



24/13

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**
Facultad de Ingeniería
División de Ciencias de la Tierra

**"ESTUDIO GEOLOGICO DE LAS MINAS:
SAN FRANCISCO JAVIER Y ANEXAS,
MALINALTEPEC, DISTRITO DE TLAPA,
GUERRERO"**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

Ingeniero Geólogo

presenta:

José Luis Huicochea Guerrero



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.

C O N T E N I D O

RESUMEN	Página
I. INTRODUCCION	1
I.1 Objetivos de estudio.	
I.2 Método de trabajo	
II. LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO	4
II.1 Localización geográfica.	
II.2 Clima y vegetación.	
II.3 Vias de acceso.	
III. F I S I O G R A F I A	8
III.1 Provincia fisiográfica.	
III.2 Geomorfología.	
III.3 Hidrografia.	
IV. GEOLOGIA REGIONAL	11
IV.1 Estratigrafía.	
IV.2 Geología histórica.	
IV.3 Tectónica regional.	
V. GEOLOGIA DE DETALLE	17
V.1 Litología.	
V.2 Geología estructural.	
V.3 Secuencia de eventos.	
VI. YACIMIENTOS MINERALES	22
VI.1 Estructuras mineralizadas.	
VI.2 Roca encajonante.	
VI.3 Alteraciones hidrotermales.	
VI.4 Paragenesis y sucesión.	

	<u>Página</u>
VI.5 Discusión genética.	
VII. OBRAS MINERAS	38
VII.1 Obra minera (El Tajo).	
VII.2 Obra minera (El Tiro).	
VII.3 Barrenación con diamante.	
VIII. CALCULO DE RESERVAS	46
VIII.1 Reservas positivas.	
VIII.2 Reservas posibles.	
IX. VIABILIDAD DEL YACIMIENTO	52
IX.1 Planta de beneficio.	
IX.2 Desarrollo de recursos minerales.	
IX.3 Estudio financiero.	
X. SELECCION DEL METODO DE EXPLOTACION	59
X.1 Explotación por tumbe sobre carga.	
X.2 Explotación por cuartos y pilares.	
XI. POSIBLE METODO DE BENEFICIO	62
XI.1 Descripción del proceso.	
XI.2 Prueba metalúrgica y balance.	
XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
- BIBLIOGRAFIA	
- APENDICE FOTOGRAFICO	
- PLANOS	

R E S U M E N

El prospecto minero San Francisco Javier, se localiza en el municipio de Malinaltepec en el estado de Guerrero. La zona presenta escaso desarrollo minero debido a la falta de caminos de acceso. Esta, pertenece a una región montañosa de la Sierra Madre del Sur, en la cual, predomina un basamento metamórfico (Complejo Acatlán) que fue intrusionado por magmas calcoalcalinos que constituyeron batolitos graníticos del Terciario.

Debido a la actividad magmática se generaron soluciones hidrotermales mineralizantes que afectaron tanto a las rocas metamórficas como a las rocas intrusivas. En estas últimas tuvo lugar un fracturamiento con rumbo general Este-Oeste, que permitió el relleno de fisuras por las soluciones. El resultado fue la formación de vetas intraplutónicas como las que conforman el prospecto San Francisco Javier. Estas estructuras constituyen sistemas de vetas paralelas angostas (de 10 cm. a 2 metros de ancho) que afloran con longitudes de 50 a 350 metros y se ha detectado mediante barrenación con diamante una profundidad de hasta 50 metros, a partir del nivel máximo de erosión representado por el río Mixtecapa.

La paragénesis en las vetas está representada por sulfuros metálicos en una ganga de cuarzo. Las alteraciones principales que se observan en las rocas encajonantes son la silicificación y sericitización. De acuerdo con estudios de petrografía y mineralografía se concluye que las vetas se formaron a partir de una fase neumatolítica con transición a una fase hidrotermal cuyo rango de temperaturas osciló de 200° a 500°C.

El elemento de importancia económica en las vetas es - la plata; el oro, el plomo y el cobre se presentan en cantidades subordinadas. Se cubicaron reservas positivas por 1 053 tons. con ley de plata de 1.660 Kg/ton para la veta del Tajo; reservas posibles por 69 890 tons. con ley de plata de 0.426 Kg/ton para la veta Ancha y 10 701 tons. con ley de plata de 0.773 Kg/ton para - la veta Rica

Se encuentra en proyecto la explotación, el beneficio - y la comercialización del mineral de la veta Ancha y la veta del - Tajo, para lo cual se realizó un estudio financiero. en éste, se evaluaron los ingresos y egresos y se llegó a la conclusión de - que el proyecto es viable de llevarse a cabo con rendimientos eco - nómicos aceptables durante un período de ocho años.

Para llevar a cabo la explotación de las vetas se proponen dos métodos de acuerdo con las características propias de - las estructuras. En la veta Ancha con echado de 80° al norte es - propicio utilizar el método de "Tumbe sobre carga", ya que la roca es firme y el mineral puede chorrear con facilidad. Para la ve - ta Rica y la veta del Tajo con echados de 35° a 45° al sur, es -- conveniente utilizar el método de "Cuartos y pilares" para dar es - tabilidad a las obras. Este método se utiliza actualmente en la - obra del Tajo con buenos resultados.

En el área de estudio afloran otras estructuras minera - lizadas que aumentan las reservas potenciales del prospecto San - Francisco Javier. Es conveniente por lo tanto, hacer estudios de petrografía y minerografía, realizar muestreos y mapear las es - tructuras con el fin de conocer mejor sus características físicas y químicas. De este modo, se contará con los parámetros necesarios en la selección de los métodos adecuados de explotación y benefi - cio del mineral. Si se conoce bien la geología del área, se desa - rrollará con mejores resultados la ingeniería del proyecto

I. INTRODUCCION

Dentro del renglón de la minería en la Nación, el estado de Guerrero ocupa un lugar importante, ya que desde la época de la Colonia ha sido fuente importante para la extracción de minerales metálicos principalmente. Actualmente ocupa el octavo y el séptimo lugar en la producción de oro y plata respectivamente a nivel nacional. La explotación de estos metales ha sido el puntal para el establecimiento de importantes polos de desarrollo socio-económico en diferentes municipios de la entidad.

En la región geográfica denominada "La Montaña", al sur-este del estado, se han reconocido a priori diversas fajas mineralizadas, en las que se han determinado valores altos de oro, plata, plomo y zinc. Estas condiciones implican un excelente interés en la prospección y explotación, actividades que hasta el momento no se han desarrollado en forma adecuada, debido entre otros aspectos, a la dificultad de acceso en la región.

El presente estudio analiza la situación geológico-minera, de un sector de la región de "La Montaña", que cubre una superficie aproximada de 16 Km². Según se demostrará en el desarrollo de este trabajo, la zona presenta excelente potencialidad económico-minera. Los principales depósitos hasta ahora reconocidos, constituyen sistemas de filones con alta perspectiva de exploración. Tales prospectos, están amparados por la concesión minera de exploración denominada San Francisco Javier y por sus ampliaciones.

I.1 Objetivos del estudio.

El estudio realizado en el prospecto minero San Francisco Javier tiene cuatro objetivos principales:

- Con base en el entorno geológico regional, determinar el origen de las vetas intraplutónicas que afloran en el área de estudio. Esto ayudará a conocer mejor la extensión del área mineralizada.
- Calcular las reservas posibles y positivas así como las leyes promedio de plata de tres vetas que presentan continuidad en el terreno. Estas son: veta Ancha en la zona Norte del prospecto, veta del Tajo en la zona Centro (Mina San Francisco Javier) y veta Rica en la zona Sur.
- Esta en proyecto la explotación, beneficio y comercialización del mineral. Otro de los objetivos, consiste en hacer un análisis del estudio financiero del proyecto con el fin de determinar su viabilidad económica.
- Proponer los posibles métodos de explotación y beneficio del mineral, con base en las características físicas y químicas de las estructuras mineralizadas.

1.2. Método de trabajo

1.2.1. Información preliminar.

Como base para realizar el estudio geológico del prospecto San Francisco Javier se utilizó la siguiente información:

- Estudios geológicos a nivel regional.
- Fotografías aéreas de la zona, escala 1:50,000
- Plano geológico del estado, escala 1:500,000
- Estudio financiero del proyecto San Francisco Javier realizado en C.F.M. (Sucursal México).

- Pruebas metalúrgicas preliminares realizadas en la planta de beneficio "Unidad Mezcala" del gobierno del estado.

1.2.2) Trabajo de campo.

Se realizaron tres visitas al área de estudio con juración de 15 días cada una. En la primera, se efectuaron recorridos en las tres zonas en que se dividió el prospecto minero, con el fin de determinar las variaciones de litología, cortar muestras de roca y anotar datos de las principales estructuras geológicas. En la segunda y tercera, se realizaron levantamientos con brújula y cinta de dos vetas, así como un muestreo semisistemático superficial de las mismas, en sus lugares de afloramiento.

1.2.3) Trabajo de laboratorio.

El trabajo consistió en la selección de muestras de roca y mineral de veta con la finalidad de ser estudiadas mediante, petrografía, minerografía, microsonda electrónica y difracción de rayos X. Con ello, se determinó el tipo de roca encajonante y las alteraciones hidrotermales que la afectaron, así como la paragénesis y sucesión de los minerales de mena y ganga. Por último se mandaron al laboratorio de la "Unidad Mezcala", muestras de mineral de las vetas para su ensaye químico por vía seca, con la finalidad de determinar sus leyes de oro y plata.

1.2.4) Trabajo de gabinete.

Con base en la interpretación de la información preliminar, los datos de campo y el trabajo de laboratorio, se realizaron: nueve tablas, diez figuras, un plano geológico de la región, un plano foto-geológico, el plano geológico y la sección A-A' de la zona Centro, la planta y sección B-B' de la veta Ancha en la zona Norte y la planta y sección C-C' de la veta Rica en la zona Sur. Se anexaron nueve fotografías y seis fotomicrografías con el fin de ilustrar los trabajos de campo y de laboratorio. Con este material se considera que se alcanzaron los objetivos del estudio geológico realizado en las minas San Francisco Javier y Anexas.

II. LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

II.1 Localización geográfica.

El prospecto minero San Francisco Javier se localiza en la parte sureste del estado de Guerrero, en el municipio de Malinaltepec. Las coordenadas geográficas del punto de partida del lote minero son: 17° 07' 11" de latitud Norte y 98° 36' 56" de longitud Oeste (figura 1). La zona de estudio se encuentra en una altitud que varía de 1300 m.s.n.m. en el río Mixteca hasta 2000 m.s.n.m. en la cima del cerro Borracho.

II.2 Clima y vegetación.

El tipo de clima que corresponde a la zona es A (C)_{w2} - semicálido con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 22° C, la del mes más frío 3° C y la del mes más caliente de 26.2° C, con una precipitación promedio al año de 2288 mm. El tipo de vegetación está representada por bosque de pino; los pinos de la región presentan hojas delgadas y flexibles, y su altura oscila entre 8 y 25 metros pero pueden alcanzar hasta 40 metros.

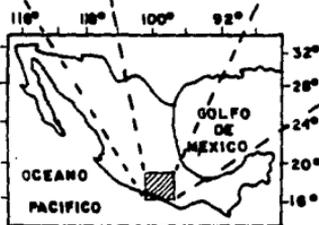
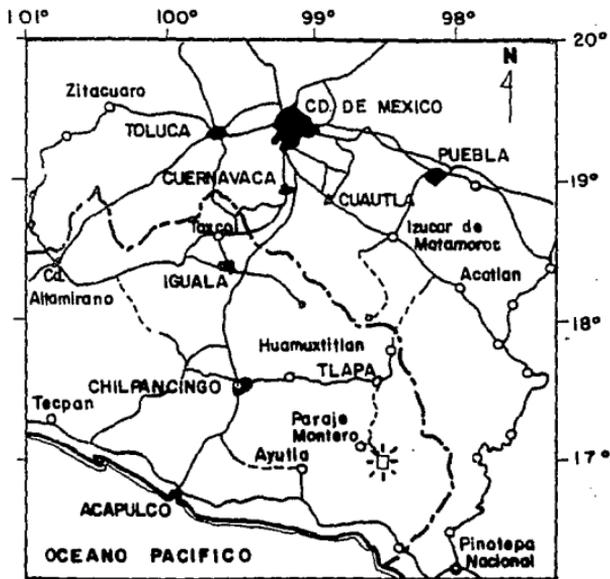
II.3 Vías de acceso.

La comunicación terrestre puede hacerse por la carretera federal No. 95 (México-Acapulco) hasta la ciudad de Chilpancingo, capital del estado, de donde se parte hacia la ciudad de Tlapa por la carretera federal No. 92 hacia el oriente cubriendo un trayecto de 170 Km. aproximadamente. Otra vía de acceso desde la Ciudad de México, es por la carretera federal No. 140, hacia Cuautla (Morelos) e Izúcar de Matamoros y Acatlán (Puebla). Antes de

este último poblado existe una desviación a la derecha que conduce a la población de Huamuxtitlán (Guerrero), de ahí se toma la carretera federal No. 92 hasta la Cd. de Tlapa en un trayecto de 40 Km. La región cuenta también con servicio regular de avionetas - con vuelos diarios entre las ciudades de Chilpancingo-Tlapa-Izúcar de Matamoros y Cuautla.

De la ciudad de Tlapa, parte hacia el sur un camino de terracería transitable en cualquier época del año y que conduce - hasta el poblado de Paraje Montero (municipio de Malinaltepec) -- con un desarrollo de 70 Km. (figura 2). Aproximadamente 5 Km. antes de llegar a dicho poblado, se encuentra el entronque con el camino de brecha que conduce hasta la mina y el cual tiene un desarrollo de 13 Km. El camino sólo es transitable en época de estiaje ya que la intensidad de las lluvias en verano destruyen constantemente tramos de esta importante vía de acceso.

Actualmente se construye la carretera federal que comunicará a la ciudades de Tlapa y Marquelia, ubicada esta última en la "Costa Chica" de Guerrero. El trazado de esta carretera pasa - por las cercanías del prospecto San Francisco Javier lo que representará una excelente vía de comunicación en la zona



SIMBOLOGIA

- FUNDO MINERO S. F. J.
- CIUDADES
- PUEBLOS IMPORTANTES
- LIMITE DEL ESTADO DE GRO.
- CARRETERA
- CAMINO DE TERRACERIA



U
N
A
M

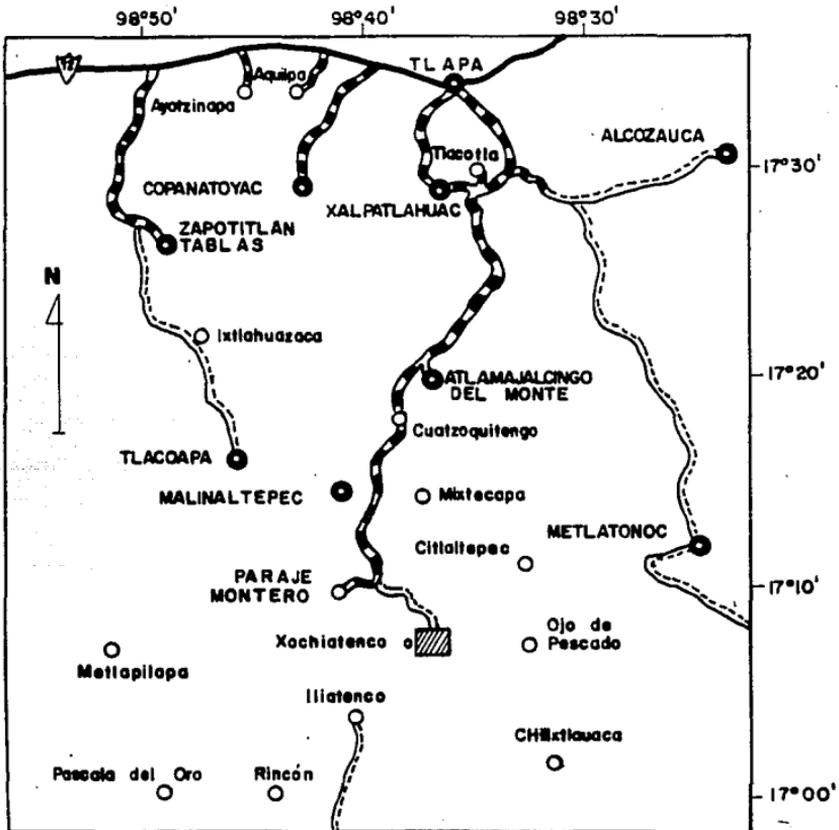
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

MAPA DE LOCALIZACION Y VIAS
DE ACCESO ESTATAL

J. LUIS MUCOCHEA GUERRERO

FIGURA 1 1 9 8 7



SIMBOLOGIA

-  CARRETERA FEDERAL
-  CAMINO DE TERRACERIA
-  BRECHA
-  PUEBLOS PRINCIPALES
-  AREA DE ESTUDIO

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	<i>MAPA DE LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO LOCAL</i>	
	J. LUIS HUICOCHEA GUERRERO	
	FIGURA 2	1987

III. F I S I O G R A F I A

III.1 Provincia fisiográfica.

El área de estudio queda ubicada en la porción sur-oriental de la provincia fisiográfica denominada "Sierra Madre del Sur" (Raisz, 1964), casi en los límites de los estados de Guerrero y - Oaxaca (figura 3). La región que la circunda puede dividirse en - dos zonas de características fisiográficas diferentes, cuyos rasgos morfológicos se observan en fotografías aéreas escala 1:50 000. Primero, hacia la parte sur y este, el relieve es montañoso y abrupto; forma cordilleras cuyos parteaguas se alargan varios kilómetros con alturas de hasta 2000 y 2500 m.s.n.m. y no presentan en conjunto alguna orientación preferencial. Este relieve es disectado por valles en forma de V con laderas de pendientes pronunciadas.

Hacia las partes norte y oeste del área, el relieve es también montañoso pero no presenta parteaguas continuos, sus cum-- bres son redondeadas y también están disectadas por valles en forma de V pero con laderas de pendientes más suaves. Las dos zonas están divididas por el curso regional de dos valles en forma de U con orientaciones N-S y E-W a través de los cuales fluyen los ríos -- Mixteca y Xochiatenco respectivamente.

III.2 Geomorfología

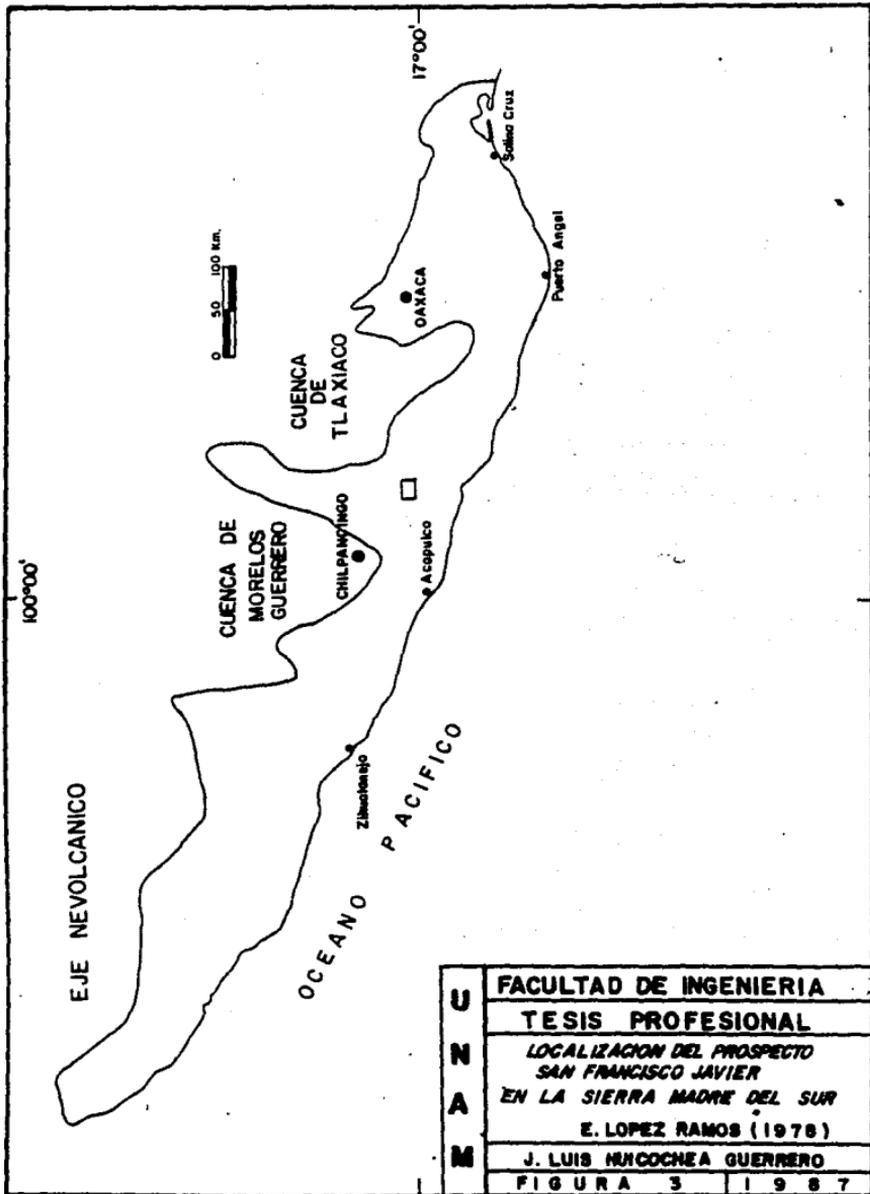
Los rasgos morfológicos del relieve más importantes en - la zona, están determinados por las intrusiones graníticas que tuvieron lugar en el período Terciario. Estas intrusiones dieron lugar a un rejuvenecimiento en la zona a causa del empuje vertical - que efectuaron sobre las rocas metamórficas de la región.

La erosión pluvial, que es muy fuerte en la región ha modelado formas topográficas diferentes de acuerdo a las características físicas de cada tipo de roca. Así, las rocas cristalinas de la zona se caracterizan por su resistencia relativa, este tipo de rocas pueden fragmentarse en una multitud de bloques basculados de todos tamaños, desnivelados los unos respecto a los otros pero no pueden plegarse. De modo que los rasgos principales de la zona están constituidos por escarpes de diversos tamaños o valles que siguen líneas de fractura o de falla, como es el caso del río Mixtecapa. La erosión ha descubierto un batolito granítico cuyos apófisis adquieren formas pseudovolcánicas en algunos casos (fotografía 1).

III.3 Hidrografía.

En este aspecto se puede constatar que la cuenca del río Mixtecapa presenta un drenaje de tipo dendrítico debido a las características físicas de las rocas intrusivas. En la zona NW del área de estudio, los parteaguas son discontinuos debido a las capturas aquí y allá de corrientes, lo que da lugar a que el curso de éstas sea serpenteante. En cambio al sur y este el drenaje es en -- ocasiones casi paralelo, o bien, las corrientes se unen con ángulo agudo en las laderas con pendiente fuerte.

El curso principal del río Mixtecapa (conocido localmente como río Camotetenco) sigue una orientación regional Norte-Sur con ciertas variantes. Aproximadamente 500 metros al sur del punto de partida del lote minero, recibe el afluente del río Xochiatenco que fluye con dirección Oeste-Este. El ancho promedio del cauce de los ríos es de 8 metros, su profundidad promedio es de 50 cm. en época de estiaje y 80 cm. aproximadamente en época de lluvias. Ambos ríos han drenado su curso a través de controles estructurales como son fallas y fracturas.



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	<i>LOCALIZACION DEL PROSPECTO SAN FRANCISCO JAVIER EN LA SIERRA MADRE DEL SUR</i>
	E. LOPEZ RAMOS (1978)
	J. LUIS NUICOCHA GUERRERO
	FIGURA 3 1987

IV. GEOLOGIA REGIONAL

En la parte oriental del estado de Guerrero se localiza el Terreno Mixteco. En éste, afloran formaciones de rocas de diferentes edades, tanto ígneas y sedimentarias como metamórficas. Estas últimas constituyen el basamento de la región, el cual está formado por una secuencia de rocas plegadas y afectadas por metamorfismo regional. Fue definido formalmente por Ortega-Gutiérrez (1978) como Complejo Acatlán del Paleozoico Inferior (Campa y Conroy 1983).

Hacia los límites de Guerrero, Puebla y Oaxaca, secuencias sedimentarias marinas del Paleozoico Superior, del Jurásico y Cretácico sobreyacen al basamento metamórfico, éstas a su vez, se encuentran cubiertas discordantemente por depósitos continentales cenozoicos y rocas volcánicas del Eje Neovolcánico, así como por algunos remanentes de vulcanismo ríolítico oligocénico. Hacia su porción sur, el Complejo Metamórfico Acatlán, se encuentra intrusionado por batolitos graníticos. El prospecto San Francisco - Javier se encuentra ubicado en el centro de un batolito de aproximadamente 400 Km². (Plano geológico regional)

IV.1 E s t r a t i g r a f í a

IV.1.1) Metasedimentos (Mts).

Los metasedimentos afloran fuera del área de estudio aproximadamente 10 Km. al NW de la mina, cerca de Paraje Montero. Se encuentran en contacto con las rocas ígneas a través de un partea-

guas regional de orientación NE-SW. El contacto es transicional y sólo se observa con claridad en fotografías aéreas escala 1:50 000 ya que ambos grupos de roca están altamente intemperizados cerca de dicho contacto, pero al alejarse de éste, el relieve es diferente en ambas vertientes del parteaguas.

En el campo se puede observar que los metasedimentos, aún guardan las características estructurales (estructuras relictas), de la roca original como son, la estratificación y el plegamiento. En afloramiento, se presentan como una alternancia de estratos de granos grueso y fino. Al parecer corresponden a una antigua secuencia fliish, es decir una alternancia de lutitas y areniscas que en la actualidad presentan cierto grado de metamorfismo regional perteneciente a la facies esquistos verdes de acuerdo con su alto contenido de clorita y biotita. Los estratos con características de una arenisca de grano fino, presentan un color gris-verdoso al fresco y pardo al intemperismo con espesores de 10 a 20 cm. Los estratos de lutita presentan un aspecto terroso y son de color pardo-amarillento. En conjunto presentan una leve foliación, producto del metamorfismo de bajo grado que las afectó.

Estos metasedimentos pertenecen a una secuencia metamórfica que constituye el basamento de la región y que fue definida formalmente por Ortega-Gutiérrez (1978), como Complejo Acatlán. El autor considera dicho complejo metamórfico dentro del Paleozoico Temprano. En su porción norte se le asigna una edad de 380 ± 6 m.a., lo que sitúa al último evento metamórfico importante de esa zona, en la parte temprana del Devónico. (de Cserna et al., P. 14)⁽²⁾.

IV.1.2) Batolito Granfítico.

Los metasedimentos de la región fueron intrusionados por un batolito granfítico de dimensiones regulares, en fotografías aéreas se puede apreciar que la extensión del cuerpo plutónico es superior a los 100 Km^2 . Así mismo, se puede constatar que el batolito se generó por pulsaciones magmáticas sucesivas, lo que dio lugar a la formación de las facies granfíticas.

a) Facie Marginal.

Al norte y oeste de la mina San Francisco Javier, se encuentra expuesto un cuerpo de roca ígnea intrusiva, de composición ácida y que presenta un alto grado de alteración. La extensión de esta roca puede delimitarse con exactitud en fotografías aéreas escala 1:50 000. Al este, se encuentra limitada por el curso del río Mixtecapa a través de 7 Km. hasta su intersección con el curso del río Xochiatenco, que a su vez la limita al sur a través de 8 Km aproximadamente. Al norte y oeste se encuentra limitada por el contacto con las rocas metasedimentarias a través de un parteaguas con orientación NE-SW que pasa muy cerca de Paraje Montero (Plano fotogeológico regional).

El espesor de este volumen de roca es bastante irregular ya que varía desde unos cuantos metros hasta probablemente más de 1000 metros. En el área de estudio, se encuentra su nivel máximo de erosión a una altura de 1400 m.s.n.m. Aquí, solamente existen algunas lomas de 40 a 50 metros de altura de dicha roca. Hacia el norte, el espesor aumenta considerablemente ya que la roca se encuentra disectada por profundos valles, en los cuales se aprecia el alto grado de intemperismo de la roca. Esta facie alcanza su máxima altura y por lo tanto su máximo espesor en el contacto con las rocas metasedimentarias a 2500 m.s.n.m.

En muestras de mano puede apreciarse en la roca una textura equigranular y holocristalina en donde se observa un alto porcentaje de feldespatos alcalinos (de 60% a 70%) en su mayoría caolinizados. También presenta un alto contenido de cuarzo anedral (aproximadamente 20%), un bajo contenido de plagioclasas sódicas menor al 20% y como mineral máfico accesorio característico la biotita. Por lo cual, puede clasificarse como un granito de biotita. Estas rocas no han sido estudiadas con anterioridad por lo que no se les puede asignar una edad geológica exacta. Sin embargo se les ha asignado una edad correspondiente al Período Terciario (Salinas P. Juan Carlos, 1984) (3).

b) Facie Central

A partir del prospecto San Francisco Javier y hacia el sur y este, se encuentra expuesto un cuerpo ígneo intrusivo de composición calcoalcalina, estructura muy compacta y que ha sido menos afectado por el intemperismo. Este intrusivo genera un relieve abrupto en la región, característica que permite delimitarlo en fotografías aéreas como un cuerpo plutónico de extensión superior a 100 Km². En la zona se encuentra limitando con la facie marginal por medio de los ríos Xochiatenco y Mixtecapa.

El intrusivo presenta en la zona variaciones laterales y horizontales en cuanto a composición y textura. sin embargo, -- puede describirse en términos generales como una roca de textura fanerítica y holocristalina con alto contenido de feldespatos potásicos (superior al 60%) y cuarzo anedral (cerca del 20%), una -- cantidad menor al 20% de plagioclasas sódico-cálcicas y ausencia casi total de minerales máficos. Se observa esporádicamente algún piroxeno difícil de observar con lupa. Estas características permiten clasificarla como un granito calcoalcalino.

La profundidad de este intrusivo es difícil de determinar. En la actualidad algunos geólogos han llegado a la conclusión de que no todos los batolitos profundizan indefinidamente. El geólogo norteamericano Cloos y sus colaboradores⁽⁵⁾, han recogido -- gran número de datos que sugieren, aunque no demuestren, que muchas masas graníticas de cadenas montañosas, son mas o menos estratiformes.

Para determinar la edad de esta facie, es importante tomar en cuenta que se emplazó inmediatamente después que la facie marginal. Tomando en cuenta que ambas facies están estrechamente relacionadas en cuanto a mineralogía y espacio también deben estarlo en cuanto a tiempo por lo que se les puede incluir dentro del Período Terciario.

IV.2 Geología Histórica.

La evolución geológica registrada en esta zona puede -- describirse en varias etapas que se sintetizan a continuación:

- IV.2.1) El Complejo Acatlán inició su formación a fines del Pre cámbrico y principios del Paleozoico, y hasta el Devónico sufrió una compleja historia tectónica que lo convirtió en una secuencia polideformada y polimetamorfoseada (Ortega-Gutiérrez, 1979) ⁽²⁾. Este complejo ha sido interpretado por este autor, como la expresión geológica de un ciclo tectónico (Ciclo Wilson) de apertura y clausura de una cuenca oceánica paleozoica y la convergencia orogénica de sus márgenes que contribuyó a la consolidación del antiguo supercontinente Pangea.
- IV.2.2) Después de la formación de esta secuencia metamórfica, - posiblemente tuvo lugar una etapa de estabilidad tectónica que permitió la erosión de la parte superior de dicha secuencia y la formación de secuencias sedimentarias paleozoicas y mesozoicas que actualmente sobreyacen en forma estratigráfica (discordante) y no tectónica al Complejo Acatlán, en la porción noreste del estado de Guerrero.
- IV.2.3) Por último, las rocas regionales metamorfoseadas fueron intrusionadas por grandes cantidades de magma calcoalcalino en parte líquido y en parte cristalino proveniente de un nivel bastante profundo de la superficie terrestre; el resultado fue la formación de batolitos graníticos de contactos claramente discordantes. El magma se emplazó de manera fraccionada lo que dio lugar a la formación de facies. Se considera que estos emplazamientos graníticos tuvieron lugar en el Período Terciario y limitan hacia la parte sur al Complejo metamórfico Acatlán.

IV.3 Tectónica Regional

En esta porción de la Sierra Madre del Sur, la tectónica regional es poco comprendida. El área de estudio se encuentra ubicada en la facie central de un batolito granítico que se encuentra limitado por dos terrenos metamórficos: al norte el Terreno Mixteco (que incluye al Complejo Acatlán) y al sur el Complejo Xolapa; también Campa U. (1984) ⁽⁴⁾, considera a estos terrenos como parte de un mosaico de terrenos alóctonos del occidente de México y Norteamérica. En el marco de la tectónica de placas, se consideran ambos, como fragmentos continentales trasladados y rotados durante el proceso de desintegración tectónica sufrido por el supercontinente original denominado Pangea.

En épocas más recientes, los esfuerzos que se presentaron en la margen continental del occidente de México, contribuyeron posiblemente a que el magma calcoalcalino que se generara en la zona, ascendiera hasta un nivel cercano a la superficie, dando lugar así a la formación de batolitos graníticos terciarios; dichos esfuerzos, originan estructuras geológicas regionales.

En la zona donde se encuentra ubicado el prospecto San - Francisco Javier, las estructuras geológicas regionales están representadas por valles de línea de fractura que siguen una orientación Norte-Sur a través de los cuales fluyen los ríos: Mixtecapa y Chilistlahuaca (aproximadamente 5 Km. al Oriente del anterior), - a lo largo de varias decenas de kilómetros. Asimismo, se observan valles con orientación marcada Este-Oeste que generalmente se unen con los anteriores.

V. GEOLOGIA DE DETALLE

V.1 Litología

El área de estudio está ubicada dentro del batolito granítico donde limitan las facies central y marginal. Ambas facies contienen diques andesíticos de orientación Norte-Sur. Las rocas metamórficas y sedimentarias están ausentes. El contacto entre las facies graníticas es transicional y más bien se presenta como subfacies.

V.1.1) Granito de biotita.

Por la posición que presenta en el campo, esta roca ha sido considerada como una facie marginal del batolito. Sus límites con la facie central (calcoalcalina) están bien definidos a nivel regional. No obstante, a nivel local los contactos entre las dos rocas son transicionales.

Dentro del área de estudio convergen los ríos Xochiatenco y Mixtecapa; hacia el norte del primero y oeste del segundo se encuentra la zona donde aflora el granito de biotita en forma de lomeríos disectados por profundos valles. En fotografías aéreas se puede observar que esta facie rocosa se ha colapsado debido a la tectónica vertical del batolito. Debido a la acción intensa del intemperismo y la erosión, genera un relieve más suave que la facie central.

Sobre un corte del camino de brecha que lleva a la mina, aproximadamente un kilómetro al NW de ésta, se colectaron -- muestras de roca que a nivel microscópico presentan textura holó

cristalina hipidiomórfica con intercrecimiento perfitico teniendo como minerales esenciales: cuarzo, microclina y albita (estos dos últimos formando perfitas). Los minerales accesorios son: -- biotita (mineral que caracteriza a la roca) zircón y peridoto; -- los minerales secundarios son: sericita, clorita, minerales arcillosos y hematita. (Fotomicrografía 1).

El contacto con la facie calcoalcalina a nivel local es transicional y se presenta como subfacies que presentan cambios texturales en cuanto a la forma y tamaño de grano así como en su composición mineralógica, ya que hacia la facie central se va perdiendo paulatinamente el contenido de biotita hasta desaparecer casi por completo.

V.1.2) Granito calcoalcalino

La facie central descrita en el capítulo anterior tiene una extensión superior a la facie marginal y como su nombre lo indica ocupa la parte central del batolito generando un relieve -- abrupto debido a que es una roca muy compacta y el intemperismo -- la ha afectado en menor grado. Presenta una capa argilitizada por intemperismo de dos a tres metros de espesor.

En el estudio microscópico de muestras colectadas en el campo se observa una textura holocristalina, hipidiomórfica con intercrecimiento perfitico y micropegmatítico tipo gráfico (Fotomicrografía 2). Los minerales esenciales son: cuarzo, microclina (en intercrecimiento gráfico) y albita; como minerales accesorios están: zircón, biotita, esfena, apatito y magnetita. Los minerales secundarios son: clorita, sericita y minerales arcillosos. La roca presenta variaciones en cuanto a la textura (tamaño de grano) pero su composición mineralógica se conserva.

V.1.3) Diques andesíticos

En la parte baja del cerro Borracho aflora un dique an

desfítico con un ancho de 60 cm. en un tramo de 5 metros, es de color negro y textura afanítica. El dique corta a una veta en forma perpendicular, es vertical y su rumbo es Norte-Sur. En una lámina delgada de esta roca vista al microscópio petrográfico, se observa una textura microlítica, traquítica; los minerales esenciales son bitownita y labradorita; como mineral accesorio se encuentra el olivino y los minerales secundarios son arcillas y calcita. Afloran varios diques en el área de estudio ya que siguen la orientación de un patrón de fracturamiento bien definido en la zona.

V.2 Geología estructural

La competencia del granito impide su deformación debido a esto, las estructuras características de la zona son fallas y fracturas. En el área de estudio se determinaron tres importantes sistemas de fracturamiento diferentes en orientación y también en origen.

V.2.1) Sistema de fracturamiento Este-Oeste.

Este sistema de fracturamiento debe su origen al emplazamiento y enfriamiento del batolito granítico. El intrusivo se proyecta en su parte superior en forma de cúpulas (stocks) de forma elíptica con su eje mayor orientado Este-Oeste, según puede apreciarse en fotografías aéreas. Se considera que la forma del batolito determinó la orientación de este sistema de fracturas. Como se verá posteriormente todas las fracturas pertenecientes a este sistema presentan echado hacia el sur por lo menos dentro del área de estudio.

V.2.2) Sistema de fracturamiento Norte-Sur

En la base del cerro Borracho, se pueden observar pequeñas fallas de rumbo general Norte-Sur (fotografía 2). Posterior a la formación del sistema de fracturamiento Este-Oeste, tuvo lugar en la zona una etapa de actividad tectónica que generó -

fracturas con orientación Norte-Sur. El desplazamiento de bloques a través de estas fracturas dio lugar a la formación de fallas de rumbo y normales que desplazaron a las fallas y fracturas del sistema Este-Oeste.

V.2.3) Sistema de fracturamiento en capas.

En el granito calcoalcalino se generó un sistema de fracturamiento horizontal debido a la liberación de presión vertical que sobre el intrusivo ejercían los metasedimentos de la región. La acción del intemperismo actúa sobre las fracturas separando bloques de roca de 1 a 3 m de altura que después se desprenden por gravedad y dan lugar a grandes afloramientos (fotografía 3). La superficie de estas fracturas es perpendicular a los planos de las fracturas pertenecientes a los sistemas Este-Oeste y Norte-Sur.

V.3 Secuencia de eventos.

En el área de estudio tuvieron lugar una serie de eventos geológicos de tipo ígneo que culminaron con el emplazamiento de magma básico en forma de diques. Con base en las observaciones de campo se pudieron diferenciar los siguientes eventos:

V.3.1) Emplazamiento fraccionado de magma calcoalcalino que dio lugar a la formación de facies y subfacies graníticas en el batolito. Los esfuerzos originados por el emplazamiento del intrusivo, generaron en éste un sistema de fracturamiento con orientación Este-Oeste.

V.3.2) Durante las últimas etapas de consolidación del batolito granítico, se generaron soluciones mineralizantes que rellenan las fracturas con orientación Este-Oeste. Así se formaron las estructuras mineralizadas que afloran en el área de estudio, cuyas características se analizan con detalle en el capítulo VI.

V.3.3) La actividad tectónica en la zona generó un fracturamiento con orientación Norte-Sur que dio lugar a fallas normales y de rumbo. La diferenciación del magma calcoalcalino originó -- una fracción de magma básico que ascendió por las fracturas y solidificó dentro del granito formando diques andesíticos.

V.3.4) Por último, la tectónica vertical de la zona, en combinación con los agentes externos (intemperismo y erosión) descubrieron las partes del batolito granítico. La liberación de presión dió lugar a un fracturamiento horizontal en el granito, que permite la separación de grandes bloques de roca por gravedad. - Esto genera afloramientos de roca sana que permiten observar con detalle la geología superficial.

VI. YACIMIENTOS MINERALES

Las estructuras mineralizadas del prospecto San Francisco Javier representan un ejemplo típico de las mineralizaciones de origen magmático en el país. El interés económico que representan sus leyes de plata, motivó a realizar estudios más detallados acerca del origen del yacimiento para conocer mejor su extensión y profundidad. Sus características paragenéticas y de emplazamiento lo hacen uno de los más importantes en el Estado, sin llegar a determinarse aún su extensión total.

VI.1 Estructuras mineralizadas

La forma que adquieren los cuerpos mineralizados es de filones o vetas intraplutónicas. Las vetas son el resultado del relleno de fracturas. Dentro del prospecto minero San Francisco Javier se han detectado tres zonas que contienen importantes sistemas de vetas paralelas. En cada una de ellas se tiene información de por lo menos una de las vetas. Las zonas son:

1. Zona Centro (veta del Tajo).
2. Zona Sur (veta Rica).
3. Zona Norte (veta Ancha).

A continuación se describen las características de estas zonas mineralizadas, cuya ubicación se observa en la figura 4.

VI.1.1) Zona Centro (San Francisco Javier).

Ubicada en la parte central del prospecto, en esta zona se encuentra el más importante sistema de vetas paralelas. Es la zona en donde se han desarrollado las obras mineras que existen -

actualmente. La estructura principal es la veta del Tajo, nombrada así por explotarse inicialmente por medio de un tajo. La veta tiene una orientación N 85° E y una inclinación de 45° al SE. El ancho de la veta es variable, en superficie presenta 15cm, mientras que en el interior de la obra alcanza un ancho de hasta 50 cm. Del mismo modo presenta adelgazamientos y engrosamientos laterales esto sugiere que durante el emplazamiento del mineral los bloques de las fracturas tuvieron ligeros desplazamientos tanto horizontales como verticales.

A causa de los desplazamientos verticales de las paredes la veta presenta cambios en su inclinación; en superficie tiene un echado de 45° hacia el SE, en tanto que en el interior de la obra es de 30°. A esta veta le acompañan una serie de vetas paralelas que seguramente presentan las mismas características a -- profundidad. Estas vetas son: Mixteca, Colgante, El Encino y Veta del Río. (Plano geológico de la zona Centro).

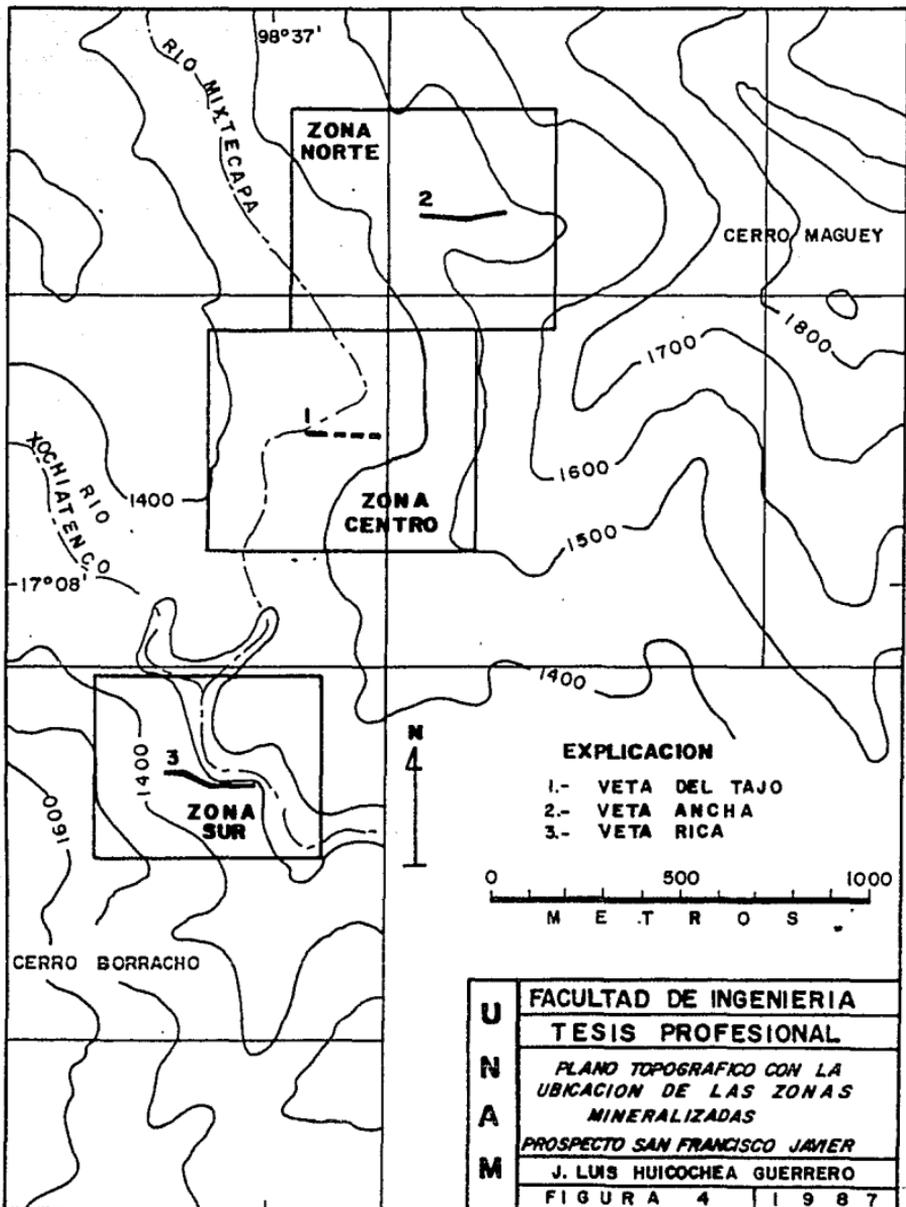
VI.1.2) Zona Sur

Se encuentra localizada 1 Km. al SW de la zona Centro, en la parte baja del cerro Borracho sobre la margen derecha del río Mixtecapa. En esta zona aflora también un sistema de vetas paralelas que se observan en el terreno como crestones de cuarzo que sobresalen en la roca granítica. Una de estas vetas denominada veta Rica, presenta continuidad uniforme en sus afloramientos por lo que se eligió para realizar un muestreo semisistemático.

El ancho promedio de la veta es de 38 cm. y su orientación preferencial es Este-Oeste con una inclinación de 35° al sur; aflora a lo largo de 315 metros y sus características mineralógicas son las mismas que la veta del Tajo. Al norte, a una distancia aproximada de 100 metros se han detectado otras dos vetas denominadas veta del Troncón y veta Ancha II.

VI.1.3) Zona Norte

Se localiza al NE de la zona Centro en la barranca del



cerro del Maguey que se encuentra en la margen izquierda del Río Mixtecapa. En esta zona se encuentra expuesta una veta muy potente denominada veta Ancha. Su estructura es compacta y aflora 150 metros sobre el cauce del arroyo con un ancho de 1.80 metros. -- Tiene rumbo Este-Oeste con echado promedio de 80° al norte.

A partir de los primeros 150 metros la veta comienza a aflorar en la ladera norte del arroyo otros 130 metros para sumar en total 280 metros de longitud (Planta y Sección B-B'). Las características de su mineralogía y textura son diferentes a las de más vetas del prospecto ya que esta veta se formó por el relleno de una brecha tectónica. Al sur, a una distancia de 80 metros -- aflora otra veta denominada Veta Cortada con rumbo también Este-Oeste.

VI.2. Roca encajonante.

El depósito de los minerales que formaron las vetas a partir de soluciones mineralizantes, se vio favorecido por dos sucesos: el fracturamiento del granito calcoalcalino y los cambios químicos en las soluciones, lo cual puede deducirse, a partir de las texturas de depósito.

VI.2.1) Controles estructurales.

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, en la zona existen dos sistemas importantes de fracturamiento; uno E-W premineral y otro N-S postmineral. En el primero se desarrolló el movimiento de fluidos mineralizantes por lo cual cerca de las vetas la roca se encuentra fracturada y alterada. Una vez que se depositaron los minerales de mena y ganga en las fracturas formando las vetas, se generaron esfuerzos en la región que dieron lugar a fracturas y fallas de rumbo con orientación Norte Sur que desplazaron a las vetas.

VI.2.2) Controles químicos.

Además de los controles estructurales, intervinieron -

también controles químicos que propiciaron el depósito de los minerales de mena y ganga en una paragénesis confusa. Con base en experimentos de laboratorio se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. En un líquido, los elementos en solución precipitan con una disminución de temperatura.
2. En un gas, los elementos precipitan con una disminución de presión.

Esto se debe a las variaciones en el pH y Eh de las soluciones. Por lo tanto si los fluidos mineralizantes que dieron lugar a las vetas del prospecto eran una mezcla de líquidos y gases (como así lo demuestran sus minerales y texturas); al disminuir la temperatura y la presión se produjo la precipitación de los minerales en las fracturas del granito.

VI.2.3) Texturas de depósito.

La depositación de los minerales en las fracturas dio lugar a texturas que caracterizan yacimientos hidrotermales de temperatura media. Las texturas características de las vetas del prospecto San Francisco Javier son:

- a) Crustificación asimétrica
- b) Drusamiento
- c) Relleno de cavidades en las vetas por soluciones subsiguientes.
- d) Diseminación en la roca encajonante.
- e) Relleno de brecha.

A continuación se describe la forma en que se presentan las texturas en los cuerpos mineralizados:

- a) Crustificación asimétrica.

Este tipo de textura se encuentra casi en todas las vetas con excepción de la veta Ancha. Las bandas de mineral presentan diferentes inclinaciones dentro de la veta, lo que indica - -

diferentes inyecciones de mineral posiblemente por reapertura de las fracturas. Según Park, CH.F. (1981) ⁽¹⁰⁾, es posible que los fluidos minerales sean inyectados por oleadas sucesivas de composición, temperatura y presión algo diferentes (Fotografía 4).

b) Drusamiento.

En las vetas se encuentra una cantidad considerable de drusas de cuarzo, principalmente cerca de la superficie, donde el contenido de cuarzo es considerablemente más alto. El desarrollo de las caras cristalinas de cuarzo es hacia el centro de la cavidad. Las cavidades fueron el resultado de un relleno incompleto de minerales en las fracturas (fotografía 5).

c) Relleno de cavidades por soluciones subsecuentes.

Una vez que las fracturas fueron rellenadas por minerales de mena y de ganga, quedaron algunos espacios abiertos dentro de los minerales ya cristalizados en la veta. Estos espacios fueron rellenados por soluciones mineralizantes posteriores, formándose así una estructura particular (fotografía 6).

d) Diseminación en la roca encajonante.

En todas las vetas que constituyen el prospecto, se encuentra una diseminación de minerales metálicos en la roca granítica encajonante. La distribución mineral se debió a un fracturamiento intenso que acompañó al relleno de minerales en las fracturas por lo cual las vetas están ramaleadas al alto y al bajo según puede observarse en la fotografía 7.

e) Relleno de brecha.

El relleno de espacios abiertos dentro de una brecha tectónica por soluciones mineralizantes, produjo una textura característica en la veta Ancha. Se observan fragmentos de granito y de cuarzo de varios tamaños (5 mm a 3 cm) de forma angulosa lo que indica un fracturamiento debido seguramente al desplazamiento de los bloques a través de la fractura (fotografía 8).

VI.3 Alteraciones Hidrotermales.

Simultáneamente y debido al emplazamiento de las soluciones mineralizantes en las fisuras de la roca granítica, ésta se vio afectada por una alteración de tipo hidrotermal caracterizada por la formación de minerales como: cuarzo, clorita, sericita, caolín y pirritas diseminadas.

- La silicificación dió lugar a un endurecimiento muy marcado en la roca por lo cual es bastante resistente al golpe del martillo. Es una buena guía en la prospección de estructuras mineralizadas en la zona, ya que el cuarzo es el principal mineral de ganga en las vetas.

- La cloritización se encuentra escasamente distribuida en las rocas graníticas encajonantes dando a éstas un color verde olivo característico. Las cloritas finas manchan a los demás minerales de las rocas. La clorita es un mineral de baja temperatura que se asocia a yacimientos meso y epitermales y es el resultado de la alteración de la biotita principalmente.

- La sericitización afectó en gran parte a la roca encajonante cerca del mineral de veta dando una textura sedosa a la roca. La sericita se formó a expensas de los feldespatos potásicos (en este caso la microlina); es un mineral formado a temperaturas cercanas a los 300° C y es de ocurrencia común en yacimientos mesotermales.

- La caolinización está distribuida en las rocas encajonantes de manera más amplia que las alteraciones antes mencionadas, debido a que el caolín se formó a expensas de los feldespatos alcalinos que son abundantes en el granito. El caolín se forma por geles de SiO_2 o Al_2O_3 a temperaturas inferiores de 400° C.

- También puede observarse al alto y al bajo de las vetas una importante diseminación de pirritas finas tanto en la roca como en las vetillas de cuarzo. La pirita está presente en yacimientos de baja y alta temperatura, aunque los experimentos de --

laboratorio muestran que este mineral se forma en soluciones neutras o alcalinas a temperaturas altas, la oxidación de las piritas en superficie da un color amarillo rojizo a la roca encajonante de las vetas.

Las alteraciones antes descritas, representan una buena guía superficial en la prospección de estructuras mineralizadas en la zona. La desventaja que presentan estas guías, es su restringida extensión, ya que las alteraciones a los lados de las vetas no exceden los cinco metros, por lo cual, solamente sirven en la prospección local.

VI.4 Paragénesis y sucesión

En las vetas del prospecto San Francisco Javier se pueden observar megascópicamente algunos de los minerales que las conforman. Para conocer más detalles acerca de la paragénesis y sucesión, fue necesario realizar estudios de mineragrafia, microsonda electrónica y difracción de rayos "X". Las características mineras lógicas que a continuación se describen se manifiestan de la misma forma en todas las vetas del prospecto. La veta Ancha presenta -- características diferentes debido a que se formó por un relleno de brecha y los minerales metálicos se presentan mezclados con el -- cuarzo en una textura afanítica con fragmentos angulosos de roca y cuarzo incluidos. En las vetas de la zona Sur aumenta ligeramente el contenido de arsenopirita pero la paragénesis y las texturas se conservan.

VI.4.1) P a r a g é n e s i s

a) Descripción megascópica.

En muestras de mano del mineral de las vetas, se observa el alto contenido de cuarzo, arsenopirita y galena. En menor -- proporción se observan plata nativa y calcopirita, y de manera muy escasa esfalerita, pirita, pirrotita y hubnerita.

- El cuarzo se presenta de color blanco en forma anedral, sube--
dral y euedral. Anedral, en bandas intercaladas con bandas de
minerales metálicos formando la crustificación. Subedral y eue
dral forma drusas en las cavidades de las vetas. Es el mine
ral mas abundante y representa la ganqa.
- La arsenopirita se presenta en forma masiva y en bandas junto
al cuarzo. Su color es gris y su lustre metálico opaco. Es el
segundo mineral en abundancia en las vetas y su porcentaje au-
menta en la zona Sur.
- La galena se presenta en agregados de cristales cúbicos peque-
ños en cavidades dentro del cuarzo y la arsenopirita, y en ban
das delgadas muestra sus planos de crucero. Se distingue fá-
cilmente por su color gris metálico y su brillo característico.
Forma bandas de cristales muy finos en el contacto con la roca
encajonante.
- La plata nativa se presenta en forma de hilos y escamas de color
blanco que pasa a rosa y rojo cobre por la oxidación y el con-
tacto con la luz. Los hilos se encuentran dentro de las drusas
de cuarzo y las escamas entre los planos de crucero de los mine
rales y entre los planos de contacto de las bandas de mineral.
- La calcopirita se encuentra en forma de agregados finos y en -
escamas asociada generalmente a la galena y en menor proporción
que ésta. Su color es amarillo latón y su lustre metálico.
- La esfalerita se presenta en forma de pequeños cristales de co
lor negro junto a la calcopirita y la galena en cantidades - -
subordinadas.
- La piritita se encuentra en forma de cristales cúbicos de uno a
tres milímetros dispersos cerca de los respaldos de las vetas
y diseminados en la roca encajonante. También se observa como
venas de cristales muy finos en el plano de contacto de las --
vetas con la roca encajonante y rellena pequeñas fracturas

en ésta.

- La pirrotita se presenta en forma de agregados de cristales muy finos de color amarillo bronce generalmente junto a la galena y la arsenopirita en muy poca proporción.
- La hubnerita se presenta en forma de cristales negros de forma acicular con un tamaño de dos a tres centímetros. El porcentaje de este mineral que es mínimo, aumenta con la profundidad según se ha visto en la obra del Tajo.

b) Mineragraffa.

En el microscopio mineraográfico se realizaron las siguientes observaciones en relación a las texturas de depósito de los minerales.

- La galena reemplaza en gran parte cristales anedrales de pirrotita que se observan fragmentados y en forma de islas; de igual forma reemplaza a la esfalerita (fotomicrograffa 5). Presenta bordes de avance reemplazando a la arsenopirita y calcopirita (fotomicrograffa 3)
- La esfalerita se presenta en general con exsolución de calcopirita. También se encuentra como glóbulos o islas dentro de la galena (fotomicrograffa 4), por la cual es reemplazada. Reemplaza a la pirrotita siguiendo sus direcciones cristalográficas (fotomicrograffa 5).
- La calcopirita se presenta como exsolución en la esfalerita en forma de glóbulos y franjas dentro de ésta (fotomicrograffa 5). Es reemplazada por la galena y se encuentra como cristales aislados dentro de ésta. También rellena algunas fracturas en la arsenopirita intercrecida con galena y esfalerita (fotomicrograffa 3).
- La pirrotita se presenta de manera aislada como pequeñas inclu

siones dentro de la galena sin presentar una disposición preferente (fotomicrografía 4).

- La pirita se presenta en forma de cristales anedrales y subedrales fragmentados y reemplazados en gran parte por calcopirita (fotomicrografía 4) esfalerita y principalmente galena (fotomicrografía 5).
- La arsenopirita presenta glóbulos de calcopirita reemplazada por galena (fotomicrografía 3) también presenta fracturas rellenas con cuarzo. En sus contornos se observa intercrecimiento de pirita y esfalerita en exsolución con calcopirita.
- El cuarzo rellena fracturas en la arsenopirita, pirita y calcopirita también se presenta en glóbulos dentro de la galena y generalmente bordea a estos minerales (fotomicrografía 5).

c) Microsonda electrónica.

En una superficie pulida de mineral de la veta del Tajo analizada en la microsonda electrónica (C.R.M.), se observó que la muestra está formada por amplias zonas de arsenopirita y galena que en algunas partes se presentan interdigitadas. La esfalerita y la calcopirita se presentan en menor proporción, así como pequeños cristales de pirita y pirrotita. Se encuentra también hubnerita y en forma muy dispersa se presentan estannita y casiterita. En pequeñas proporciones se detectó argentita y el mineral de ganga es cuarzo (fotomicrografía 6).

d) Difracción de rayos "X".

En superficie pulida del mineral de la veta del Tajo, se realizó un estudio por difracción de rayos "X" (C.F.M.). El objetivo del estudio fue conocer la proporción en que se encuentra cada mineral. Para esto, se tomó un primer difractograma de la muestra en su forma original y el segundo de unos cristales de color negro de forma acicular. A continuación se anotan las especies mi-

nerales identificadas:

<u>Proporción Estimada</u>	<u>Especie Mineral</u>
Mayor	Cuarzo
Menor	Pirita, esfalerita, arsenopirita y galena
Pequeña	Calcopirita y hubnerita.

Paragénesis en el prospecto San Francisco Javier

<u>Minerales Hipogénicos</u>	<u>Composición Química</u>
Oro Nativo	Au
Casiterita	SnO ₂
Hubnerita	MnWO ₄
Estannita	Cu ₂ FeSnS
Pirrotita	Fe ₅ S ₆
Argentita	Ag ₂ S
Arsenopirita	FeAsS
Galena	PbS
Esfalerita	ZnS
Calcopirita	CuFeS ₂
Pirita	FeS ₂

Minerales Supergénicos

Plata nativa	Ag
--------------	----

Minerales de Alteración

Clorita	4H ₂ O.5MgO.Al ₂ O ₃ .3SiO ₂
Sericita	H ₂ O KO.Al ₂ O ₃ SiO ₂
Caolín	2H ₂ O.Al ₂ O ₃ .2SiO ₂

El cuarzo se presenta como mineral hipogénico en las vetas y como alteración (silicificación) en la roca encajonante - lo mismo que la pirita.

VI.4.2. Sucesión.

De acuerdo con los estudios de mineragrafia, microsonda electrónica y difracción de rayos "X", así como por las observaciones megascópicas, se considera que los minerales hipogénicos - que se formaron a partir de las soluciones mineralizantes fueron primeramente la arsenopirita y el cuarzo, que se encuentran ampliamente distribuidos en todas las vetas. Posteriormente tuvo lugar el depósito de la pirita que se presenta en las márgenes de la arsenopirita y el cuarzo, así como rellenando fracturas en éstos.

Intercrecido con la pirita, se presentan la calcopirita en exsolución con la esfalerita. Esto se debe a la desmezcla de -- los minerales durante el enfriamiento a temperaturas inferiores a los 400° C, temperatura a la cual la calcopirita es obligada a sa lir de la estructura de la esfalerita y forma granos minerales - en los límites (Edwards, 1954). La galena continua la sucesión - de depósito y rellena algunas de las cavidades en el cuarzo y - la arsenopirita, así como también en la pirita, esfalerita y - calcopirita.

La pirrotita se presenta como pequeños cristales dentro de la galena en escasa proporción. La plata nativa que se presenta en forma de hilos y escamas sugiere que se formó como mineral secundario (supergénico) a partir de la lixiviación de minerales hipogénicos de plata (posiblemente argentita y sulfoarseniuros - de plata). El orden de depósito de los demás minerales observados por microsonda electrónica y difracción de rayos "X" se sugiere - de acuerdo a consideraciones teóricas.

Se considera que a temperaturas superiores a los 400° C. se formaron minerales como la estannita, casiterita, hubnerita, pirita y arsenopirita. A los 400° C. se produce la exsolución de la calcopirita en la esfalerita. A temperaturas inferiores se formaron pirrotita, galena, argentita y oro. Se considera que la plata nativa se depositó supergénicamente a temperaturas inferiores a los 200° C. Según las texturas de depósito se observa que

el cuarzo se formó durante todo el período de depósito. Por último, mediante estudios de laboratorio se ha determinado que el caolín y la sericita se forman a temperaturas inferiores a los 400°C (Eskola, 1939), y la clorita varía su rango de formación de 200° a 400°C. de acuerdo con su contenido de fierro. (Figura 5).

Sucesión mineralógica en el prospecto
San Francisco Javier

(Figura 5)

Arsenopirita X	-----	-----	-----	
Pirita X		-----	-----	
Calcopirita X		-----	-----	
Esfalerita X		-----	-----	
Pirrotita X			-----	
Galena X		-----	-----	
Cuarzo *	-----	-----	-----	-----
Casiterita *	-----			
Hubnerita *	-----			
Estannita *	-----			
Argentita *			-----	
Plata nativa +				-----
Oro nativo *			-----	
Caolín *		-----	-----	
Sericita *		-----	-----	
Clorita *			-----	

(X) De acuerdo con el estudio minerográfico.

(*) En atención a consideraciones teóricas (Lindgren, 1937)

(+) De acuerdo con su posible origen supergénico.

VI.5 Discusión Genética.

Las observaciones hechas en campo y por medio de fotografías aéreas, evidencian una relación geológica estrecha entre las rocas metamórficas de la región y el batolito granítico. En el estado de Guerrero existen numerosos ejemplos de estructuras mineralizadas que se encuentran ubicadas cerca o dentro de los contactos entre stocks graníticos y granodioríticos con calizas o rocas metamórficas. Cerca del poblado de Mixtecapa (figura 2) se han detectado estructuras mineralizadas en rocas metamórficas del Complejo Acatlán. Estas estructuras presentan las mismas características paragenéticas que las vetas del prospecto San Francisco Javier, por lo cual se les puede correlacionar en cuanto a su origen.

La presencia de estaño (casiterita y estannita) y tungsteno (hubnerita) en la paragénesis, sugiere la formación de una fase neumatolítica ya que junto con el molibdeno y el bismuto forman un grupo que la caracteriza. de acuerdo con Bateman (1978, en Leovigildo Cepeda D.) (9) el grupo presenta transiciones frecuentes con los yacimientos hidrotermales de los cuales muchas veces es difícil de separar por una división rigurosa. Sin embargo algunos autores estadounidenses después de los trabajos de Lindgren niegan todo papel a la neumatólisis y a los yacimientos en cuestión los incluyen dentro de los hidrotermales de temperaturas elevadas (300° a 500° C).

Estos últimos están representados (entre otros) por minerales como el oro, wolframita (hubnerita), estannita, casiterita, arsenopirita, piritita y pirrotita, todos ellos presentes en la paragénesis del prospecto San Francisco Javier. La roca granítica encajonante se encuentra fracturada en los respaldos de las vetas y algunos fragmentos de ésta quedaron incluidos en las vetas. También se observa un ligero reemplazamiento de los minerales de roca por los minerales metálicos, lo que dio lugar a una diseminación incipiente.

Sin embargo, las texturas que caracterizan a las vetas del prospecto, son la crustificación y el drusamiento, presentes en yacimientos hidrotermales de temperatura media (200° a 300° C). Minerales como la calcopirita, esfalerita, galena y argentita están presentes en la paragénesis y son también representativos de este tipo de yacimientos así como los productos de alteración representados por cuarzo, piritita, sericita y clorita.

Por lo tanto, se considera que las estructuras mineralizadas del prospecto San Francisco Javier, se formaron a partir de una fase neumatolítica con transición a una fase hidrotermal de temperatura alta que debido al descenso de temperatura y presión pasó a otra de temperatura media en un período relativamente corto, durante el cual, se depositaron progresivamente en las fracturas del granito los minerales hipogénicos en una paragénesis confusa. Es decir, los minerales más superficiales de baja temperatura aparecen junto con los más profundos de temperatura alta (telescopio). Por último, la plata nativa se depositó supergénicamente en las fisuras y drusas de las vetas por la acción de aguas meteóricas sobre los sulfuros de plata.

VII. OBRAS MINERAS

Dentro del prospecto San Francisco Javier se han realizado obras mineras en la zona Centro. Las obras consisten en un tajo, un tiro y un barreno de diamante. La información que se ha obtenido de estas obras, ha permitido llegar a ciertas conclusiones en relación a forma, continuidad y paragénesis mineral de las estructuras mineralizadas. Las zonas Norte y Sur no han sido exploradas con obra directa, razón por la cual solamente se han cubricado reservas posibles en la veta Ancha y en la Veta Rica.

VII.1. Obra minera (El Tajo).

Esta obra se encuentra ubicada en la zona Centro del prospecto, diez metros al Este del punto de partida del lote minero. Presenta una forma elíptica en superficie de aproximadamente diez metros de largo por cinco de ancho (fotografía 9). La obra se desarrolla con la finalidad de explorar y explotar la veta del Tajo. A una profundidad de 12 metros, se abrieron dos frentes a rumbo de veta; una al Este y otra hacia el Oeste. La primera lleva un desarrollo de 27 metros y la segunda de 16 metros para sumar en total 43 metros de obra horizontal. (Figuras 6 y 7)

a) Producción minera en el Tajo.

En las frentes de la obra se tumba el mineral de la veta y los respaldos de roca con diseminación de sulfuros metálicos. El mineral se selecciona para obtener: mineral de primera (con alto contenido de plata y plomo), mineral de segunda (principalmente arsenopirita, plomo y cobre con poca plata) y mineral de tercera (roca con diseminación mineral). El cálculo de la producción -

es el siguiente:

Sección de la obra . . 1.80 m X 1.80 m = 3.24 m².

Avance 1.50 m X 3.24 m² = 4.86 m³.

Peso específico del mineral . . 3.2

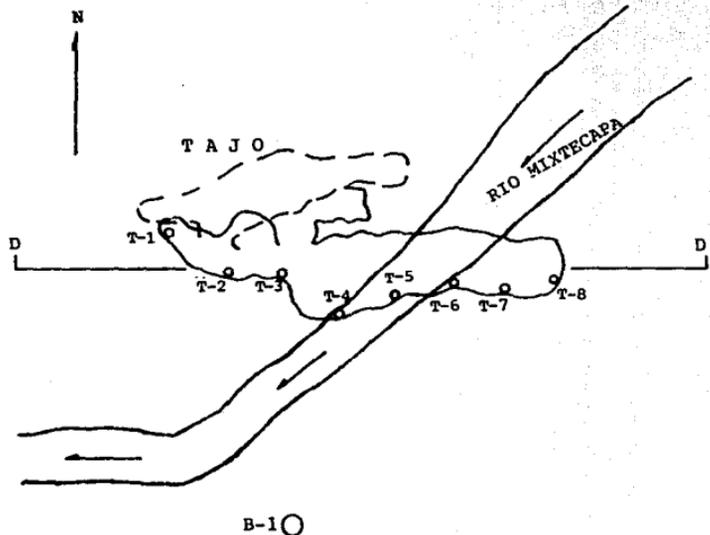
Tonelaje 3.2 X 4.86 = 15.55 tons

Al seleccionar el mineral se obtiene:

<u>Toneladas</u>	<u>Mineral</u>	<u>Ley de plata (Kg/ton.)</u>
1	Primera	2.5
1	Segunda	1.5
2	Tercera	0.5

Es decir, se obtienen 4 tons. de mineral natural de 15.5 tons. tumbadas, lo que significa 4.5 Kg de plata en 1.5 metros de avance. Con base en esta obra, se han hecho las observaciones siguientes:

1. La veta en superficie tiene poco espesor (15 cm.), pero en el interior de la obra presenta un ancho de hasta 50 cm. es decir, la veta presenta engrosamiento y adelgaza mientos muy drásticos.
2. A medida que se sigue a la veta con la frente de la obra, se observan también adelgazamientos y engrosamientos en forma lateral.
3. La estructura muestra cambios significativos en su inclinación (echado) a medida que se profundiza. En superficie su echado es de 45° y en el interior de la obra disminuye a 30°.
4. La paragénesis mencionada en el capítulo anterior no ha variado ya que la obra tiene poca profundidad, pero se espera que al aumentar ésta, aumente el contenido de cobre, cinc, estaño y tungsteno.



SIMBOLOS

- OBRA MINERA SUPERFICIAL
- OBRA MINERA SUBTERRANEA
- LINEA DE SECCION
- BARRENO DE DIAMANTE
- PUNTOS DE MUESTREOS

ESCALA GRAFICA
 0 5 10 20 30
 M E T R O S

U	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
N	PLANO PLANIMETRICO DE LA OBRA DEL TAJO MINA SAN FRANCISCO -- JAVIER.
	JOSE LUIS HUICOCHEA GUERRERO
M	FIGURA 6
	1987

5. La roca granítica se mantiene muy compacta y permite poca filtración del agua del río. No se observa ninguna falla en la estructura; a pesar de que se atravesó el curso del río.

VII.2 Obra minera (El Tiro).

Con la finalidad de cortar las vetas Colgante, El Encino y veta del Río, se realizó un tiro que se encuentra localizado 50 metros al Este del tajo en la margen izquierda del río.

Hasta el momento, el tiro tiene una profundidad de 15 metros y una sección de 2 x 2 metros. La obra cortó las dos primeras vetas; a ocho y diez metros de profundidad con espesores de 30 y 35 cm, respectivamente. La paragénesis mineralógica es la misma que la de la veta del Tajo. Se espera que a mayor profundidad el tiro corte a la veta del Río. Se tiene programado unir la frente del tajo con el tiro para dar ventilación a la obra.

VII.3. Barrenación con diamante.

Al sur de las vetas se perforó un barreno con la finalidad de determinar la profundidad de la mineralización (Plano geológico zona Centro). Las conclusiones que se obtuvieron de la información de los testigos del barreno son las siguientes:

1. Las vetas presentan continuidad vertical hasta una profundidad considerable (superior a 50 m) para las reservas minerales del prospecto.
2. El barreno cortó una serie de cinco vetas con un espesor superior a los 25 cm (Sección A-A'). Las dos primeras a una profundidad de 65 metros, la tercera a 80 metros y las dos últimas a 102 y 103 metros. En todas ellas se encuentran respaldos con diseminación de sulfuros metálicos. (Tablas 1 y 2).
3. Es posible correlacionar las vetas que cortó el barreno

con las vetas que afloran en la superficie, haciendo una proyección inferida como se observa en la sección A-A'.

Se tiene proyectado realizar obras mineras de exploración y explotación en las tres zonas del prospecto. A medida que se desarrollen esas obras, se tendrá más información acerca del comportamiento de las estructuras mineralizadas y aumentará la cantidad de reservas positivas que hasta el momento son escasas.

BARRENO - 1		RUMBO - 0° N		INCLINACION - 60°		LONGITUD - 185.8 mt.		SECCION A-A'	
METROS			RECUPERACION		REGISTRO GRAFICO	DESCRIPCION			
DE	A	INTERVALO	METROS	%					
0	4.80	4.80	1.00	100		Superficie			
4.80	9.45	4.65	3.20	68.82		Terraza fluvial. Bloques, gravas y arena de litología variada.			
9.45	19.85	10.40	10.40	100		Granito alterado y fracturado zona de oxidación con óxidos de Fe. y Mn. Sulfuros (pirita, arsenopirita y galena) en fracturas y diseminados.			
19.85	21.50	1.65	1.65	100		Granito compacto con diseminado fino de sulfuros en la roca y en fracturillas. Alteración por cloritización.			
21.50	27.50	6.00	6.00	100		Granito con venas de cuarzo y sulfuros.			
27.50	52.20	24.70	24.70	100		Granito con diseminado fino de sulfuros. Clorita.			
52.20	53.00	0.80	0.80	100		Granito fracturado, caolinizado y cloritizado con diseminado fino de sulfuros.			
53.00	57.50	4.50	4.50	100		Granito con vetilla de 1 cm. y diseminado de sulfuros.			
57.50	65.50	8.00	8.00	100		Granito caolinizado y cloritizado con diseminado fino de sulfuros.			
						Granito caolinizado y fracturado con pocos sulfuros diseminados. Pirita y clorita en fracturas.			

REGISTRO DE PERFORACION

TABLA 2

PROSPECTO MINERO "SAN FRANCISCO JAVIER"
ZONA CENTRO.

BARRENO - 1		RUMBO - 0° N		INCLINACION - 60°		LONGITUD - 185.8 mt.		SECCION A-A'	
M E T R O S			RECUPERACION		REGISTRO GRAFICO	D E S C R I P C I O N			
DE	A	INTERVALO	METROS	%					
65.50	66.06	0.56	0.56	100		Granito caolinizado y cloritizado. Dos vetas con galena, arsenopirita, argentita y calcopirita, con un ancho de 30 cm.			
66.06	79.30	13.24	13.24	100		Granito caolinizado y cloritizado con pocos sulfuros diseminados. Clorita en fracturillas.			
79.30	80.90	1.60	1.60	100		Veta de cuarzo con galena; blenda y calcopirita. Respaldos con diseminados de sulfuros.			
80.90	89.70	8.80	8.80	100		Granito con diseminado fino de sulfuros clorita y Sericita.			
89.70	101.85	12.15	12.15	100		Pórfido granítico. Vetillas con sulfuros en granos finos.			
101.85	103.15	1.30	1.30	100		Veta de 42 cm de ancho, con arsenopirita galena, argentita, calcopirita y esfalerita.			
103.15	105.15	2.00	2.00	100		Veta de 30 cm de ancho, con galena, pirita y arsenopirita. Respaldos con diseminados.			
105.15	106.40	1.25	1.25	100		Granito con poco diseminado de sulfuros. Vetillas con sulfuros. Cloritización.			
106.40	185.80	79.40	79.40	100		Granito estéril, algo fracturado y con escasa diseminación de pirita.			

VIII. CALCULO DE RESERVAS

En las tres zonas que comprende el prospecto minero San Francisco Javier, se han detectado vetas que presentan valores importantes de plata. El cálculo de reservas se hizo con base en tres vetas: "Tajo" en la zona Centro, "Ancha" en la zona Norte y "Rica" en la zona Sur. En la primera se calcularon reservas positivas ya que existe desarrollo de obras, mientras que en las dos últimas se calcularon reservas posibles debido a que solamente se conoce su traza superficial.

VIII.1 Reservas positivas.

El barreno 1 (Sección A-A') cortó cinco vetas. La principal de ellas es la que se correlaciona con la veta del Tajo ya que la profundidad a la cual la cortó permite la cubicación de 1,053 tons. en combinación con la obra.

La obra tiene una longitud de 43 m. y una profundidad de 20 m. sobre la veta. El barreno registró a la veta a 80 m. lo que dio a ésta una profundidad de 50 m. desde la superficie de afloramiento. A partir del fondo de la obra (20 m) hasta donde la cortó el barreno hay 30 m. (Sección A-A').

Tonelaje de la veta del Tajo

$$\text{Area} = 30 \text{ m} \times 43 \text{ m} = 1\,290 \text{ m}^2$$

El ancho promedio de la veta es 0.30 m. por lo tanto:

$$\text{Volumen} = 1\,290 \text{ m}^2 \times 0.30 \text{ m} = 387 \text{ m}^3$$

El peso específico del mineral es 3.2 por lo tanto:

$$\text{Tonelaje} = 387 \text{ m}^3 \times 3.2 = 1\,238.4 \text{ tons.}$$

La ley promedio de plata de la veta es 1.660 Kg/Ton - (Tabla 3). Estas reservas se consideran positivas al 85% debido a la influencia que presenta el registro del barrenado y la influencia en profundidad de la obra, dando como resultado 1053 tons.

VIII.2 Reservas posibles

En la zona Norte y en la zona Sur, se encuentran aflorando dos vetas con un desnivel considerable en el terreno, lo que ha permitido inferir una cantidad considerable de reservas posibles. Se trata de la veta Ancha en el cerro del "Magüey" y la veta Rica en el cerro "Borracho". En ambas, se realizó un muestreo semisistemático a todo lo largo de la superficie de afloramiento. Dicho muestreo se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se hizo un levantamiento longitudinal con brújula y cinta de las vetas.
2. Donde las vetas se encontraban cubiertas por suelo, se realizaron zanjas hasta descubrir el cuerpo mineral.
3. Se perforó en los afloramientos con una máquina cobra - 148 Atlas Copco.
4. Se dinamitaron los afloramientos para quitar la parte superficial alterada de las vetas.
5. Se cortaron muestras en los afloramientos.

De los muestreos realizados se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla 4. En conclusión, la suma de las reservas posibles de las dos estructuras mencionadas, da un total de 80,591 toneladas de mineral.

En las tres vetas, los hastiales presentan un reemplazamiento diseminado dentro del granito con un ancho superior a 1 m. El diseminado contiene valores importantes de plata superiores a los 50 gr/ton. Si se toma en cuenta el volumen de este mineral como mena, la ley se diluye pero el potencial de reservas de los filones aumenta considerablemente. Por otra parte, se considera que de continuar con la exploración superficial y con el desarrollo de barrenación con diamante, será factible encontrar otras estructuras mineralizadas que aumenten el potencial del prospecto.

PROSPECTO SAN FRANCISCO JAVIER
 CALCULO DE LA LEY PROMEDIO DE PLATA DE
 LA VETA DEL TAJO
 (TABLA 3)

MUESTRA	ANCHO (A) (METROS)	LEY DE PLATA (L) (Kg/ton)	(A) X (L)
T-1	0.30	2.098	0.629
T-2	0.35	1.644	0.575
T-3	0.45	1.960	0.882
T-4	0.22	1.806	0.397
T-5	0.47	1.440	0.677
T-6	0.27	1.010	0.272
T-7	0.20	1.732	0.346
T-8	0.25	1.552	0.388
T O T A L 2.51			4.166

Ancho Promedio = $2.51/8$

A.P. = 0.31 metros

Ley Promedio de
 Plata = $4.166/2.51$

L.P. = 1.660 Kg-Ag/ton

El muestreo se realizó dentro de la obra del Tajo a cada 6 metros (figura 6).

PROSPECTO SAN FRANCISCO JAVIER
 CALCULO DE RESERVAS POSIBLES
 (TABLA 4)

V E T A	LEY PROMEDIO DE PLATA --- Kg/Ton.	BLOQUE (*)	AREA (M2)	ANCHO (M)	VOLUMEN (M ³)	P. ESP.	TONS.
ANCHA	0.426 (Calculo de la Ley en la ta- 5)	I	1.500	1.75	2,625.0	3.0	7875.0
		II	2.625	1.75	4,593.7	3.0	13,781.0
		III	9.187.5	1.75	16,078.0	3.0	48,234.0
RICA	0.773 (Calculo de la Ley en la Ta- bla 6)	I	1800	0.38	684.0	3.2	2,189.0
		II	7000	0.38	2,660.0	3.2	8,512.0
T O T A L							80,591.0

(*) El área de los bloques se observa en las secciones B-B' y C-C'.

PROSPECTO SAN FRANCISCO JAVIER
 CALCULO DE LA LEY PROMEDIO DE PLATA
 EN LA VETA ANCHA
 (TABLA 5)

MUESTRA	ANCHO (A) (METROS)	INTERVALOS (I) (METROS)	A X I (M ²)	ANALISIS (Q) (Kg-Ag/Ton)	A X I X Q (Kg.M ² /Ton)
A-1	2.30	3.50	8.05	1.150	9.257
A-2	2.00	6.00	12.00	1.100	13.200
A-3	2.50	30.50	76.25	1.000	76.250
A-4	2.20	32.00	70.40	0.710	49.984
A-5	2.20	13.50	29.70	0.930	27.621
A-6	1.60	13.50	21.60	0.160	3.456
A-7	2.00	6.50	13.00	0.040	0.520
A-8	2.00	4.50	9.00	0.025	2.025
A-9	1.70	11.50	19.55	0.020	0.391
A-10	1.50	14.00	21.00	0.015	0.315
A-11	1.50	19.50	29.25	0.020	0.585
A-12	1.40	24.50	34.30	0.060	2.058
A-13	1.70	12.50	21.25	0.015	0.319
A-14	1.40	6.00	8.40	0.040	0.336
A-15	1.50	7.00	10.50	0.015	0.157
A-16	1.40	8.50	11.90	0.025	0.297
A-17	1.40	8.50	11.90	0.030	0.357
A-18	1.50	22.00	33.00	0.060	1.980
A-19	1.50	18.00	27.00	0.390	10.530
T O T A L			468.05		199.638

$$\text{Ley Promedio} = \frac{\text{A X I X Q}}{\text{A X I}} = \frac{199.638}{468.05} = 0.426$$

L.P. = 0.426 Kg-Ag/Ton

PROSPECTO SAN FRANCISCO JAVIER
 CALCULO DE LA LEY PROMEDIO DE PLATA
 EN LA VETA RICA
 (TABLA 6)

MUESTRA	ANCHO (A) (METROS)	INTERVALO (I) (METROS)	A X I (M ²)	ANALISIS (Q) (Kg-Ag/Ton)	A X I X Q (Kg.M ² /Ton)
B-1	0.40	15.00	6.00	0.080	0.480
B-2	0.32	26.50	8.48	0.150	1.272
B-3	0.35	36.50	12.77	4.060	51.846
B-4	0.60	42.00	25.20	0.070	1.764
B-5	0.65	23.50	15.27	0.390	5.955
B-6	0.75	13.50	10.12	0.835	8.450
B-7	0.40	12.00	4.80	1.400	6.720
B-8	0.50	12.00	6.00	0.050	0.300
B-9	0.25	14.00	3.50	0.162	0.567
B-10	0.50	12.00	6.00	0.050	0.300
B-11	0.30	9.00	2.70	0.050	0.135
B-12	0.60	7.00	4.20	2.862	12.020
B-13	0.35	9.50	3.32	0.690	2.291
B-14	0.30	18.00	5.40	0.050	0.270
B-15	0.10	19.50	1.95	0.035	0.068
B-16	0.10	25.00	2.50	0.020	0.050
B-17	0.10	17.00	1.70	0.130	0.221
T O T A L			119.91		92.709

$$\text{Ley Promedio} = \frac{A \times I \times Q}{A \times I} = \frac{92.709}{119.91} = 0.773$$

L.P. = 0.773 Kg-Ag/Ton

IX. VIABILIDAD DEL YACIMIENTO

Con base en los resultados que se obtuvieron en el capítulo anterior, se confirma que el prospecto minero San Francisco Javier presenta un importante potencial metalífero con altas leyes de plata. Para explotar estos recursos minerales es necesario construir una unidad minera que permita explotar, beneficiar y comercializar el mineral.

Para llevar a cabo el proyecto, se ha solicitado un -- crédito financiero a la Comisión de Fomento Minero (Sucursal México). En esta Dependencia se realizó un estudio financiero y se distribuyó el crédito en dos operaciones: un préstamo refaccionario que será utilizado para la adquisición de una planta de beneficio con capacidad de 25 ton/día y un préstamo para el desarrollo de recursos minerales.

IX.1. Planta de beneficio.

IX.1.1) Se proyecta la instalación de una planta de beneficio (por flotación) con capacidad para 25 ton/día. En principio se tiene pensado alimentar la planta con mineral extraído de la veta Ancha. Se deben tomar en cuenta los siguientes costos para la instalación:

- Costo de la planta en paquete.
- Flete de Torreón a Tlapa
- Materiales de construcción para obra civil.
- Mano de obra en construcción
- Imprevistos

IX.1.2) Para conocer las leyes de las cabezas, concentrados y -

colas en la planta, es necesaria la instalación de un laboratorio para ensayos químicos por vía seca que consista de las siguientes partes:

- Horno mufla
- Quemador de diesel
- Pulverizador
- Quebradora de quijada 5"X6"
- Balanza analítica
- Balanza para polvos
- Utensilios menores
- Local para vía seca

El monto del crédito refaccionario es de 151'311 (miles de pesos).

IX.2 Desarrollo de recursos minerales.

Se tiene planeado desarrollar obras mineras en dos vetas: en la veta del Tajo con el fin de obtener mineral natural (pepenado) que puede ser comercializado inmediatamente debido a sus altas leyes de plata y en la veta Ancha, para extraer mineral que alimentará a la planta de beneficio de donde se obtendrán concentrados de plomo con valores altos de plata. Para llevar a cabo el desarrollo de las obras se requiere de lo siguiente:

IX.2.1) Polvorines

- Almacén de explosivos
- Almacén de artificios

IX.2.2) Veta Tajo y veta Ancha.

- Material y equipo para la explotación
- Operación mano de obra
- Operación materiales
- Gastos administrativos

El monto del crédito para D.R.M. es de 142'985 (miles de pesos)
 El total del monto de los dos créditos (capital) es de 294'296
 (miles de pesos).

El pago del capital se distribuyó en 8 años (tabla 7).

IX.3 Estudio financiero.

El costo de la planta de beneficio y el desarrollo de -
 recursos minerales junto con los pagos de intereses que generan -
 los dos préstamos, se compararon contra los ingresos por venta mi
 neral para obtener el "Flujo Neto" que representa las utilidades
 generadas por concepto de explotación de las dos vetas. En el es-
 tudio financiero se tomaron en cuenta los siguientes conceptos:

IX.3.1) Entradas de efectivo

Para obtener los ingresos por la venta del mineral se -
 determina la utilidad neta por tonelada de mineral extraído

a) Veta Ancha

En el caso de la veta Ancha se obtiene el valor neto --
 por tonelada de concentrado, que es como se va a comer-
 cializar.

En un estudio metalúrgico realizado al mineral se obtu-
 vieron los siguientes datos:

<u>Leyes de Cabezas</u>	<u>Recuperaciones</u>	<u>Contenidos recupe- rables en Kg.</u>
Au = 1.0 gr/ton	52 %	0.00052
Ag = 875 gr/ton	82 %	0.71750

Relación de Concentración = 5.6 . 1

(1 ton. de mineral da 0.17857 tons. concentrado)

<u>Leyes del concentrado</u>	<u>% Pagable</u>	<u>Contenido recuperables en Kg.</u>
Au = 3.0 gr	100	0.003 Kg /ton
Ag = 4.018 Kg	100	4.018 Kg /ton

Tipo de cambio = 1,126 pesos por dólar controlado (31-Mzo-87)

Cotizaciones

Marzo-1987

	% Paço	Cotizaciones
	<u>Fundición</u>	<u>Fundición</u>
Au=408.91 Dl/oz=13,147 Dl/Kg=14'803,480 \$ x Kg.	100	14'803,480 pesos/Kg.
Ag=5.68 Dl/oz=182.62 Dl/Kg = 205,629 \$ x Kg.	95	195,348 pesos/Kg.

Valor Bruto por tonelada de concentrado

Au= 0.003 Kg. x 14'803,480 = 44,410.44

Ag= 4.018 Kg. x 195,348 = 784,908.26

suma = 829,318.70

Deducciones:

- Maquila		90.080
- Insolubles		169
- Arsénico		169
- Muestreo		5,630
- Derechos sobre minería 829,318.70 x 7 % =		58,052
	suma =	154,100 pesos

Valor neto por tonelada de concentrado = 675,218 pesos

b) Veta del Tajo

Para la veta del Tajo se determinó la utilidad neta por tonelada de acuerdo con las leyes promedio de los lotes de mineral natural enviados a IMMSA de San Luis Potosí.

<u>Elemento</u>	<u>Ley</u>	<u>Contenidos pagables fundición</u>	<u>Contenidos pagados por tonelada</u>
Plata	2.243 Kg/ton	100 %	2.243 Kgs
Plomo	11.39 %	No se paga	0
Cobre	1.14 %	16.7 %	1.904 Kgs

Cocizaciones (Marzo de 1987)

Plata = 5.68 Dls/oz = 182.62 Dls. x Kg; Descuento 5 % = 173.49 Dl/Kg.

Cobre = 0.70 Dls/oz = 1.55 Dls. x Kg; Descuento 83.3 % = 1.29 Dl/Kg.

Valor Bruto:

Plata = 2.243 Kg x 173.40 Dl/Kg x 1.126 pesos = \$ 438,169.47

Cobre = 1.904 Kg x 1.29 Dl/Kg x 1.126 pesos = \$ 2,765.64

\$ 440,935.11

Deducciones

- Maquila 90.080

- Insolubles 169

- Arsénico 169

- Muestreo 5,630

- Derechos sobre minería 440,935.11 x 7 % = 30,865

suma 126,913

Valor neto por tonelada de mineral = \$ 314,022.11

c) Valor de la producción anual

- Producción mensual

Veta Ancha = 625 tons. de mineral

= 111,607 tons. de concentrado

Veta Tajo = 50 tons. de mineral

- Valor de la producción mensual

Veta ancha = 75'359,055 pesos

Veta Tajo = 15'701,105 pesos

Total = 91'060,160 pesos

- Valor de la producción anual (ingresos por venta)

12 meses = 1,092'722 (miles de pesos)

IX.3.2) Salidas de efectivo

A continuación se enumeran las salidas de efectivo que se tienen que deducir a los ingresos netos por la venta del mineral.

- a) Costos de producción mina (vetas Ancha y Tajo)
 - Mano de obra
 - Acero (consumo de broca)
 - Explosivos
 - Combustibles y lubricantes
 - Acarreo
 - Refacciones
 - Varios
- b) Costos de producción planta.
 - Mano de obra
 - Combustibles
 - Reactivos
 - Materiales y refacciones
- c) Gastos de operación
 - Gastos de administración
 - Gastos financieros (Pecam)
- d) Pago de Impuestos Sobre la Renta (I.S.R.) y la participación de los trabajadores en las utilidades (P.T.U.)

Al total de las entradas de efectivo se deduce el total - de las salidas de efectivo para obtener el Flujo Neto (tabla 7). - Los resultados que se observan en la tabla, demuestran que el proyecto es económicamente viable, ya que su Tasa Interna de Recuperación (T.I.R.) es superior al 12 %.

PROSPECTO SAN FRANCISCO JAVIER

FLUJO DE EFECTIVO

(TABLA 7)

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8
CONCEPTO								
1. Entradas de efectivo								
- Ingresos por venta		1,092'722	1,092'722	1'092'722	1,092'722	1,092'722	1,092'722	1,092'722
2. Salidas de efectivo								
- Costos de producción		309'884	309'884	309'884	309'884	309'884	309'884	309'884
- Gastos de administración		32'352	32'352	32'352	32'352	32'352	32'352	32'352
- Pago de capital		1'106	2'554	5'894	13'604	31'399	72'471	167'268
- Pago de intereses		508'392	253'113	249'773	242'063	224'268	183'196	88'399
- Pago de I.S.R. y P.T.U.		142'710	258'632	260'369	264'378	273'631	294'989	344'283
- Total		994'444	856'535	858'272	862'281	871'534	892'892	942'186
3. Flujo neto		98'278	236'187	234'445	230'441	221'188	199'830	150'536

(M I L E S D E P E S O S)

X. SELECCION DEL METODO DE EXPLOTACION

Las vetas del prospecto San Francisco Javier presentan en general rumbo Este-Oeste y un echado que varía tanto vertical como lateralmente de 35° a 45° al sur. La veta Ancha tiene el mismo rumbo que las demás vetas pero es la única con echado de 80° al norte. Es por esta diferencia de inclinación que se proponen a continuación dos métodos de explotación de acuerdo con la información geológica obtenida.

XI. Explotación por tumbe sobre carga.

Dadas las características estructurales y de emplazamiento que presenta la veta Ancha, es susceptible de explotarse bajo este método. La alta competencia de la roca granítica en la cual se encuentra emplazada y su posición casi vertical (80° al norte) lo permiten. Para utilizar este tipo de explotación los respaldos de las vetas deben ser firmes y se tienen que dejar pilares para conservar accesibles los niveles de extracción.

El método de "Tumbe sobre Carga", consiste en comenzar a explotar estos bloques de abajo hacia arriba, teniendo la carga de mineral como piso para la siguiente barrenación. El mineral se va desalojando por las tolvas y es acarreado a través de la frente general hasta el exterior donde se ubicará la tolva de gruesos de la planta de beneficio (figura 8). Dado que la veta Ancha se encuentra aflorando sobre el cauce de un arroyo que desemboca en el río Mixtecapa se tiene programado realizar aguas abajo un socavón de 80 m. de longitud en estéril con el fin de alcanzar un desnivel de 15 m. Ya sobre el cuerpo mineral se iniciará la frente general con desarrollo de 100 m. A partir de és-

ta, se desarrollarán cuatro contrapozos para confirmar los valores en sentido vertical; también servirán para los servicios y ventilación de las obras. Con ésto se delimitarán tres bloques - de 30 m. para su explotación.

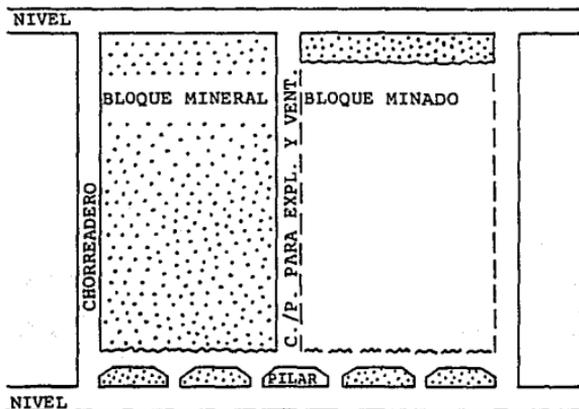


FIGURA 8: Tumba sobre carga.

X.2 Explotación por cuartos y pilares.

En la explotación por cuartos y pilares, el mineral es excavado tanto como es posible, dejando pilares para soportar el techo. Las dimensiones de los cuartos y de los pilares dependen de factores tales como la estabilidad del mineral y los respaldos de las vetas, la potencia del cuerpo mineral y el empuje de la roca (figura 9).

Se tiene programado utilizar este método de explotación en las vetas Tajo y Rica, ya que ambas presentan una inclinación de 35° a 45°. En la obra del Tajo se ha comprobado que tanto la roca granítica como el mineral de la veta presentan buena estabilidad. Actualmente, se explota la veta del Tajo mediante este - - -

método con buenos resultados.

Se proyecta el acondicionamiento de la obra actual para instalar una tolva y realizar el manto del mineral y tepetate por medio de un skip: con esto se aumentará la producción y el avance de las obras. Asimismo, se acondicionará el patio que servirá para la preparación del mineral que se enviará a la fundición y para el almacenamiento de los despuntes que se procesarán posteriormente en la lanta de beneficio.

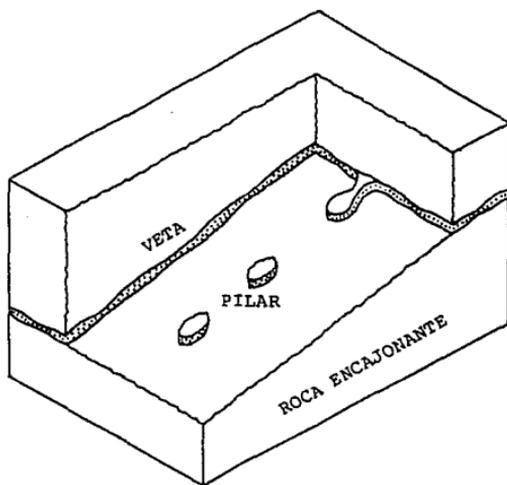


FIGURA 9: Cuartos y Pilares en un depósito inclinado.

XI. POSIBLE METODO DE BENEFICIO

De acuerdo con las pruebas metalúrgicas preliminares(*) que se le han practicado al mineral de las vetas del prospecto -- San Francisco Javier, se determinó que el proceso hidrometalúrgico adecuado para beneficiar el mineral es el de "Flotación Bool o Unica" para obtener un concentrado de plomo con altos contenidos de oro y plata.

XI.1 Descripción del Proceso

a) Trituración

Primeramente el mineral (no mayor de 6 pulgadas) es recibido en la tolva de gruesos, de donde pasa a la quebradora de - quijada primaria, cuya descarga es de 1.5 pulgadas. El producto - mayor de 3/8 de pulgada, es depositado en la quebradora de roles, de la que se obtiene un producto menor a 3/8 de pulgada. El mineral triturado pasa a través de la banda transportadora a la tolva de finos (figura 10).

b) Molienda y clasificación

Con la banda transportadora se dosifica el mineral al - molino de bolas, al igual que el agua, teniéndose una dilución dentro del molino de 1:1 de líquido a sólido y se forma la pulpa. La molienda que se realizará es de 100 mallas, con un 55% a 200 mallas. Condiciones en las que se tendrá la liberación de valores de oro, plata, plomo, cinc y cobre. La descarga del molino es bombeada a - un ciclón para su clasificación; el producto clasificado en el ciclón se envía al tanque acondicionador y los gruesos regresan al - molino cerrándose así el circuito de molienda.

(*) Planta Unidad Mezcala del Gobierno del Estado de Guerrero.

c) Concentración

Circuito de plomo

Al tanque acondicionador se le dosifican los reactivos con la concentración proporcional a los valores requeridos en los concentrados, como son: modificadores del ph, activantes, colectores y espumante; adquiriendo los elementos metálicos las condiciones óptimas para su procesamiento. En estas condiciones la pulpa es recibida en la celda 3 del banco de flotación de 8 celdas. El producto de las celdas 3, 4, 5, 6, 7 y 8, es recibido en la celda 2 para su primera limpia y el producto de ésta pasa a la celda 1 para su segunda y última limpia. De esta manera se obtiene el concentrado final que será enviado a las piletas de decantación.

d) Movimiento del concentrado

El concentrado final es enviado a las piletas de decantación respectivas, las que al llenarse son vaciadas para el secado del concentrado; después de pesados los concentrados se almacenan y quedan disponibles para su embarque. Es necesario cortar -- muestras en la cabeza, concentrados y colas, para determinar sus leyes mediante los ensayos químicos correspondientes. Esto es de suma importancia para el proceso, suministro de reactivos y el balance metalúrgico.

e) Presa de jales

Las colas finales son enviadas a la presa de jales en la que previamente se construye un muro de contención, sí como los registros necesarios para la recuperación del agua, tan necesaria en el proceso.

- a) Para realizar la prueba metalúrgica se utilizaron 1000 gr de mineral (cabeza) al cual se le aplicó el proceso de molienda, acondicionamiento y flotación (tabla 8).
- b) Se obtuvieron 178.5 gr de concentrado y 821.5 gr de colas lo que equivale al 17.85% y 22.15% con respecto al total de la muestra. Las leyes que se obtuvieron para la cabeza, concentrado y colas se observan en la tabla 9.
- c) El balance metalúrgico se realizó para 25 tons de mineral (capacidad de la planta de beneficio en proyecto) -- equivalente a los 1000 gr de la muestra en la prueba, por lo cual se obtuvieron 4.45 tons. de concentrado y -- 20.55 tons. en las colas (tabla 9).
- d) La relación de concentración (5.6:1) se obtiene al dividir el número de toneladas de cabeza entre el número de toneladas de concentrado. O sea que 5.6 tons. de mineral dan 1 ton. de concentrado.
- e) Con base en los contenidos de Au, Ag y Pb en las cabezas y el concentrado, se obtiene el porcentaje de recuperación de los elementos.

SAN FRANCISCO JAVIER Y ANEXAS

PRUEBA METALURGICA

TABLA 8

MINERAL VETA ANCHA		
Muestra mineral	1 000 gr.	
Tiempo de molienda	10 minutos	
Tiempo de acondicionamiento	4 minutos	
Tiempo de flotación	5 minutos	
REACTIVOS		
Cal (Control de pH)	1 Kg/ton	pH 8.5
Cuso 4 (Activante)	60 gr/ton	
Xantato, Complex 123 (Colector)	169 gr/ton	
IQ-1013 (Espumante)	25 gr/ton	

Primera y única limpia, sin usar ningún reactivo.

El comportamiento del mineral en la primera fase en la que se obtuvo un concentrado sucio, es aceptable, puesto que los reactivos aplicados, actúan sobre los valores que se desean recuperar en forma satisfactoria. Al concentrado sucio obtenido, - se le aplicó una sola limpia lográndose las leyes en el concentrado final (Tabla 9).

SAN FRANCISCO JAVIER Y ANEXAS

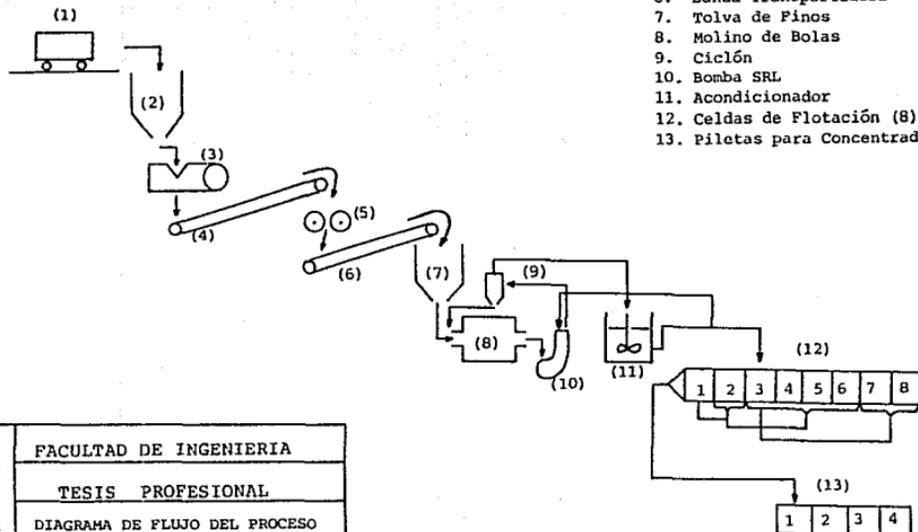
BALANCE METALURGICO

TABLA 9

MINERAL VETA ANCHA

DISTRIBUCION	TONS.	E N S A Y E S			C O N T E N I D O			R E C U P E R A C I O N			R. CONC.
		Au gr/ton	Ag Kg/ton	Pb %	Au gr	Ag Kg	Pb Ton	Au %	Ag %	Pb %	
CABEZAS	25.00	1	0.880	1.7	25	22.000	0.425	100.	100.	100.	5.6:1
CONCENTRADO	4.450	3	4.060	9.0	13	18.067	0.401	52.0	82.1	94.4	
COLAS FINALES	20.550	Trs	19	Trs	12	3.933	0.024	48.0	17.9	5.6	

PRUEBA METALURGICA



1. Carro alimentador
2. Tolva de Gruesos
3. Quebradora de Quijada
4. Banda Transportadora
5. Quebradora de Roles
6. Banda Transportadora
7. Tolva de Finos
8. Molino de Bolas
9. Ciclón
10. Bomba SRL
11. Acondicionador
12. Celdas de Flotación (8)
13. Piletas para Concentrado (4)

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE BENEFICIO.	
	MINA SAN FRANCISCO JAVIER.	
	JOSE LUIS HUICOCHA GUERRERO	
F I G U R A	10	1987

XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

XII.1 Conclusiones.

a) Geológicas.

- Se determinó la presencia de un batolito granítico del Terciario que intrusionó al Complejo metamórfico Acatlán en su porción sur. El batolito presenta una facie marginal debido al -- contacto con las rocas metamórficas de la región y una facie -- central inalterada. La primera se clasificó como granito de -- biotita y la segunda como granito calcoalcalino.
- En este último, se determinaron tres sistemas de fracturamiento: uno con rumbo Este-Oeste debido a los esfuerzos generados durante la consolidación del batolito; otro con rumbo Norte-Sur debido a la tectónica de la región, y el último horizontal originado por la liberación de presión.
- La actividad ígnea en la zona se puede resumir en tres eventos: el emplazamiento fraccionado de magma calcoalcalino que formó -- el batolito granítico; después la formación de soluciones mineralizantes que migraron por las fracturas del granito, y por -- último el ascenso de magma básico que formó diques andesíticos.

b) Genéticas.

- Las estructuras mineralizadas del prospecto San Francisco Javier, constituyen sistemas de vetas paralelas intraplútonicas. La roca encajonante es el granito calcoalcalino que presenta alteración por sílice, pirita, sericita, clorita y caolin, cerca de las vetas.

- La paragénesis está constituida por: oro, plata nativa, argentita, galena, esfalerita, calcopirita, arsenopirita, pirita, pirrotita, casiterita, estannita, hubnerita y cuarzo.
- Se sugiere que las vetas se formaron a partir de una fase neumatolítica con transición a una fase hidrotermal de soluciones hipogénicas mineralizantes, en las cuales, al alcanzarse las temperaturas de desmezcla por enfriamiento, se fueron depositando los minerales en las fracturas del granito. Se considera que la temperatura del proceso osciló de 200°C hasta cerca de 500°C.

c) Económico-Mineras.

- Se ubicaron reservas positivas por 1053 tons. de mineral con ley de plata de 1.660 Kg/ton. en la veta del Tajo; reservas posibles por 69 890 tons. con ley de plata de 0.426 Kg/ton para la veta Ancha y 10 701 tons. con ley de plata de 0.773 Kg/ton para la veta Rica.
- Los resultados obtenidos en el estudio financiero indican que el proyecto de explotación para la veta del Tajo y la veta Ancha es viable de llevarse a cabo con rendimientos económicos aceptables para un período de ocho años.
- De acuerdo con las pruebas metalúrgicas preliminares realizadas al mineral de la veta Ancha, se determinó que el método de beneficio adecuado es el de Flotación Bolo Unica.

XII.2 Recomendaciones

a) Geológicas.

- Es conveniente cartografiar las diferentes subfacies que se formaron en el batolito, con lo cual se podrá inferir el modo de emplazamiento del intrusivo en su trayecto hacia la superficie.

- Se recomienda ampliar los estudios de petrografía en las rocas graníticas a fin de detectar cambios texturales y de mineralogía que den información acerca de la movilidad y velocidad de enfriamiento del magma calcoalcalino durante la cristalización.

b) Genéticas.

- Es importante determinar la edad radiométrica del batolito granítico para confirmar con exactitud su edad dentro del Terciario. Con ello, se podrá conocer la época metalogénica de la región.
- Se recomienda hacer estudios de inclusiones fluídas en los minerales de las vetas para precisar (de acuerdo con su porcentaje de salinidad) el origen de las soluciones hidrotermales y la temperatura a la cual precipitaron los minerales hipogénicos.

c) Económico-Mineras.

- Se recomienda hacer el levantamiento con brújula y cinta de las demás vetas del prospecto, así como el muestreo superficial correspondiente para aumentar las reservas posibles.
- Es conveniente estructurar un programa de barrenación con diamante en las tres zonas del prospecto para confirmar la continuidad horizontal y vertical de las vetas a profundidad.
- Para mantener actualizada la viabilidad económica del proyecto de explotación, es necesario calcular el incremento en las entradas y salidas de efectivo de acuerdo con las cotizaciones diarias de los metales y los costos de maquinaria y equipo respectivamente.
- De acuerdo con las características de la roca granítica y las estructuras mineralizadas, se proponen dos métodos de explotación: "Tumbe sobre Carga" para la veta Ancha y "Cuartos y Pilares"

para la veta del Tajo y la veta Rica.

- Por último, se recomienda realizar pruebas metalúrgicas prelimi-
nares con mineral de las vetas (Rica, Cortada, Ancha II y El --
Troncón) para determinar si es conveniente su explotación.

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

1. DERRAU, M, (1966)-Geomorfología. 1a. Edición, Ed. Ariel, Barcelona, (442, P.).
2. CORONA-ESQUIVEL, RODOLFO J.J., (1981)-Estratigrafía de la - región de Olinala-Tecocoyunca noreste del estado de Guerrero: U.N.A.M. Inst. de Geología, Revista Vol. 5 núm.1, (P.17-24).
3. SALINAS-P., JUAN CARLOS, (1984)-Los límites sur y occidental del terreno Mixteco: Soc. Geol. Mexicana, Resumen, VII -- Convención Nacional, (P.7.).
4. CAMPA-URANGA, MA. FERNANDA, (1984)-Interpretación tectónica continental de la región Mixteca: Soc. Geol. Mexicana, Resumen, VII Convención Nacional, (P.9).
5. TURNER. F.J. Y VERHOOGEN. J., (1978)-Petrología ignea y metamórfica, 3a. Edición, Ed. Omega, Barcelona, (726, P.).
6. MCKINSTRY. H.E., (1977)-Geología de minas, 4a. edición. Ed. - Omega, Barcelona, (671, P.).
7. HOBBS, B.E., WINTRHOP, D.M. Y WILLIAMS, P.F., (1981)-Geología estructural Ed. Omega, Barcelona, (518, P.).
8. WILLIAMS, H.: TURNER, F.J. Y GILBERT, CH, M., (1980)-Petrografía, Ed. C.E.C.S.A., México, (430, p.).
9. CEDEDA-DAVILA, LEOVIGILDO, (1978)-Apuntes de Yacimientos minerales, Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

10. PARK. CH. F. Y McDIARMID, R.A., (1981)-Yacimientos minerales, Ed. Omega, Barcelona, (512, P.).
11. BATEMAN, A.M., (1974)-Yacimientos minerales de rendimiento económico, tercera edición, Ed. Omega, Barcelona. (975,P.).
12. LINDGREN, W., (1933)-Mineral Deposits, 4a. edición, Mc. - - Graw Hill, Nueva York, (930, P.).
13. ARRIAGA-GARCIA, GERMAN. (1980)-Algunas consideraciones sobre la clasificación de yacimientos minerales y sus relaciones con las rocas encajonantes en México. Geomimet.
14. MORAN -ZENTENO, DANTE J., (1984)-Geología de la República Mexicana, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
15. ATLAS-COPCO, (1979), Manual, editado por Atlas Copco. S.A.E. Madrid, España. (573. P.).

A P E N D I C E

I. DESCRIPCION DE LAS FOTOGRAFIAS

Fotografía 1

Principales formas topográficas en la zona; son apófisis graníticos descubiertos por la erosión. Al centro de la fotografía el cerro "Borracho" visto desde la zona Centro del prospecto San - Francisco Javier. Su cima alcanza 2100 m.s.n.m. y su base está a - 1300 m.s.n.m.

Fotografía 2

Falla de rumbo que desplaza una vetilla de cuarzo perteneciente a un ramaleo de la veta Ancha II, ubicada 80 metros al -- norte de la veta Rica en la zona Sur del prospecto. La falla tiene rumbo Norte-Sur y la vetilla Este-Oeste.

Fotografía 3

Fracturamiento en capas que separa grandes bloques de -- roca granítica permitiendo el afloramiento de estructuras (fallas, fracturas y vetas) que permiten conocer con detalle la geología -- del lugar.

Fotografía 4

Crustificación formada por oleadas sucesivas de fluidos mineralizantes. Es una alternancia de bandas cuarzo (blanco) y minerales metálicos (gris). La diferencia de inclinación en las bandas indica una posible reapertura de las fracturas durante el período de depósito de los minerales (veta Rica en la zona Sur).



Fotografia 1



Fotografia 2



Fotografia 3



Fotografía 5

Drusa de cuarzo en el interior de un bloque de la veta del Tajo. El crecimiento de los cristales anedrales de cuarzo es hacia el centro de la cavidad. La drusa se formó por un relleno in completo de la fractura por soluciones mineralizantes.

Fotografía 6

Relleno de cavidades en el cuarzo (blanco) por arsenopirita (gris oscuro). Al parecer la arsenopirita en estado semilíquido se desplazó en el extremo superior de la fractura relleno ca vidades en el cuarzo. Es la veta del Troncón ubicada 60 metros al norte de la veta Rica en la zona Sur.

Fotografía 7

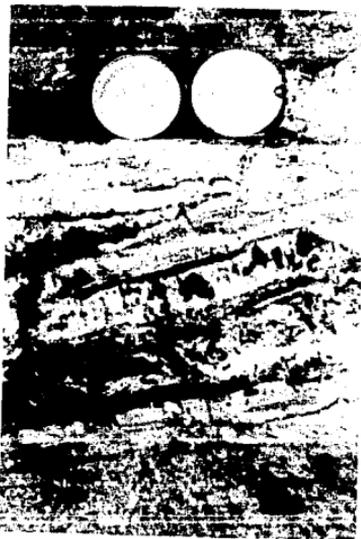
Estructura mineralizada (veta) con ramaleo y diseminación en el bajo, donde la roca fue altamente fracturada durante el empla zamiento de los fluidos mineralizantes. En el alto de la estructura el ramaleo es menor. Se trata de la veta Ancha II ubicada 80 metros al norte de la veta Rica.

Fotografía 8

Brecha de falla mineralizada. El desplazamiento de bloques de granito a través de una fractura produjo una estructura de brecha que permitió la migración de fluidos mineralizantes que se depositaron relleno los espacios abiertos. Movimientos posteriores en la estructura originaron una textura afanítica en los minerales metálicos que rodean fragmentos angulosos de cuarzo y roca granítica.

Fotografía 9

Obra "El Tajo", por medio de la cual se explota la veta -- del mismo nombre. Se encuentra en la margen derecha del río Mixtecapa. Tiene una profundidad de doce metros y dos frentes con un desa-- rrollo total de 43 metros.



Fotografia 4



Fotografia 6



Fotografia 5



Fotografía 7



Fotografía 8



Fotografía 9

II. DESCRIPCION DE LAS FOTOMICROGRAFIAS

Fotomicrografía 1

Intercrecimiento peritítico de feldespatos potásicos (microclina) y plagioclasas sódicas (albita) orientados de acuerdo -- con la estructura del primero. La mayoría de las perititas (prt) se originan por desmezcla del sodio debido al enfriamiento del magma. La biotita (Bt) se presenta en cristales subedrales euedrales (Nícoles cruzados, ampliación 4X, lámina delgada L-86-3).

Fotomicrografía 2

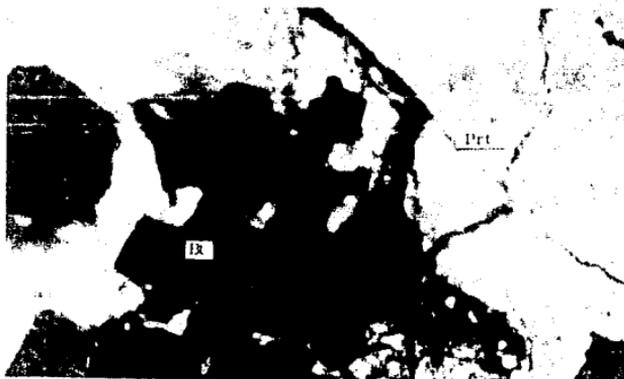
El cuarzo (C₂) y el feldespato potásico, microclina (Mcl) se encuentran en crecimientos íntimos en forma de granito gráfico o micropegmatita (intercalación micrográfica). La rápida cristalización simultánea de los minerales, originó la textura gráfica. -- (Nícoles cruzados, ampliación 4X, lámina delgada L-86-4).

Fotomicrografía 3

Paragénesis de calcopirita (Ccp) con reemplazamiento por galena (Ga) incluidas en la estructura de la arsenopirita (Arp). - (Nícoles cruzados, ampliación 4X, superficie pulida SP-70, veta Rica).

Fotomicrografía 4

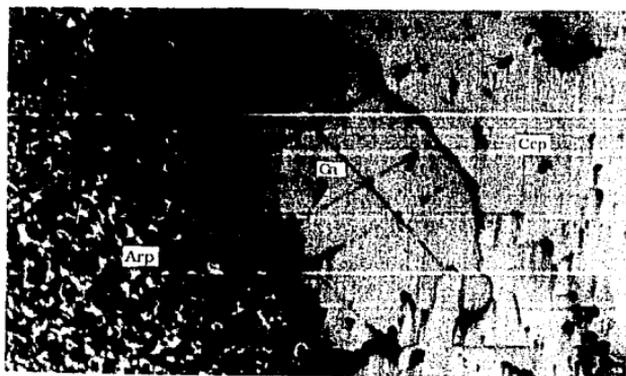
Paragénesis de pirita (Pi) reemplazada por calcopirita - (Ccp); la esfalerita (Esf) presenta glóbulos y franjas de calcopirita y está siendo reemplazada por la galena (Ga). La pirrotita -- (Prr) se presenta como pequeños cristales aislados dentro de la -- galena. (Nícoles cruzados, ampliación 20X, superficie pulida SP-3,



Fotomicrografía 1



Fotomicrografía 2



Fotomicrografía 3

Fotomicrografía 5

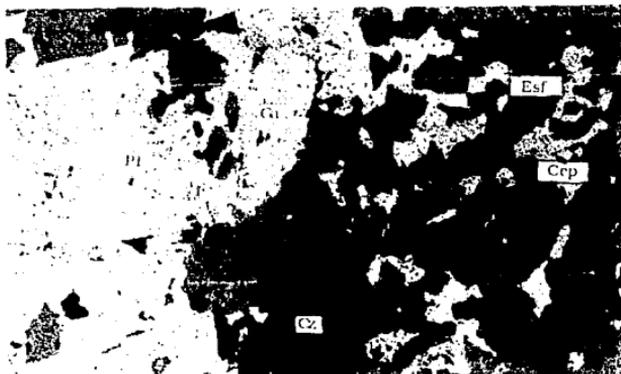
Se observan en la paragénesis cristales anedrales de pirita (Pi) reemplazados en gran parte por galena (Ga) y esfalerita (Esf). Esta última es reemplazada por la galena y presenta exsolución de calcopirita. El cuarzo (C₂) rellena cavidades en la galena y entre los demás minerales. (Nícoles cruzados, ampliación 20X, superficie pulida SP-3, veta del Tajo).

Fotomicrografía 6

Imagen producida por medio de electrones secundarios. - En forma circular de color claro se presenta la estannita y al lado hubnerita, blanda gris medio y negro cuarzo. (Ampliación 500X, SP-86-10, veta del Tajo, analizada en C.R.M.)



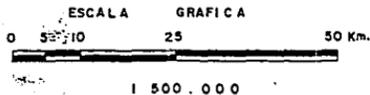
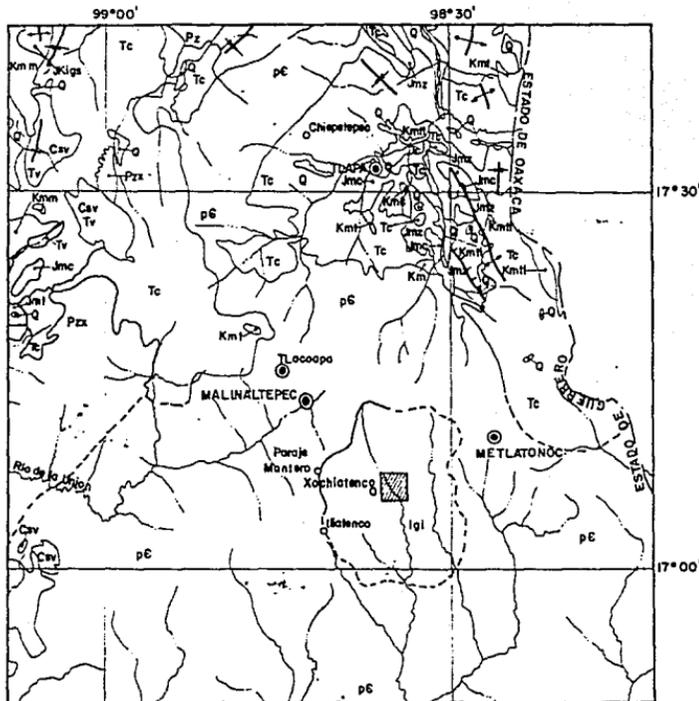
Fotomicrografia 4



Fotomicrografia 5



Fotomicrografia 6



LEYENDA

ROCAS SEDIMENTARIAS

CUATERNARIO	Qal	Aluvion Suelos residuales	
TERCIARIO	Tc	Terciario Continental (Formacion Balsas)	
CRETACICO	Inferior Medio	Kmm	Formacion Morelos
		Kmtl	Yesos Tlaltepasi
		Kml	Formacion Tepascalula
		JKigs	Gpo. Sabinal
		Jml	Formacion Taberna (Marina)
Paleoceno Jurassico Inferior Medio	Jms	Formacion Simon (Cont.)	
	Jmc	Conglomerado Cuicat (Cont.)	
	Pz-mal	Complejo Xolapa (Pz.) Esq. de biotita, gneissas Formacion Acatlan, Esq. Pz mat.	
	pC CB	Precambrico metamorfico (Esq. y gneissas) CB-Complejo Basal	

ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS

CENOZOICO	Cav	Cenozoico superior volcanico
TERCIARIO	Tv	Dacitas, andesitas, tobas, ignimbritas y brechas de derrame

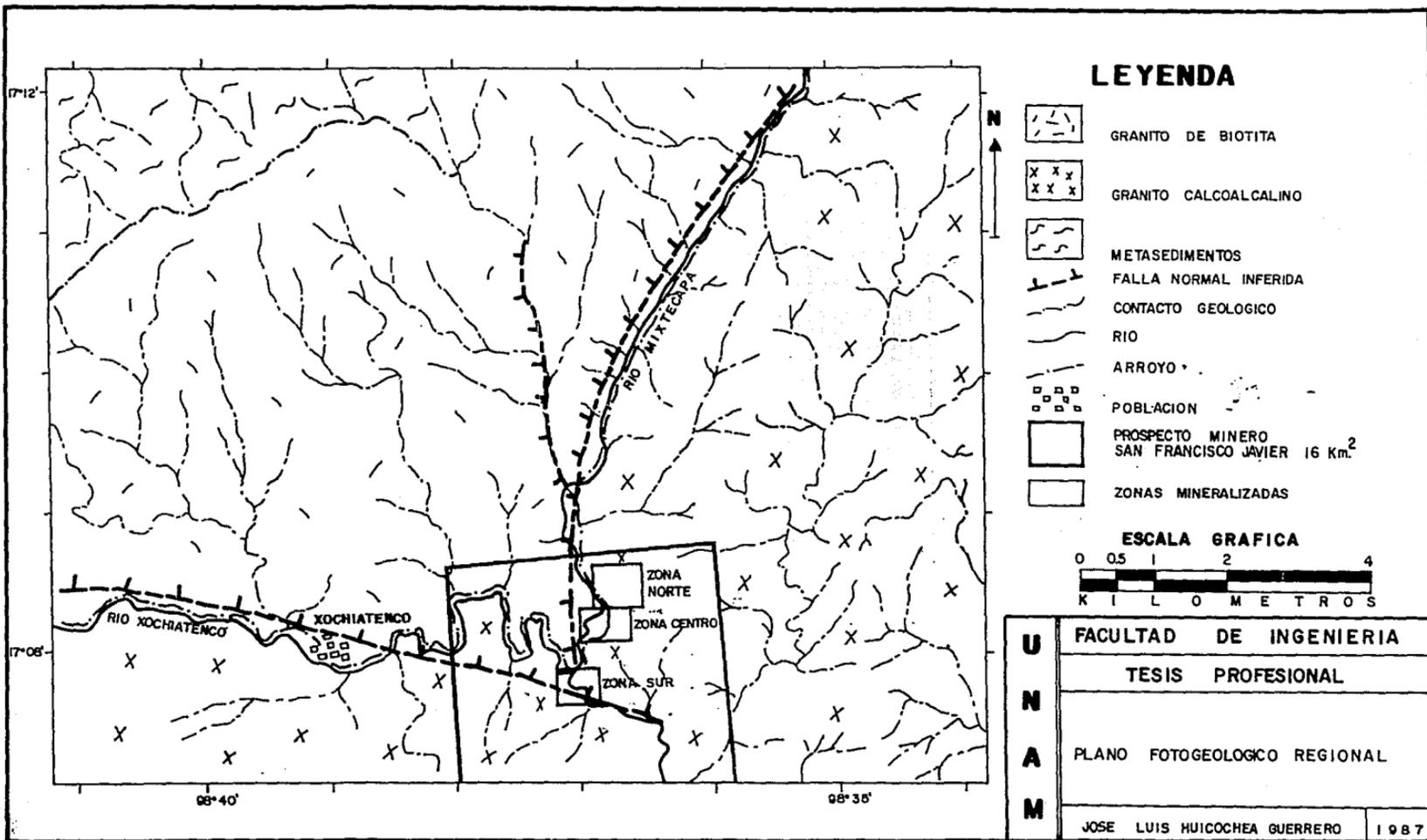
ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS

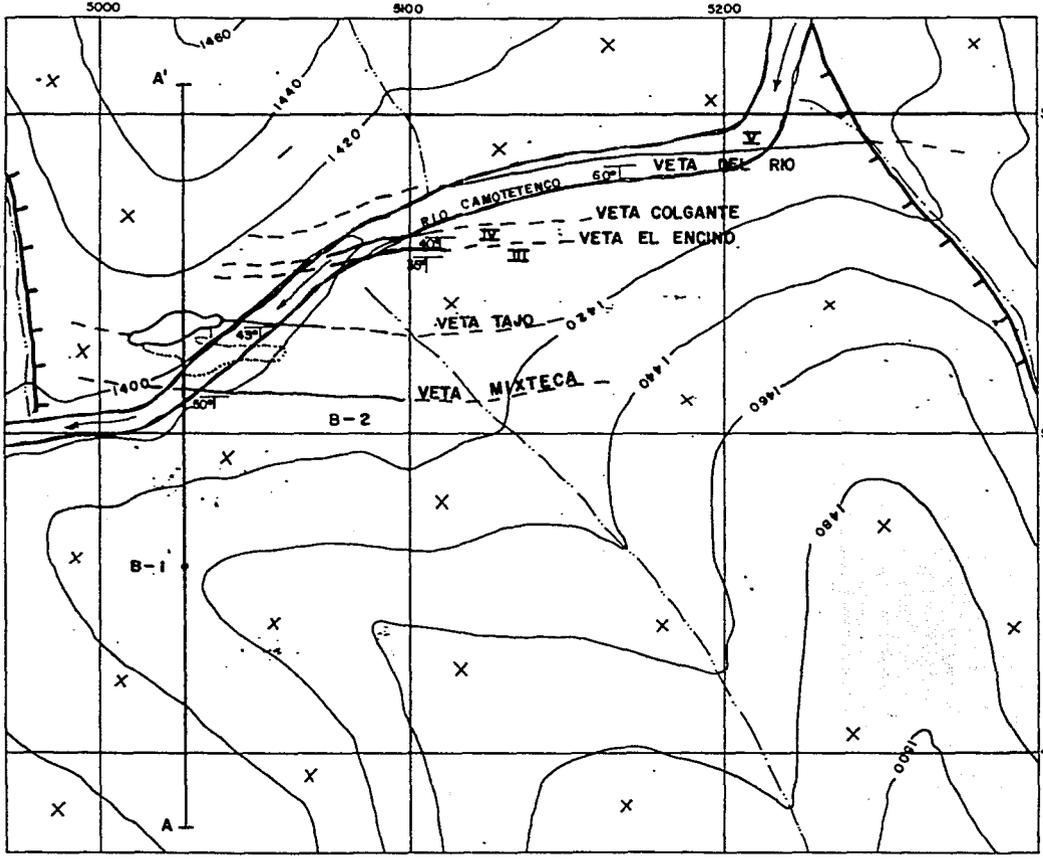
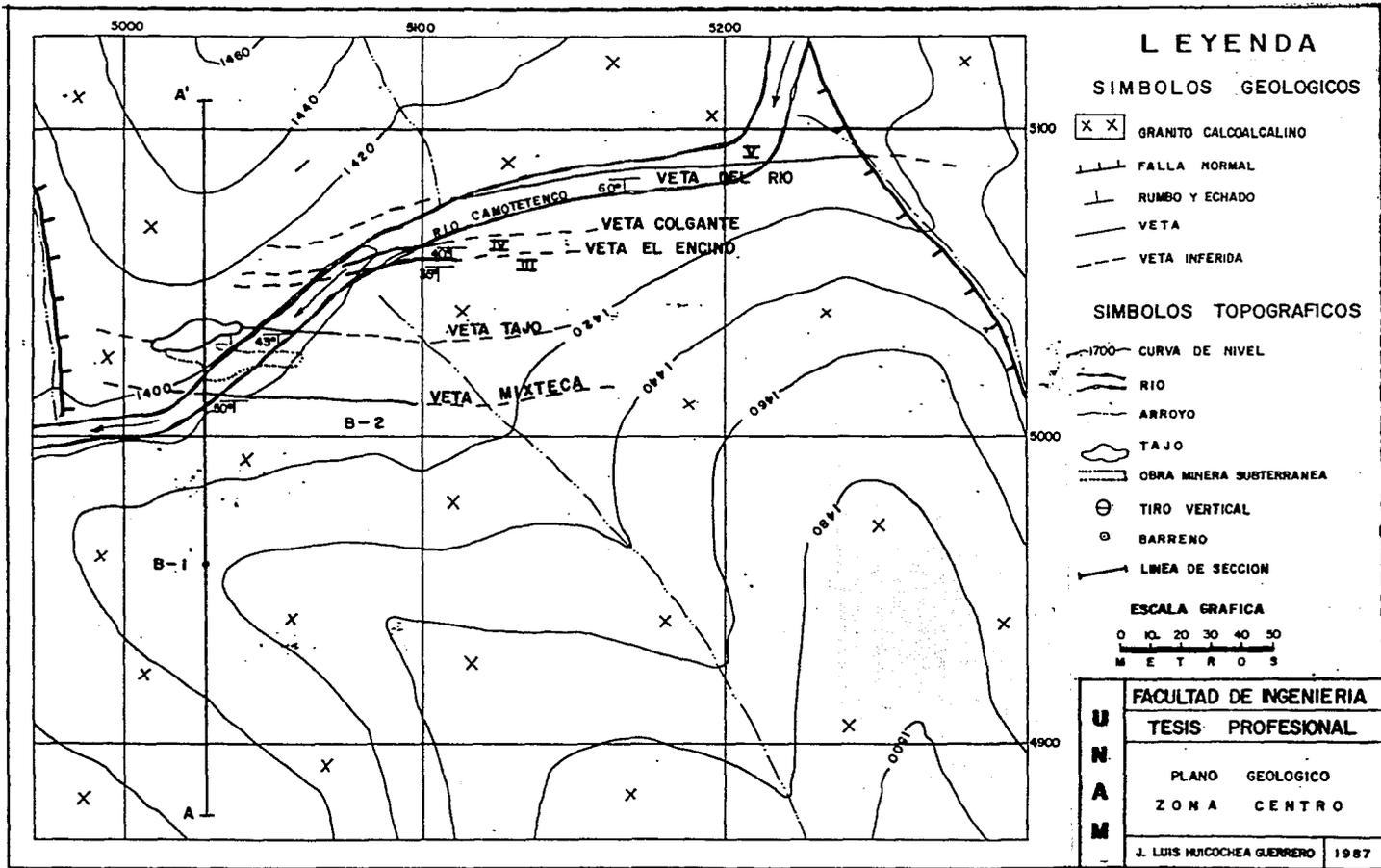
TERCIARIO	Igl	Granitos (Gr.)
-----------	-----	----------------

SIMBOLOGIA

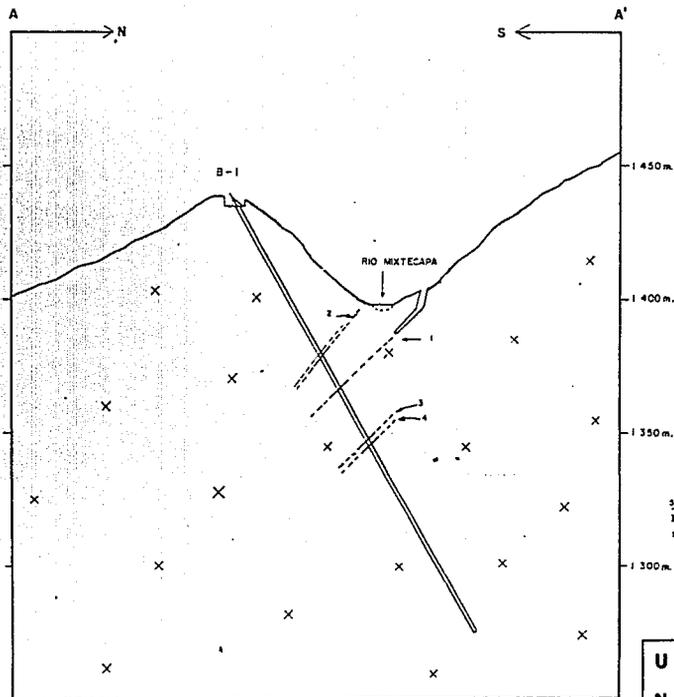
	Fundo Minero S. F. J.
	Contacto Geologico
	Anticlinal
	Sinclinal
	Rio y Arroyo
	Poblado
	Fractura
	Falta Normal

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PLANO GEOLOGICO REGIONAL
	JOSE LUIS HUICOCHEA GUERRERO 1987





SECCION A - A'



EXPLICACION

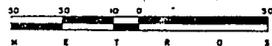
SIMBOLOS GEOLOGICOS

- GRANITO CALLOCALCALINO x x x
- VETA
- VETA INFERIDA
- CONTACTO LITOLÓGICO

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

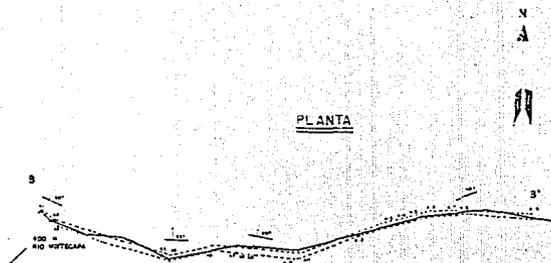
- PERFIL TOPOGRAFICO
- BARRENO DE DIAMANTE
- TAJO
- VETA DEL TAJO 1
- VETA MEXTECA 2
- VETA EL ENCINO 3
- VETA COLEMANE 4

ESCALA GRAFICA



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	SECCION GEOLOGICA A - A'	
	PROSPECTO SAN FRANCISCO JAVIER ZONA CENTRO	
JOSE LUIS MUÑOCHA GUERRERO		1987

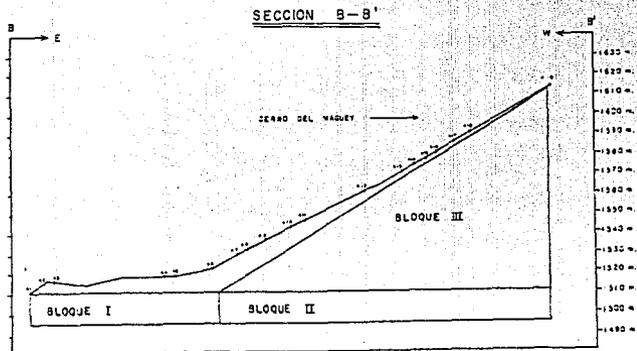
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUERRERO



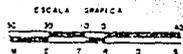
SÍMBOLOS

- VETA
- PG. SOCIAL
- MARGEN Y EDIFICIO
- PUNTO DE MUESTREO

N° MUESTRA	ANCHO	LEY DE PLATA	
		SEMI-SISTEMÁTICO	SUPERFICIAL
1.1	2.11	1.123	
1.2	1.30	1.123	
1.3	1.23	1.223	
1.4	1.20	2.7.3	
1.5	2.23	2.313	
1.6	1.13	2.343	
1.7	1.22	2.343	
1.8	1.23	2.313	
1.9	1.20	2.313	
1.10	1.50	2.313	
1.11	1.50	0.320	
1.12	1.40	0.362	
1.13	1.20	0.015	
1.14	1.40	0.040	
1.15	1.50	0.015	
1.16	1.40	0.025	
1.17	1.40	0.030	
1.18	1.50	0.060	
1.19	1.50	0.330	



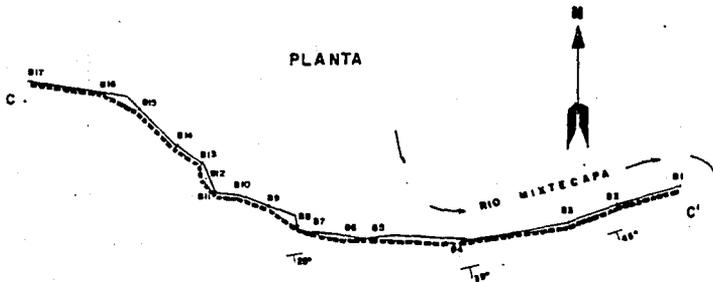
LEY: PROMEDIO = 0.426 Kg / TON
DE PLATA



ESCALA 1:1000

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PLANTA Y SECCION B-B' DE LA VETA ANCHA PROSPECTO SAN FRANCISCO JAVIER ZONA NORTE
	JOSE LUIS MENDOZA SUAREZ

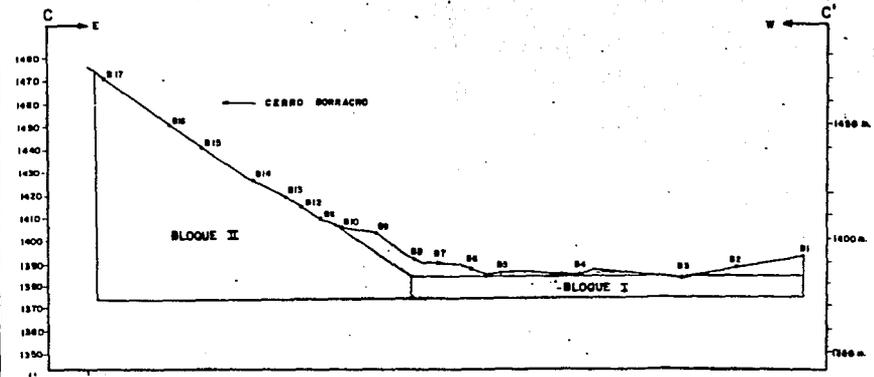
PLANTA



SIMBOLOGIA

- VETA
- - - POLIGONAL
- X RUMBO Y ECHADO
- O PUNTOS DE MUESTREO

SECCION C-C'



ESCALA 1:1000

MUESTREO SEMISISTEMATICO SUPERFICIAL		
Nº MUESTRA	ANCHO	LEY DE PLATA - Kg/Ton.
B1	40 Cm.	0.080
B2	32 Cm.	0.150
B3	35 Cm.	4.060
B4	60 Cm.	0.070
B5	60 Cm.	0.390
B6	75 Cm.	0.853
B7	40 Cm.	1.400
B8	50 Cm.	0.050
B9	25 Cm.	0.162
B10	50 Cm.	0.050
B11	30 Cm.	0.050
B12	60 Cm.	2.862
B13	35 Cm.	0.680
B14	30 Cm.	0.050
B15	10 Cm.	0.035
B16	10 Cm.	0.020
B17	10 Cm.	0.130

LEY PROMEDIO = 0.773 Kg/TON. DE PLATA



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PLANTA Y SECCION C-C'
	DE LA VETA RICA
	PROSPECTO SAN FRANCISCO JAVIER
	ZONA SUR
	JOSE LUIS MARGOCHA GUERRERO
	1987