



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERIA

CONTINUIDAD DE LA MINERALIZACION DEL CUERPO  
ALACRAN, EN LOS NIVELES INFERIORES AL NIVEL  
2000, DE LA MINA LA NEGRA, MACONI, MUNICIPIO DE  
CADEREYTA, EDO. QUERETARO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :

VICTOR PONCIANO PALOMINO HUERTA



MEXICO D. F.

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
60-1215

SR. VÍCTOR PONCIANO PALOMINO HUERTA  
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Miguel Vera Ocampo y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**CONTINUIDAD DE LA MINERALIZACIÓN DEL CUERPO ALACRÁN, EN LOS NIVELES INFERIORES AL NIVEL 2000, DE LA MINA LA NEGRA, MACONI, MUNICIPIO DE CADEREYTA, ESTADO DE QUERÉTARO**

|     |                         |
|-----|-------------------------|
|     | RESUMEN                 |
| I   | INTRODUCCIÓN            |
| II  | GEOGRAFÍA               |
| III | GEOLOGÍA                |
| IV  | YACIMIENTO "LA NEGRA"   |
| V   | OBRAS MINERAS           |
| VI  | ANÁLISIS Y CONCLUSIONES |
|     | BIBLIOGRAFÍA            |

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

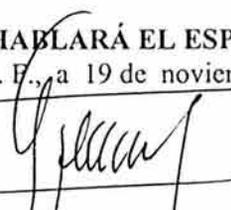
Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Cd. Universitaria, D. F., a 19 de noviembre de 2003

EL DIRECTOR

  
**M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO**

GFB\*JAGC\*gtg  


Por mi raza hablará el espíritu

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento sincero a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo para la realización de este trabajo. En especial al Ing. Miguel Vera Ocampo, quien mostró un gran interés en la consecución satisfactoria de éste.

Con amor y admiración a la memoria de mi padre

Ing. José Palomino Palacios

A

Mi madre:

Sra. Maria de la Luz Huerta Vda. de Palomino

Como una pequeña muestra del  
enorme cariño que le profeso

A

Mis queridos hermanos

José  
Carlos  
Lourdes

A

Emma

Y a tí hija

Aline

..... Por lo importante  
que eres para mí

A

La familia Esquivel Palomino

Como reconocimiento al cariño, ayuda y apoyo de Fernando Esquivel y mis sobrinos Fernando y Ricardo, sin todo lo cual este trabajo no se hubiese realizado ahora.

A

Toda mi familia y  
amigos en general

A

Mis compañeros

A

Mis maestros

A

Mi facultad de Ingeniería

A

Mi UNIVERSIDAD

**CONTINUIDAD DE LA MINERALIZACIÓN DEL CUERPO ALACRÁN, EN  
LOS NIVELES INFERIORES AL NIVEL 2000, DE LA MINA LA NEGRA,  
MACONÍ, MUNICIPIO DE CADEREYTA, ESTADO DE QUERÉTARO.**

**VÍCTOR PONCIANO PALOMINO HUERTA  
2004**

## ÍNDICE

|   | PAG |
|---|-----|
| RESUMEN   |     |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 1   |
| I.1 Antecedentes históricos.....                              | 2   |
| I.2 Objetivo.....   | 3   |
| I.3 Método de trabajo.....                                    | 3   |
| I.3.A Recopilación de datos y análisis de la información..... | 4   |
| I.3.B Trabajos en la mina y conformación de mapas.....        | 4   |
| I.3.C Elaboración del informe final.....                      | 5   |
| II. GEOGRAFÍA.....  | 6   |
| II.1 Ubicación geográfica.....                                | 6   |
| II.2 Vías de comunicación y acceso.....                       | 11  |
| II.3 Clima y vegetación.....                                  | 13  |
| II.4 Población y actividad económica.....                     | 14  |
| III. GEOLOGÍA.....  | 15  |
| III.1 Marco geológico.....                                    | 15  |
| III.2 Estratigrafía.....                                      | 17  |
| III.3 Geología histórica.....                                 | 23  |
| III.4 Geología estructural.....                               | 35  |
| IV. YACIMIENTO "LA NEGRA".....                                | 49  |
| IV.1 Mineralogía.....   | 49  |
| IV.2 Geoquímica.....  | 52  |
| IV.3 Alteraciones.....  | 53  |
| IV.4 Forma y dimensiones.....                                 | 56  |
| IV.5 Estructuras.....   | 61  |
| IV.6 Origen.....  | 61  |
| V. OBRAS MINERAS.....   | 64  |
| V.1 Descripción.....  | 64  |
| V.2 Reservas.....   | 69  |
| V.3 Barrenación exploratoria.....                             | 72  |

|      |                              |    |
|------|------------------------------|----|
| VI.  | ANÁLISIS Y CONCLUSIONES..... | 74 |
| VI.1 | Análisis.....                | 74 |
| VI.2 | Conclusiones.....            | 82 |
|      | BIBLIOGRAFÍA.....            | 85 |

## **RESUMEN.**

*La unidad minera "LA NEGRA" se encuentra ubicada en la porción NW del estado de Querétaro, dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en la subprovincia fisiográfica de las Sierras Alta. Es un yacimiento de metasomatismo de contacto en rocas calcáreas, la mineralización económica está conformada por plata, plomo, zinc cobre.. en forma de sulfuros.*

*La unidad minera inició sus operaciones en marzo de 1971. La producción total de la mina ha sido de 6 millones de toneladas aproximadamente, con leyes promedio: 176 g/t de Ag, 1.11% de Pb, 2.27% de Zn y 0.46% de Cu.*

*La mayor producción de la mina proviene de los cuerpos Alacrán y La Negra asociados a intrusivos granodioríticos y dioríticos con un rumbo NW y un buzamiento al SW.*

*En la region aflora una secuencia de rocas sedimentarias del Mesozoico intensamente plegada e intrusiónada por masas de composición intermedia.*

*La secuencia está formada por las siguientes unidades litológicas de la mas antigua a la mas joven: Formación Las Trancas del Jurásico Superior constituida por lutitas, arcosas, grauvacas, calizas. La Formación Doctor del Cretácico Inferior subyace a la Formación Las Trancas, formada por calizas con un posible origen arrecifal. Formación Soyatal-Mezcala del Cretácico Superior (Turoniano), suprayace concordantemente a la Formación Doctor, constituida por lutitas amarillas, margas y calizas micríticas.*

*Sobre esta última Formación (Soyatal-Mezcala), se encuentra el conglomerado El Morro, fluviolacustre de fragmentos subangulosos de calizas y rocas volcánicas, mal clasificado con algunas capas arenosas, se encuentra sobreyaciendo todas las formaciones del Cretácico en discontinuidad angular.*

*Durante la Orogenia Laramide, la región fue sometida a intensos esfuerzos lo que originó lugar a una serie de plegamientos regionales y por último la actividad plutónica comenzó a actuar en el Terciario.*

*Finalmente con uso de la técnica de barrenación a diamante, se establece una continuidad de la mineralización económica de cuerpo Alacrán, por debajo del nivel 2000.*

## **I. INTRODUCCIÓN**

La mina "La Negra" está localizada en la parte norte del estado de Querétaro, dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental. El yacimiento mineral pertenece al tipo conocido como METASOMATISMO DE CONTACTO EN ROCAS CALCÁREAS. Los principales cuerpos mineralizados de la mina están conformados por mineralización de Ag, Pb, Zn Y Cu en forma de sulfuros.

Los minerales de mena están representados por: hessita (teluro de Ag), galena y marmatita; pirita, marcasita y pirrotita como ganga.

La unidad minera "La Negra" inició sus operaciones en marzo de 1971. La producción desde diciembre de 1970 a noviembre de 1990 fue de 4,925,839 toneladas, con leyes promedio: 176 g de Ag/ton, 1.11 % de Pb, 2.27 % de Zn y 0.46 % de Cu.

La mayor producción de la mina proviene de "cuerpos" principalmente asociados a intrusivos granodioríticos–dioríticos de rumbo NW con buzamiento al SW. La principal parte económica (contenidos económicos de plata) se ha encontrado entre los niveles 2000 y 2400.

En la década de 1991 a 2000, la empresa Peñoles recurrió a la concesión de exploración y explotación minera de la unidad "La Negra", a empresas como minera Capela, S.A. de C.V.; esta compañía obtuvo buenos resultados de producción de mineral de buena calidad. Después, la compañía Necaxa S.A. de C.V., realizó trabajos de explotación en forma indiscriminada con malos resultados y no preparó mina dado que no hizo exploración, durante dos períodos de contratación.

A partir de mayo del 2000, la compañía minera ALME S.A. de C.V., ha explotado la mina en forma intermitente con resultados desalentadores, esto se debe a que no se cuenta con el equipo de explotación necesario y el que se tiene adolece de mantenimiento correctivo y preventivo; las mismas condiciones presenta la planta de beneficio. En el tiempo que no se presentan imprevistos, se procesan entre 600 y 800 toneladas al día de mineral que cumplen con las leyes planeadas o sea un promedio de procesamiento de entre 10,000 y 15,000 toneladas mensuales.

Con el volumen de mineral posible cubicado con la barrenación a diamante, se rebasarían los cinco años de vida operativa de la mina. El objetivo es

colar 3,500 m de obra directa, que incluye rampas y cruceros de acceso, frentes y contrapozos en mineral para cubicar reservas y preparar mina. Se pretende colar 350 m por mes durante 12 meses y cubicar con la barrenación a diamante 413,300 toneladas por año y dejar preparadas 475,500 toneladas para tumbar. Durante este trabajo algunas reservas se podrían ganar para explorarlas durante los 5 años de operación de la mina.

La obra directa que dará acceso a la barrenación a diamante en el área del cuerpo Alacrán tiene como objetivo principal incrementar el tonelaje de mineral posible, con base en la muy buena calidad de la mineralización.

Se deben procesar 20,000 toneladas mensuales de mineral con leyes planeadas y preparar mina para dar acceso a 800,000 toneladas de mineral y avanzar con la exploración para incrementar las reservas. A efecto de cumplir con lo antes mencionado es necesario contar con una inversión millonaria en dólares con la que no cuenta la compañía minera ALME S.A. de C.V.

#### 1.1. Antecedentes históricos

La actividad minera en el valle del río Maconí, así como en la región de El Doctor y San Joaquín, data de la época prehispánica principalmente por minerales de mercurio. Es conocido que el distrito se trabajó en el tiempo de la Colonia cuando se explotó Pb –Ag de las menas de óxido de plomo y también en menor cantidad Au de vetillas y yacimientos de placer, en cantidades muy pobres de producción, pero que ciertas haciendas beneficiaron durante este tiempo en Maconí. Posterior a la Colonia, en el siglo antepasado, el Pb –Ag fue explotado a nivel gambusino por pequeños mineros; en el año de 1879, la mina y la planta fueron operadas por Víctor Beurang, cónsul general de Bélgica en México; Después, cuando Beurang murió, su hijo continuó con la operación. Quizá la actividad minera más importante en el área, con excepción de la presente, fue hacia finales del siglo antepasado y principios de siglo pasado. El hijo de Beurang vendió la mina a Oscar y Thomas Braniff en 1900; la compañía minera Braniff trabajó las minas y una fundición en el Doctor, sólo por un tiempo, ya que tuvieron que parar las operaciones por el movimiento revolucionario.

*En 1950, la compañía minera Acoma S.A., adquiere la propiedad de los Braniff; minera esta compañía hizo un limitado levantamiento magnetométrico y un programa de barrenación a diamante muy pobre, lo que trajo como consecuencia que el proyecto fuera abandonado por la propia compañía. También, la compañía minera Asarco Mexicana hizo exploraciones en el distrito sin éxito.*

*En el mismo siglo pasado hacia el año de 1960, Eloy Vallina y Antonio Guerrero, adquirieron la propiedad al igual que El Grupo Peñoles. El departamento de exploraciones de Peñoles desarrolló un exhaustivo programa geológico de exploración y barrenación a diamante; obtuvieron resultados satisfactorios; Así se descubrieron los cuerpos; La Negra y Alacrán, distantes 500m; lo que condujo a que en junio de 1968, se determinara construir una unidad minera que inició sus operaciones en Marzo de 1971 y continuó el trabajo hasta 1991. Con otro programa nuevo se reabrieron los trabajos, con el nombre de minera Capela S.A. en 1994. En mayo del 2000, se formalizó un contrato entre Grupo Peñoles y Cia. minera Alme, Prevé un programa ambicioso, para ser realizado en 5 años prorrogables a otros 5 años, bajo la responsabilidad de ejecución del proyecto de exploración, explotación, beneficio, etc., a Cia. minera Alme S.A. de C.V.*

*En el tiempo transcurrido la Cía. minera Alme S.A. de C.V. exploto, benefició y exploró en forma intermitente pero alentadora, este yacimiento.*

## *1.2. Objetivo*

*El objetivo del presente estudio es analizar el soporte técnico para cubicar 800,000 toneladas de reservas en los niveles inferiores al 2000, a partir del cual se podría incrementar la operación de la unidad para producir 200,000 Ton/año; de esta manera "LA NEGRA" mejoraría ampliamente su margen de utilidad.*

## *1.3. Método de trabajo*

*El trabajo se efectuó en tres fases que fueron las siguientes: recopilación de datos y análisis de la información, trabajos en la mina con la consecuente conformación de mapas y por último la realización del informe final que es la base de la presente tesis.*

### 1.3.A Recopilación de datos y análisis de la información.

*Esta primera la consistió en consultar la bibliografía existente sobre el área de estudio así como los trabajos efectuados en zonas aledañas o que tuvieran alguna relación con el tema. Se consultaron los archivos con que cuenta la gerencia de geología de la unidad; estos archivos están constituidos por amplia información de todos los trabajos en las labores mineras del cuerpo Alacrán en todos sus niveles conocidos.*

*Dichos archivos están conformados por proyectos de exploración y explotación, los cuales contienen el inicio, desarrollo y conclusión de trabajos realizados para el cuerpo Alacrán. También por los proyectos que realizaron empleados de la compañía minera Peñoles: Ing. Jorge E. Sousa, Ing. Antonio Mancera, Ing. Guillermo Plata, Ing. Raúl Vidales, Ing. Marco A. Wong Salinas, Ing. Carlos I. González B., Ing. Nicolás Figueroa T., Ing. Neftalí Bravo M., Ing. Aarón Hernández P., y en especial el archivo que ha formado el Ing. Juan Morin Martínez para el programa de exploración de los niveles inferiores al nivel 2000.*

*En la primera etapa se consultaron los reportes de barrenación, mapas geológicos, topográficos, informes geológicos de mina, etc. que sirvieron para observar el comportamiento estructural del cuerpo mineralizado y al mismo tiempo se elaboraron mapas geológicos. Posteriormente se hizo una selección y organización del material existente para empezar con la formulación del plan de trabajo.*

### 1.3.B Trabajos en la mina y conformación de mapas.

*En esta etapa, se ejecutó en el interior de la mina: se inició con un reconocimiento general. Se realizaron muestreos a cada 3 metros del tipo de canal con maquina cortadora de roca en el cielo del túnel de avance y muestreos aleatorios de canal con cuña y marro en las tablas, derecha e izquierda de dicho túnel; así mismo se muestrearon rezagas y la frente de avance; los muestreos descritos se realizaron para observar el comportamiento de las leyes en el cuerpo Alacrán. A demás se hicieron descripciones de núcleos y mapeos geológico-topográficos, etc. para tener una mejor visión. Así se podría comprender más fácilmente los factores y estructuras que controlan la mineralización.*

*El método de trabajo que se utilizó en el interior de la mina en el área del cuerpo Alacrán en el nivel 2000 y niveles superiores, fue ubicar topográficamente los brocales de los barrenos a diamante, así como su rumbo y ángulo de dirección. Posteriormente, se inició la barrenación; se procedió a la descripción de núcleos (LOGEO), se acomodaron los núcleos en las cajas conforme el avance del barreno y se procedió a lavarlos. Se tomaron medidas de lo que se recuperó, comparándolo con lo que se perforó y se marcaron todos los contactos. Todos los datos se anotaron en las hojas de registro de núcleo, para así lograr la descripción de todo el barreno.*

*Así mismo se marcaron las zonas que se mandaron a laboratorio con el fin de ensayarlas. Los núcleos de barrenación se dividieron en dos: la mitad se envió al laboratorio y el resto permanece como testigo.*

### *1.3.C Elaboración del informe final*

*En el gabinete se dibujaron los mapas de proyección del nivel 2000 a niveles inferiores, 1990, 1980, 1970, 1965, 1960 y 1950 a una escala gráfica 1:1000. En éstos se ubicaron los barrenos a diamante según sus antecedentes topográficos y se plasmó la descripción mineralógica que determinó el laboratorio para cada uno. Así mismo, se ubicaron las zonas de mineralización a lo largo del barreno, con énfasis en las leyes del mineral y se procedió a interrelacionar estas zonas con los barrenos del área. Se tomó en consideración la semejanza de leyes, especialmente del contenido de plata (Ag).*

*El análisis e interpretación de mapas de la mina sirvieron de punto de apoyo para realizar el mapa definitivo que se incluye en este trabajo.*

## II. GEOGRAFÍA

### II.1. Ubicación geográfica y localización.

*El distrito minero Maconí, Unidad “La Negra” se encuentra ubicado en la porción NW del estado de Querétaro (fig.II.1), en la delegación de Maconí, del municipio de Cadereyta, en la parte este de la Sierra Gorda de Querétaro (fig.II.2). La población más cercana es precisamente Maconí a 5 kilómetros al SW de la mina. Cerca de los límites con el estado de Hidalgo, la mina “La Negra” se encuentra a 7 kilómetros aproximadamente, del distrito minero de Zimapán, Hidalgo; sin embargo, no existe comunicación directa entre ambos distritos, ya que las profundas gargantas formadas por el río Moctezuma (río Tula-Pánuco) y el relieve tan accidentado dificultan el paso. Las ciudades de importancia más cercanas a la Unidad son: Querétaro a 215 kilómetros; a 194 kilómetros de Pachuca; a 350 kilómetros de la ciudad de México y a 130 kilómetros de la ciudad de Ixmiquilpan.*

*La mina se encuentra a una altitud de 2000 metros sobre el nivel del mar y el distrito minero de Maconí a una elevación promedio de 1900 metros sobre el nivel del mar. Dicho distrito se encuentra en varios fundos mineros, propiedad de Peñoles (fig.II.3).*

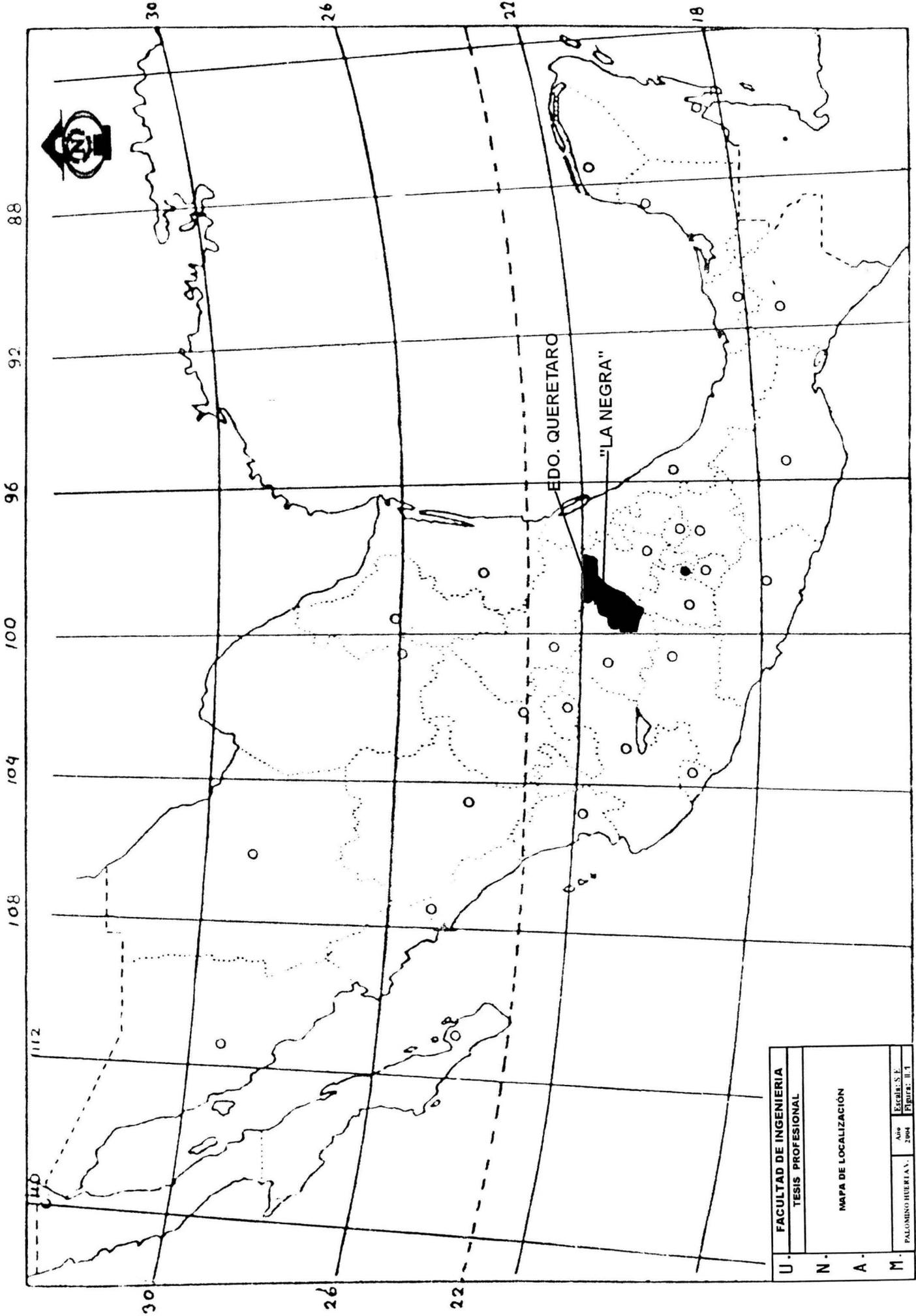
*Las coordenadas geográficas del distrito minero de Maconí, Unidad “La Negra” son las siguientes:*

*20° 50' 30” de Latitud Norte*

*99° 30' 00” de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.*

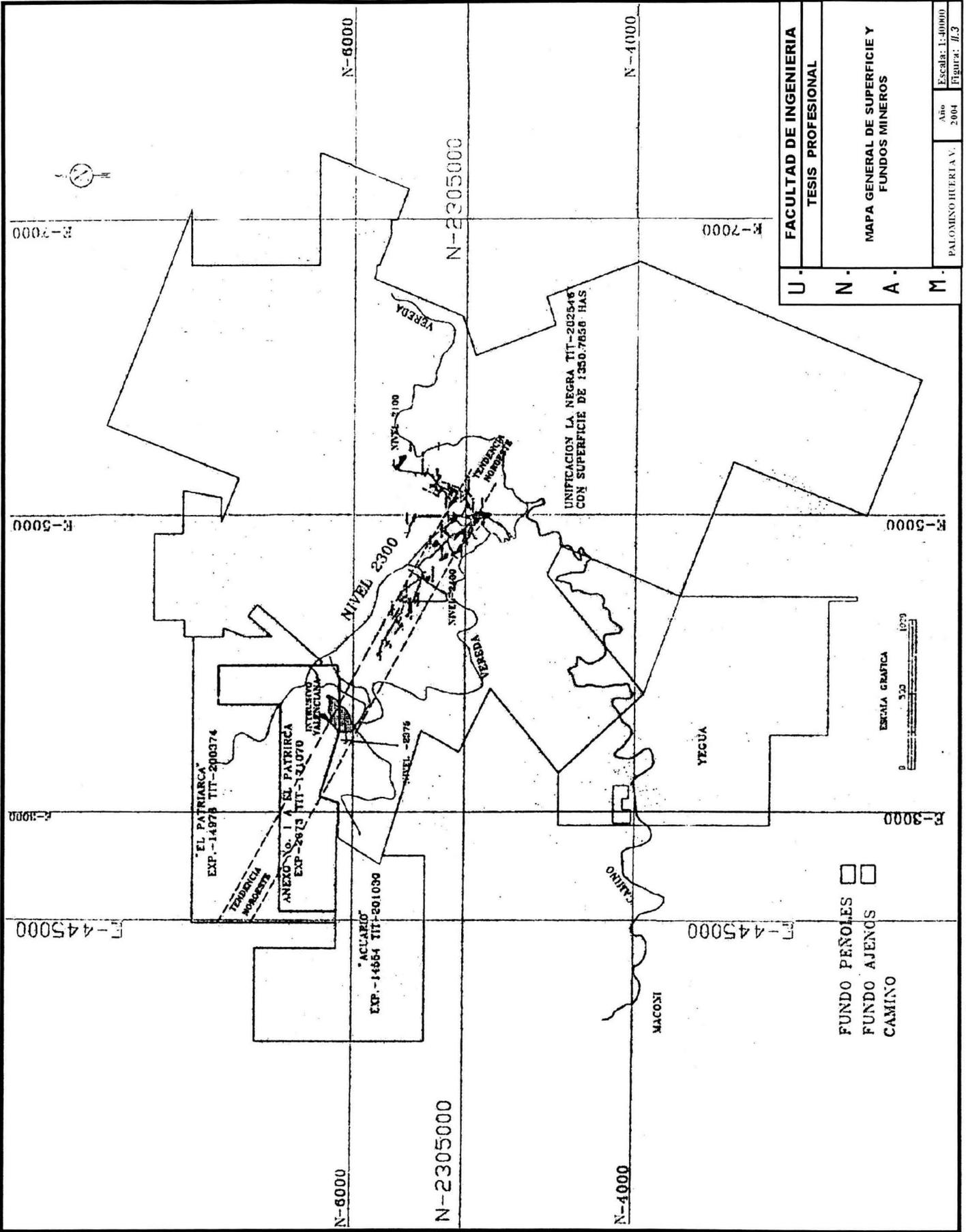
*Desde el punto de vista fisiográfico, los distritos mineros de Maconí, El Doctor y Santo Entierro, pertenecen a la provincia de la Sierra Madre Oriental, en el borde occidental de la misma, llamado subprovincia de Sierras Altas. El relieve es montañoso y extremadamente accidentado (fig.II.4); la principal altura está en la sierra Los Piñones con 3500 metros sobre el nivel del mar, localizada en el anticlinorio El Piñón.*

*Las características geomorfológicas de la provincia corresponde al tipo de montañas altas, en una etapa del ciclo erosivo parecido a la madurez, dado que el río Moctezuma es una corriente superpuesta y existen remanentes*



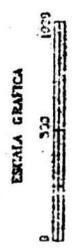
|   |                        |              |
|---|------------------------|--------------|
| U | FACULTAD DE INGENIERIA |              |
|   | TESIS PROFESIONAL      |              |
| N | MAPA DE LOCALIZACION   |              |
|   |                        |              |
| A | Alm                    | Escrit. S.F. |
|   | 2004                   | Figura: II.1 |
| M | PALOMINO HUERTAS       |              |

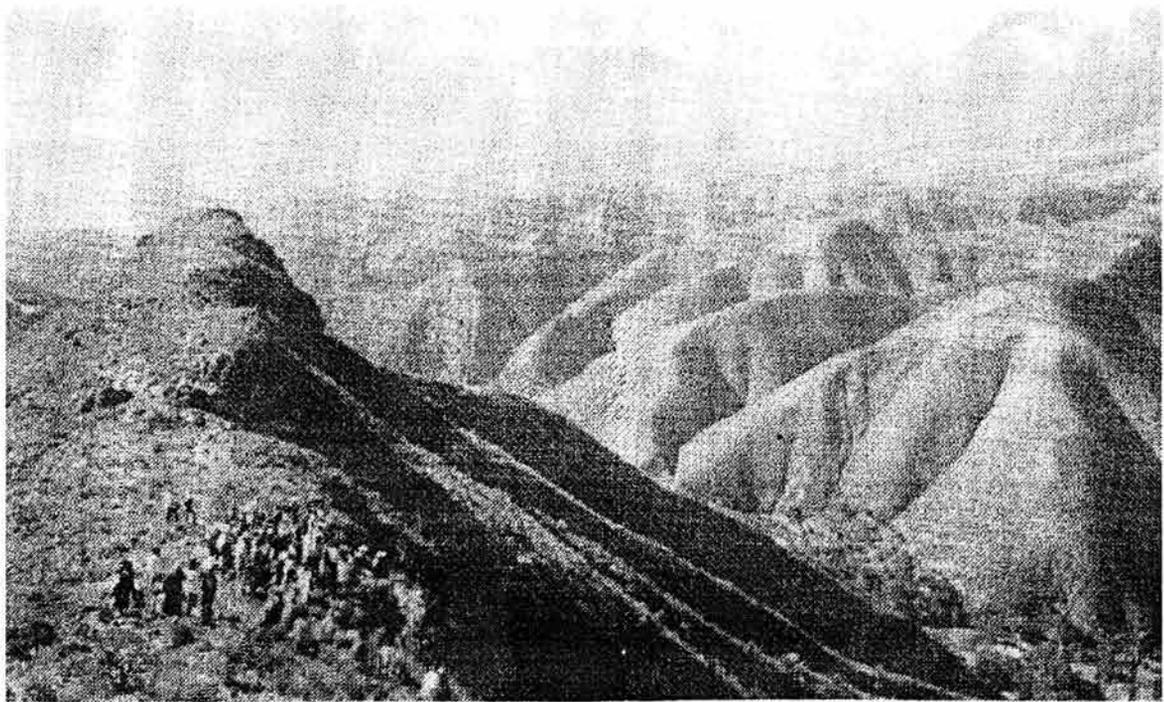




|   |                              |                 |
|---|------------------------------|-----------------|
| U | FACULTAD DE INGENIERIA       | Escala: 1:40000 |
| N | TESIS PROFESIONAL            | Año 2004        |
| A | MAPA GENERAL DE SUPERFICIE Y | Figura: II.3    |
| M | FUNDOS MINEROS               |                 |

- FUNDO PEÑALES
- FUNDO AJENOS
- CAMINO





|    |  |                                     |
|----|--|-------------------------------------|
| U. | <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>  |                                     |
|    | <b>TESIS PROFESIONAL</b>   |                                     |
| N. | <b>TOPOGRAFIA ABRUPTA, PRESENTA<br/>RELIEVE MONTAÑOSO Y<br/>EXTREMADAMENTE ACCIDENTADO</b> |                                     |
|    |  |                                     |
| A. |  |                                     |
|    |  |                                     |
| M. | <b>PALOMINO HUERTA V.</b>  | <b>Año<br/>2004</b>                 |
|    |  | <b>Escala: S/E.<br/>Figura: //4</b> |

*de su superficie erosional antigua cubierta con aluvión, es probable que se trate de una región exhumada casi en su totalidad.*

*Localmente el relieve está dominado por el valle del río Maconí tributario del Moctezuma y es controlado por la litología; así, las partes bajas por las rocas arcillosas de la Formación Soyatal que presentan un drenaje dendrítico que también, está moldeado en las calizas de la Formación El Doctor. La corriente más notoria en el área es el río Maconí que tiene un carácter intermitente y su dimensión promedio es de 8 a 10 kilómetros de largo, 3 a 4 metros de ancho y una profundidad que va en algunos lugares de 60 centímetros hasta 4 ó 5 metros.*

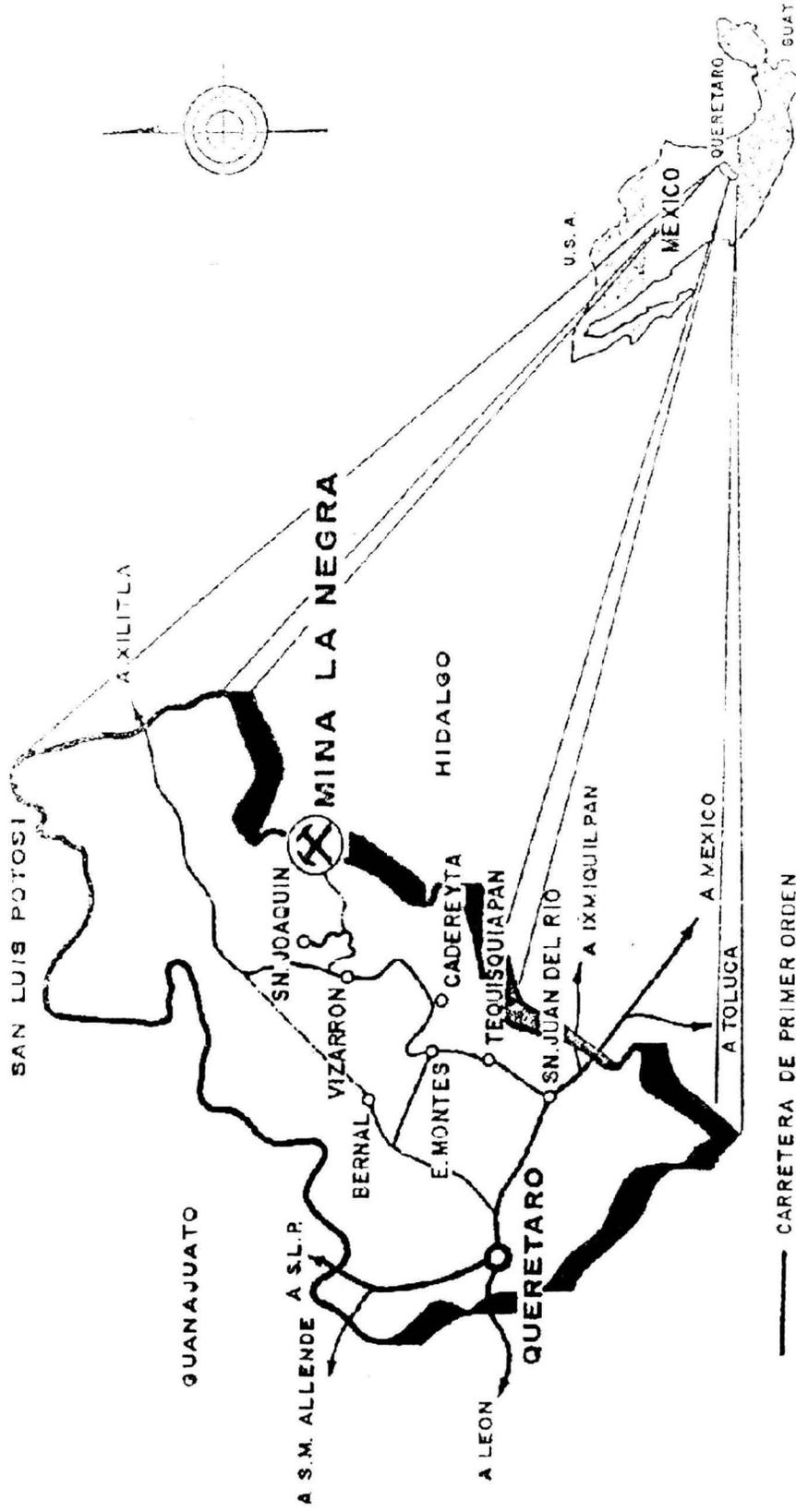
## *II.2. Vías de comunicación y acceso*

*La unidad minera "La Negra" en Maconí está comunicada por un camino de terracería de 17 kilómetros, en buenas condiciones todo el año. Este entronca con la carretera La Culata-San Joaquín, En ésta se recorren 20 kilómetros hacia La Culata y se une con la carretera #120 San Juan del Río, Qro.- Xilitla, S.L.P. .Sobre la carretera #120 hacia San Juan del Río se recorren 168 kilómetros; pasa por los poblados: Vizarrón, Cadereyta, Ezequiel Montes, Tequisquiapan y San Juan del Río; en este lugar, la carretera entronca con la autopista #57 México- Querétaro, a 175 kilómetros de la ciudad de México y a 50 kilómetros de la ciudad de Querétaro (fig.II.5).*

*La estación San Nicolás del Ferrocarril se encuentra a 114 kilómetros de la unidad minera "La Negra" sobre la ruta México-CD. Juárez.*

*La unidad cuenta además con un sistema de telefonía satelital, que se utiliza para comunicarse con las oficinas centrales en la ciudad de México, así como con todas las unidades a nivel nacional del Grupo Peñoles. Además tiene comunicación con la Red Nacional e Internacional por medio de Teléfonos de México. También la unidad minera cuenta con helipuerto.*

*La comunicación por televisión la reciben únicamente a través de la señal transmitida por la empresa televisora SKY-TEL.*



- CARRETERA DE PRIMER ORDEN
- CARRETERA DE SEGUNDO ORDEN

## ESTADO DE QUERETARO

|     |   |
|-----|---|
| U.  | FACULTAD DE INGENIERIA  |
| N.  | TESIS PROFESIONAL   |
| A.  | MAPA DE LOCALIZACION<br>DISTRITO MACONI,<br>UNIDAD MINERA<br>LA NEGRA |
| M.  | CALCULO DE PLAZA  |
| 394 | FOLIO 5. F.   |
| 394 | FOLIO 5. F.   |

El poblado cuenta con dos camiones de transporte público foráneo, que hacen el recorrido Maconí-Querétaro-Maconí; salen de Maconí, uno a las 6:00 AM. y el otro a las 7:00 AM. con rumbo a Querétaro y regresan a Maconí uno a las 5:00 PM. y el otro a las 6:00 PM. Estos camiones son de la línea de autobuses foráneos Los Azules de Querétaro.

### II.3 Clima y vegetación

De acuerdo con W. Köepen, 1936; el clima que predomina es seco-estepario, con lluvias en verano; precipitación media anual 300 mm; la temperatura media anual es de 20° centígrados. El estiaje ocurre en el invierno.

La vegetación varía con la elevación: hacia las partes altas predominan las coníferas como el pino, enebro, encino y cedro. En las depresiones donde hay temperaturas mayores y menor humedad, el terreno es árido y desprovisto de suelo; los órganos, cardenches, ocotillo, lechuguilla, maguey y nopal constituyen la vegetación característica. (Ver tabla de asociaciones vegetales).

#### TABLA DE ASOCIACIONES VEGETALES

Características:

| <u>FAMILIAS Y ESPECIES</u>           | <u>NOMBRE COMÚN</u> |
|--------------------------------------|---------------------|
| <u>CRASI-RUSOLIFOLIOS ESPINOSOS:</u> |                     |
| Agave sp.                            | Maguey              |
| Agave lechuguilla                    | Lechuguilla         |
| <u>MATORRAL ESPINOSO:</u>            |                     |
| Fouquieria Splendens                 | Ocotillo            |
| <u>MATORRAL SUBINERME:</u>           |                     |
| Prosopis Juliflora                   | Mezquite            |
| Acacia sp.                           | Huizachillo         |
| <u>NOPALERA:</u>                     |                     |
| Opuntia Imbricata                    | Cardenche           |
| Opuntia Leptocaullya                 | Tasajillo           |
| Opuntia Microdasys                   | Nopal Cargador      |
| Echinocactus sp.                     | Órgano              |

#### *II.4 Población y actividad económica.*

*La población de Maconí Querétaro, tiene en la actualidad alrededor de 1,000 habitantes. Su principal actividad económica o fuente de trabajo es la minería y en menor escala la agricultura y el comercio. Otra situación a la que han optado algunos pobladores es el irse de indocumentados a los Estados Unidos de Norte América, a desarrollar diversos trabajos y enviar remesas mensuales de dólares a sus familias; esto alienta la economía del pueblo, pero hace decrecer el número de habitantes del poblado; entre el 20% y 30% de la población total recurre a esta actividad.*

*La mano de obra que se requiere en la unidad minera "La Negra" depende de la gente que se va a los E.E.U.U., porque estas personas oriundas de Maconí han vivido de la minería y en general tienen una buena experiencia en todos los oficios de la minería. No obstante depende en grado determinante, el nivel económico del inversionista. Es necesario crear un trabajo seguro y bien remunerado, solo así se podrá evitar la emigración de la mano de obra calificada y la unidad minera "La Negra" contará con los trabajadores idóneos para la explotación y beneficio del mineral. De lo anterior se puede inferir que el inversionista no tiene la necesidad de contratar o llevar mano de obra de otras unidades mineras o de otros Estados.*

*Maconí cuenta con un consultorio médico que depende de la Secretaria de Salubridad y Asistencia, donde el médico asiste a dar consulta un solo día de la semana, existe otro consultorio que depende del Instituto Mexicano del Seguro Social, en el que el médico asiste también un día a la semana. Existe además una escuela primaria de la Secretaria de Educación Pública, con cinco maestros, la educación secundaria, la imparte el Estado a través de la Telesecundaria. Cuenta con una iglesia católica y en una casa particular predicán el cristianismo.*

### III GEOLOGÍA.

#### III.1 Marco geológico

*El distrito minero de Maconí pertenece a la subprovincia fisiográfica de las Sierras Altas, (Raise, E. 1959) que forman parte de la provincia de la Sierra Madre Oriental en la parte sur, y está limitada al oeste por la planicie costera del Golfo, al este por la Meseta Central, al sur por la meseta Neovolcánica y al norte por la parte superior de la Sierra Madre Oriental o subprovincia de las Sierras Bajas (fig. III.1).*

*La Sierra Madre Oriental, consiste de rocas sedimentarias que datan desde el Jurásico y Cretácico; la mayor parte está constituida por calizas plegadas en anticlinales y sinclinales, que forman comúnmente estructuras alargadas; también está constituida por: capas de arcosa de color gris verdoso, estratos de grauvaca gris y una serie alternada de grauvacas y lutitas. La parte superior está constituida por capas delgadas de lutita rojiza interestratificada con capas de caliza gris.*

*La subprovincia fisiográfica de las Sierras Altas es paralela a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental en su parte sur, la subprovincia es menor en altitud, los valles son anchos rellenos de clásticos. En el área la topografía es abrupta y los valles son estrechos, el máximo relieve es cerca de 3,200 m.s.n.m. con un promedio de 2,400 m.s.n.m. (fig. II.4).*

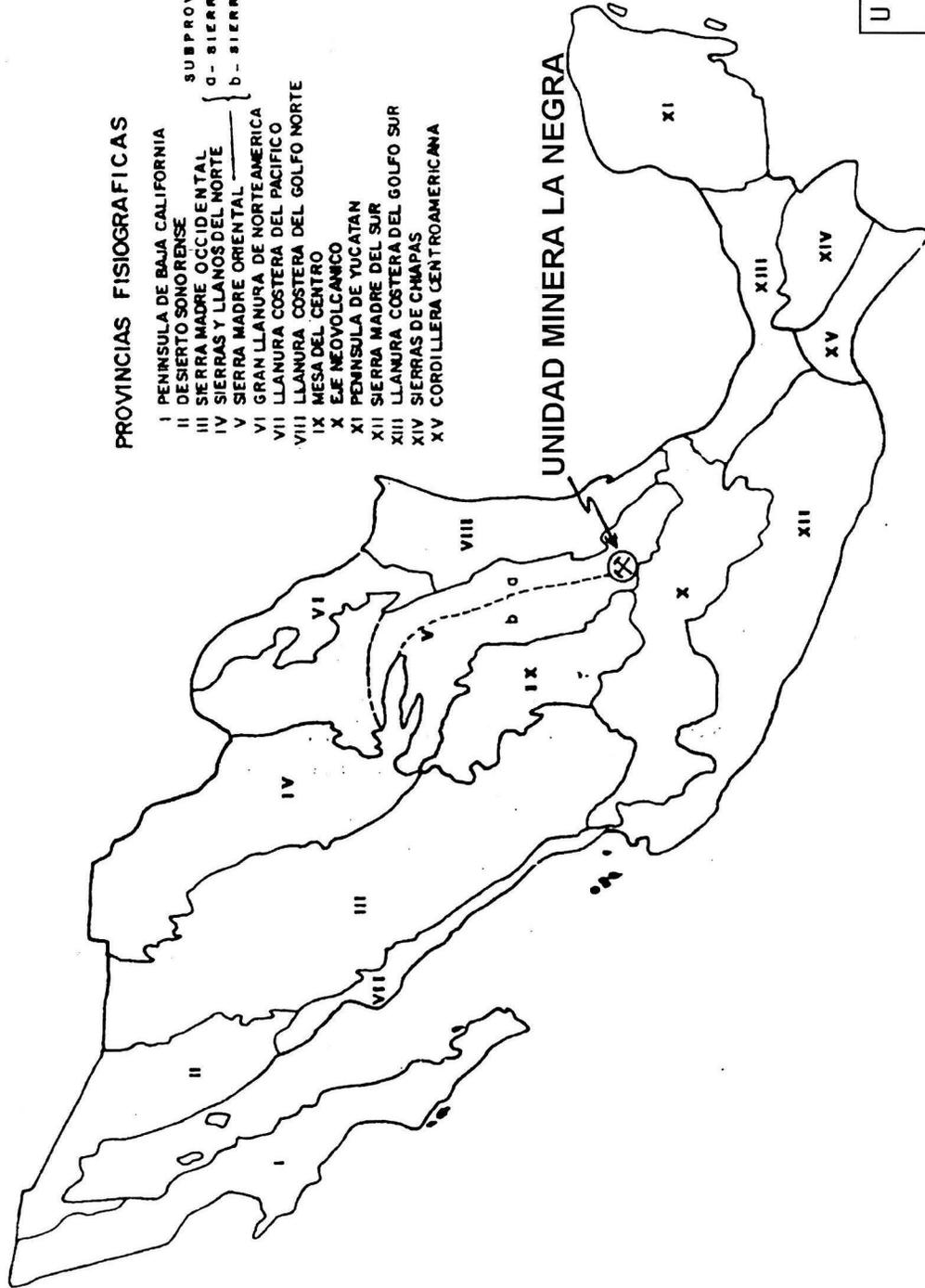
*Cerca de la mina "La Negra", el talud que hay en el río Moctezuma, es casi vertical y la diferencia de altitud es aproximadamente de 1,000 metros. La estratigrafía está representada por formaciones con edades desde el Jurásico Superior (Formación las Trancas) hasta el Cretácico Superior (Formaciones El Doctor, Soyatal Mezcala) que están cubiertas por rocas volcánicas de edad terciaria e intrusionadas por cuerpos granodiorítico-diorítico, también de edad terciaria (tabla III.1).*

*A nivel local en el área de la mina "La Negra", las principales rocas que afloran corresponden con el miembro La Negra de la Formación el Doctor, caracterizada por calizas negras arcillosas. Ocasionalmente con nódulos de pedernal negro.*

**PROVINCIAS FISIOGRAFICAS**

- I PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA
- II DESIERTO SONORENSE
- III SIERRA MADRE OCCIDENTAL
- IV SIERRAS Y LLANOS DEL NORTE
- V SIERRA MADRE ORIENTAL
- VI GRAN LLANURA DE NORTEAMERICA
- VII LLANURA COSTERA DEL PACIFICO
- VIII LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE
- IX MESA DEL CENTRO
- X EJE NEOVOLCANICO
- XI PENINSULA DE YUCATAN
- XII SIERRA MADRE DEL SUR
- XIII LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR
- XIV SIERRAS DE CHAPAS
- XV CORDILLERA CENTROAMERICANA

SUBPROVINCIAS  
 a- SIERRAS ALTAS  
 b- SIERRAS BAJAS



ESCALA GRAFICA



KILÓMETROS

|   |   |
|---|---|
| U | FACULTAD DE INGENIERIA                    |
| N | TESIS PROFESIONAL                         |
| A | MARCO FIOGRAFICO DE LA REPUBLICA MEXICANA |
| M |   |
|   | PALOMINO HUERTA V. Año Escala: S/E        |
|   | 2004 Fig. N. III.1                        |

*Desde el punto de vista económico, la Formación El Doctor es la más importante por contener en uno de sus miembros (miembro La Negra) los principales cuerpos mineralizados.*

*A la Formación El Doctor, miembro La Negra, corresponden las calizas que encajonan la zona mineralizada. Estas calizas son de color gris, compactas y criptocristalinas; en los estratos de lutita, se observan con frecuencia nódulos de pedernal negro. Las capas de esta roca son generalmente delgadas con rumbos N30° - 40° W, y buzan de 20° a 80° al SW. El miembro La Negra ha sido parcialmente metamorfozido por apófisis de granodiorita-diorita con rumbos NE y NW. Los cuerpos mineralizados preferentemente se ubican en la zona de transición de granate hacia caliza. La mineralogía predominante en los cuerpos mineralizados es: hessita, galena, marmatita y calcopirita. Como ganga se presenta: pirita, arsenopirita y pirrotita.*

### *III.2 Estratigrafía*

#### *Rocas sedimentarias*

*Las rocas que afloran en la región pertenecen a la secuencia sedimentaria mesozoica que constituye la provincia geológica denominada plataforma del Doctor la cual junto con la plataforma de Tolimán, representan la extensión sur de la plataforma de Valles, S.L.P.*

*Las rocas más antiguas conocidas en la región, corresponden a la Formación Chilar constituida por lutitas y grauvacas del Triásico o posiblemente Paleozoico. A esa unidad le sobreyace la Formación las Trancas, compuesta de una alternancia de lutitas, areniscas, lutitas carbonosas y grauvacas de color gris-oscuro y en capas delgadas de edad Jurásico Superior (fig.III.2)*

| SIST.     | SERIE     | PISO                 | FORMACION       | COLUMNA LITOLOGICA   | DESCRIPCION LITOLOGICA  |  |
|-----------|-----------|----------------------|-----------------|--|---|--|
| CUATER.   | REC.      |                      | ALUVION         |  | Arcillas, limos, arenas y gravas  |  |
|           | PLEIST.   |                      | ZIMAPAN         |  | Fanglomerados mal clasificados en matriz arenocarcillosa, cemento por caliche.  |  |
|           |           |                      | LAVAS BASALTIC. |  | Basaltos y andesitas basálticas, textura afanítica o vesicular, color oscuro. 1.6   |  |
| TERCIARIO | OLIGOCENO | MIOCENO              | NO DIFEREN.     | PIROCLAS. RIOLITICOS   |   | Tobas e ignimbritas de composición riolítica, textura piroclástica, con abundantes fragmentos líticos. |
|           |           |                      |                 |  | LAS ESPINAS   |  |
|           | EOC.      | SUP.                 | EL MORRO        |  | Conglomerados mal clasificados, fragmentos subangulosos a subredondeados en una matriz arcillosarenosa, cementado por FeOx. 60  |  |
|           |           |                      | HIATUS          |  | DISCORDANCIA  |  |
| CRETACICO | SUPERIOR  | SANT.                | MEZCALA         |  | Caliza arcillosa intercalada con lutitas y areniscas.   |  |
|           |           | TURON.               | SOYATAL         |  | Intercalación de lutitas, areniscas y calizas arcillosas de estratificación delgada, color gris oscuro  |  |
|           | INFERIOR  | APTIANO ALBIANO CEN. | EL DOCTOR       |  | A.- FACIES CERRO LADRON<br>Calizas puras de color gris claro a gris oscuro; estratificación gruesa de 10 cm. a 2 m. 90  |  |
|           |           |                      |                 |  | B.- FACIES SOCAVON<br>Clásticos calcáreos constituidos por calcarenitas y conglomerados calcáreos de grano fino.  |  |
|           |           |                      |                 | C.- FACIES SAN JOAQUIN<br>Caliza de color gris oscuro con nódulos de pedernal, estratificación gruesa.     |   |  |
|           |           |                      |                 | D.- FACIES LA NEGRA<br>Caliza de color gris oscuro con estratos de pedernal negro estratificación delgada. |   |  |
| JURASICO  | SUPERIOR  |                      | LAS TRANCAS     |  | Calizas casi puras de color gris oscuro con intercalación de calizas carbonosas a la cima, lutitas y areniscas a la base (arcosas y grauvacas), su color varía de negro a gris oscuro, estratificación media. |  |



Skarn de Co, Fe, Si



Intrusivo diorítico a granodiorítico



Intrusivo aplítico

Tomado de A. Rosas 1961  
Modificado por: V.P.H 2004

|    |                            |                                     |
|----|----------------------------|-------------------------------------|
| U. | FACULTAD DE INGENIERIA     |                                     |
|    | TESIS PROFESIONAL          |                                     |
| N. | COLUMNA GEOLOGICA REGIONAL |                                     |
| A. |                            |                                     |
| M. | PALOMINO HUERTA V.         | Año 2004 Escala: S/E<br>Figura: H.2 |

*Estratigrafía Regional-Distrito "LA NEGRA" (Carbonell, 1970) (Tabla III.1).*

|  |  |
|--|--|
| <i>Cuaternario</i>                                       | <i>Depósitos de Aluvión</i>  |
| <i>Discordancia</i>                                      |  |
| <i>Terciario</i>   | <i>Rocas volcánicas, riolíticas, andesíticas y basálticas. Rocas intrusivas, granodioríticas, dioríticas.</i>            |
| <i>Discordancia</i>                                      |  |
|  | <i>Conglomerado El Morro</i>   |
| <i>Discordancia</i>                                      |  |
| <i>Superior: Formación Mezcala<br/>Formación Soyatal</i> | <i>Calizas, calizas arcillosas<br/>Lutitas, areniscas</i>  |
| <i>Cretácico</i>   |  |
| <i>Inferior: Formación Doctor</i>                        | <i>Calizas facies Cerro Ladrón<br/>Calizas facies Socavón<br/>Calizas facies San Joaquín<br/>Calizas facies La Negra</i> |
| <i>Discordancia</i>                                      |  |
| <i>Superior: Formación Las Trancas</i>                   | <i>Lutitas, areniscas, grauvacas y lutitas</i>   |
| <i>Jurásico</i>  |  |

*Las rocas del sistema Cretácico sobreyacen en discordancia a las rocas del Jurásico y esta conformado por dos unidades concordantes entre sí: La Formación El Doctor del Cretácico Inferior y la Formación Soyatal del Cretácico Superior; la primera está representada por cuatro miembros calcáreos de plataforma y laguna, la segunda es una alternancia rítmica de calcarenitas, calizas laminares y lutitas con intemperismo rojizo, dicha alternancia es una secuencia de cuenca somera del Cretácico Superior, (Turoniano). (IFIMS, s.c. junio, 1991).*

*Sobre estas secuencias cretácicas descansan formaciones continentales más jóvenes localmente muy erosionadas, que pertenecen al Cenozoico, principalmente al Eoceno y Oligoceno.*

*En la región existen tres formaciones de origen sedimentario que son Las Trancas, El Doctor y Soyatal Mezcala*

*Formación Las Trancas.*

*Esta formación pertenece al Jurásico Superior, con un espesor máximo observado de 200 metros. Esta constituida por una alternancia de lutitas, areniscas, lutitas carbonosas y grauvacas de color gris oscuro en capas delgadas; en el piso de la formación está una capa delgada (30-60 cm) de arcosa color verde-grisáceo. La presencia de microfósiles le da una edad Kimmeridgiano-Titoniano. Esta Formación subyace concordantemente a la Formación Doctor y forma el límite inferior de la mineralización (Simons y Mapes, 1956) (tabla III.1).*

*Formación El Doctor.*

*Es la roca encajonante de todos los cuerpos mineralizados conocidos en la mina "La Negra" y reconocida como favorable, lo que la hace de mayor importancia económica. Su espesor ha sido medido, a pesar de lo difícil y complicado de sus pliegues y es de 150 a 1,500 metros. Esta formación consiste de calizas de colores gris y gris oscuro en capas de 10 a 30 centímetros, con intercalaciones de bandas de pedernal de color negro, el cual cerca de las zonas mineralizadas adquiere un color blanco. Se pueden observar intercalaciones de caliza masiva de aspecto lenticular de posible origen arrecifal. Algunos de estos lentes en ocasiones son muy fosilíferos. Estos Bioestromas tienen hasta 30 metros de espesor y cientos de metros de extensión. Por el contenido fosilífero se le ha asignado una edad de Albiano Medio – Cenomaniano Inferior (López Ramos 1979). Esta formación descansa en concordancia sobre las rocas de la Formación Las Trancas.*

*Está dividida en cuatro miembros de calizas que son los miembros de La Negra, San Joaquín, Socavón y Cerro Ladrón (tabla III.1).*

*Miembro La Negra:*

*Es la roca encajonante de todos los cuerpos mineralizados conocidos en la mina "La Negra" y reconocida como nivel favorable; está compuesta por caliza gris de grano fino en estratos de 10 a 30 centímetros con bandas y escasos nódulos de pedernal negro que en la proximidad con cuerpos ígneos cambia a color blanco por un proceso de metasomatismo. El ambiente de depósito es de plataforma y laguna (Carbonell, 1970) (tabla III.1).*

*Miembro San Joaquín:*

*Es una caliza criptocristalina compacta de color gris en capas de 0.5 a 1 metro con pedernal negro en nódulos que varían en diámetro de 2 a 30 centímetros. El ambiente de depósito es de plataforma y laguna. (Carbonell, 1970) (tabla III.1).*

*Miembro Socavón:*

*Es una brecha sedimentaria con intraclastos calcáreos que varían en tamaño y grado de redondez, en una matriz de grano grueso. Se presenta en capas de 15 a 80 centímetros de espesor y su origen se relaciona con un ambiente de erosión y acarreo subacuoso, en zona de prearrecife, se correlacionan crono y litoestratigráficamente con la Formación Tamabra (Carbonell, 1970) (tabla III.1).*

*Miembro Cerro Ladrón:*

*Consiste de bancos y lentes masivos muy gruesos de caliza color gris en varios tonos, de ambiente de laguna o postarrecife (Formación El Abra). El relieve abrupto del área facilita la presencia de sus afloramientos. (IFIMS, S.C. Junio, 1991) (tabla III.1).*

### *Formación Soyatal Mezcala*

*Consiste de lutitas amarillas que alternan con margas y calizas micríticas de color negro, las cuales están fuertemente plegadas. La litología varía lateralmente, con incremento o decremento la fase calcárea. Se calcula que su espesor es de 1,000 metros (Simons y Mapes, 1957). Su contacto inferior es gradual y concordante con la Formación El Doctor. La edad de esta formación ha sido determinada basada en macro y microfósiles por lo cual se deduce una edad del Cretácico Superior (Turoniano). (Simons y Mapes, 1956): El ambiente de depósito es de cuenca (tabla III.1).*

### *Conglomerado El Morro.*

*Es un conglomerado fluviolacustre de fragmentos subangulosos de calizas y rocas volcánicas, mal clasificado con algunas capas arenosas. Su color varía de rojo a gris púrpura y está interdigitado con corrientes y aglomerados volcánicos. Su espesor máximo es de 400 metros aunque suele ser muy variable. Se desconoce su edad, pero por correlación con el conglomerado Guanajuato se puede argumentar que es del Eoceno-Oligoceno (Simons y Mapes, 1956). El conglomerado sobreyace a todas las formaciones del Cretácico en forma de discontinuidad angular, que ha sido encontrada en pequeños afloramientos aislados en el área. El ambiente de depósito es de abanicos aluviales (tabla III.1).*

### *Rocas ígneas*

*La masa intrusiva más grande en el área es de composición granodiorítica, este cuerpo aflora en varias áreas y una de ellas es la de La Negra, diferentes partes de la misma intrusión se encuentran también en el área en forma de stocks de cuarzdiorita y una masa pequeña de diorita; también existen andesitas, dacitas y diques riolíticos. La edad de estos cuerpos intrusivos es probablemente del Oligoceno, (Carbonell, 1970).*

*El cuerpo intrusivo de naturaleza granodiorítica que es considerado como el que dio origen a la mineralización y se presenta en forma de tronco principal con dimensiones de 2 kilómetros de longitud y 250 metros de ancho medio con ramificaciones en diques de menores dimensiones*

## Rocas metamórficas

Como muestra de los efectos de presión y temperatura causados por la intrusión ígnea, existen dos tipos importantes de alteración en la caliza preexistente la primera, consiste de un skarn de granate, roca compuesta principalmente por grossularita y andradita (aluminio silicatos de Ca y Fe) que existe a lo largo de la periferia del intrusivo con un ancho promedio de 8.0 m, y en donde se llevó a cabo la mineralización de sulfuros metálicos. La segunda clase de alteración se observa en la zona posterior a la mineralización, y corresponde al alto del cuerpo y en el cual la caliza sufrió una gran silicificación y recristalización con formación de wollastonita; la roca resultante se clasifica como skarn de wollastonita. Lo anterior sugiere que la caliza que fue transformada a skarn de granate era una caliza arcillosa y la caliza que se encontraba en lo que ahora se considera el alto del cuerpo mineral, era relativamente pura. El diferente tipo de caliza dio como resultado un diferente tipo de roca metamórfica.

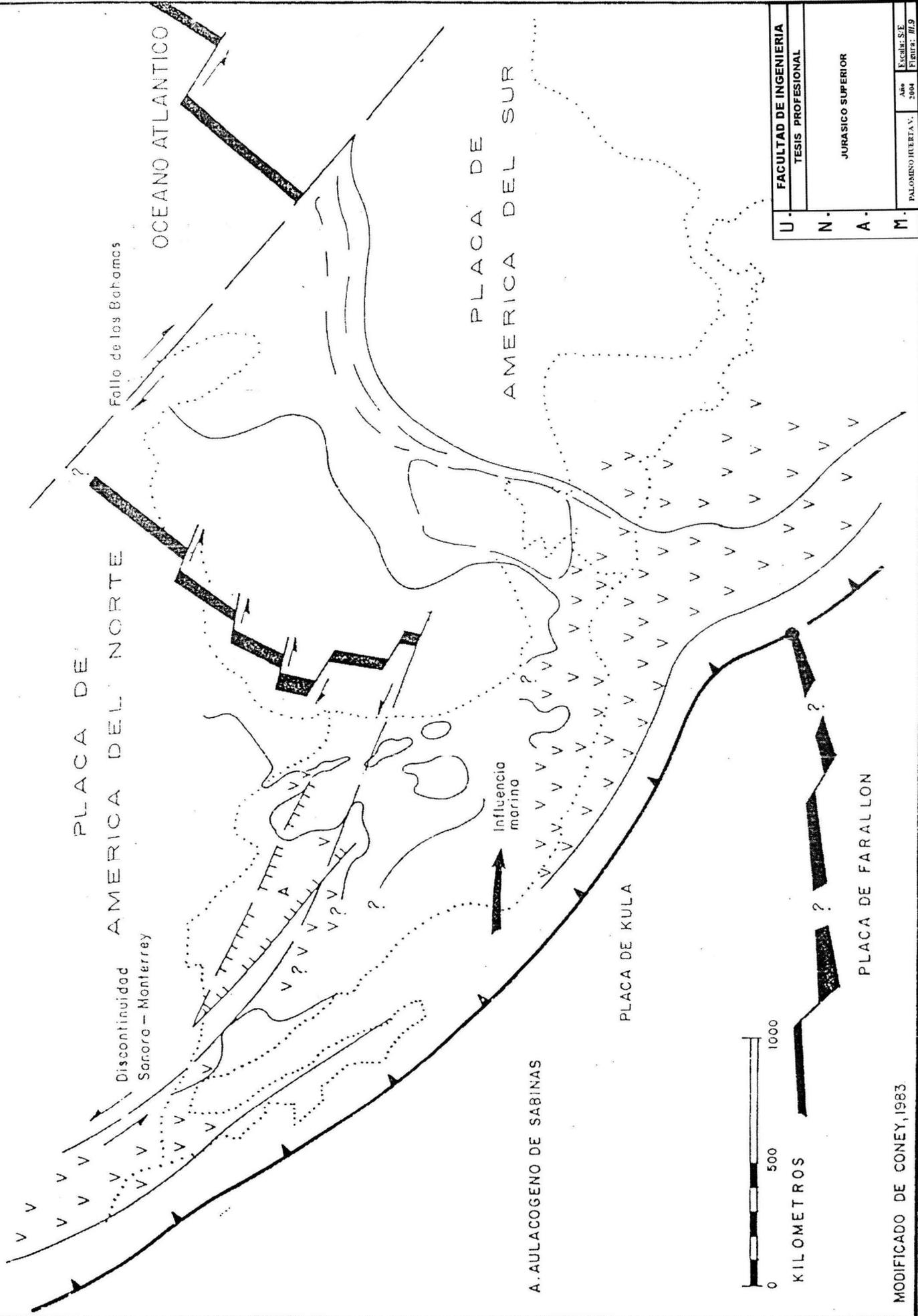
Los cuerpos minerales se emplazaron preferentemente en un "paquete" de capas originalmente de caliza más porosa y quizá más favorable para el desarrollo de granates de los estratos adyacentes. Una vez que la formación de los granates ocurre, se incrementa notablemente la porosidad original de los estratos permitiéndoles ejercer un fuerte control en la concentración de sulfuros, dicho control es principalmente de tipo textural.

### III.3 Geología histórica

A finales del Jurásico existió en la región un mar somero, donde fueron depositados sedimentos calcáreos, arcillosos y arenosos, intercalados hacia la zona occidental con zonas volcánicas, originadas en un arco volcánico ubicado al poniente de la cuenca; este paquete constituye actualmente la Formación Las Trancas (A.Rosas, 1981) (fig.III.9).

Posteriormente, durante el Cretácico Inferior, se depositó en discordancia sobre la Formación Las Trancas, la Formación El Doctor, representada por un complejo calizo, que consta de cuatro miembros: La Negra, San Joaquín, Socavón y Cerro Ladrón (fig.III.11).

En el Cretácico Superior se depositó en concordancia sobre la Formación El Doctor, la Formación Soyatal-Mezcala, la cual consiste de lutitas amarillas que alternan con margas y calizas micriticas (fig.III.12).



|                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| U                   | FACULTAD DE INGENIERIA |
| N                   | TESIS PROFESIONAL      |
| A                   | JURASICO SUPERIOR      |
| M                   |                        |
| PALOMINO HERRERA V. |                        |
| Año                 | Escuela: S.E.          |
| 2004                | Figura: III/9          |

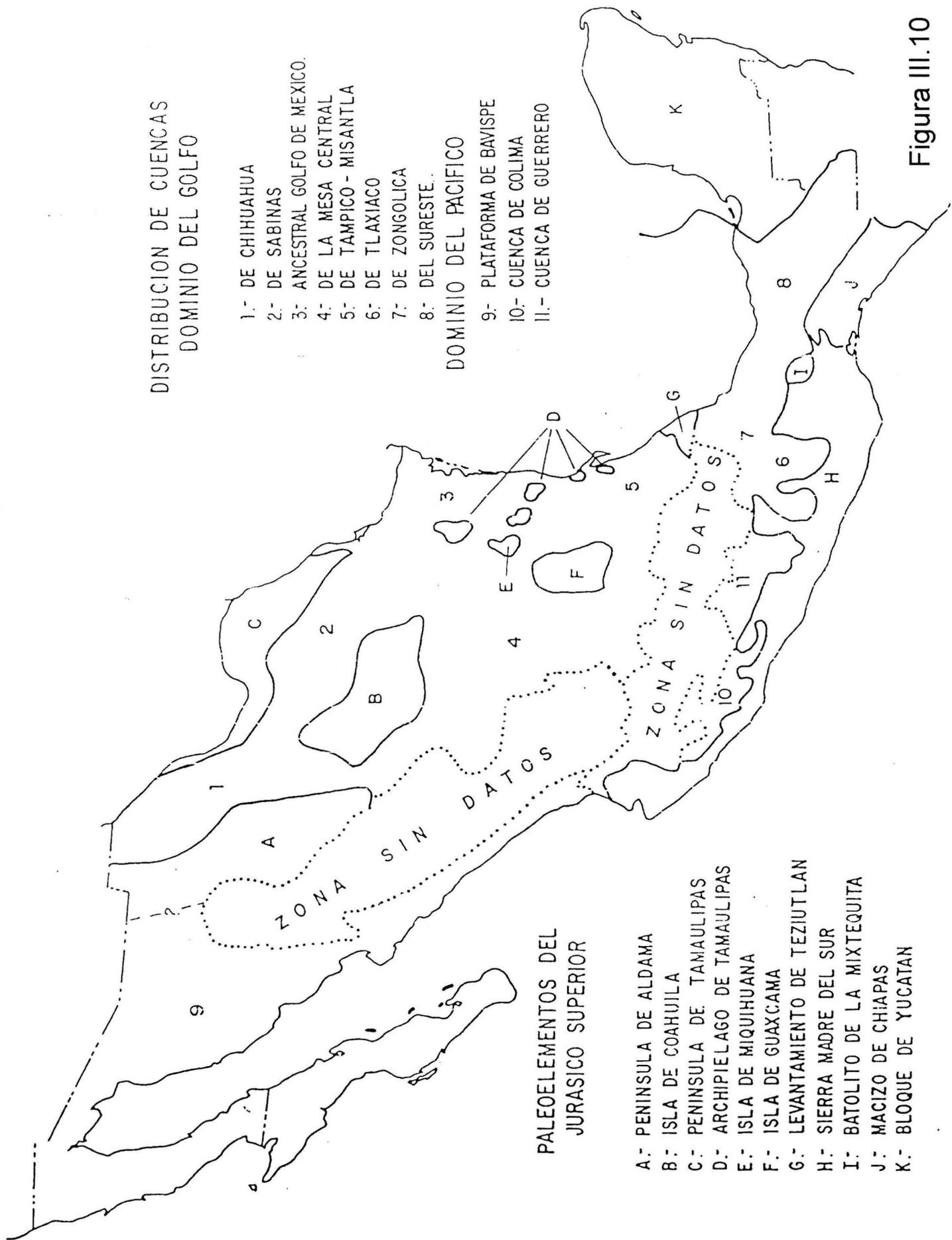
MODIFICADO DE CONEY, 1983

DISTRIBUCION DE CUENCAS  
DOMINIO DEL GOLFO

- 1.- DE CHIHUAHUA
- 2.- DE SABINAS
- 3.- ANCESTRAL GOLFO DE MEXICO.
- 4.- DE LA MESA CENTRAL
- 5.- DE TAMPICO - MISANTLA
- 6.- DE TLAXIACO
- 7.- DE ZONGOLICA
- 8.- DEL SURESTE.

DOMINIO DEL PACIFICO

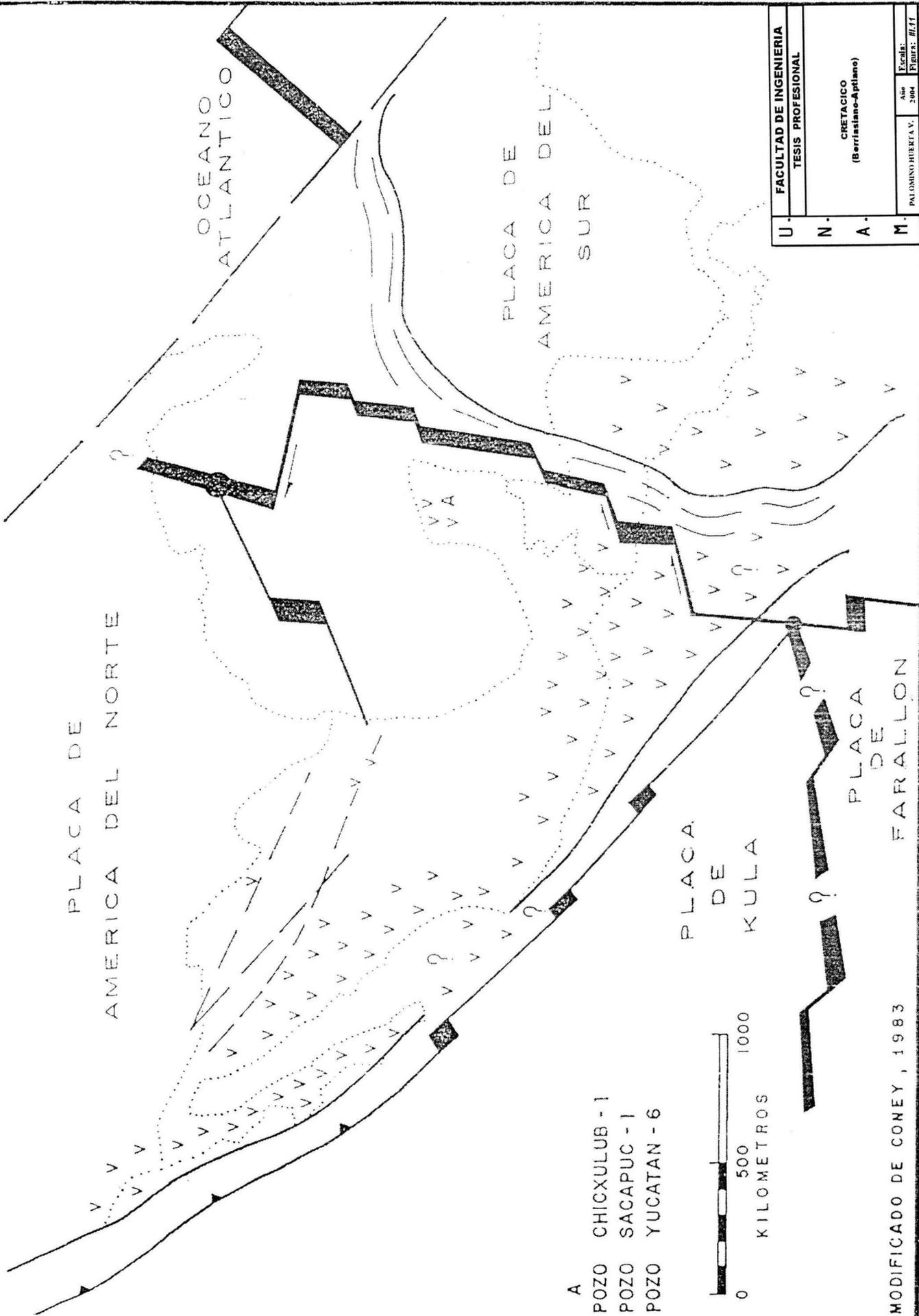
- 9.- PLATAFORMA DE BAVISPE
- 10.- CUENCA DE COLIMA
- 11.- CUENCA DE GUERRERO



PALEOELEMENTOS DEL  
JURASICO SUPERIOR

- A.- PENINSULA DE ALDAMA
- B.- ISLA DE COAHUILA
- C.- PENINSULA DE TAMAULIPAS
- D.- ARCHIPIELAGO DE TAMAULIPAS
- E.- ISLA DE MIQUIHUANA
- F.- ISLA DE GUAXCAMA
- G.- LEVANTAMIENTO DE TEZIUTLAN
- H.- SIERRA MADRE DEL SUR
- I.- BATOLITO DE LA MIXTEQUITA
- J.- MACIZO DE CHIAPAS
- K.- BLOQUE DE YUCATAN

Figura III.10



|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| U. N. A. M.                       |              |
| FACULTAD DE INGENIERIA            |              |
| TESIS PROFESIONAL                 |              |
| CRETACICO<br>(Berrisiano-Aptiano) |              |
| Auto:                             | Figura: #/11 |
| PALOMINO HERRERA V.               | 2004         |

MODIFICADO DE CONEY, 1983

*Posiblemente a fines del Cretácico y principios del Terciario, ocurrió un levantamiento general del área provocado por la orogenia Laramide, la cual produjo esfuerzos compresionales con orientación NE-SW, que causaron intensos plegamientos, fallamiento inverso y normal, en las rocas jurásicas y cretácicas (fig.III.13).*

*Durante el Eoceno y como resultado de estas deformaciones se depositó el conglomerado El Morro, compuesto por clastos de las formaciones preexistentes (fig.III.15 ).*

*A finales del Eoceno y principios del Oligoceno, se emplaza una serie de stocks, diques y sills en las zonas de debilidad estructural originadas durante la orogenia Laramide que provocan una serie de levantamientos dómicos y fallamiento normal (fig.III.16).*

*En las postrimerías del Oligoceno se inicia una serie de emanaciones ígneas que continúan hasta finales del Mioceno (fig.III.17).*

*Finalmente, en el cuaternario se tienen depósitos aluviales y residuales (fig.III.18).*

PLACA DE AMERICA DEL NORTE

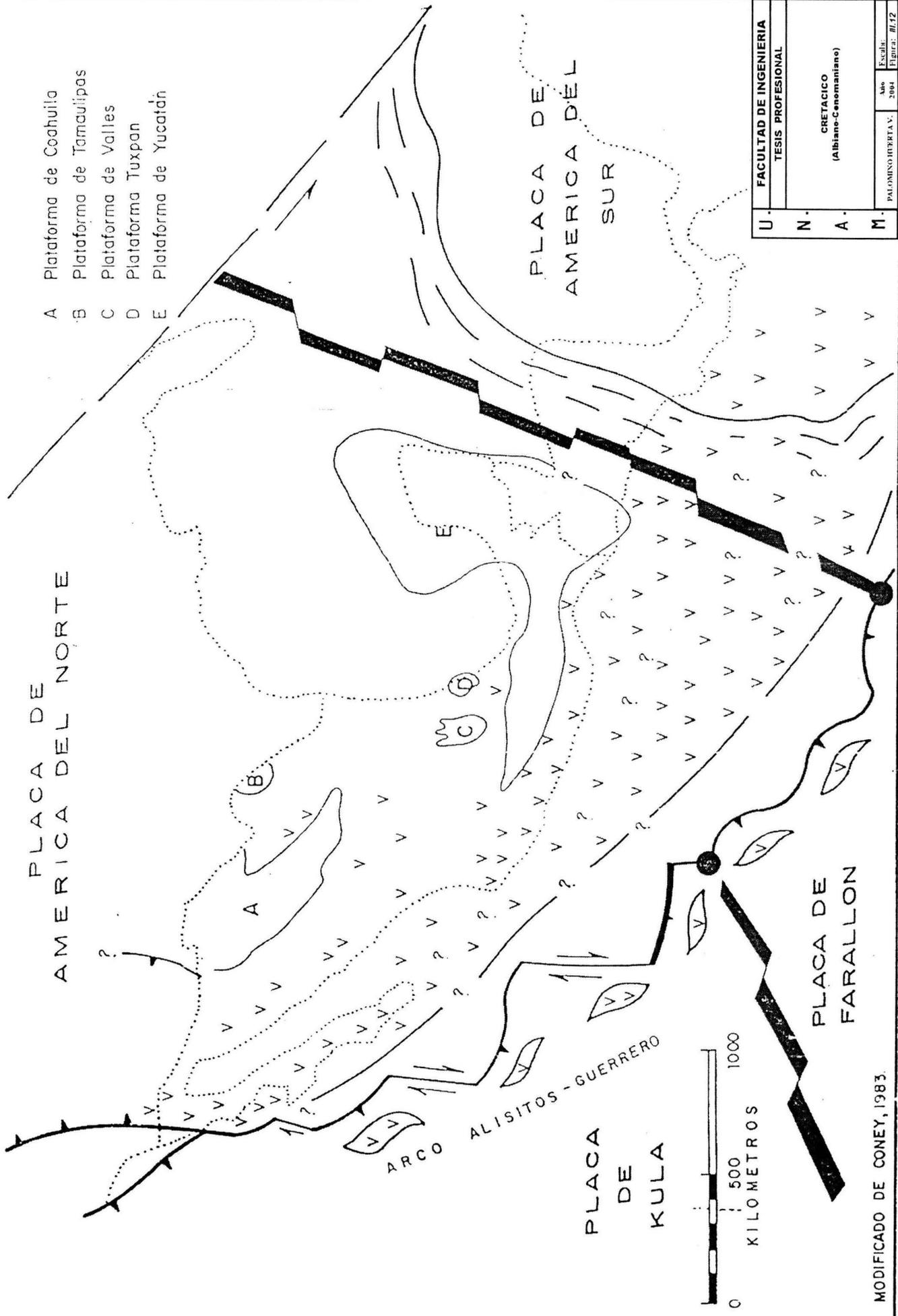
PLACA DE AMERICA DEL SUR

PLACA DE FARALLON

PLACA DE KULA

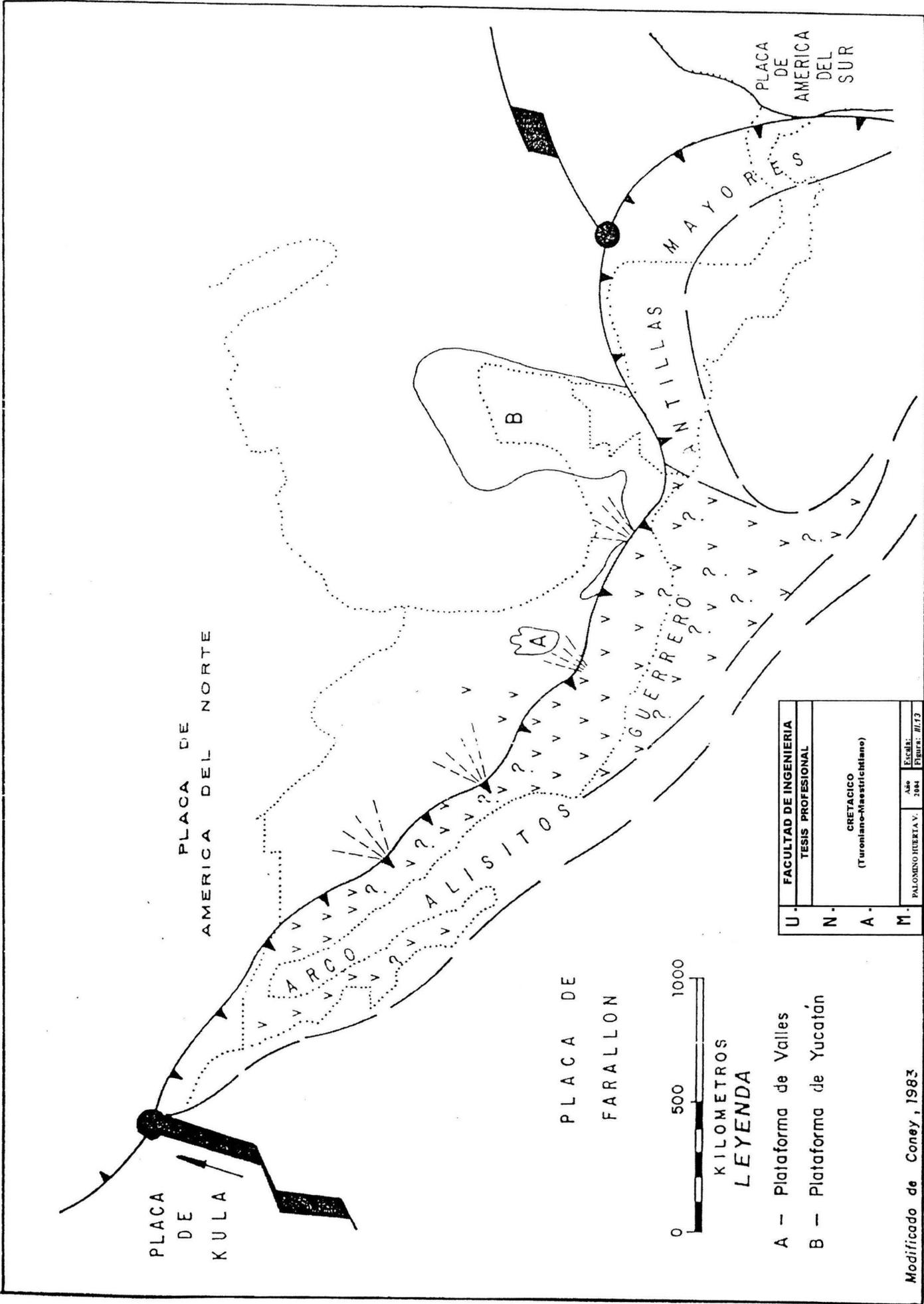
ARCO ALISITOS - GUERRERO

- A Plataforma de Coahuila
- B Plataforma de Tamaulipas
- C Plataforma de Valles
- D Plataforma Tuxpan
- E Plataforma de Yucatán



|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| U. N. A. M.                        |         |
| FACULTAD DE INGENIERIA             |         |
| TESIS PROFESIONAL                  |         |
| CRETACICO<br>(Albiano-Cenomaniano) |         |
| Año                                | Escrit. |
| PALOMINO HUERTA V.                 | 2004    |
| Figura: III.12                     |         |

MODIFICADO DE CONEY, 1983.



|    |   |
|----|---|
| U. | FACULTAD DE INGENIERIA                  |
| N. | TESIS PROFESIONAL                       |
| A. | CRETACICO<br>(Turoniano-Maestrichtiano) |
| M. | PALOMINO HUERTAS, S.A.                  |
|    | Escal. 1:100,000                        |
|    | Figura #113                             |

- A - Plataforma de Valles
- B - Plataforma de Yucatán

Modificado de Coney, 1983

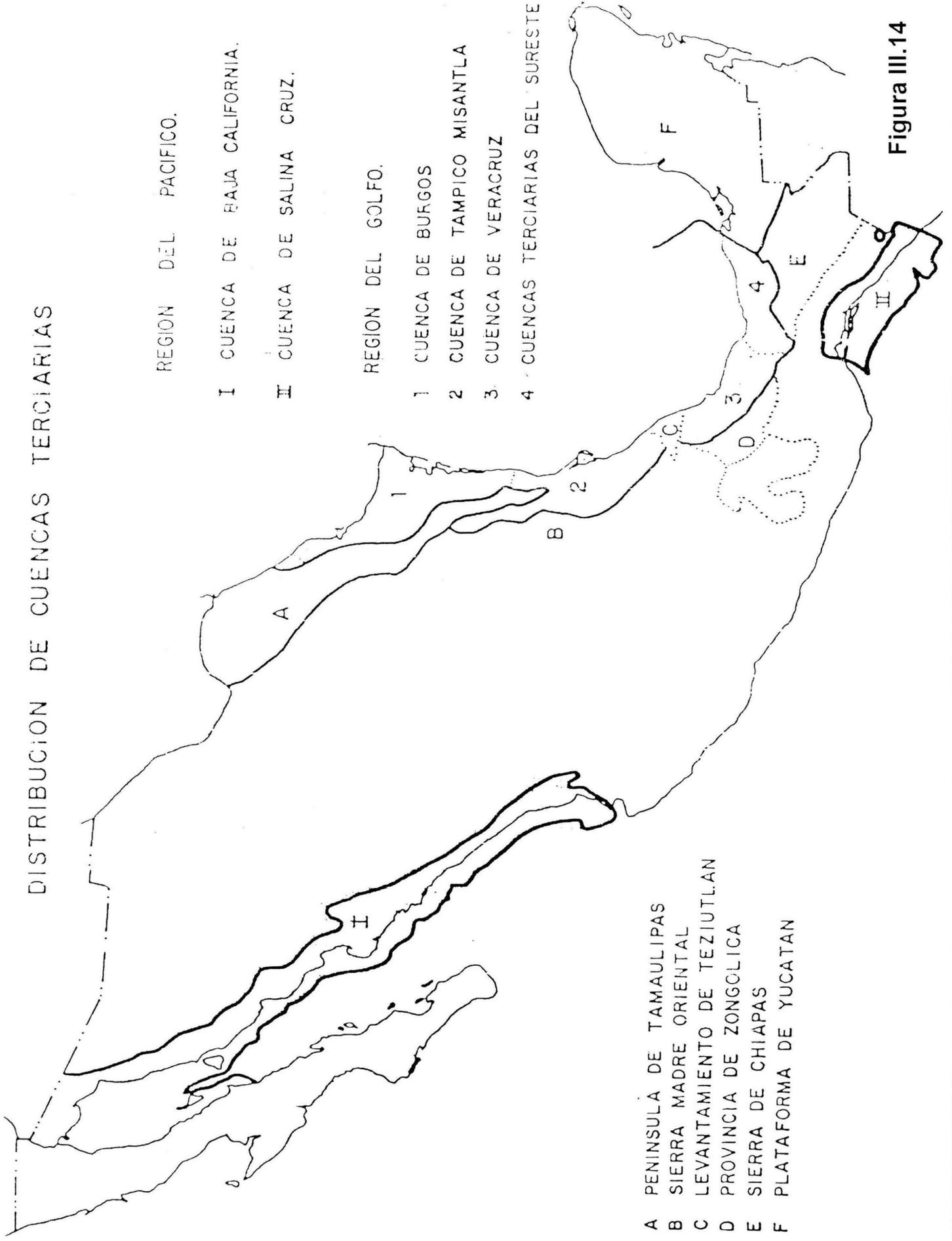
# DISTRIBUCION DE CUENCAS TERCIARIAS

## REGION DEL PACIFICO.

- I CUENCA DE BAJA CALIFORNIA.
- II CUENCA DE SALINA CRUZ.

## REGION DEL GOLFO.

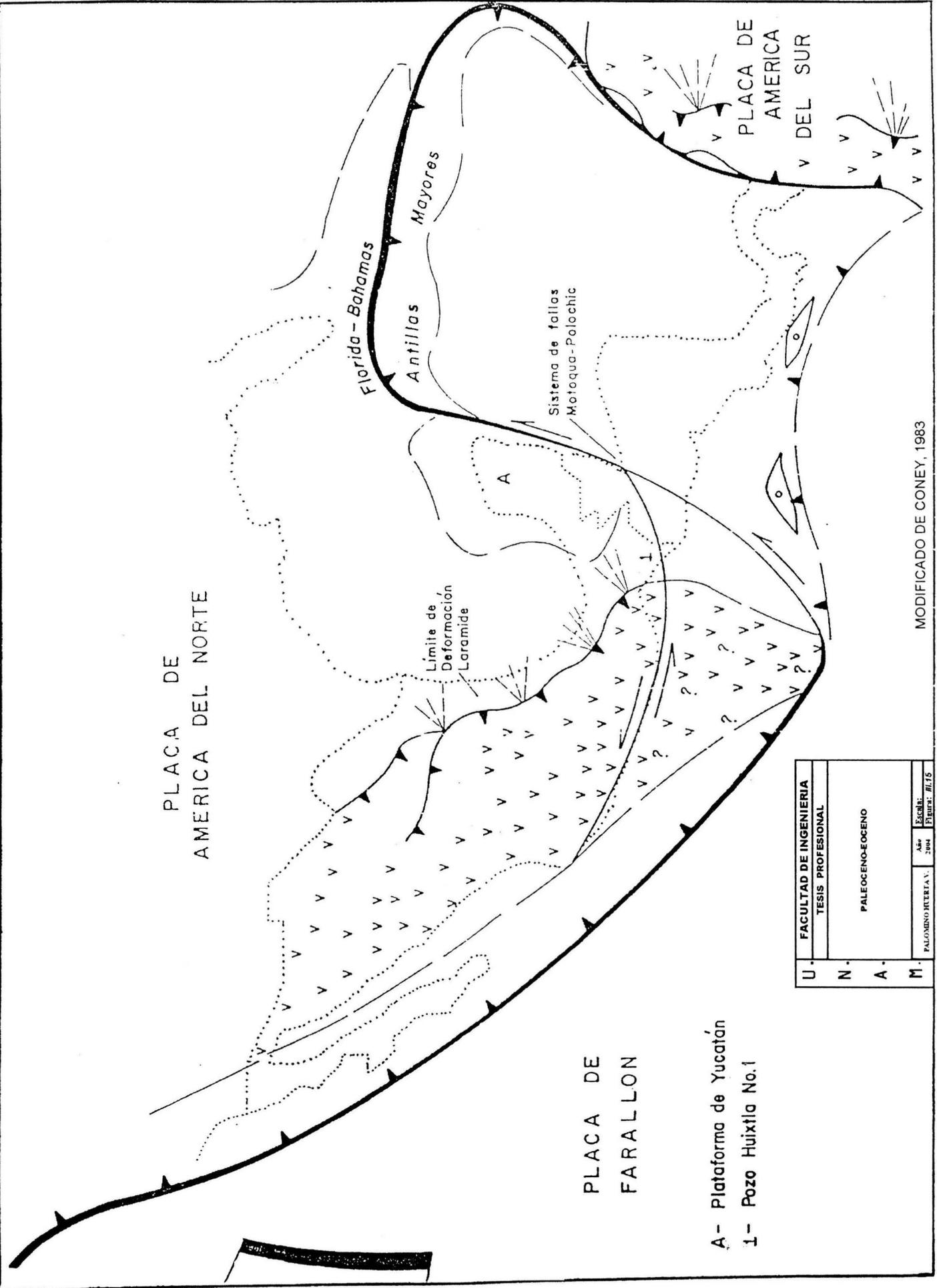
- 1 CUENCA DE BURGOS
- 2 CUENCA DE TAMPICO MISANTLA
- 3 CUENCA DE VERACRUZ
- 4 CUENCAS TERCIARIAS DEL SURESTE



- A PENINSULA DE TAMAULIPAS
- B SIERRA MADRE ORIENTAL
- C LEVANTAMIENTO DE TEZIUTLAN
- D PROVINCIA DE ZONGOLICA
- E SIERRA DE CHIAPAS
- F PLATAFORMA DE YUCATAN

Figura III.14

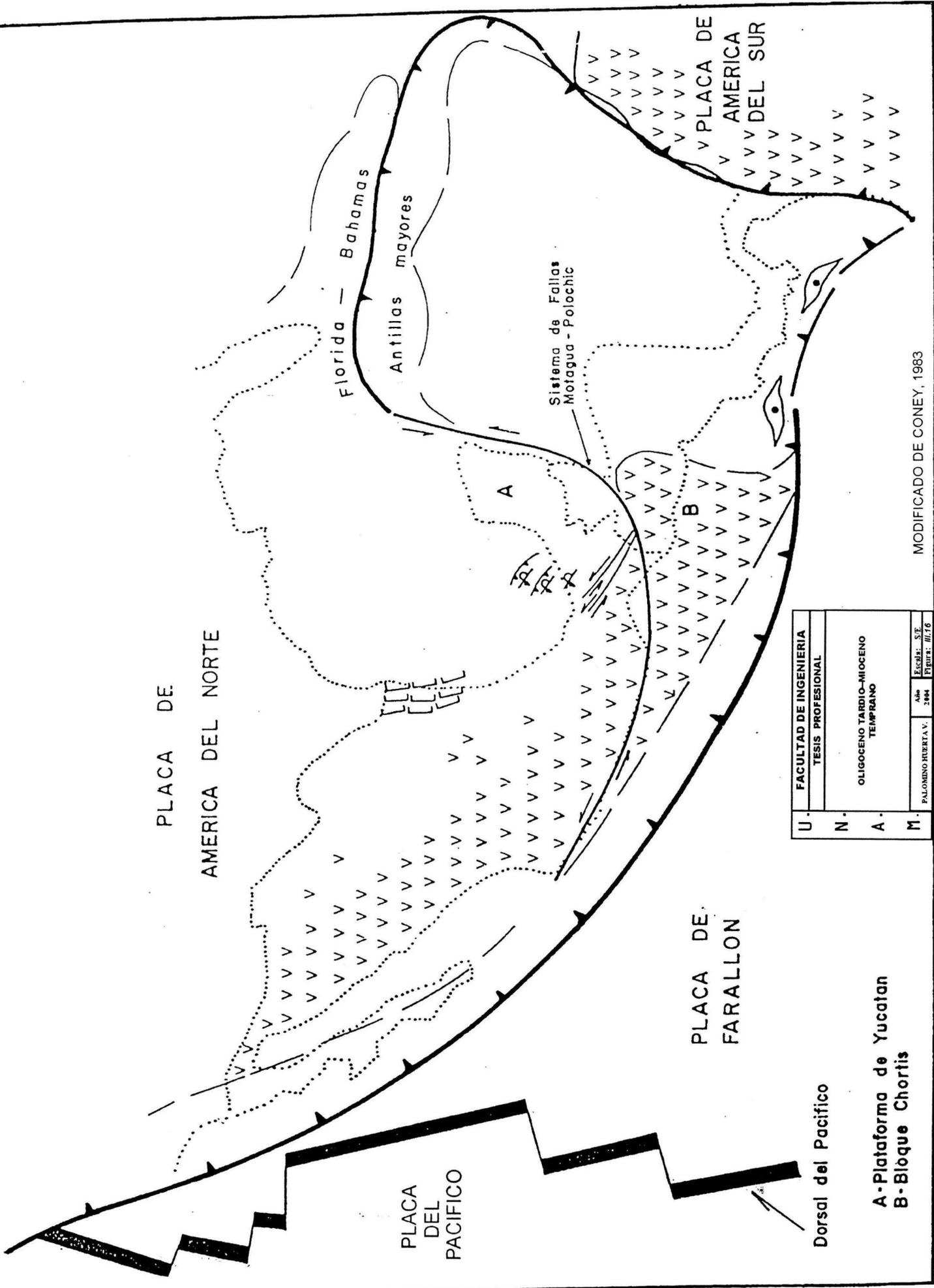
PLACA DE AMERICA DEL NORTE



PLACA DE FARALLON

A- Plataforma de Yucatán  
1- Pozo Huixtla No.1

|   |   |
|---|---|
| U | FACULTAD DE INGENIERIA                  |
| N | TESIS PROFESIONAL                       |
| A | PALEOCENO-EOCENO                        |
| M |   |
|   | PALOMENQUETE, V. AÑO 2004. ESCALA: 1:15 |



PLACA DE AMERICA DEL NORTE

PLACA DE FARALLON

PLACA DEL PACIFICO

PLACA DE AMERICA DEL SUR

Florida - Bahamas  
Antillas mayores

Sistema de Fallas Motagua - Polochic

Dorsal del Pacifico

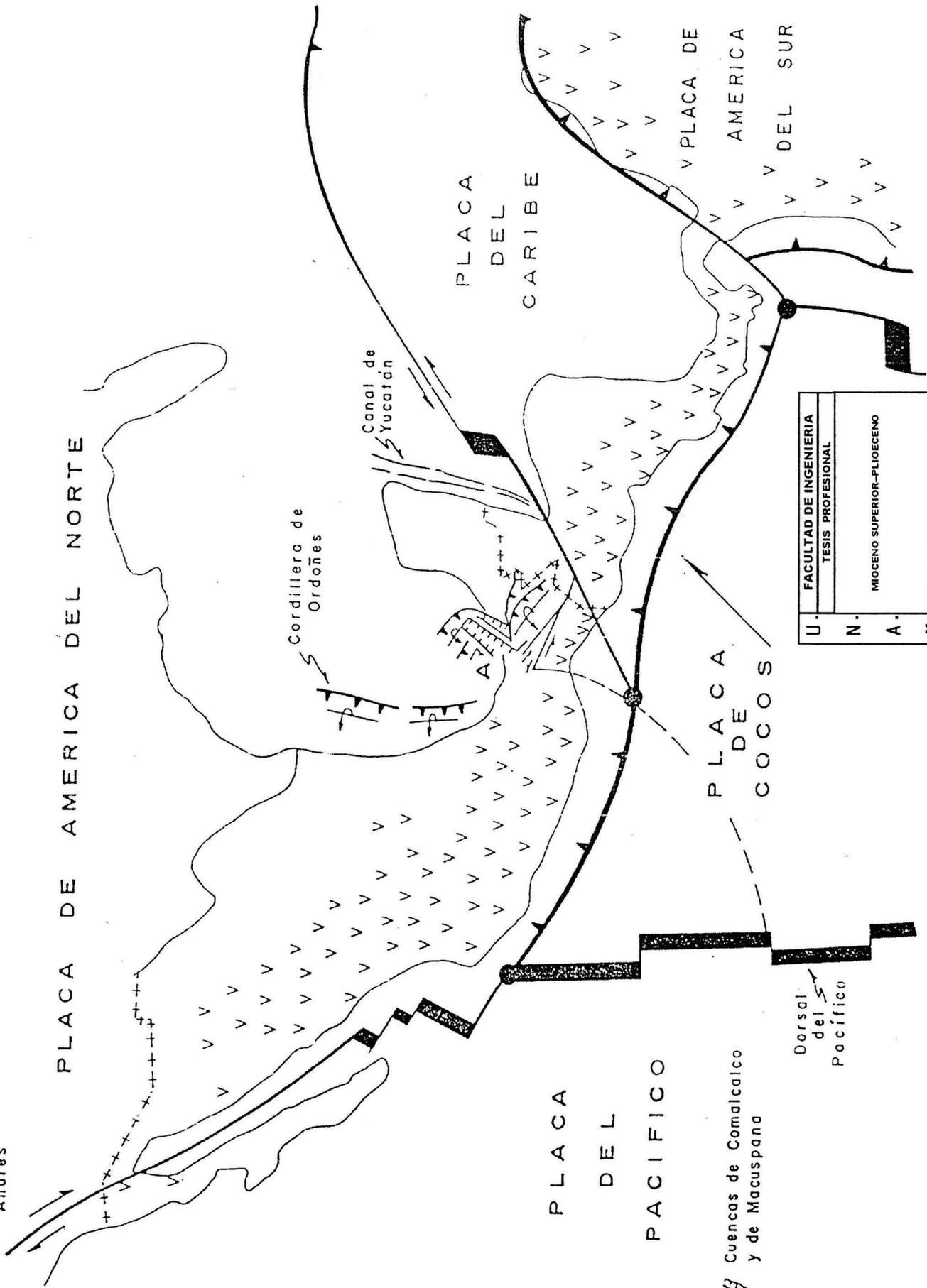
A - Plataforma de Yucatan  
B - Bloque Chortis

|    |   |
|----|---|
| U. | FACULTAD DE INGENIERIA                    |
| N. | TESIS PROFESIONAL                         |
| A. | OLIGOCENO TARDIO-MIOCENO TEMPRANO         |
| M. | PALOMINO HUERTA V. Año 2004. FOLIO # 1/16 |

MODIFICADO DE CONEY, 1983

Foja de San  
Andrés

PLACA DE AMERICA DEL NORTE



|    |                        |                           |                |
|----|------------------------|---------------------------|----------------|
| U. | FACULTAD DE INGENIERIA | Año                       | Escala: S/F    |
| N. | TESIS PROFESIONAL      | Año                       | Figura: III.17 |
| A. |                        | 2004                      |                |
| M. |                        |                           |                |
|    |                        | PALOMINO HUERTA V.        |                |
|    |                        | MIOCENO SUPERIOR-PLIOCENO |                |

A Cuencas de Comalcalco  
y de Macuspana

Dorsal  
del  
Pacífico



### III.4 Geología estructural

Las estructuras geológicas de la región de acuerdo con Carrillo y Sutter (1982), son las siguientes:

La principal estructura de la región es el anticlinal San Nicolás, que forma parte de la sierra de Querétaro en su parte central y cuyo rumbo general es NW-SE. Existen además una serie de grupos estructurales menores constituidos por cuerpos intrusivos que afloran en esta zona. El principal de éstos es el intrusivo La Negra, que adquiere la forma de un stock y los demás formados por diques, todos ellos provenientes de algún batolito emplazado a profundidad. Estos diques tienen un rumbo que concuerda con el de las estructuras sedimentarias y que tal vez sean las causantes de la alineación de los depósitos minerales resultantes (fig.III.3).

La región se caracteriza por presentar grandes anticlinales, sinclinales, fallamiento inverso con grandes cabalgaduras asociadas y fallamiento normal, que se formaron durante la orogenia Laramide (Cretácico Superior-Terciario). Todas estas estructuras están orientadas con un rumbo NW-SE.

El estilo de deformación está controlado principalmente por la litología y el espesor litológico.

Las formaciones Las Trancas y El Doctor (miembros: La Negra, San Joaquín, Socavón y Cerro Ladrón), son de alta competencia estructural, dado que respondieron a los esfuerzos compresionales con pliegues paralelos. La Formación Soyatal Mezcala es mecánicamente incompetente y origina grandes cabalgaduras. La geología regional así como las principales estructuras que se encuentran cercanas o dentro del distrito son: (fig.III.3).

#### Cabalgadura de El Doctor.

Esta estructura involucra al miembro Cerro Ladrón de la Formación El Doctor (Wilson, et al. 1954), que cabalga sobre las lutitas de la Formación Soyatal Mezcala. Tiene una longitud de 12 kilómetros, con rumbo NW y echado al SW 24°, con un traslape de 3 kilómetros, que se presenta en forma de escarpe y disminuye al contacto entre las dos formaciones en la sierra de El Doctor (fig.III.3).

### *Sinclinal de Maconí.*

*Estructura poco apreciable por perder su flanco occidental por efecto de la cabalgadura de El Doctor (fig.III.3).*

### *Anticlinorio El Piñón.*

*Tiene rumbo NW, una anchura de 11 kilómetros y se localiza desde la mina "La Negra", hasta el rancho Las Moras.*

*La geometría del anticlinorio es asimétrica, el flanco suroccidental tiene un buzamiento de 30° al SW, mientras que el flanco nororiental presenta una inclinación de aproximadamente 8° al NE. Cuenta con pliegues de segundo orden de hasta 800 metros en el flanco suroccidental y 200 metros en el techo y flanco nororiental (Suter, 1987).*

*Sobre éste se encuentran alineados una serie de intrusivos de composición intermedia que van desde el distrito minero de Zimapán, Hidalgo, hasta el distrito minero de Santo Entierro, Querétaro, colindando ambos con el distrito minero de Maconí y su longitud es de 17 kilómetros (fig.III.3).*

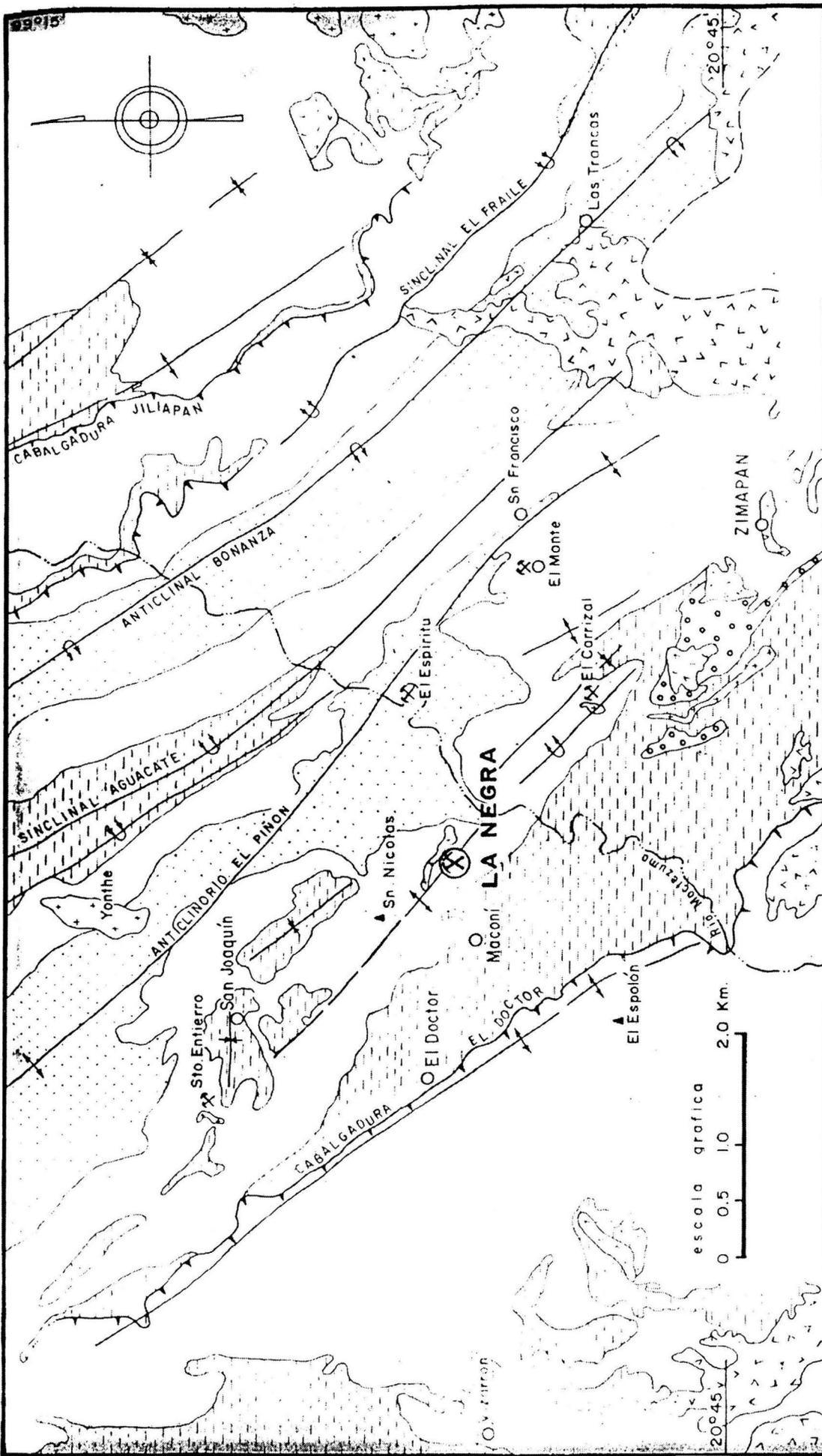
### *Fallamiento Normal.*

*En la región existen varios sistemas de fallamiento y fracturamiento, el principal tiene un rumbo NW-SE, al igual que el resto de las estructuras regionales. Este sistema es el más antiguo y debió de haber funcionado como guía para las intrusiones antes mencionadas.*

*El segundo sistema en importancia es de rumbo NE-SW, de menores dimensiones y más reciente que el anterior ya que lo intersecta y desplaza. Éste debe haberse originado por efecto de los intrusivos.*

*Existen además fallamientos radiales provocados por levantamientos dómicos como es el caso del área La Yegua, así como fallamiento en bloque que produce una topografía escalonada.*

*Durante los eventos mineralizantes o un poco anterior a ellos, es posible que hayan transcurrido fenómenos de plegamientos provocados por una intrusión diorítica en el área de "La Negra" a los cuales se relaciona la mineralización. El echado de los cuerpos minerales conocidos es muy similar al de las calizas; cualquier cambio observado en el echado de estas calizas es observado también en los cuerpos mineralizados.*



**U N A M**

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**TESIS PROFESIONAL**

**GEOLOGIA ESTRUCTURAL DE LA REGION**

PALOMINO HUERTAV.      Año 2004      Escala: 1:50000      Figura: III.3

| EXPLICACION |                                  | SIMBOLOGIA |                         |
|-------------|----------------------------------|------------|-------------------------|
|             | FV EL DOCTOR (CALIZAS)           |            | ANTICLINORIO            |
|             | FM SOYATAL (LUTITAS Y LIMOLITAS) |            | ANTICLINORIO RECUMBENTE |
|             | FM LAS TRANCAS                   |            | SINCLINORIO             |
|             | ROCAS VOLCANICAS                 |            | SINCLINORIO RECUMBENTE  |
|             | INTRUSIVOS DIORITICOS            |            | CABALGADURA             |
|             | FM EL MOPRE                      |            | RIO                     |
|             |                                  |            | CERRO                   |
|             |                                  |            | POBLADO                 |
|             |                                  |            | MINA                    |

TOMADO DE: CARRILLO Y SUTER 1982

*El rumbo general del depósito mineral es de N15°W, con echado de 60° al SW, en concordancia con las capas de caliza.*

*El área de la mina "La Negra" se encuentra en el flanco SW del anticlinorio El Piñón, que tiene un rumbo NW-SE al igual que el resto de las estructuras de carácter regional. Este anticlinorio tiene una anchura de 11 kilómetros y cuenta con pliegues secundarios de hasta 800 metros en el flanco SW y de 200 metros en el techo y flanco NE.*

*En el área, el plegamiento sigue el mismo patrón regional y únicamente donde se tiene la presencia de intrusivos y en zonas de falla, el patrón de deformación se encuentra cambiado.*

*Según la litología de la formación afectada se observan variaciones en cuanto al grado de plegamiento y fracturamiento. Dentro de la Formación El Doctor, los miembros La Negra y San Joaquín presentan plegamiento más intenso que el miembro Socavón, debido esto probablemente a su mayor plasticidad, ya que la estratificación delgada así como los horizontes arcillosos intercalados dentro de estos miembros, debieron proporcionarles una mayor resistencia a los esfuerzos compresivos ocurridos durante la orogenia Laramide, respondieron ante éstos con plegamiento paralelo.*

*Dentro de las zonas de skarn se encuentran zonas con numerosos pliegues, los cuales deben de corresponder a las calizas y que lograron preservarse a pesar de los efectos causados por las intrusiones y el metasomatismo. Las magnitudes de los pliegues observables en el área van desde centímetros hasta los 20 metros.*

*Dos grandes sistemas de fallamiento y fracturamiento están presentes en el área, el de mayor importancia por sus alcances regionales tiene un rumbo de NW 40°- 60° SE y el otro de menores dimensiones y rumbo de NE 35°- 50° SW, este sistema intersecta y disloca al primero.*

*Todos los intrusivos presentes en el área guardan una marcada relación con estos sistemas de fallamiento-fracturamiento. Como se había mencionado anteriormente, los intrusivos que afloran desde Zimapán, Hgo. hasta Santo Entierro, tienen un rumbo similar al del primer sistema de fallamiento, mientras que la relación de los intrusivos con el segundo sistema de fallamiento-fracturamiento, está dada por la morfología de los stocks, ya que su eje de mayor elongación tiene un rumbo NE-SW.*

*Dentro del dique Maravillas es posible observar una angosta pero continua zona de fractura, brechada y conservada lo que pudiera indicar que la*

actividad de estas fallas debió de continuar tiempo después de la última etapa de intrusión.

A nivel regional, el área del distrito minero "La Negra" está caracterizada por una anomalía geomorfológica de tipo circular. Esto puede deberse a un efecto estructural causado por la presencia de intrusivos de forma de apófisis, diques y cuerpos irregulares, típicos de una zona de activación magmática (fig.III.4).

Los intrusivos que metamorfizaron las calizas del miembro La Negra de la Formación El Doctor, desarrollan una zona bien definida de skarn de grossularita-andradita y crearon al mismo tiempo los canales estructurales favorables para ser posteriormente mineralizados.

### *Diques*

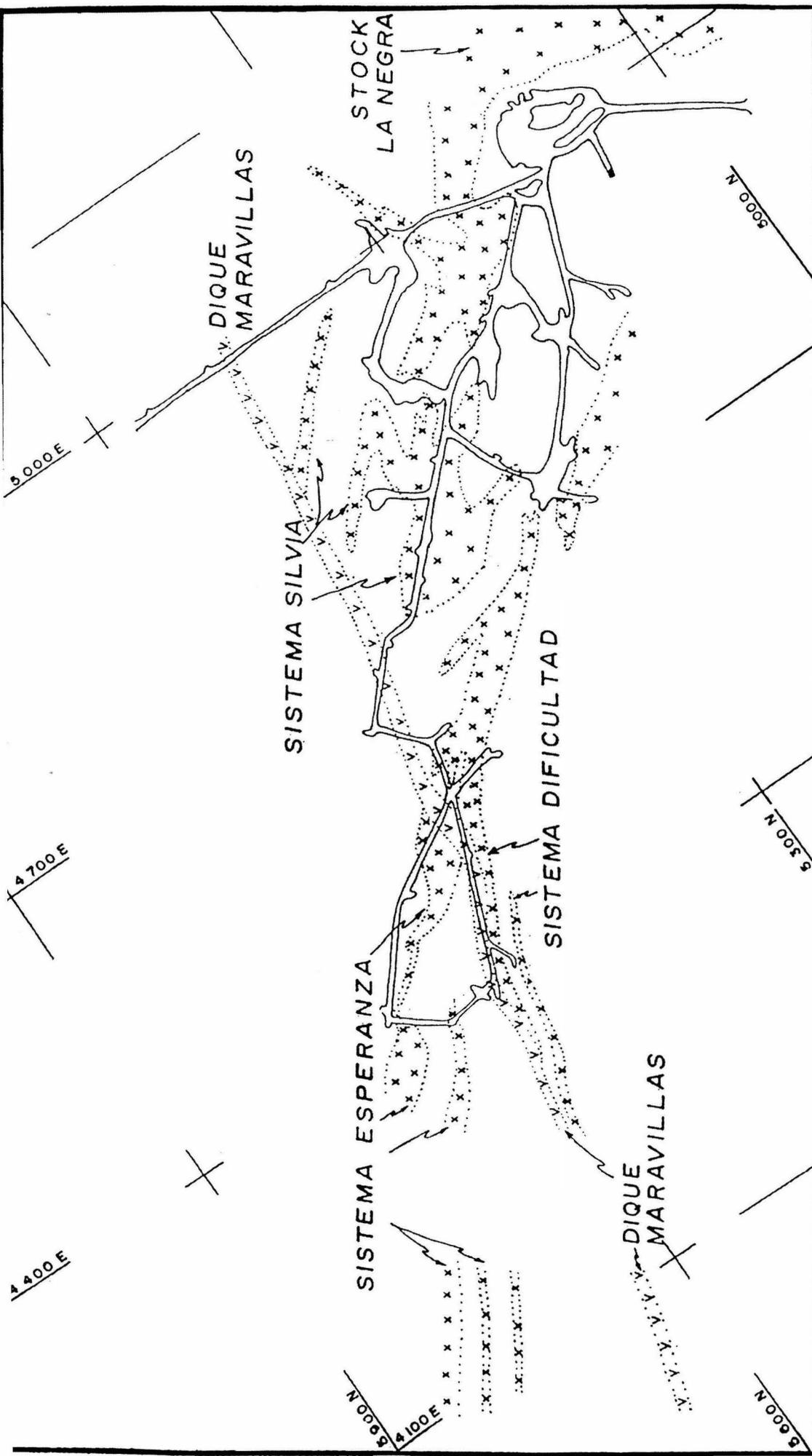
En cuanto a la morfología de los diques en el área, puede separarse en tres zonas: (fig.III.4).

*Zona oriental.-* Caracterizada por contar con innumerables diques y sills con intercalaciones angostas e irregulares de skarn con mineralogía variable, estos diques en su mayoría tienen un rumbo que va de N15°W, pero se encuentran tan cercanos unos de otros que en ocasiones llegan a ponerse en contacto para más adelante separarse nuevamente lo que da la apariencia de ser pequeños ramales; este comportamiento errático en superficie se aclara a profundidad ya que en esta zona, se cuenta con información de interior de mina donde puede apreciarse que este enjambre de diques que se desprenden del stock de La Negra, tiende a agruparse a medida que se alejan hacia el NW donde forma tres sistemas de diques con rumbos casi paralelos y conocidos como: La Dificultad, Esperanza y Silvia, ubicados en las porciones sur, centro y norte, respectivamente (fig.III.4).

*Zona central.-* Se distingue por la clara definición en superficie o en interior de mina de los tres sistemas anteriores; las características de estos son:

### *Sistema Dificultad*

Se encuentra ubicado al alto del dique Maravillas, tiene su origen a partir de un desprendimiento de uno de los principales diques llamado Esperanza. Toma su nombre, del cuerpo mineral Esperanza, ubicado en la zona de desprendimiento, al alto de éste.



### EXPLICACION

-  INTRUSIVO APLITICO
-  INTRUSIVOS COMPOSICION INTERMEDIA
-  OBRA MINERA

ESCALA GRAFICA:



Tomado de: depto. Geología  
Unidad L. Negra

FACULTAD DE INGENIERIA  
TESIS PROFESIONAL

U. N. A. M.

DISTRIBUCIÓN DE INTRUSIVOS

PALOMINO HUERTA V.  
Año 2004  
Escala: 1:5000  
Figura: III.4

*Este sistema posee en sus inicios un rumbo de N71°W, comienza a flexionarse suavemente hacia el oeste hasta tomar un rumbo de N80°W, el echado hacia el SW con 70° presenta escasas variaciones.*

*El sistema es conocido únicamente en interior de mina, ya que no llega a aflorar. Las dimensiones conocidas por obra directa o con barrenación son de aproximadamente 210 metros en la horizontal a rumbo y 300 metros en la vertical. Está compuesto en su inicio por un dique de aproximadamente 20 metros de espesor, mismo que al avanzar hacia el NW se angosta y ramalea en diques menores de 10 metros, algunos de estos desprendimientos son cortados por el dique Maravillas, del cual se encuentra separado por una angosta zona de skarn menor a 2 metros, constituida de wollastonita y granate, que en ocasiones están en contacto; al alto de este sistema se encuentra una zona de skarn de granate, wollastonita y spurrita de 25 a 30 metros de espesor, en las zonas donde el granate predomina existen pequeños cuerpos de sulfuros como La Dificultad y Santa Virginia (fig.III.5).*

#### *Sistema Esperanza*

*Los intrusivos pertenecientes a este sistema se encuentran en una franja de 160 metros de ancho por 650 metros de largo, ubicada en la parte media de la zona central. La mayoría de los diques y sills que lo componen tienen su origen en un desprendimiento del stock de La Negra, al bajo de este desprendimiento se encuentra el cuerpo mineral Esperanza, del cual toma su nombre. El espesor de este dique es de 35 metros en sus orígenes, hasta 100 metros en la parte media y a medida que se aleja del stock hacia el NW, a rumbo tiende a ramalearse en diques menores hasta de 30 metros de espesor (fig.III.6).*

*Dentro de esta franja o sistema, se encuentran otros diques con variaciones mineralógicas y texturales diferentes a los mencionados anteriormente; estos diques son angostos, menores de 10 metros, escasos y los afloramientos se encuentran aislados. El rumbo varía desde N45°W en su nacimiento hasta un N75°-80°W en su terminación, la cual ocurre cercana a una zona de falla de rumbo N15°E ubicada a 150 metros del contacto con el stock de La Valenciana.*

*El echado de los diques al igual que en el sistema anterior es de 70° al SW. El skarn generado tanto al alto como al bajo es de mineralogía muy variada; predomina el granate, al alto tiende a alcanzar hasta 90 metros de espesor mientras que el del bajo no es bien conocido pero se supone más angosto.*

2800 m.s.n.m.

SW

2700

2600

2500

2400

2300

LÍNEA DE REF.

NE

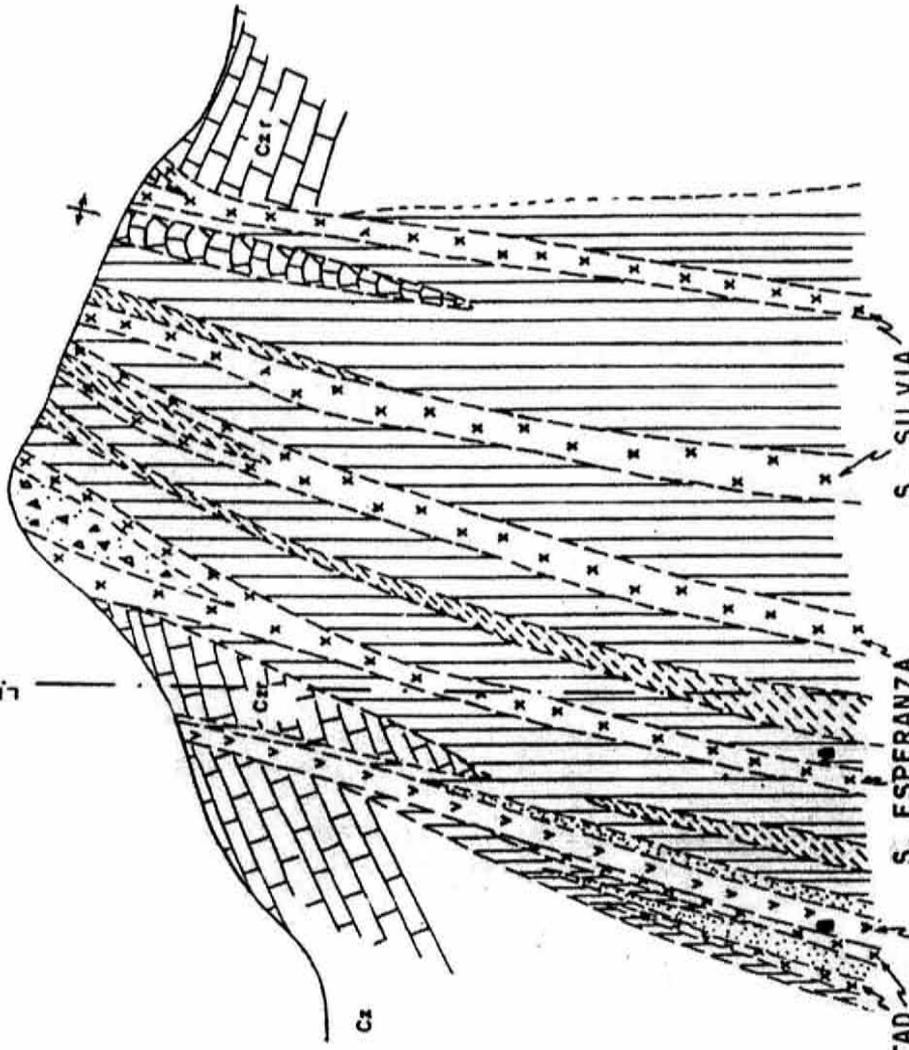
2700

2600

2500

2400

2300



S. DIFICULTAD  
 D. MARAVILLAS  
 S. ESPERANZA  
 S. SILVIA

ESCALA GRAFICA : 0 50 100 150 200

**EXPLICACION**

- INTRUSIVO FELSICO
- INTRUSIVO COMPOSICION INTERMEDIA
- SKARN DE GRANATE CON SULFUROS
- SKARN DE WOLLASTONITA
- SKARN DE SPURRITA
- CALIZ CON BANDAS DE SKARN DE Gt Y/O Wo
- CALIZ RECRISTALIZADA
- CALIZA ERES
- BRECHA
- OBRA MINERA
- ANTICLINAL

|    |   |                              |
|----|---|------------------------------|
| U. | FACULTAD DE INGENIERIA  |                              |
| N. | TESIS PROFESIONAL   |                              |
| A. | SECCION GEOLOGICA A-A'  |                              |
| M. | SISTEMAS DE DIQUES DE RUMBO NW (RUMBO N 40° E, VIENDO AL N50° W). |                              |
|    | PALOMINO HUERTA V.<br>Año 2004<br>Figura: II,5                    | Escala: 1:4000<br>Hoja: II,5 |

*En las zonas de granate se tienen cuerpos minerales como Esperanza, San Pedro, Santa Alejandra, etc.*

### *Sistema Silvia*

*Se localiza en la porción norte de la zona central, este sistema se origina al igual que el sistema Esperanza de un dique principal con aproximadamente 40 metros de espesor y que al avanzar hacia el NW se ramalea en diques más angostos.*

*Se conocen poco las dimensiones, el rumbo y profundidad de este sistema: ya que no se cuenta con desarrollo de obra, la barrenación se limita casi a sus orígenes y en superficie los afloramientos son escasos puesto que existe una gruesa capa de suelo vegetal, lo que hace difícil cuantificar con precisión las dimensiones, el espesor de los diques y zonas de skarn asociados a este sistema; sin embargo, con zanjeo realizado en esta zona se infiere que la longitud a rumbo del sistema es de aproximadamente 600 metros y el espesor del dique principal es de 25 a 30 metros, además de que se ha descubierto la presencia de diques con composiciones y texturas diferentes a la del dique mayor (fig.III.7).*

*Las zonas de skarn asociadas a este sistema están compuestas mineralógicamente por granate y en menor proporción por wollastonita el ancho promedio de éstas se estima en 35 metros.*

*Cercanos a su nacimiento, se encuentran algunos cuerpos minerales como lo son: Silvia (de donde adquiere el nombre), Patriota, etc.*

### *Zona occidental*

*En esta porción del área, aflora un pequeño stock de forma elipsoidal conocido como Valenciana, las dimensiones de éste son: en eje de mayor elongación 350 metros en dirección de N35°E y el eje menor de 140 metros aproximadamente, en dirección N47°W. Está limitado en la parte sur por el dique aplítico Maravillas y en el extremo NE por una falla de rumbo N15°E, mencionada anteriormente misma que parece limitar también al sistema Esperanza (fig.III.8).*

*Este stock posee algunas particularidades que lo diferencian del resto de los intrusivos que afloran en el distrito como son:*

*1.- Presenta un pequeño centro o núcleo poco alterado con dimensiones de 90 x 170 metros, en el cual se encuentra una brecha con fragmentos en su mayoría tabulares cementados por una matriz de feldespatos, plagioclasas y*

2800 m. s. n. m.

SW

2700

2600

2500

2400

2300

2800

NE

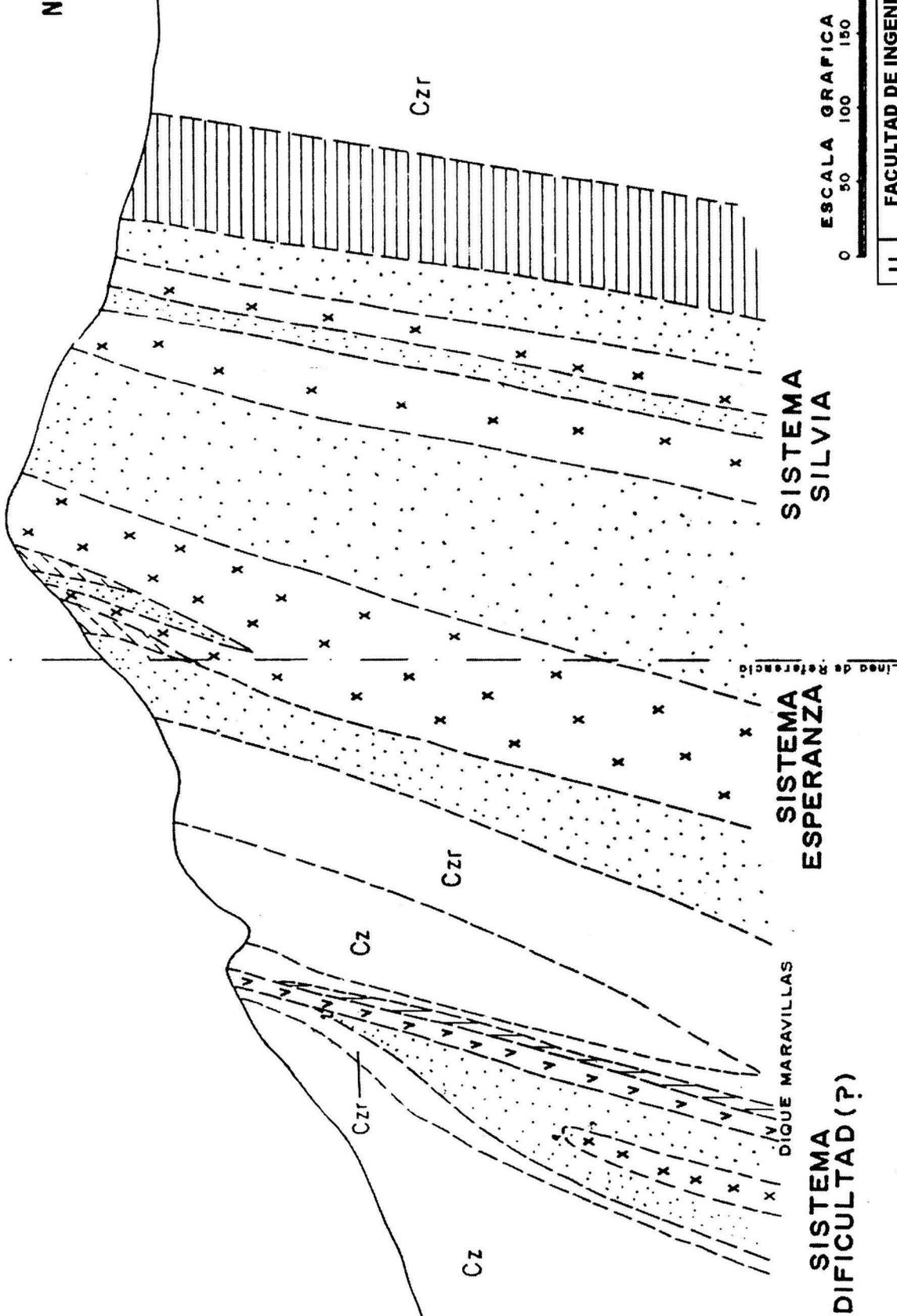
2700

2600

2500

2400

2300



ESCALA GRAFICA : 0 50 100 150 200 m

|  |                |
|--|----------------|
| FACULTAD DE INGENIERIA   |                |
| TESIS PROFESIONAL  |                |
| SECCION GEOLOGICA B-B'<br>SISTEMAS DE DIQUES DE RUMBO<br>NW (RUMBO N 40° E, VIENDO AL<br>N 60° W). |                |
| U. N. A. M.  | Escala: 1:4000 |
| PALOMINO HUERTA Y.   | Año 2004       |
|  | Figura: III.6  |

**E X P L I C A C I O N**

-  INTRUSIVO FELSICO
-  INTRUSIVO COMPOSICION INTERMEDIA
-  SKARN DE GRANATE
-  SKARN DE WOLLASTONITA
-  SKARN DE SPURRITA
-  CALIZA RECRISTALIZADA CON BANDAS DE SILICATOS
-  CALIZA RECRISTALIZADA
-  CALIZA FRESCA

2 800

NE

2 700

2 600

2 500

2 400

2 300

2 800

SW

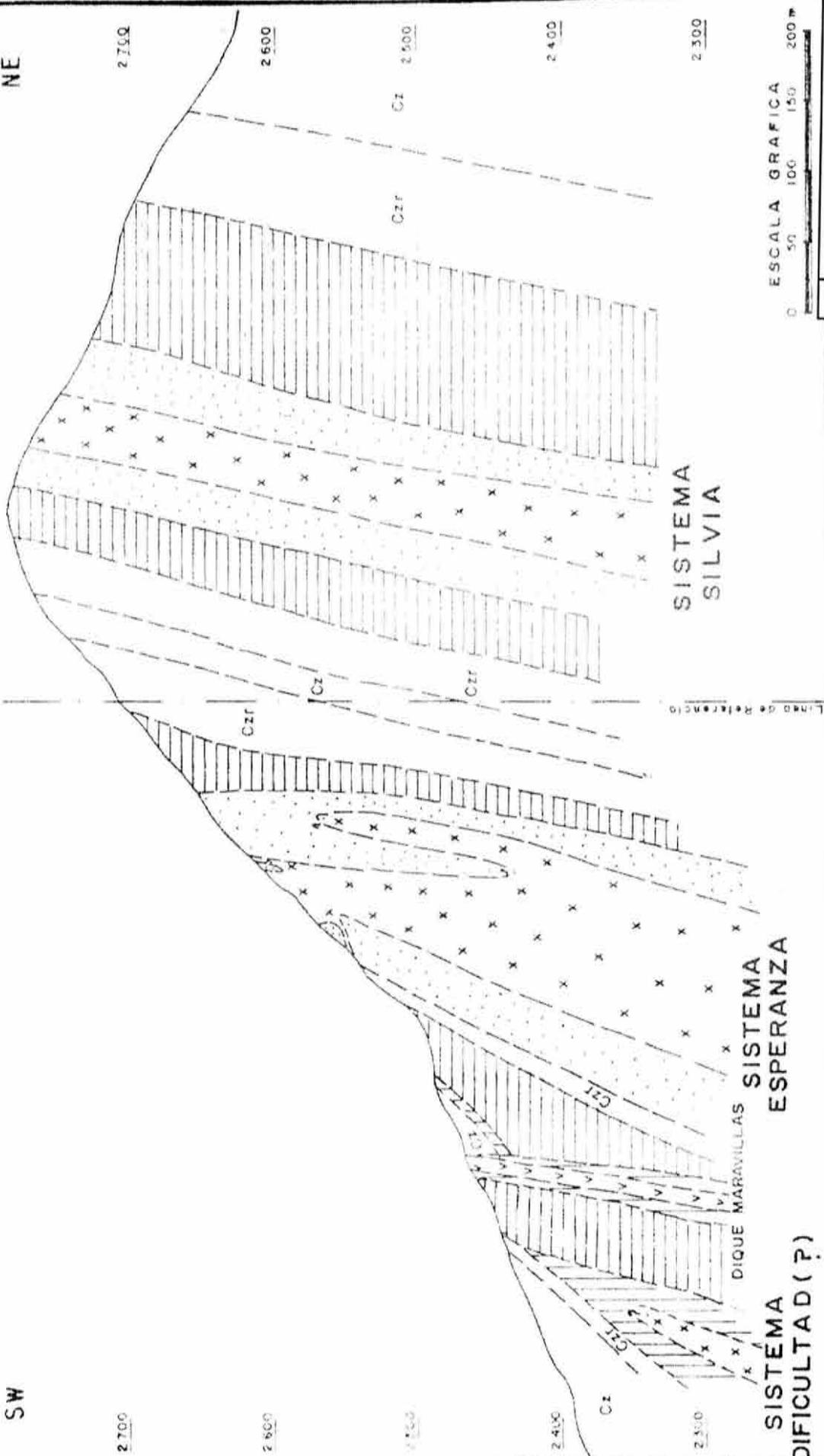
2 700

2 600

2 500

2 400

2 300



0 50 100 150 200 M  
 ESCALA GRAFICA

|    |   |
|----|---|
| U. | FACULTAD DE INGENIERIA  |
| N. | TESIS PROFESIONAL   |
| A. | SECCION GEOLOGICA C-C'  |
| M. | SISTEMAS DE DIQUES DE RUMBO<br>NW (RUMBO N 40° E, VIENDO AL<br>N50° W). |
|    | Escala: 1:4000  |
|    | Año: 2004   |
|    | Figura: M.7   |

**E X P L I C A C I O N**

- INTRUSIVO FELSICO
- INTRUSIVO COMPOSICION INTERMEDIA
- SKARN DE GRANATE
- SKARN DE WOLLASTONITA
- CALIZA RECRISTALIZADA O SILICIFICADA CON BANDAS DE SILICATOS (WJ-G/I)
- CALIZA RECRISTALIZADA
- CALIZA FRESCA

*cuarzo, originada probablemente por alguna etapa explosiva durante el emplazamiento del propio stock.*

*2.- Un amplio halo de endoskarn, mayor que cualquiera de los generados por el resto de los intrusivos.*

*3.- El exoskarn es de dimensiones reducidas comparado con el tamaño del stock. La mineralogía de éste es casi exclusivamente de wollastonita excepto en el extremo SE donde predomina el granate y algunas zonas angostas de spurrita.*

*4.- Los desprendimientos (diques) son escasos, angostos y de rumbo NE a diferencia del stock de La Negra que son de rumbo NW principalmente.*

*5.- Existe un pequeño cuerpo de mineral en su extremo SW pero parece guardar más relación con el dique aplítico que con el stock (fig.III.8).*

*Dique aplítico Maravillas.*

*Este dique fue considerado aparte de los antes mencionados debido a su continuidad y a sus marcadas diferencias petrológicas con respecto al resto de los intrusivos (fig.III.8) y es conocido desde el distrito minero de Zimapán (J.L.Medina, 1990). Se encuentra emplazado en una falla regional la cual cruza toda el área, en su porción sur.*

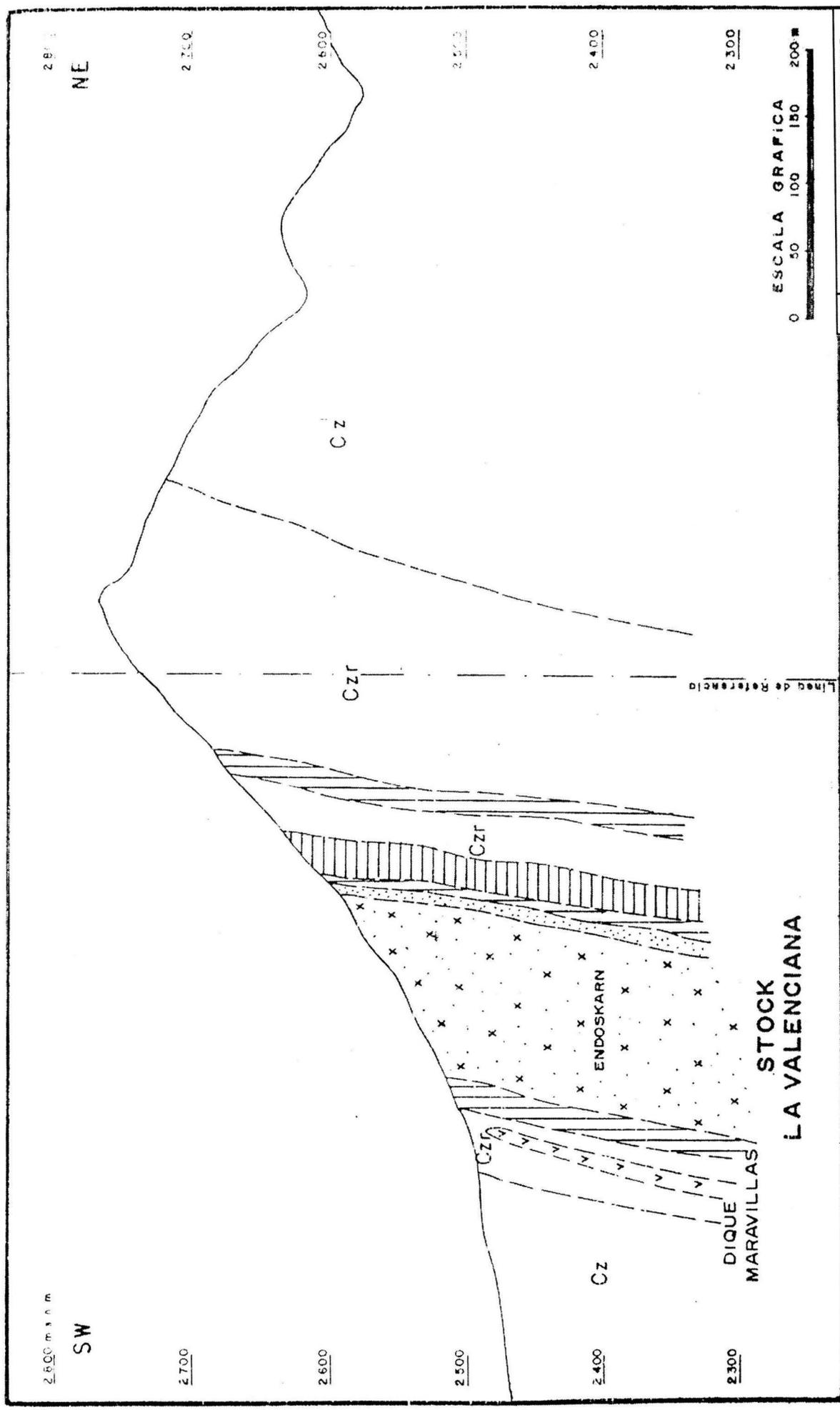
*Las dimensiones conocidas de este dique, en sentido horizontal son de varios kilómetros a rumbo y los espesores varían desde 1.00 metro hasta 20 metros; los afloramientos en el área son casi continuos a lo largo de 1,400 metros.*

*A nivel regional tiene un rumbo continuo hacia el N45°-50°W, pero presenta variaciones locales: entra al área por el oriente con una dirección de N80°W la cual conserva hasta la parte media, donde pierde continuidad de afloramientos. Aparece nuevamente algunos metros adelante pero con un rumbo de N45°W para luego desaparecer, resurge algunos metros al sur; conserva el último rumbo mencionado, hasta salir del área por su extremo suroccidental; se pierde a menos de 500 metros delante de este límite. El valor del buzamiento al igual que el rumbo es casi constante con un valor de 70° al SW y puede llegar a ser casi vertical, como se observa en el extremo SE.*

*El skarn asociado a este dique es angosto, menor a 2.00 metros, donde predomina la wollastonita y en menor proporción el granate, sin embargo, atraviesa zonas de skarn originadas por las intrusiones de composición*

*intermedia en las cuales parece ser que sirvió de control de algunos cuerpos de mineral, que funcionan como sello para la mineralización.*

*Este dique es el límite norte del sistema Dificultad y dado que existe entre estos dos un cierto paralelismo en cuanto a rumbo, sirve como guía al no aflorar este sistema (fig.III.8).*



|   |  |
|---|--|
| <p><b>EXPLICACION</b></p> <p> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">V.V</span> INTRUSIVO FELSICO<br/> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">X.X</span> INTRUSIVO COMPOSICION INTERMEDIA (Silicatado)<br/> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">X.X</span> SKARN DE GRANATE<br/> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">    </span> SKARN DE WOLLASTONITA         </p> | <p> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">    </span> CALIZA RECRISTALIZADA CON BANDAS DE SILICATOS<br/> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Czr</span> CALIZA RECRISTALIZADA<br/> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Cz</span> CALIZA FRESCA         </p> |
| <p><b>U. N. A. M.</b></p>   |  |
| <p><b>FACULTAD DE INGENIERIA</b></p> <p><b>TESIS PROFESIONAL</b></p>  |  |
| <p>SECCION GEOLOGICA D-D'</p> <p>SISTEMAS DE DIQUES DE RUMBO NW (RUMBO N 40° E, VIENDO AL N 50° W).</p>   |  |
| <p>PALOMINO HUERTA Y.</p> <p>Año 2004</p>   | <p>Escala: 1:4000</p> <p>Figura: III B</p>   |

ESCALA GRAFICA

0 50 100 150 200m

2800

NE

2700

2600

2500

2400

2300

2800 m s n m

SW

2700

2600

2500

2400

2300

STOCK LA VALENCIANA

Cz

Czr

Czr

ENDOSKARN

DIQUE MARAVILLAS

Cz

Línea de Referencia

#### IV. YACIMIENTO “LA NEGRA”.

*El yacimiento mineral pertenece al tipo conocido como metasomático en rocas calcáreas con mineralización de Ag (plata), Pb (plomo), Zn (zinc) y Cu (cobre) en forma de sulfuros.*

##### IV.1 Mineralogía

*La mineralogía de este distrito es muy compleja. Los minerales de tipo económico (mena) se encuentran en forma de sulfuros como a continuación se describen:*

|              |  |
|--------------|--|
| <i>Plomo</i> | <i>Se encuentra en forma de galena (PbS), a la cual está íntimamente asociada la plata en forma de Hessita ( Ag<sub>2</sub> Te).</i> |
| <i>Zinc</i>  | <i>Aparece en forma de Marmatita (xFeS Zn S)</i>   |
| <i>Cobre</i> | <i>Se encuentra en forma de Calcopirita (Cu Fe S<sub>2</sub>)</i>  |

*Todos estos sulfuros vienen asociados con los siguientes minerales no aprovechables (ganga) para este caso:*

- Arsenopirita y Pirrotita principalmente*
- Pirita en pequeñas cantidades*
- Calcita*
- Grossularita y Andradita*
- Wollastonita*
- Diopsida ocasionalmente.*

##### IV.1.A Secuencia de mineralización

*La mineralización de “La Negra” consiste en sulfuros restringidos al skarn de granate (grossularita-andradita) y calcita. La secuencia de la mineralogía de los sulfuros es: pirita, pirrotita, arsenopirita, esfalerita (marmatita), calcopirita y galena. La plata está contenida en la galena en forma de hessita y en algunos casos asociada a la calcopirita, algunas zonas ricas en plata contienen abundante calcopirita. (IFIMS, S.C. JUNIO, 1991).*

Los minerales tempranos fueron los silicatos cálcicos, diópsida y granate, los cuales fueron reemplazados posteriormente por los sulfuros metálicos. La secuencia de mineralización fue la siguiente.

#### CUADRO DE SECUENCIA DE MINERALIZACIÓN.

|                         |       |                                   |
|-------------------------|-------|-----------------------------------|
| Pirrotita               | ..... | (Fe S)                            |
| Pirita                  | ..... | (Fe S <sub>2</sub> )              |
| Arsenopirita            | ..... | (Fe As S)                         |
| Marmatita – Calcopirita | ..... | (x FeS.ZnS)-(CuFeS <sub>2</sub> ) |
| Galena                  | ..... | (PbS)                             |
| Hessita                 | ..... | (Ag <sub>2</sub> Te)              |

El granate color verde predomina hacia la periferia de la aureola, en cambio el granate color pardo, aunque no muy abundante predomina hacia el intrusivo. La pirrotita es bastante común en las diferentes menas, mientras que la pirita es extremadamente escasa.

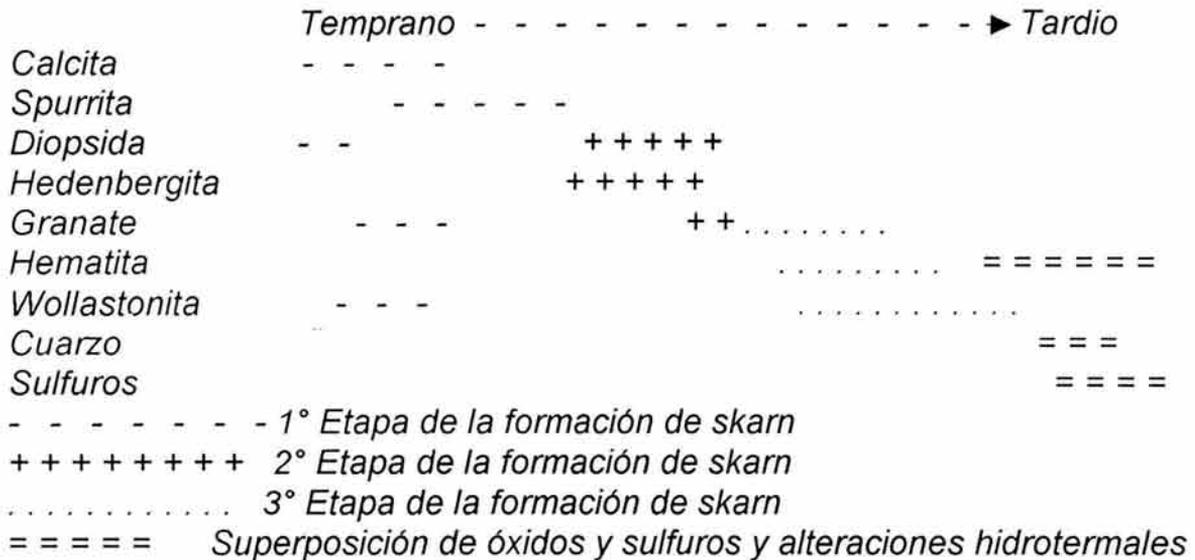
En la mina “La Negra” los cuerpos minerales presentan una zonificación estructural y mineralógica vertical bien definida. Se tienen cuerpos en las partes topográfica y estratigráficamente más altas, de tipo diseminado, con contenidos metálicos muy bajos que los hace incosteables para ser minados.

Los cuerpos diseminados pasan a profundidad a cuerpos tipo manto, con contenidos metálicos y volúmenes suficientes para representar cuerpos económicos.

Los mantos a profundidad pasan o se convierten en cuerpos tipo La Negra y Alacrán; estos tipos de cuerpos son los más importantes del distrito por su volúmenes y contenidos de plata y sobre ellos actualmente descansa la mayor producción de la unidad minera. Mineralógicamente, en los mantos, se tiene predominancia de sulfuros de plomo-zinc-plata.

Con base en estudios petrográficos del skarn, se determinó la siguiente secuencia mineralógica para la formación de skarn asociada a los intrusivos

de composición intermedia; se excluye el formado por el dique félsico Maravillas. (Morrison, 1982):



#### IV.1.B Zonificación

La zonificación común que se encuentra a partir del intrusivo hacia su periferia sería la siguiente;



Esta distribución frecuentemente se encuentra incompleta o aumentada, ya que alguno de los miembros del skarn pueden estar ausentes o bien presentarse en el exoskarn, una zona con spurrita como principal constituyente.

## IV.2 Geoquímica

Existen en el área dos variantes de skarn de granate: la más común es casi monomineral de (granate) con cantidades accesorias de wollastonita y/o diopsida. La otra variedad es principalmente de granate pero también contiene abundante calcita recristalizada la cual es la variedad más adecuada para la mineralización ya que el granate contribuye al incrementar la porosidad y la calcita actúa como precipitador favorable de sulfuros ya que incrementan el pH de las soluciones durante el reemplazamiento. Las rocas carbonatadas son favorables para la mineralización debido a la permeabilidad textural provocada por la intrusión.

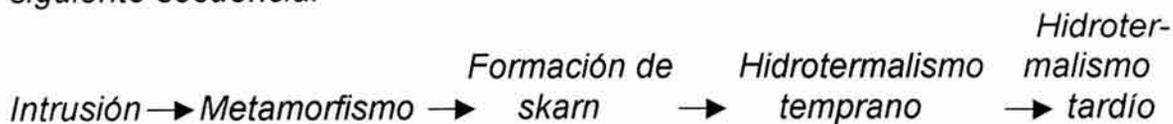
Promedios geoquímicos en orden de concentración de cada elemento en los tipos de rocas.

|   | Ag          | Pb<br>(p.p.m.)              | Zn             | Cu           |
|---|-------------|-----------------------------|----------------|--------------|
| 1 | 30          | 5,494                       | 6,768          | 641          |
|   |             | CALIZA SILICIFICADA - SKARN |                |              |
| 2 | 26<br>SK-GR | 3,313<br>FEL                | 1,822<br>SK-WO | 244<br>SK-WO |
| 3 | 19<br>FEL   | 2,731<br>ESK                | 1,506<br>SK-GR | 240<br>FEL   |
| 4 | 18<br>SK-WO | 2,185<br>SK-WO              | 1,097<br>CZ-SK | 232<br>ESK   |
| 5 | 12<br>ESK   | 2,097<br>SK-GR              | 933<br>ESK     | 207<br>SK-GR |
| 6 | 11<br>CZ-SK | 1,348<br>CZ-SK              | 959<br>FEL     | 143<br>IGD   |

SK-GR = Skarn de granate  
SK-WO = Skarn de wollastonita  
ESK = Endoskarn

FEL = Dique felsico  
IGD = Intrusivo  
CZ-SK = Caliza recristalizada  
con bandas de silicatos

La formación de este yacimiento ocurre en cinco fases, las cuales tienen la siguiente secuencia:



*Intrusión: emplazamiento del magma.*

*Metamorfismo: el intrusivo calienta y recristaliza las calizas lo que da origen al mármol.*

*Formación de skarn: una vez formado el mármol y aún caliente ascienden las soluciones ricas en sílice que al reaccionar con este darán origen al skarn; estas soluciones ascienden principalmente por los bordes de los intrusivos.*

*Hidrotermalismo temprano, relacionado a la mineralización: una vez formado el skarn o en sus últimas etapas de formación ascienden los fluidos portadores de la mineralización misma que precipitará en las zonas favorables, justamente con silicificación, piritización, etc.*

*Hidrotermalismo tardío: ascenso y circulación de fluidos calientes que dan origen a alteraciones postmineralización como la carbonatación, silicificación, argilitización, propilitización, etc.*

*Temperaturas y presiones: en general este tipo de yacimientos se forma a profundidades someras menores a 1 kilómetro y presiones del orden de decenas de atmósferas. El intervalo de temperaturas para cada fase sería: (Petersen U. y Burt D., 1974).*

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| Solidificación del intrusivo----- | 900° - 700° C |
| Metamorfismo de contacto-----     | 700° - 500° C |
| Formación de skarn-----           | 600° - 400° C |
| Hidrotermalismo temprano-----     | 500° - 300° C |
| Hidrotermalismo tardío-----       | 400° - 200° C |

#### IV.3 Alteraciones

*Las alteraciones son de tipo hidrotermal y están asociadas a los cuerpos de mena, en orden de mayor a menor importancia son: silicificación, piritización, propilitización y argilitización, la sericitización existe localmente y como alteración secundaria, la oxidación. Las rocas que forman el distrito minero "La Negra" y que presentan alteraciones de tipo hidrotermal, se relacionan de la siguiente manera (fig. IV. 1)*

### *Skarn de grosularita*

*El skarn pierde continuidad sobre el dique y se encuentra en contacto directo con la caliza la cual presenta únicamente recristalización de bajo grado y/o silicificación.*

### *Mármol*

*El mármol a su vez, se encuentra como bandas dentro de los skarns de wollastonita, granate y spurrita; presenta silicificación y argilitización, como alteraciones hidrotermales.*

### *Endoskarn*

*Se desarrolla como una delgada franja alrededor de los intrusivos con espesores variables que dependen de las dimensiones de los intrusivos. Las alteraciones de tipo hidrotermal más comunes que presenta son: argilitización, silicificación, oxidación y cloritización.*

### *Skarn de wollastonita*

*Debido a sus características físicas suele ser resistente a las alteraciones de tipo hidrotermal, únicamente en zonas con fuerte fracturamiento y por las que existió circulación de fluidos hidrotermales, se observa argilitización.*

### *Skarn de granate*

*Se presenta en contacto con los intrusivos endoskarn, skarn de wollastonita, spurrita y mármol, ocurre como lentes o bandas intercaladas. El granate que constituye al skarn pertenece a la serie grossularita-andradita. La alteración hidrotermal más común es la, argilitización.*

*Los stocks, diques y sills, presentan alteraciones hidrotermales como: silicificación, carbonatación, cloritización, argilitización y oxidación.*

*Los diques angostos, menores de 8 metros, presentan escasa silicificación.*

*El dique félsico (aplita), se encuentra emplazado en una falla regional llamada Maravillas y de la cual adopta el nombre, las principales alteraciones son: silicificación, carbonatación, argilitización, propilitización y oxidación.*



#### IV.4 Forma y dimensiones

Las dimensiones de los cuerpos minerales varían mucho y presentan "formas irregulares". En altura llegan a medir hasta 400 metros, con longitudes de 320 metros y mayores, el espesor varía de 8.0 metros a 60 metros, los afloramientos son pequeños; varían en áreas de 8.0 X 35 metros o mayores, son cuerpos casi verticales, con inclinaciones que van de 60° a 80° de inclinación o mayor ángulo y que denotan formas irregulares, de los cuales tienden a desprenderse algunos mantos más pequeños de alcance local (fig. IV.1.A).

A continuación se presenta una breve descripción de los cuerpos minerales, que se explotan en la unidad minera "La Negra": (fig. IV.2).

##### *Cuerpo Alacrán.*

Está ubicado a 670.0 metros al NE 40° del cuerpo La Negra y está asociado al borde del stock de diorita. La mineralización está localizada dentro de una zona de skarn de grossularita-andradita y calcita, calcopirita, trazas de galena, pirrotita y arsenopirita.

Tiene un rumbo general de NW 75° SE, su echado promedio es de 65° y una potencia media de 15.0 metros.

##### *Cuerpo La Negra.*

Es la estructura mineralizada que está asociada especialmente al borde NW del stock de composición diorítica. La mineralización se encuentra en la parte media de una zona de skarn de grossularita y andradita asociada a sulfuros básicos.

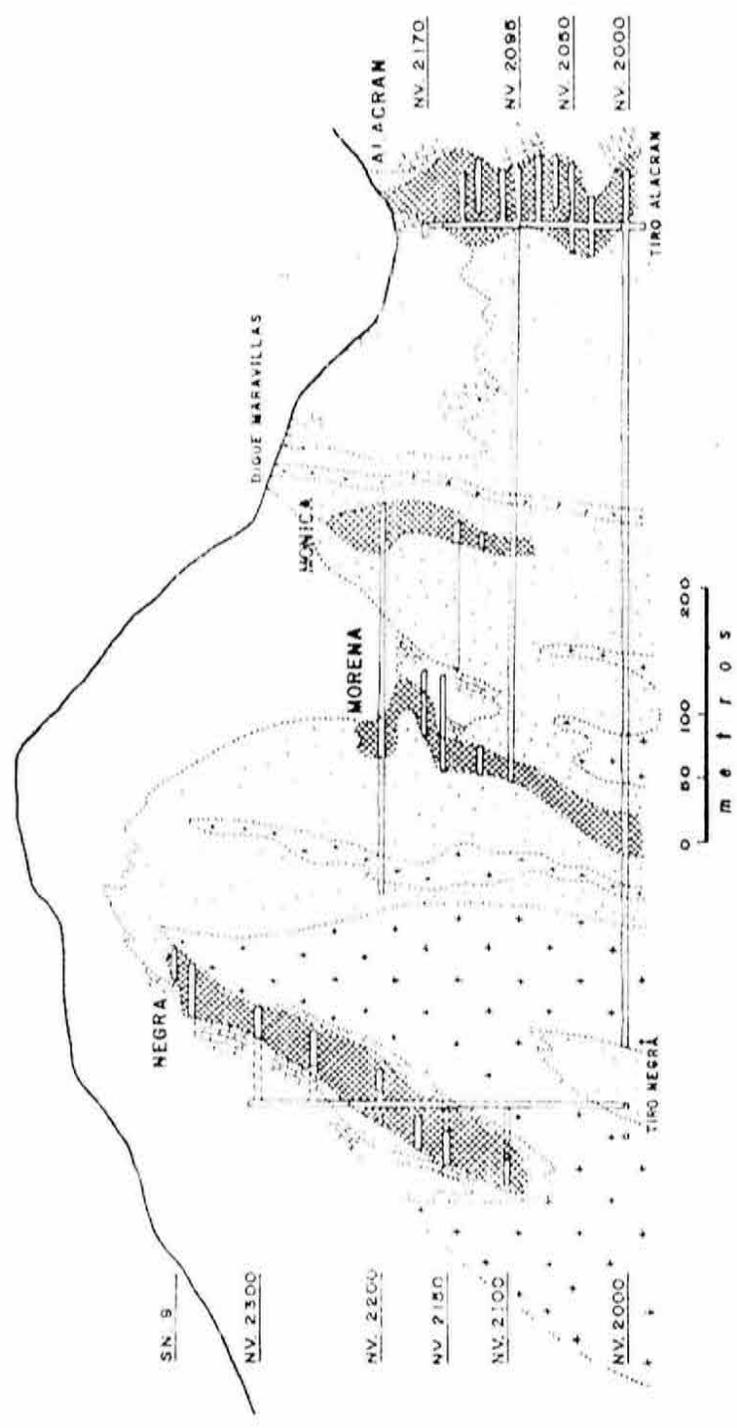
Está limitado al alto por skarn de wollastonita y caliza gris del miembro La Negra de la Formación El Doctor y al bajo por skarn de granate compuesto principalmente de andradita y grossularita. El rumbo del depósito en su parte superior es de NW 15°, el echado promedio del cuerpo es de 60° al SW, en concordancia con las capas de caliza, la potencia media es de 8.0 metros.

##### *Cuerpo Santa Alejandra.*

Se encuentra ubicado a 800 metros hacia el NW del cuerpo La Negra y 60 metros al norte del cuerpo Virginia. La mineralización se encuentra alojada en skarn de grossularita, rodeado por un halo de wollastonita entre dos

S 40° E

S 40° W



E X P L I C A C I O N

- |  |                     |  |                       |
|--|---------------------|--|-----------------------|
|  | HORNFELS Y CALIZAS  |  | SKARN-WOLLASTONITA    |
|  | INTRUSIVO DIORÍTICO |  | CUERPOS MINERALIZADOS |
|  | INTRUSIVO ACIDO     |  |                       |

|                     |                        |                                  |
|---------------------|------------------------|----------------------------------|
| U. N. A. M.         | FACULTAD DE INGENIERIA |                                  |
|                     | TESIS PROFESIONAL      |                                  |
| FORMA Y DIMENSIONES |                        |                                  |
|                     | Abd. 2004              | Escala: 1:5000<br>Figura: IV.1.A |
| PALOMINO HUERTA V.  |                        |                                  |

diques dioríticos. Entre los sulfuros de mena más abundantes se encuentran: marmatita, galena y calcopirita.

#### *Cuerpo Santa Blanca.*

*Se encuentra a 720 metros hacia el NW del cuerpo La Negra y a 30 metros hacia el sur del cuerpo Virginia. Está constituido por una zona de skarn y un intrusivo completamente silicificado con granate de grossularita en el cual se alojan los sulfuros como marmatita, calcopirita y galena.*

#### *Cuerpo Santa Virginia.*

*Se encuentra ubicado a 800 metros hacia el NW del cuerpo La Negra, entre los cuerpos Santa Blanca y Santa Alejandra. El cuerpo está estructuralmente relacionado con el contacto del bajo de un dique de composición ácida; los minerales de mena más abundantes son: marmatita, calcopirita, galena y minerales de ganga como pirrotita, arsenopirita y pirita.*

#### *Cuerpo Santa Silvia.*

*Está localizado a 170 metros al NW del cuerpo La Negra entre éste y el cuerpo Esperanza. También está asociado al comportamiento del dique Esperanza. La mineralización ocurre dentro de una zona de skarn de granate verde y calcita en el contacto skarn-intrusivo, los minerales que constituyen el cuerpo son calcopirita, marmatita, y galena, asociados a pirrotita y arsenopirita. Santa Silvia se caracteriza por sus altos valores de plata y bajo contenido de cobre.*

#### *Cuerpo Santa Esperanza.*

*Está ubicado a 250 metros al NW del cuerpo La Negra y además se encuentra asociado al comportamiento del dique Esperanza. La mineralización está constituida por marmatita, esfalerita, calcopirita tetraedrita, asociados a pirrotita y arsenopirita, los que están alojados en un skarn de grossularita con calcita, el zoneamiento de los silicatos está bien marcado.*

#### *Cuerpo Santa Mónica.*

*Está ubicado a 500 metros al NE del Tiro General y se presenta en el mismo alineamiento del cuerpo Morena. El cuerpo se encuentra asociado a pequeños diques de composición diorítica de rumbo NW y NE que son*

*paralelos al borde Este del stock La Negra, los sulfuros están alojados en skarn de grossularita y andradita con sulfuros como marmatita, calcopirita y galena.*

#### *Cuerpo Maravillas.*

*La estructura está asociada al dique del mismo nombre que es de composición aplítica y está ubicado al norte del cuerpo La Negra aproximadamente a 600 metros. La mineralización se aloja al alto y al bajo del dique con caliza marmorizada, su mineralogía esta constituida por marmatita, arsenopirita, calcopirita, pirrotita y galena.*

*Es un dique mineralizado localizado a 340 metros, al poniente del tiro Alacrán; tiene un afloramiento de 300 metros. El rumbo del dique es de NW 70°, con una potencia media de 10 metros y un echado de 70° aproximadamente.*

#### *Cuerpo San Pedro*

*San Pedro está localizado aproximadamente a 75 metros al NW de Esperanza asociado a la tendencia NW, al bajo del dique Esperanza. La mineralización económica del cuerpo está constituida por sulfuros básicos como marmatita, pirrotita, asociados a skarn de grossularita con calcita.*

#### *Cuerpo Morena.*

*Se encuentra ubicado a 300 metros al NE del Tiro General y está alineado con los cuerpos Mónica y el Alacrán, sobre el borde norte del stock diorítico La Negra. La estructura se encuentra relacionada a pequeños diques preminerales de composición diorítica con rumbo NW que deben estar asociados al stock diorítico de La Negra, aquí disminuyen la marmatita y la galena, con el predominio de calcopirita.*

#### *Cuerpo Cachanos.*

*Se encuentra ubicado a 800 metros al NW del cuerpo La Negra y a 90 metros del cuerpo Alejandra II. La mineralización se encuentra alojada en skarn de grossularita, rodeado por un halo de wollastonita, en medio de dos intrusivos de composición diorítica.*

### *Cuerpo Cristo Rey.*

*Se encuentra en el borde NE y NW del skarn del cuerpo Alacrán, en contacto con la caliza. La mineralización está asociada a dos diques félsicos porfídicos con rumbo N 45° 50' W, los sulfuros están dentro del dique, silicatos o caliza; ésta es una estructura que está asociada a los dos diques félsicos y los sulfuros están reemplazando a los estratos de caliza y silicatos del dique Sur.*

### *Cuerpo La Dificultad.*

*Se localiza a 150 metros aproximadamente del cuerpo San Pedro, sobre la tendencia conocida al NW y asociado al dique de composición diorítica. La mineralización está constituida por marmatita, calcopirita y pirrotita principalmente, asociados a skarn de grossularita con calcita, encajonado al alto por caliza estratificada y al bajo por endoskarn de andradita-wollastonita.*

### *Cuerpo San Buenaventura.*

*La estructura del cuerpo San Buenaventura se localiza aproximadamente a 100 metros del cuerpo La Morena, relacionada a un dique de composición diorítica. La mineralización económica del cuerpo está asociada a un skarn de granate verde (grossularita), calcita y al contacto con un dique intrusivo de composición diorítica, la mineralización está constituida por marmatita, esfalerita, galena y calcopirita, como minerales de mena. Y pirrotita, arsenopirita y calcita como minerales de ganga.*

### *Cuerpo La Cruz.*

*El cuerpo La Cruz se localiza aproximadamente 50 metros al sur de Morena, está asociado a un dique de composición diorítica. La mineralización del depósito está encajonada en el skarn de grossularita y wollastonita en contacto al bajo y alto con diques de composición diorítica, la mineralización en este cuerpo está constituida por esfalerita, marmatita, galena y calcopirita, como minerales de mena, pirrotita, arsenopirita y calcita como ganga.*

### *Cuerpo Manto 5203.*

*Esta estructura se encuentra entre los cuerpos de La Cruz y San Buenaventura. La mineralización del cuerpo se encuentra alojada en el*

*skarn de grossularita constituida por galena, arsenopirita, pirrotita, esfalerita y marmatita.*

#### *IV.5 Estructuras*

*El borde del stock diorítico así como dos sistemas de diques, uno diorítico y otro aplítico, parece ser que controlan en cierto grado la ubicación y naturaleza de los cuerpos mineralizados, en parte debido a la aureola de skarn favorable asociado principalmente a los diques y diquestratos dioríticos.*

*Soportan a lo anterior los cuerpos Negra, Silvia, Esperanza, San Pedro, La Dificultad y Alacrán, que son los de mayor tonelaje, se localizan al bajo del dique Esperanza y al alto del dique Silvia y próximos al contacto de la caliza. Por otro lado, los cuerpos Escondida y Patriota, son los de mejor ley pero más pequeños y se encuentran al bajo del dique Silvia.*

*Algunos de los cuerpos se ensanchan considerablemente hacia las zonas de pliegues anticlinales secundarios locales y por el contrario, se angostan notablemente en el punto de inflexión hacia el sinclinal correspondiente o en la flexión monoclinas.*

#### *IV.6 Origen.*

*El yacimiento mineral se ha clasificado como yacimiento metasomático en rocas calcáreas asociado con un intrusivo de composición granodiorítica, al cual se le atribuyen los efectos térmicos metasomáticos que sufrió la roca encajonante y que forman yacimientos típicos de reemplazamiento metasomático (Arriaga, G.G., comunicación verbal, 2004).*

*Los probables procesos de formación del yacimiento son:*

*Metamorfismo de contacto.*

*Los efectos térmicos y de presión que sufrió la roca pre-existente (calizas del miembro La Negra de la Formación El Doctor) ocasionados por la intrusión del stock La Negra, dieron origen a la recristalización de la caliza encajonante y así se crea la aureola de metamorfismo alrededor del intrusivo; durante esta fase no hubo mineralización sino simplemente se realizó una recombinación de los elementos químicos ya existentes.*



### *Metasomatismo de contacto.*

*Esta segunda fase está caracterizada por la actividad de fluidos hidrotermales emanados del intrusivo, cuyo carácter silícico, al combinarse principalmente con el CaCO<sub>3</sub> y otras impurezas de la roca encajonante, dieron origen al skarn de granate.*

*Las dos primeras fases arriba mencionadas, sirvieron como “preparación del terreno” para ser mineralizado; es decir, convierten a las rocas impermeables no favorables, en rocas favorables y mejor receptivas a la acción de fluidos y a depósitos de minerales (Park and Mac Diarmid, 1975).*

*Dentro del mismo proceso metasomático de contacto se presenta la siguiente fase de formación del yacimiento; ésta consiste en la adición de fluidos que contienen los minerales metálicos, los cuales al entrar en contacto con los silicatos cálcicos los reemplazan.*

*Según Huerta, L. (1977), este fenómeno de reemplazamiento se conoce parcialmente, no obstante, se han identificado ciertos detalles del mismo. Se supone que dicho reemplazamiento o intercambio simultáneo debió efectuarse por partículas de tamaño molecular o atómico. El mineral que crece está en activo contacto con la sustancia que se desvanece; entre ellos debe hacer una fina película de solución que proporciona por difusión las materias substituyentes y elimina las sustancias substituidas. El ritmo de este proceso dependerá de la rapidez con que vaya apareciendo el nuevo material y la facilidad con que se elimine la materia disuelta, de esta manera se forman concentraciones minerales del tipo económico, como sucedió en este caso, a lo largo de la periferia de la zona de skarn y es aquí precisamente porque el skarn adquirió condiciones físicas y químicas más favorables para el reemplazamiento mineral de la caliza original. La zona intrusivo-skarn se ha definido como el bajo del cuerpo y el límite opuesto (alto) constituido por caliza marmorizada. La mineralización de esta zona del alto termina abruptamente, mientras que hacia el bajo va decreciendo gradualmente.*

#### *IV.6.A Edad del yacimiento*

*El stock de “La Negra” fue datado por el método de potasio-argón, con una edad de 38.7 millones de años (Oligoceno) por lo que el yacimiento debe ser un poco más joven (Oligoceno-Mioceno) (Gaytan, R., 1975).*

## V. OBRAS MINERAS

*Las obras de la unidad minera "La Negra" se encuentran en el nivel 2000; la bocamina, a partir de aquí tiene colado el túnel general de extracción o acarreo que presenta sección de 4.00 x 4.00 metros y rumbo N52°E, obra horizontal que sale a superficie, a una distancia de 1,540 metros hacia el interior de la mina, sobre dicho túnel principal, están ubicadas las oficinas de la mina, el tiro principal de La Negra y el chorreadero; a partir de aquí el túnel toma un rumbo N40°E, hasta llegar a una distancia total de 2,130 metros, donde se localiza el tiro del Alacrán, a partir de este túnel principal se han colado rampas y cruceros para dar acceso a las diferentes proyecciones de los cuerpos mineralizados hacia el nivel 2000, por tanto, comunica los cuerpos La Negra y Alacrán.*

*La sección de 4.00 x 4.00 metros, de dicho túnel principal, permite el acarreo del mineral a bordo de camiones de volteo, en lotes de 20 toneladas, que lo reciben de la tolva subterránea general de mina y lo conducen a lo largo de los 1,540 metros de túnel y 1,500 metros de camino carretero, hasta la tolva de gruesos del molino; este túnel principal permite además el transporte en camionetas, de material y equipo necesario para exploración, explotación y desarrollo de las labores mineras, así como el transporte de empleados a los diferentes frentes de trabajo. Este túnel principal o túnel general de acarreo se encuentra a una elevación de 2,004 metros sobre el nivel del mar.*

### V.1 Descripción

#### V.1.A. Método de explotación

*De acuerdo a las características morfológicas y estructurales de los cuerpos minerales y según los requerimientos para la aplicabilidad de los métodos de explotación minera, se llegó a la conclusión que aquellas se adaptaban a las que se especifican y exigen para la utilización del método de tumba por subniveles y que son las siguientes:*

- 1) Buena consistencia de los respaldos del cuerpo, así como del mineral mismo.*
- 2) Echado del cuerpo, superior al ángulo de reposo del mineral (45°).*
- 3) Potencia del cuerpo de 5 a 20 metros.*

*De esta manera implantaron dicho método de explotación en la mina "La Negra", usando barrenación larga.*

*Si se amplía la descripción del tumba por subniveles. Se tiene lo siguiente:*

*-- Es un método de explotación muy seguro (85% de seguridad relativa).*

*-- Disponibilidad inmediata del mineral tumbado.*

*-- Alta recuperación (80 - 90 %).*

*-- Costo de explotación bajo, por los altos volúmenes de mineral que se puede tumbar.*

*-- Susceptible de alta mecanización en sus operaciones.*

*-- No es un método selectivo.*

*-- Se requiere una inversión inicial alta (en preparación).*

*Las etapas del método son: Preparación, Tumba y Extracción.*

*La etapa de preparación comprende la realización de todas las obras mineras necesarias para dejar listo el cuerpo mineral para el tumba.*

*De acuerdo al método de subniveles, una vez establecidos los bloques de mineral a tumbar, entre nivel y nivel, se procede a limitarlos horizontalmente por medio de dos contrapozos y a subdividirlos verticalmente en subniveles: de esta manera se obtienen bloques más pequeños, cuyo espesor varía de 8 a 13 metros, de cabeza a piso. Hecho lo anterior, los subniveles se abren por medio de frentes, cruceros y rebaje de costilla, a toda su extensión hasta llegar a descubrir los contactos con la roca estéril: así, todas las obras de preparación son realizadas en mineral.*

*Como paso siguiente a la preparación se lleva a cabo la barrenación larga para, posteriormente y de acuerdo a un programa de producción, se dispara y se tumba en forma ascendente.*

*La extracción y la recepción del mineral, consiste en preparar conos de recepción (glory holes), que servirán para captar el mineral que se tumba de los niveles y subniveles superiores. Dichos glory holes, individualmente, se disponen en el lugar que se determinó como el más*

*indicado para captar el mineral tumbado del mayor número posible de subniveles. Este mineral posteriormente será conducido por los mismos glory holes hasta el nivel principal de acarreo, donde podrá ser enviado directamente a la estación interior de trituración, como el caso del mineral del cuerpo La Negra o ser extraído en Draw Holes con pala mecánica y transportado en camiones de volteo de bajo perfil de 20 toneladas a dicha estación de trituración, como en el caso del mineral del cuerpo Alacrán.*

#### *V.1.B. Obras mineras*

*Todos los trabajos mineros se pueden clasificar dentro de los cuatro grupos siguientes:*

- 1. Obras de exploración*
- 2. Obras de desarrollo*
- 3. Obras de preparación*
- 4. Trabajos de tumba*

*B.1.- Obras de exploración.- Son aquellos trabajos cuyo objetivo es el conocimiento del tamaño, forma, posición y valor de un cuerpo mineral.*

*En la unidad minera "La Negra", las obras de exploración que se efectúan son:*

*-- Frentes y cruceros de 1.80 x 1.80 metros, de sección, que se cuegan con máquina IR-JR 300 de 170 ft<sup>3</sup> / minuto, con plantilla de barrenación de 30 barrenos y cuña quemada de 6 barrenos. Estos barrenos tienen 1¼" de diámetro y 1.80 metros de longitud, el cargado de explosivos se efectúa con dinamita extra 45% y supermexamón D.*

*El rezagado de estas obras pequeñas, dada su localización, de acuerdo a su objetivo de exploración, se efectúa muchas veces, con carretilla, no obstante se considera esta operación para realizarla con scoop tramp de 2 yardas cúbicas.*

*--Contrapozos de 1.80 x 1.80 metros de sección; estas obras se cuegan con una máquina perforadora espiga, de 150 ft<sup>3</sup> / minuto y su avance es vertical o casi vertical (la inclinación de estos contrapozos de exploración la determinarán el contacto geológico y/o el cuerpo mineral cuya continuidad se sigue), la barrenación es particularmente especial, ya que se tiene que instalar en cada ciclo de estas operaciones, un piso provisional denominado tarango, que por lo general se construye con tabloncillos de madera de 12" x 1" y es sostenido por medio de unas anclas*

que van incrustadas en las tablas del contrapozo. Así, dichas operaciones, aunque tienen las mismas especificaciones de las de la frente que se describió anteriormente, se invierte en ellas más tiempo. Esto es principalmente en lo que respecta a la barrenación ya que se tiene que realizar con escala, es decir, se hace cada barreno con 3 fierros; la barrenación se inicia con una barra de 0.80 metros de longitud y un diámetro de los aguilonos de  $1 \frac{1}{4}$ ", esta barra se conoce con el nombre de "rompedor", la cual una vez que ha barrenado los 0.80 metros que le corresponden, se cambia por otra de 1.20 metros de longitud y diámetro ligeramente menor a 1", conocida como "segundo". Cuando el segundo termina su función nuevamente se realiza otro cambio de barra esta vez por una de 1.80 metros de longitud y  $7/8$ " de diámetro llamada "tercero".

Todas las operaciones restantes, el cargado (se hace hacia arriba), disparado y rezagado, también se realizan con las mismas especificaciones que las descritas para la frente de 1.80 x 1.80 metros.

Frecuentemente se busca que una obra minera, que se proyecta inicialmente con fines de exploración, pueda ser utilizada finalmente como obra de desarrollo o de preparación, de acuerdo a los resultados obtenidos de dicha exploración.

**B.2.- Obras de desarrollo.-** Son aquellas que se realizan para llegar a un cuerpo mineral por comprobar o que se llevan a cabo dentro de él para iniciar su preparación y llevar a cabo también el transporte del material que se tumbe. Asimismo, estas obras sirven como vías de acceso hacia dichos cuerpos, a personas y al traslado de maquinaria y equipo, motivo por el cual se proyectan para este fin.

-- Frentes y rampas de 3.00 x 3.00 metros de sección, para el cuele de estas frentes, dadas sus dimensiones, se requiere un equipo de barrenación y rezagado de una capacidad y eficiencia tales que permitan tener una buena productividad en el avance de esas obras. de acuerdo a lo anterior, en la unidad minera "La Negra", la barrenación de estas frentes y rampas se realiza con un jumbo IR de dos brazos, los cuales llevan montadas perforadoras IR 475 A de  $600 \text{ ft}^3 / \text{minuto}$ . Se usan barras espirales de acero de  $7/8$ " y 12" de largo y broca de insertos de carburo de tungsteno de  $1 \frac{3}{4}$ ", es aquí en donde se hace patente la diferencia básica que existe entre frentes y rampas y que es la pendiente con la que cada una se construye; por un lado las frentes conservan el 0.5 % y por otro las rampas con 30 % ( $17^\circ$ ) de pendiente.

*B.3.- Obras de preparación.- Como ya se mencionó, estas obras constituyen la primera etapa del método de explotación que se aplique. En este caso las que se realizan son:*

*-- Frentes y cruceros de 2.00 x 2.00 metros de sección, a partir de las cuales se van abriendo los subniveles a todas sus dimensiones hasta descubrir los contactos con la roca estéril. La barrenación de estas obras se realiza con dos máquinas de pierna neumática IR JR 300 de 170 ft<sup>3</sup> / minuto; se usa plantilla de 31 barrenos y cuña quemada de 7. El diámetro de los barrenos es de 1 ½" y 1.80 metros de longitud. El rezagado del material tumbado se efectúa con un scoop tramp de 2 yardas cúbicas.*

*-- Contrapozos de 2.00 x 2.00 metros de sección, a los cuales se les dan dos usos muy importantes; en primer lugar sirven como metaleras, es decir, obras que permiten movilizar o trasladar por gravedad el mineral que se tumba en la preparación de los subniveles; se chorrea desde éstos hasta un punto de extracción correspondiente. La disposición de las metaleras a lo largo de los subniveles, en este caso, es conveniente tener metaleras cada 30 metros.*

*El segundo uso fundamental que se les da a estos contrapozos es cuando ya se ha concluido la preparación de un subnivel sirven como ranura o cara libre para iniciar el tumbado del mismo.*

*En el cuele de los contrapozos de 2.00 x 2.00 metros de sección, se usan dos máquinas tipo espiga de 150 ft<sup>3</sup> / minuto. Su patrón de barrenación, el empleo de materiales (para todas las operaciones) y el rezagado es de las mismas características y cifras de los que se mencionaron para la frente de las mismas dimensiones que anteriormente se analizaron.*

*B.4.- Trabajos de tumbado.- Comprenden la barrenación de banco o piso en los subniveles y el cargado y disparo de ellas; esta es la etapa objeto del método, comúnmente llamada "banqueo" y sobre la cual deben hacerse los cálculos necesarios para programar la producción que se requiera.*

*Debido a que un cuerpo mineral no es homogéneo se deberán tener preparados para el banco varios subniveles y así, al tumbarse una parte de cada uno de ellos se cumplirá con la producción y leyes programadas, combinando mineral de alta y baja calidad. La producción promedio por barreno de banco es de 30 toneladas.*

La operación de barrenación se efectúa con Wagon Drill, constituido por un carro de perforación BVB 14, que lleva montada una máquina perforadora BBC 120 F en un avance de cadena, todo esto de Atlas Copco; se usa barra espiral de acero de 7/8" en tramos de 5", mismos que se acoplan hasta alcanzar 10 metros, que es la longitud media de los barrenos, su diámetro es de 1 3/4" y su inclinación paralela a la del contrapozo que servirá de ranura (entre 45° y 90°).

Al disparar los barrenos de banco, el mineral se desploma y es captado en el cono del glory hole, que se ha formado, en el nivel o subnivel inferior y es conducido a través del contrapozo del mismo glory hole, hasta su punto de extracción como se comentó.

Finalmente y como última actividad de la operación minera, los camiones de volteo de 20 toneladas, se cargan del mineral, ya quebrado a - 4", de una tolva de paso y lo transportan a la tolva de gruesos de la planta de beneficio, distante ésta 3.6 kilómetros de la primera.

## V.2. Reservas.

En todo proyecto minero es sumamente importante el cálculo de reservas, ya que con el conocimiento de la cantidad y la calidad del mineral de un depósito, es posible estimar la vida de dicho proyecto, de acuerdo al ritmo de producción planeado, así como decidir sobre la realización, con base en un estudio de viabilidad económica.

Para proceder al cálculo de reservas de un depósito mineral (reducido y distorsionado por el mapeo) es conveniente convertirlo a un cuerpo geométrico análogo, compuesto por uno o varios bloques, de tal forma que expresen lo mejor posible el tamaño, la forma y la distribución de las variables. La construcción de estos bloques dependerá del método de estimación que se seleccione. Algunos sistemas ofrecen más de una forma de construir los bloques, de esta forma se introduce la subjetividad; en cuyo caso, una manera apropiada y aceptada será aquella en que preferentemente se tomen como base, factores geológicos, mineros y económicos.

Dentro de las actividades que se realizan en la unidad minera "La Negra", la exploración es la que marcha a la cabeza de todas, ya que se comprueban las reservas estimadas inicialmente y por otro lado, buscar nuevas fuentes de mineral que pueden alargar la vida de la mina.

*La exploración puede ser indirecta y por obra directa.*

*a) La exploración indirecta, se realiza principalmente por métodos geofísicos.*

*En este método de exploración, como su nombre lo indica, no se busca la información dentro de lo que se supone sea el cuerpo mineral, sino que se realizan pruebas y se provocan ciertos efectos, los que al interpretarlos ofrecerán en un mapa, una imagen aproximada de aquellos.*

*b) La exploración por obra directa comprende las frentes, cruceros y contrapozos que se proyectan para la comprobación de la existencia de una determinada zona mineralizada inferida de la información obtenida de la exploración indirecta, o bien, dichas obras se proyectan también para delimitar un cuerpo mineral ya localizado y explorar su posible continuidad siguiendo sus contactos o límites geológicos.*

*La barrenación a diamante es un medio de exploración que se puede considerar directa, puesto que como resultado inmediato de dicha barrenación, se obtiene una muestra testigo del cuerpo geológico ; según la distribución de los barrenos en el área estudiada y de su longitud, se considerará más o menos aproximada a la realidad, la interpretación geológica que posteriormente se hace de esa zona.*

*Una vez aplicado el método o los métodos de exploración, , se llega a la determinación de los siguientes tipos de reservas de mineral:*

*Reservas probadas: tal y como el término lo indica, se refiere a aquel mineral que se encuentra completamente expuesto o lo que es lo mismo, conocido por los cuatro lados que limitan al bloque que lo contiene, el cual además deberá encontrarse en disposición inmediata para ser extraído. El carácter geológico de estas reservas es bien conocido así como sus condiciones morfológicas y sus contenidos minerales están bien establecidos, con base en leyes obtenidas por los resultados de muestreos detallados y sistemáticos.*

*Reservas probables: este tipo de reservas son representadas por el mineral cuya ocurrencia, para efectos de estimación, se encuentra razonablemente asegurada, pero sin una certeza absoluta. Se le puede asignar una ley conservadoramente definida, a menos que las obras de extracción hayan avanzado hasta el punto en que el mineral probable puede ser integrado como mineral explotable. La ley asignada a la mayoría de los bloques probables puede ser la ley determinada por los*

bloques contiguos clasificados como probados. Mineral expuesto parcialmente en dos niveles, muestreado únicamente con barrenación a diamante, que establece continuidad de mineralización pero no se conoce regularidad de valores; su tonelaje y leyes fueron estimados basándose en parte a datos de producción y en parte a interpretaciones geológicas.

*Reservas posibles:* este tipo de reservas, conocido por algunos autores como el mineral del futuro, es de la clase de material cuya existencia tiene una razonable posibilidad de existir, hipótesis basada fundamentalmente en la potencia del depósito, en la continuidad de las condiciones geológico-mineralógicas y en la extensión de los cuerpos mineralizados desarrollados hasta ese momento, indicaciones a través de las cuales, se pueden obtener signos de continuidad que indiquen lo que se puede esperar a medida que avancen las excavaciones. Debido a la escasez de trabajos de exploración en estas áreas (los cuales podrán revelar la existencia de algunos valores), a las reservas posibles no se les puede asignar ninguna ley con una certeza práctica, ni tampoco se podrá expresar ninguna cantidad definida. Reservas de extensión es el mineral que prácticamente deberá ser considerado como posible, dado que representará al mineral que se cree o se supone que existe delante de las caras expuestas de los bloques conocidos o de los frentes de exploración. Este mineral es inferido de acuerdo al conocimiento geológico de los cuerpos. Es el mineral que puede existir en zonas no exploradas de cuerpos conocidos, así como debajo de las zonas de obras más profundas.

Es importante hacer notar que de acuerdo a las condiciones económicas existentes y a la cotización en el mercado internacional de los valores cuya explotación sea el objetivo de un determinado proyecto minero, no todo el mineral que se ha muestreado y cuantificado, deberá ser clasificado dentro de las reservas, ya sean probadas o probables, según el caso, antes se debe establecer un límite bajo el cual no es rentable extraer dicho mineral; a ese límite o indicador se le ha denominado Valor Mínimo Explotable (V.M.E).

El valor mínimo explotable está dado por la suma de los costos de explotación, de transporte, de beneficio y costos indirectos por unidad de producción, en este caso, por tonelada métrica.

De esa manera se llamará mineral explotable a aquél que de acuerdo al cálculo (valor bruto / tonelada), hecho a partir de sus leyes y a las cotizaciones vigentes de los respectivos metales, sea mayor al valor calculado del V.M.E. y por otro lado, al mineral que se encuentra por

*debajo de dicho valor se le denomina mineral marginal y al igual que a las reservas posibles, se le debe considerar como un recurso potencial. Además, debido a las marcadas variaciones en los precios de los metales, el mineral que hoy se consideraría explotable, mañana no lo sería o viceversa.*

*El valor mínimo explotable que de acuerdo a resultados de la operación actual, se considera para la unidad minera "La Negra", es de 20.50 dólares / tonelada.*

*Para fines de estimación de reservas basta considerar mineral cuyo valor bruto / tonelada, sea mayor que el valor mínimo explotable; la rentabilidad o no rentabilidad del proyecto, así como los efectos que produzcan las condiciones de venta del producto final (concentrados) se conocerán por medio de un estudio de evaluación económica.*

### *V.3 Barrenación Exploratoria.*

*Con base en los levantamientos geológicos, secciones horizontales (plantas), secciones verticales y en la interpretación geológica de los mismos se lleva a cabo la planificación de una adecuada exploración con base en la barrenación a diamante.*

*Después de haber realizado la interpretación geológica, se proyectan los barrenos a diamante en las secciones tanto horizontales como verticales. Por lo general se proyectan de la caliza hacia la zona de skarn, se procura que la inclinación del barreno sea perpendicular al buzamiento de la caliza, de lo contrario se correrá el riesgo de dar el barreno a rumbo del buzamiento y se realizará una mala interpretación geológica o no se encontrara nunca la mineralización.*

*Los barrenos se proyectan con el sistema de abanico, si son más de dos; siempre que sea posible deberán de estar en un mismo plano. Una vez pasado el proyecto del barreno al plano, se procede a "marcarlo" en el terreno; esto se apoya en los puntos topográficos ya existentes en el interior de la mina, para lo cual se utiliza brújula y cinta.*

*Lo anterior es verificado posteriormente con tránsito, tanto el rumbo como la inclinación del barreno, para cada barreno dado se realiza un mapa-sección.*

*El tipo de máquina de barrenación en interior de la mina es la Long Year-24, con fuente de energía eléctrica y el diámetro requerido para la exploración es AX (1 ¼").*

*Para la barrenación a diamante en superficie, se emplean máquinas Long Year 34 y 44 con fuente de energía de combustible y el diámetro requerido es EQ (1 ¾").*

*Para llevar a cabo el muestreo de núcleos de barrenación a diamante, con una máquina corta núcleos, se corta longitudinalmente el núcleo que se va a muestrear, una mitad se manda a ensayar al laboratorio y la otra mitad se guarda como muestra testigo una vez que se ha descrito.*

## VI. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

### VI.A. Análisis.

*Durante la campaña de barrenación a diamante que se desarrolló en el área de cuerpo Alacrán en el distrito minero "LA NEGRA", se barrenaron los siete objetivos planeados, que son los niveles; 2000, 1990, 1980, 1970, 1965, 1960 y 1950. se llegó a barrenar 1655.79 metros, para investigar la continuidad de la mineralización económica del cuerpo Alacrán (Fig. VI.1, 2,3,4,5,6 Y 7).*

*En el laboratorio se realizaron los ensayos, a los núcleos de los barrenos, los cuales presentan leyes que denotan una muy buena mineralización económica (Fig. VI. 1, 2, 3, 4, 5, 6 Y 7).*

*En los trabajos anteriores, se procedió a la realización de mapas de los diferentes niveles mencionados, los que presentan la interpretación de los resultados obtenidos y que denotan la forma del cuerpo o bien la continuidad del cuerpo Alacrán hacia los niveles inferiores al nivel 2000 (Fig. VI. 1, 2, 3, 4, 5, 6 Y 7).*



UNIDAD LA NEGRA  
**ALACRAN NIVEL 2007**

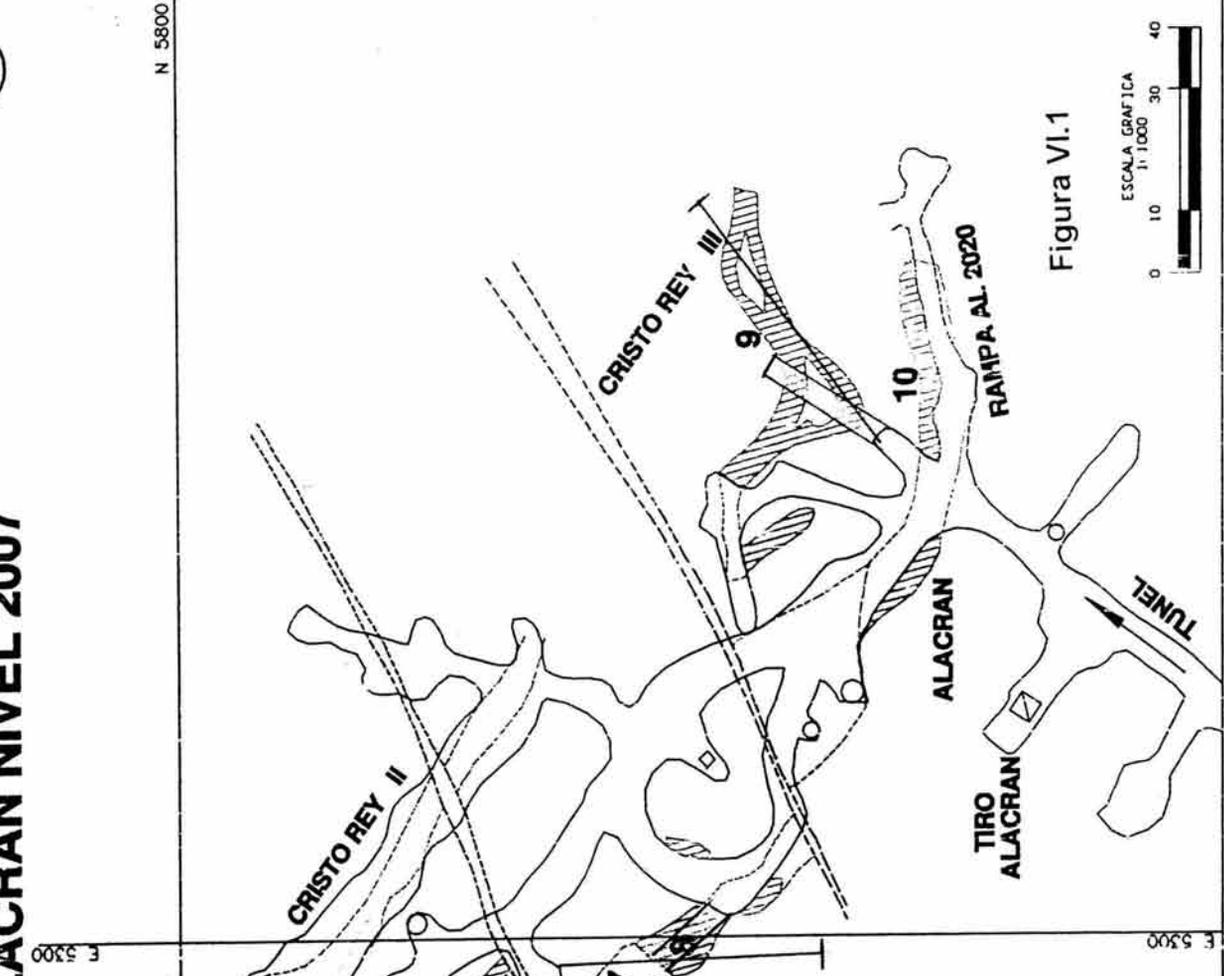
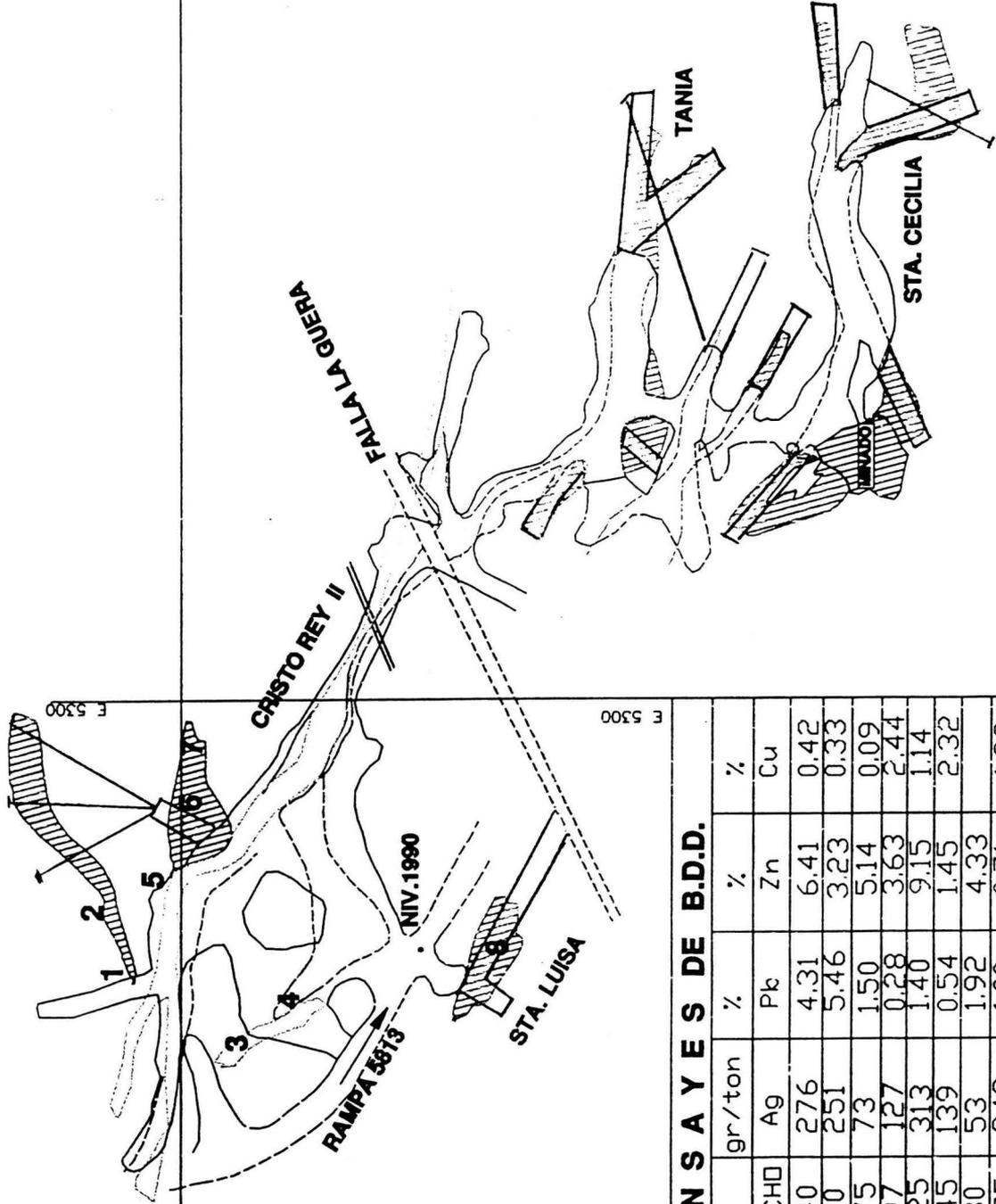


Figura VI.1

| No: | ANCI-10                 | gr./ton |       | %     |      | %              |    | Cu |  |
|-----|-------------------------|---------|-------|-------|------|----------------|----|----|--|
|     |                         | Ag      | Pb    | Zn    | Pb   | Zn             | Cu | Cu |  |
| 1   | 3.24                    | 173     | 4.61  | 4.61  | 0.28 |                |    |    |  |
| 2   | 1.05                    | 1184    | 6.30  | 8.31  | 1.35 |                |    |    |  |
| 3   | 5.75                    | 376     | 1.84  | 8.05  | 1.23 |                |    |    |  |
| 4   | 3.50                    | 350     | 0.92  | 10.38 | 1.03 |                |    |    |  |
| 5   | 0.15                    | 672     | 12.40 | 2.02  | 0.91 |                |    |    |  |
| 6   | PROYECCION STA LUISA    |         |       |       |      | DEL NIVEL 1990 |    |    |  |
| 7   | 7.10                    | 258     | 1.71  | 0.98  | 0.98 |                |    |    |  |
| 8   | 5.75                    | 178     | 1.75  | 1.46  | 0.98 |                |    |    |  |
| 9   | PROYECCION C. REY-III   |         |       |       |      | DEL NIVEL 2020 |    |    |  |
| 10  | PROYECCION STA. CECILIA |         |       |       |      | NIVEL 1990     |    |    |  |



UNIDAD LA NEGRA  
**ALACRAN NIVEL 1990**



**ENSAYES DE B.D.D.**

| No | ANCHD | gr/ton |      |      |      | %  |    |    |    |
|----|-------|--------|------|------|------|----|----|----|----|
|    |       | Ag     | Pb   | Zn   | Cu   | Ag | Pb | Zn | Cu |
| 1  | 0.40  | 276    | 4.31 | 6.41 | 0.42 |    |    |    |    |
| 2  | 1.20  | 251    | 5.46 | 3.23 | 0.33 |    |    |    |    |
| 3  | 0.75  | 73     | 1.50 | 5.14 | 0.09 |    |    |    |    |
| 4  | 1.97  | 127    | 0.28 | 3.63 | 2.44 |    |    |    |    |
| 5  | 8.25  | 313    | 1.40 | 9.15 | 1.14 |    |    |    |    |
| 6  | 7.45  | 139    | 0.54 | 1.45 | 2.32 |    |    |    |    |
| 7  | 1.80  | 53     | 1.92 | 4.33 |      |    |    |    |    |
| 8  | 9.75  | 349    | 1.00 | 0.71 | 1.83 |    |    |    |    |

Figura VI.2

ESCALA GRAFICA  
1" = 1000'



N 5800

E 5300

E 5300

N 5800



# UNIDAD LA NEGRA ALACRAN NIVEL 1980

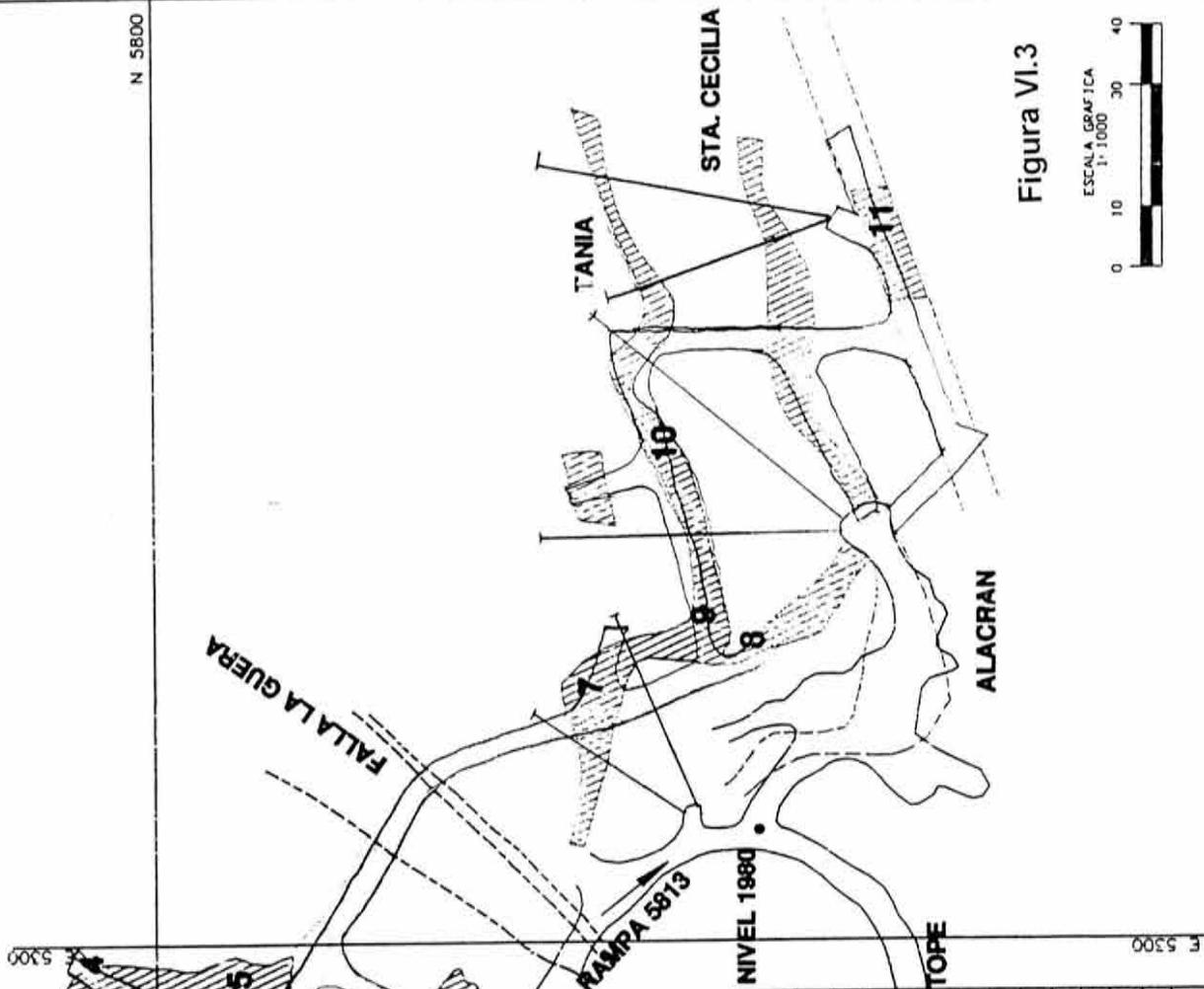


Figura VI.3

ESEALA GRAFICA



## E N S A Y E S DE B.D.D.

| No: | ANCHD | gr/ton |      | %     |      | %  |    | %  |  |
|-----|-------|--------|------|-------|------|----|----|----|--|
|     |       | Ag     | Pb   | Zn    | Cu   | Pb | Zn | Cu |  |
| 1   | 9.40  | 440    | 2.00 | 6.83  | 1.37 |    |    |    |  |
| 2   | 9.20  | 140    | 0.18 | 1.17  | 3.56 |    |    |    |  |
| 3   | 7.00  | 436    | 4.18 | 1.67  | 4.31 |    |    |    |  |
| 4   | 1.80  | 53     | 1.92 | 4.33  | 0.06 |    |    |    |  |
| 5   | 9.30  | 192    | 0.61 | 2.76  | 0.90 |    |    |    |  |
| 6   | 6.00  | 234    | 0.99 | 0.13  | 0.82 |    |    |    |  |
| 7   | 17.10 | 121    | 0.80 | 1.05  | 2.39 |    |    |    |  |
| 8   | 3.90  | 175    | 0.67 | 3.71  | 2.98 |    |    |    |  |
| 9   | 6.50  | 187    | 0.57 | 2.00  | 2.38 |    |    |    |  |
| 10  | 8.95  | 295    | 1.90 | 11.50 | 3.36 |    |    |    |  |
| 11  | 11.20 | 418    | 0.91 | 4.49  | 1.02 |    |    |    |  |

UNIDAD LA NEGRA

# ALACRAN NIVEL 1970

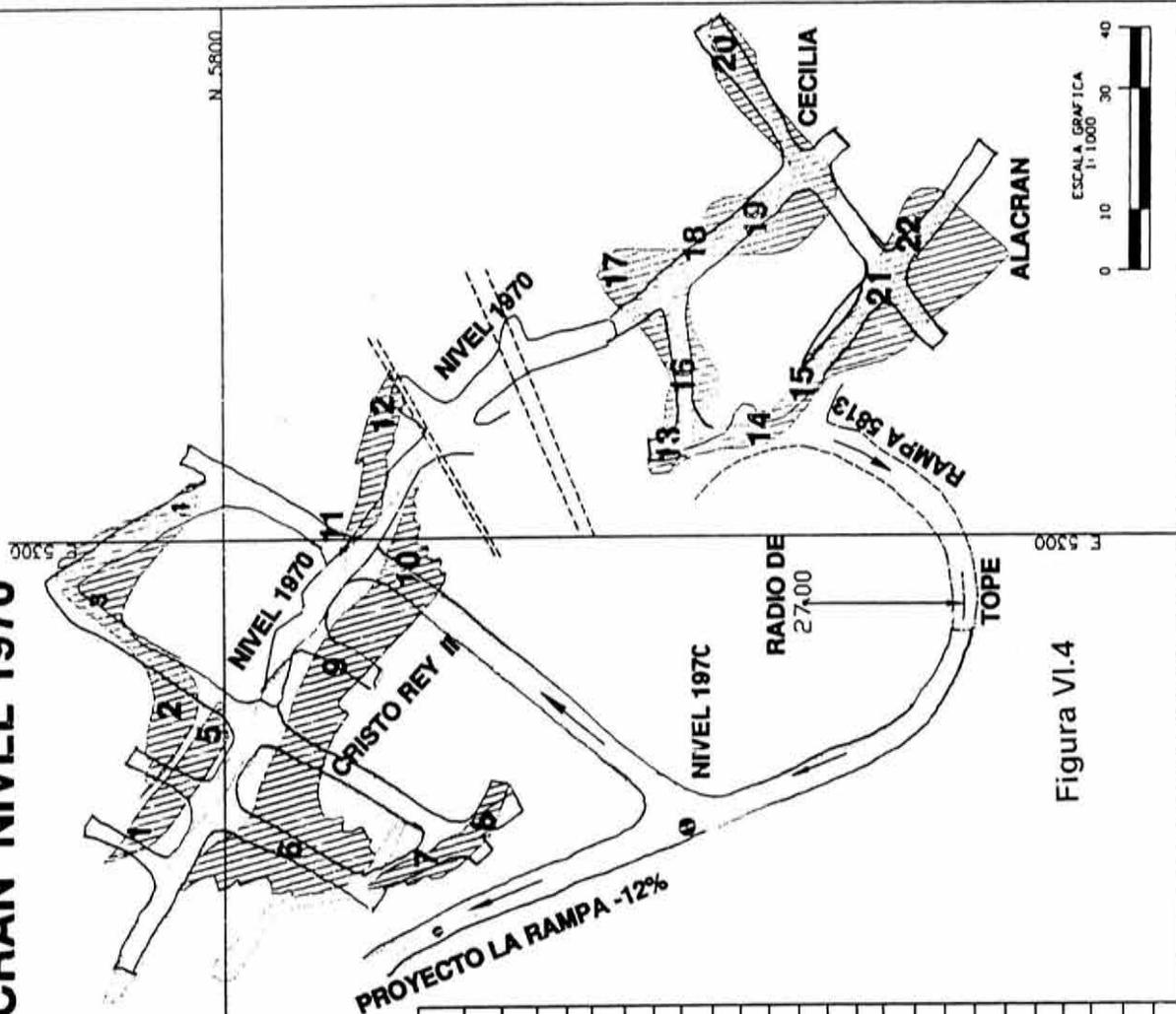


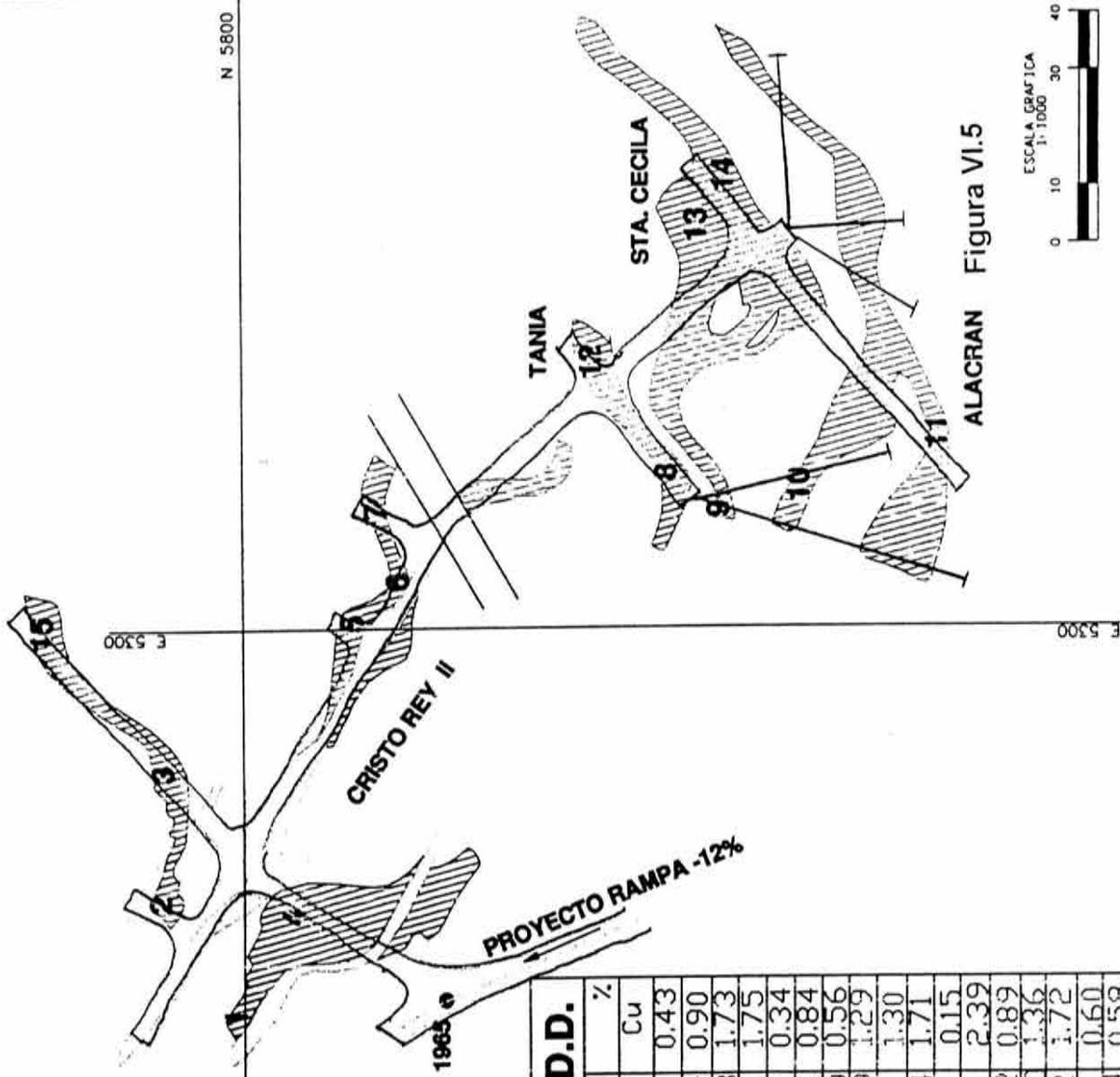
Figura VI.4

## ENSAYES DE B.D.D.

| Noi | ANCHO | gr/ton |      |       |      | %  |    |    |    |
|-----|-------|--------|------|-------|------|----|----|----|----|
|     |       | Ag     | Pb   | Zn    | Cu   | Ag | Pb | Zn | Cu |
| 1   | 6.50  | 205    | 1.32 | 4.64  | 0.20 |    |    |    |    |
| 2   | 6.75  | 159    | 0.65 | 2.38  | 1.73 |    |    |    |    |
| 3   | 15.25 | 237    | 1.64 | 2.68  | 2.44 |    |    |    |    |
| 4   | 1.60  | 414    | 1.84 | 7.97  | 0.44 |    |    |    |    |
| 5   | 7.00  | 436    | 4.18 | 1.67  | 0.81 |    |    |    |    |
| 6   | 8.45  | 121    | 0.14 | 1.72  | 3.31 |    |    |    |    |
| 7   | 5.90  | 512    | 1.82 | 0.15  | 0.66 |    |    |    |    |
| 8   | 2.40  | 927    | 6.41 | 6.41  | 1.50 |    |    |    |    |
| 9   | 7.65  | 568    | 5.61 | 3.17  | 0.46 |    |    |    |    |
| 10  | 6.00  | 234    | 0.99 | 0.13  | 0.82 |    |    |    |    |
| 11  | 9.35  | 89     | 0.25 | 6.70  | 0.81 |    |    |    |    |
| 12  | 7.90  | 64     | 0.25 | 3.99  | 0.56 |    |    |    |    |
| 13  | 8.00  | 138    | 0.47 | 2.97  | 2.26 |    |    |    |    |
| 14  | 1.65  | 206    | 0.44 | 0.84  | 1.30 |    |    |    |    |
| 15  | 6.10  | 104    | 0.32 | 4.94  | 1.71 |    |    |    |    |
| 16  | 6.32  | 143    | 1.93 | 4.28  | 1.75 |    |    |    |    |
| 17  | 17.10 | 121    | 0.08 | 1.05  | 2.39 |    |    |    |    |
| 18  | 2.00  | 154    | 0.64 | 5.55  | 1.60 |    |    |    |    |
| 19  | 11.83 | 337    | 2.38 | 4.65  | 2.01 |    |    |    |    |
| 20  | 8.95  | 298    | 1.90 | 11.50 | 1.36 |    |    |    |    |
| 21  | 8.78  | 53     | 0.21 | 4.69  | 0.46 |    |    |    |    |
| 22  | 6.28  | 24     | 0.14 | 2.91  | 0.45 |    |    |    |    |



UNIDAD LA NEGRA  
**ALACRAN NIVEL 1965**



**E N S A Y E S DE B.D.D.**

| No: | ANCHO | gr/ton |      |       |      | % |  |  |
|-----|-------|--------|------|-------|------|---|--|--|
|     |       | Ag     | Pb   | Zn    | Cu   |   |  |  |
| 1   | 2.55  | 41     | 0.17 | 5.80  | 0.43 |   |  |  |
| 2   | 6.50  | 205    | 1.32 | 4.64  | 0.90 |   |  |  |
| 3   | 6.75  | 159    | 0.63 | 2.38  | 1.73 |   |  |  |
| 4   | 17.65 | 225    | 0.66 | 1.26  | 1.75 |   |  |  |
| 5   | 9.25  | 89     | 0.25 | 6.70  | 0.34 |   |  |  |
| 6   | 9.25  | 89     | 0.25 | 6.70  | 0.84 |   |  |  |
| 7   | 7.90  | 64     | 0.25 | 2.99  | 0.56 |   |  |  |
| 8   | 8.65  | 244    | 1.13 | 5.49  | 1.29 |   |  |  |
| 9   | 1.65  | 206    | 0.44 | 0.14  | 1.30 |   |  |  |
| 10  | 6.10  | 109    | 0.32 | 4.94  | 1.71 |   |  |  |
| 11  | 7.40  | 35     | 0.41 | 5.00  | 0.15 |   |  |  |
| 12  | 19.10 | 121    | 0.08 | 1.05  | 2.39 |   |  |  |
| 13  | 18.78 | 126    | 0.71 | 4.72  | 0.89 |   |  |  |
| 14  | 8.95  | 298    | 1.90 | 11.50 | 1.36 |   |  |  |
| 15  | 1.65  | 229    | 1.24 | 2.02  | 1.72 |   |  |  |
| 16  | 5.90  | 512    | 1.82 | 0.15  | 0.60 |   |  |  |
| 17  | 9.33  | 329    | 4.30 | 2.44  | 0.58 |   |  |  |

ALACRAN Figura VI.5

ESCALA GRAFICA  
1:1000



N. 5800

E. 5300

E. 5300

N. 5800



N 5800

# UNIDAD LA NEGRA ALACRAN NIVEL 1960

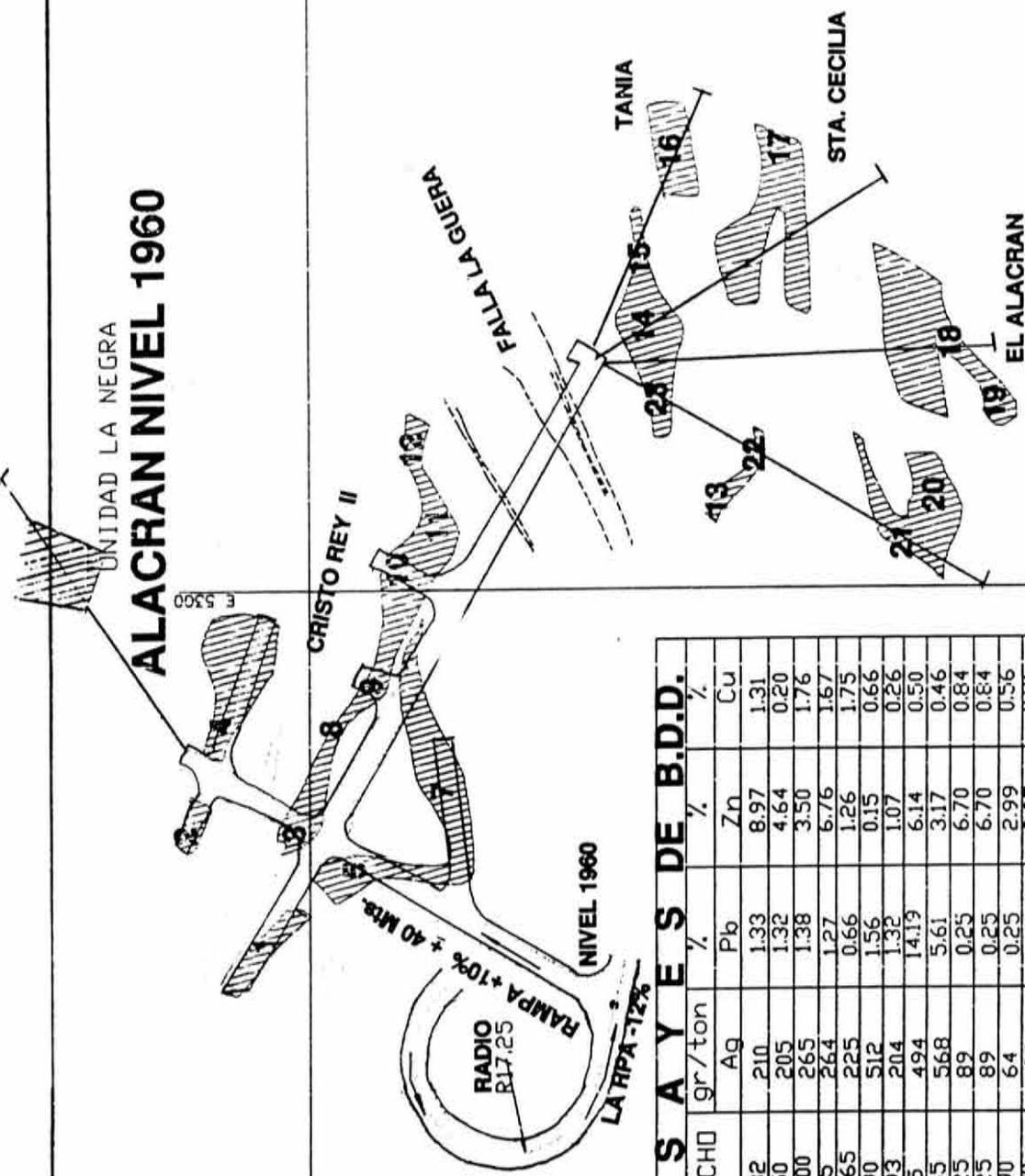


Figura VI.6

| Noi | ANCHDO | gr/ton |       |      |      | %  |    |    |    |
|-----|--------|--------|-------|------|------|----|----|----|----|
|     |        | Ag     | Pb    | Zn   | Cu   | Ag | Pb | Zn | Cu |
| 1   | 3.82   | 210    | 1.33  | 8.97 | 1.31 |    |    |    |    |
| 2   | 6.50   | 205    | 1.32  | 4.64 | 0.20 |    |    |    |    |
| 3   | 14.00  | 265    | 1.38  | 3.50 | 1.76 |    |    |    |    |
| 4   | 6.15   | 264    | 1.27  | 6.76 | 1.67 |    |    |    |    |
| 6   | 17.65  | 225    | 0.66  | 1.26 | 1.75 |    |    |    |    |
| 6   | 5.90   | 512    | 1.56  | 0.15 | 0.66 |    |    |    |    |
| 7   | 6.93   | 204    | 1.32  | 1.07 | 0.26 |    |    |    |    |
| 8   | 1.15   | 494    | 14.19 | 6.14 | 0.50 |    |    |    |    |
| 9   | 7.05   | 568    | 5.61  | 3.17 | 0.46 |    |    |    |    |
| 10  | 9.25   | 89     | 0.25  | 6.70 | 0.84 |    |    |    |    |
| 11  | 9.25   | 89     | 0.25  | 6.70 | 0.84 |    |    |    |    |
| 12  | 7.90   | 64     | 0.25  | 2.99 | 0.56 |    |    |    |    |
| 13  | 8.00   | 138    | 0.97  | 2.97 | 0.26 |    |    |    |    |
| 14  | 9.78   | 275    | 0.90  | 4.94 | 1.88 |    |    |    |    |
| 15  | 3.10   | 75     | 0.40  | 6.01 | 0.60 |    |    |    |    |
| 16  | 12.50  | 177    | 1.04  | 5.62 | 1.11 |    |    |    |    |
| 17  | 18.10  | 213    | 1.29  | 9.50 | 0.98 |    |    |    |    |
| 18  | 6.57   | 48     | 0.41  | 3.37 | 0.30 |    |    |    |    |
| 19  | 7.40   | 33     | 0.31  | 5.00 | 0.15 |    |    |    |    |
| 20  | 15.50  | 89     | 0.40  | 0.94 | 0.96 |    |    |    |    |
| 21  | 5.20   | 153    | 0.70  | 3.80 | 1.55 |    |    |    |    |
| 22  | 1.65   | 206    | 0.44  | 0.84 | 1.29 |    |    |    |    |
| 23  | 6.12   | 319    | 1.00  | 4.61 | 2.08 |    |    |    |    |

## ENSAYES DE B.D.D.

N 5800

E 5300



# UNIDAD LA NEGRA ALACRAN NIVEL 1950

CRISTO REY II

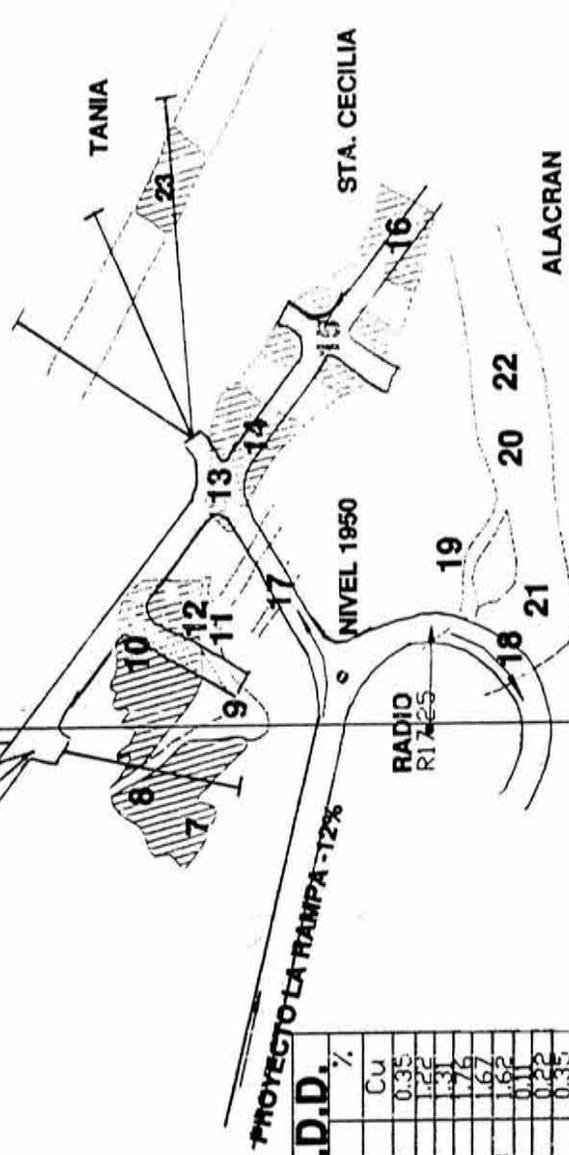
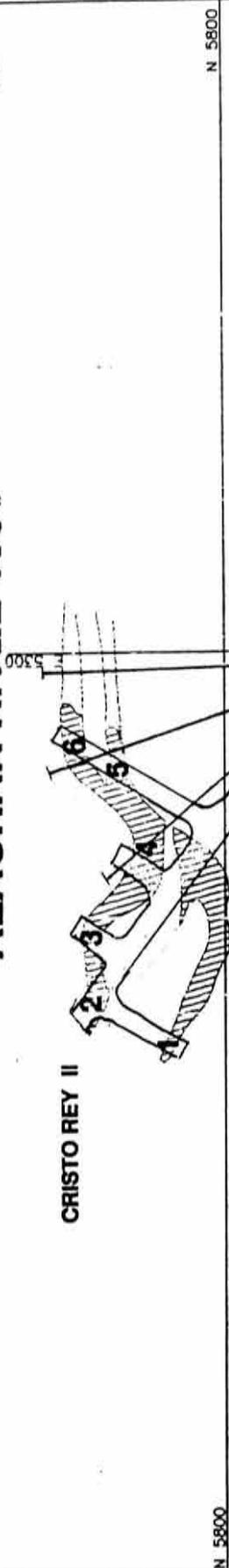
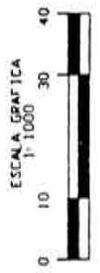


Figura VI.7



| E N S A Y E S DE B.D.D. |       |        |       |       |      |   |
|-------------------------|-------|--------|-------|-------|------|---|
| NoI                     | ANCHD | gr/ton | Pb    | Zn    | Cu   | % |
| 1                       | 365   | 125    | 1.74  | 4.79  | 0.35 |   |
| 2                       | 390   | 150    | 0.72  | 6.02  | 1.22 |   |
| 3                       | 385   | 210    | 1.33  | 8.97  | 1.31 |   |
| 4                       | 19.40 | 265    | 1.38  | 3.50  | 1.76 |   |
| 5                       | 4.15  | 262    | 1.00  | 6.10  | 1.67 |   |
| 6                       | 7.55  | 360    | 1.99  | 11.03 | 1.62 |   |
| 7                       | 6.23  | 71     | 2.01  | 1.65  | 0.11 |   |
| 8                       | 7.20  | 149    | 2.02  | 2.53  | 0.22 |   |
| 9                       | 1.40  | 179    | 4.58  | 2.14  | 0.35 |   |
| 10                      | 12.85 | 305    | 2.70  | 2.60  | 0.36 |   |
| 11                      | 0.20  | 26     | 6.88  | 2.90  | 0.22 |   |
| 12                      | 1.45  | 973    | 10.52 | 7.93  | 1.31 |   |
| 13                      | 8.11  | 317    | 0.99  | 4.63  | 2.09 |   |
| 14                      | 24.20 | 318    | 0.87  | 3.19  | 5.09 |   |
| 15                      | 3.32  | 325    | 2.40  | 4.79  | 2.57 |   |
| 16                      | 6.27  | 205    | 0.90  | 5.47  | 0.67 |   |
| 17                      | 8.00  | 138    | 0.97  | 2.97  | 2.26 |   |
| 18                      | 8.80  | 83     | 0.36  | 1.58  | 0.72 |   |
| 19                      | 2.73  | 38     | 0.17  | 2.90  | 0.21 |   |
| 20                      | 9.55  | 37     | 0.36  | 1.94  | 0.88 |   |
| 21                      | 15.50 | 89     | 0.40  | 0.40  | 0.92 |   |
| 22                      | 9.53  | 43     | 0.42  | 1.80  | 0.32 |   |
| 23                      | 12.50 | 177    | 1.04  | 5.62  | 1.11 |   |

## VI.B. Conclusiones

En el capítulo III se observa que la geología general del distrito minero "La Negra" ofrece buenas perspectivas a futuro en la localización de yacimientos minerales y que ha sido una zona importante el progreso de la región en el rubro minero desde la época colonial, importancia que puede continuarse actualmente.

Este estudio geológico, de carácter preliminar, realizado en el cuerpo Alacrán, en la unidad minera "La Negra", deja obviamente muchos aspectos sin cubrir ya que para lograrlo, es necesario realizar trabajos de exploración mucho más detallados en el área.

Con base en los trabajos realizados en el presente estudio se confirmó que se cuenta con experiencia en la unidad minera "La Negra", en la operación geológica-minera y que a su vez las reservas que se tienen se pueden incrementar, ya que se corroboró la continuidad del cuerpo Alacrán hacia los niveles inferiores al nivel 2000.

En la medida de las circunstancias, y con el fin de proponer lo más lógico posible, además de comparar los diferentes aspectos geológicos del área de estudio, con otros trabajos realizados en la unidad minera "La Negra", se plantean los siguientes comentarios:

Lo más importante sería desarrollar la rampa descendente (5813) del área del cuerpo Alacrán para bajar 50 metros y tener acceso a los niveles 1990, 1980, 1970, 1965, 1960 y 1950. Para así desarrollar un programa, a fin de alcanzar los objetivos propuestos, que son la exploración y preparación conjuntamente.

En la Fig. VI.8 se presenta un proyecto de desarrollo de la rampa descendente (5813), que puede ser una alternativa para dar acceso a los niveles mencionados anteriormente en el cuerpo Alacrán.

La idea es colar 1795 metros de obra directa en la rampa descendente, en el área del Alacrán, que incluye; rampas, cruceros de acceso, frentes, estaciones de barrenación a diamante, contrapozos en mineral, etc, para ubicar reservas y tener su acceso para preparar mina.

Las posibilidades de localizar la continuidad en la mineralización de los cuerpos conocidos y descubrir cuerpos nuevos son excelentes si se toman en consideración los análisis efectuados en el presente trabajo. En consecuencia, se puede "afirmar" que la mina "La Negra" es una unidad minera que tiene un promisorio futuro.

Los resultados obtenidos en la campaña de barrenación a diamante, alcanzaron los objetivos planeados para el cuerpo Alacrán en los niveles inferiores al nivel 2000, como son continuidad del cuerpo mineral, calidad del mineral, con buenas expectativas dado que la ley promedio general del área barrenada (área Alacrán) arroja resultado promedio de: 178 g/t de Ag, 1.17% de Pb, 3.125 de Zn y 0.575 de Cu.

La ley obtenida con esta barrenación arroja valores por encima de 39.75 U.S.D/tonelada y además es una área muy amplia de la cual se puede llegar a cubicar más de 413,300 toneladas por año y dejar preparadas más de 475,500 toneladas para tumbar, de mineral considerado de muy buena calidad.

Los datos anteriores comparados con las leyes promedio que se han explotado en la unidad minera "La Negra"; 176 g/t de Ag, 1.11% de Pb, 2.27% de Zn, y 0.46% de Cu, indica interés económico y alienta a continuar con las obras de prospección y desarrollo.

# PROYECCION LONGITUDINAL T(NE) 45° VIENDO AL NW

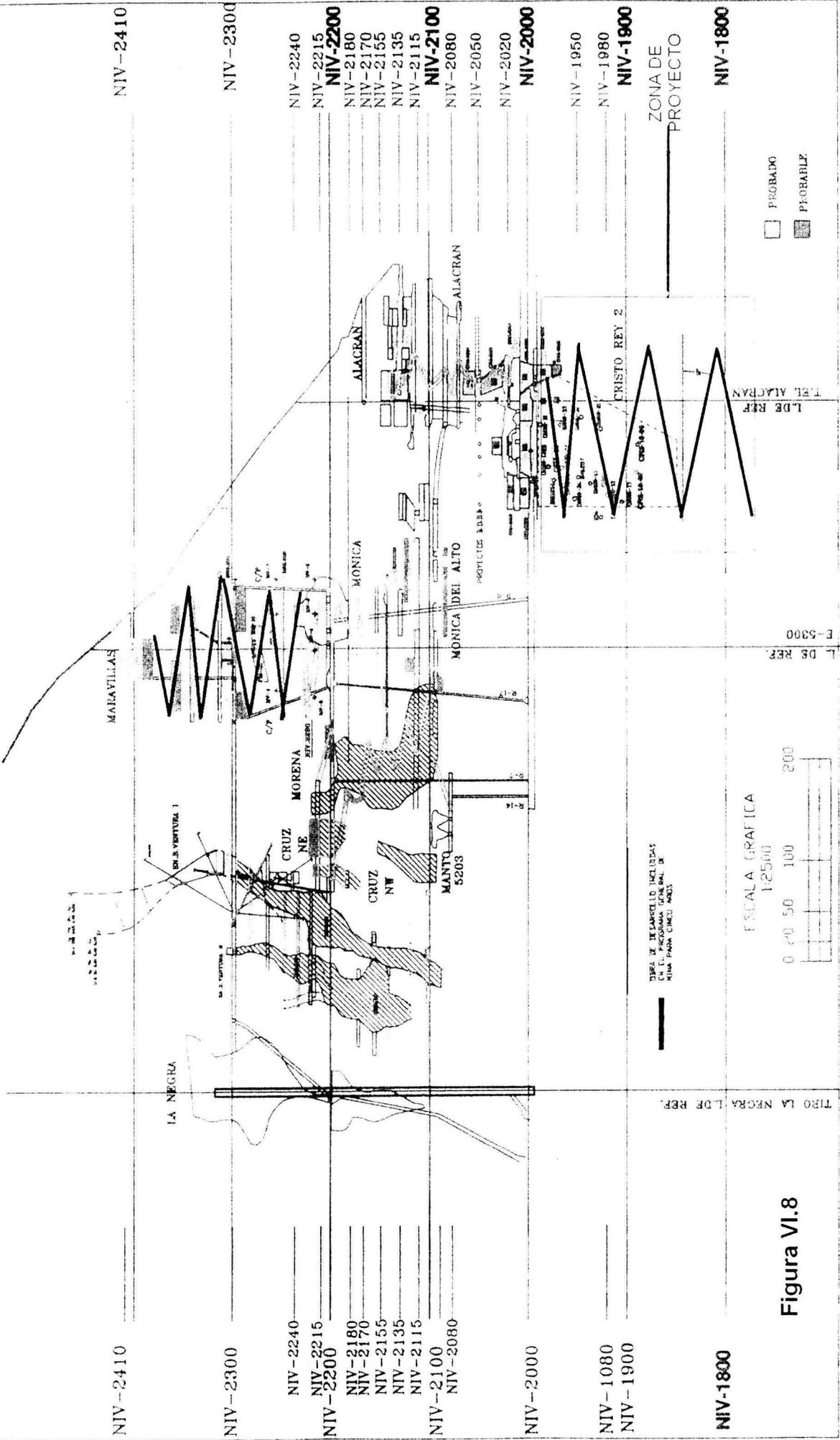


Figura VI.8

## BIBLIOGRAFÍA

- **Carrillo M. Y Max Sutter**  
Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro  
Libro guía de la excursión geológica a la Región de Zimapán y  
áreas circundantes Estados de Hidalgo y Querétaro.  
Sociedad Geológica Mexicana  
VI Convención geológica Nacional. 1982.
  
- **Gaytán Rueda José E.**  
Algunos Yacimientos Minerales de la República Mexicana  
GEOLOGIA DEL DEPOSITO MINERAL DE LA NEGRA  
American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum  
Engineers.Sección México  
México, 1973
  
- **Gaytán Rueda José E.**  
Exploration and development at the Negra Mine, Maconí,  
Querétaro,Mex.  
Thesis Master of Science with a major in Geological Ennginering  
in the Graduate College  
The University of Arizona. 1975
  
- **Huerta López Pedro**  
Unidad Minera "La Negra" Maconí Qro.  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
Tesis Profesional, 1977
  
- **INDUSTRIAS PEÑOLES. S.A.. DE C.V.**  
PRIMER SIGLO DE PEÑOLES 1887-1987  
BIOGRAFÍA DE UN ÉXITO  
México D.F. Noviembre, 1988.

- **INDUSTRIAS PEÑOLES, S.A. DE C.V.**  
 PEÑOLES GRUPO MINAS  
 Cia. Minera La Negra y Anexas, S.A. de C.V.  
 Título: UNIDAD LA NEGRA.  
 Editado por IFIMS, S.C.  
 Junio, 1991.
  
- **López Aburto Víctor Manuel**  
 Fundamentos para la explotación de minas.  
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 Facultad de Ingeniería  
 México, D.F. 2003
  
- **López Ramos Eduardo**  
 Geología de México  
 Tomo II  
 Segunda Edición  
 México, D.F. 1980.
  
- **Park and Mak Diarmid**  
 ORE DEPOSITS  
 W.H.FREEMAN and Company  
 Thirdt Edition,  
 U.S.A. 1975
  
- **Petersen U. y Burt D.**  
 Características generales de los yacimientos en skarn  
 Boletín de la Sociedad Geológica de Perú.  
 Tomo XLIV  
 Junio, 1974

- **Quezada Muñeton Juan M. y Sarmiento Bravo Rolando**  
 Estratigrafía de la Republica Mexicana.  
 Geología Petrolera de México  
 Evolución Tectónica.  
 Coordinación Ejecutiva de Exploración de la Subdirección de  
 Producción Primaria de Petroleros Mexicanos.  
 Apuntes inéditos PEMEX.  
 Méx. D.F. 1987.
  
- **Salas Guerra Guillermo P.**  
 Geología Económica de México  
 Fondo de Cultura Económica S.A. de C.V.  
 México D.F. 1988.
  
- **Simons F.S. y Mapes**  
 Geología y yacimientos minerales del distrito minero de Zimapán  
 Estado de Hidalgo  
 Boletín Instituto Nacional, 1956.
  
- **Southworth J.R.**  
 LAS MINAS DE MÉXICO  
 (Edición ilustrada)  
 HISTORIA-GEOLOGÍA-ANTIGUA MINERÍA Y DESCRIPCIÓN  
 GENERAL DE LOS ESTADOS MINEROS DE LA REPUBLICA  
 MEXICANA  
 Tomo IX  
 México D.F. 1905.