

5
2 ej'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**GEOLOGIA Y PROSPECCION MINERA EN EL AREA
"AIRE LIBRE", MUNICIPIO DE TEZIUTLAN, PUEBLA**

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO GEOLOGO

PRESENTAN :

**FRANCISCO CHAVELAS LLUCK
MANUEL FLORES AYALA
LUIS ALBERTO GOMEZ ALVARADO
JOSE LUIS MONROY ESPINOZA
SILVESTRE GERARDO ROSALES MEJIA**

1991

FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

	<i>página</i>
I. INTRODUCCION.	5
1.1 OBJETIVO DEL TRABAJO.	
1.2 TRABAJOS PREVIOS.	
1.3 HISTORIA MINERA DE LA REGION.	
II. GEOGRAFIA.	11
2.1 LOCALIZACION.	
2.2 VIAS DE ACCESO.	
III. FISIOGRAFIA.	14
3.1 FISIOGRAFIA.	
3.2 HIDROGRAFIA.	
IV. GEOLOGIA REGIONAL.	18
4.1 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA.	
4.1.1 ROCAS PALEOZOICAS.	
4.1.2 ROCAS MESOZOICAS.	
4.1.3 ROCAS CENOZOICAS.	
4.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.	
4.3 GEOLOGIA HISTORICA.	
V. GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO "AIRE LIBRE".	37
5.1 LITOLOGIA.	
5.1.1 UNIDAD METAMORFICA.	
5.1.2 ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS.	
5.1.3 ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS.	
5.1.4 DEPOSITOS RECIENTES.	
5.2 EDAD DE LA UNIDAD METAMORFICA.	
5.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.	
VI. YACIMIENTOS MINERALES.	47
6.1 PARAGENESIS.	
6.2 ROCA ENCAJONANTE.	
6.3 ESTRUCTURAS.	
6.4 LEYES Y EVALUACION.	

C O N T I N U A I N D I C E

	<i>página</i>
VII. CRITERIOS DE PROSPECCION.	57
7.1 CRITERIO FISIOGRAFICO.	
7.2 CRITERIO LITOLOGICO.	
7.3 CRITERIO GEOFISICO.	
7.4 CRITERIO ESTRUCTURAL.	
7.4.1 DATOS ESTRUCTURALES.	
7.4.2 INTERPRETACION ESTRUCTURAL.	
7.4.3 SINTESIS ESTRUCTURAL	
7.4.4 PROGRAMA DE BARRENACION	
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	83
8.1 CONCLUSIONES.	
8.2 RECOMENDACIONES.	
BIBLIOGRAFIA.	89
ANEXO PETROGRAFICO.	93
PLANO.	

I INTRODUCCION.

1.1 OBJETIVO DEL TRABAJO.

1.2 TRABAJOS PREVIOS.

1.3 HISTORIA MINERA DE LA REGION.

I INTRODUCCION.

En la actualidad el mundo requiere una mayor producción de bienes de consumo para cubrir las necesidades de una población creciente: ésta situación se acentúa en los países en vías de desarrollo, entre los cuales destaca México.

Para que en el país se nivele la oferta y la demanda de estos bienes de consumo, se requiere gran cantidad de materias primas que soporten el desarrollo. Para incrementar la producción de materias primas es necesario hacer una prospección de sus recursos naturales y una mejor explotación desde el punto de vista técnico como racionalmente.

1.1 OBJETIVO DEL TRABAJO.

El presente trabajo pretende conocer y definir las características geológicas del yacimiento mineral del distrito minero de "Aire Libre" para evaluar su potencial minero y determinar sus posibilidades de explotación.

Si es factible su explotación, esto repercutirá directamente en la economía de la región, ya que es una fuente de trabajo que ayudará a aumentar el nivel de ingresos de sus pobladores; además, una mina necesita de una infraestructura, que estimula la actividad agrícola,

ganadera y comercial. Cuando una región ha crecido en los campos antes mencionados se pueden construir escuelas e incrementar el nivel educativo y cultural de su población.

Un segundo objetivo es: Encontrar las guías de mineralización, base para la exploración minera, que sean útiles para la zona de estudio como a nivel regional.

1.2 TRABAJOS PREVIOS.

Tanto en la ciencia como en la ingeniería se puede aplicar lo que una vez dijo Isaac Newton "Nuestra visión y conocimiento no se debe solo a nosotros mismos, sino que somos enanos subidos en los hombros de gigantes, siendo ésta la razón por la que nuestra vista abarca una gran área".

Algunos hombres que con sus estudios aportaron conocimientos e ideas para comprender la geología del área de Teziutlán, Puebla, se mencionan a continuación:

* Gómez, Julio; 1916, El Mineral "La Aurora", distrito de Teziutlán, Pue.: Tomo II, Vol. NO. 8: BMB (1916).

* Edelen A. W. y Lee H. M.: 1936, The Teziutlan Cooper-Zinc Deposit., Teziutlán, Puebla, México: Technical Publication No. 858: American Institute of Mining and Metallurgical Engineers: p.p. 314-323.

* López Ramos E.; 1950, Secciones Cretácicas y Jurásicas del Norte de Teziutlán, Puebla; Vol. No. 29, A.M.G.P.; p.p. 549-555.

* Olivera R. M.; 1953, Influencia del Macizo de Teziutlán sobre los sedimentos Mesozoico y Terciario, y Posibilidades petroleras de éstos.

* Olivera R., Moisés; 1953, Informe Geológico de la Provincia del Macizo de Teziutlán, Puebla; Vol. No. 5, A.M.G.P.

* Viniegra Osorio, Francisco; 1965, Geología del Macizo de Teziutlán y la Cuenca Cenozoica de Veracruz; Vol. No. 17, A.M.G.P.; p.p. 100-135.

* Viniegra Osorio, Francisco; 1966, Paleogeografía y Tectónica del Mesozoico en la Provincia de la Sierra Madre y Macizo de Teziutlán, Puebla; Vol. No. 13, A.M.G.P.; p.p. 146-157.

* Tarango, Guillermo; 1967, Estudio Geológico Petrolero del Area Río Laxaxalpa, Teziutlán, Puebla; I.P.N. Tesis Profesional E.S.I.A.

* Ordóñez, Georges; 1974-1975, Informes de Asesoría Técnica; Correspondencia Interna Compañía Minera Autlán, S.A. de C.V. (Inéditos).

* Pano A., Tarango G., Salazar S.; 1975, Aspectos Técnicos y Estructurales de la Cuenca Apizaco-Zongolítica, Alto de Teziutlán y Cuenca de Tampico-Mizantla; VI Excursión Petróleos Mexicanos, zona de Poza Rica; p.p. 11-75.

* Chelen F., Jorge ; 1978, Estudio Geológico y Análisis Estructural del Distrito Minero de Aire Libre, Teziutlán, Puebla, México; IV Congreso Latinoamericano de Geología.

* Chelen, Jorge y Flores A., Manuel; 1979, Estudio Geológico y Análisis Estructural de Distrito Minero de Aire Libre, Teziutlán, Puebla, México; Informe de Minera Autlán (inédito).

* Zamorano Montiel, Gustavo; 1986, Informe sobre los Estudios Preliminares del Area de Teziutlán, Puebla; Informe Técnico, C.R.M.

1.2 HISTORIA MINERA.

Desde el siglo pasado ya se tenía conocimientos del yacimiento que dio origen a la mina de "La Aurora", localizada en Aire Libre, Puebla.

En el año de 1887 el señor Vicente Lombardo fundó la compañía "The Teziutlan Mining and Smelting Co.", que inició la explotación de la mina de "La Valenciana", ubicada en el área de estudio. Por estas fechas, se empezaban a conocer los primeros descubrimientos de "La

Aurora" años después se fundó "The Teziutlan Cooper Co."; ésta inició la explotación de la mina "La Aurora". En 1900 se fusionaron ambas empresas, con el nombre "The Teziutlan Cooper Co." y principió una época de bonanza; sin embargo, entre los años 1910-1914 los trabajos fueron interrumpidos debido a la Revolución Mexicana.

En 1918 se asoció con los grupo Real del Monte y Pachuca, San Luis Mining y The Fresnillo Company.

En 1920 se asoció a la "Mexican Zinc Corporation" y finalmente, en el año de 1935 la compañía minera Asarco, S.A., se hizo cargo de la explotación de "La Aurora"; tres años después se suspendió la explotación definitivamente.

En 1970 "Compañía Minera Autlán, S.A. de C.V." adquirió la concesión minera para exploración, misma que continua hasta la fecha.

II GEOGRAFIA.

2.1 LOCALIZACION.

2.2 VIAS DE ACCESO.

II GEOGRAFIA.

2.1 LOCALIZACION.

La zona de estudio se encuentra ubicada en la porción septentrional del Estado de Puebla, muy cerca del Estado de Veracruz; Al Norte de la ciudad de Teziutlán, Puebla; al Oeste del poblado de Aire Libre; y al Este del poblado de Hueyapán (fig. No. 2.1).

De acuerdo con sus coordenadas geográficas se localiza entre los paralelos $19^{\circ} 51' 20''$ y $19^{\circ} 51' 30''$ Latitud Norte y entre los meridianos $97^{\circ} 23' 15''$ y $97^{\circ} 26' 15''$ Longitud Oeste.

La ciudad de Teziutlán se localiza a 177 Km de la ciudad de Puebla; 46 Km. de Zaragoza, Puebla; 24 Km. de Altotonango, Veracruz; 50 Km. de Perote, Veracruz; 102 Km. de Jalapa, Veracruz y a 54 Km. de Martínez de la Torre, Veracruz. Todas las distancias son medidas sobre la carretera.

La distancia aproximada de Teziutlán a Aire Libre es de 12 Km. sobre terracería.

2.2 VIAS DE ACCESO.

Para llegar a la zona de estudio desde la ciudad de Puebla; existe la carretera Federal No. 150, Puebla-Amozoc, que al llegar a Amozoc, situada a 14 Km. de Puebla continúa por la carretera Federal No. 129, Amozoc-Perote; cruza las ciudades de Nopalucan, Rafael R. Grajales, San José Chiapa, Tequizquitla, Oriental, Libres, Ocotepcc, Coyoaco, Zaragoza, Tlatlauquitepec, Teteles, Chignautla y por último llega a Teziutlán, donde continúa al Norte de la ciudad por un camino de terracería y tiene acceso al poblado de Aire Libre.

Otra forma es llegar a la ciudad de Teteles donde existe una carretera rumbo al Norte, para llegar a Hueyapán, y se sigue en dirección Este por un camino de terracería hacia la zona de estudio (ver figura N° 2.1).

III FISIOGRAFIA.

3.1 FISIOGRAFIA.

3.2 HIDROGRAFIA.

III FISIOGRAFIA.

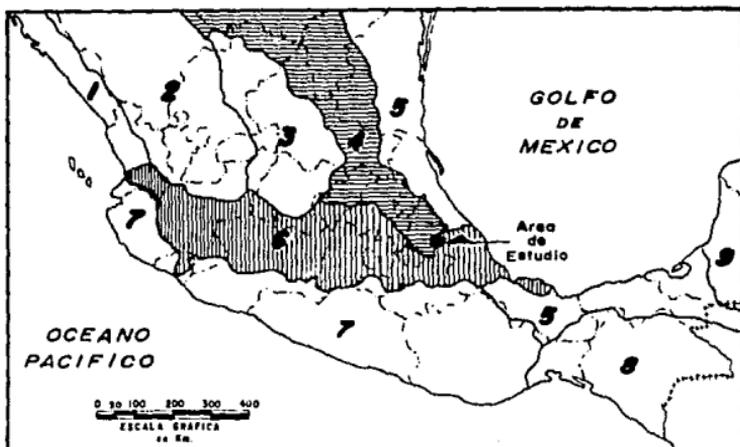
3.1 FISIOGRAFIA.

La zona de estudio, se encuentra enclavada entre los límites de dos provincias fisiográficas, la Sierra Madre Oriental, representada por rocas sedimentarias, y el Eje Neovolcánico, constituido localmente por basaltos y tobas (fig. N° 3.1).

Las rocas sedimentarias plegadas de la Sierra Madre Oriental afloran en la Sierra de Chiconquiaco, ubicada en la parte Sur del área de estudio; y al Norte, a sólo unos metros del límite de la región, comienzan los grandes afloramientos sedimentarios. Las rocas ígneas se encuentran en los valles como flujos basálticos y tobas riolíticas, al Sur de la región se localiza la Caldera de los Humeros, perteneciente a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico.

De esta manera, se puede ubicar a la región como parte de la subprovincia de "Sierras Altas" (E. Raisz, 1964) perteneciente a la Sierra Madre Oriental, compuesta localmente de un sistema montañoso con orientación NW-SE.

Asimismo, la región se sitúa dentro de la provincia de "Sierra de Chiconquiaco-Teziutlán" (Alvarez Jr., 1961) representada por sierras



- | | | | |
|---|-----------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | Cordilleras Sepultadas. | 6 | EJE NEOVOLCANICO. |
| 2 | Sierra Madre Occidental. | 7 | Sierra Madre del Sur. |
| 3 | Mesa Central. | 8 | Tierras Altas de Chiapas y Guatem. |
| 4 | SIERRA MADRE ORIENTAL. | 9 | Yucatán. |
| 5 | Planicie Costera del Golfo. | | |



UNAM
Facultad de Ingeniería

Figura
3.1

PROVINCIAS
FISIORAFICAS

TESIS DE LICENCIATURA

con alturas mayores a los 2,800 m.s.n.m., cuya topografía es muy abrupta.

Aunque es una zona de transición entre dos provincias, se propone que se considere dentro de la S. M. O. , dado que el área de estudio tiene grandes porciones de rocas sedimentarias. Además, porque la mina de "La Aurora", se sitúa como el basamento de la columna estratigráfica; por tanto, es más sencillo localizar los esquistos (pérmicos), que alojan la mineralización, al conocer las partes donde afloran las rocas triásicas.

3.2 HIDROGRAFIA.

Teziutlán presenta precipitación pluvial en la mayor parte del año, como consecuencia de la gran cantidad de humedad contenida en la atmósfera, esto provoca que existan ríos y arroyos perennes. Julio Gómez, reporta en 1916 que en la mina de "La Aurora" las bombas centrífugas extraían un gasto total de agua de 2,640 litros por minuto.

El drenaje que se observa es de tipo dendrítico, también se presenta en forma errática y en línea recta sigue el rumbo de las fallas.

Los ríos principales son: El Nautla y el Tecolutla que desembocan en el Golfo de México y que tienen como afluentes los arroyos Laxaxalpan, Necaxa, Tenango, Tehuantepec, Jocalpan y Chichicatzapa;

el río Apulco con sus arroyos Coxolesco, Xacayucan y Atexcaco
alimenta la presa Apulco, en donde nace el río Tecolutla.

IV GEOLOGIA REGIONAL.

4.1 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA.

4.1.1 ROCAS PALEOZOICAS.

4.1.2 ROCAS MESOZOICAS.

4.1.3 ROCAS CENOZOICAS.

4.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

4.3 GEOLOGIA HISTORICA.

IV GEOLOGIA REGIONAL.

El marco geológico que circunda a la zona de estudio está constituido por rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas, cuyas edades varían de el Pérmico hasta el Reciente (plano N° 4.1).

Constituye lo que Pano et. al. (1975) reconocen como "El Anticlinorio de Teziutlán", las rocas más antiguas que afloran son esquistos del Pérmico; a éstos, sobreyace discordantemente, un paquete de rocas sedimentarias de tipo continental de edad Triásico Medio, las cuales afloran cerca del área de estudio. A su vez, estas subyacen a sedimentos marinos del Jurásico.

En el área los sedimentos del Cretácico no afloran, ya que fueron erosionados o cubiertos por una serie de rocas ígneas extrusivas (basaltos, riolitas, tobas, cenizas volcánicas) con algunos diques; la secuencia anterior está comprendida desde el Terciario hasta el Reciente.

Por último, se tiene la presencia de sedimentos lacustres, de talud y aluvión, todos ellos del Reciente.

Con base en la información anterior, se establece la columna geológica (fig. N° 4.2) que, en forma generalizada, se describe a continuación.

ERA	SISTEMA	PERIODO	PISO	EDAD M.A.	SIERRA DE CHIGNAUTLA		
CENOMONICO	CUATERNARIO		HOLOCENO	10	UNIDAD IGNEA Igi - Ige		
			PLEISTOCENO	1.6			
	TERCIARIO		PLIOCENO	5.3			
			MIOCENO	23.7			
			OLIGOCENO	36.6			
			EOCENO	57.8			
			PALEOCENO	66.4			
		MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR		MAESTRICHTIANO	74.5
						CAMPANIANO	84.0
						SANTONIANO	87.5
CONIACIANO	88.5						
TURONIANO	91.0						
MEDIO	CENOMANIANO			97.5			
	ALBIANO			113.0			
	APTIANO			118			
	BARREMIANO			124			
	HAUTERIVIANO			131			
CENOZOICO	JURASICO	SUPERIOR	WILMINGTONIANO	134			
			HAUTERIVIANO	144			
			VALANGINIANO	152			
			BERRIASIANO	156			
			TITONIANO	163			
		MEDIO	BONONIANO	169			
			HAVRIANO	176			
			SEQUANIANO	183			
			ARGOVIANO	183			
			DIVESIANO	183			
CENOZOICO	TRIASICO	MEDIO	CALLOVIANO	208			
			BATHONIANO	230			
			BAJONIANO	240			
		SUPERIOR	LIASICO	245			
			RETIANO	286			
			NORIANO	320			
			CARNIANO	360			
		MEDIO	LADINIANO	408			
			ANISIANO	458			
			SEYTIANO	505			
PERMICO	570						
PALEOZOICO			PENSILVANICO	286			
			MISISIPICO	320			
			DEVONICO	360			
			SILURICO	408			
			ORDOVICICO	458			
			CAMBRICO	505			
			PREPALEOZOICO	PRECAMBRICO	570		
					TAMAN (Jt)		
					SAN PEDRO (Jap)		
					SANTIAGO (Jag)		
					TEPEXIC (Jtp)		
					TENEXCATE (Jtx)		
					HUAYACOCOTLA (Jht)		
					METAMORFICO (Pe)		

 NO AFLORA

 NO DEPOSITO



UNAM
Facultad de Ingeniería
TESIS DE LICENCIATURA

COLUMNA
GEOLOGICA

Figura
4.2

4.1 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA.

4.1.1 ROCAS PALEOZOICAS.

A) Pérmico.

En la región se distingue una secuencia metamórfica integrada principalmente por esquistos y metandesitas, cuya edad es del Pérmico o anterior.

ESQUISTOS.

Definición.- La unidad más antigua que aflora en la región esta compuesta por esquistos del Pérmico, fechados por los análisis practicados por el Ing. R. Mújica (comunicación verbal), por medio del método Potasio-Argón; la muestra analizada fue un esquisto de cuarzo-muscovita, recolectada en las cercanías de la presa "La Soledad" (Mazatepec), ubicada al "NW" del área de estudio.

Distribución.- Esta unidad aflora en forma de ventanas estructurales y se presenta comúnmente en los bajos topográficos, así como en los lechos de los arroyos. Fue posible distinguir cuatro afloramientos de ésta unidad: El principal, ubicado al "W" del poblado "Aire Libre", abarca la falda Norte del cerro Ozomat Chico; un segundo afloramiento se localizó en los alrededores de Atexcaco, al "NW" de

"Aire Libre"; igualmente, en la proximidad de la ranhería "La Unión" se observó otro afloramiento; por último, entre los poblados de San Acateno y San Diego se presenta otro afloramiento.

Litología.- El principal afloramiento está compuesto por esquistos de color verde, constituido por cuarzo, clorita, sericita y plagioclasas alteradas con planos de esquistosidad bien definidos; en la parte superior se observan segregaciones de cuarzo. En ésta unidad, se encuentra encajonado el yacimiento que dio origen al distrito minero de "Aire Libre".

En los alrededores de Atexcaco, el esquisto es de color gris claro, micáceo y silicificado, compacto en algunos lugares y deleznable en otros; sus planos de esquistosidad presentan una orientación N 22°W/ 30°-50° NE y se observan cristales de pirita diseminados esporádicamente. También, se presentan diques de composición ácida a intermedia perpendiculares a los planos de esquistosidad; en ésta zona es posible observar el contacto discordante entre los esquistos y derrames de basalto.

En el afloramiento de la ranhería "La Unión", el esquisto presenta un color verde oscuro y está compuesto principalmente de actinolita-epidota-clorita, con una estructura masiva y compacta, y algunos cristales de pirita diseminados.

Por último, el afloramiento localizado entre los poblados de San Acateno y San Diego, presenta esquistos de color verde amarillento,

compuesto principalmente de cuarzo-sericita, con magnetita y pirita diseminados esporádicamente.

Relaciones Estratigráfica.- Esta unidad metamórfica se puede considerar como el núcleo o protoje de la cadena orogénica de la Sierra Madre Oriental, según Viniegra (1965) quién, dentro del área denominada Macizo de Teziutlán, la reconoce con el nombre de "Formación Filítica". Tarango, Pano y Salazar (1975), postulan a ésta formación como el núcleo de la estructura denominada "Anticlinorio de Teziutlán".

METANDESITA.

Definición.- En la parte superior de los esquistos se logra distinguir un miembro el cual es denominado por Zamorano (1986), como Metandesita. Para efectos de éste trabajo, dicha unidad se considerara como parte de la secuencia metamorfica.

Distribución.- Este miembro fue posible distinguirlo en la porción "NW" del área de estudio, en las proximidades de la ranchería "La Unión", y en los afloramientos del cuerpo La Aurora.

Litología.- Esta roca presenta una coloración verdosa con una textura esquistosa y estructura masiva; está constituida por plagioclasas sódico-cálcicas, clorita, magnetita y pirita.

4.1.2 ROCAS MESOZOICAS.

En el área de estudio, al sur de la sierra de Chignautla se identifica un paquete de rocas sedimentarias, el cual Pano y Salazar (1975), dentro de la VI Excursión Geológica de Petróleos Mexicanos, describen una columna estratigráfica de edad Jurásico la cual se menciona a continuación.

A) Jurásico Inferior.

FORMACION HUAYACOCOTLA.

Definición.- Esta formación fue definida por Imlay, Cepeda, Alvarez Jr. y Díaz en 1954. Esta constituida, de la base hacia la parte superior, por conglomerados, areniscas y lutitas cementadas por material arcillo-arenoso de color gris oscuro y calizas arenosas con pelecípodos. Sobre estas calizas, se hallan más de 500 m. de lutitas carbonosas que alternan con capas delgadas de areniscas de color gris oscuro.

Localidad Tipo.- La formación Huayacocotla se encuentra expuesta en un tramo del río Vinazco, cerca del poblado Huayacocotla, Veracruz.

Distribución.- Aflora en la falda sur de la Sierra de Chignautla (plano N° 4.1).

Litología.- Dentro del área de estudio, está constituida, en la parte inferior, por un conglomerado de fragmentos de areniscas, cuarzo y esporádicos fragmentos de esquistos, con cementante arcillo-calcáreo. En la parte superior, presenta areniscas bien consolidadas, lutitas verdosas y lutitas carbonosas color gris oscuro.

Relaciones Estratigráficas.- La formación Huayacocotla descansa discordantemente sobre la formación Huizachal, la cual no aflora en el área de estudio; la sobreyace, en forma discordante, la formación Cahuasas en su facies Tenexcate. La edad que se le ha dado a la formación Huayacocotla es Sinemuriano, debido a que se han encontrado amonitas de esta edad, como lo son Arnioceras y Vermíceras, las cuales se encuentran en abundancia en el kilometro 27 de la carretera Tlatlauqui-Mazatepec (fuera del plano), relativamente cerca de la zona de estudio.

B) Jurásico Medio

FORMACION CAHUASAS (FACIES TENEXCATE).

Definición.- Carrillo Bravo, en 1958, definió como Formación Cahuasas a una secuencia de más de 1,000 metros de espesor de areniscas, conglomerados y limolitas de color rojo que contienen abundantes laminillas de mica blanca.

Localidad Tipo.- La Formación Cahuasas se encuentra expuesta sobre el Río Amajac, al Sureste de Chapulhuacán, Estado de Hidalgo, en el lugar conocido como Rancho Cahuasas.

Distribución.- La Formación Cahuasas en su Facies Tenexcate está expuesta en la Sierra de Chignautla (plano N° 4.1).

Litología.- Está constituida por un conglomerado de fragmentos ígneos redondeados y subredondeados.

Relaciones Estratigráficas.-En la Sierra de Chignautla, descansa en forma discordante sobre la Formación Huayacocotla, le sobreyace discordantemente la Formación Tepexic. Por su posición estratigráfica se le considera del Bajociano-Batoniano.

D) Jurásico Superior

FORMACION TEPEXIC.

Definición.- Fue descrita por Erben (1956) con el nombre de Calcarenita Tepexic. Bonet y Carrillo (1961) le dieron categoría de "formación". Originalmente se describió como una secuencia de calizas impuras de color gris a gris oscuro, de grano grueso con abundantes granos de cuarzo, así como calcarenitas de color gris y una caliza conglomerática en la base. El espesor de esta formación varía entre 15 a 25 metros.

Localidad Tipo.- Aflora en la barranca del Río Necaxa, entre Tepexic y el puente de Acazapa. En éste último es donde mejor está expuesta.

Distribución.- La Formación Tepexic aflora en la Sierra de Chignautla y su espesor es de aproximadamente 20 metros (plano N° 4.1).

Litología.- En la zona de trabajo, consta de areniscas calcáreas y areniscas conglomeráticas bastante compactas de color gris claro.

Relaciones Estratigráficas.- La Formación Tepexic yace discordantemente sobre los conglomerados de la Formación Cahuwasas en su Facies Tenexcate y en forma transicional le sobreyace la Formación Santiago. La edad que se le asigna a la Formación Tepexic es Calloviano.

FORMACION SANTIAGO.

Definición.- Cantú Chapa (1969) propone el nombre de Formación Santiago a la secuencia sedimentaria que E. Reyes (1964) nombró "Lutita Santiago" y que consta de limolitas calcáreas de color gris oscuro, con intercalaciones de caliza arcillosa en capas hasta de 40 centímetros de espesor; intemperizan a un color pardo a rojizo; presenta un crucero diagonal a los planos de estratificación; además posee nódulos calcáreos intercalados.

Localidad Tipo.- Se encuentra expuesta en el Arroyo Santiago, que desemboca en el Río Moctezuma, en Tamán, Estado de San Luis Potosí.

Distribución.- Aflora en la Sierra de Chignautla (plano N° 4.1).

Litología.- En el área estudiada la Formación Santiago está constituida por lutitas carbonosas de color negro, con intercalaciones de calcilutitas gris oscuro.

Relaciones Estratigráficas.- La Formación Santiago descansa en forma transicional sobre la Formación Tepexic y le sobreyace en forma corcondante la Formación San Pedro. A esta Formación se le ha asignado una edad del Oxfordiano, con base en las amonitas que se le han hallado en esta zona.

FORMACION SAN PEDRO.

Definición.- Se da el nombre de Formación San Pedro a los depósitos de plataforma interna que son un cambio de Facies de la Formación San Andrés (Pano, 1975), dichos depósitos están constituidos por calciruditas con abundante fauna y carpetas de algas.

Distribución.- Se encuentra aflorando en la Sierra de Chignautla (plano N° 4.1).

Litología.- En la zona de estudio la Formación San Pedro esta constituida por calcarenitas y calciruditas con algunos fragmentos de fósiles. Su espesor es aproximadamente de 50 metros.

Relaciones Estratigráficas.- Sobreyace concordantemente a la Formación Santiago y le superyace, también, en forma concordante la Formación Tamán. La edad que se le asigna a la Formación San Pedro es Kimmeridgiano Inferior.

FORMACION TAMAN.

Definición.- Fue descrita por Heim en 1926, como una secuencia de lutitas de color gris oscuro, con concreciones calcáreas negras, carbonosas y bituminosas, alternantes con bancos medianos de una caliza arcillosa fina a gruesa de color negro.

Localidad Tipo.- Se encuentra situada en las cercanías de la población de Tamán, en la barranca del Río Moctezuma, región de Tamazuchale, Estado de San Luis Potosí.

Distribución.- La Formación Tamán se encuentra expuesta en las partes altas de la Sierra de Chignautla (plano N° 4.1).

Litología.- En el área, la Formación Tamán esta constituida por calcilutitas de color pardo oscuro con nódulos de pedernal negro.

Relaciones Estratigráficas.- En la Sierra de Chignautla la Formación Tamán descansa en forma concordante sobre la Formación San Pedro, ésta se encuentra en las partes altas de la sierra.

4.1.3 ROCAS CENOZOICAS.

En esta localidad el afloramiento de rocas cenozoicas cubre una gran extensión y está compuesta por una serie de rocas ígneas, en su mayoría de origen extrusivo; éstas fueron emplazadas durante la formación del Eje Neovolcánico.

Las rocas del Eje Neovolcánico han sido ampliamente estudiadas por diversos autores; los trabajos presentados por Ferríz y Mahood (1984), en el área de "Los Humeros" constituyen la referencia más próxima al área de estudio.

Las unidades reconocidas en la zona y que se consideran como unidad ígnea para efectos de este trabajo, se describen a continuación:

BASALTOS.

Definición.- Ferríz y Mahood (op. cita), distinguen una primera etapa de actividad volcánica, compuesta por la erupción de lavas andesíticas y ferro basálticas correspondientes a la Formación Teziutlán.

Distribución.- Fue posible observar afloramientos de derrames basálticos en la parte occidental de la zona de estudio, donde se encuentran expuestos en las partes bajas. Su expresión topográfica es poco accidentada y generalmente están cubiertos por vegetación; se observan con mayor frecuencia en los arroyos.

Litología.- Esta unidad se caracteriza por presentar una textura afanítica y estructura vesicular, de color gris claro a oscuro que intemperiza a rojizo, y presenta un alto contenido de magnetita diseminada, petrográficamente se clasificó como basalto porfídico de olivino con alto contenido de magnetita.

Relaciones Estratigráficas.- Estas rocas se encuentran descansando discordantemente, tanto sobre esquistos como sobre sedimentos mesozóicos. Los basaltos están cubiertos por cenizas volcánicas, aluvión y sedimentos lacustres. Por lo mencionado por Ferríz y Mahood (op. cita) la edad de éstas rocas es del Oligoceno al Pleistoceno.

RIOLITAS.

Definición.- Después del período de intrusión de magmas máficos, en el área, se presenta el emplazamiento de vulcanismo silíceo representado por lavas riolíticas e ignimbritas (Ferríz y Mahood, 1984).

Distribución.- Fue posible distinguir, en la parte centro-sur del área, y en el Cerro Ozomat Chico, rocas riolíticas, que ocupan principalmente las partes altas.

Litología.- Las rocas son de color rosa con textura afanítica y una estructura fluidal; por su estudio petrográfico se clasificaron como riolitas fluidales de sanidino-cuarzo.

Relaciones Estratigráficas.- Se encuentran en contacto discordante sobre los esquistos; no fue posible observar el contacto con los basaltos debido a la abundante vegetación, la manifestación del vulcanismo riolítico fechadas en el Reciente, aproximadamente 0.46 m.a. (Ferríz y Mahood, 1984).

TOBAS Y CENIZAS VOLCÁNICAS.

Distribución.- Tobas y Cenizas Volcánicas están ampliamente distribuidas en el área. Es posible distinguir las tobas en las cercanías del poblado de Chignautla. A lo largo del camino de Teziutlán a Aire Libre y sobre la carretera Teziutlán-Tlatlauquitepec se observan las cenizas volcánicas.

Litología.- Las tobas son de composición riolítica de color rojizo con abundantes fragmentos líticos. Las cenizas volcánicas son pumíticas de color gris claro a blanco, deleznales y muy arenosas; se clasifican como cineríticas, vítreas y líticas.

Relaciones Estratigráficas.- Al igual que las dos unidades ígneas que le preceden, se encontraron en forma discordante sobre los esquistos.

INTRUSIVOS.

Distribución.- En el área de estudio, se encuentran aflorando cuerpos intrusivos distribuidos, en forma dispersa, en toda la región; los cuales por sus dimensiones no son cartografiables, a excepción de uno localizado al sur de la sierra de Chignautla (plano N° 4.1).

Litología.- La composición de estos cuerpos varía de ácida a intermedia, como ejemplos se citan: Granodioritas y Cuarzomonzonitas (ver anexo petrográfico).

Relaciones Estratigráficas.- De las observaciones en campo, se puede determinar que estos cuerpos son posteriores al emplazamiento de los derrames basálticos, sin lograr definirse si estos intrusionan al vulcanismo de composición ácida.

DEPOSITOS RECIENTES.

En la zona se tiene la presencia de sedimentos de talud y aluvi6n.

Los sedimentos de talud están formados principalmente por clastos de rocas ígneas y esporádicamente esquistos.

Finalmente, el aluvi6n está constituido por arenas y gravas.

4.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Dentro de las grandes estructuras geológicas de México, la Región de Teziutlán se encuentra en los márgenes de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico. Estas dos megaestructuras le imprimen características particulares a la zona.

El primer evento que forma estructuras, son fuerzas compresivas con dirección "E-W", lo que origina fallas inversas con rumbo general de dirección "N-NE" con echado al "SE". En la región, forma pliegues con un rumbo general del "NW", que afectan a toda la secuencia metamórfica y sedimentaria.

El segundo evento es del Terciario, Oligoceno (Viniegra, 1966); los esfuerzos máximos fueron verticales que dieron lugar a un levantamiento dómico, con fallas normales de rumbo "E-W" y el emplazamiento posterior de diques de composición ácida a intermedia que afectan igualmente a la secuencia metamórfica y sedimentaria.

En la sección 7.4, se detalla la geología estructural de la mina utilizando la Red de Schmidt con los datos que han sido recopilados.

4.3 GEOLOGIA HISTORICA.

Con base en la columna geológica antes descrita, se bosqueja a continuación la historia geológica del área:

Al considerar como basamento de la región a la unidad metamórfica (esquistos y metandesitas), se tiene que a fines del Paleozoico y durante el Triásico no existen evidencias de depositación; esto sugiere que la región estaba emergida.

Probablemente a principios del Liásico continua la no depositación y comienza a sumergirse el área, lo que da lugar al depósito de la Formación Huayacocotla; en referencia a esto Pano (op. cita) menciona lo siguiente:

"La presencia de sedimentos marinos del Liásico (Sinemuriano) en el área de Teziutlán y la ausencia de los mismos hacia las áreas de Cazones-Tuxpan por el Norte y Córdoba por el Sureste, sugieren la existencia de bahías de una cuenca o parte de una cuenca que fue originada por el rompimiento de bloques de los cuales unos fueron sumergidos bajo las aguas marinas como es el caso de Teziutlán".

A principios del Jurásico Medio la región sufre un levantamiento, dando origen a los depósitos continentales de la Formación Cahuascal en su Facies Tenexcate.

"Una nueva actividad tectónica se manifiesta a fines del Jurásico Medio y principios del Jurásico Superior Calloviano, sumergiéndose gran parte del territorio mexicano y específicamente el área de Teziutlán..." (Pano, op. cita). Este hundimiento trajo como consecuencia la depositación de los sedimentos del Jurásico Superior

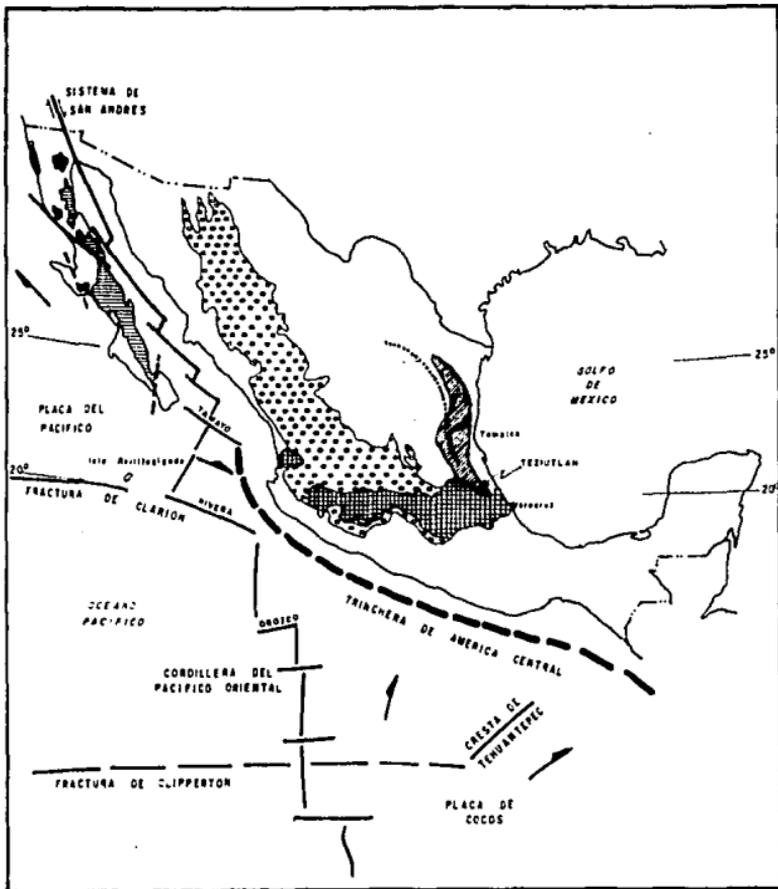
y probablemente también los del Cretácico, que como se mencionó, en el área de estudio no afloran por estar erosionadas, pero si se observan en áreas cercanas como son al Norte de Mazatepec, al Este de Zacapoaxtla y al Noroeste de Hueytamalco.

A fines del Cretácico Superior empiezan a actuar los esfuerzos de dirección Este-Oeste de la Orogenia Laramide; éstos son los de mayor influencia en el área, ocasionan el levantamiento y plegamiento de los sedimentos acumulados y dan origen al llamado Anticlinorio de Teziutlán, así como la Sierra Madre Oriental.

Durante el Terciario (Oligoceno), comenzó otra actividad tectónica la que afectó al área de estudio. Viniegra (1966) comenta lo siguiente: "El hecho de que los sedimentos marinos anteriores al Oligoceno cubrieran la actual cima del macizo de Teziutlán, denota que el empuje vertical que sufrió se acentuó al finalizar éste período".

Probablemente este empuje vertical fue provocado por los movimientos tectónicos que ocasionaron la actividad volcánica que dio origen al Eje Neovolcánico Mexicano, ya que dicha actividad, según Gunn y Mooser (1975), principió en el Oligo-Mioceno.

En la figura N° 4.3, según Demant y Robin (1975) se ilustra la posición que tiene la región de Teziutlán dentro de los elementos tectónicos actuales a nivel del Pacífico y de las provincias volcánicas, en donde se puede observar que la región de Teziutlán se encuentra localizada dentro de las dos principales megaestructuras



- Sierra Madre Oriental.
- ▨ Provincia Californiana.
- ▤ P. de la Sierra Madre Occidental.
- ▧ Provincia Oriental.
- ▩ Eje Neo-volcánico Trans-mexicano.



UNAM
Facultad de Ingeniería

Figura
4.3

ELEMENTOS TECTONICOS
Y
PROVINCIAS VOLCANICAS

TESIS DE LICENCIATURA

tectónicas del territorio mexicano, los cuales son el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. Por lo tanto, el área de estudio debió estar influida por estas dos estructuras tectónicas.

**V GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO
DE "AIRE LIBRE".**

5.1 LITOLOGIA

- 5.1.1 UNIDAD METAMORFICA.**
- 5.1.2 ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS.**
- 5.1.3 ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS.**
- 5.1.4 DEPOSITOS RECIENTES.**

5.2 EDAD DE LA UNIDAD METAMORFICA.

5.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

V. GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO DE "AIRE LIBRE".

La geología del yacimiento minero de cobre-zinc de "Aire Libre", está representada principalmente por rocas metamórficas de posible edad Paleozoicas, así como, por rocas ígneas intrusivas posteriores, constituidas por diques de composición ácida a intermedia.

En las vecindades del área de la mina, se presentan rocas ígneas de edad Cenozoica, tanto de composición ácida como básica, cuyos afloramientos rodean y se extienden más allá de esta zona.

5.1 LITOLOGIA.

5.1.1 UNIDAD METAMORFICA.

ESQUISTOS.

Las rocas que afloran en el área de la mina consisten, como se mencionó anteriormente, de filitas y esquistos, aunque en lo sucesivo serán referidas únicamente como esquistos. Estas rocas, derivadas de una secuencia vulcanosedimentaria, presentan un metamorfismo regional de bajo grado de acuerdo a la mineralogía que constituye a dichas rocas (ver anexo petrográfico) y a la presencia de estructuras con orientación.

De esta manera, se observa en la falda norte del cerro Ozomat Chico y en el cerro la Aurora un esquisto de color verde, que intemperiza a amarillo ocre, su estructura es masiva y su textura es esquistosa; petrográficamente se clasificó como esquisto de clorita, presentando cuarzo, clorita, plagioclasas sódico-cálcicas alteradas y minerales opacos (ver anexo petrográfico).

En la falda oriental del cerro la Aurora, el esquisto es de color verde con tonalidades blanquecinas, su estructura es masiva y su textura esquistosa con planos de foliación bien definidos. Este afloramiento se caracteriza por contener pequeños cristales de pirita diseminados (ver anexo petrográfico).

En el anterior afloramiento, también, es posible observar el manto mineralizado, el cual se manifiesta como un solo horizonte paralelo y concordante con la esquistosidad de la roca encajonante; su color es similar al de los esquistos, incluso en el color debido al intemperismo. En muestra de mano, se observan pirita y galena, cuyos cristales se alinean y siguen notablemente la esquistosidad, aunque, en otras partes se agrupan demasiado dando a la roca un aspecto masivo. Al microscopio se observan finas bandas de cuarzo, sericita y clorita entre los minerales metálicos y además, es notable el decrecimiento de sericita conforme se acerca al alto del manto. Este afloramiento del manto pertenece al cuerpo mineralizado Aurora.

En general, en el distrito minero los esquistos se presentan predominantemente de color verde y al intemperismo amarillo ocre, con una estructura masiva y textura esquistosa, mostrando planos de foliación bien definidos; la mineralogía determinada petrográficamente consiste de cuarzo, sericita, clorita, minerales opacos diseminados, así como, pirita y en menor abundancia plagioclasas sódico-cálcicas.

METANDESITAS.

Como se señaló en el capítulo anterior, en la parte superior de los esquistos se distingue un miembro de metandesitas.

En el afloramiento del cuerpo mineralizado la Aurora, la metandesita se presenta de color gris verdoso y al intemperismo verde claro; En el microscopio se observan plagioclasas sódico-cálcicas, clorita, minerales opacos y sericita con un alineamiento preferencial. En muestra de mano la roca presenta una textura esquistosa.

Esta roca se observa al alto del manto mineralizado, su disposición y su esquistosidad son concordantes con los esquistos y se consideran como parte de la Unidad Metamórfica.

5.1.2 ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS.

Rodeando a la Unidad Metamórfica del distrito minero, se presentan una serie de rocas ígneas de origen volcánico que consisten en rocas extrusivas básicas, así como, derrames de lava, tobas y cenizas de composición ácida, cuya descripción es la siguiente:

BASALTOS.

Representan a las rocas ígneas básicas, son de color gris oscuro e intemperizan a gris claro, su textura es afanítica y su estructura es vesicular; en general, siguen las características y clasificación descritas para la roca regionalmente. Sin embargo, el contacto inferior y, en la mayor parte de las veces, el contacto superior no se observan debido a que están expuestos, topográficamente, en las partes bajas y cubiertos por una abundante vegetación. La edad de estas rocas es del oligoceno al pleistoceno de acuerdo a lo citado por Ferriz y Mahood (op. cita) y a Yañez y García (1982).

RIOLITAS.

Estas rocas afloran en la parte centro sur del área, es decir, al sur del cerro Ozomat Chico, principalmente en las partes altas. Su color es rosa, su textura afanítica y su estructura es fluidal. Por su descripción petrográfica se clasificó como una riolita fluidal de sanidino-cuarzo. El contacto con los basaltos no se pudo determinar en el área, dada la abundante vegetación, pero si se observó el

contacto discordante de las riolitas con los esquistos en un afloramiento ubicado en el cerro Ozomat Chico. Según Ferríz y Mahood (1984) estas rocas fueron emplazadas en el Pleistoceno.

TOBAS Y CENIZAS VOLCANICAS.

Estas rocas se observan a lo largo del camino de Teziutlán a Aire libre.

Las tobas son de composición ácida, de color rojo a gris claro, su estructura es bandeada y presentan abundante contenido de líticos, petrográficamente se clasificó como una Toba lítica de composición riolítica.

Las cenizas volcánicas poseen la misma composición que las tobas son de color gris claro a blanco, al microscopio se presenta en su mayor parte vidrio ígneo y minerales arcillosos, son deleznales y muy arenosas. Fueron clasificadas como cineritas vítreas. En el área se pueden observar los contactos discordantes de estas rocas sobre los basaltos y los esquistos.

5.1.3 ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS.

En el distrito minero, específicamente en el cerro la Aurora, se observa un intrusivo que corta a la Unidad Metamórfica. Esta roca es de color crema a pardo claro, de grano muy fino y textura afanítica,

aunque en algunas muestras de mano se percibe claramente la textura sacaroides; petrográficamente se observaron cristales de cuarzo, plagioclasas sódico-cálcicas, microclina, minerales opacos diseminados, sericita y minerales arcillosos, por lo que se clasificó como una microgranodiorita de origen hipabisal, emplazada en diques. Regionalmente el emplazamiento de estas rocas su edad es posterior a los derrames de basalto.

5.1.4 DEPOSITOS RECIENTES.

Dentro de estos depósitos, se presentan en el área sedimentos de talud y de aluvión. Los sedimentos de talud están formados principalmente por clastos de riolitas y esporádicamente de esquistos, se encuentran expuestos en alrededor de los cerros Ozomat Chico y Ozomat Grande. Los sedimentos de aluvión están presentes en toda la parte oriental de estos cerros y está constituida principalmente por arenas y gravas.

5.2 EDAD DE LA UNIDAD METAMORFICA.

Las rocas metamórficas del distrito se originaron a partir de una secuencia vulcanosedimentaria; están consideradas como parte del complejo basal del área y constituyen, además, el núcleo del anticlinorio de Teziutlán.

La edad que ha sido asignada a estas rocas varía considerablemente, según diversos autores. Para A. W. Edelen (1941) les corresponde una edad del Cámbrico Tardío o simplemente Paleozoico Temprano. Para Viniegra (1966), la edad de estas rocas va entre el Pérmico Tardío a el Jurásico Temprano; sin embargo, los esquistos que afloran en las cercanías de la presa "La Soledad" en Mazatepec, han sido fechados radiométricamente, por el método K-Ar, y arrojaron una edad de 207 millones de años, que corresponde, por lo tanto, al Triásico Tardío y representa el último evento de calentamiento que afecto a estas rocas, debido quizá a la intrusión granodiorítica, por lo que, según Yañez y García (1982) los sedimentos que constituyen la roca original fueron Paleozoicos.

Viniegra (1966) menciona que las rocas graníticas y granodioríticas que intrusieron a los esquistos son más antiguas que los depósitos continentales del Jurásico y posible Triásico.

También, se tienen los análisis efectuados por R. Mujica (cap. 4) que fechan a los esquistos con una edad del Pérmico.

Adicionalmente, Pano y Salazar (1975) distinguen a la formación Huizachal que aflora en las cercanías de la región de estudio, la cual corresponde a una edad del Triásico Medio a Superior y no presenta metamorfismo.

Lo anterior permite concluir que la edad de la Unidad Metamórfica debe ser del Pérmico o anterior.

5.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

El yacimiento de Aire Libre, presenta una disposición estructural ligada estrechamente a los eventos tectónicos que han afectado a la región. La estructura general, tanto de las rocas como de los cuerpos mineralizados que forman el yacimiento, es sensiblemente horizontal. En el cuerpo la Aurora la roca tiene un rumbo general "E-W" y un echado hacia el Sur. Según A. W. Edelen (1936), este rumbo continúa a través de los cuerpos Cometa y Volcán, donde a partir de este último cambia al "NE-SW" y el echado varía de 0 a 40° hacia el "SE".

El manto mineralizado está constituido por un único horizonte dentro de la Unidad Metamórfica y ha sido seccionado por numerosas fallas y fracturas. Estas fallas han producido desplazamientos mayores a 50 m. en algunos lugares, pero el desplazamiento promedio es de 4 a 5 metros.

Por otra parte, y dada la importancia que representa la presencia y disposición estructural de las fallas y fracturas en los diferentes niveles del yacimiento, se ha realizado un análisis que se desarrolla en la sección 7.4, a fin de determinar las relaciones estructurales entre las discontinuidades y encontrar las relaciones geométricas y genéticas entre las fallas y fracturas y los esfuerzos principales que las han generado para obtener las fases tectónicas que han

afectado a la región y de esta manera utilizar el resultado como un criterio estructural que sirva como guía de prospección en el área.

VI. YACINIENTOS MINERALES.

6.1 PARAGENESIS.

6.2 ROCA ENCAJONANTE.

6.3 ESTRUCTURAS.

6.4 LEYES Y EVALUACION.

VI. YACIMIENTOS MINERALES.

6.1 PARAGENESIS.

A fin de investigar la paragénesis del yacimiento estudiado, se procedió a la descripción macroscópica y microscópica y a la observación de las relaciones texturales entre los minerales del manto del yacimiento mineral de la Aurora.

6.1.1 ANALISIS MACROSCOPICO.

Debido a las características del manto mineralizado que presenta la roca, a simple vista, solo se pueden observar la pirita y la galena que se presentan en forma diseminada y en partes masiva, además, cuarzo como mineral de ganga, el cual se manifiesta como segregaciones paralelas a la esquistosidad de la roca.

Según Rubén Pesquera V. (1967), en una visita al yacimiento de cobre-zinc de Teziutlán, propone la siguiente paragénesis y orden de abundancia:

ORDEN DE ABUNDANCIA**PARAGENESIS**

CALCOPIRITA

PIRITA

ESFALERITA

ESFALERITA

PIRITA

CALCOPIRITA

MINERALES DE GANGA

GALENA

GALENA

COVELITA

COVELITA

6.1.2 ANALISIS MICROSCOPICO.**PIRITA (FeS_2).**

Se manifiesta en cristales aislados euedrales y subedrales diseminados en la esquistosidad de la roca, se presenta en texturas de "isla y mar"; islas = pirita, mar = esfalerita. Asimismo, se encuentra en forma de agregado masivo con la calcopirita y la esfalerita.

CALCOPIRITA ($CuFeS_2$).

Se identificó por presentar sus cristales subedrales y de tamaño considerable (fenocristales), se presenta asociado a la pirita, circundado por esfalerita y galena.

ESFALERITA (ZnS).

Se presenta íntimamente relacionada con la galena, asimismo, se encuentra rodeada por la galena, pirita, calcopirita y cuarzo.

GALENA (PbS).

Cristales pequeños de forma tabular, incrustados en los fenocristales de calcopirita, aparece también, en forma masiva con la pirita, calcopirita, esfalerita y tetraedrita en relleno de fisuras.

COVELITA (CuS).

Se presenta aislada en relleno de fisuras, ramificaciones e hilillos junto con la calcopirita y pirita, a veces circundando o bordeando a la calcopirita; es muy escasa o casi nula. Se le atribuye un origen secundario.

COBRES GRISOS.

TETRAEDRITA ($3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$).

TENANTITA ($3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$).

Se presentan en cantidades pequeñas, casi nulas, en forma granular asociadas con la calcopirita, pirita, galena y esfalerita. Se les atribuye un origen secundario.

6.2 ROCA ENCAJONANTE.

El basamento esta representado por una unidad metamórfica compuesta por esquistos y metandesitas que se originaron a partir de una secuencia vulcanosedimentaria y constituyen la roca encajonante del yacimiento mineral.

ESQUISTOS.

Los esquistos se manifiestan con un color verde oscuro y planos característicos de esquistosidad con abundante cuarzo y sericita.

Su mineralogía la constituyen cuarzo, plagioclasas sódicas, sericita, clorita y pirita; el afloramiento de esquistos es de poca extensión, pues aparece únicamente como ventana dentro de una zona cubierta por extensos derrames de basalto y rocas piroclásticas recientes.

METANDESITA.

En la parte superior de éste metamórfico se logro distinguir un miembro al cual se le denominó Metandesita (Zamorano 1986). Estas rocas se presentan de un color gris verdoso, observandose una textura esquistosa y estructura masiva; su mineralogía la constituyen plagioclasas sódico-cálcicas, clorita y magnetita.

A todo este paquete metamórfico se le observa intrusionado por diques de composición ácida con espesores que varían de uno a cinco metros, tienen una orientación general de "NE_SW".

6.3 ESTRUCTURAS

Consisten en cuerpos mineralizados en forma de mantos lenticulares con una orientación general de Este-Oeste.

Las dimensiones de los yacimientos son del orden de 0.2 m. a 3.0 m. de espesor, con longitudes de 20.0 hasta 100.0 m., y desarrollos verticales de 60.0 m. (Datos de los cuerpos de la mina "La Aurora"). La información anterior no fue corroborada debido a que las obras mineras se encuentran inaccesibles.

Los lentes mineralizados están constituidos principalmente por un intercrecimiento de sulfuros masivos predominando pirita, esfalerita, calcopirita y galena con buenos valores de oro y plata.

6.4 LEYES Y EVALUACION.

Según datos existentes, se cuenta con el estudio denominado "The Teziutlán Cooper. Zinc Deposit, Teziutlán, Puebla, México", de A. W. Edelem y H. V. Lee, 1936.

El depósito "La Aurora" fue descubierto en 1892, y fue trabajado con una ley de 10 ‰ de Cu.

De 1925 a 1931 se utilizó el método de flotación selectiva, se tuvo una producción de 325 000 ton. con las siguientes leyes: 1.59 gr/ton de Au; 78 gr/ton de Ag; 3.2 ‰ de Cu; 12 ‰ de Zn; y 1.2 ‰ de Pb.

Datos publicados por el Ing. Mario Veytia B. en un informe Geológico Minero de la Sierra Norte de Puebla y Veracruz (Junio, 1973).

Al realizar un muestreo en un afloramiento de una cinta mineralizada de 25 cm. de espesor, cerca del socavón Aurora, concordante con las capas de esquistos verdes, arrojó los siguientes datos: 0.75 gr/ton de Au, 107 gr/ton de Ag, 1.16 ‰ de Cu, 4.16 ‰ de Pb y 6.1 ‰ de Zn.

Los jales de la antigua planta de flotación de La Aurora dio estos datos: 0.5 gr/ton de Au, 28 gr/ton de Ag y 0.29 ‰ de Cu.

En el presente trabajo se reportan los siguientes datos obtenidos de un informe realizado por la Compañía Minera Autlán, S. A. de C. V. en 1978 (inédito).

El primer cuerpo que se conoció y que afloró superficialmente fue el Aurora, este aparentemente fue el más grande que se explotó, el cual tuvo una ley promedio de 10 ‰ de cobre.

No se conoce más información con respecto al cuerpo Aurora, sin embargo, en la falda Sur del Cerro de La Aurora afloran 13 m. del horizonte mineralizado, con espesor promedio de 0.4 m. y ley media de 3.48 % de cobre, 6.2 % de Zinc, 2.2 % de plomo, 3.2 y 113.3 gr/ton de oro y plata respectivamente.

Este afloramiento probablemente es de los más angostos de este cuerpo.

El cuerpo Cometa tuvo reservas de más de 800 000 ton. de mineral con una ley aproximada entre 6 % y 10 % de cobre y un contenido desconocido de plata.

El cuerpo Volcán excedió probablemente las 500 000 ton. de mineral con un promedio aproximadamente de 85 gr/ton de plata, 3.2 % a 3.5 % de cobre, 12 % de Zinc y 1.2 % de plomo.

El cuerpo Minerva tuvo reservas de mineral del orden de 650 000 ton. con leyes promedio probablemente semejantes a las del cuerpo Volcán.

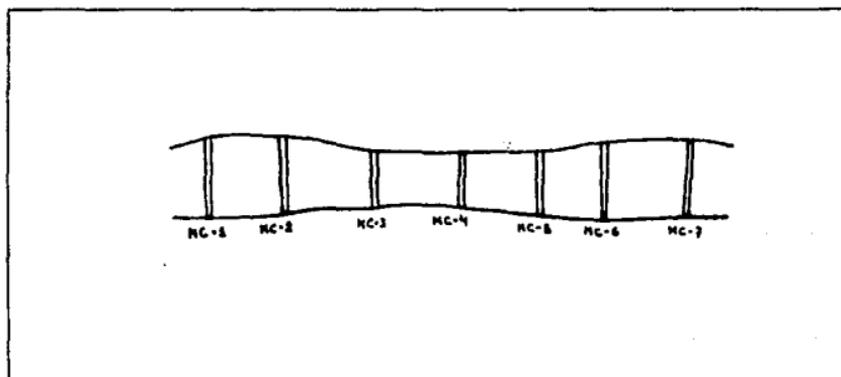
De lo anterior puede estimarse que el Distrito Minero de Aire Libre produjo cerca de 3 000 000 de ton. de mineral, con leyes apreciables de cobre, zinc y plata.

Se realizó un muestreo más a detalle, hecho en la veta de la mina La Aurora, en un afloramiento de aproximadamente 14.0 m.; se trabajó

mediante canales separados uno de otro, las características fueron las siguientes:

Nº de Muestra	Espesor	Dist. entre canal
MC-1	0.55 m.	0.00 m.
MC-2	0.21 m.	2.10 m.
MC-3	0.31 m.	1.50 m.
MC-4	0.29 m.	2.00 m.
MC-5	0.40 m.	2.40 m.
MC-6	0.55 m.	2.20 m.
MC-7	0.50 m.	3.10 m.

CROQUIS DEL MUESTREO



ANALISIS QUIMICO
RESULTADO DEL MUESTREO

Nº MUESTRA	ORO gr./ton.	PLATA	COBRE %	PLOMO %	ZINC %
MC-1	0.2	118	0.76	1.80	1.20
MC-2	1.2	179	7.00	3.70	4.50
MC-3	0.20	176	9.75	4.30	9.50
MC-4	0.60	71	2.60	1.68	2.00
MC-5	0.25	136	3.375	2.55	10.00
MC-6	0.20	66	3.00	1.52	9.60
MC-7	0.20	100	4.25	3.00	6.20

DATOS DE OTROS AUTORES

REFERENCIA	ORO gr./ton.	PLATA	COBRE %	PLOMO %	ZINC %
CUERPO LA AURORA					
1892	-	-	10.0		
1925 - 1931	1.59	78	3.2	1.2	12.0
MARIO VEYTIA					
1973	0.75	107	1.16	4.16	6.1
PRESA DE JALES					
	0.5	28	0.29	-	-
CUERPO VOLCAN					
	-	85	3.5	1.2	12.0
CUERPO MINERVA					
	-	85	3.5	1.2	12.0

VII.- CRITERIOS DE PROSPECCION.

7.1 CRITERIO FISIOGRAFICO.

7.2 CRITERIO LITOLOGICO.

7.3 CRITERIO GEOPISICO.

7.4 CRITERIO ESTRUCTURAL.

7.4.1 DATOS ESTRUCTURALES.

7.4.2 INTERPRETACION ESTRUCTURAL.

7.4.3 SINTESIS ESTRUCTURAL.

7.4.4 PROGRAMA DE BARRENACION.

VII.- CRITERIOS DE PROSPECCION.

Dentro de este capítulo se describirán los criterios de prospección, tomando como base los estudios y resultados obtenidos en el Area de Aire Libre, Puebla, lugar donde estuvo en explotación la "Mina de La Aurora", para aplicarlos en otras zonas a nivel regional y así, detectar posibles cuerpos mineralizados similares a los explotados.

7.1 CRITERIO FISIOGRAFICO.

En el área de la mina "La Aurora", como se ha mencionado en el capítulo VI, la roca encajonante del yacimiento es un esquisto; en esta zona aflora como un cordón de dirección Norte-Sur; se define como una franja quebrada, donde cada quiebre representa un bloque desplazado del conjunto, una característica de este cordón metamórfico, es que tiene un relieve suave de morfología redondeada que resalta sobre las demás rocas.

Aunque el cordón de esquistos tiene las características peculiares ya descritas, no representa un método de prospección a seguir, pues en general las tobas y cenizas volcánicas también tienen esas características, además, la abundante vegetación no permite diferenciarlos.

Los otros afloramientos de esquistos que se citan en la sección 4.1.1, en general, se encuentran en las partes cubiertas por las tobas, cenizas volcánicas y derrames basálticos; por tanto no se define una fisiografía similar entre cada "ventana" de esquistos por lo que no existe un parámetro morfológico a seguir.

7.2 CRITERIO LITOLÓGICO.

Este criterio de prospección, se basa en los trabajos, observaciones y estudios llevados a cabo, principalmente en la roca encajonante y en las inmediaciones donde aflora y estuvo el "Cuerpo Aurora", que es el cuerpo mineralizado que está más cercano a la superficie y fue el primero que se explotó.

El yacimiento es un cuerpo en forma de manto, concordante con la esquistosidad de la roca que lo hospeda, esta roca se puede describir de la siguiente manera:

Es una roca verde oscuro, de grano fino, raya blanca y jabonosa al tacto, con buena esquistosidad. Al microscopio se observó clorita, sericita, andesina oligoclasa y minerales opacos. Se clasificó como Metandesita (ver apéndice petrográfico).

En el bajo del manto, se encuentra una roca de color blanco grisáceo, con buena esquistosidad; presenta pirita diseminada cerca de la mineralización asociada a galena y calcopirita. En el microscopio

presenta bandas de sericita, cuarzo y clorita. Se observó que la sericita decrece conforme se acerca al contacto con la Metandesita antes descrita. Esta segunda unidad se le clasificó como un Esquisto de cuarzo sericita, la cual se determinó que siempre se encuentra al bajo del cuerpo, por lo cual toma como "Horizonte Guía" para los trabajos de prospección a nivel regional. Además, cabe mencionar que este Horizonte Guía, también se observó en la "Mina Guadalupe" donde afloraba el manto, actualmente tapado. Esta mina se encuentra 9.5 km. al Noroeste de la "Mina La Aurora", que se localiza en Aire Libre, Puebla.

Los trabajos de prospección se han encaminado, principalmente, a detectar el "Horizonte Guía".

7.3 CRITERIO GEOFISICO.

Con el propósito de conocer la relación de la mineralización-roca encajonante, tanto a profundidad como lateralmente, Compañía Minera Autlán, S.A. (1985) llevo a cabo un levantamiento geofísico (a nivel de prueba) en la zona donde aflora el manto (Cuerpo Aurora), ya citado en la sección 7.2, por medio de Métodos Eléctricos de Polarización Inducida y Resistividad.

Se determinó que para conocer el contraste físico entre la mineralización y la roca encajonante se debe utilizar el arreglo conocido como "Dipolo-Dipolo". Este arrojó buenos resultados, ya que

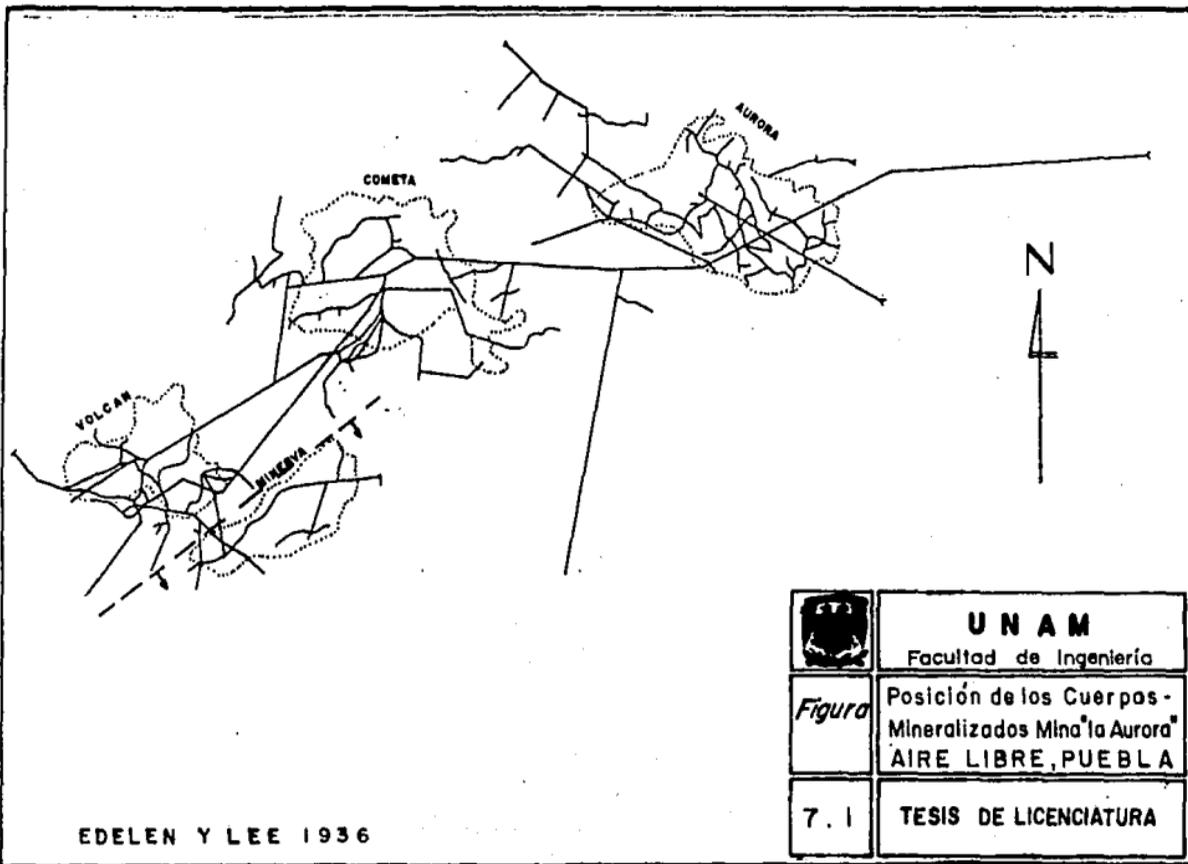
dio respuesta y determinó una anomalía geofísica que representa un sólo cuerpo (cuerpo mineralizado que aflora).

Por lo tanto, este método de prospección puede ser aplicado a nivel regional, principalmente donde afloran las rocas metamórficas ya mencionadas en capítulos anteriores.

7.4 CRITERIO ESTRUCTURAL.

La mina de "La Aurora" dejó de tener trabajos de explotación desde 1938, fecha en que quedaron abandonadas todas las instalaciones mineras, hasta años después en que se reiniciaron los trabajos de exploración, se encontró casi el nulo acceso a las obras mineras. Debido a esta limitación, se optó por analizar los antiguos planos existentes de la mina para reconstruirla; se observó que esos planos contenían información referente a fallas y fracturas en diferentes niveles de la mina. También, durante los trabajos de campo, se tomaron los datos de las fallas y fracturas en superficie para correlacionarlos con las anteriores.

El yacimiento que dio origen a la mina de "La Aurora", fue un cuerpo inicialmente sub-horizontal fuertemente fallado, fracturado y desplazado de su posición primaria; el rompimiento y movimiento a que estuvo sometido, lo fraccionó en diferentes bloques que fueron conocidos con los siguientes nombres, mismos que se ilustran en la figura N° 7.1.



EDELEN Y LEE 1936

	<p align="center">UNAM Facultad de Ingeniería</p>
<p><i>Figura</i></p>	<p>Posición de los Cuerpos - Mineralizados Mina "la Aurora" AIRE LIBRE, PUEBLA</p>
<p>7.1</p>	<p>TESIS DE LICENCIATURA</p>

NOMBRE	NIVEL (interior-mina)
--------	-----------------------

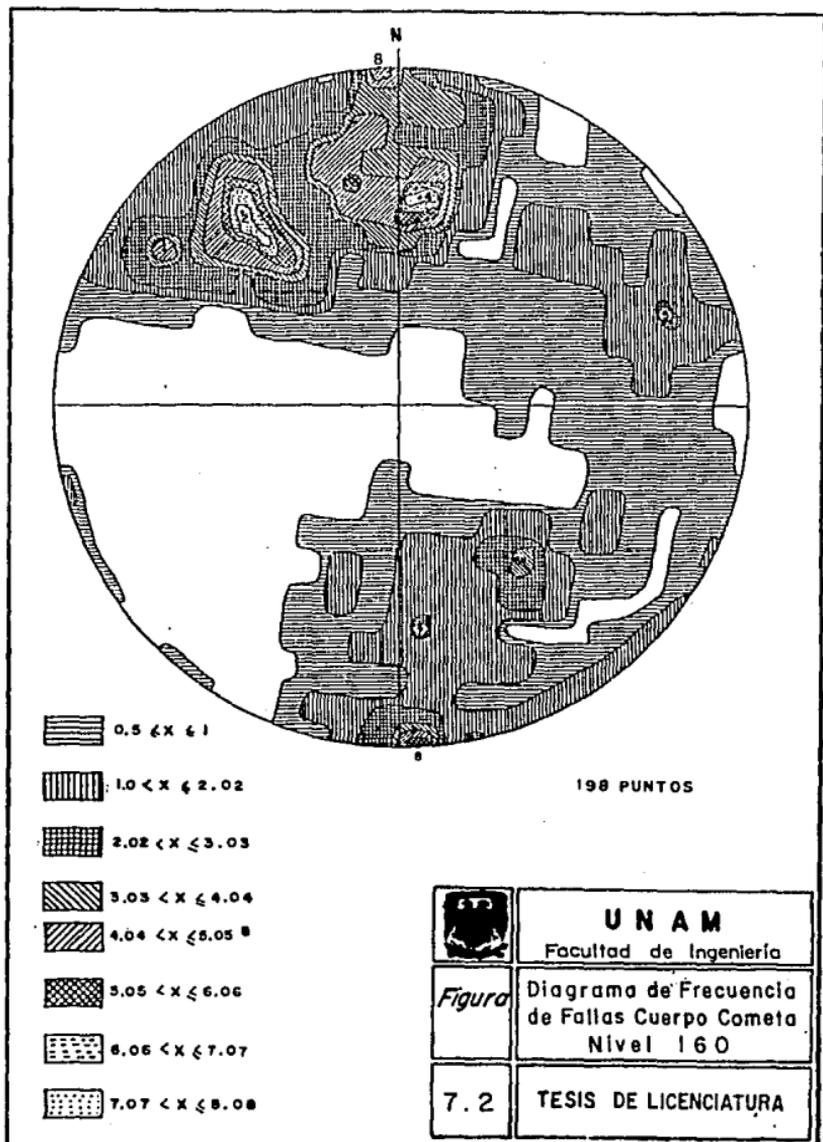
CUERPO AURORA	
CUERPO COMETA	160
CUERPO NEPTUNO	190
CUERPO VOLCAN	250
CUERPO MINERVA	370

El considerar que estos cuerpos fueron separados de un gran horizonte único, hace resaltar la importancia de conocer su comportamiento "geométrico-tectónico", mediante el estudio y análisis de las fallas y fracturas que lo controlan, y de esta manera definir la continuidad y posición de nuevos bloques o cuerpos.

Por las características del yacimiento de la mina de "La Aurora" y de las limitaciones existentes, se utilizó como criterio de prospección estructural la Metodología de los Diagramas Estereográficos. Este es un método en tres dimensiones, que facilita el estudio de las relaciones angulares entre características lineales y planos de las estructuras geológicas. Para su interpretación, se usó el diagrama o Red de Schmidt.

7.4.1 DATOS ESTRUCTURALES.

De los cuerpos mineralizados antes descritos, sólo en tres de ellos se tenía suficiente información estructural. Para analizar cada



cuerpo, se tomaron los datos estructurales obtenidos para cada nivel; éstos se determinaron por orden:

CUERPO COMETA, NIVEL 160.

Este nivel fue el que tuvo mayor información (fallas y fracturas); se logró obtener 198 planos estructurales que se proyectaron sobre una red de Schmidt en forma polar.

Con el objeto de investigar si existe algún grado de organización geométrica entre las estructuras y reconocer los principales sistemas de fallas y fracturas, se elaboró un diagrama de frecuencia de fallas y fracturas; éste definió ocho centros de concentración (figura Nº 7.2). El centro de cada concentración representa un conjunto de planos paralelos entre sí.

Los puntos de concentración detectados tienen las siguientes orientaciones y concentraciones.

CENTRO	CONCENTRACION UNITARIA (%)
1.- N 34° E / 70° SE	5.05
2.- N 52° E / 62° SE	8.00
3.- N 79° E / 52° SE	5.60
4.- N 84° W / 53° SW	8.00
5.- N 18° W / 70° SW	3.00

CENTRO	CONCENTRACION UNITARIA (%)
--------	----------------------------

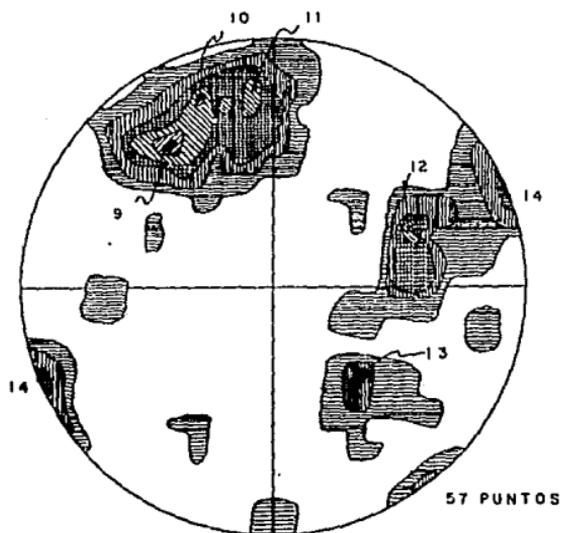
6.- N 52° E / 46° NW	3.50
7.- N 86° E / 53° NW	3.00
8.- N 87° E / vertical	<u>6.00</u>
TOTAL	42.15

CUERPO NEPTUNO, NIVEL 190.

En la figura N° 7.3, se muestra el diagrama de frecuencia de fallas y fracturas del nivel 190, que se elaboró con 57 puntos, donde se han manifestado seis centros de concentración con los siguientes datos:

CENTRO	CONCENTRACION UNITARIA (%)
--------	----------------------------

9.- N 52° E / 62° SE	10.20
10.- N 68° E / 70° SE	8.77
11.- N 84° E / 66° SE	7.02
12.- N 20° W / 70° SW	7.02
13.- N 44° E / 42° NW	5.26
14.- N 21° W / vertical	<u>5.26</u>
TOTAL	43.85



57 PUNTOS



UNAM
Facultad de Ingeniería

Figura

Diagrama de Frecuencia
de Fallas Cuerpo Neptuno
Nivel 190

7.3

TESIS DE LICENCIATURA

CUERPO VOLCAN, NIVEL 250.

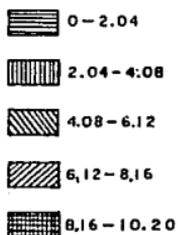
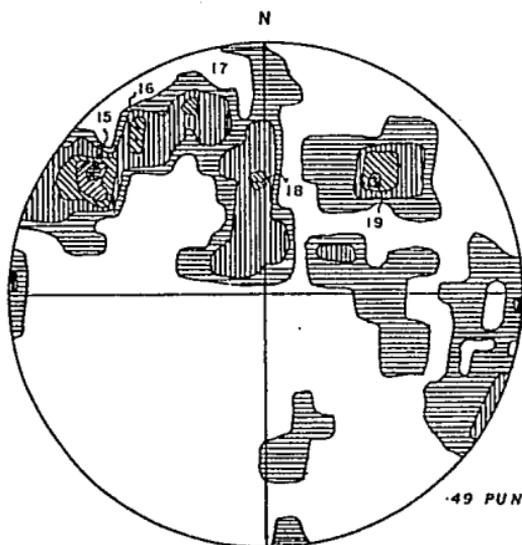
En el nivel 250 sólo se recopilaron 49 puntos que, proyectados en una red, originaron un diagrama de frecuencia de fallas, mismo que se ilustra en la figura N° 7.4; se definen cinco centros de concentración, sus datos se indican a continuación

CENTRO	CONCENTRACION UNITARIA (%)
15.- N 36° E / 75° SE	10.20
16.- N 50° E / 71° SE	6.12
17.- N 68° E / 70° SE	6.12
18.- N 87° E / 38° S	6.12
19.- N 45° W / 52° SW	<u>8.16</u>
TOTAL	36.72

7.4.2 INTERPRETACION ESTRUCTURAL.

En este subinciso se tratará de definir el modelo estructural dentro de la zona de interés que permita la relación y continuidad estructural que pueda existir entre las fallas-fracturas y el manto mineralizado.

Para esta discusión se utilizarán principalmente los datos obtenidos en el nivel 160, por ser los más representativos dentro del distrito.



	UNAM Facultad de Ingeniería
<i>Figura</i>	Diagrama de Frecuencia de Fallas Cuerpo Volcán Nivel 250
7.4	TESIS DE LICENCIATURA

CUERPO COMETA, NIVEL 160.

Para una mayor claridad en el análisis, se han dibujado en la figura N° 7.5 los polos de los planos correspondientes a los ocho centros de máxima concentración detectados en el diagrama de frecuencia de fallas (figura N° 7.2)

Si en estos ocho polos se hace pasar un plano que contenga por lo menos tres, se observa que se generan tres planos, en los cuales están contenidos todos los polos, a dichos planos se denominarán "Planos Polares" del sistema:

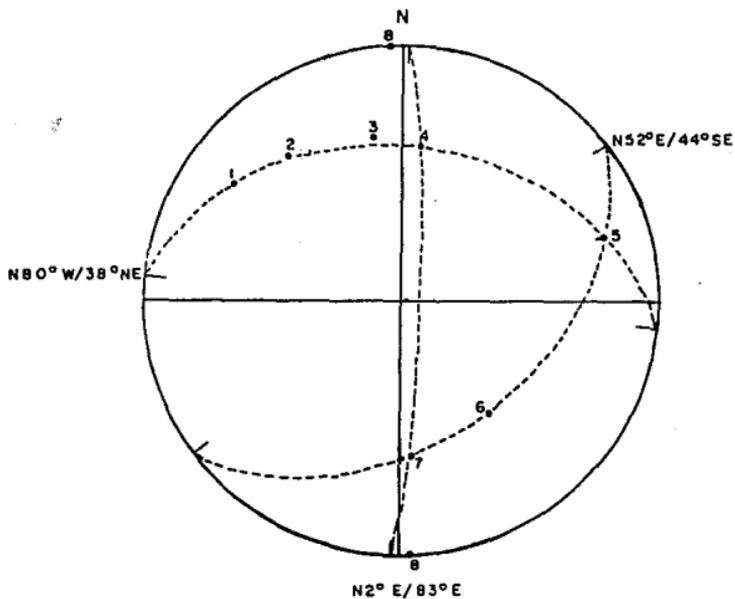
El plano polar estará constituido por los centros polares 1, 2, 3, 4 y 5, lo que indica que este plano es perpendicular a los planos que definen estos polos.

Este plano polar tiene de rumbo y echado $N 80^{\circ} W / 38^{\circ} NE$.

Los polos 4, 7 y 8 definen el segundo polar, cuyos datos estructurales son $N 2^{\circ} E / 83^{\circ} SE$.

El tercer plano polar se define por los polos 5, 6 y 7 con una orientación $N 52^{\circ} E / 44^{\circ} SE$.

El polo 4 representa la intersección entre el primer plano polar con el segundo.



	<p align="center">UNAM Facultad de Ingeniería</p>
<p><i>Figura</i></p>	<p>Planos Polares Cuerpo Cometa Nivel 160</p>
<p>7.5</p>	<p>TESIS DE LICENCIATURA</p>

El polo cinco corresponde a la intersección de los planos polares primero y tercero.

Finalmente, la intersección de los planos polares segundo y tercero está representado por el polo 7.

La sorprendente organización geométrica perteneciente a los planos estructurales del nivel 160, correspondiente al Cuerpo Cometa, hace pensar en un mecanismo que ayude a conocer la tectónica que intervino en su formación.

PRIMER SISTEMA ESTRUCTURAL

En el primer plano polar que está ilustrado en la figura N° 7.5, se observa que los polos de los planos 1 y 3 se presentan, aproximadamente, a la misma distancia angular del polo del plano 2, por lo que éste representará al primer bisector de los polos mencionados.

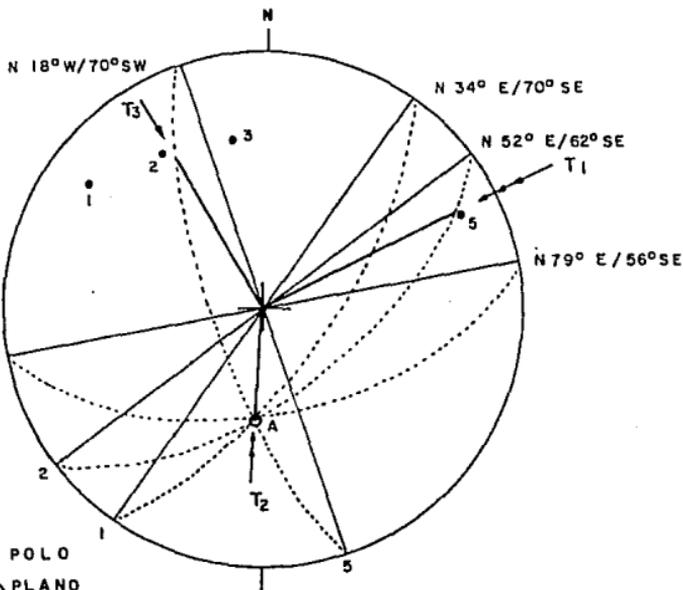
A través de la traza del plano y a 90° del polo 2, según conceptos teóricos, deberá localizarse el segundo bisector. Este segundo bisector estará representado por el polo 5. Dicha distribución indica que los polos 1 y 3 constituyen un juego de cizalla; por lo tanto, los polos 1, 2, 3 y 5 definen un sistema teórico, prácticamente completo.

En la figura N° 7.6 se presentan los planos de los polos mencionados; a partir de ellos se localizaron los principales ejes de esfuerzos. Como resultado se determinó que el esfuerzo máximo es aproximadamente horizontal.

Los planos y los ejes principales de esfuerzos para este primer sistema estructura

P L A N O S

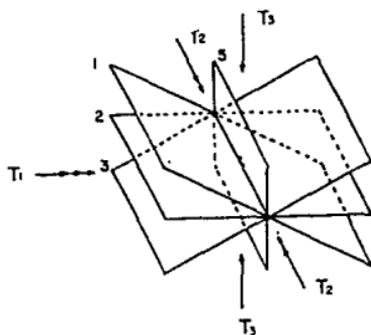
PLANO	ORIENTACION	POSICION
1	N 34° E / 70° SE	Cizalla
3	N 79° E / 56° SE	Cizalla
5	N 18° W / 70° SW	Bisector
2	N 52° E / 62° SE	Bisector



T 1 Máximo NE 65°/20°

T 2 Intermedio SW 4°/55°

T 3 Mínimo NW 35°/28°



UNAM

Facultad de Ingeniería

Figura

Primer Sistema Estructural
Localización de los Ejes
Principales de Esfuerzo
Nivel 160

7. 6

TESIS DE LICENCIATURA

EJES PRINCIPALES DE ESFUERZOS

EJE	ORIENTACION
-----	-------------

T₁ NE 65° / 20°

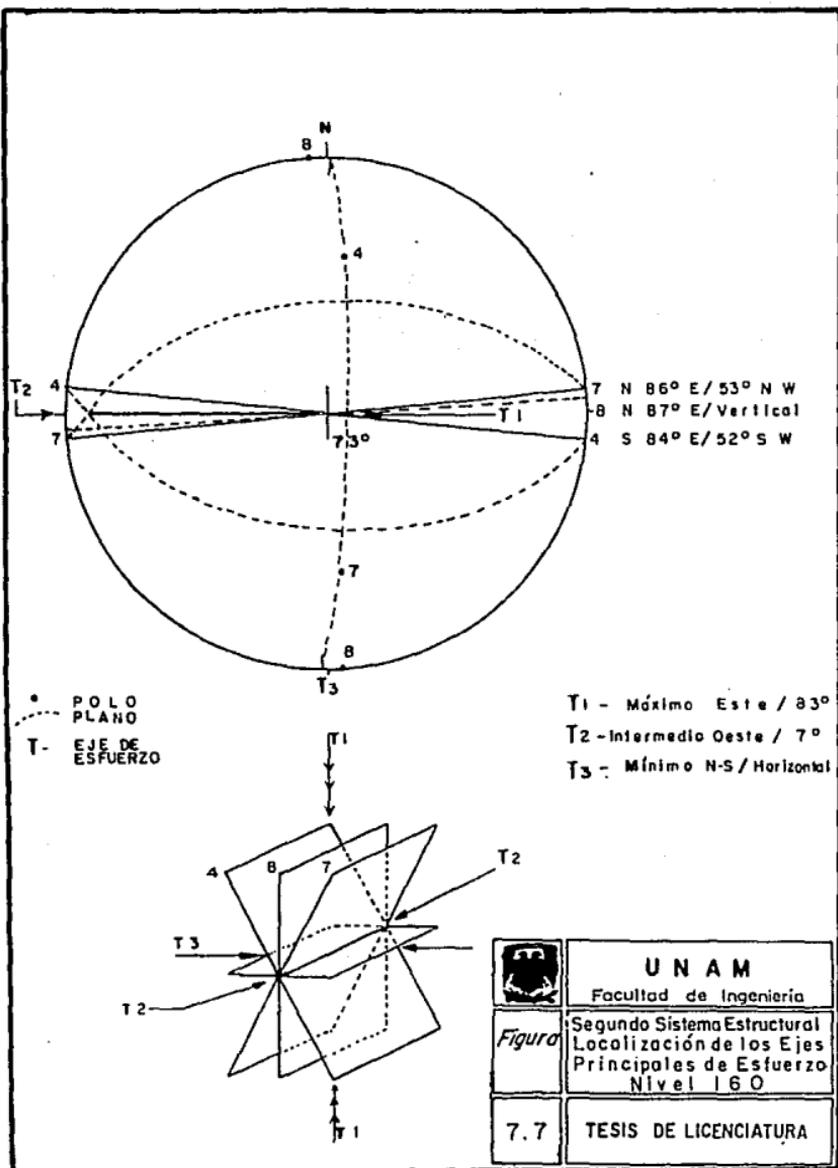
T₂ SW 4° / 55°

T₃ NW 35° / 28°

SEGUNDO SISTEMA ESTRUCTURAL

En el segundo plano polar (figura N° 7.5), al cual pertenecen los planos 4, 7 y 8, se observa que el 4 y 7 definen un ángulo agudo de 73°, por lo que se le considero como un sistema de cizalla (figura N° 7.7). Por lo tanto, el plano 8 representará uno de los bisectores del segundo sistema, pues se encuentra aproximadamente en la bisectriz de los planos 4 y 7 y será, en este caso, vertical; el segundo bisector faltante deberá ser horizontal, el cual estará representado por el círculo de la red. Con estas consideraciones se define un sistema estructural completo, en el cual el eje de esfuerzo máximo tiende a ser vertical.

Los planos y los ejes principales de esfuerzos, para este segundo sistema estructural se indican en la siguiente tabla:



PLANOS

PLANO	ORIENTACION	POSICION
4	N 84° W / 52° SW	Cizalla
7	N 86° E / 53° NW	Cizalla
8	N 87° E / 90°	Bisector
-	HORIZONTAL	Bisector

EJES PRINCIPALES DE ESFUERZOS

EJE	ORIENTACION
T ₁	E / 83°
T ₂	W / 07°
T ₃	N-S / HORIZONTAL

El tercer plano polar constituido por los polos 5, 6 y 7 no representa un sistema estructural definido; sin embargo, si tiene cierta relación geométrica con el segundo sistema estructural, pues,

el polo 7 es perpendicular al 5 (preexistente), y el 4 es perpendicular al polo 6.

CUERPO NEPTUNO, NIVEL 190.

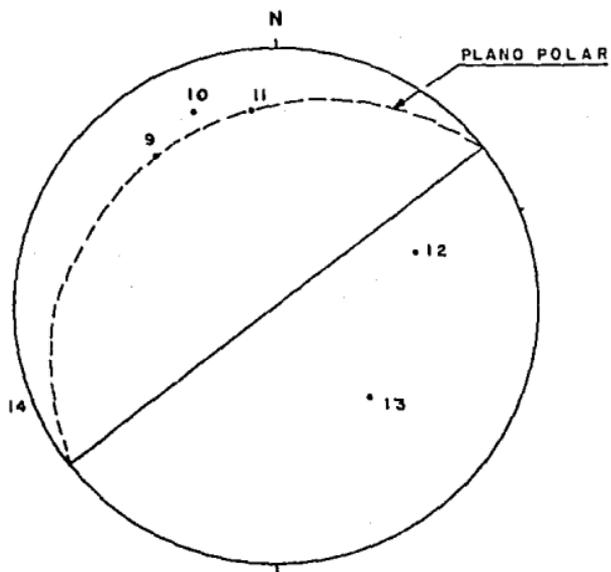
Aproximadamente a 30 metros de profundidad del nivel 160, se encuentra el nivel 190, en éste último, solo se lograron recopilar 57 datos estructurales (figura Nº 7.3) y debido a esta escasa cantidad de información, se pueden considerar representativos para un análisis completo, pero sí para hacer algunas analogías con el nivel 160 ya estudiado.

En la figura Nº 7.8, se ilustran los polos de los 6 planos que fueron definidos y donde se pueden hacer las siguientes observaciones:

Los polos 9, 10 y 11 aproximadamente están contenidos en un "plano polar, el 14; para fines de análisis se considerará perteneciente a este último, de esta manera se forma un sistema estructural, que bien puede relacionarse con el primer sistema del nivel 160 ya analizado anteriormente.

Los polos 12 y 13 no definen ningún sistema estructural.

En la figura Nº 7.9 se han localizado los principales ejes de esfuerzos a partir de los planos determinados por los polos 9, 10, 11 y 14.



• POLO
 - - - PLANO

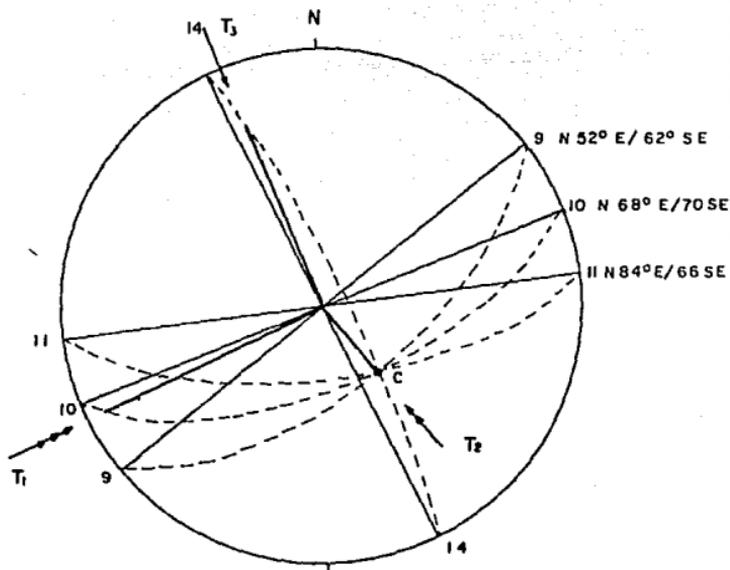
	<p>UNAM Facultad de Ingeniería</p>
<p><i>Figura</i></p>	<p>Plano Polar Cuerpo Neptuno Nivel 190</p>
<p>7.8</p>	<p>TESIS DE LICENCIATURA</p>

Los planos 9 y 11 representan el sistema de cizalla y el 10 y 14 los bisectores.

Los planos y ejes principales de esfuerzos para el nivel 190 se muestran en la siguiente tabla:

PLANOS

PLANO	ORIENTACION	POSICION
9	N 52° E / 62° SE	Cizalla
11	N 84° E / 53° SE	Cizalla
10	N 68° E / 70° SE	Bisector
14	N 23° W / 82° NE	Bisector



PLANO

T - EJE DE ESFUERZO

T1 - Máximo SW 64° / 8°
 T2 - Intermedio SE 38° / 62°
 T3 - Mínimo NW 21° / 27°



UNAM

Facultad de Ingeniería

Figura

Sistema Estructural
 Ejes Principales de Esfuerzo
 Cuerpo Nepluno
 Nivel 190

7.9

TESIS DE LICENCIATURA

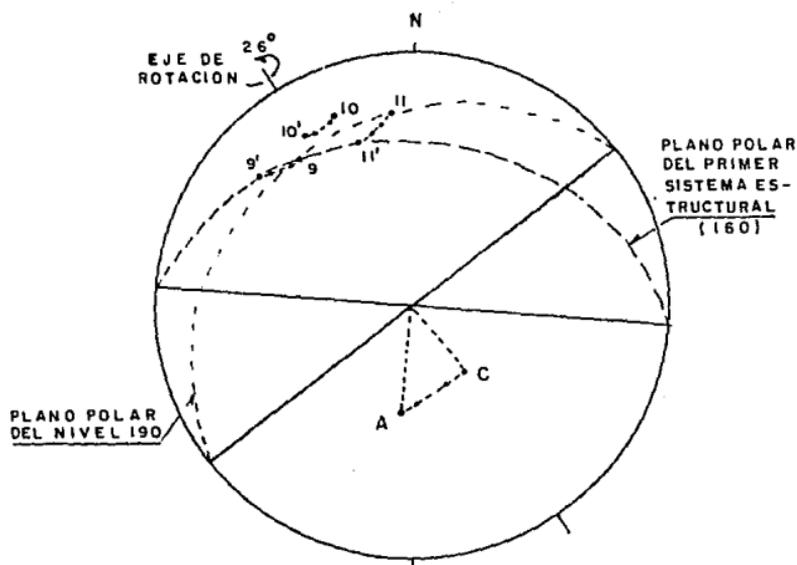
EJES PRINCIPALES DE ESFUERZOS

E J E	O R I E N T A C I O N
-------	-----------------------

T ₁	SW 64° / 08°
T ₂	SE 38° / 62°
T ₃	NW 21° / 27°

Este sistema estructural, determinado para el nivel 190, está relacionado geoméricamente con el primer sistema del nivel 160. Para comprobar la relación entre estos sistemas se hizo coincidir la línea de intersección "C" (SE 38° / 62°) definida por los planos 9, 10 y 11 (figura N° 7.9) con la línea de intersección "A" (SW 4° / 55°), correspondiente al primer sistema estructural del nivel 160 (figura N° 7.6).

Al hacer coincidir las líneas de intersección "C" y "A", lo que se logra es la orientación del sistema estructural del nivel 190, con respecto al primer sistema del nivel 160. Este procedimiento se realizó con un eje de rotación, que para este caso fue horizontal, con una dirección de N 34° W y un ángulo de rotación de 26°. Al hacer el giro con el valor anterior, los polos originales 9, 10 y 11 ocuparon nuevas posiciones 9', 10' y 11' (figura No. 7.10).



• - POLO

--- PLANO



UNAM

Facultad de Ingeniería

Figura

Rotación a Través de un Eje Horizontal, Cuerpo Neptuno. Nivel 190

7.10

TESIS DE LICENCIATURA

De esta operación se observa que los polos 9' y 11' están contenidos sobre el plano polar del primer sistema estructural del nivel 160. Por lo tanto, el sistema estructural del nivel 190 está relacionado con el primer sistema del nivel 160.

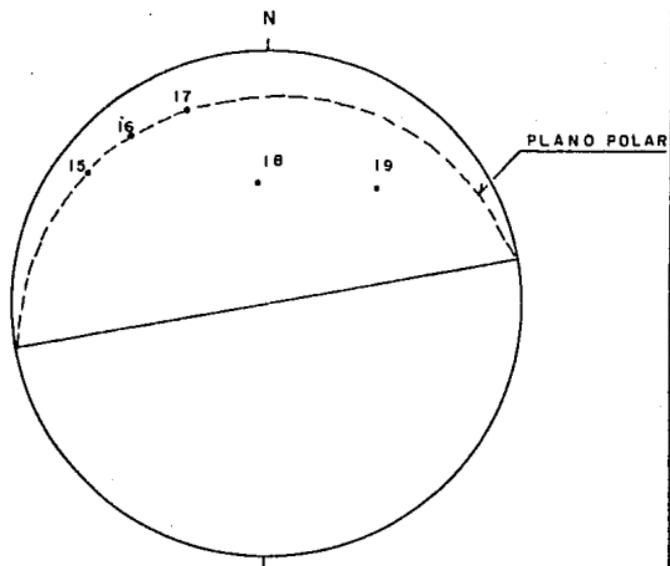
CUERPO VOLCAN, NIVEL 250.

El cuerpo Volcán se localiza a 90 metros bajo el nivel 160. para este nivel 250 se han definido cinco polos (figura N° 7.4) que se ilustran en la figura N° 7.11, donde se observa que los polos 15, 16 y 17 están contenidos en un plano polar; no sucede así con el polo 18 y 19.

Los polos 15, 16 y 17 son los que definen un sistema estructural para este nivel. En la figura N° 7.12 se han dibujado los planos de fractura y la localización de los ejes principales de esfuerzos. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos:

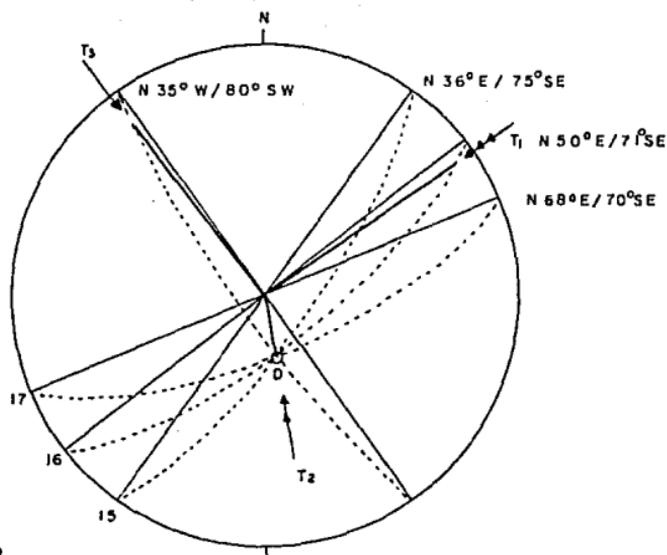
PLANOS

PLANO	ORIENTACION	POSICION
15	N 36° E / 75° SE	Cizalla
17	N 68° E / 70° SE	Cizalla



• POLO
 (---) PLANO

	<p>UNAM Facultad de Ingeniería</p>
<p><i>Figura</i></p>	<p>Plano Polar Cuerpo Volcán Nivel 250</p>
<p>7.11</p>	<p>TESIS DE LICENCIATURA</p>



--- PLANO
T - EJE DE ESFUERZO

T1- MAXIMO NE 54°/10°
T2- INTERMEDIO SE 10°/70°
T3- MINIMO NW 37°/20°



UNAM

Facultad de Ingeniería

Figura

Sistema Estructural
Ejes Principales de Esfuerzo
Cuerpo Volcán
Nivel 250

7.12

TESIS DE LICENCIATURA

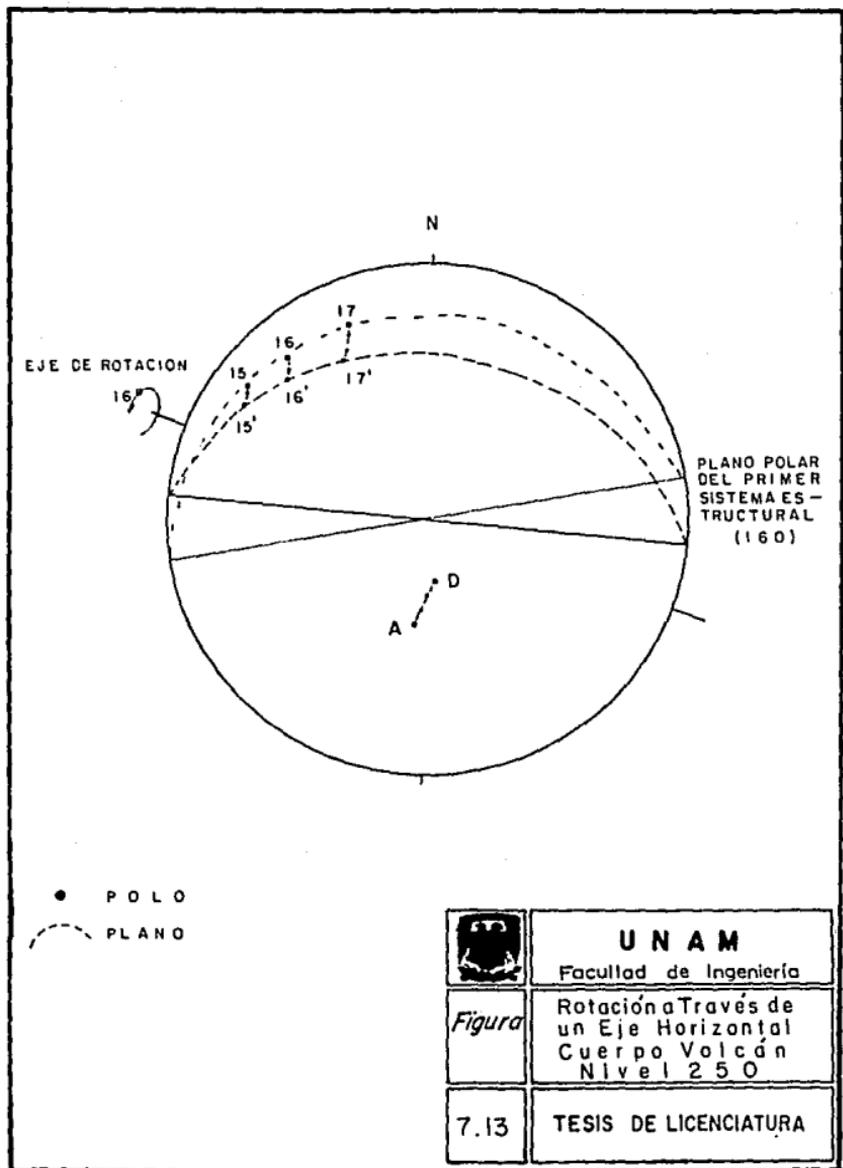
PLANO	ORIENTACION	POSICION
16	N 50° E / 71° SE	Bisector
-	N 35° W / 80° SW	Bisector

EJES PRINCIPALES DE ESFUERZOS

EJE	ORIENTACION
T ₁	NE 54° / 10°
T ₂	SE 10° / 70°
T ₃	NW 37° / 20°

Como también el sistema estructural del nivel 250 debe estar relacionado al nivel 160, se ha procedido a hacer las mismas consideraciones que el nivel 190. En este caso, fue necesario contar con un eje horizontal con orientación N 70° W y con un ángulo de rotación de 16° en el sentido de las manecillas del reloj.

En la figura N° 7.13 se han proyectado los polos 15, 16 y 17, las intersecciones de los planos determinados por los puntos "A" y "D", así como el plano polar del primer sistema estructural (nivel 160).



Al llevar a cabo la rotación correspondiente que los nuevos polos 15', 16' y 17' se encuentran contenidos en el plano polar del primer sistema mencionado. De esta manera se concluye que el sistema estructural del nivel 250 también es correlacionable con el primer sistema definido en el nivel 160.

Con las consideraciones anteriores se ha comprobado que los esfuerzos que modelaron el primer sistema estructural del nivel 160, también dieron origen a los sistemas estructurales definidos en los niveles 190 y 250 (figuras N° 7.9 y N° 7.12). Sin embargo, las orientaciones de los ejes principales de esfuerzos detectadas para cada nivel, de los tres analizados, son diferentes entre sí; estas diferencias existentes seguramente fueron provocadas por la influencia de los esfuerzos que causaron el segundo sistema estructural estudiado anteriormente para el nivel 160; lo cual originó que los sistemas estructurales para cada nivel se comportaran, aparentemente, independientes uno del otro.

En la tabla siguiente se hace un resumen de ejes principales de esfuerzos para los niveles 160, 190 y 250:

EJES PRINCIPALES DE ESFUERZOS

EJE	NIVEL 160	NIVEL 190	NIVEL 250
T ₁	NE 65° / 20°	SW 64° / 08°	NE 54° / 10°
T ₂	SW 04° / 55°	SE 38° / 62°	SE 10° / 70°
T ₃	SW 35° / 28°	NW 21° / 27°	NW 37° / 20°

El presente análisis ha demostrado que los niveles 160, 190 y 250 forman parte de tres bloques separados tectónicamente, representados por los Cuerpos Cometa, Neptuno y Volcán respectivamente. Estos cuerpos han sido desplazados y desorientados entre sí, a causa de los dos sistemas de esfuerzos superpuestos a los que ha estado sometida la región de estudio.

La fotografía que se exhibe en la figura N° 7.14 corresponde al afloramiento del horizonte mineralizado, donde se puede observar que ha sido cortado por una falla normal (N 84° W / 50° SW), la cual está directamente asociada con el plano 4 (N 84° W / 52° SW) del segundo sistema estructural del nivel 160. SE deduce por lo tanto, que dicha falla pertenece a este último.



UNAM

Facultad de Ingeniería

Figura

Afloramiento del Horizonte
Mineralizado Cortado por
una Falla Normal
(8° / 50° S W)

7.14

TESIS DE LICENCIATURA

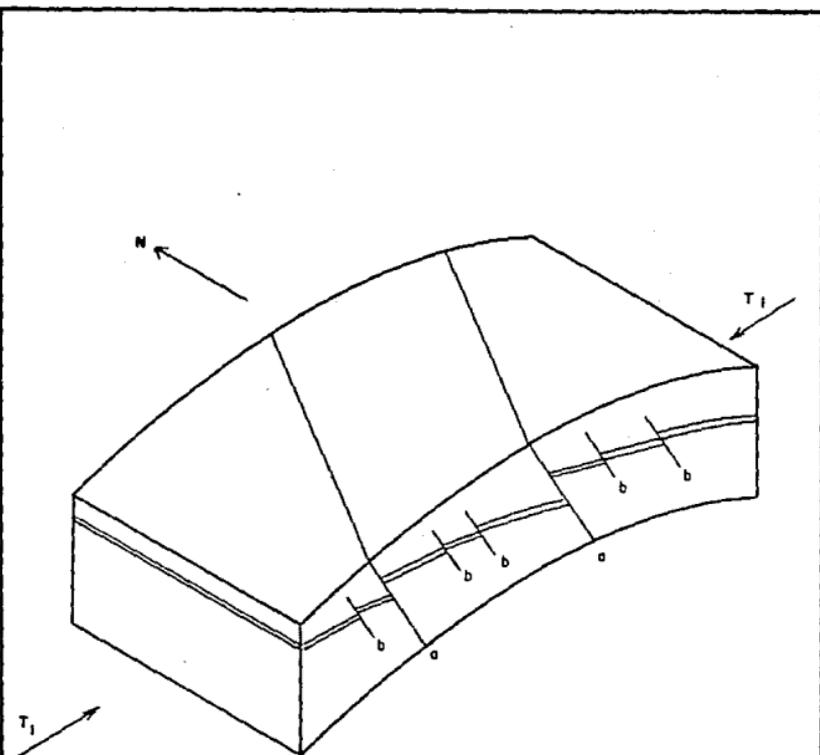
7.4.3 SINTESIS ESTRUCTURAL.

Los sistemas estructurales que se han identificado en el antiguo distrito minero de Aire Libre permiten construir una evolución tectónica, en función de las direcciones del esfuerzo máximo.

Se han reconocido dos fases tectónicas que han afectado al horizonte mineralizado y partiendo de la base de que éste se encontraba originalmente como estrato horizontal, se puede configurar el desarrollo estructural que lo seccionó en bloques hasta su posición actual, de la siguiente manera:

Al actuar el esfuerzo principal máximo de dirección NE 65° y sub-horizontal, sobre el horizonte mineralizado, se originó el primer sistema estructural (figura N° 7.6) y generó predominantemente, fallas inversas (planos de cizalla 1 y 3). Para fines de ilustración, en la figura N° 7.15 a estas fallas se les ha considerado un rumbo general "NNE" inclinadas al "SE". Bajo este campo de esfuerzo se debió haber desarrollado un sistema de plegamientos con ejes de dirección N 18° W (plano bisector 5).

La formación de este primer sistema, probablemente, fue generado por los esfuerzos que produjeron el plegamiento de la Sierra Madre Oriental, ya que dichos esfuerzos tienen una dirección general Oeste-Este.



T₁ - ESFUERZO MAXIMO

a - FALLAS INVERSAS
PRINCIPALES

b - FALLAS INVERSAS
SECUNDARIAS

====
HORIZONTE
MINERALIZADO



UNAM

Facultad de Ingeniería

Figura

Síntesis Estructural
Bloque Diagrama del
Primer Sistema Estructural

7.15

TESIS DE LICENCIATURA

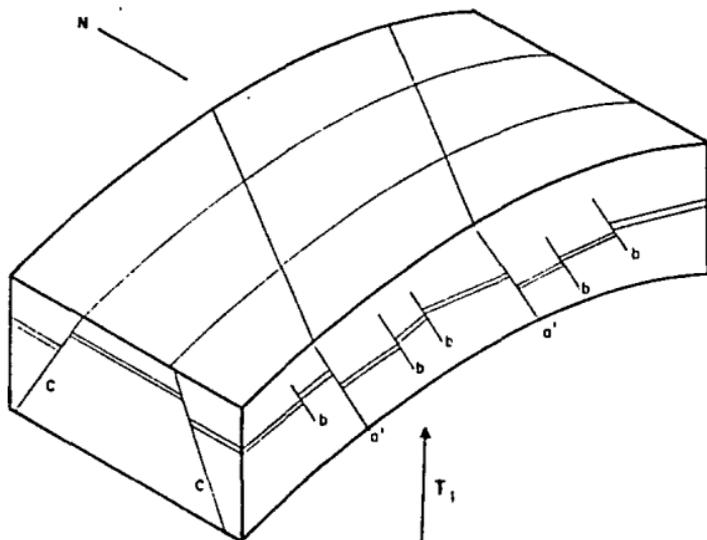
Al sistema estructural anterior se superpone una acción de esfuerzo máximo vertical, causando fallas normales de rumbo predominante Este-Oeste, a través de sus planos de cizalla (4 y 7); así, se determina un segundo sistema (figura N° 7.7).

Al actuar el esfuerzo que ocasionó este segundo sistema, las fallas principales del primero se rejuvenecen y gravitan (figura N° 7.16) a través de sus planos primitivos; así, se originan cuerpos desplazados y rotados.

El segundo sistema estructural probablemente se produjo en el Terciario, pues, en el Oligoceno se acentuó el empuje vertical que sufrió la región de Teziutlán (Viniegra 1966, pág. 160).

Finalmente con la acción de los eventos tectónicos y los planos estructurales asociados a ellos, puede configurarse un modelo estructural en bloques; el cual se ha esquematizado en la figura N° 7.17, donde se logran ubicar los diferentes cuerpos mineralizados que constituyeron el yacimiento del antiguo distrito minero de Aire Libre.

Es notable observar como la distribución geométrica de bloques es perfectamente correlacionable con la información conocida.



a' - FALLAS REJUVENECIDAS DEL PRIMER SISTEMA ESTRUCTURAL

b - FALLAS SECUNDARIAS DEL PRIMER SISTEMA ESTRUCTURAL

c - FALLAS NORMALES DEL SEGUNDO SISTEMA ESTRUCTURAL

== HORIZONTE MINERALIZADO



UNAM

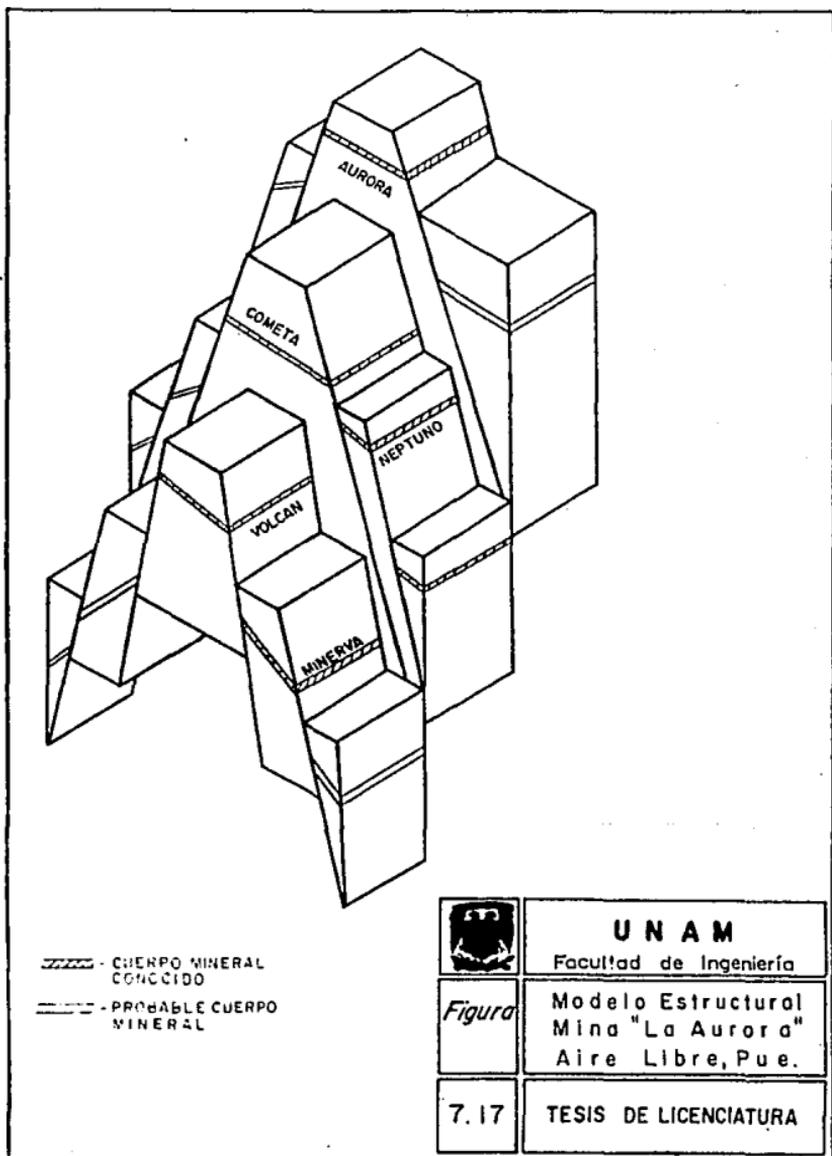
Facultad de Ingeniería

Figura

Síntesis Estructural
Bloque Diagrama del
Segundo Sistema Estructural

7. 16

TESIS DE LICENCIATURA



----- - CUERPO MINERAL
CONOCIDO

————— - PROBABLE CUERPO
MINERAL



UNAM

Facultad de Ingeniería

Figura

Modelo Estructural
Mina "La Aurora"
Aire Libre, Pue.

7.17

TESIS DE LICENCIATURA

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

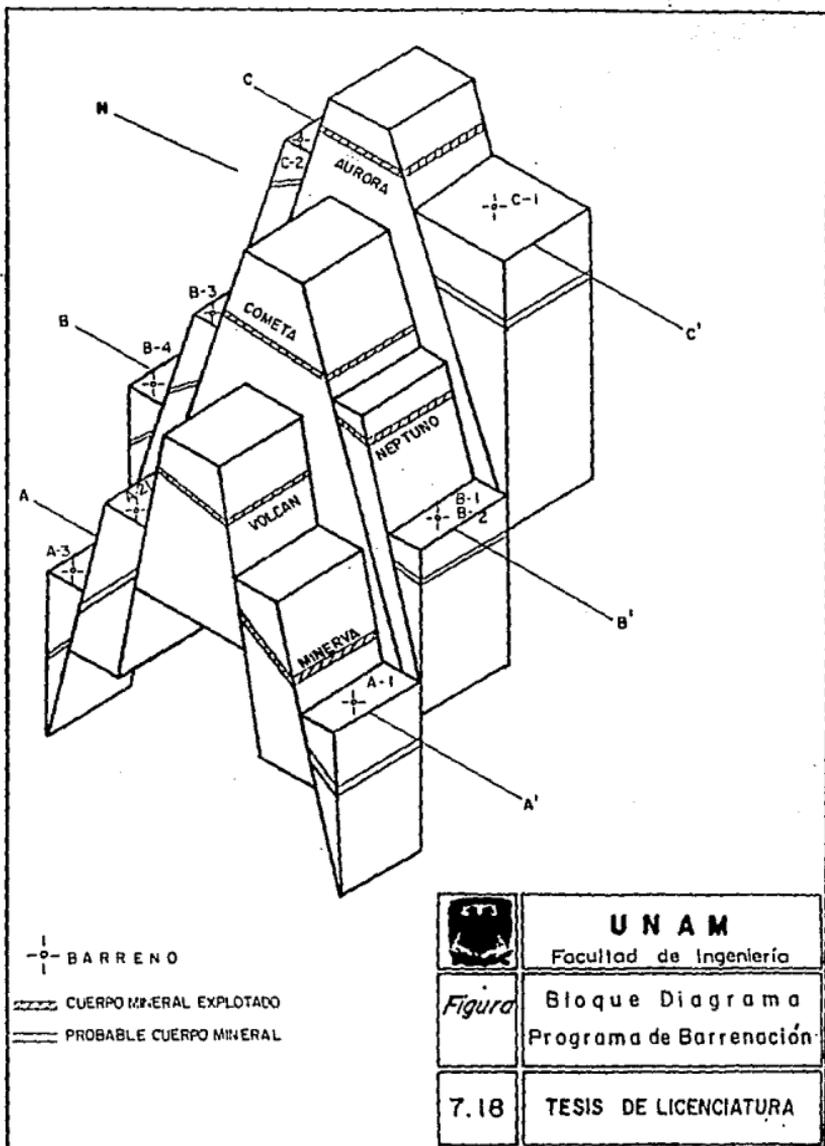
7.4.4 PROGRAMA DE BARRENACION

Con base en lo expuesto en la sección 7.4.3 y con apoyo en el modelo estructural (figura N° 7.17), se elaboró un programa de barrenación preliminar (figura N° 7.18) que consistió de cinco barrenos, los cuales son independientes entre sí, ya que cada uno de ellos se ha orientado para interceptar un cuerpo diferente; este programa tiene las siguientes características:

I.- Sección A - A'.

Estación de Barrenación	Inclinación	Longitud m.
A - 1	Vertical	600
A - 2	75°	400

Objetivo: Interceptar la posible continuidad lineal de los cuerpos Volcán Minerva hacia el "SE" y "NE".



II.- Sección B - B'. (figura N° 7.19)

Estación de Barrenación	Inclinación	Longitud m.
B - 1	45°	450
B - 2	Vertical	450

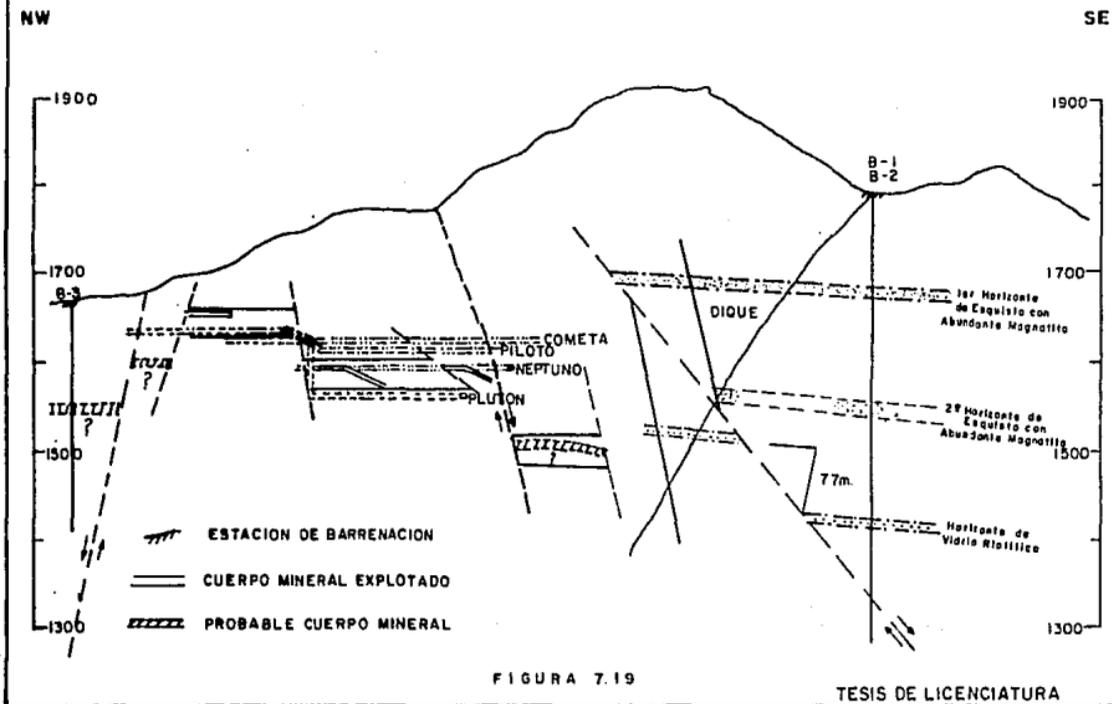
Objetivo: Captar la posible continuidad lineal de los cuerpos Cometa Neptuno hacia el "SE".

III.- Sección C - C'. (figura N° 7.20)

Estación de Barrenación	Inclinación	Longitud m.
C - 1	Vertical	300

Objetivo: Interceptar la posible continuidad lineal del cuerpo Aurora al "SE".

PROGRAMA DE BARRENACION
SECCION B-B'



Del programa propuesto se han llevado a cabo 3 barrenos, el B - 1, el B - 2 y el C - 1. El primero de éstos fue inclinado, con dirección "NW" y una longitud total de 507 metros; en general, su columna litológica está constituida por esquistos, con variedades mineralógicas de Clorita, Epidota-Sericita y Actinolita y una serie de diques aplíticos. A los 135 y 155 metros se presentó un horizonte de vidrio de composición riolítica desvitrificado (MPZ - 7). Entre los 302 a 310 metros se localizó una zona de falla. De los 486 a los 507 metros se encontró un esquistos magnético.

Estos horizontes son de fácil correlación con el barreno B - 2 (vertical) entre los cuales puede reconocerse la importancia de la falla de los 300 metros detectada en el barreno B - 1 (inclinado), la cual en este segundo barreno se localizó a los 430 metros. La sección interpretada con base en estos dos barrenos permite reconocer un salto de falla de 77 metros, lo que demuestra que se cumple el modelo estructural propuesto.

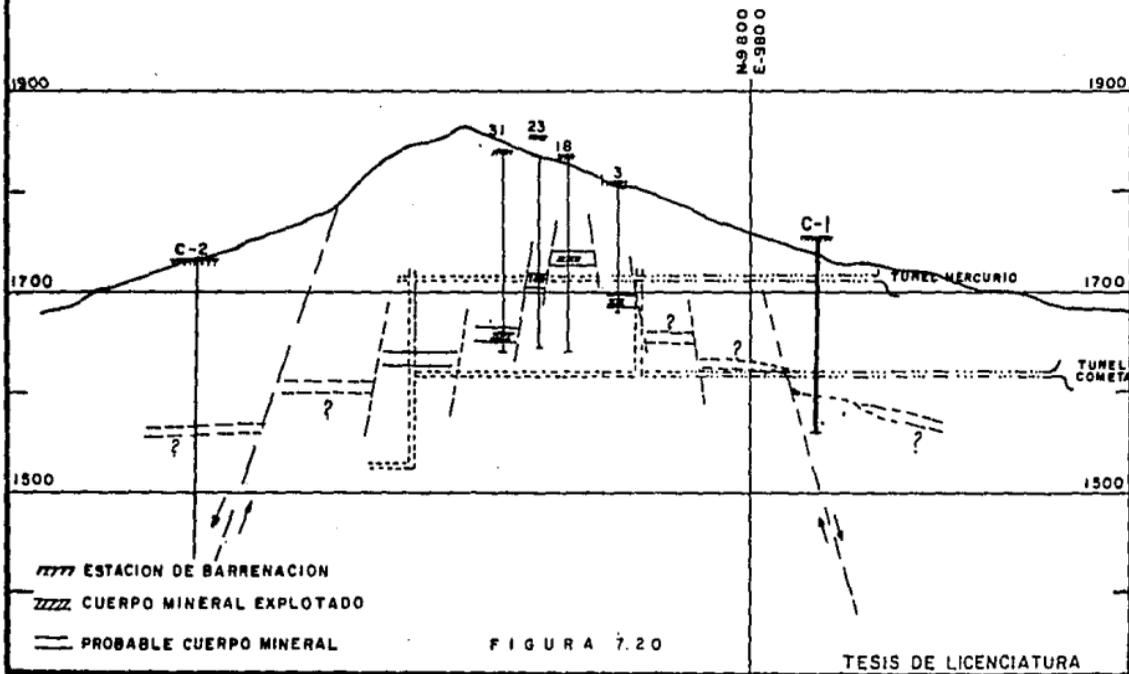
En el barreno C - 1 se perforaron 196 metros y en general, presenta el mismo tipo de roca de los anteriores. Entre los 124 y 126 metros se presenta una zona masivamente piritizada con trazas de calcopirita. Estas zonas son probablemente la continuación del horizonte mineralizado, la cual únicamente se manifestó como pirita masiva, lo que sugiere que se trata de la zona marginal del yacimiento, o bien, corresponde a un adelgazamiento lenticular de éste, como se interpreta en la figura N° 7.20.

PROGRAMA DE BARRENACION

SECCION C-C (N45°W)

NW

SE



VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 CONCLUSIONES.

8.2 RECOMENDACIONES.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 CONCLUSIONES.

La zona de estudio se ubica en los límites de las provincias fisiográficas de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico.

La región de Teziutlán está ubicada dentro del anticlinorio del mismo nombre.

Las rocas que afloran son del tipo metamórfico, ígneo y sedimentario con edades que varían del Paleozoico al reciente.

Las rocas más antiguas están representadas por una unidad metamórfica compuesta por esquistos en su base y metandesitas en su parte superior, cuya edad se estima sea del pérmico o anterior. Esta unidad constituye el basamento del anticlinorio de Teziutlán.

Sobreyaciendo discordantemente a la unidad metamórfica, se tiene un paquete de rocas sedimentarias de edad Jurásico, en las cuales Pano y Salazar (1975) distinguen a las formaciones Huayacocotla, Cahuassas, en sus facies Tenexcate, Tepejic, Santiago, San Pedro y Tamán, encontrando estas en las partes altas de la sierra de Chignautla.

Las rocas anteriores están cubiertas por un conjunto de rocas ígneas extrusivas de composición ácida a básica emplazadas durante la formación del eje neovolcánico, en el Terciario. Adicionalmente, se tiene la presencia de cuerpos intrusivos de composición ácida a intermedia, que no tienen ninguna relación con la mineralización.

La zona fue afectada por dos eventos tectónicos. El primero, la Orogenia Laramide afecta la secuencia metamórfica y sedimentaria, que originó el plegamiento de éstas rocas, para dar lugar al anticlinorio de Teziutlán.

El segundo evento es la formación del eje neovolcánico con esfuerzos verticales máximos, lo que provocó un levantamiento dómico con fallas normales y el emplazamiento posterior de diques.

Las rocas que afloran en el distrito minero de "Aire Libre" son principalmente rocas metamórficas, que están integradas por esquistos y metandesitas, dentro de las cuales está contenido el yacimiento de cobre-zinc en un único manto lenticular senciblemente horizontal y concordante con la esquistosidad de dichas rocas. La serie está intrusionada por diques de composición ácida.

El yacimiento mineral presenta en su paragénesis: Pirita, esfalerita, calcopirita, galena, covalita, tetraedrita y tenantita.

Las leyes que presenta el cuerpo "Aurora" el cual se muestreo en superficie y los datos históricos de los demás cuerpos son atractivos.

La prospección de cuerpos semejantes se propone realizarla tomando en cuenta los siguientes criterios:

Litológico.

Con la metandesita que se ha encontrado invariablemente en el alto de la veta en la región de "Aire Libre" y en la mina "La Guadalupe" (al NW de Aire Libre).

Geofísico.

Según datos de Minera Autlán S.A. es posible utilizar el método eléctrico de polarización inducida y resistividad con el arreglo dipolo-dipolo.

Estructural.

Es posible identificar, por lo menos dos eventos tectónicos estructurales de importancia, que afectaron el yacimiento del distrito minero de Aire libre.

El primer sistema estructural presenta una dirección de esfuerzo máximo NE 65° y sub-horizontal, correlacionable con los esfuerzos de

la orogenia Laramide. Este primer sistema originó predominantemente fallas inversas en el área de estudio.

El segundo sistema estructural fue originado por un esfuerzo vertical que sufrió la región de Teziutlán, ocasionado por el Eje Neovolcánico. Este segundo sistema genero principalmente fallas normales en el área.

En la zona de la mina los diques tienen el rumbo del plano bisector 5, del primer sistema estructural.

Con los barrenos B-1, B-2 y C-1 se demuestra que si se cumple el modelo estructural propuesto, es decir, se lleva a cabo la continuidad de estructuras, se desconoce si persiste la continuidad lineal del yacimiento.

Los dos sistemas estructurales diferenciados fueron los que originaron el fallamiento y desplazamiento de horizonte mineralizado, por lo tanto éste es anterior a dichos sistemas.

0.2 RECOMENDACIONES.

Es recomendable continuar con la perforación, dando mayor importancia a la zona "NW" con las estaciones de barrenación C-2, B-3 y A-2, conservando el orden anotado. Los dos primeros barrenos deberán dar la clave, si continua o no la zona mineralizada, ya que éstos se

encuentran en diferentes bloques, los cuales deben seguir el comportamiento estructural del modelo generado en el presente trabajo.

Si se tiene en cuenta el tipo vulcanosedimentario de la mineralización presente en el área, es indispensable realizar estudios muy detallados de la estratigrafía y de los modelos estructurales. Sólo así se podrá tener criterios de la continuidad y de las posibilidades de la prospección.

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

- * Gómez, Julio; 1916, El Mineral "La Aurora", distrito de Teziutlán, Pue.: Tomo II, Vol. NO. 8: BMS (1916).

- * Edelen A. W. y Lee H. M.: 1936, The Teziutlan Cooper-Zinc Deposit., Teziutlán, Puebla, México: Technical Publication No. 858: American Institute of Minig and Metallurgical Enganiers: p.p. 314-323.

- * López Ramos E.; 1950, Secciones Cretácicas y Jurásicas del Norte de Teziutlán, Puebla; Vol. No. 29, A.M.G.P.; p.p. 549-555.

- * Olivera R. M.; 1953, Influencia del Macizo de Teziutlán sobre los sedimentos Mesozoico y Terciario, y Posibilidades petroleras de éstos.

- * Olivera R., Moisés; 1953, Informe Geológico de la Provincia del Macizo de Teziutlán, Puebla; Vol. No. 5, A.M.G.P.

- * Viniestra Osorio, Francisco; 1965, Geología del Macizo de Teziutlán y la Cuenca Cenozóica de Veracruz; Vol. No. 17, A.M.G.P.; p.p. 100-135.

* Viniegra Osorio, Francisco; 1966, Paleogeografía y Tectónica del Mesozoico en la Provincia de la Sierra Madre y Macizo de Teziutlán, Puebla; Vol. No. 13, A.M.G.P.; p.p. 146-157.

* Tarango, Guillermo; 1967, Estudio Geológico Petrolero del Area Río Laxaxalpa, Teziutlán, Puebla; I.P.N. Tesis Profesional E.S.I.A.

* Pezquera V., Rubén; 1967, Visita al yacimiento de cobre de Teziutlán, Puebla; Informe del C. R. M. N.N. (Inédito).

* Ordoñez, Georges; 1974-1975, Informes de Asesoría Técnica; Correspondencia Interna Compañía Minera Autlán, S.A. de C.V. (Inéditos).

* Pano A., Tarango G., Salazar S.; 1975, Aspectos Técnicos y Estructurales de la Cuenca Apizaco-Zongolica, Alto de Teziutlán y Cuenca de Tampico-Mizantla; VI Excursión Petróleos Mexicanos, zona de Poza Rica; p.p. 11-75.

* Demant, A. y Robin, C.; 1975, Las Fases del Vulcanismo en México; una Síntesis en Relación con la Evolución Geodinámica desde el Cretácico; Revista del Instituto de Geología, U.N.A.M. (1), p.p. 70 - 83.

* Chelen F., Jorge ; 1978, Estudio Geológico y Análisis Estructural del Distrito Minero de Aire Libre, Teziutlán, Puebla, México; IV Congreso Latinoamericano de Geología.

* Chelen, Jorge y Flores A., Manuel; 1979, Estudio Geológico y Análisis Estructural de Distrito Minero de Aire Libre, Teziutlán, Puebla, México; Informe de Minera Autlán (inédito).

* Zamorano Montiel, Gustavo; 1986, Informe sobre los Estudios Preliminares del Area de Teziutlán, Puebla; Informe Técnico, C.R.M.

* Ferríz, H. y Mahood, G. A.; 1986, Vulcanismo Riolítico en el Eje Neovolcánico Mexicano; Revista Geofísica Internacional, vol 25 - 1, p.p. 117 - 156.

ANEXO PETROGRAFICO.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 1
- 3.- Localidad: Aire Libre, Teziutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde oscuro.
- 2.- Estructura: Laminar.
- 3.- Textura: Cristalina fina.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Esquistosa.
- 2.- Mineralogía: Clorita, plagioclasas sódicas alteradas, cuarzo, pirita, sericita, minerales opacos y arcillos.

IV.- CLASIFICACION.

ESQUISTO DE CLORITA.

V.- ORIGEN.

Metamorfismo regional.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 2
- 3.- Localidad: Aire Libre, Tesiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde claro.
- 2.- Estructura: Foliada.
- 3.- Textura: Cristalina fina.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Esquistosa.
- 2.- Mineralogía: Sericita, cuarzo, diseminación de minerales opacos asociados a minerales de veta.

IV.- CLASIFICACION.

ESQUISTO DE SERICITA.

V.- ORIGEN.

Metamorfismo regional.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 3
- 3.- Localidad: Aire Libre, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde claro.
- 2.- Estructura: Foliada.
- 3.- Textura: Cristalina fina.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Esquistosa.
- 2.- Mineralogía: Sericita, cuarso, plagioclasas sódico-cálcicas y minerales opacos.

IV.- CLASIFICACION.

ESQUISTO DE SERICITA.

V.- ORIGEN.

Metamorfismo regional.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 4
- 3.- Localidad: Aire Libre, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde claro.
- 2.- Estructura: Laminar.
- 3.- Textura: Cristalina fina.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Esquistosa.
- 2.- Mineralogía: Sericita, cuarzo, feldespatos, disseminaciones de minerales opacos (hematita y limonita), minerales arcillosos, y clorita intersticial.

IV.- CLASIFICACION.

FILITA.

V.- ORIGEN.

Metamorfismo regional.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 5
- 3.- Localidad: Aire Libre, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Gris.
- 2.- Estructura: Compacta.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Microlítica (Pilotaxítica).
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Andesina, oligoclasa.
Accesorios: Minerales opacos alterados.
Secundarios: Clorita y sericita.

IV.- CLASIFICACION.

METANDESITA.

V.- ORIGEN.

Ígneo extrusivo.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 14
- 3.- Localidad: Aire Libre, Teziutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde.
- 2.- Estructura: Laminar.
- 3.- Textura: Cristalina fina.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Esquistosa.
- 2.- Mineralogía: Sericita, cuarzo, actinolita y minerales opacos (hematita y limonita).

IV.- CLASIFICACION.

ESQUISTO DE SERICITA.

V.- ORIGEN.

Metamorfismo Regional.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.

2.- Muestra: AUR 90 - 19

3.- Localidad: Aire Libre, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

1.- Color: Pardo claro.

2.- Estructura: Compacta.

3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

1.- Textura: Porfídica.

2.- Mineralogía: Esenciales: Cuarzo, plagioclasa (andesina y oligoclasa) y microclina.
Accesorios: Magnetita.
Secundarios: Sericita y minerales arcillosos.

IV.- CLASIFICACION.

MICROGRANODIORITA.

V.- ORIGEN.

Hipabisal.

VI.- NOTAS.

1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

2.- La roca pertenece a una estructura en forma de dique.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 16
- 3.- Localidad: Aire Libre, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Pardo en partes rojo y gris.
- 2.- Estructura: Bandeada.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Piroclástica.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Ceniza volcánica, cuarzo y plagioclasas.
Secundarios: Minerales arcillosos.

IV.- CLASIFICACION.

CINERITA.

V.- ORIGEN.

Piroclástico.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.
- 2.- La roca pertenece a un vulcanismo explosivo.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 17
- 3.- Localidad: Aire Libre, Teziutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde claro.
- 2.- Estructura: Foliada.
- 3.- Textura: Cristalina fina.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Esquistosa.
- 2.- Mineralogía: Sericita, cuarzo, clorita esporádica y minerales opacos (hematita y limonita).

IV.- CLASIFICACION.

ESQUISTO DE SERICITA.

V.- ORIGEN.

Metamorfismo Regional.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 18
- 3.- Localidad: Aire Libre, Teziutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde oscuro.
- 2.- Estructura: Foliada.
- 3.- Textura: Cristalina fina.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Esquistosa.
- 2.- Mineralogía: Cuarzo, sericita, clorita y zonas de minerales opacos.

IV.- CLASIFICACION.

ESQUISTO DE SERICITA.

V.- ORIGEN.

Metamorfismo Regional.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.

2.- Muestra: AUR 90 - 19

3.- Localidad: Regional, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

1.- Color: Verde claro.

2.- Estructura: Compacta.

3.- Textura: Fanerítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

1.- Textura: Holocristalina-Cataclástica.

2.- Mineralogía: Esenciales: Microclina, andesina, oligoclasa y cuarzo.
Accesorios: Hematita, limonita, magnetita y zircón.
Secundarios: Ferromagnesianos alterados, sericita y minerales arcillosos.

IV.- CLASIFICACION.

GRANODIORITA (CATACLASTITA).

V.- ORIGEN.

Plutónico.

VI.- NOTAS.

1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.

2.- Los minerales presentan deformaciones y en partes se encuentran fragmentados por esfuerzos que afectaron a la roca.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 20
- 3.- Localidad: Regional, Teziutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Rojo.
- 2.- Estructura: Compacta.
- 3.- Textura: Fanerítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Holocristalina, hipidiomórfica con intercrecimientos micropegmatíticos.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Microclina, cuarzo, andesina, oligoclasa.
Accesorios: Ferromagnesianos alterados
Secundarios: Minerales arcillosos, clorita y sericita.

IV.- CLASIFICACION.

CUARZOMONZONITA.

V.- ORIGEN.

Plutónico.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca contiene intercrecimientos finos de cuarzo con microclina, pertenece probablemente a la zona apical del granito.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 21
- 3.- Localidad: Regional, Teziutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Gris claro.
- 2.- Estructura: Compacta.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Microlítica porfídica.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Andesina, oligoclasa.
Accesorios: Ferromagnesianos alterados
(anfíboles).
Secundarios: Clorita y sericita.

IV.- CLASIFICACION.

METANDESITA.

V.- ORIGEN.

Igneo extrusivo.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 22
- 3.- Localidad: Regional, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde.
- 2.- Estructura: Compacta con foliación en partes del afloramiento.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Microlítica.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Plagioclasas alteradas a sericita.
Accesorios: Ferrromagnesianos alterados a clorita.
Secundarios: Clorita, sericita, epidota.

IV.- CLASIFICACION.

METANDESITA.

V.- ORIGEN.

Igneo extrusivo con dinamometamorfismo.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se encuentra muy alterada por esfuerzos, pero en algunas zonas se puede observar la textura microlítica original.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.

2.- Muestra: AUR 90 - 23

3.- Localidad: Regional, Tesiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

1.- Color: Verde claro y oscuro.

2.- Estructura: Compacta con foliación en algunas partes del afloramiento.

3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

1.- Textura: Microlítica.

2.- Mineralogía: Esenciales: Plagioclasas alteradas.
Accesorios: Ferromagnesianos alterados.
Secundarios: Tremolita-Actinolita, clorita,
sericita y minerales arcillosos.

IV.- CLASIFICACION.

METANDESITA.

V.- ORIGEN.

Igneo extrusivo con dinamometamorfismo.

VI.- NOTAS.

1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.

2.- La roca se encuentra muy alterada por esfuerzos, pero en algunas zonas se puede observar la textura microlítica original.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 24
- 3.- Localidad: Regional, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde y gris.
- 2.- Estructura: Bandeada.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Microlítica-Relicta.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Plagioclasas alteradas a sericita.
Accesorios: Ferromagnesianos alterados a clorita.
Secundarios: Tremolita-Actinolita, clorita, sericita y minerales arcillosos.

IV.- CLASIFICACION.

METANDESITA.

VI.- ORIGEN.

Igneo extrusivo con dinamometamorfismo.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.
- 2.- La roca se encuentra muy alterada por esfuerzos, pero en algunas zonas se puede observar la textura microlítica original.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.

2.- Muestra: AUR 90 - 26

3.- Localidad: Regional, Tesiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

1.- Color: Pardo.

2.- Estructura: Compacta (afloramiento con estratificación gruesa).

3.- Textura: Microcristalina.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

1.- Textura: Micrítica.

2.- Mineralogía: Calcita, minerales arcillosos, hematita y limonita.

IV.- CLASIFICACION.

CALIZA MICRITICA.

V.- ORIGEN.

Sedimentario marino.

VI.- NOTAS.

1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 27
- 3.- Localidad: Regional, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Gris.
- 2.- Estructura: Compacta con fracturas paralelas entre sí.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Microlítica.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Plagioclasas alteradas a sericita.
Accesorios: Ferromagnesianos alterados a clorita.
Secundarios: Calcita, sericita y clorita.

IV.- CLASIFICACION.

METANDESITA.

V.- ORIGEN.

Igneo extrusivo con dinamometamorfismo.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 28
- 3.- Localidad: Regional, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOFICO.

- 1.- Color: Gris.
- 2.- Estructura: Compacta con fracturas paralelas entre sí.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Porfídica con matriz microlítica.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Plagioclasas alteradas a sericita.
Accesorios: Ferromagnesianos alterados a clorita.
Secundarios: Clorita y sericita.

IV.- CLASIFICACION.

METANDESITA.

V.- ORIGEN.

Ígneo extrusivo.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 29
- 3.- Localidad: Regional, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Verde.
- 2.- Estructura: Compacta con foliación en algunas partes del afloramiento.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Microlítica.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Plagioclasas alteradas a sericita.
Accesorios: Ferromagnesianos alterados a clorita.
Secundarios: Clorita y sericita.

IV.- CLASIFICACION.

METANDESITA.

V.- ORIGEN.

Igneo extrusivo con dinamometamorfismo.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.

2.- Muestra: AUR 90 - 30

3.- Localidad: Regional, Tasiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

1.- Color: Gris.

2.- Estructura: Compacta con fracturas paralelas entre sí.

3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

1.- Textura: Porfírica con matriz microlítica.

2.- Mineralogía: Esenciales: Plagioclasas alteradas a sericita.
Accesorios: Augita y ferromagnesianos alterados a clorita.
Secundarios: Minerales arcillosos, clorita y sericita.

V.- CLASIFICACION.

METANDESITA DE AUGITA.

V.- ORIGEN.

Ígneo extrusivo con dinamometamorfismo.

VI.- NOTAS.

1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 31
- 3.- Localidad: Regional, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Gris.
- 2.- Estructura: Muy fracturada.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Porfídica con matriz microlítica.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Plagioclasa alteradas a sericita.
Accesorios: Ferromagnesianos alterados a clorita
Secundarios: Sericita y clorita.

IV.- CLASIFICACION.

NETANDESITA.

V.- ORIGEN.

Ígneo extrusivo con dinamometamorfismo.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.

2.- Muestra: AUR 90 - 32

3.- Localidad: Regional, Tetiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

1.- Color: Pardo.

2.- Estructura: Seudoestratificada.

3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

1.- Textura: Afanítica.

2.- Mineralogía: Ceniza volcánica, , sericita, cuarso, plagioclasas y minerales arcillosos.

IV.- CLASIFICACION.

CINERITA.

V.- ORIGEN.

Igneo extrusivo.

VI.- NOTAS.

1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.

2.- Muestra: AUR 90 - 33

3.- Localidad: Regional, Tesiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

1.- Color: Fardo.

2.- Estructura: Pseudoestratificada.

3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

1.- Textura: Afanítica.

2.- Mineralogía: Ceniza volcánica, sericita, cuarzo y minerales arcillosos.

IV.- CLASIFICACION.

CINERITA.

V.- ORIGEN.

Ígneo extrusivo.

VI.- NOTAS.

1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 34
- 3.- Localidad: Regional, Teziutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Gris.
- 2.- Estructura: Compacta.
- 3.- Textura: Afanítica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: Microlítica.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Plagioclasas alteradas a sericita.
Accesorios: Ferromagnesianos alterados a clorita.

IV.- CLASIFICACION.

METANDESITA.

V.- ORIGEN.

Igneo extrusivo con dinamometamorfismo.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscópio petrográfico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

I.- DATOS GENERALES.

- 1.- Estudio efectuado para: Tesis profesional.
- 2.- Muestra: AUR 90 - 35
- 3.- Localidad: Regional, Texiutlán, Puebla.

II.- ASPECTO MEGASCOPICO.

- 1.- Color: Pardo.
- 2.- Estructura: Compacta.
- 3.- Textura: Porfídica.

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO.

- 1.- Textura: .Holocristalina porfídica.
- 2.- Mineralogía: Esenciales: Feldespato potásico, plagioclasas y cuarzo.
Accesorios: Hematita, limonita y magnetita.
Secundarios: Sericita y minerales arcillosos.

IV.- CLASIFICACION.

PORFIDO GRANODIORITICO.

V.- ORIGEN.

Hipabisal.

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca pertenece a una estructura en forma de dique.