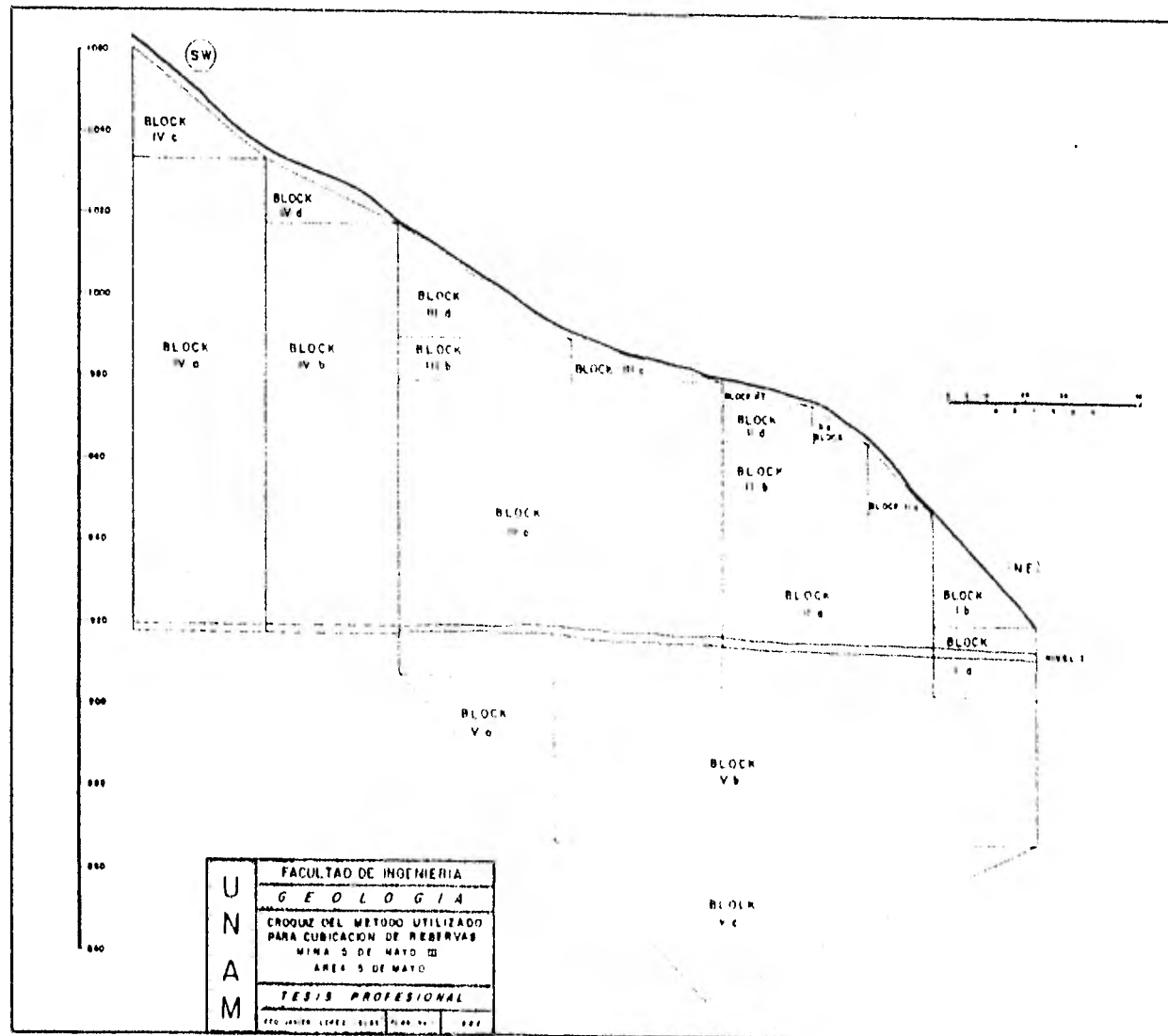


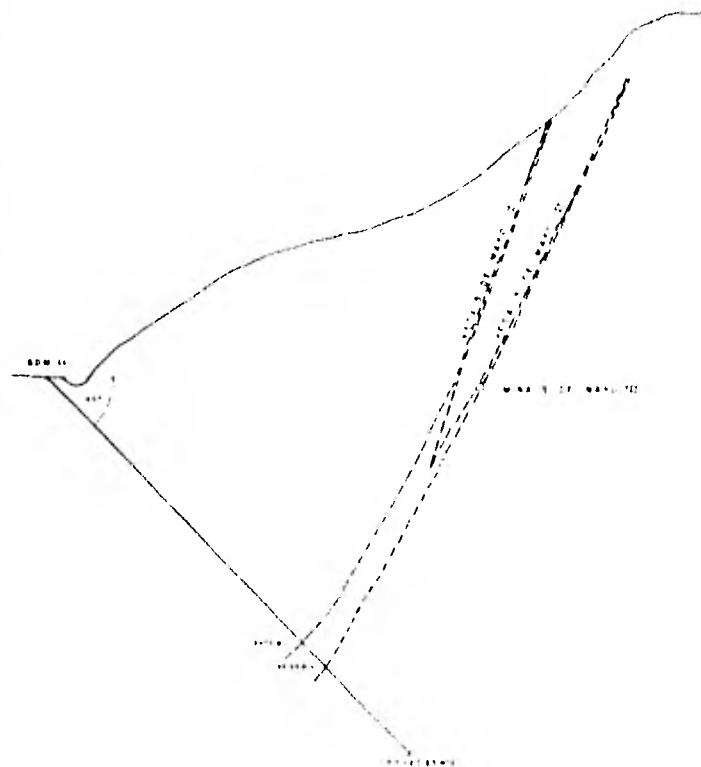


|                        |      |
|------------------------|------|
| FACULTAD DE INGENIERIA |      |
| G E O L O G I A        |      |
| CUBICACION DE RESERVAS |      |
| MINA S DE MAYO E       |      |
| AREA S DE MAYO         |      |
| TESIS PROFESIONAL      |      |
| 1971                   | 1972 |

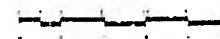








Received: 11 July 2005; Accepted: 12 September 2005

[illegible]

|                  |                        |
|------------------|------------------------|
| U<br>N<br>A<br>M | FACULTAD DE INGENIERIA |
|                  | G E O L O G I A        |
|                  | SECCION TRANSVERSAL    |
|                  | DEL BARRIO BOM-11      |
|                  | AREA 5 EL MAYO         |
|                  | TESIS PROFESIONAL      |