



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y DE ROCA DIMENSIONABLE
DEL GRANITO XALTIANGUIS EN PIEDRA IMÁN,
ESTADO DE GUERRERO.”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO GEÓLOGO

P R E S E N T A :

GERARDO OCHOA ALFARO

DIRIGIDA POR: ING. ALFREDO VICTORIA MORALES



CIUDAD UNIVERSITARIA 2005

m. 340773



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-1-321

SR. GERARDO OCHOA ALFARO
Presente

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

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y DE ROCA DIMENSIONABLE DEL GRANITO XALTIANGUIS EN PIEDRA IMÁN, ESTADO DE GUERRERO

- I INTRODUCCIÓN
 - II MARCO GEOLÓGICO
 - III LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO
 - IV ANÁLISIS PETROGRÁFICO
 - V ANÁLISIS DE ROCA DIMENSIONABLE
 - VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFÍA

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

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

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 25 de marzo de 2004
EL DIRECTOR

M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Gerardo Ochoa Alfaro
FECHA: 24/02/2005
FIRMA:

GFB*GAC*gtg

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Ingeniería por permitirme ser parte de ella.

A mis padres Gerardo Ochoa Ramírez y Lidia Alfaro Bastida por apoyarme en todas las decisiones importantes de mi vida.

A mis hermanas, cuñados y sobrinos, por brindarme todo su apoyo cariño y comprensión.

A mi director de tesis, Ing. Alfredo Victoria Morales por que antes de ser mi profesor siempre será un buen amigo.

A mis sinodales: Ing. Leovigildo Cepeda Dávila, Ing. Enrique González Torres, M.C. José de Jesús Huezo Casillas y M.C. Mayumi Cabrera Ramírez.

Al Ing. José Antonio Hernández Godoy por la valiosa información y conocimientos proporcionados para la elaboración de este trabajo.

Al Laboratorio de Mecánica de Rocas y Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

A los rudos: Alexis Aguilar, Gonzalo Condado e Isaías Jiménez por mostrarme el verdadero sentido de la amistad.

A mis amigos de la Facultad: Adán, Airam, Arturo Rojo, Acuaman, Bauti, Boa, Buky, Carlos, Chava, Dante, Don, Erick, Felipe, Fernando, Francisco Alvarado, Gus, Héctor Cavadas, Jorge, José Manuel, Juan Carlos Cruz, Juan de Dios, Juan José Ramírez, Juan Raymundo, Lalo, León, Mario, Noe Guadarrama, Noe (≠), Omar, Palomo, Panchito, Pedro, Piscuil, Quetza, Román Valverde, Valentín, Vladimir, Víctor.

A mis amigas de la Facultad: Alejandra, Amelia, Beatriz, Claudia Arias, Claudia Gonzáles, Carmen, Diana Tapia, Judith, Irasema, Guadalupe Alvarado, Mireya, Miriam Osorio, Nora, Perla, Sandra, Selene, Taí, Tere, Jessica, Vanesa.

A mis compañeros del Activo Integral Poza Rica Altamira (PEMEX); Ingenieros: Alfredo Marxh, Alfredo Cortes, Eduardo Páez, Francisco Dórame, Felipe Islas, Gabriela Ita Salazar, Igor Hernández, Ivan Vargas, Jaime Estrada, Jaime Herminio, Mauricio Olguín, Moisés Hernández, Oscar López.

A mis amigos de pachanga, Diana, Mónica y Roberto, gracias por tantas aventuras.

A la Familia Tapia Juárez, por todo el apoyo y la confianza que me han brindado.

A todos los profesores que estuvieron vinculados en mi desarrollo como estudiante.

Hoy acaba una página más y comienza un nuevo proyecto de vida el cual me comprometo a vivir con intensidad y regocijo, a no dejarme vencer por los abismos de la vida, ni por el miedo que de esta me caiga encima, ni por el olvido, ni siquiera por el tormento de una pasión contrariada. Me comprometo a recordar y a bendecir mis arrebatos. Me comprometo a perdonar los abandonos y apreciar todo aquello que me deslumbró, me quebrantó y me alegró.

Espero tener una larga vida, larga paciencia, así como historias largas, y nada abreviare que deba sucederme, ni la pena ni el éxtasis, para que cuando sea viejo tenga como deleite la detallada historia de mis días.

*Ninguna Eternidad Como La Mía
Angeles Mastretta*

INDICE

Resumen

Página

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1	Objetivo.....	2
1.2	Método de trabajo.....	2
1.2.1	Trabajo de gabinete.....	2
1.2.2	Trabajo de campo.....	3
1.2.3	Trabajo de laboratorio.....	3
1.3	Localización.....	4
1.4	Vías de comunicación.....	5
1.5	Clima y vegetación.....	5
1.6	Geomorfología.....	6
1.7	Fisiografía.....	6
1.8	Trabajos previos.....	7

CAPÍTULO 2 MARCO GEOLÓGICO

2.1	Tectónica.....	10
2.1.1	Evolución tectónica-geológica.....	12
2.2	Estratigrafía.....	15
2.3	Geología local.....	18
2.4	Geología estructural.....	23

CAPÍTULO 3 LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

3.1	Trabajo de gabinete.....	27
3.1.1	Recopilación bibliográfica y fotogeología.....	27
3.2	Trabajo de campo.....	29
3.3	Trabajo de laboratorio.....	32
3.5	Sección estructural de la zona de estudio.....	34
3.6	Caminamientos.....	35

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS PETROGRÁFICO

4.1	Introducción.....	39
4.2	Descripciones megascópicas.....	40
4.3	Descripciones microscópicas.....	44

CAPÍTULO 5 ANÁLISIS DE ROCA DIMENSIONABLE

5.1	Introducción.....	50
5.2	Granito como roca dimensionable.....	51
5.2.1	Historia.....	51
5.2.2	Descripción geológica y minero-industrial.....	52
5.3	Características generales del granito.....	52
5.3.1	Potencial geológico-minero.....	53
5.3.2	Variedades comerciales del granito.....	54
5.3.3	Usos.....	54
5.3.4	Productos sustitutos.....	56
5.3.5	Marco normativo.....	56
5.3.6	Precios.....	56
5.4	Estándares de calidad.....	57
5.4.1	Especificación Estándar para Granitos.....	57
5.5	Pruebas mecánicas.....	58
5.5.1	Preparación de las muestras.....	58
5.5.2	Prueba de resistencia a la compresión.....	59
5.5.3	Prueba de desgaste por rozamiento.....	60
5.5.4	Resultados.....	62
5.6	Diseño de la explotación.....	63
5.6.1	Tecnologías aplicadas a la extracción de rocas dimensionables.....	63
5.6.2	Selección del método de explotación.....	69
5.6.3	Ventajas y desventajas.....	70
5.7	Beneficio e industrialización.....	72
5.7.1	Corte, acabado y pulido.....	72
5.7.2	Proceso de laminación tradicional.....	73
5.8	Mercado.....	74
5.8.1	Mercado nacional e internacional.....	74
5.8.2	Mercado norteamericano.....	76
5.9	Comercialización.....	78
5.9.1	Canales de distribución.....	78
5.9.2	Actividades productivas.....	78
5.9.3	Principales formas de comercialización del granito.....	79

Página

5.9.4	Canales de comercialización.....	80
5.9.5	Cuadros estadísticos.....	81

CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	85
6.2	Recomendaciones.....	87

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXO DE PLANOS.

ANEXO TABLAS.

INDICE DE TABLAS, FOTOS Y FIGURAS.

Página

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

Fig.	1.1	Localización.....	4
Tabla	1.1	Coordenadas.....	5
Fig.	1.2	Mapa Fisiográfico.....	6
Tabla	1.2	Fechaamiento para el intrusivo Xaltianguis.....	9

CAPÍTULO 2 MARCO GEOLÓGICO

Fig.	2.1	Terrenos tectonoestratigráficos.....	11
Fig.	2.1	Terrenos tectonoestratigráficos.....	12
Fig.	2.3	Tabla de correlación estratigráfica.....	15
Foto	2.1	Flecky-Gneis.....	15
Foto	2.2	Granito en bolas.....	20
Foto	2.3	Cerro Piedra Prieta.....	20
Foto	2.4	Pegmatita.....	21
Foto	2.5	Cerro Piedra Imán.....	21
Foto	2.6	Yacimiento de Fe.....	22
Foto	2.7	Depósito aluvial.....	22
Foto	2.8	Fracturas en granito.....	24
Fig.	2.4	Representación grafica de datos estructurales.....	25

CAPÍTULO 3 LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

Tabla	3.1	Puntos de muestreo.....	30
Mapa	1	Puntos de localización.....	31
Mapa	2	Geología.....	33
Fig.	3.1	Sección estructural.....	34
Foto	3.1	Estructura granítica Piedra Prieta.....	37

**CAPÍTULO 4
ANÁLISIS PETROGRÁFICO**

Foto	4.1	Afloramiento de granito.....	40
Foto	4.2	Granito con enclaves de biotita, hornblenda y magnetita.....	41
Foto	4.3	Granito con pegmatita.....	42
Foto	4.4	Intemperismo del granito.....	43
Fig.	4.1	Diagrama de Streckeisen.....	44
Foto	4.5	Fotografía de lámina delgada del granito.....	45
Foto	4.6	Fotografía de lámina delgada del granito.....	46
Foto	4.7	Fotografía de lámina delgada del granito.....	46
Foto	4.8	Fotografía de lámina delgada del granito.....	47
Foto	4.9	Fotografía de lámina delgada del granito.....	48
Foto	4.10	Fotografía de lámina delgada del granito.....	49

**CAPÍTULO 5
ANÁLISIS DE ROCA DIMENSIONABLE**

Fig.	5.1	Zonas potenciales del granito en México.....	53
Tabla	5.1	Varietades comerciales del granito en México.....	54
Foto	5.1	Usos del granito.....	55
Foto	5.2	Usos del granito.....	55
Tabla	5.2	Características petrofísicas del granito (ASTM).....	58
Fig.	5.2	Muestras para pruebas mecánicas.....	59
Foto	5.3	Máquina para pruebas de desgaste.....	60
Foto	5.4	Máquina para pruebas de desgaste.....	61
Tabla	5.3	Resultados de la prueba de resistencia a la compresión.....	62
Tabla	5.4	Resultado de la prueba de desgaste por rozamiento.....	62
Foto	5.5	Bloques de roca granítica.....	65
Foto	5.6	Bloques de roca extraídos por el método de cable diamantado.....	65
Foto	5.7	Barreno horizontal para el método de cable diamantado.....	66
Foto	5.8	Banco de material (comunidad Piedra Imán).....	71
Fig.	5.3	Diagrama secuencial del proceso de laminación del granito.....	73
Fig.	5.4	Exportaciones de granito.....	75
Fig.	5.5	Importaciones de granito.....	75
Fig.	5.6	Diagrama de comercialización para rocas dimensionables.....	80
Tabla	5.5	Balanza comercial del granito en dólares.....	81
Tabla	5.6	Exportaciones mexicanas de granito en dólares.....	82
Tabla	5.7	Exportaciones mexicanas de granito en toneladas.....	82
Tabla	5.8	Importaciones mexicanas de granito en dólares.....	83
Tabla	5.9	Importaciones mexicanas de granito en toneladas.....	84

ANEXO DE PLANOS.

Mapa 1

Mapa 2

ANEXO TABLAS.

Cuadro 1: Balanza comercial del granito.

Cuadro 2: Exportaciones mexicanas de granito por fracción arancelaria en dólares.

Cuadro 3: Exportaciones mexicanas de granito por fracción arancelaria en toneladas.

Cuadro 4: Exportaciones mexicanas de granito por país de destino en dólares.

Cuadro 5: Exportaciones mexicanas de granito por país de destino en toneladas.

Cuadro 6: Importaciones mexicanas de granito por fracción arancelaria en dólares.

Cuadro 7: Importaciones mexicanas de granito por fracción arancelaria en toneladas.

Cuadro 8: Importaciones mexicanas de granito por país de destino en dólares.

Cuadro 9: Importaciones mexicanas de granito por país de destino en toneladas.

RESUMEN

En este trabajo se presenta la caracterización petrográfica y de roca dimensionable del cuerpo intrusivo Xaltianguis en la localidad de Piedra Imán, Guerrero Méx. El intrusivo es un plutón petrográficamente heterogéneo, con una textura holocristalina, hipidiomórfica, alotriomorfica, equigranular de grano grueso, con una asociación principal formada por cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico. Se clasifica como un monzogranito y granodiorita. Se encuentra encajonado por las roas metamórficas del Complejo Xolapa.

El granito es una roca dimensionable, por lo tanto puede ser cortado y pulido a dimensiones y formas específicas. Es superior al mármol en dureza, en resistencia al desgaste, a la corrosión y a la aplicación de esfuerzos a la compresión.

Entre sus principales usos destaca su empleo en la industria de la construcción donde tiene múltiples aplicaciones, entre ellos, el recubrimiento de fachadas y arquitectura en general; como material ornamental, sirve para elaborar figuras y monumentos; en las manufacturas, se utiliza en la fabricación de cilindros para moler pulpa en molinos de la industria papelera.

El método de explotación recomendado es el de cable diamantado. Esta técnica permite realizar cortes de gran calidad, minimiza el trabajo de dimensionamiento y proporciona más valor económico a la roca.

En el mercado nacional, los registros estadísticos sobre la explotación del mineral son limitados debido a que éste se ha realizado en forma irregular e inconsistente.

En el mercado internacional, Italia es el principal importador y exportador de rocas dimensionables; es el destino del 59% de nuestras exportaciones y el 43% de de nuestras importaciones provienen de Brasil.

La balanza comercial del granito históricamente ha mostrado un saldo deficitario; en el 2002 registró un déficit por US\$ 6.7 millones cifra mayor en relación al 2001.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

La constitución litológica de nuestro territorio y la evolución geológica son elementos que nos permiten visualizar un potencial en el campo de las Rocas Dimensionables y específicamente en granitos.

México es rico en rocas graníticas contando con una variedad de afloramientos a lo largo de toda su Costa del Pacífico desde los estados de Baja California, y Sonora en el Norte, hasta el estado de Chiapas en el Sur.

Los granitos como Rocas Dimensionables constituyen una opción atractiva en la rama de la construcción, por su gran variedad de colores, texturas, dureza y belleza en general, atributos que les confieren valor económico y comercial a niveles competitivos tanto en el mercado nacional como en el internacional.

Las rocas graníticas de México tienen una gran distribución en el registro geológico pues cronológicamente se tienen granitos con edades desde el Precámbrico hasta el Reciente, lo cual las hace formar parte de variados ambientes geológicos, situación que les permite también presentar las más variadas características petrográficas.

En este trabajo se analizó el granito Xaltianguis como Roca Dimensionable. Dicho granito se localiza a unos 30 km al norte de Acapulco, en los alrededores de la localidad de Piedra Imán, Gro. Presenta una forma elongada, paralela a la costa Pacífica, de 55 km de largo por 20 km en su parte más ancha y 5 km en la parte más angosta. Este cuerpo se encuentra en la parte sur-occidental de México, la cual se caracteriza por la presencia de grandes volúmenes de cuerpos plutónicos. Estos plutones pertenecen a un conjunto de cuerpos que, fueron originados en un ambiente de arco magmático, el cual evolucionó como respuesta a la interacción de un límite convergente entre las placas de Norteamérica y Farallón, posteriormente la margen continental experimentó los efectos del truncamiento y levantamiento del arco magmático, provocando la exposición de los grandes cuerpos plutónicos.

Dentro de esta localidad se encuentra un banco de explotación del mismo por Roca Dimensionable, que es explotado por los ejidatarios de la región, utilizando métodos rudimentarios que ocasionan un gran desperdicio del material y daños en el sistema de minado.

1.1 OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es la caracterización petrográfica y de roca dimensionable del granito Xaltianguis con el cual se pretende proporcionar una recomendación a los ejidatarios de Piedra Imán sobre la homogeneidad de este cuerpo dentro de su comunidad, así como, el método de explotación más apropiado para este tipo de roca.

1.2 MÉTODO DE TRABAJO

Este trabajo se divide en 3 etapas, las cuales son:

1.2.1 Trabajo de Gabinete

- Recopilación y revisión bibliográfica referente a la geología y petrología del granito Xaltianguis y rocas cercanas a este.
- Recopilación y revisión de cartografía topográfica y geológica editada por INEGI a escala 1:50,000, así como fotografías aéreas de la zona de estudio.

1.2.2 Trabajo de Campo

- Este consistió en dos salidas al campo con una duración de 15 días con las siguientes actividades.
- Durante la primera salida, se realizó un muestreo sistemático de la zona de estudio, el cual incluyó la localización de estos puntos en un plano topográfico, la descripción de características petrográficas y texturales, las relaciones espaciales del cuerpo rocoso en el afloramiento, así como la extracción de muestras de roca para su posterior análisis en laboratorio.
- En la segunda salida se obtuvieron los datos estructurales del granito Xaltianguis correspondientes a la comunidad de Piedra Imán, así como una estimación de las dimensiones de este plutón. Se compararon las características texturales y petrográficas con las obtenidas en el laboratorio de petrografía de la Facultad de Ingeniería.

1.2.3 Trabajo de Laboratorio

Esta etapa fue muy importante para el presente trabajo y consistió en dos estudios principales, el petrográfico y el de mecánica de rocas.

- El estudio petrográfico consistió de dos procedimientos principalmente: el primero fue la descripción megascópica de muestras de mano y el segundo se basó en la descripción microscópica de láminas delgadas.
- La descripción megascópica fue realizada utilizando un microscopio estereoscópico marca Leica perteneciente al Laboratorio de Yacimientos Minerales de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y una lupa de Geólogo 10X. En esta fase se describieron 22 muestras recolectadas durante las visitas a la localidad.
- La descripción microscópica fue realizada utilizando un microscopio petrográfico Modelo Axiolab perteneciente al Laboratorio de Yacimientos Minerales de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. En esta fase se describieron 20 muestras recolectadas durante las visitas a la localidad.
- El estudio de mecánica de rocas se realizó en el laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y consistió de dos pruebas: resistencia a la compresión y desgaste por rozamiento.

1.3 LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se sitúa en la parte meridional de la República Mexicana entre los paralelos $17^{\circ} 04'$ y $17^{\circ} 06'$ de latitud Norte y en los $99^{\circ} 46'$ y $99^{\circ} 48'$ de longitud Oeste respecto al meridiano de Greenwich, con una superficie de 9 km^2 . Esta zona está ubicada dentro del municipio de Acapulco, Guerrero. Se encuentran al Norte-Este, a 30 kilómetros en línea recta del puerto de Acapulco. Del poblado de Piedra Imán se localizan al Norte-Oeste y como a un kilómetro y medio y a 4 kilómetros al este del poblado "El Cuarenta y Dos", situado sobre la Carretera México Acapulco, como se aprecia en la Fig 1.

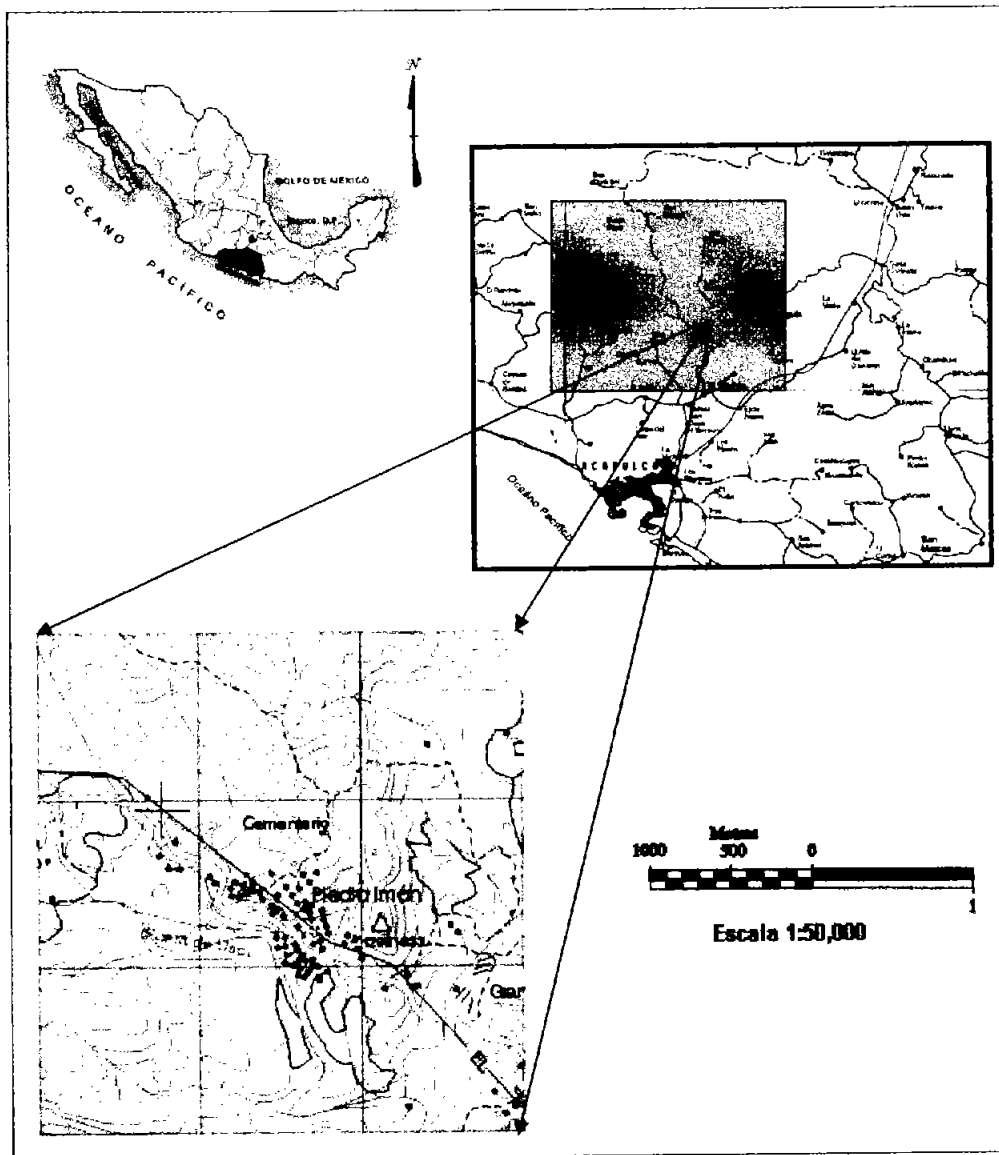


Fig. 1.1. Localización de la zona de estudio, el recuadro gris muestra el área de la carta topográfica Xaltianguis (E14-C47 de INEGI).

La tabla 1.1 comprende las coordenadas geográficas y las coordenadas UTM.

Coordenadas Geográficas

Latitud Norte	Latitud oeste
17° 04'	99° 46'
17° 06'	99° 48'

Coordenadas UTM

14Q 0 415 000 UTM 1 890 000	14Q 0 418 000 UTM 1 890 000
14Q 0415 000 UTM 1 887 000	14Q 0 418 000 UTM 1 887 000

*]Tabla 1.1. Estos datos fueron tomados directamente de la carta topográfica Xaltianguis E14-C47, escala 1:50,000, editada por INEGI.

1.4 VÍAS DE COMUNICACIÓN

La zona de estudio se halla atravesada por la brecha maderera que partiendo de los cerros de "La Lobera", "el Arrozal" y "el Cuastolote" toca el poblado de Piedra Imán, y entronca con la carretera México-Acapulco en el poblado "El Cuarenta y Dos (kilómetro 365 de la carretera federal # 95 México-Acapulco). La distancia de la zona de estudio al Cuarenta y Dos siguiendo la brecha es aproximadamente de 4.5 km. Este camino es transitable en todo tiempo, siendo únicamente necesario utilizar vehículos con tracción en las 4 ruedas durante la temporada de lluvias.

1.5 CLIMA Y VEGETACIÓN

El estado de Guerrero presenta una variada gama de climas en su territorio, así tiene climas cálidos, semicálidos, templados, semisecos y secos. El clima que predomina para la zona de estudio es del tipo semicálido con lluvias abundantes durante los meses de junio a octubre y en invierno es relativamente seco.

Originalmente esta área estuvo cubierta por abundantes bosques, pero actualmente la región se encuentra poblada por pequeños arbustos, y en las partes topográficamente mas altas se observan pino lacio, pino chino, ocotes y parotas.

1.6 GEOMORFOLOGÍA

Orografía

Las elevaciones dentro del área estudiada oscilan entre 600 y 700 m.s.n.m. Sus formas son generalmente redondeadas donde afloran las rocas plutónicas y metamórficas y formas un poco escarpadas en las partes en que afloran las calizas.

Hidrografía

Al Oriente de los bancos de material y bordeando el poblado de Piedra Imán, pasa el río del mismo nombre, el cual hace una curva hacia el Sur. Hacia el Oriente pasa un pequeño arroyo el cual también es de régimen permanente, pero su volumen de agua disminuye bastante durante la época de secas.

1.7 FISIOGRAFÍA

Fisiográficamente, la zona de estudio pertenece a la provincia Sierra Madre del Sur y, a su vez, se encuentra en la subprovincia Lomeríos de la Vertiente Pacífica, la cual tiene una orientación Este-Oeste.

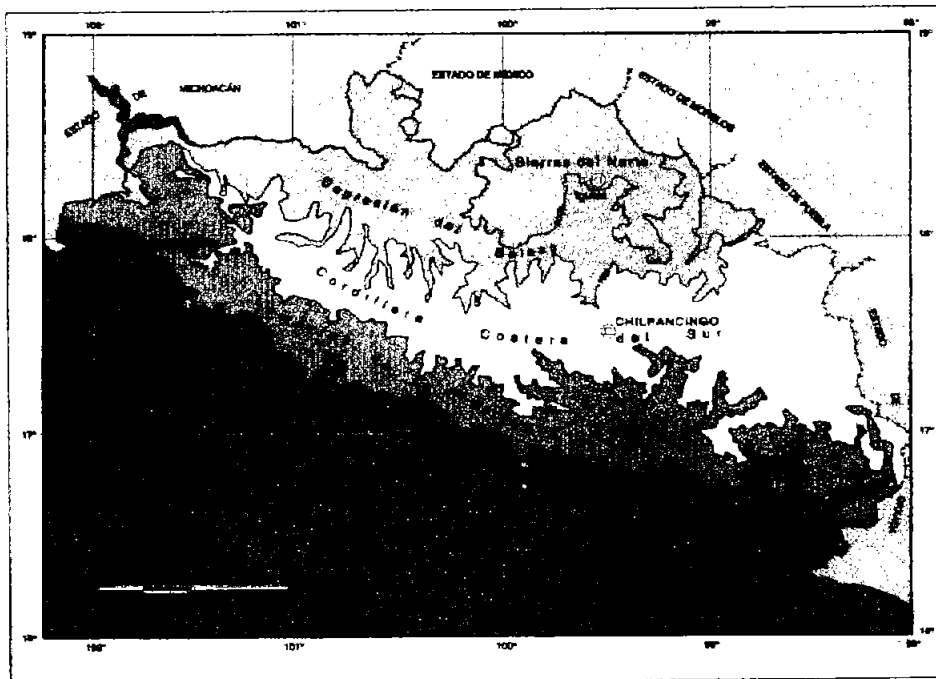


Fig. 1.2. Mapa de Fisiografía del estado de Guerrero. Fuente COREMI, 1999.

Provincia de la Sierra Madre del Sur

Esta provincia limita al norte con la del Eje Neovolcánico, al este con la Llanura Costera del Golfo Sur, las Sierras de Chiapas y la Llanura Costera Centroamericana del Pacífico, y al sur con el Océano Pacífico. Abarca parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Veracruz y todo el estado de Guerrero. Está considerada como la provincia con el registro geológico más grande del país. Esta provincia tiene una litología en la que las rocas intrusivas cristalinas, especialmente los granitos y las metamórficas, tienen más importancia que en la mayoría de las provincias del norte. La vegetación que predomina en la depresión del Balsas en las regiones sur-orientales de la provincia es la selva baja caducifolia, los bosques de encinos y de coníferas ocupan las zonas más elevadas, y la selva mediana subcaducifolia, se extiende sobre toda la franja costera del sur. Aparte de esta vegetación hay en la provincia una de las comunidades florísticas más ricas del mundo. La región manifiesta, además, un alto grado de endemismo (riqueza en especies exclusivas del lugar).

En la provincia, el sistema fluvial más grande es el Tepalcatepetl; otro importante, es el río Balsas, uno de los siete mayores del país. En el extremo oriente nacen importantes afluentes del Papaloapan y del Tehuantepec. Sobre la vertiente sur de la provincia descende un buen número de ríos cortos del Océano Pacífico. Pocos de ellos, como el Armería, el Coahuayana y el Papagayo nacen al norte de la divisoria de la sierra costera y el Atoyac baja desde el Valle Central de Oaxaca.

1.8 TRABAJOS PREVIOS

En el área de estudio y zonas circundantes, se han llevado a cabo algunos trabajos de tipo cartográfico, estructural, geocronológico y petrográfico, que en conjunto han permitido establecer algunas de las características generales de los eventos geológicos que ocurrieron en el pasado para el Sur-Occidente de México.

De Cserna (1965) fue el primero en hacer un trabajo geológico regional en la zona comprendida entre Chilpancingo y Acapulco. En este trabajo se presentan las relaciones estratigráficas y estructurales de las rocas localizadas en la porción del Sur-Occidente de México, correspondientes al estado de Guerrero. Este autor define las diferentes unidades petrológicas de tipo metamórfico en la Barranca Xolapa, así como la existencia de plutones no deformados representados por el Intrusivo de Acapulco, Xaltianguis y Ocotito.

De Cserna también realizó la caracterización del Intrusivo Xaltianguis y le dio el adjetivo de tronco, aun cuando en su cartografía sobrepasa los límites para este tipo de cuerpos. De Cserna utiliza el término de tronco en lugar de Batolito (que sería el adecuado tomando en cuenta su extensión $\pm 250 \text{ km}^2$) con el propósito de hacer notar que este intrusivo no tiene relación genética con el Complejo Xolapa, compuesto por rocas metamórficas y cuerpos granitoides deformados.

Para los fines de este trabajo se denomina como Intrusivo Xaltianguis.

De Cserna describe a la roca predominante como una Monzonita cuarcífera de color gris claro hasta blanco. Su textura es granular hipidiomórfica y en la que la ortoclasa y la oligoclasa se presentan como granos subédricos variando de uno hasta 3 milímetros de largo. La ortoclasa frecuentemente muestra sobrecrecimiento de oligoclasa, la hornblenda verde y la biotita café son los minerales ferromagnesianos que también se presentan en granos subédricos. El cuarzo rellena los intersticios dejados por otros minerales. También encontró algunos diques aplíticos y pequeñas segregaciones de minerales ferromagnesianos, que son abundantes principalmente en la monzonita cuarcífera cuando tiende a ser blanca.

Alaniz-Alvarez (1988), detalla la petrografía del área de rocas metamórficas descritas por De Cserna (1965) y describe la localidad tipo del Complejo Xolapa mostrando el contexto petrológico predominante en la Barranca Xolapa. Esta autora reconoce diferentes tipos de rocas metamórficas y hace inferencias sobre la petrogénesis de cada una de las rocas aflorantes, interpretando con ello las condiciones de metamorfismo en las cuales se originaron.

Negendank et al. (1987), hace referencias petrológicas y geoquímicas sobre el origen de algunos cuerpos plutónicos localizados en la porción de SW de México. Consideran que estos intrusivos varían litológicamente desde los granitos a las granodioritas y granitos de feldespato alcalino principalmente; a través de la utilización de los diagramas de discriminación de elementos traza (Pearce et al., 1984) y con referencia a los minerales accesorios incluidos en las rocas interpretan que estas rocas pertenecen a un ambiente de arco magmático.

Morán-Zenteno (1992) considera al grupo de plutones no deformados como parte del Complejo Xolapa. Estos plutones son de carácter calcoalcalino y los asocia a un arco magmático edificado en un límite convergente de placas. Analiza también las relaciones isotópicas de neodimio y estroncio para este grupo de plutones, encontrando que las

relaciones de neodimio se apartan de los valores que se pueden esperar para arcos magmáticos continentales primitivos, por lo que sugiere una contaminación cortical. Para el segundo tipo de relaciones se observa una homogeneización isotópica regional, lo que sugiere, que este grupo de plutones constituyeron fracciones diferenciadas de una misma masa batolítica, o que los diferentes cuerpos se derivaron de una fuente en el manto con relaciones isotópicas homogéneas.

En la tabla 1.2 se muestran las edades que han obtenido diferentes autores para el Intrusivo Xaltianguis. En esta tabla se puede observar la evolución en las técnicas geocronológicas que se han utilizado para fechar este intrusivo. Además se muestra la relación que existe entre los sistemas rubidio-estroncio y potasio-argón, indicando una edad de formación entre los 30 y 32 Ma.

FECHAMIENTOS PARA EL INTRUSIVO XALTIANGUIS

Año	Autor	Método	Material	Edad en Ma
1956	De Cserna	Plomo - alfa	Granito	97 ± 10
1958	Larsen et al.	Plomo - alfa	Monzonita cuarcifera	98
1962	De Cserna et. Al.	Plomo - alfa	Esquistos de Bio y Qz	37 ± 2
1974	De Cserna	Plomo - alfa	Granito	90 ± 9
1975	Guerrero-García	Rb / Sr	Granitoide	31.5 ± 0.3
1983	López y Grajales	K / Ar	Bio y Fel potásico	32 ± 3
1990	SCAF	Rb / Sr	Bio	30.5 ± 0.6
1992	Moran-Zenteno	Rb / Sr	Isócrona de PND	55 ± 1

Tabla 1.2 .- Fechamientos para el Intrusivo Xaltianguis tomada de Correa Mora, 1997. Bio: biotita Qz: cuarzo Fel: feldespatos PND: Plutones no deformados (Acapulco, Tierra Colorada y Xaltianguis).

CAPITULO 2

MARCO GEOLÓGICO

2.1 TECTÓNICA

El estado de Guerrero se encuentra dividido en diferentes terrenos tectonoestratigráficos, Fig. 1, con estratigrafías variadas, pertenecientes a cuencas de depósito, unidades corticales y oceánicas de tamaño, litología, deformación y edad variable. Guerrero está situado en el borde sureste de la Placa Norteamericana, en donde la región de la fosa de Acapulco se sumerge y se han consumido placas oceánicas formando durante su historia geológica depósitos relacionados con arcos insulares y mares marginales, que han dado origen a una gran variedad de rocas volcanosedimentarias, y a los sedimentos marinos y continentales que forman los terrenos Guerrero, Mixteco y Xolapa (Bustos-Díaz, José Luis, 2001 Síntesis Geológica y Evolución Tectónica del Terreno Xolapa, Edo. Gro; Boletín Técnico COREMI, p. 2-23).

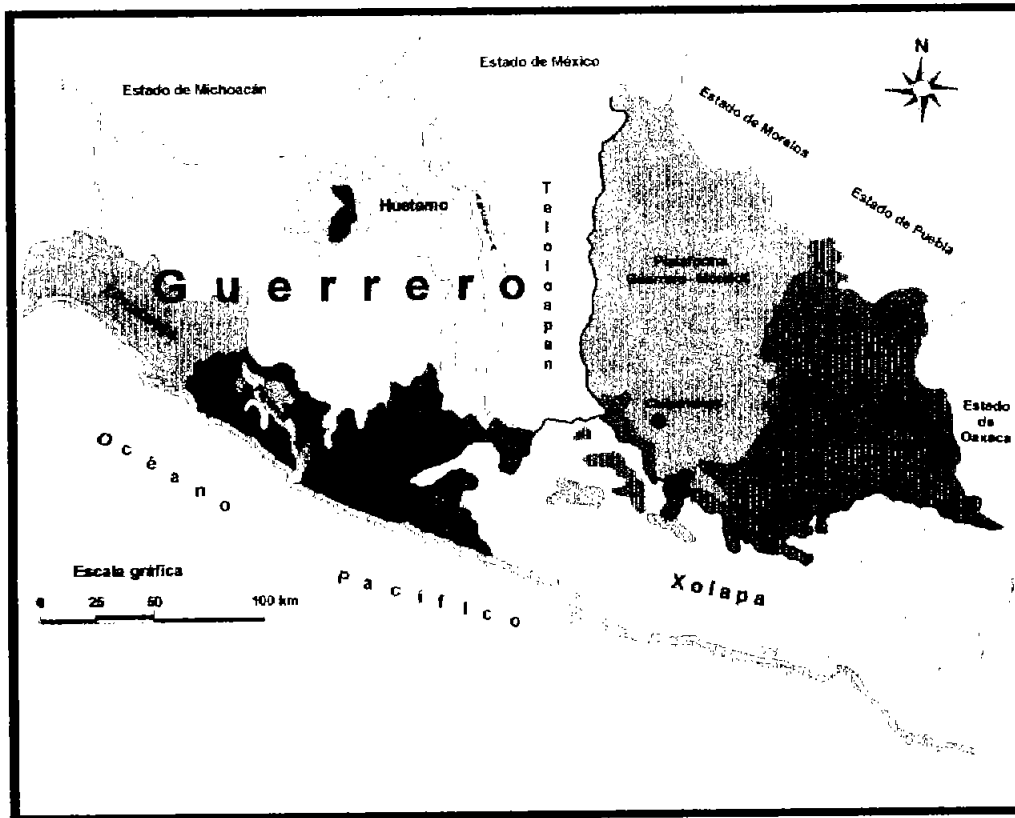


Fig. 2.1. Terrenos Tectonoestratigráficos de Gro. Tomada de Bustos-Díaz, José Luis, 2001 Síntesis Geológica y Evolución Tectónica del Terreno Xolapa, Edo. Gro; Boletín Técnico COREMI, p. 2-23.

Terreno Guerrero

El Terreno Guerrero ha sido el centro de controversias tanto acerca de su contenido, como de sus límites, y está dividido en cinco subterrenos, cubriendo la mitad occidental del Estado de Guerrero como se observa en la Fig. 2.1. Para el objetivo del presente trabajo, sólo se describe el Sub-Terreno Xolapa (Bustos-Díaz, 2001)

Sub-Terreno Xolapa

El Terreno Xolapa es el más grande, pero el menos conocido de los Terrenos en el sur de México. Comprende un área aproximada de 70-100 km de amplitud y se extiende 600 km a lo largo de la costa del Pacífico.

Este Terreno consiste de rocas de un alto grado de metamorfismo (orto y paragneis migmatítico) y una secuencia de plutones, normalmente sin deformaciones. Su edad sigue siendo problemática: para los gneises migmatíticos se han determinado edades precámbricas para el protolito,

y Mesozoicas-Terciarias para la migmatización (Hermann y otros, 1994 en Bustos-Díaz, 2001). Al NE de Ayutla de los Libres se observa la superposición tectónica del Terreno Mixteco (Complejo Acatlán), a través de una zona milonitizada, donde éste cabalga sobre el Terreno Xolapa. El contacto con los demás terrenos es por medio de un límite tectónico complejo que presenta milonitas, migmatitas e intrusiones graníticas, orientado NW-SE, produciendo el dominio de ruptura e interrumpiendo abruptamente a las estructuras laramídicas.

2.1.1 Evolución Tectónica-Geológica

En estudios paleomagnéticos realizados en los terrenos Guerrero, Xolapa Y Mixteco (Bustos-Díaz, 2001), se encuentra que esta zona de la margen pacífica no ha experimentado grandes rotaciones o traslaciones latitudinales desde el Cretácico Medio y que las rotaciones estarían relacionadas a una cizalla lateral izquierda a lo largo de la margen continental.

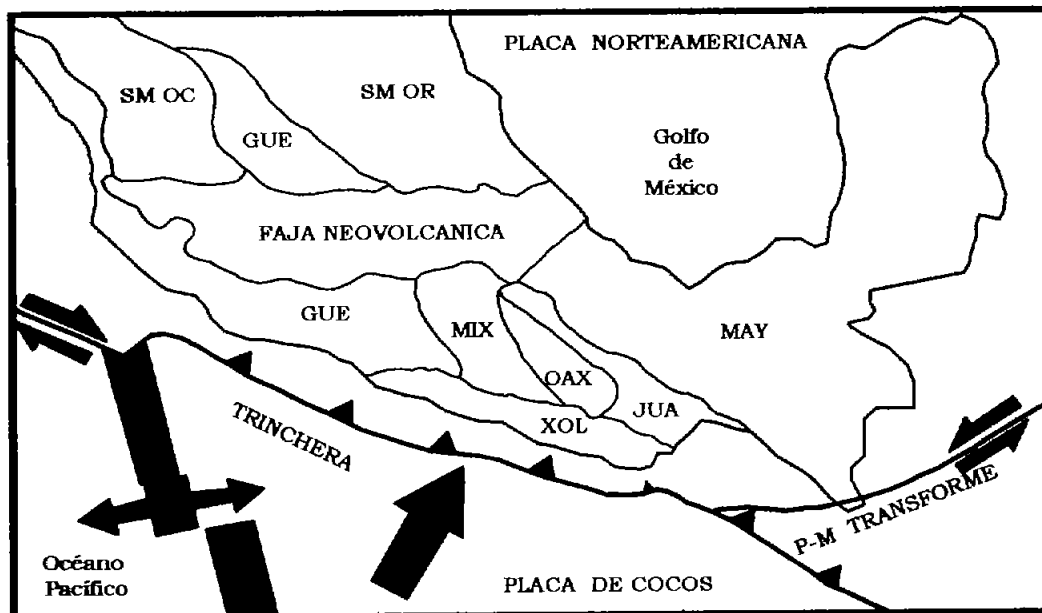


Fig. 2.2. Compuesto de los terrenos tectonoestratigráficos según Campa y Coney (1983) en el sur de México. Se indican las principales características tectónicas del área, así como el movimiento relativo entre las placas.

GUE: Guerrero MIX: Mixteco OAX: Oaxaqueño XOL: Xolapa JUA: Juárez MAY: Maya SMOC: Sierra Madre Occidental SMOR: Sierra Madre Oriental P-M: Polochic-Motagua

Para el Terreno Xolapa, los resultados paleomagnéticos en los granitos de Acapulco y El Ocotito indican una estabilidad regional desde el Terciario Temprano. Esto indica que las rocas anteriores al Jurásico

Tardío sufrieron un movimiento de traslación hasta su posición relativa actual con respecto a Norteamérica.

Sedlock et. al. (1993) propone una historia de dos etapas en relación al contacto de los Terrenos Mixteco y Xolapa. Durante la primera etapa, corrimiento hacia el norte del Terreno Xolapa sobre una falla con inclinación hacia el sur, causó metamorfismo, de facies anfibolítica y produjo una zona gruesa de rocas cataclásticas con inclinación hacia el sur. El corrimiento puede haber empezado en el Jurásico y Cretácico Temprano y puede haberse continuado hasta el Cretácico Tardío. Durante la segunda etapa, un levantamiento de transtensión oblicua sinistral produjo milonitas inclinadas hacia el norte con una geometría de fallas normales y una cantidad no determinada de desplazamiento lateral sinistral a lo largo del límite norte del Terreno Xolapa. La transtensión oblicua sinistral probablemente ocurrió durante el Paleógeno o, posiblemente, en el Cretácico Tardío. Empezó después de los 80 Ma, la edad más joven de metamorfismo de ortogneis y migmatita deformada, y pudo haber estado activa hasta aproximadamente 30 Ma, la edad más antigua de granitoides no deformados.

Schaaf et. al. (1995) enfatiza en relación con el Terreno Xolapa que durante el Cretácico Temprano al Eoceno Medio, la subducción a lo largo de la margen continental occidental de México se efectuó a lo largo de una fosa uniforme con orientación NNW-SSE. Así mismo la migración aparente del magmatismo entre Puerto Vallarta y Zihuatanejo se debe a cambios en inclinación y velocidad de subducción de la placa Farallón asociada al desprendimiento del bloque de Chortis. La eliminación del antearco en esta área es el resultado de diferentes procesos, de los cuales la erosión tectónica es probablemente la más importante.

También deduce que la posición más al norte del bloque de Chortis, antes del desarrollo de la trinchera de Cayman hace cerca de 40 ma, se situaba cerca de Zihuatanejo. El movimiento hacia el SE del bloque Chortis fue el responsable de la eliminación de fragmentos continentales, pero la erosión de subducción subsecuente también jugaba un papel importante en el truncamiento del margen continental a estas latitudes. Para el magmatismo oligocénico en el Terreno Xolapa, se tiene una tendencia clara de migración. Hay evidencia contundente de plutonismo dentro del cinturón batolítico de la costa, antes y después, de la pasada del bloque Chortis mar adentro.

Tolson y otros (1997) describe el contacto entre el Terreno Mixteco-Oaxaca y el Terreno Xolapa, en el estado de Oaxaca. Este contacto lo constituye una zona compleja de milonita, pseudotaquilitas y cataclastitas. También han sido reconocidas fallas activas. El movimiento

dominante a lo largo de la zona de cizalla es izquierdo con un componente normal subordinado. Las milonitas indican una edad de 29 y 24 Ma y muestran predominantemente lineación y el desarrollo de la foliación es escaso. La lineación de la zona milonítica es subhorizontal, orientada E-W y la foliación tiene el mismo rumbo con inclinaciones fuertes.

El Terreno Xolapa contiene rocas plutónicas y con menor frecuencia, rocas volcánicas de edades del Cretácico Tardío, Paleoceno, Eoceno y Oligoceno. La edad de los plutones cenozoicos del Terreno Xolapa varía aproximadamente de 45 Ma (Eoceno) en la zona occidental del terreno a 12 Ma (Mioceno) en la parte oriental. Estas edades pueden corresponder a la acreción del terreno con el continente, aprovechando los cuerpos intrusivos la zona de sutura para su emplazamiento (Salinas-Prieto, 1986; en Bustos-Dias, 2001) entre ellos se encuentra el Intrusivo Xaltianguis.

2.2 ESTRATIGRAFÍA

El registro estratigráfico del área de estudio está compuesto por tres grupos fundamentales, los cuales son: un basamento formado por rocas metamórficas (Complejo Xolapa), una secuencia sedimentaria del Cretácico Superior acumulada sobre las rocas metamórficas (Formación Morelos) y un cuerpo ígneo que intrusionó a los dos grupos anteriores (Intrusivo Xaltianguis). Sobre estas unidades se encuentra depositado material aluvial derivado de la fase erosiva de rocas pre-existentes, Fig. 2.3.

TABLA DE CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA

ERA	SIST.	SERIE	PISO	EDAD	TERRENO XOLAPA	
CENOZOICO	CUAT.	Holoceno		0.01	Aluvión	
		Pleistoceno		1.8		
	TERCIARIO	Plioceno		5.3		
		Mioceno		23.7		
		Oligoceno		36.5	Cuerpos Intrusivos	
		Eoceno		57.8		
		Paleoceno		66.4		
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	Maestrichtiano	74.5		
			Senoniano			
			Campaniano			
				Santoniano	87.5	
				Coniacioano		
				Turoniano	91.0	
				Cenomaniano	97.5	
	INFERIOR	Albiano	113.0			
		Neocomiano				
		Aptiano				
		Barremiano				
		Hauteriviense				
		Valanginiense				
		Berriasiense	144.0			
	JURASICO	SUPERIOR	Turoniano			
			Kimmeridgiense			
			Oxfordiano	163.0		
MEDIO		Caloviano				
		Batoniano				
		Bajociano				
Aaleniano		187.0				
INFERIOR	Liasico					
	Toarciano					
	Pliensbachiense					
	Sinemuriense					
Helangiense	208.0					
TRIA.	SUPERIOR					
	MEDIO					
	INFERIOR		245.0			
PALEOZOICO	SUPERIOR	Permico				
		Carbonifero				
	MEDIO	Devonico				
		Silurico				
	INFERIOR	Ordovisico				
		Cambrico	570.0			

Fig. 2.3. Tabla de correlación estratigráfica del Sur de México, Modificada de COREMI 1999. Las zonas verticales, indican un periodo de no depósito.

Complejo Xolapa

El Complejo Xolapa es el más grande de los complejos metamórficos de México. Aflora a lo largo y paralelo a la costa del Pacífico y por aproximadamente 600 km, en dirección casi E-W, con amplitudes que van de 70 km a 100 km y consiste en una secuencia potente de rocas metasedimentarias y metaígneas con metamorfismo de intensidad variada.

De Cserna (1956, 1965) describe el complejo como una secuencia potente de rocas metasedimentarias, de intensidad de metamorfismo variado. La mayor parte de estas rocas son de origen clástico y solo un intervalo de espesor reducido es de origen químico. Los tipos de roca que componen este complejo varían de esquisto de biotita a gneis de biotita. Localmente la secuencia de esquistos y gneises tienen unos horizontes de cuarcita y mármol cipolino y todos están atravesados por una multitud de pegmatitas. Las pegmatitas son simples y consisten en microclina, pertita, oligoclasa, cuarzo y moscovita. Aparte de las pegmatitas hay un gran número de diques de diabasa, cuyo emplazamiento ha sido facilitado por pequeñas fallas o bien, por unos cuantos diques de granito de biotita, de grano mediano.

Las rocas están afectadas por un grado de metamorfismo regional de facies de anfibolita de epidota (esquistos verdes) en la zona de la localidad tipo, que se incrementa en la dirección hacia la costa del Pacífico, a facies de anfibolita de medio a alto grado (wollastonita, cummingtonita, cordierita, sillimanita, biotita y andalucita) hasta la formación de ortogneises y paragneises migmáticos (Ortega-Gutiérrez, 1981).

Se pueden considerar como parte del Complejo Xolapa todos los cuerpos metamórficos que se extienden a lo largo de la margen continental pacífica, desde Acapulco hasta la zona del Istmo de Tehuantepec (Guerrero García, 1975; Ortega-Gutiérrez, 1981; Campa y Coney, 1983), aunque la litología de dichos cuerpos en muchos casos no coincide con la descripción original de la localidad tipo; sin embargo, se pueden explicar como un mismo origen, ya que se considera al complejo como la parte inferior de un paleoarco.

Formación Chapolapa

Esta formación aflora en forma muy irregular y consiste en dos unidades:

1. La parte inferior está compuesta principalmente por material volcanoclástico, metatobas y metalavas de composición felsica a intermedia, metaconglomerados con fragmentos de arenisca y productos volcánicos félsicos en una matriz arenoso-calcareo, eventualmente interdigitados con filitas y metaconglomerados de fragmentos de cuarzo lechoso que muestran desarrollo de clorita y, algunas veces, epidota en cantidades considerables y una foliación incipiente. La clorita y epidota le dan un aspecto verdoso a estas rocas.
2. La parte superior, de aspecto morado, consiste en pizarras, cuarcitas, areniscas, grauvacas y conglomerados, compuestos por guijarros de cuarzo lechoso en una matriz arenosa, muy dura, que también muestran foliación incipiente.

Todos los contactos de la Formación Chapolapa parecen ser tectónicos. Sobreyacen tanto a rocas del Complejo Xolapa, como del complejo Acatlán y subyace a la formación Morelos y rocas más recientes del Cretácico-Terciario. Tiene hasta 1,000 m de espesor, pertenece a la facies de esquisto verde y su edad se considera del Triásico tardío a Jurásico temprano (De Cserna, 1965).

Formación Morelos

La Formación Morelos es la de mayor extensión en la región, con un predominio en el Centro y Norte, y en menor grado, en la región de Tierra Caliente.

Esta Formación está constituida por una potente sucesión de calizas y dolomitas interestratificadas, con cantidades variables de pedernal en forma de nódulos, lentes y granos, y con fragmentos de fósiles silicificados. La textura de la caliza varía de calcilutita a calcirrudita, pero el tipo textural más común es el de calcarenita. Los estratos varían de 20 cm a más de 1 m. El color cambia marcadamente de una capa a otra, de tono gris claro a negro. Las capas oscuras contienen material bituminoso en cantidad variable. Las capas dolomitizadas presentan colores grisáceos con tintes parduscos por meteorización, formando contactos bien definidos en los planos de estratificación.

El espesor varía considerablemente; cerca de Iguala se le estima en 400 m, mientras que más al norte alcanza los 1,130 m. Su contacto inferior con el Esquisto Taxco, el Complejo Acatlán y otras formaciones más antiguas es tectónico; con la formación Zicapa es transicional y el contacto superior, con la formación Cuautla, es discordante (De Cserna,

1965). La Formación Morelos varía ampliamente en edad de una parte a otra. En términos generales, en el occidente tiene edades del límite Aptiano-Albiano al Albiano medio, en cambio, hacia el oriente alcanza el Cenomaniano tardío y hasta el Turoniano temprano en los alrededores de Chilapa.

Cuerpos Intrusivos

A lo largo de la costa Pacífica se extiende un cinturón de rocas cristalinas casi continuo de Puerto Vallarta, Jal. hasta Puerto Angel, Oax., sobre una distancia de 1,100 km. Fechamientos de biotitas del Complejo Xolapa y de los intrusivos vecinos de Xaltianguis y El Ocotito, arrojan una edad 38-33 Ma (Tabla 1.2, Cap.1).

De Cserna (1965) en su estudio de la zona entre Chilpancingo y Acapulco, hace las siguientes observaciones acerca de los troncos de Ocotito, Xaltianguis y Acapulco: "Parece que existe una transición, de norte hacia el sur, en el aumento del contenido de Sílice y en la disminución de calcio de los tres intrusivos. Megascópicamente el intrusivo Ocotito es una monzonita cuarcífera, el de Xaltianguis ya es algo menos y el intrusivo de Acapulco sí tiene parecido a un granito. Existe también una gradación del sur hacia el norte en cuanto a la edad de estos troncos. El de Acapulco es el más antiguo, el de Xaltianguis es intermedio y el intrusivo Ocotito es el más reciente".

Morán-Zenteno (1993) concluye que los plutones no deformados de la región de Acapulco forman una masa batolítica. Sin embargo, el comportamiento de las relaciones isotópicas de Sr y Nd pone de manifiesto incompatibilidades que sólo pueden ser factiblemente explicadas en términos de plutones individuales, derivados del manto empobrecido que formaron, entre 50 y 30 Ma una masa batolítica compuesta. Estos magmas presentan diferentes grados de evolución magmática, pero muestran indicios de haberse derivado de una fuente istópicamente homogénea.

2.3 GEOLOGÍA LOCAL

En la zona de estudio se pueden reconocer 5 unidades fundamentales las cuales se describieron en campo y en laboratorio y se definieron de la siguiente manera.

Flecky-Gneis: Este término se emplea para una secuencia de migmatitas donde el leucosoma presenta fenoblastos poikiliticos de hornblenda. Las estructuras presentan estructura masiva, textura lepidoblástica, color pardo claro a la intemperie y blanco con horizontes oscuros paralelos a la foliación. Su mineralogía esta compuesta por cuarzo, feldespatos y bandas de anfíboles (hornblenda), Foto 2.1.



Foto 2.1 Tomada a una estructura en el recorrido Rancho Las Abubillas – Estación de Microondas, cerca de la carretera que conduce al poblado Piedra Imán. Se puede observar la textura Gnéisica, compuesta principalmente por feldespato potásico, cristales de hornblenda y biotita tal y como esta indicado en la fotografía.

Granito: Estos afloramientos abarcan la mayor parte de la zona de estudio, aproximadamente 5 Km. cuadrados de los 9 comprendidos y pertenece a la porción SW del Intrusivo Xaltianguis. Es un cuerpo con estructura masiva compacta y textura fanerítica, de color gris claro al fresco y blanco con motas oscuras a la intemperie, esta coloración corresponde al contenido de cuarzo y feldespatos (70 %) y el color grisáceo y oscuro se origina por los minerales de alteración, biotita, hornblenda (30 %). Presentan la exfoliación clásica de los cuerpos graníticos fracturándose superficialmente en capas concéntricas (tipo cebolla) causados por el intemperismo y la erosión, desde la superficie hasta una profundidad de 2 m aproximadamente y después de estos 2 m el granito se encuentra compacto sin alteración y de buena calidad. El cerro "Piedra Prieta" es un claro ejemplo de este tipo de granitos. Foto 2.2 y 2.3.



Foto 2.2.- Afloramiento de granito en Bolas, ocasionado por el intemperismo y la erosión

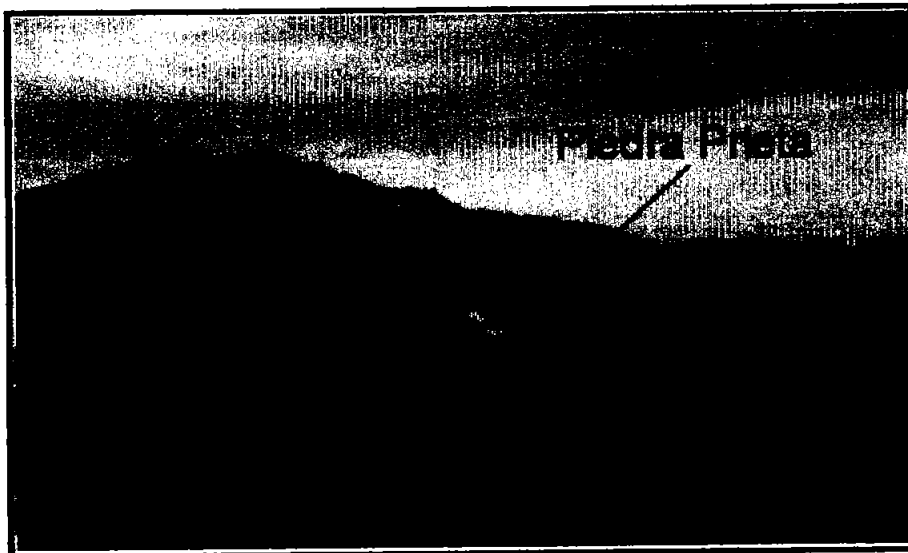


Foto 2.3. Fotografía en la cual se puede apreciar el Cerro Piedra Prieta, el cual es una estructura granítica masiva que presenta el intemperismo típico de los granitos (en bolas).

Pegmatitas: El Granito Xaltianguis y las rocas con las que se encuentra en contacto, se encuentran atravesados por pegmatitas, con su textura típica, Foto 2.4. Dentro de su mineralogía se encuentra cuarzo, feldespatos y micas. Las pegmatitas presentan dimensiones que varían de 5 a 10 cm, pero se observaron afloramientos en los cuales llegan a tener espesores de 1 m.



Foto 2.4.- Pegmatita de cuarzo y feldespato alcalino, en Flecky-Gneis. Sus dimensiones varían de los 5 a los 10 cm. de espesor por 8 m de largo.

Cuerpo de Fe. Este cuerpo se encuentra localizado en el Cerro que da nombre a la localidad de Piedra Imán, Foto 2.5. Los minerales de hierro que aparecen están formados principalmente por hematina y en menor cantidad por magnetita. El mineral generalmente se presenta en forma masiva y en otras aparece como un material pulverulento.

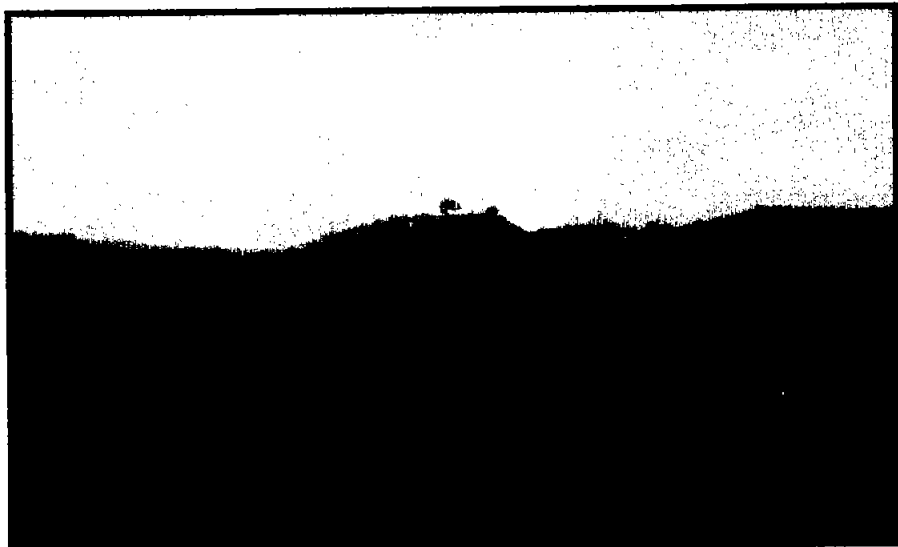


Foto 2.5.- Fotografía del cuerpo de magnetita y hematita. Localizado en la parte más alta del cerro Piedra Imán. Se puede apreciar el color ocre característico producto de la alteración de los minerales de hierro.

El cuerpo de Fe esta formado por una corona típica de los yacimientos de segregación magmática, Foto 2.6, emplazado en un cuerpo granitoide pobre en cuarzo y muy alterado a minerales arcillosos debido a la acción de los fluidos hidrotermales. La mena rezagada esta alterada a óxidos de Fe y esta fue utilizada en décadas pasadas para la elaboración de puzolana, un componente del cemento.

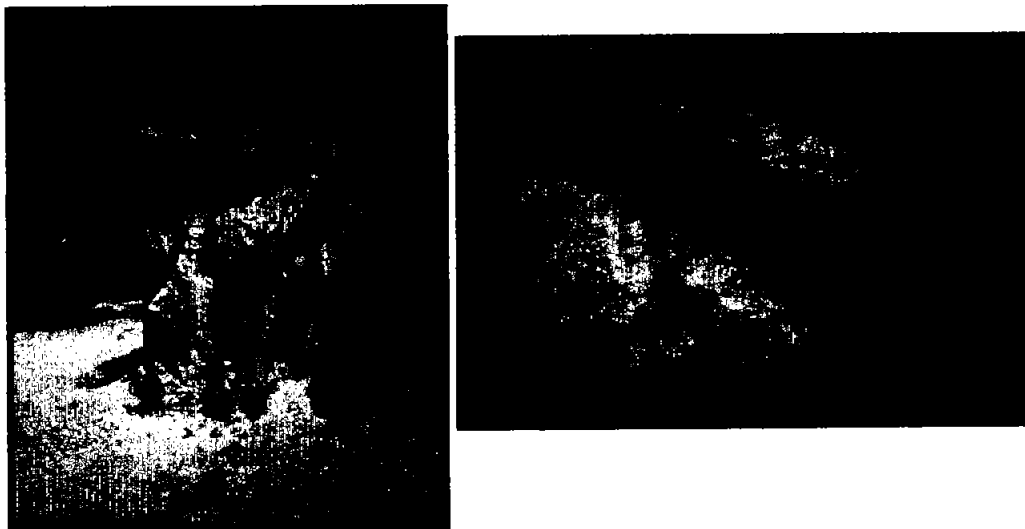


Foto 2.6. Cuerpo de Fe, en el cual se puede observar el mineral de mena constituido principalmente por magnetita y hematita y la zona de alteración hidrotermal.

Depósitos Detríticos Aluviales: Esta unidad esta comprendida por el depósito de material detrítico que se acumuló a lo largo del tiempo geológico, que es producto del intemperismo de las rocas presentes en el área. Estos depósitos han formado una capa superficial de suelo en donde se ha desarrollado la vegetación local y las zonas en donde ocurrió un mayor depósito son utilizadas actualmente como terrenos de sembradío, Foto 2.7.

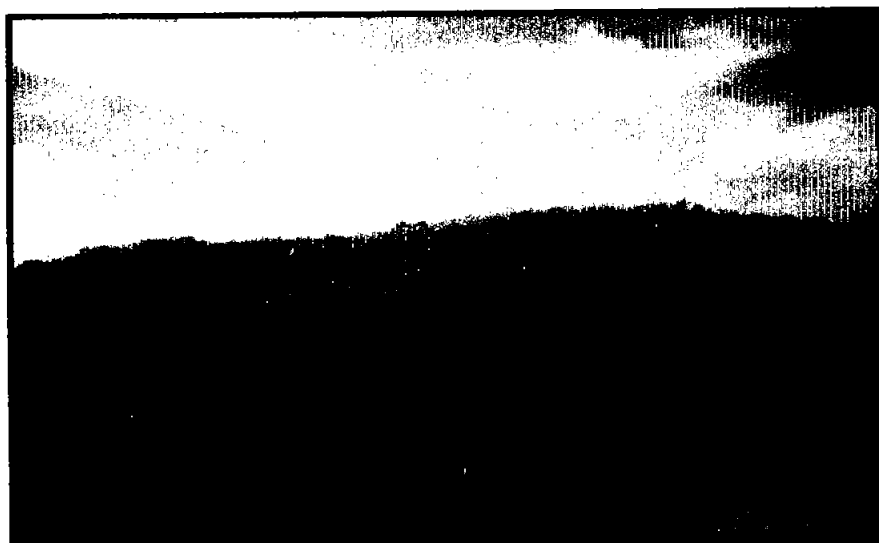


Foto 2.7.- Depósitos aluviales en los cuales se desarrolla la agricultura.

2.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El término fractura, viene del latín fractus que quiere decir rotura. En geología llamamos fractura a una discontinuidad planar o curvilinear que se forma como resultado de un proceso de deformación frágil en la corteza terrestre.

Los procesos geológicos que interactúan para producir las fracturas son: procesos orogénicos, procesos epirogénicos y contracción causada por enfriamiento o desecación.

Existen fracturas que se forman por el intemperismo. Estas se encuentran muy cercanas a la superficie, tal es el caso de la zona de estudio.

El origen de un sistema de fracturas es postulado de los datos de echados de fracturas, morfología, rumbo, abundancia relativa y relación angular entre los grupos de fracturas. Es importante tratar de conocer el patrón de fracturas en el subsuelo a partir de sistemas estudiados en la superficie, con lo que se establece una predicción hacia abajo del nivel de intemperismo.

Una característica de las fracturas es el hecho de que no aparecen en forma aislada, sino que siempre se encuentran en grupos que pueden ser sistemáticos o no. Las fracturas sistemáticas son aquellos grupos de fracturas que son paralelas o subparalelas unas a otras y mantienen un espaciado aproximadamente regular entre ellas. Por otro lado las fracturas no sistemáticas son menos planares que las sistemáticas, tienen una distribución espacial irregular, no son paralelas a otras fracturas vecinas y pueden terminar contra otras fracturas que las rodean.

Desde el punto de vista de las relaciones que tienen las fracturas con sus vecinas se pueden diferenciar, además, familias de fracturas.

Las familias de fracturas son un grupo formado por todas las fracturas sistemáticas que aparecen en una región. Cuando existen dos o más que se interceptan formando ángulos más o menos constantes se denominan sistemas de fracturas.

Para este trabajo se realizó el análisis de fracturamiento de la roca granítica. En estas rocas abundan las fracturas no sistemáticas, Foto

2.8, aunque se suelen encontrar familias de fracturas que son aproximadamente paralelas a la topografía y se denominan fracturas de exfoliación o sheeting joints.

Dentro de la zona de estudio se tomaron datos estructurales en los cuerpos graníticos durante los caminamientos. También se tomaron datos estructurales en los alrededores y sobre la cantera de granito para conocer el comportamiento del sistema de fracturas dentro de la misma.



Foto 2.8.- En esta fotografía se pueden observar las fracturas tipo que afectan a los cuerpos graníticos en la zona de estudio.

Con el fin de conocer las direcciones preferenciales de fracturamiento del cuerpo granítico, los datos estructurales fueron procesados en el software STERONET el cual arrojó los siguientes resultados:

Para la cantera de granito con un radio aproximado de 50 m, la distribución preferencial de los polos indica que se tienen dos planos preferenciales cuyas direcciones son 88° y 330° y sus inclinaciones respectivas son 86.6° y 66.1° , figura 2.4a. La tendencia preferencial de fracturamiento tiene dos direcciones principales 321.7° y 127.2° , figura 2.4b.

El análisis de fracturamiento de los cuerpos graníticos determina que la distribución de los planos de fractura en dichos afloramientos fue de 267° con 87.9° de inclinación figura 2.4c. La tendencia preferencial de fracturamiento tiene cinco direcciones principales 324.5° , 305.2° , 185.3° , 155.2° y 134.8° , figura 2.4d.

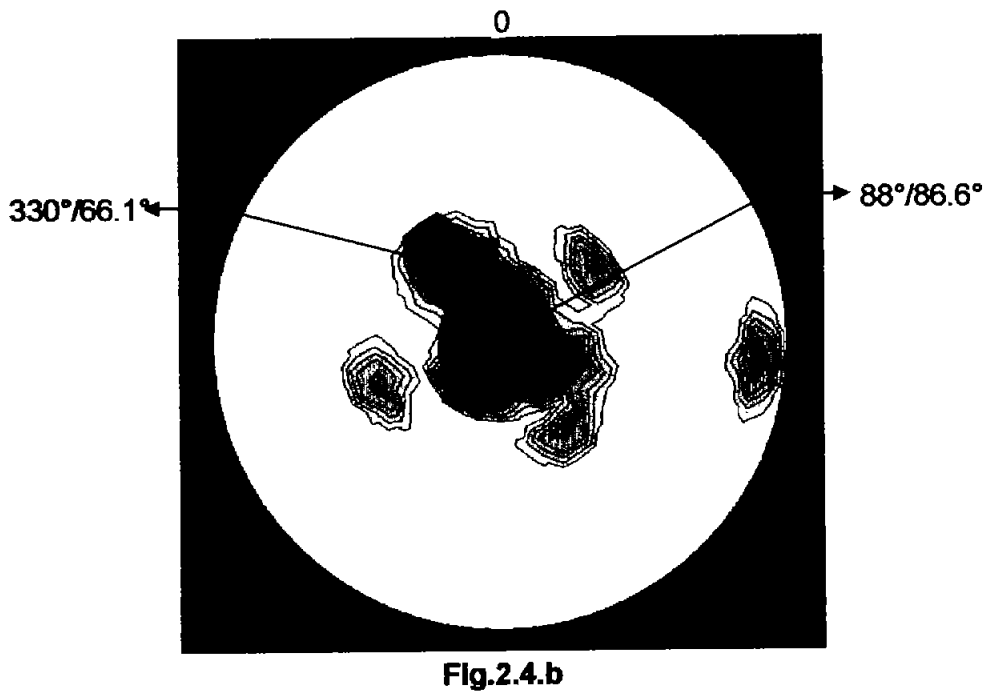
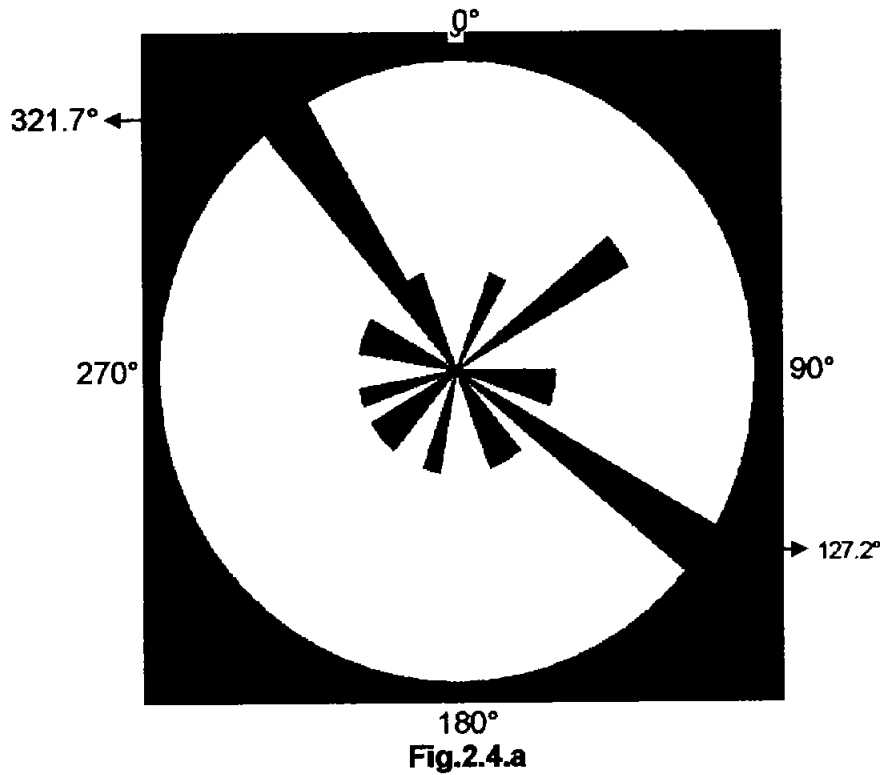


Fig. 2.4 (a y b) Representación grafica de los datos estructurales de los afloramientos de granito, los diagramas a) representan una roseta mostrando las direcciones preferenciales de fracturamiento para la cantera. b) representa una red estereográfica en la que se incluyen los polos de los planos de fracturas para la cantera.

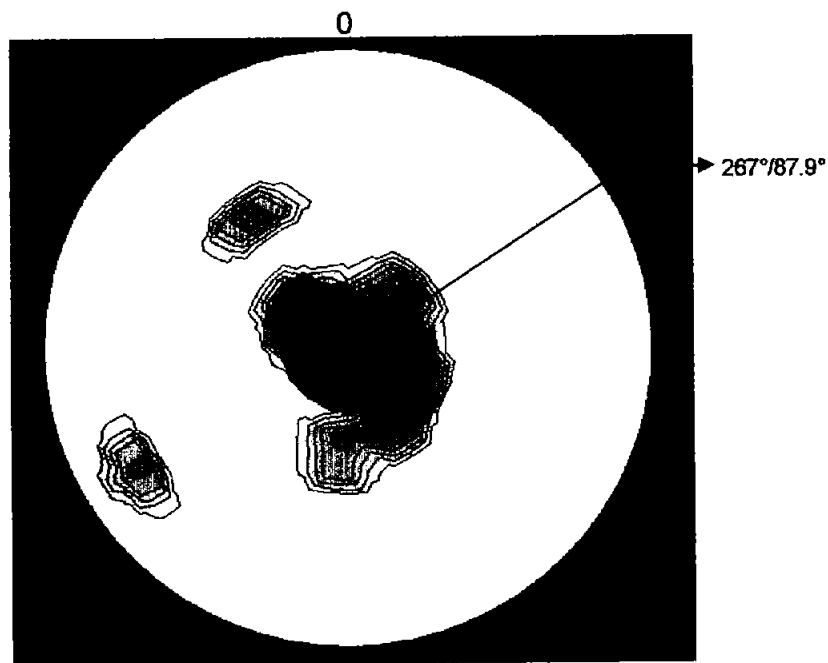
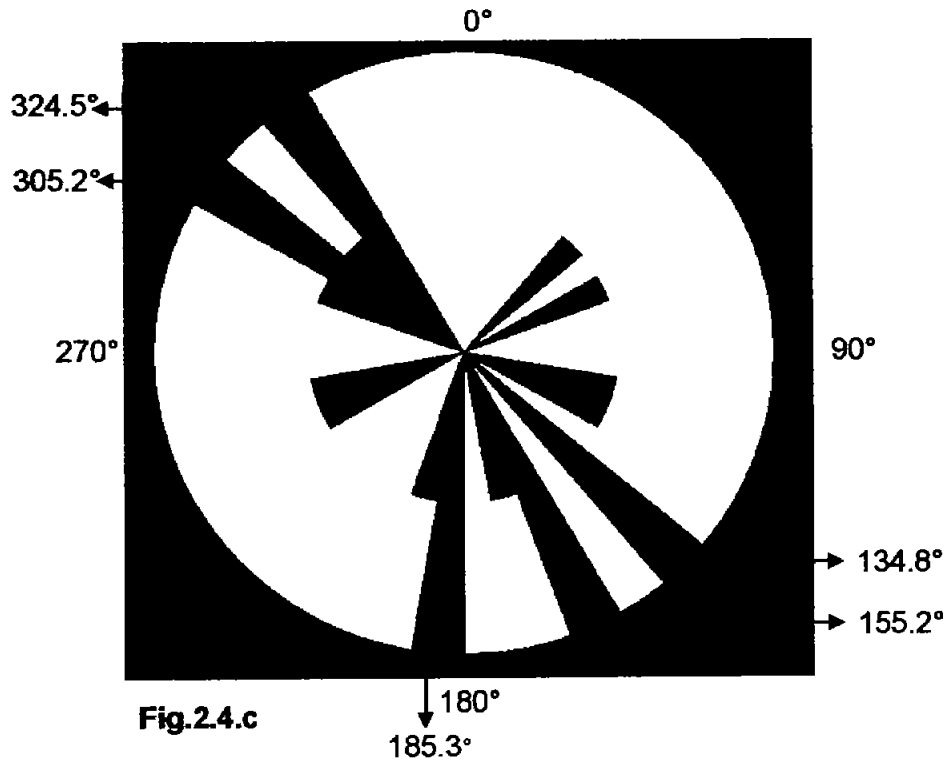


Fig. 2.4 (c y d) Representación grafica de los datos estructurales de los afloramientos de granito, los diagramas c) representa una roseta mostrando las direcciones de fracturamiento para los diferentes afloramientos respectivamente. d) representa una red estereográfica en la que se incluyen los polos de los planos de fracturas para la cantera.

CAPITULO 3

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

El levantamiento geológico incluye todos los trabajos de gabinete, de campo y de laboratorio que fueron necesarios para definir las características de las diferentes unidades de roca en el área de estudio, con la finalidad de integrar un modelo geológico.

3.1 TRABAJO DE GABINETE

3.1.1 Recopilación Bibliográfica y Fotogeología

Durante esta primera etapa del proyecto, se recopilaron trabajos de investigación bibliográfica acerca del Complejo Xolapa ya que como se menciona en el Capítulo 1 la zona de estudio se encuentra dentro de dicho complejo. Esta información fue consultada en centros de información como la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra, UNAM, archivos de profesores de la Facultad de Ingeniería UNAM y El CEDOREM del Consejo de Recursos Minerales

En primer termino se realizó una síntesis geológica del Complejo Xolapa la cual incluyó el estudio de la Geología General, Estratigrafía, Geología Histórica y Geología Estructural de dicho complejo para tener una amplia visión del proyecto al cual estamos enfocados.

El siguiente paso fue trabajar con la carta topográfica Xaltianguis escala 1:50,000 la cual esta clasificada por el INEGI como E14-C47. Con esta carta se realizó la delimitación de la zona de estudio, que comprende 9 kilómetros cuadrados, la cual se encuentra comprendida entre los paralelos 17° 04' - 17° 06' de Latitud Norte y 99° 46' - 99° 48' de longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich.

De igual forma se trabajó con las fotografías aéreas que comprenden la zona de estudio ya delimitada, para obtener un plano fotogeológico base.

Para realizar este trabajo se requirió de un estereoscopio de espejos propiedad de la Facultad de Ingeniería. Se verificó que dicho estereoscopio tuviese los aumentos suficientes para observar detalladamente las fotografías aéreas, además de una adecuada fuente de iluminación.

Las fotografías aéreas utilizadas fueron en blanco y negro, escala 1:75,000, con el fin de identificar la influencia que las estructuras geológicas mayores pueden tener sobre las de menor tamaño.

La fotointerpretación ayudó a definir los rasgos de la superficie terrestre, así como la geología del área de estudio, principalmente las estructuras presentes y la relación entre ellas, a través de la observación de:

- El sistema de drenaje superficial, que nos ayuda a definir la litología del área de estudio.
- Los contactos de las diferentes unidades de roca.
- Las estructuras geológicas.
- Las zonas de vegetación alta y algunos rasgos de alteración que sirvieron para el estudio geológico.
- Los puntos de verificación que más convenía inspeccionar durante el trabajo de campo, con el propósito de corroborar las inferencias que se desprendieron de la fotogeología.

- Los rasgos físicos tales como caminos, brechas, veredas y poblados.

Con el trabajo fotogeológico y la ayuda de la carta topográfica Xaltianguis E14-C47, se elaboró el plano fotogeológico que muestra en general todas los rasgos mencionados anteriormente y el cual sirvió de mucha ayuda para el trabajo de campo.

Es importante mencionar las dificultades que se presentaron durante la interpretación fotogeológica, ya que en dichas fotografías aéreas es muy difícil observar los cambios de litología y la continuidad de las estructuras, debido a la abundante vegetación que predomina en la zona.

3.2 TRABAJO DE CAMPO

Con apoyo de la carta topográfica Xaltianguis E14-C47, así como los datos e inferencias que se desprendieron de la fotogeología, se planearon 7 recorridos para inspeccionar el área de estudio con el detalle que se requiere y realizando las siguientes actividades:

- Se inspeccionaron todos los puntos de verificación que se propusieron con ayuda de las fotografías aéreas, para corroborar y corregir las observaciones e inferencias de la fotointerpretación (Mapa 1).
- Se identificaron las diferentes unidades de roca, definiendo sus características petrológicas y texturales, las relaciones espaciales del cuerpo rocoso en el afloramiento, así como la extracción de muestras de roca para su posterior análisis en laboratorio.
- Se identificaron los límites horizontales y verticales de las diferentes unidades de roca y la relación entre ellas, con el objeto de inferir la estratigrafía del sitio.

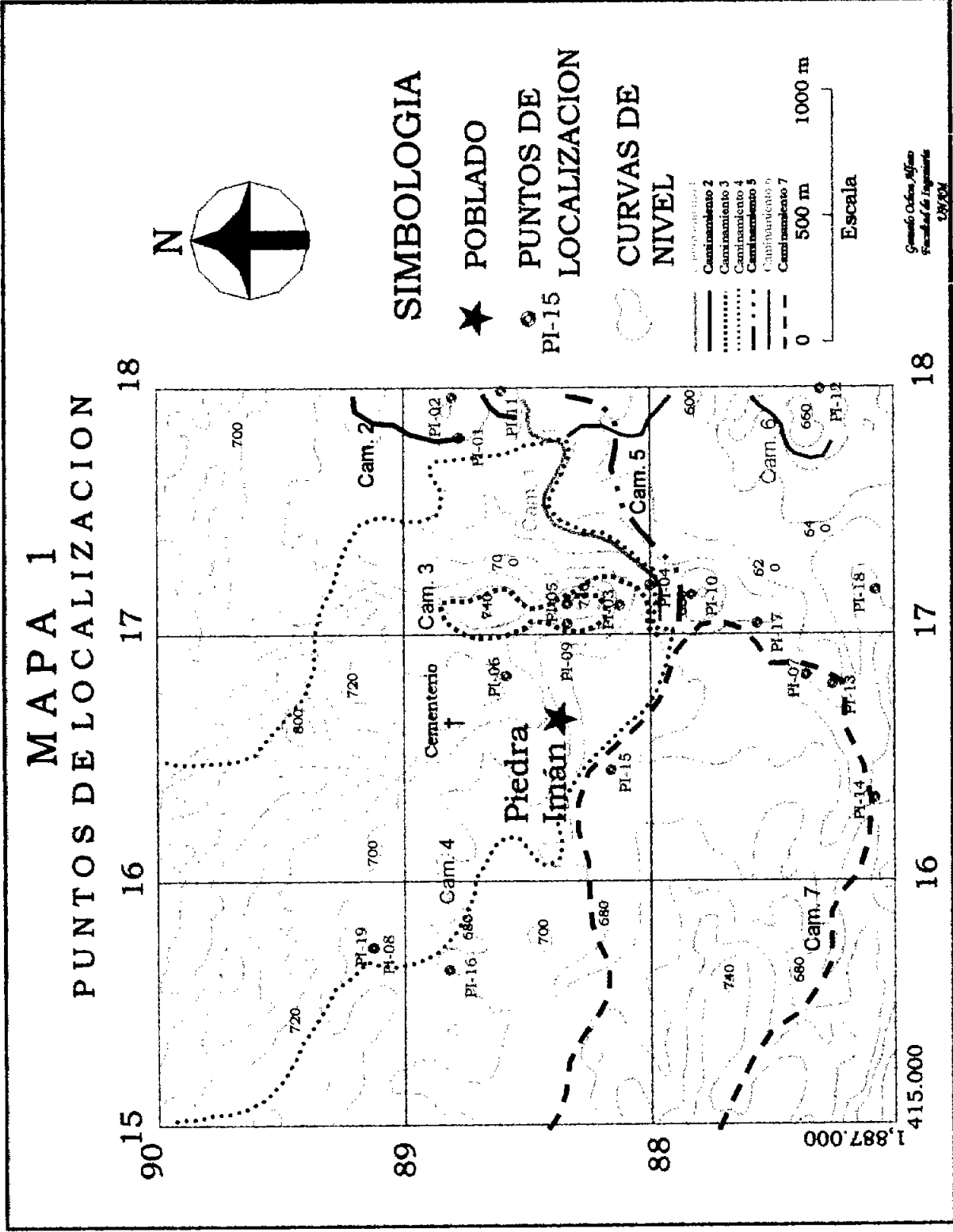
El trabajo de campo consistió en dos salidas al campo con una duración total de 15 días. Durante la primera salida se realizó el muestreo sistemático del área de estudio.

La Tabla No. 3 contiene los puntos de muestreo que fueron tomados para la elaboración del **Mapa 1 de Puntos de Localización**, las coordenadas UTM de los puntos y la clasificación de dicha muestra.

PUNTOS DE MUESTREO		
Numero de Muestra	Coordenadas	Clasificación
PI-01	14Q 0417801 UTM 1888773	Flecky- Gneis
PI-02	14Q 0417964 UTM 1888800	Granito
PI-03	14Q 0417116 UTM 1888179	Magnetita
PI-04	14Q 0417197 UTM 1887997	Flecky- Gneis
PI-05	14Q 0417121 UTM 1888333	Granito
PI-06	14Q 0416831 UTM 1888581	Granito
PI-07	14Q 0415722 UTM 1887360	Flecky- Gneis
PI-08	14Q 0415722 UTM 1889123	Granito
PI-09	14Q 0417041 UTM 1888333	Granito
PI-10	14Q 0417158 UTM 1887825	Flecky- Gneis
PI-11	14Q 0418007 UTM 1888600	Flecky- Gneis
PI-12	14Q 0418013 UTM 1887301	Flecky- Gneis
PI-13	14Q 0416794 UTM 1887253	Flecky- Gneis
PI-14	14Q 0416328 UTM 1887082	Flecky- Gneis
PI-15	14Q 0416445 UTM 1888773	Granito
PI-16	14Q 0417801 UTM 1888773	Granito
PI-17	14Q 0417801 UTM 1888773	Flecky- Gneis
PI-18	14Q 0417801 UTM 1888773	Flecky- Gneis
PI-19	14Q 0417801 UTM 1888773	Granito

Tabla 3. 1 Tabla que contiene los puntos de muestreo, el número de la muestra, sus coordenadas UTM y la clasificación litológica propuesta.

A continuación se presenta el **Mapa 1 de puntos de localización y caminamientos**, para el cual se utilizó la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) como sistema de proyección y como elipsoide de referencia, el sistema ITRF-92. Este mapa cubre un área de 9 km². Se tomó como base una porción de la carta topográfica Xaltianguis E14-C47 editada por el INEGI.



Geometría: Oblicua, Métrica
 Escala: 1:50,000

En la segunda salida se obtuvieron los datos estructurales del granito Xaltianguis correspondientes a la comunidad de Piedra Imán, así como una estimación de las dimensiones de este plutón.

3.3 TRABAJO DE LABORATORIO

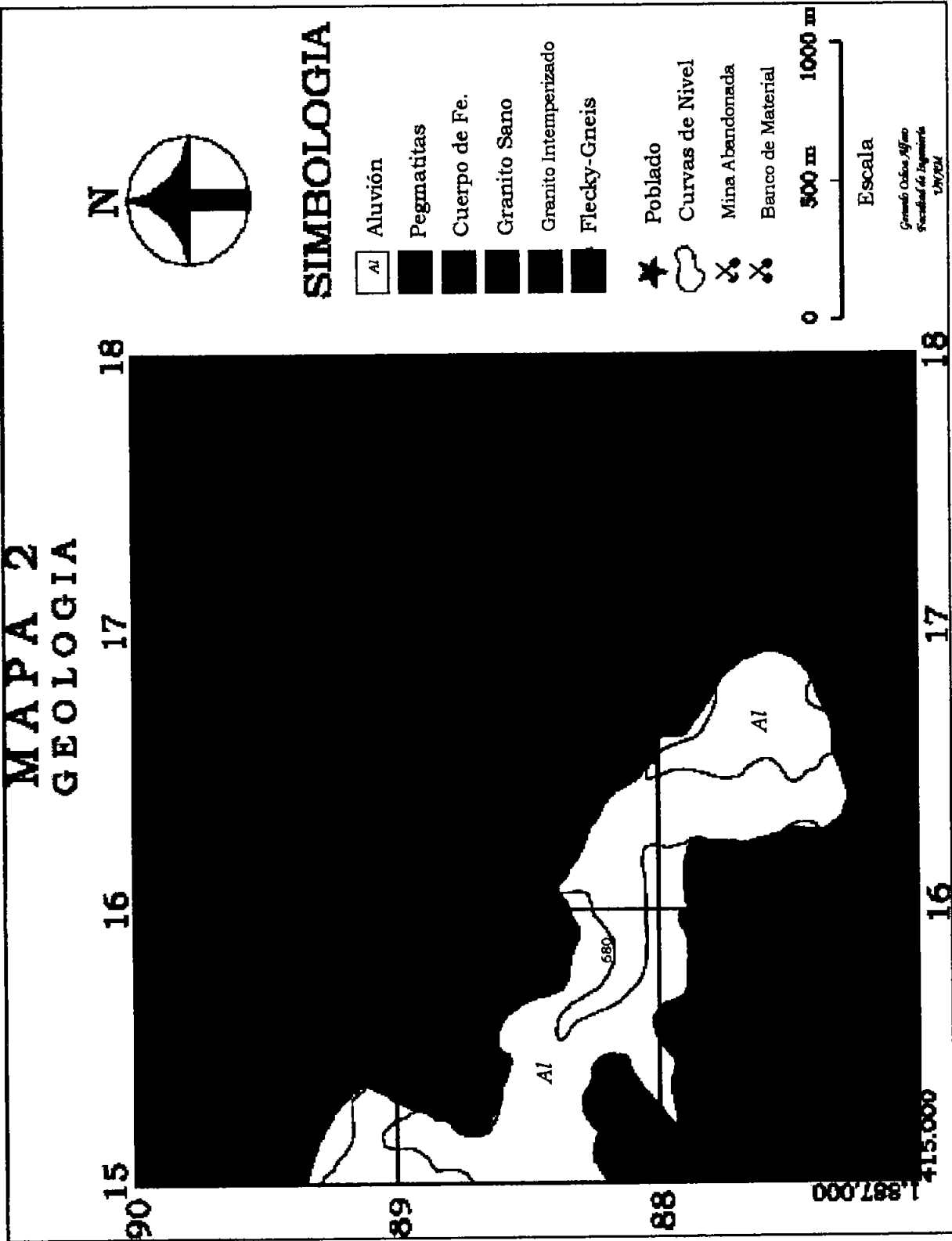
En este trabajo se realizó el estudio petrográfico, el cual consistió en dos análisis principalmente: El primero fue un estudio petrográfico convencional megascópico y el segundo fue un estudio petrográfico a nivel microscópico como se mencionó en el Capítulo 1.

Esta fase incluyó el análisis y la interpretación de 19 láminas delgadas (Tabla 3.1) las cuales están numeradas como PI-01 a la PI-19. Las láminas se prepararon en el Taller de Preparación de Muestra, con el apoyo del Departamento de Geología de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

Posteriormente se compararon las características litológicas y texturales obtenidas en campo con las petrográficas obtenidas en el laboratorio.

A continuación se presenta el **Mapa 2 de geología**, para el cual se utilizó la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) como sistema de proyección y como elipsoide de referencia, el sistema ITRF-92. Este mapa cubre un área de 9 km². Se tomó como base el Mapa 1 de puntos de localización.

MAPA 2 GEOLOGIA



3.4 SECCIÓN ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está comprendida por 5 unidades fundamentales las cuales se describieron en el capítulo 2 y se muestran en la sección estructural, Fig. 3.1.

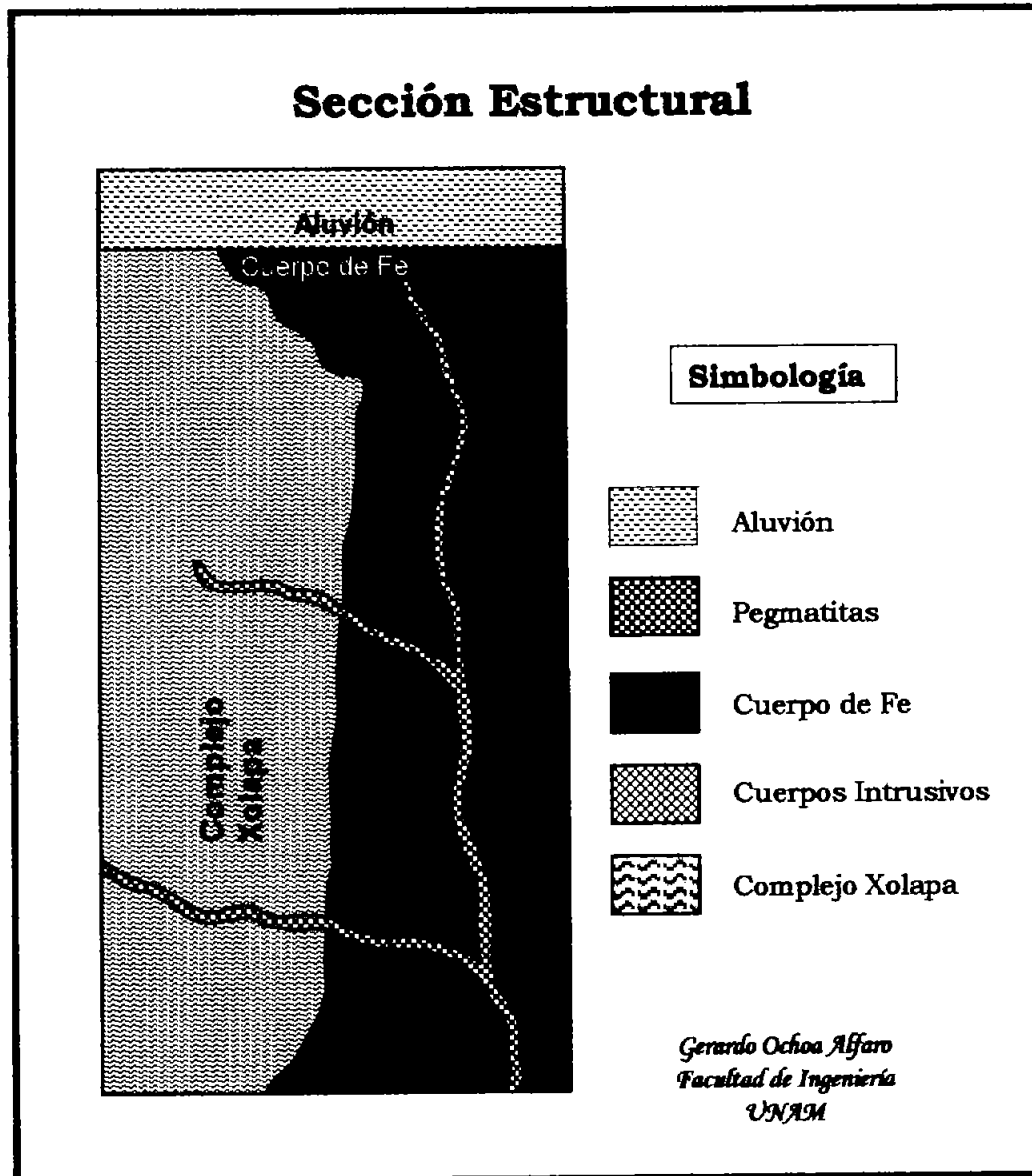


Fig. 3.1. Sección estructural propuesta para el área de estudio, referenciada a De Cserna (1965) y Morán-Zenteno (1992)

3.6 CAMINAMIENTOS

El desarrollo del mapa geológico fue sustentado con base en los caminamientos que a continuación se resumen y con la interpretación de fotografías aéreas; los puntos de muestreo tienen la clave PI-01 a PI-19 y representan también lugares de verificación e interés para el presente trabajo. Los caminamientos se encuentran indicados en el Mapa 1.

Los caminamientos fueron los siguientes (Mapa 1):

- **1.- Piedra Imán – Rancho Las Abubillas**
- **2.- Rancho Las Abubillas - Cerro “Pelón”**
- **3.- Piedra Imán – Cerro “Piedra Imán” (Cuerpo de Fe)**
- **4.- Piedra Imán – Cantero de Granito – Cerro “Piedra Prieta”**
- **5.- Rancho Las Abubillas – El 45 (Km. 45)**
- **6.- Rancho Las Abubillas – Estación de Microondas**
- **7.- Piedra Imán – Región E y SE de Piedra Imán**

1.- Piedra Imán – Rancho Las Abubillas

Este trayecto abarca 1 Km. al NE de Piedra Imán, siguiendo por un camino de terracería, siendo los primeros 600 m. aluvión y materiales detríticos; en el trayecto restante se observaron algunos afloramientos aislados de flecky-gneis compuestos por bloques de regular tamaño muy intemperizados con pequeños cristales de biotita dispuestos en bandas pequeñas.

2.- Rancho Las Abubillas - Cerro “Pelón”

En este trayecto de 2.5 Km. al E de la mina “El Milagro” se encontraron varios afloramientos aislados de flecky-gneis altamente intemperizados observándose una tendencia gradual en la disminución del tamaño de los cristales, siguiendo una incipiente brecha se llega a la cima de cerro “Pelón” en donde se puede apreciar con claridad los depósitos de aluvión cubiertos por una espesa capa de vegetación; al descender se hallaron pequeños bloques de flecky-gneis y un afloramiento de granito sin encontrar el contacto entre estas dos unidades, probablemente cubierto por aluvión y vegetación; el cuerpo granítico muestra una estructura masiva y en bloques con la típica forma de bola debido a la exfoliación producto del intemperismo con una mineralogía de cuarzo biotita y feldespato potásico; siguiendo la brecha continuó la misma litología granítica atravesada en ocasiones por

cuerpos pegmatíticos tabulares con espesores que varían de 1 a 10 cm. posicionando con GPS los más representativos.

3.- Piedra Imán - Cerro "Piedra Imán" (Cuerpo de Fe)

Este trayecto abarca aproximadamente 800 m. desde Piedra Imán hasta el cerro con el mismo nombre, en el cual se sube una pronunciada pendiente, siguiendo un camino de terracería utilizada antiguamente por los camiones que trasportaban el mineral extraído del depósito; durante el ascenso se observa un cambio gradual en la coloración del suelo de pardo a rojizo, aunado a una alteración gradual del granito a minerales arcillosos del grupo de la ilita, de gris a amarillo ocre antes de llegar a un color rojo intenso; el cuerpo se encuentra totalmente agotado y sólo es posible observar algunas vetas con mineral de mena, la cual consistió en magnetita y hematita; el contacto franco entre el cuerpo de Fe y el cuerpo granítico se encuentra cubierto por los detritos de las laderas del cerro y por la vegetación que cubre las mismas; bajando el cerro se encuentran varios cuerpos de pegmatitas de cuarzo y feldespato potásico cortando al cuerpo granítico.

4.- Piedra Imán - Cantera de Granito - Cerro "Piedra Prieta"

Este trayecto de aproximadamente 5 Km y fue cubierto siguiendo la terracería que comunica a Piedra Imán con el poblado próximo La Providencia; dentro del pueblo de Piedra Imán y cerca de un pequeño puente utilizado para librar una bajada de agua del cerro se encuentra un contacto gradual entre el flecky-gneis y el granito; mas adelante siguiendo el camino se observan numerosos afloramientos del granito, algunos de ellos con diferentes grados de intemperismo, con una mineralogía de cuarzo, feldespato potásico, biotita y esporádicamente esfena; saliendo del pueblo y tomando una brecha se llega a la cantera donde se está explotando el granito, lugar donde se tomaron datos estructurales a las fracturas más representativas del granito en la propia cantera y en los alrededores de la misma, además de posicionar el lugar con GPS y tomar muestras para lámina delgada. En la parte alta de la cantera es posible observar varios promontorios de tamaño considerable con el tipo clásico de exfoliación en forma de bola del granito; continuando por la terracería la litología se mantuvo igual, siendo el afloramiento más representativo el cerro "Piedra Prieta" al cual se llegó abriendo camino por la maleza y subiendo por una escarpada pendiente. Desde la cima del cerro se aprecia toda la región hasta la costa del Pacífico y se puede ver también la extensión regional que tiene el intrusivo desde Piedra Imán hasta Xaltianguis. Toda el área que abarca la cima del cerro está desprovista de vegetación, debido a que se trata de un macizo rocoso que no da cabida a sedimentos donde pueda crecer

algún tipo de vegetación. Cabe mencionar que este cerro se encuentra en los límites hacia el norte del área que se está estudiando.

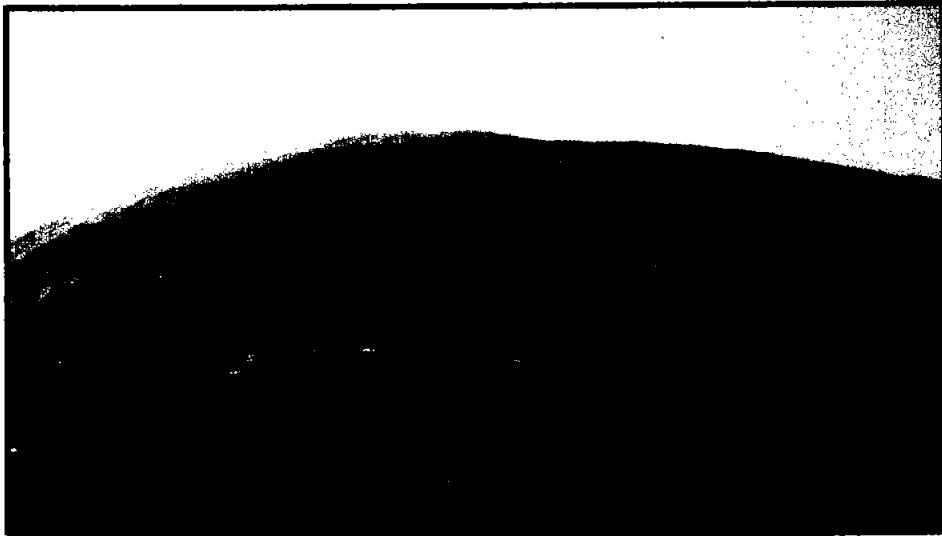


Foto 3.1 En esta fotografía se puede apreciar las dimensiones de la estructura granítica Piedra Prieta: Nótese la ausencia de vegetación debido a que es una estructura masiva y compacta que presenta un intemperismo clásico de los granitos (en bolas).

5.- Rancho Las Abubillas - Poblado El 45 (Km. 45)

Este trayecto de aproximadamente 3 Km, al SE de Piedra Imán se cubre por una sinuosa brecha; en los primeros 800 m se encuentran aislados afloramientos de flecky-gneis con un alto grado de intemperización con una mineralogía de cuarzo, feldespato potásico y bandas delgadas de biotita y hornblenda; continuando por la brecha se encuentran afloramientos del flecky-gneis mas sanos con la misma mineralogía, en ocasiones con un cambio gradual en el tamaño de los cristales, así como varias pegmatitas que cortan al flecky-gneis; se observa esta tendencia durante todo el camino hasta llegar al poblado El 45 donde finaliza esta ruta por estar ya fuera del área de estudio; cabe destacar que gran parte del camino presenta una fuerte capa de aluvión y vegetación que enmascara a las unidades y los contactos entre éstas.

6.- Rancho Las Abubillas - Estación de Microondas

Este trayecto de 2 Km, al S-SW de Piedra Imán fue cubierto abriéndose paso por la vegetación y se encontraron varios afloramientos de flecky-gneis en bloques muy intemperizados y rodeados de vegetación; esta tendencia fue predominante durante todo el caminamiento; la ruta continuó hasta encontrar la carretera que comunica a Piedra Imán con la carretera federal 95, en donde se encontró un afloramiento sano del flecky-gneis en un corte de la carretera cercano a la estación de microondas; la mineralogía es de cuarzo, feldespato potásico, biotita y

hornblenda, estos dos últimos minerales dispuestos en pequeñas bandas o agregados cristalinos.

7.- Piedra Imán - Región E y SE de Piedra Imán

Esta ruta de aproximadamente 3 Km, al E y SE de Piedra Imán se cubre siguiendo un camino en la ladera de los cerros aledaños al pueblo hasta llegar a un campo de cultivo; en este transcurso se encuentran aislados afloramientos de flecky-gneis con la mineralogía ya descrita y con un grado de intemperismo elevado; también se observa una gruesa capa de aluvión y vegetación que cubre las unidades y enmascara los contactos; más adelante, continuando por el mismo camino, se encuentra un afloramiento de migmatitas en el lecho de un arroyo que muestra claramente la diferencias entre el leucosoma compuesto por cristales de cuarzo y feldespato potásico, mientras que el melanosoma está constituido por minerales ferromagnesianos.

CAPITULO 4

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

4.1 INTRODUCCIÓN

Para el análisis petrográfico del intrusivo Xaltianguis en la localidad de Piedra Imán, se tomó como base la descripción petrográfica de 12 láminas delgadas elaboradas a partir de las muestras (PI-01, PI-02, PI-03, PI-04, PI-05, PI-06, PI-08, PI-09, PI-11, PI-15, PI-16, PI-19). Los puntos de muestreo se ubican en el Mapa 1. Se utilizó el procedimiento tradicional, obteniendo la composición mineralógica, las características y relaciones interminerales en láminas delgadas y en muestra de mano.

La clasificación de las muestras correspondientes al intrusivo Xaltianguis se realizó por medio de una composición modal y los resultados se recalcularon para graficarlos en un diagrama de tipo triangular doble (Streckeisen, 1976). Este método es uno de los más frecuentes para clasificar rocas ígneas. El Diagrama Doble Triangular de Streckeisen, tiene por vértices las componentes QAPF (Q=Cuarzo, A=Feldespatos Alcalinos, P=Plagioclasa y F = Feldespatoides).

4.2 DESCRIPCIONES MEGASCÓPICAS.

Megascópicamente al intrusivo Xaltianguis se le puede definir como una roca ígnea leucocrática de textura fanerítica, cuya asociación mineralógica principal está formada por feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo.

El feldespato potásico en su mayoría presenta formas prismáticas. El color al fresco es blanco y en ciertas zonas llega a tener tonalidades blanco-amarillentas, como respuesta al intemperismo. El tamaño del grano varía de 2 a 6 mm, aunque se observan cristales de hasta 1.5 cm, en los cortes que dejaron las explotaciones en el banco de material de Piedra Imán. Foto 4.1.

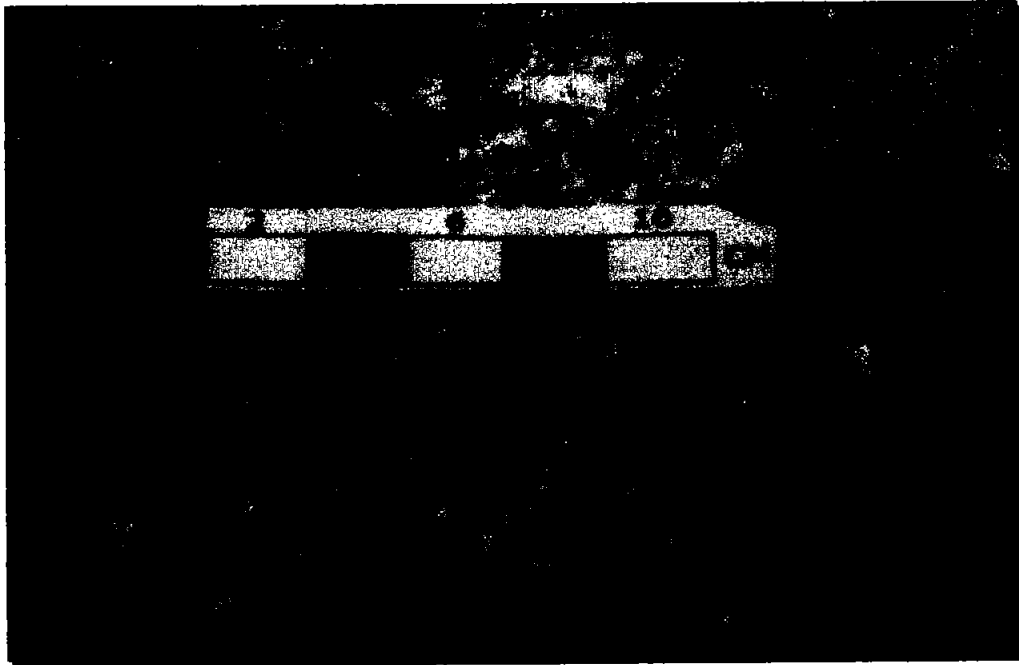


Foto 4.1. Afloramiento de granito, el cual muestra una textura fanerítica.

La plagioclasa es color blanco y se encuentra rodeando al feldespato potásico, por lo que tiene formas irregulares, pero cuando se presentan como cristales individuales se observan formas tabulares de aproximadamente 2 a 4 mm de longitud.

El cuarzo tiene formas irregulares, su tamaño varia de 1 a 5 mm, con diversas tonalidades en el color, debido a la asociación que guarda con los demás minerales, principalmente con la hornblenda, biotita o bien, con minerales opacos.

Los minerales accesorios son: biotitas, hornblendas y magnetita principalmente. La biotita aparece como pequeños cristales de hábito prismático, cuyo tamaño es aproximadamente de 3 mm de longitud, su color es café oscuro con tonalidades verdosas y presenta frecuentemente alteración a clorita de color verde claro. La hornblenda tiene un color verde oscuro, es de hábito prismático y el tamaño promedio es de 3 a 5 mm. La epidota y clorita son minerales de alteración de color verde olivo y verde claro respectivamente. Los minerales opacos muestran formas anedrales y subedrales, su color es café oscuro y presentan un halo de color rojizo, lo que nos indica que estamos hablando de hematita.

Dentro de este cuerpo granítico se observan enclaves máficos y pegmatíticos, constituidos primordialmente de biotita, hornblenda y magnetita y en cantidades poco apreciables de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa, estos enclaves se muestran como manchas de forma irregular, Foto 4.2.



Foto 4.2. Granito con enclaves de biotita, hornblenda y magnetita.

Por otra parte los cuerpos pegmatíticos se encuentran constituidos de megacristales de feldespato potásico y cuarzo y hornblenda. El cuarzo presenta su característico color blanco, mientras que el feldespato potásico es de color blanco a blanco-amarillento, ambos como cristales anedrales y subedrales. El tamaño de estos cuerpos llegan a ser de 5 cm hasta 1 m de longitud, Foto 4.3.



Foto 4.3. Afloramiento de granito atravesado por una pegmatita de Feldespatos y cuarzo.

Otra de las características importantes que se observan en este cuerpo granítico es el típico intemperismo de exfoliación (hojas de cebolla) que afecta a las rocas granitoides localizadas en un ambiente de alta alcalinidad, Foto 4.4.



Foto 4.4. Afloramiento de granito el cual presenta alteración de exfoliación (hojas de cebolla) ocasionada por el intemperismo y la erosión.

2.3 DESCRIPCIONES MICROSCÓPICAS

Microscópicamente al intrusivo Xaltianguis se le puede definir como una roca ígnea, de textura equigranular alotriomórfica, con una asociación mineralógica principal formada por feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo.

En el siguiente diagrama triangular de Streckeisen se observa la clasificación de las muestras colectadas, Fig 4.1.

Diagrama de Streckeisen

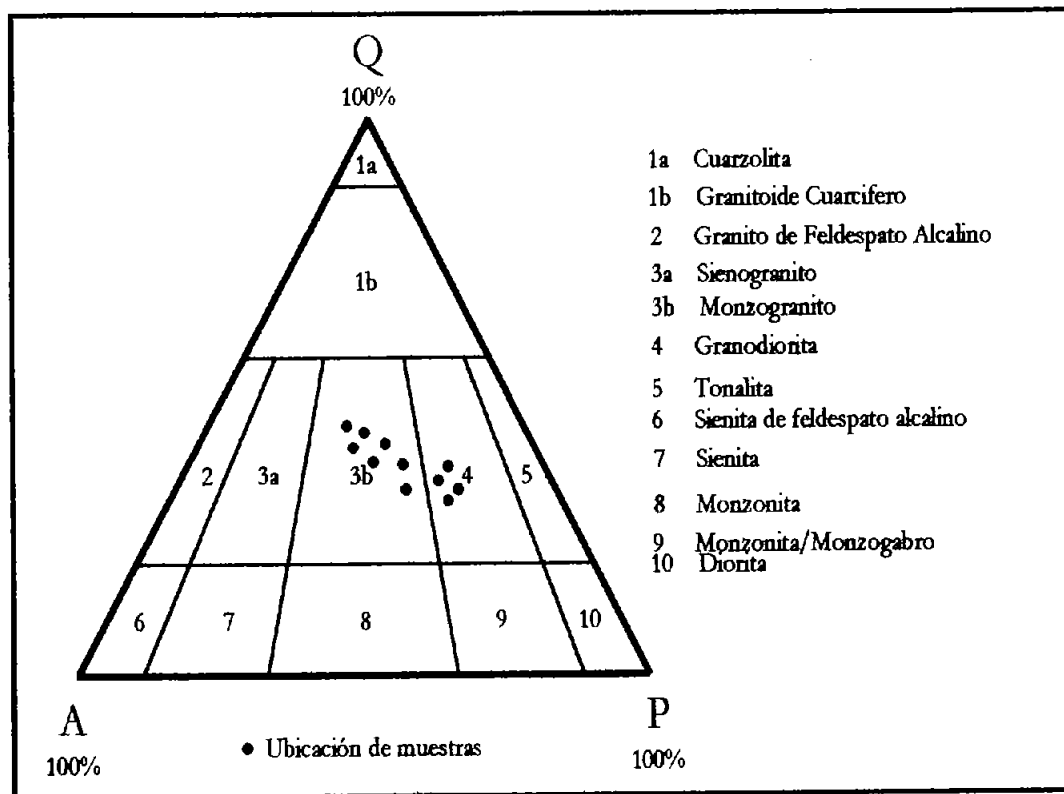


Fig. 4.1 Clasificación de las muestras de roca usando el Diagrama de Streckeisen
Q: Cuarzo, F: Feldespato, P: Plagioclasas, Intrusivo Xaltianguis Edo. de Guerrero.

El feldespato potásico tiene un tamaño que varía de 0.5 a 5 mm, pero la mayoría presenta un tamaño promedio de 3 mm. La forma de los cristales es subedral a eudral, predominando los primeros y presentan textura perítica bien desarrollada. La macla que predomina es la de Carlsbad, con una fuerte alteración a minerales arcillosos (sericita), Foto 4.5.

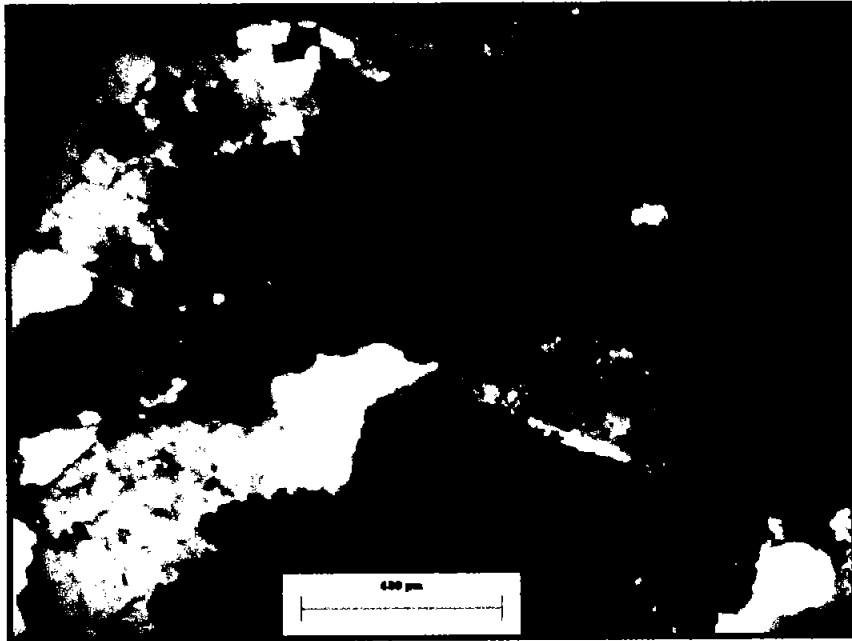


Foto 4.5. Fotografía tomada con nicols cruzados. Objetivo 2.5X. Se puede observar en la región superior derecha de la imagen, una porción de un cristal de feldespato potásico con textura perítica y macla de Carlsbad. También se observan cristales de cuarzo en la porción central de la fotografía.

Las plagioclasas tienen un tamaño que varía de 0.5 a 3 mm, siendo el tamaño predominante el de 1.5 mm. Su forma es anedral a euhedral, predominando los cristales subedrales y las formas tabulares; es de color gris claro con nicols cruzados, presentan maclas polisintéticas y compuestas (macla de la albita-Carlsbad), el ángulo de extinción tiene una variación de 7° a 15° lo que nos indica que nos encontramos en el rango de la oligoclasa y entrando a la andesina. Algunos de estos cristales presentan una textura esquelética. Se tiene alteración parcial a minerales arcillosos, Foto 4.6.



Foto 4.6. Fotografía tomada con nicols cruzados. Objetivo 2.5X. Se puede observar en la parte central de la imagen cristales de plagioclasa zoneada con maclas polisintéticas y alteración a minerales arcillosos.

El cuarzo presenta un tamaño que varía de 0.2 a 4 mm, que corresponde a dos diferentes fases granulométricas del mineral. La primera fase corresponde a aquellos cristales cuyo tamaño fluctúa entre 0.2 a 1 mm y se presentan como agregados cristalinos o como pequeños cristales individuales, mientras que la fase de 1 a 4 mm son cristales anedrales; su color es gris claro y la extinción es ondulante, Foto 4.7.

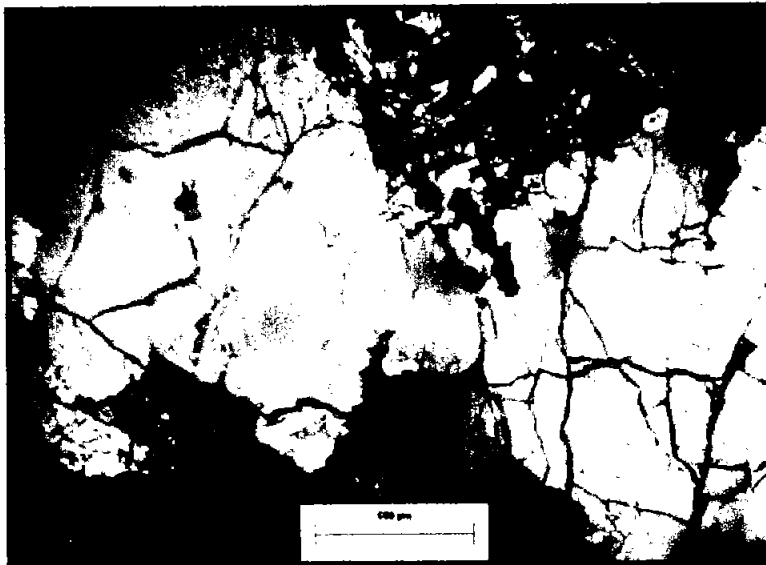


Foto 4.7. Fotografía tomada con nicols cruzados. Objetivo 2.5X Se observan cristales de cuarzo correspondientes a la primera fase, presentan extinción ondulante y se encuentran fracturados. En la parte inferior izquierda se observa un cristal subhedral de biotita.

Los minerales accesorios están conformados principalmente por biotita y hornblenda. Realizando un conteo porcentual se pueden apreciar aproximadamente 8 % de estos minerales en la constitución total de la roca.

Las biotitas presentan su color tradicional café-verdoso, un pleocroismo que varía a color verde olivo y se puede observar un buen plano de crucero. Su forma es subedral y se encuentran como cristales individuales de forma tabular, Foto 4.8.

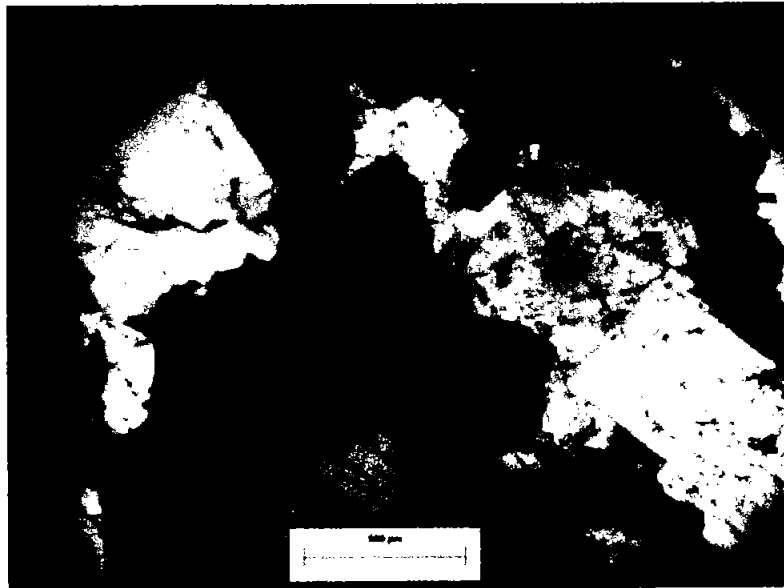


Foto 4.8. Fotografía tomada con nicoles cruzados. Objetivo 10X. Se observan cristales subedrales de biotita color café verdoso los cuales se encuentran dispersos en toda la imagen. En la parte central se observa un cristal de plagioclasa con maclado polisintético.

Las hornblendas presentan un color café-verdoso, con un pleocroismo que varía a verde olivo, su relieve es bastante fuerte, se presenta en formas subhedrales y su crucero esta bien marcado, Foto 4.9.

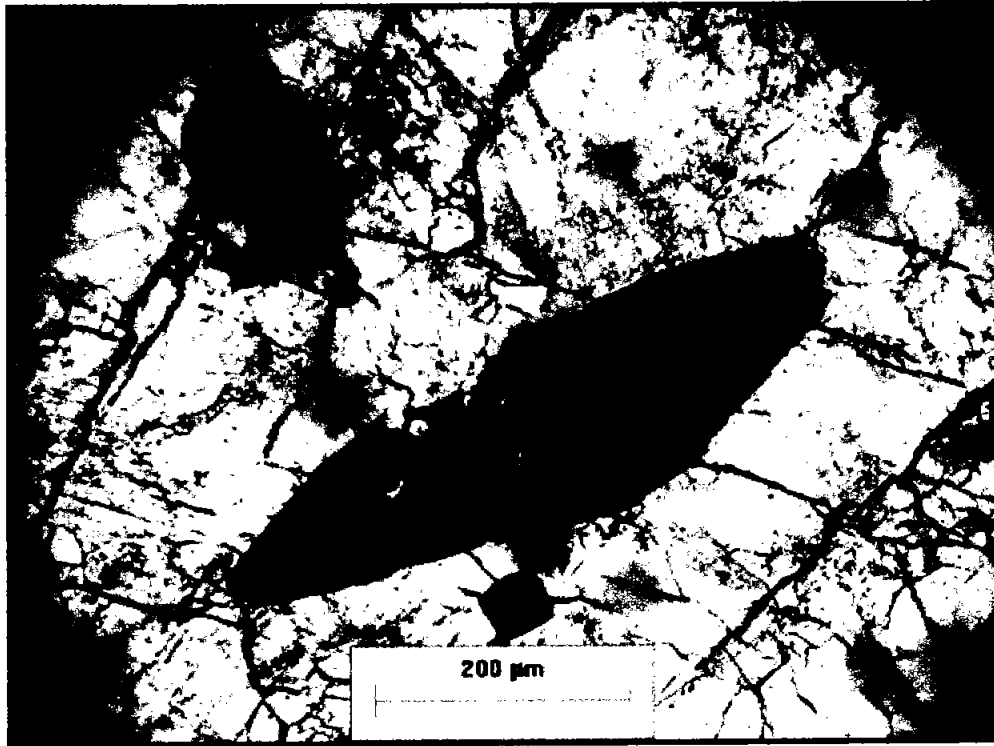


Foto 4.9. Fotografía tomada con nicoles cruzados. Objetivo 10X. Se observa un cristal de Hornblenda, de color verde olivo, alto relieve y crucero bien marcada en luz paralela.

Los minerales secundarios se encuentran en menor proporción, aproximadamente el 2 % del total de la roca y entre ellos podemos encontrar esfena, apatito, zircón, sericita y epidota.

Las esfenas aparecen como cristales romboédricos bien formados pero también se presentan en forma subhedral, su tamaño tiene un rango de 0.5 a 2 mm, su color varía de café claro a amarillo y tienen un relieve bien marcado, Foto 4.10. Los zircones presentan una fábrica que esta compuesta principalmente de cristales euedrales, se observa fuerte relieve y la birrefringencia es cercana al 4to. orden. Los apatitos se presentan como cristales euedrales de forma tabular y su tamaño varía de 0.2 a 1.1 mm. La sericita y la epidota se encuentran como minerales producto de la alteración de los feldespatos.

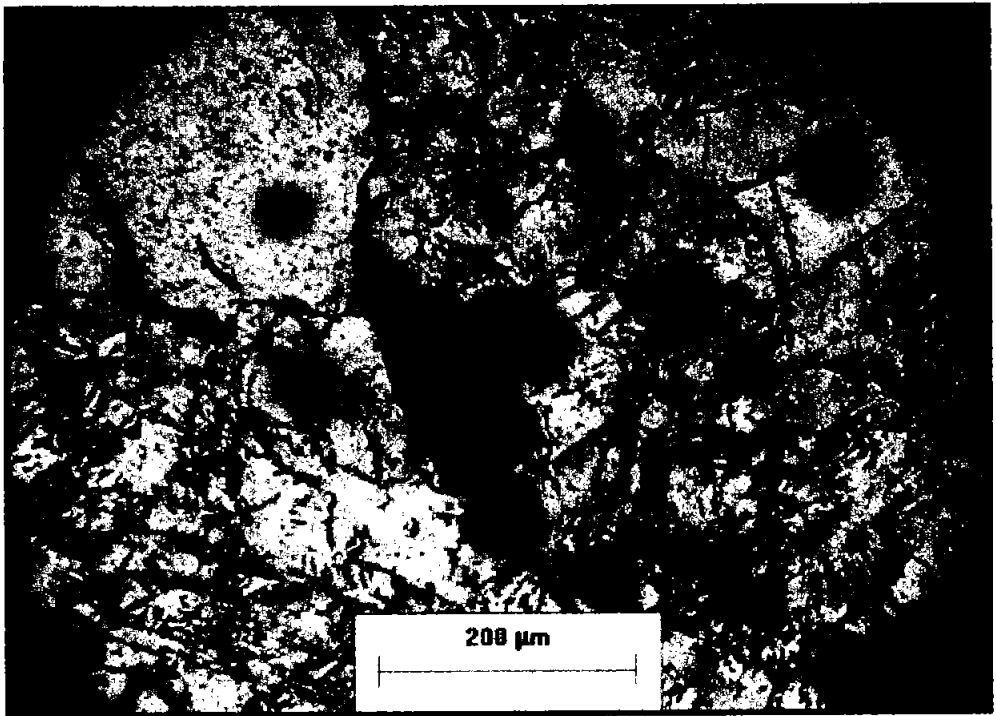


Foto 4.10. Fotografía tomada con nicoles cruzados. Objetivo 10X. Se observa un cristal de esfena de color café-amarillento con alto relieve.

CAPITULO 5

ANÁLISIS DE ROCA DIMENSIONABLE

5.1 INTRODUCCIÓN

El término "Roca Dimensionable" se refiere a una roca natural que es extraída de bancos y/o canteras, en forma de bloques y por medios mecánicos, para luego ser cortada y pulida a dimensiones y formas específicas.

Las rocas dimensionables son utilizadas principalmente en la construcción, decoración y la industria funeraria. De una manera general, estos materiales pueden agruparse en dos tipos: Los bloques masivos que poseen cierto aspecto decorativo, utilizados principalmente en la industria de la construcción y, las placas de revestimiento de poco espesor utilizadas para cubrir estructuras preexistentes.

La explotación de un yacimiento de rocas dimensionables está condicionada por: (1) las características estéticas y técnicas (físico-mecánicas) de la roca con respecto a su posible uso; y (2) por la homogeneidad del yacimiento, de manera que se permita asegurar una producción volumétrica importante sin variaciones substanciales del

producto. Así, el valor potencial de una roca y sus condiciones de explotación se encuentran directamente relacionados, tanto con las características de la matriz rocosa (mineralogía, textura y propiedades petrofísicas), como con las del macizo rocoso, ya que éste debe presentar poco fracturamiento para permitir la extracción de bloques de volumen comercializable.

5.2 GRANITO COMO ROCA DIMENSIONABLE

5.2.1 HISTORIA

El granito se emplea desde hace miles de años por la humanidad. En las civilizaciones egipcia y mesopotámica, se utilizaba en construcciones y esculturas. En Egipto se aprovechaban las épocas periódicas de inundación del río Nilo para transportar los bloques de granito. Se conserva una cabeza realizada en granito que está fechada en el año 2.470 A.C.

De la civilización mesopotámica se conservan numerosas tallas esculpidas en granito y el famoso código de Hamurabi, en Babilonia, está esculpido en un bloque vertical de diorita.

Durante la época del Imperio Romano el granito se empleó en la realización de grandes obras públicas.

En la Edad Media numerosas iglesias del arte románico fueron construidas con granito. Ya en el siglo XVI, algunos edificios civiles presentaban en su fachada e interior este material. También se le empleaba en la arquitectura religiosa.

En el siglo XIX, el granito se empieza a utilizar en obras civiles y privadas, sobre todo en monumentos funerarios. El cambio fundamental que se produce en este periodo respecto a los precedentes es que se empieza a emplear como material de revestimiento y no como material constructivo en sí mismo.

A partir de la segunda mitad del siglo XX esta roca se emplea en el revestimientos de grandes edificios y pavimentación, tanto interna como urbana. Las posibilidades de aplicación del granito son numerosas.

5.2.2 Descripción Geológica y Minero - Industrial

Definición Geológica

El granito es una roca ígnea plutónica de composición ácida, textura granular con tamaño de grano de 1 - 5 mm, de color claro con tonos blanco, gris o rosa. Las rocas graníticas están compuestas por los siguientes minerales:

- Esenciales (que incluyen el 80 % del total):
Cuarzo, Feldespato Alcalino y Plagioclasa.
- Accesorios:
Micas (Biotita, Moscovita o Clorita), Piroxenos y Anfíboles.
- Secundarios:
Clorita, epidota y arcillas,

El color de la roca depende del tipo de feldespato, de las impurezas presentes y de la proporción relativa de los minerales constituyentes.

Definición Minero - Industrial

El término "granito" comprende todas las rocas cristalinas duras de estructura compacta, que puedan ser cortadas y pulidas para ser utilizadas en la decoración. En este sentido no importa una composición mineralógica definida, ya que incluye a rocas ígneas y metamórficas como granitos, cuarzodioritas, sienitas, pórfidos de cuarzo, gabros, basaltos, esquistos y gneises.

Las principales características que debe presentar un granito como roca dimensionable son fortaleza, dureza y resistencia al daño ambiental. El color, tamaño de grano y estructura son elementos que contribuyen a darle precio y mercado.

5.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GRANITO

El granito es considerado una roca dimensionable, por lo que puede ser cortado y pulido a dimensiones y formas específicas. Depende de los requerimientos comerciales comunes, referidos generalmente a placas y parquet:

- Espesor constante con una tolerancia de $\pm 1/32''$
- Escuadra perfecta
- Brillo espejo
- Sin porosidad
- Biselado homogéneo

5.3.1 Potencial Geológico MInero

Dentro de las características geológico-litológicas con las que cuenta México, destacan por su abundancia las rocas graníticas. Estas rocas se presentan en forma de grandes cuerpos que afloran principalmente a lo largo de la Costa Pacífica, desde los estados de Baja California y Sonora en el noroeste, hasta el estado de Chiapas en el sur. Las regiones central y oriental del país cuentan con un menor número de afloramientos de rocas graníticas, los cuales se encuentran en su mayor parte aislados.

A partir del conocimiento geológico y litológico que se tiene sobre este tipo de rocas en México, se pueden identificar tres grandes regiones con alto potencial de reservas. En la Fig. 5.1 se observa la región de Baja California que comprende las rocas graníticas que abarcan gran parte de la península; la porción noroeste que comprende los granitos que afloran en los estados de Sonora y Sinaloa y las rocas graníticas de la parte costera de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

Zonas Potenciales de Granito en México



Fig. 5.1 Zonas potenciales de granito en México. Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM), Secretaría de Economía, (antes SECOFI).

5.3.2 Variedades Comerciales del Granito

En México se explotan pocas variedades de granito, por lo que su mercado es reducido; esto origina que la mayoría de los granitos que se encuentran en el mercado sean de importación.

Los colores más comunes de los granitos comerciales son: blanco, gris, rosa, y negro, pero pueden encontrarse también verdes, rojos, cafés, azules y otras tonalidades menos comunes.

Estos materiales reciben su nombre comercial con base en su color, textura, composición, así como el nombre del lugar de donde son extraídos. Algunos de los nombres comerciales de granitos que se venden en México se anotan en la tabla 5.1.

Variedad	Origen
Negro Ébano	Brasil
Rojo Capao	Brasil
Verde Uvatuba	Brasil
Rojo Tierra Chica	Argentina
Rojo Dragón	Argentina
Blanco Acapulco	Guerrero, México
Granito Negro	Baja California, México
Granito Rosa	Tamaulipas, México
Ala de Mosca	Noruega
Ala de Mariposa	Noruega
Rosa Porriño	España

Tabla 5.1 Variedades comerciales de granito en México.
Tomada de Hernández-Godoy, José Antonio, 1998

5.3.3 Usos

Construcción y Ornamentos

Las rocas graníticas se usan principalmente en la industria de la construcción y ornamental, en forma de bloques, placas o parquet, para pisos, recubrimientos y arquitectura en general así como en algunos otros usos constructivos como: agregados pétreos, enrocamientos, y escolleras.

El granito en bloques superiores a 1 m se corta y pule para la elaboración de placas y losetas, para recubrimiento de interiores como paredes, pisos, chimeneas y en exteriores en fachadas y columnas.



Foto. 5.1 Principales usos de rocas graníticas.

Otro de los usos que se les puede dar es como material para elaborar figuras de ornamento y monumentos. El granito ornamental es utilizado en la elaboración de estatuas, figurillas, pedestales de lámparas, monumentos y lápidas. Dicha roca es seleccionada por su tamaño, es decir, que dependiendo del volumen del bloque obtenido es el valor comercial que se le asigna; a su vez los expertos determinan si las características del granito son apropiadas para este fin.

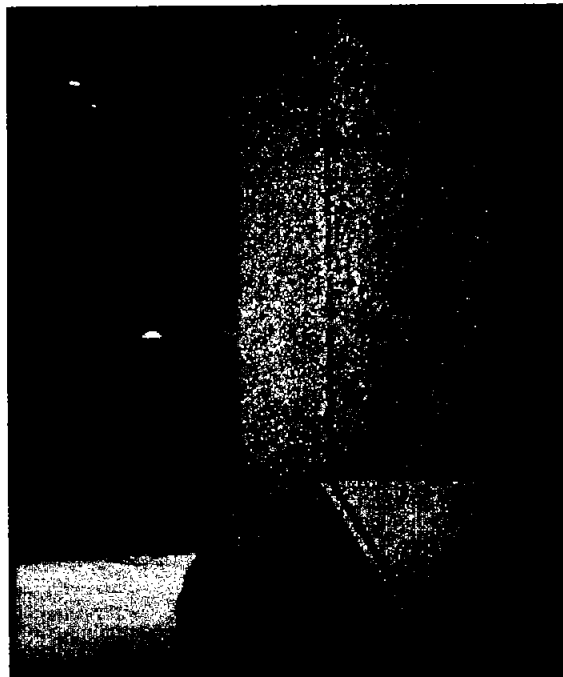


Foto. 5.2 Principales usos de rocas graníticas.

Manufacturas

En la industria manufacturera se utilizan en la fabricación de cilindros para moler pulpa en molinos de la industria papelera. También se utilizan para fabricar mesas de precisión (expuestas a cambios bruscos de temperatura) que son usadas en centros de investigación.

5.3.4 Productos Sustitutos

Los materiales que se usan como sustitutos del granito son principalmente: el concreto, los materiales fabricados a base de sustancias como el terrazo, el mármol triturado, el ladrillo, pisos de cerámica, pisos de barro y, todos aquellos materiales que, por su economía y similitud visual con el granito, lo pueden sustituir.

Otra de las materias naturales que puede sustituir al granito, son las mismas rocas dimensionables (mármoles, calizas, pizarras, etc.) que, por sus propiedades físico-mecánicas, resultan más baratas de extraer y trabajar.

5.3.5 Marco Normativo

La ley minera, en sus artículos 4° y 5°, menciona los minerales que deberán sujetarse a esta normatividad. En particular el Artículo 4° que define los minerales y rocas sujetos a la aplicación de la Ley Minera, no menciona en específico al granito. Por otra parte, el artículo 5°, en su párrafo IV, menciona que se exceptúan de la aplicación de la ley minera las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen a este fin, siendo este el caso de la roca en estudio y por lo tanto la explotación de granito no requiere de una concesión minera.

5.3.6 Precios

El precio de una roca puede variar ampliamente de negociador a negociador. En general, se determina por factores como calidad del bloque, costo de producción, flete, tipo de cambio y costos de almacenamiento.

El precio del granito aumenta si cuenta con buenas características y baja cuando no las tiene. Una apropiada explotación y subsecuente

procesamiento puede realzar las características físicas de las rocas graníticas.

Los costos de almacenamiento y venta en grandes compañías que dirigen múltiples sucursales pueden ser altos, pero es muy probable que estas empresas tengan mejores precios de venta por sus almacenes en comparación con las pequeñas.

5.4 ESTÁNDARES DE CALIDAD

A nivel internacional, la **American Society for Testing and Materials (ASTM)** define una serie de normas que deben de cumplir los materiales que se destinan a la industria en general, a la construcción, etc. Las rocas dimensionables, naturalmente, se incluyen dentro de ellas.

5.4.1 Especificación Estándar para Granitos

Designación ASTM C 615-68

Esta especificación cubre la selección, muestreo y pruebas de los granitos comerciales usados en la construcción; los cuales incluyen todas sus variedades comerciales. Estas especificaciones se excluyen para usos en esculturas y como agregados.

Requerimientos Petrofísicos

Los granitos usados en la construcción deben cumplir con las especificaciones petrofísicas presentadas en la tabla 5.2 que se muestra más adelante.

Estos deben ser sanos (sin alteraciones), durables y libres de imperfecciones tales como grietas, fracturas y vetas, ya que estos afectan la calidad del producto final.

No deben contener minerales que se alteren al medio ambiente.

El color deseado del granito lo determinan por las variaciones naturales en su textura y composición mineralógica.

Las muestras deben ser sometidas a pruebas petrofísicas para ser certificado como un material de construcción.

Prueba	Resultado	ASTM (No)
Absorción de agua máxima	0.4%	C - 97
Densidad mínima (g/cm ³)	2.56	C - 97
Resistencia a la compresión mínima (kg/cm ²)	1340	C - 170
Desgaste por rozamiento (cm/min)	0.13	C - 241

Tabla 5.2 Características para granitos como roca dimensionable. (ASTM)

5.5 PRUEBAS MECÁNICAS

Para este estudio se realizaron las pruebas de **Resistencia a la Compresión y Desgaste por Rozamiento** a 6 de las muestras de granito recolectadas durante el trabajo de campo.

El estudio se realizó en el laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

5.5.1 Preparación de las Muestras

Las muestras sometidas a dichas pruebas fueron preparadas previamente en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, donde se les dio las dimensiones específicas para realizar las pruebas.

Las dimensiones establecidas para las muestras por el Laboratorio de Mecánica de Materiales son las siguientes:

Para la prueba de Resistencia a la Compresión se cortaron las muestras en 12 cubos de 5 x 5 x 5 cm, y para la prueba de Desgaste por

Rozamiento se cortaron las muestras en 6 cubos de 5 x 5 x 5 cm, como se muestra en la figura 5.2.

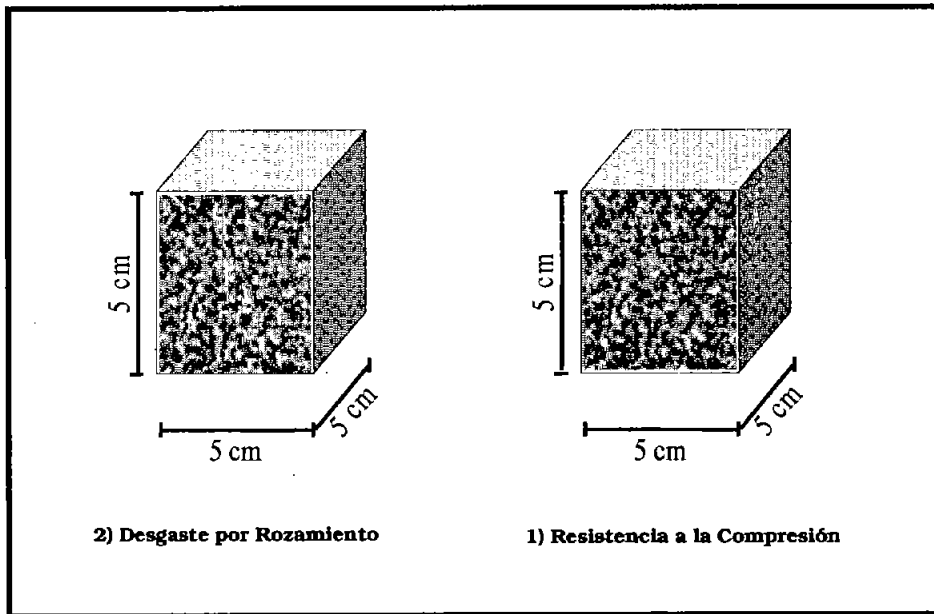


Fig. 5.2 Dimensiones de las muestras para pruebas mecánicas

5.5.2 Prueba de Resistencia a la Compresión

La Resistencia a la Compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2)

Este método de ensaye tiene por objeto la determinación de la resistencia a la compresión usando especímenes cúbicos de 5 cm.

La máquina de ensaye utilizada fue de tipo hidráulico. La carga aplicada al espécimen de ensaye se indicó con una presión de ± 1.0 por ciento.

Procedimiento: Se aplicó la carga a las caras de cada espécimen, colocándolo en la máquina de ensaye, debajo del centro del bloque de apoyo superior. Antes de realizar el ensaye, se verifica que el bloque pueda girar libremente, aplicando una carga inicial de magnitud igual a la mitad de la carga máxima esperada (1340 kg). Se ajustó la velocidad de carga de tal manera que se aplique sin interrupción hasta hacer fallar el espécimen a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en no menos de 20 segundos y en no mas de 80 segundos.

Al determinar la resistencia a la compresión, no se consideraron los especímenes que arrojaron resistencias que diferían en más del 10 % del valor promedio.

5.5.3 Prueba de Desgaste por Rozamiento

En lo que concierne a la durabilidad del granito, existen en él características físicas que controlan su desempeño cuando es expuesto a procesos abrasivos de cualquier tipo y procedencia; una de estas es la resistencia al desgaste por rozamiento.

El resultado de esta prueba es un indicador particular de la calidad física de la roca y debe relacionarse con la posibilidad que tiene para utilizarse en la fabricación de pisos y recubrimientos, donde estará expuesta en la superficie. Los granitos con altas pérdidas en esta prueba se degradan fácilmente y pueden desintegrarse rápidamente cuando se exponen al tránsito y al ambiente, por lo que esta prueba indica el comportamiento real de dicha roca.

Se utilizó una máquina con disco giratorio y arena sílicea que pasa por la malla No. 60 y es retenida por la malla No. 80 que presenta características invariables, Foto 5.3. En la foto 5.4 se indican las distintas partes que conforman esta máquina.



Foto 5.3 Máquina para prueba de desgaste, propiedad del laboratorio de Resistencia de Materiales de la División General de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

Se determinó el espesor de las muestras con el vernier hasta obtener una tolerancia de ± 0.1 mm. Se colocó la muestra adherida a un bastón de madera, sobre el disco de esmeril aplicándosele una presión de 250 g/cm^2 y haciendo girar el disco a una velocidad de 70 revoluciones por minuto, agregando arena sílicea remojada.

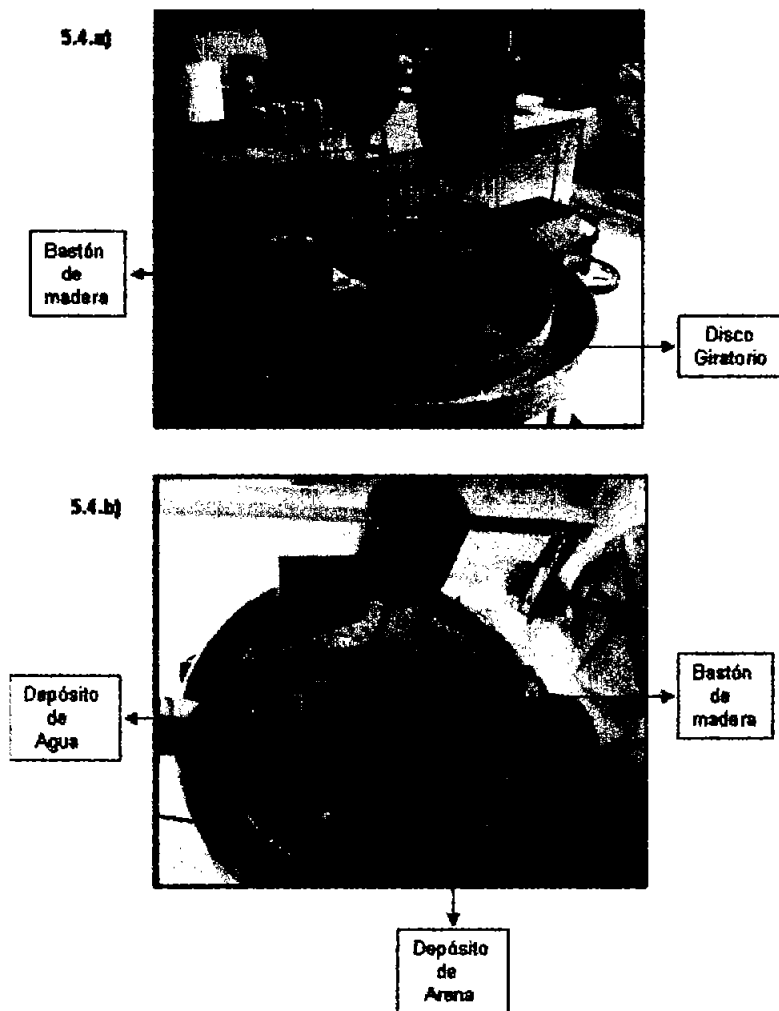


Foto 5.4 a) Máquina para prueba de desgaste, en la que se indica la posición del bastón de madera y el disco giratorio. b) Máquina para prueba de desgaste, en la que se indica la posición de los depósitos de arena y agua.

Después de 10 minutos se vuelve a determinar el espesor con la misma tolerancia, obteniéndose el desgaste por minuto dividiendo entre 10 la diferencia de las medidas.

5.5.4 Resultados

Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio se presentan en las tablas 5.3 y 5.4

Muestra	Area cm ²	Carga maxima kg	Resistencia a la Compresión kg/cm ²
Gr 1-a	29.14	24,400.00	837.38
Gr 2-a	26.15	19,519.48	746.59
Gr 3-a	26.16	12,867.48	491.82
Gr 4-a	25.54	20,599.65	940.67
Gr 5-a	27.71	20,065.29	940.67
Gr 6-a	25.05	25,019.87	998.92

Tabla 5.3 Resultados de la prueba resistencia a la compresión.

Muestra	Altura Inicial cm	Altura final cm	Hi-Hf mm	Desgaste cm/min
Gr 1-b	21.578	21.492	0.86	0.086
Gr 2-b	19.628	19.532	0.96	0.096
Gr 3-b	24.946	24.724	2.22	0.222
Gr 4-b	23.154	23.028	1.26	0.126
Gr 5-b	25.292	25.186	1.06	0.106
Gr 6-b	25.314	25.198	1.16	0.116

Tabla 5.4 Resultados de la prueba desgaste por rozamiento.

La tabla 5.3 muestra los resultados de la prueba de resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos no cumplen con la norma C-170 (ASTM) para dicha prueba (tabla 5.2), la cual dictamina que la resistencia a la compresión mínima para el granito deberá ser de 1340 kg/cm². La causa principal de que la prueba fallara, es que las muestras se recolectaron en los frentes de explotación, lo que ocasiona que la roca este parcialmente fracturada por las voladuras.

La tabla 5.4 muestra los resultados de la prueba de desgaste por rozamiento. Los resultados obtenidos en esta prueba si cumplen con la norma C-241 (tabla 5.2) establecida por la ASTM para dicha prueba, la cual dictamina que la el desgaste por rozamiento no deberá ser mayor a 0.13 cm/min.

5.6 DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN

Una vez que se ha evaluado un yacimiento de rocas dimensionables (en función del valor estético de roca, sus cualidades físicas, la homogeneidad del yacimiento y las condiciones estructurales del cuerpo rocoso) se obtiene una idea de las dimensiones y de la calidad de los bloques que pueden ser extraídos. Estos parámetros conducen a la adecuada elección del método de explotación para las características de la roca y del sitio de explotación.

Se pueden combinar diferentes técnicas de extracción para obtener bloques de dimensiones comercializables, sin defectos naturales o causados por los métodos utilizados. Existen cinco técnicas principales de corte derivadas de métodos antiguos o de tecnologías modernas que se aplican en canteras: **al explosivo, con cable diamantado, a la flama, con cortadoras y al chorro de agua con alta presión.** A estas técnicas se agrega **la extracción manual**, que es la más común en canteras artesanales como lo son la mayor parte de las explotaciones de México.

5.6.1. Tecnologías Aplicadas a la extracción de Rocas Dimensionables

Explosivos

Esta técnica parte del hecho de que, durante la detonación, la onda de choque es seguida por la liberación de gases calientes y, de que toda la energía puede ser controlada para evitar la formación de microfisuras. Así, en la zona anular próxima al barrenos, la roca es pulverizada por la onda de choque y, en las zonas subsecuentes, esta es sometida a tracción, lo que genera fracturas radiales.

Para realizar superficies de corte que conformen bloques regulares, se busca "dirigir" la onda de choque y evitar la generación de fracturas radiales. De ahí el nombre de la técnica que es "voladura dirigida" (Tir Menagé, en francés) o "voladura suave" (Smooth Blasting, en inglés). La técnica se basa en el principio de que cuando dos barrenos son suficientemente próximos, la acumulación de la fuerza de las ondas de tracción sobrepasa la resistencia de la roca y, una fisura se desarrolla en el plano de los dos barrenos.

La acción del gas juega un papel muy importante en el proceso de corte, debido a que la presión ayuda a la propagación de la fisura sin afectar a la masa rocosa. Para dirigir la energía de la detonación existen varias alternativas: la presencia de barrenos vacíos entre barrenos cargados permite orientar las fisuras; se pueden utilizar explosivos de baja presión de detonación o explosivos deflagrantes como la pólvora, los nitratos, algunas dinamitas o el cordón detonante, con los que la fuerza del gas permite realizar el corte y separar el bloque de la masa rocosa.

Se puede realizar un desfase entre el diámetro del barreno y el diámetro del explosivo, para que el espacio amortigüe la fuerza de la onda de choque. El desfase óptimo para el corte debe ser definido cuidadosamente en función de las características de la roca y del explosivo empleado. La realización de una voladura dirigida requiere la definición de los siguientes parámetros: el grado de desfase de diámetros cartucho-barreno, la distancia entre barrenos, la carga límite mínima que puede soportar la roca y, la carga específica del explosivo.

Los parámetros anteriores permiten determinar la carga lineal que debe ser utilizada y, que corresponde a la carga total dividida entre la longitud del barreno.

El parámetro más importante para evaluar el costo de la voladura es la distancia entre barrenos, ya que los gastos de perforación pueden llegar a consumir el 80% del valor total del corte.

Esta técnica comprende dos etapas principales; el corte primario y el corte secundario. El primero involucra masas paralelepípedas de varias centenas y, a veces, miles de metros cúbicos. Este corte requiere dos caras libres del bloque y, se puede efectuar simultáneamente en las 2 a 4 restantes, en función de la estructura de la roca (corte en "L"). En el corte secundario se atacan los bloques ya separados del macizo rocoso, para dimensionar los bloques comerciables; para ello las cargas se disminuyen y se aproximan los barrenos. Este último corte puede también ser realizado con otras técnicas como cuñas o cable diamantado. En la Foto 5.5 se observan bloques de granito obtenidos mediante este método de explotación.

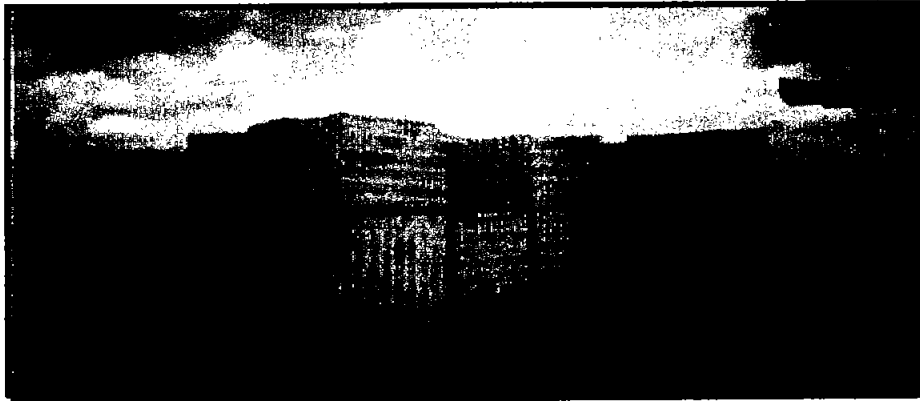


Foto 5.5 Bloques de roca granítica extraídos por el método de explosivos.

La principal ventaja de la utilización de esta técnica consiste en que se pueden extraer masas de volumen importante, aprovechando las discontinuidades naturales de la roca, aumentando así la velocidad de explotación, aunque, en el caso de un mal manejo de los explosivos existe también el riesgo de dañar un volumen importante de roca.

Cuando la energía de los explosivos no es controlada, se producen fragmentos que muchas veces no pueden ser aprovechados y los frentes de ataque pueden dañarse. A esto se suma la gran cantidad de escombros producidos, que pueden llegar a invadir la cantera dificultando los trabajos de explotación.

Cable Diamantado

Esta técnica permite realizar cortes de gran calidad, lo que minimiza el trabajo de dimensionamiento y acabado final. Las máquinas funcionan con motor diesel o motor eléctrico, cuentan con un tablero de control remoto y el avance es automático. Con esta técnica se pueden abarcar cortes en bloques de más de 25 m de largo por 6 a 8 m de alto, Foto 5.6.



Foto 5.6 Bloques de roca extraídos por el método de cable diamantado.

Para la extracción de bloques de la cantera se requiere la realización de barrenos perpendiculares (vertical y horizontal) que tengan un punto de convergencia, a través del cual sea posible introducir el cable diamantado, Foto 5.7. El corte horizontal con hilo diamantado es más delicado que el vertical, debido a las dificultades en la lubricación con agua y el arrastre de la rezaga de corte. En la práctica, se recomienda hacer primero el corte horizontal, ya sea con cable o con otra técnica como cortadoras o explosivos, y después el vertical, para anular la posibilidad de desprendimiento que pudiera prensar el cable antes de terminar el corte.



Foto 5.7 Realización del barreno horizontal para el método de cable diamantado

La herramienta precedente al cable diamantado es el cable helicoidal, que fue de uso corriente en canteras de mármol y calizas. Esta técnica consta de un cable, que puede ser sencillo, doble o triple, montado sobre poleas para el tallado sobre la roca. Entre los abrasivos que se utilizan para complementar el trabajo del cable están la arena, los óxidos de aluminio y el carburo de silicio. Las poleas se montan sobre una torre o sobre una pista o carril, de tal manera que pueden ser movidas y penetrar en el plano de corte.

Para que el cable se instale en la roca se requieren dos costados libres y paralelos del bloque a separar. Se deben realizar perforaciones lo suficientemente grandes para que puedan entrar los ejes, los platos y los brazos de soporte de las poleas. Las poleas están diseñadas de tal forma que corten su propio camino al estar presionadas en la roca.

El corte con cable diamantado es una de las técnicas más utilizadas en la actualidad para la explotación de rocas dimensionables calcáreas, en donde prácticamente se ha desplazado el uso de cable helicoidal. El único inconveniente de esta técnica es el precio del cable, al cual debe

asegurársele la duración necesaria para amortizar su costo; de ahí que normalmente no sea utilizado para rocas con una dureza importante.

Actualmente, el cable diamantado está en uso en algunas canteras de granito italianas; para ello se diseñan cables especiales con mayor resistencia, pero el valor de la roca debe ser suficientemente importante para que la utilización de estos cables sea económicamente justificable.

Corte al Chorro de Flama o Soplete

Esta técnica se utiliza para el primer ataque a un frente de explotación, con el fin de liberar una o dos caras del frente primario o para formar un corredor de extracción. Se usa frecuentemente para la extracción de rocas graníticas que presentan poco fracturamiento y bajo grado de alteración.

El principio de base es el de un gran soplete unido por un tubo de acero a una alimentación de diesel y aire. La flama sale del quemador a una temperatura variante, entre 1,500° y 2,500°C. Se aplica el soplete contra la roca, con una pendiente de 60° aproximadamente. El calor hace reventar los cristales de la roca y se eliminan unos 6 mm de la misma en cada pasada.

La flama talla una hendidura de 10 cm de ancho, lo que implica una pequeña pérdida de material, pero el resto de la roca no es afectado por el calor.

El gran inconveniente de esta técnica es que su uso se limita a rocas sanas y el nivel de ruido es demasiado elevado (comparable al de un avión).

Cortadoras y Rozadoras

Estas herramientas permiten realizar cortes paralelos verticales (rozadoras) y horizontales (cortadoras), con la ayuda de un brazo de 1 a 4 m de largo. Pueden ser utilizadas para el acondicionamiento de un sitio de explotación, para formar el frente de ataque, para la extracción de bloques en canteras subterráneas y, para el corte secundario en bloques comerciables.

En un principio se utilizaban herramientas de carburo de tungsteno. En la actualidad se cuenta con cadenas provistas de plaquetas diamantadas. Existen dos grandes tipos de estas máquinas:

- Las que son colocadas sobre rieles, al pie del frente de extracción, en canteras a cielo abierto.
- Las que son colocadas sobre columnas para explotación subterránea.

Estas herramientas permiten lograr superficies de corte de alta calidad; sin embargo su utilización se limita a canteras explotadas por bancos descendentes que cuentan con plataformas de trabajo suficientemente anchas. Actualmente existen también cortadoras de disco diamantado de grandes dimensiones, pero su costo es demasiado elevado para ser de uso corriente.

Corte al Chorro de Agua a Alta Presión

Esta técnica se encuentra en evaluación en varias canteras de Europa, pero todavía no es de uso corriente. El método involucra, ya sea uno o varios chorros de agua controlados mecánicamente, cuya presión se incrementa a través de pequeñas válvulas, cuya orientación y abertura dependen del tipo de roca.

Existen dos técnicas de corte que utilizan el efecto mecánico de los chorros de agua: el corte lineal, en el que el chorro se desplaza siguiendo una sola trayectoria y en cada recorrido va cortando la roca y, el corte oscilante, en el que las válvulas se mueven en zigzag, al mismo tiempo que se desplazan, de manera que el conjunto de cortes disgreguen la roca.

La profundidad de penetración del chorro de agua en la roca varía en función de la presión y del gasto del agua, de la velocidad de translación y, de las características del material (propiedades geomecánicas, textura y grado de fisuración). Para la utilización de esta técnica se deben conocer las leyes de corte hidráulico de diferentes tipos de rocas y estudiar y calibrar la geometría del movimiento de los chorros para asegurar la destrucción del material sobre un plano de corte.

Extracción Manual

Esta técnica representa la manera más elemental de extracción de bloques de roca, la cual es empleada desde la antigüedad. Consiste en aprovechar las discontinuidades estructurales naturales del macizo rocoso, separando sus bordes hasta provocar el desprendimiento del bloque. En la actualidad se sigue utilizando esta técnica en muchas canteras, cuando las condiciones estructurales lo permiten.

Si el macizo rocoso no presenta un fracturamiento importante, se realizan artificialmente superficies de corte, por medio de una especie de puntero (cuña), siguiendo la trayectoria deseada. El proceso implica la introducción de cuñas de acero en discontinuidades horizontales (como juntas de estratificación) o en fracturas verticales. Estas cuñas son incrustadas a golpe de martillo hasta el desprendimiento del bloque.

Una vez separado el bloque, se extrae con palancas de hierro, que se introducen en el plano de corte comunicándoles un movimiento de vaivén, utilizando cabestres u otros medios mecánicos si se dispone de ellos. Antes de la separación del bloque se recomienda preparar el terreno, allanándolo y colocando material de corte o bolas de hierro para facilitar su remoción.

5.6.2 Selección del Método de Explotación

El método de explotación de una cantera se determina por el valor comercial de la roca, las condiciones estructurales y geométricas del yacimiento, el porcentaje de descapote necesario y la necesidad de manipular bloques de volumen importante (desplazamiento, corte secundario y transporte).

Un sistema de explotación óptimo debe tomar en cuenta las características naturales del macizo rocoso (especialmente en cuanto a anisotropía y estructura), para definir superficies de corte que puedan ser retomadas al momento de dimensionar los bloques comercializables.

Para la extracción de bloques de granito, se recomiendan 2 métodos de extracción a cielo abierto, que se diferencian en la última etapa del proceso, que es la separación del bloque:

- **Método de corte a base de explosivos.**
- **Método de corte con cable diamantado.**

En los dos métodos se prepara el banco con el cuele de una zanja primaria a base de barrenos cargados con explosivos para proporcionar espacio de trabajo a la maquinaria que se va a utilizar y para el movimiento de los bloques ya separados; la diferencia estriba en la forma de cortar las caras del bloque; en el método a base de explosivos se barrenan los límites y son cargados con pólvora negra y utilizando el cable diamantado se perforan 2 barrenos perpendiculares en los cuales se introduce el cable y éste es conectado a la máquina y montado sobre poleas; con movimiento circular el cable corta el granito para de esta manera obtener la cara separada del bloque.

5.6.3 Ventajas y Desventajas

Ventajas y Desventajas del Método de corte a base de explosivos

Ventajas:

- No requiere de mano de obra calificada.
- Obtención de bloques de mayores dimensiones.
- Mínimo consumo de energía eléctrica.
- Nulo consumo de agua en el proceso.
- Menos maquinaria (en relación al cable diamantado).

Desventajas:

- Mayor volumen de material fracturado (desperdicio)
- Tiempo de barrenación.
- Consumo de explosivos.
- Mayor tiempo para preparar el bloque.
- El bloque se debe cuadrar a base de marro y cincel.
- Menor precio y demanda por m³.

Ventajas y Desventajas del Método de corte con cable diamantado

Ventajas:

- Mínimo fracturamiento del material (desperdicio).
- Menor consumo de barretas y explosivos.
- Mínimo desperdicio del mineral.
- El tiempo de corte es menor que el barrenar y cargar los barrenos.
- La calidad del material es mayor para ser tratado y comercializado.
- El bloque no necesita ser cuadrado.
- Mayor demanda y mejor precio por m³.

Desventajas:

- Mano de obra calificada.
- Mayor consumo de agua.
- Mayor consumo de energía eléctrica.
- Mayor inversión en maquinaria y equipo.

Actualmente en la zona de estudio se encuentra un banco de material que se explota por el método de corte a base de explosivos ocasionando daños al granito, tal y como se reflejó en los resultados de las pruebas mecánicas al ocasionar un grado de fracturamiento a este material, Foto 5.8.



Foto 5.8 Banco de material en la comunidad de Piedra Imán, Gro. explotado por el método de explosivos.

Si valoramos las ventajas y desventajas de los 2 métodos, **se recomienda el método de corte con cable diamantado**, por las grandes ventajas que presenta con respecto al método de corte a base de explosivos. En Italia y España, que son los países que van a la vanguardia en la producción de rocas dimensionables, el Hilo diamantado es utilizado con gran éxito en la explotación de canteras, mejorando la calidad del producto.

El consejo de recursos Minerales (COREMI) estima un volumen total de 3,500,000 m³, de roca granítica en esta zona para ser procesada. Estos datos ofrecen una gran oportunidad a los ejidatarios de Piedra Imán para desempeñar esta actividad.

5.7 BENEFICIO E INDUSTRIALIZACIÓN

Para su comercialización, las rocas dimensionables requieren de un corte, pulido y terminado final, de acuerdo con los requerimientos del comprador y especificaciones del mercado. El decorado final es a menudo elaborado a mano por operarios expertos, usando para ello varias técnicas y herramientas.

5.7.1 Corte, Acabado y Pulido

Corte

Los equipos utilizados para cortar, cuadrar y pulir los bloques comercializables incluyen: discos de diámetros de 3 m o más, de borde generalmente diamantado, cable diamantado o helicoidal y/o sierras en telar. Todas estas técnicas son complementadas con el uso de abrasivos.

La sierra de telar consta de una o varias hojas planas de acero, montadas en un bastidor, que se desplazan en vaivén. La velocidad depende de la dureza del material, del modelo del borde cortante de las hojas y, del tipo de abrasivo que se utilice, que puede variar desde simple agua y arena, hasta óxido de aluminio o carborundum.

Acabado y Pulido

Para el pulido, acabado y decoración de productos finales, existe una gran variedad de métodos y equipo. El terminado y forma final de estos materiales puede lograrse con equipo automático o a mano, utilizando herramientas neumáticas. El pulido y abrillantado se logra mediante discos de carborundum o discos convencionales que usan paulatinamente diferentes abrasivos, desde los más gruesos hasta los más finos. En el mercado se maneja también el acabado "a la flama" en el que se produce, mediante un soplete, una superficie burda rugosa.

5.7.2 Proceso de Laminación Tradicional

Una vez cortado el bloque es transportado hasta la planta y se coloca en el carro porta-bloques de la máquina cortadora; aquí se obtienen láminas que son retiradas por medio de un brazo mecánico con ventosa, hasta la mesa de rodillos que las transportará hacia la máquina cabeceadora; en este proceso se tiene un consumo de agua que varía de 150 a 200 litros/min., dependiendo del volumen del bloque. En la máquina cabeceadora se realiza el cuadréo que consiste en uniformizar los bordes de la lámina; el material sale por la mesa de rodillos hasta la máquina calibradora-pulidora lineal, en donde la lámina es calibrada y pulida; esta operación se lleva a cabo utilizando discos de abrasión para devastarla, dejando la placa del mismo espesor en cada punto, mientras pasa por una cinta transportadora; el pulido se realiza con un abrasivo diferente al utilizado con anterioridad, hasta obtener el pulido espejo. Por último la placa es cortada y biselada al tamaño que se desea obtener (40x40, 30x30 cm., etc.) para posteriormente empacar las losetas y enviarlas al consumidor o a los centros de comercialización. La Fig. 5.3 muestra el diagrama secuencial del proceso de laminación del granito.

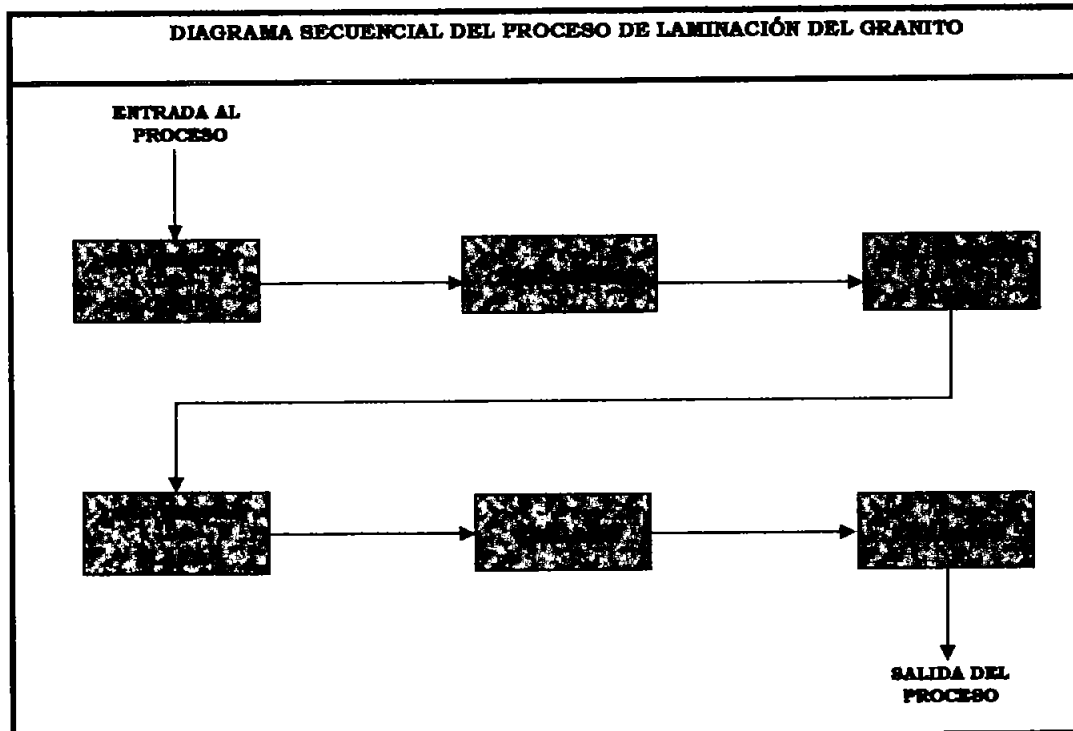


Fig. 5.3 Diagrama secuencia del proceso de laminación del granito.

5.8 MERCADO

En este capítulo se ofrece una semblanza general del mercado nacional e internacional del granito. Asimismo, se ofrecen cifras relativas a exportaciones e importaciones mexicanas, que permiten analizar los flujos comerciales que se presentan actualmente.

El consumo mundial de rocas dimensionables, y por lo tanto su producción, ha tenido en la última década un crecimiento acelerado.

Si se considera que la actividad de explotación de canteras, para extracción de granitos tiene una tradición histórica desde hace cientos de años, sobre todo en Europa, el auge que muestra en el presente siglo es un hecho sin precedentes.

5.8.1 Mercado Nacional e Internacional

Mercado Internacional

Italia es el principal importador y exportador de rocas dimensionables. El 65% de las importaciones italianas, en el primer semestre del 2000, fue de granito en bloque. Las importaciones de granito en bruto crecieron 8.7% en volumen y 12.1% en valor. Italia importó casi 200,000 toneladas de granito de Sudamérica, principalmente de Brasil.

El granito ocupa actualmente el 40% del movimiento mundial de rocas dimensionables. Este auge también se ve reflejado en los precios y en los tráficos mundiales, donde los flujos dejan de ser regionales para pasar a un mercado mundial pleno.

Mercado Nacional

No se ha explotado el gran potencial de granito que tiene México, por lo que su producción es irregular y poco consistente, lo que causa un registro deficiente de información sobre el particular.

De 1993 hasta 1996 las exportaciones de granito habían sido representadas por la fracción 680223 "granito". A partir de 1997 la tendencia da un sesgo que actualmente se mantiene hacia la fracción 251612 denominada "granito simplemente troceado, por aserrado o de otro modo, en placas cuadradas o rectangulares". En el 2002, esta última fracción sumó U.S. \$1.1 millones, comprendiendo el 78% de las

exportaciones totales; mientras que la fracción 680293 "granito" cubrió un 11%, Fig 5.4.

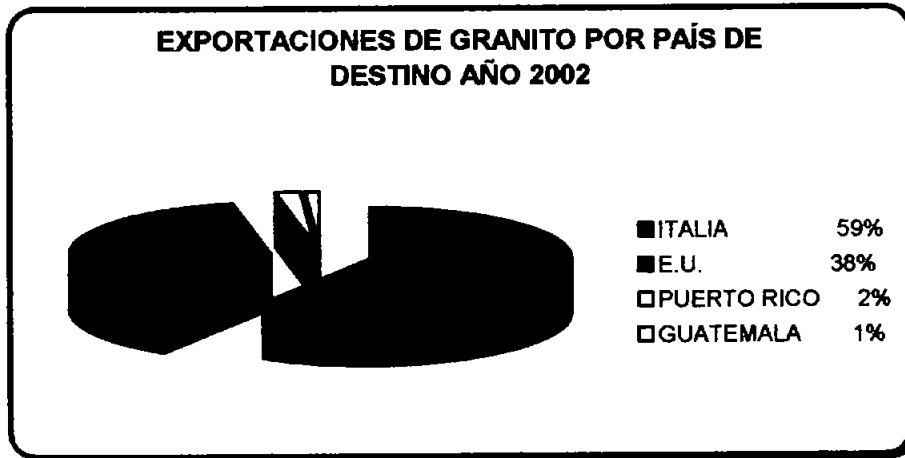


Fig.5.4 Exportaciones de granito por país de destino. Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía (antes SECOFI).

El auge de las exportaciones de granito en 1997 y 1998 se debe particularmente a las notables exportaciones realizadas por empresas ubicadas en el Estado de Guanajuato. Dichas exportaciones se destinaron al mercado europeo, el cual ofrece atractivas oportunidades para los productores mexicanos de este tipo de productos.

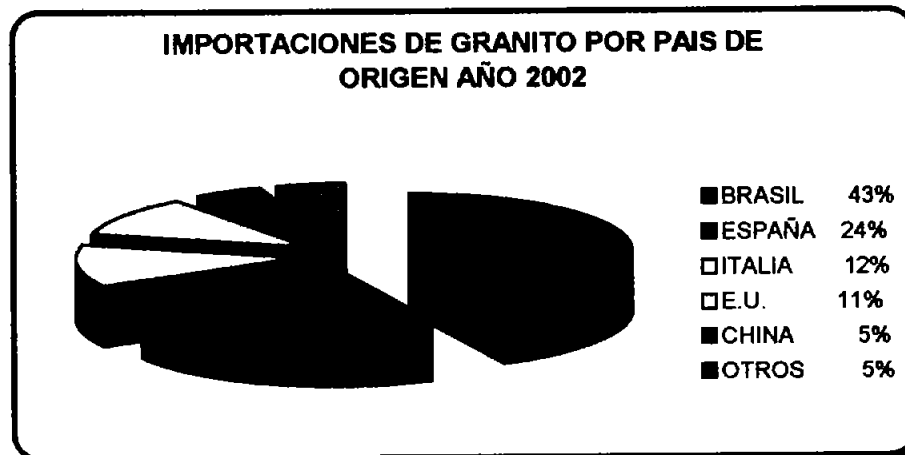


Fig. 5.5 Importaciones de granito por país de origen. Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía (antesSECOFI).

La balanza comercial del granito históricamente ha mostrado un saldo deficitario, con excepción del superávit registrado en 1997 y 1998, en los que se realizaron ventas masivas de la fracción 251612

principalmente a Italia. El 2002 registró un déficit por 6.9 millones de dólares, 39% mayor con relación a 2001, Fig. 5.5.

5.8.2 Mercado Norteamericano

Producción

La producción de rocas dimensionables en Estados Unidos en el 2001 se situó en 1.22 millones de toneladas con un valor de 263 millones de dólares, representando un incremento en valor respecto a 2000 de 12%. Del total de rocas dimensionables producidas, 1,220,000 toneladas (33%) correspondieron al granito con un valor de 107 millones de dólares. Los principales estados productores son: California, Massachussets, Carolina del Sur y Wisconsin los cuales aportan el 47% de la producción nacional. En 2002, la producción de granito presentó un decremento del 2%. Las principales empresas productoras de granito son Buechel Stone Corp., Cold Spring Granite, Fletcher Granite, Oolitic Víctor Stone Co. y Rock of Ages, que en conjunto producen casi el 29% del total de Estados Unidos.

Los principales usos del granito fueron roca tallada para monumentos (38%), bloques de granito en bruto para construcción (12%), guarniciones (31%), piedra escuadrada y piezas parcialmente cuadradas (2%) y otros (17%).

Comercio Exterior

Las exportaciones de rocas dimensionables en 2001 se incrementaron 23% respectó al 2000, equivalente a 74 millones de dólares; las importaciones de rocas dimensionables para consumo por su parte registraron un incremento del 9% respecto al mismo año, por 107 millones de dólares. El granito ocupó el 66% del valor total de las exportaciones de rocas dimensionables, cuyo principal destino fue China. El tipo de granito comprado por EU varía en cuanto a presentación, destacando la demanda de productos terminados. El valor promedio del granito se ubicó en 262 dólares por tonelada. Los países que venden granito a Estados Unidos por orden de importancia son Italia, Brasil, India, Canadá, China, España y México.

Exportaciones Mexicanas al Mercado Norteamericano

Actualmente la industria mexicana del granito tiene un importante potencial. Uno de sus principales destinos es el mercado estadounidense.

Los documentos de entrada a este mercado son: pedimento de exportación, certificado del transportista, manifiesto de entrada (FAD. 7533), factura comercial, lista de empaque y certificado de origen.

No obstante tales ventajas, es necesario tomar en cuenta el problema que han tenido los compradores americanos al adquirir mármol y otras rocas naturales de México. Para encontrar suficientes volúmenes, variedad de colores y llenar un pedido, un distribuidor estadounidense tiene que trabajar en un embarque con diferentes productores frecuentemente separados unos de otros por cientos de kilómetros y establecer los parámetros de control de calidad y diferentes formas de negociación.

Con el objeto de contrarrestar esta problemática se la Secretaría de Economía (antes SECOFI) identifica la siguiente estrategia general:

Seleccionar sólo aquellas canteras que cuenten con la técnica para producir bloques con estándares de calidad.

Identificar y negociar con empresas financieramente seguras y plantas que tengan suficiente procesamiento, con un registro probado de control de proceso estadístico.

Desarrollar e implementar un sistema de inspección de la producción y control de calidad para asegurar que todo el material reúna las normas estrictas requeridas en el mercado internacional.

Asegurar un inventario adecuado de todos los materiales en un almacén central cerca de la frontera.

Desarrollar e implementar un sistema de promoción y comunicación para informar al mercado y compradores potenciales de una amplia variedad de nuevos colores y excelente calidad del material.

Implementar un sistema de comunicación de servicio dinámico al cliente para proveer rápidamente la información sobre cualquier pregunta.

5.9 COMERCIALIZACIÓN

5.9.1 Canales de Distribución

Productor

En el caso del mercado nacional, se procesa el producto y se realiza la venta a un distribuidor o comercializador.

Distribuidor o Comercializador

Colocará el producto al alcance del consumidor final. Para el mercado internacional, en algunas ocasiones existe un paso intermedio, que es el de los "**brokers**" que constituyen un lazo entre los productores nacionales y los distribuidores en el extranjero.

El **broker** es generalmente un mayorista o comisionista, que busca mercancía y la coloca en el mercado. En el mercado estadounidense es común la intermediación de este tipo. Comercializar mediante esta vía tiene sus ventajas y sus desventajas. Las ventajas se refieren más bien al volumen vendido, ya que generalmente los brokers atienden grandes proyectos o distribuciones de gran tamaño; sin embargo, las condiciones de pago y de precio son más castigadas que la venta directa al distribuidor establecido en el extranjero. El broker trabaja y gana de la mercancía de los productores y siempre tratará de invertir la menor cantidad de dinero posible.

5.9.2 Actividades Productivas

Empaque: Para la comercialización del granito es importante un adecuado embalaje del producto, ya que una pieza que se rompa implica pérdida del producto y del costo de transporte, lo que puede ocasionar la pérdida del cliente o del mercado. También se recomienda un empaque fuerte, como los canastos de madera que ayudan a prevenir fracturas, rasgaduras, manchas y rupturas en las puntas de las rocas durante el transporte.

Promoción y ventas: Para efectos de promoción es recomendable participar en ferias, viajes de promoción y misiones comerciales, considerando la elaboración de folletos en inglés que cuenten con una descripción completa del producto, características, precio de venta y disponibilidad, así como anunciarse en revistas y participar en exposiciones especializadas.

Es conveniente mantener el servicio de post-venta para supervisar y evaluar la satisfacción del cliente, y de este modo tener mayor posibilidad de incrementar el volumen de ventas.

Comercialización: Los productores nacionales de rocas dimensionables operan con bajos niveles de inventario, lo cual limita su incursión en los mercados internacionales.

Por lo tanto, para satisfacer la demanda de grandes volúmenes es recomendable asegurar un mayor inventario del producto, mediante la integración de los productores con estándares de calidad o mediante un broker, garantizando la disponibilidad, calidad, variedad y homogeneidad del producto.

5.9.3 Principales Formas de Comercialización del Granito

Bloque: Con Dimensiones mínimas de 2.8x1.5x1.5m. Estas medidas dependen del equipo disponible para su transformación. Generalmente para la fabricación de parquet, se trabaja con bloques de 3.0x1.9x1.9m.

Placas y láminas: Talladas y pulidas con dimensiones que dependen de los requerimientos del cliente y que normalmente son mayores a las del parquet.

Parquet: Se presenta en medidas estándares en el mercado nacional e internacional, con pequeñas diferencias de espesor en algunos mercados europeos. Las siguientes medidas utilizadas en el mercado estadounidense, fueron proporcionadas por los empresarios nacionales que exportan estos materiales. Además, con los materiales de recuperación, se hacen tiras o duelas a todo lo largo de este material.

Medida estándar: 12"x12"x3/8" (30.5x30.5x0.95 cm)

Medidas de recuperación: Duela de 10, 15 y 20 x 0.95 cm.

Fuente: Hernández-Godoy, José Antonio, 1998, "Estudio de Mercado de Rocas Dimensionables" Archivo Técnico, FIFOMI.

5.9.4 Canales de Comercialización

Se pueden presentar 2 canales de comercialización de acuerdo con el siguiente diagrama, Fig. 5.6.

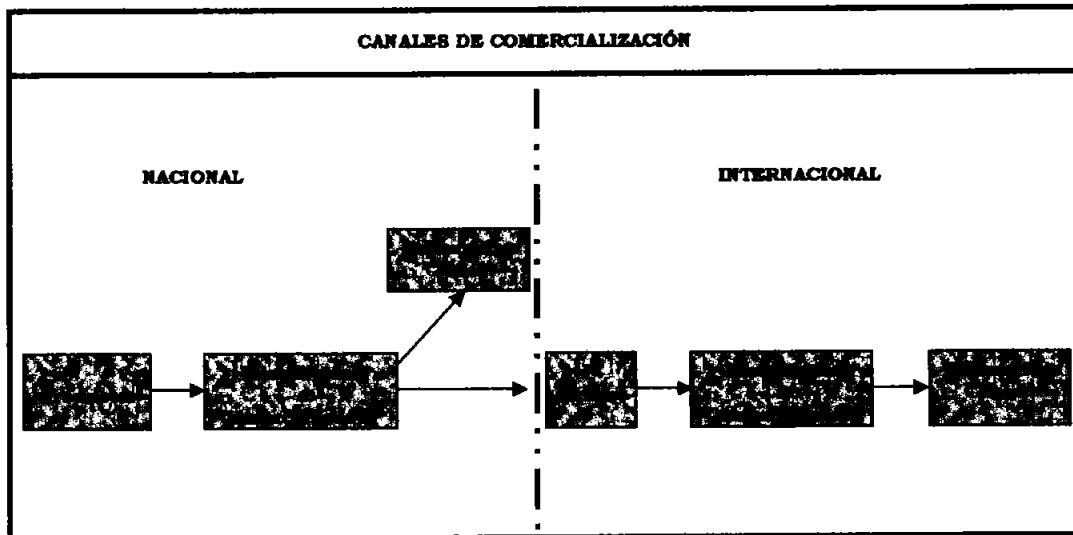


Fig5.6 Diagrama de comercialización para rocas dimensionables.

5.9.5 Cuadros Estadísticos.

La balanza comercial del granito históricamente ha mostrado un saldo deficitario con excepción del superávit registrado en 1997 y 1998, en los que se realizaron ventas masivas de la fracción 251612 principalmente a Italia. El 2002 registró un déficit por 6.8 millones de dólares, 39% mayor con relación a 2001, Tabla 5.5.

BALANZA COMERCIAL DE GRANITO 1996-2002							
DOLARES							
AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
EXPORTACIONES	453,509	11,646,327	7,258,437	1,703,637	2,130,591	1,852,465	1,458,413
IMPORTACIONES	4,607,549	3,677,671	4,656,650	5,113,623	4,425,714	5,962,050	8,227,614
SALDO	-4,154,040	7,968,656	2,801,787	-3,409,986	-2,295,123	-4,109,585	-6,769,201
<i>Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía</i>							

Tabla 5.5 Balanza comercial de granito en dólares, para los años comprendidos entre 1996-2002.

Los principales países a los que se dirigen las exportaciones mexicanas de granito son Italia, Estados Unidos, Puerto Rico, y Guatemala.

En las tablas 5.6 y 5.7 que se muestran en seguida, pueden apreciarse las exportaciones mexicanas de granito por país de destino en dólares y en toneladas que se registraron para los años comprendidos entre 1996-2002.

EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE DESTINO 1996-2002							
DOLARES							
PAIS	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
ITALIA	4,296	10,987,598	5,638,619	1,017,349	1,061,163	978,044	860,699
ESTADOS UNIDOS	403,747	598,951	996,317	581,158	911,924	820,879	562,774
PUERTO RICO	2,121	11,777	28,507	0	16,600	7,692	23,225
GUATEMALA	37,029	17,901	17,424	34,688	112,739	12,238	11,715
JAPON	0	0	0	0	0	0	0
ESPAÑA	0	0	0	0	0	0	0
ARABIA	0	0	0	2,940	0	0	0
BELGICA	0	13,430	554,539	20,310	0	0	0
BELICE	0	0	0	0	0	0	0
BRASIL	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	6,316	16,670	23,031	47,192	28,165	33,612	0
TOTAL	453,509	11,646,327	7,258,437	1,703,637	2,130,591	1,852,465	1,458,413

Fuente: Sistema de Información Comercial de Mexico (SICM).
Secretaría de Economía.

Tabla 5.6 Exportaciones mexicanas de granito por país de destino en dólares, para los años comprendidos entre 1996-2002.

EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE DESTINO 1996-2002							
TONELADAS							
PAIS	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
ITALIA	25	1,831	5,291	7,415	10,853	9,819	11,014
ESTADOS UNIDOS	1,189	1,930	1,717	3,169	1,796	1,936	2,044
PUERTO RICO	2	21	80	0	60	80	155
GUATEMALA	138	7	6	55	122	17	17
JAPON	0	0	0	0	0	0	0
ESPAÑA	0	0	0	0	0	0	0
ARUBA	0	0	0	18	0	0	0
BELGICA	0	79	40	124	0	0	0
BELICE	0	0	0	0	0	0	0
BRASIL	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	20	49	114	23	120	160	0
TOTAL	1,374	3,917	7,248	10,804	12,951	12,012	13,230

Fuente: Sistema de Información Comercial de Mexico (SICM).
Secretaría de Economía.

Tabla 5.7 Exportaciones mexicanas de granito por país de destino en toneladas, para los años comprendidos entre 1996-2002.

En las tablas 5. y 5. que se muestran a continuación, pueden apreciarse las importaciones mexicanas de granito por país de origen en dólares y en toneladas que se registraron para los años comprendidos entre 1996-2002.

IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAÍS DE ORIGEN 1996-2002							
DOLARES							
PAÍS	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
BRASIL	1,340,109	1,533,807	1,407,030	1,620,635	1,660,271	1,937,119	3,555,914
ESPAÑA	1,222,534	381,811	684,801	763,852	633,181	1,303,817	1,956,185
ITALIA	654,302	947,463	1,428,657	1,313,921	725,449	1,158,616	999,072
ESTADOS UNIDOS	646,960	288,132	256,816	371,435	596,895	920,991	898,356
ARGENTINA	536,988	255,728	629,265	786,497	482,785	210,478	290,776
NORUEGA	77,773	44,266	11,780	51,749	28,882	22,726	36,190
INDIA	32,237	91,702	34,723	31,517	8,246	9,760	25,251
CANADA	3,389	42,774	157,101	84,241	81,483	136,38	75,919
CHINA	0	835	3,061	20,126	62,644	77,902	380,216
SINGAPUR	0	0	0	0	0	48,074	0
ALEMANIA	44,178	24,711	0	0	0	5,680	0
ZIMBABWE	0	0	0	0	0	0	6,646
JAPON	606	0	2,370	0	405	2,086	0
TAIWAN	0	0	2,442	443	420	0	3,089
ISRAEL	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	49,079	66,442	38,604	69,207	145,053	128,421	0
TOTAL	4,607,549	3,677,671	4,656,650	5,113,623	4,425,714	5,962,050	8,227,614

*Fuente: Sistema de Información Comercial de Mexico (SICM).
Secretaría de Economía.*

Tabla 5.8 Importaciones mexicanas de granito por país de origen en dólares, para los años comprendidos entre 1996-2002.

Como puede apreciarse, las grandes importaciones de granito mexicanas provienen de Brasil, España, Italia, Estados Unidos y Argentina.

IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAÍS DE ORIGEN 1996-2002							
TONELADAS							
PAÍS	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
BRASIL	1,441	1,912	2,097	3,495	4,78	5,829	8,849
ESPAÑA	1,179	593	1,312	1,578	1,717	2,453	3,840
ITALIA	1,205	1,253	2,240	1,711	1,179	1,799	1,751
ESTADOS UNIDOS	1,314	1,311	984	533	1,629	1,381	839
ARGENTINA	671	339	918	1,225	665	434	499
NORUEGA	189	106	28	111	81	73	76
INDIA	22	96	48	47	21	23	63
CANADA	3	25	147	78	71	77	59
CHINA	0	1	1	37	90	95	883
SINGAPUR	0	0	0	0	0	36	0
ALEMANIA	1	21	0	0	0	1	0
ZIMBABWE	0	0	0	0	0	0	6
JAPON	0	0	2	0	1	1	0
TAIWAN	0	0	1	1	1	0	1
ISRAEL	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	50	83	71	61	270	151	0
TOTAL	6,076	5,742	7,849	8,877	10,505	12,352	16,867

*Fuente: Sistema de Información Comercial de Mexico (SICM).
Secretaría de Economía.*

Tabla 5.9 Importaciones mexicanas de granito por país de origen en toneladas, para los años comprendidos entre 1996-2002.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El granito de Xaltianguis es un plutón que tiene características esenciales para ser trabajado como una roca dimensionable.

- Los estudios petrográficos caracterizan al Granito Xaltianguis como una roca con textura holocristalina, hipidiomórfica, alotriomórfica, equigranular de grano grueso, con una asociación mineralógica principal formada por cuarzo, plagioclasas y feldespato potásico. Considerando el diagrama triangular de Streckeisen (1976) se clasifica a la roca como un monzogranito y granodiorita.

- En base a las pruebas petrofísicas realizadas, según la ASTM (American Society for Testing and Materials) el granito Xaltianquis cumple con la designación C 615-68, por lo cual puede ser usado en la industria de la construcción en el recubrimiento de pisos y fachadas.
- No cumple con la designación C 615-68 dictada por la ASTM (American Society for Testing and Materials), por lo cual no puede ser usado como bloques para construcción debido al método de explotación actualmente usado en la localidad.
- De los caminamientos realizados se definieron dos sistemas de fracturamiento principales, así como un color y textura homogéneos en el área que cubre el granito.
- De acuerdo al COREMI (Consejo de Recursos Minerales) que estima un volumen total de 3,500,000 m³, la zona cuenta con un potencial importante dentro del área de estudio.
- La comunidad de Piedra Imán cuenta con la infraestructura adecuada para la explotación de sus bancos de material por roca dimensionable.
- Las vías de comunicación y la cercanía del puerto de Acapulco, de acuerdo a la ubicación geográfica de los bancos de material, disminuyen los costos de transporte, facilitando la pronta distribución en el mercado nacional y extranjero.
- Desde el año de 1999 hasta hoy la Balanza Comercial de México muestra un saldo deficitario, pues son mayores las importaciones que las exportaciones.
- En la actualidad el granito representa el 40 % del movimiento mundial de rocas dimensionables, por lo que las aportaciones al Mercado Internacional deben incrementarse.
- Las principales exportaciones mexicanas de granito son: En primer lugar a Italia con un 59 %, en segundo lugar a Estados Unidos con un 38%. Así mismo las exportaciones hacia el Caribe y Centro América se han incrementado notablemente en los últimos años.

- La comunidad de Piedra Imán se beneficiará social y económicamente con la explotación de estos bancos de material, lo que propiciará la exploración y explotación de predios adjuntos.

6.2 RECOMENDACIONES

- En el área de estudio existen bancos de material abandonados para los cuales se recomienda un estudio detallado para la cubicación y cálculo de reservas.
- Se recomienda un programa de explotación directa a corto plazo para delimitar las zonas donde el granito presenta mejor calidad.
- Como la actividad de explotación de rocas dimensionables no es propia de la zona de estudio, se sugiere la capacitación de personal para desempeñar esta actividad.
- La adquisición de tecnología a base de cable diamantado para la cantera, economizará de manera considerable la explotación de la roca granítica por las ventajas que ofrece al obtener bloques homogéneos y listos para ser procesados.
- Se sugiere buscar un crédito nacional y extranjero, siendo éste último menor al 49% del total de la inversión, comprometiendo la participación mayoritaria por parte de inversionistas nacionales, para llevar a cabo la explotación de los bancos de material.
- Aprovechando la gran producción de rocas dimensionables que se procesa actualmente en México y las grandes ventajas que ofrece tener una frontera directa con Estados Unidos, se recomienda ampliar el mercado Internacional con este país.

BIBLIOGRAFÍA

- Alaniz - Alvarez, S.A., 1988, "**Geología y Petrología del Complejo Xolapa en La Barranca de Xolapa, Edo. de Guerrero**" UNAM, Facultad de Ingeniería. Tesis de Ingeniero Geólogo, 52 p.
 - Bustos-Díaz Jose Luis, Werrw-Keeman Frits J.; 2001 "**Síntesis Geológica y Evolución Tectónica del Terreno Xolapa Edo. de Gro.**" Boletín Técnico, COREMI; p 2-23.
 - Calva-Guerra, Rosaura, 1996, "**Naturaleza Petrológica y Geoquímica del Intrusivo de Acapulco, Edo. de Guerrero**" UNAM, Facultad de Ingeniería, Tesis de Ingeniero Geólogo, 82 p.
 - Campa M.F. & Coney P.J., 1983, "**Tectonostratigraphic Terranes and Mineral Resources Distributions in Mexico**" Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 26, p.p. 1040-1051.
 - Consejo de Recursos Minerales, (COREMI). "**Los Granitos de México**", Inventario de Rocas Dimensionables.
 - Consejo de Recursos Minerales (COREMI). "**Monografía Geológico Minera del Estado de Guerrero**".
 - Correa-Mora, Francisco 1997, "**Estudio Petrológico y Geoquímica del Complejo intrusivo de Xaltianguis, Guerrero México**" UNAM, Facultad de Ingeniería, Tesis de Ingeniero Geólogo, p. 42.
-

- De Cserna Z., Schmitter E., Damon P.E., Livingstong D.E. y Kulp J.L., 1962, "**Edades Isótópicas de Rocas Metamórficas Del Centro y Sur de Guerrero y De Una Monzonita Cuarcifera del Norte de Sinaloa**" UNAM, Instituto de Geología. Boletín Geológico Num. 64.
- De Cserna Z. 1956, "**Ruta: Chilpancingo-Acapulco, Guerrero: México, D.F.**", Congreso Geológico Internacional, 20, Libro-guia de las excursiones A-9 y C-12. publicado en el Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 9, p. 409-431.
- De Cserna Z., 1965, "**Reconocimiento Geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, Edo. de Guerrero**" UNAM, Instituto de Geología. Boletín Geológico Num. 62. p.p. 1-77.
- Guerrero García J.C., Silver L.T., Anderson T. H., 1978, "**Estudio Geocronológicos en el Complejo Xolapa**" Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Num. 39. p.p. 22-23.
- Hernández-Godoy, José Antonio, 1998, "**Estudio de Mercado de Rocas Dimensionables**" Archivo Técnico, FIFOMI.
- Hernández-Godoy, José Antonio, 1998, "**Métodos de Explotación para Rocas Dimensionables**" Archivo Técnico, FIFOMI.
- Herrman U.R., Nelson B. K. Ratschbacher L., 1994, "**The Origen of a Terrane: U/Pb Zircon Geochronology and Tectonic Evolution of the Xolapa Complex (Southern Mexico)**" Tectonics, Vol. 3. Num. 2. p.p. 455-474.
- José de Jesús Vizcaino Limón, "**Explotación del Yacimiento de Travertino de San Martín Esperilla, Puebla Pue.**" UNAM. Facultad e Ingeniería. Tesis de Ingeniero de Minas y Metalurgista, p. 120.
- Keer P.F., 1977, "**Optical Mineralogy**" Fourth Edition, Mc Graw - Hill Inc. p. 492.
- Moran-Zenteno D. J., 1992, "**Investigaciones Isotópicas de Rb/Sr y Sm/Nd en Rocas Cristalinas de la Región de Tierra**

Colorada -Acapulco - Cruz Grande, Edo. de Guerrero UNAM. UACP y P. Instituto de Geofísica, Tesis Doctoral, p. 186.

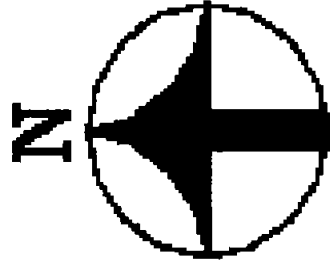
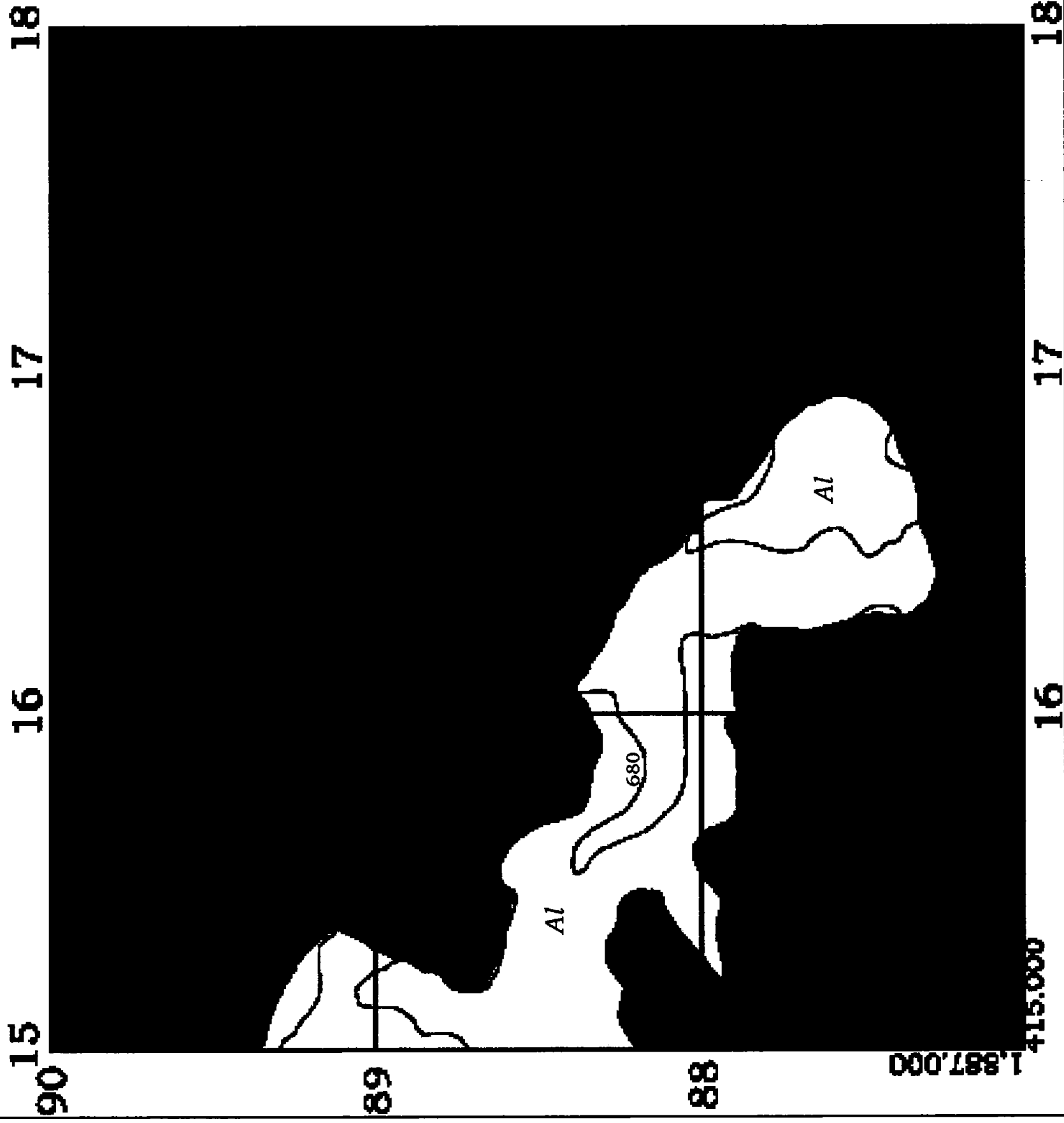
- Moran-Zenteno D.J., Schapf P., Kohler H. Buhnel, 1993 **"Consideraciones acerca de la Petrogénesis de los Intrusivos de La Región de Acapulco, basadas en datos Isotópicos de Sm y Nd. Contribución a la Tectónica del Occidente de México"** Unión Geofísica Mexicana, Monografía Num. 1, p.p. 305-326.
- Negendank J.F.W. ét. al., 1987, **"The Granitoid Complexes of Acapulco, Xaltianguis and Ocotito (Sierra Madre del sur de México)"** Zbl Geol. Paleont. Teil I, p.p. 705-718.
- Ortega-Gutierrez, F., 1981, **"Metamorphic Belts of Southern Mexico and their Tectonic Significance"** Geofísica Internacional, Vol.20, Num. 3, p.p.177-207.
- Schaf, Petter; Morán-Zenteno, D.J., Hernandez-Bernal, M.S., Solis-Pichardo, Gabriela, Tolson, Gustavo: 1995, **"Paleogene Continental Margin Truncation in Southwestern Mexico Geochronological Evidence"**; Tectonics, V. 14, num 5, p. 1339-1350.
- Sedlock, R.L; Ortega-Gutiérrez, Fernando; y Speed, R.C., 1993. **"Tectonostratigraphic Terranes and Tectonic Evolution of Mexico"**; Geological Society of America Special Paper, 278, 253 p.
- **Sistema de Información Comercial de México (SICM)**. Secretaría de Economía (antesSECOFI).
- Ratschbacher L., Riller U., Meschede M., 1991, **"Second Look at Suspect Terranes in Southern of Mexico"** Geology, Vol. 19, p.p. 1233-1236.
- Tolson, Gustavo; Solis-Pichardo, Gabriela; Urrutia-Fucuguachi, Jaime; Morán-Zenteno, D.J., 1997. **"La distorsión interna de la zona milonítica Chacalapa - una zona de cizalla transtensiva entre los terrenos Xolapa y Zapoteco en el sur de Oaxaca"**; Convención sobre la evolución Geológica de México, 2ª, Pachuca, Resúmenes, p 80 (resumen).

PAGINAS WEB CONSULTADAS

- <http://www.bocattanet.com>
- <http://www.cananeo.com>
- <http://www.coremisgm.gob.mx>
- <http://www.economia.gob.mx>
- <http://www.granitos-galicia.com>
- <http://www.granitos-maceira.com>
- <http://www.marmolesygranitos.com>
- <http://www.mineranet.com>

ANEXO MAPAS

MAPA 2 GEOLOGIA



SIMBOLOGIA

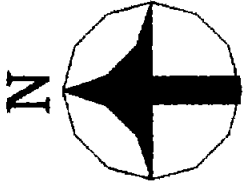
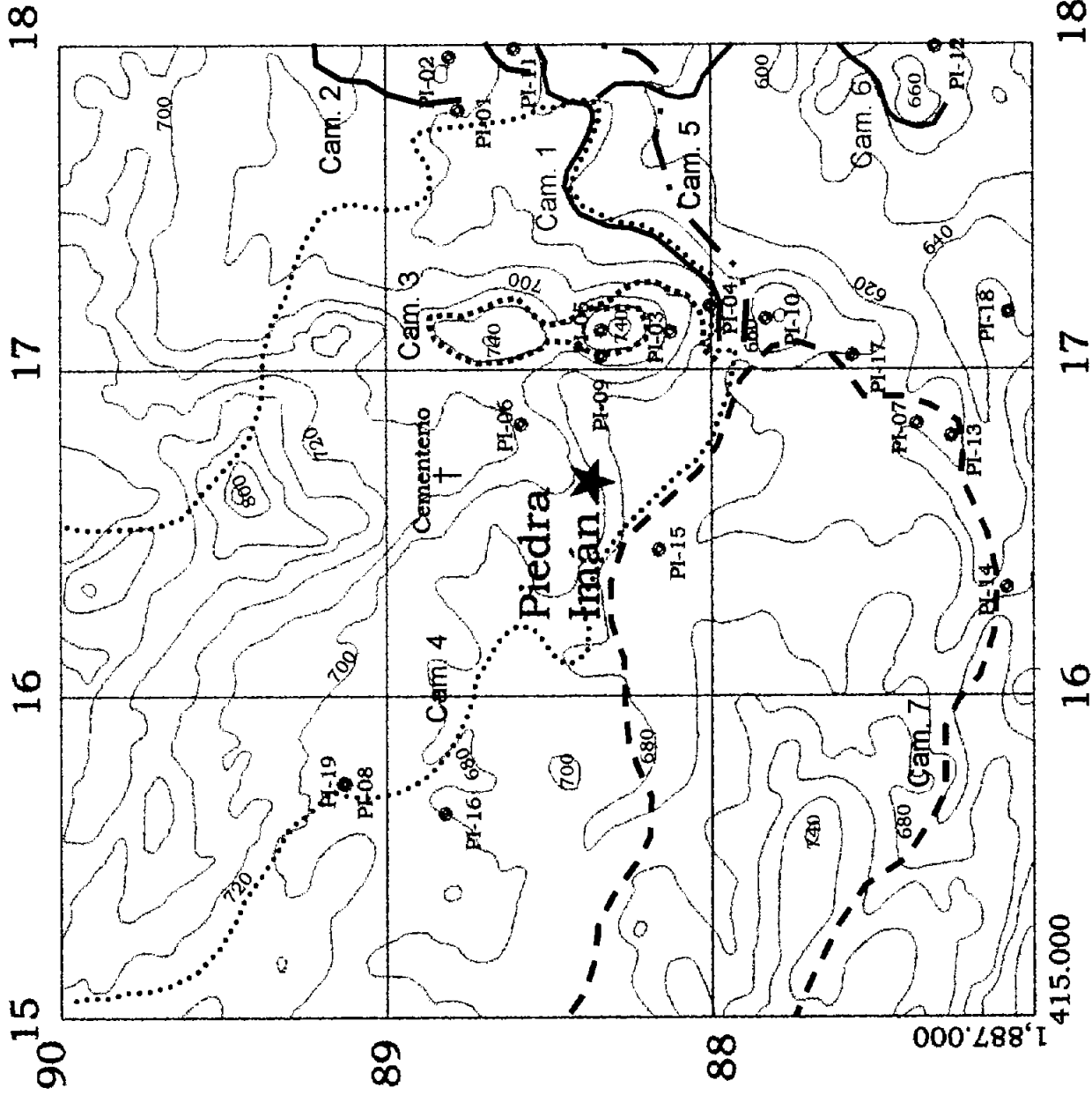
	Aluvión
	Pegmatitas
	Cuerpo de Fe.
	Granito Sano
	Granito Intemperizado
	Flecky-Gneis
	Poblado
	Curvas de Nivel
	Mina Abandonada
	Banco de Material

0 500 m 1000 m

Escala

Gerardo Ochoa Alfaro
Facultad de Ingeniería
UNAM

MAPA 1 PUNTOS DE LOCALIZACION



SIMBOLOGIA

- ★ POBLADO
- PI-15 PUNTOS DE LOCALIZACION
- CURVAS DE NIVEL
- Caminamiento 1
- Caminamiento 2
- Caminamiento 3
- Caminamiento 4
- Caminamiento 5
- Caminamiento 6
- Caminamiento 7

Gerardo Ochoa Alfaro
Facultad de Ingeniería
UNAM

ANEXO TABLAS

CUADROS ESTADISTICOS DE GRANITO 1993-2002

CUADRO 1: BALANZA COMERCIAL DE GRANITO 1993-2002 (DOLARES)

BALANZA COMERCIAL DE GRANITO 1993-2002 DOLARES										
AÑO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
EXPORTACIONES	448,653	321,068	563,074	453,509	11,646,327	7,258,437	1,703,637	2,130,591	1,852,465	1,458,413
IMPORTACIONES	5,770,336	8,105,701	3,762,565	4,607,549	3,677,671	4,656,650	5,113,623	4,425,714	5,962,050	8,227,614
SALDO	-5,321,683	-7,784,633	-3,199,491	-4,154,040	7,968,656	2,601,787	-3,409,986	-2,295,123	-4,109,585	-6,769,201
<i>Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía</i>										

**CUADRO 2: EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR FRACCIÓN ARANCELARIA
1993-2002 (DOLARES)**

EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR FRACCIÓN ARANCELARIA 1993-2002 DOLARES											
FRACCIÓN	CONCEPTO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
251611	Granito en bruto o debastado	0	4,900	0	796	0	0	17,798	518	948	0
251612	Granito troceado en bloques o placas cuadradas o rectangulares	2,870	8,386	4,457	12,480	11,096,057	6,802,998	1,262,272	1,375,522	1,267,064	1,137,746
680223	Granito como piedra de talla o de construcción y sus mano-facturas, talladas o aserradas, con superficie plana o lisa. Placas de granito lustradas para recuadrar.	292,010	285,524	456,476	371,851	478,785	421,535	300,105	510,987	397,376	154,405
680293	Los de más granitos	153,773	22,258	102,141	68,382	71,485	33,904	123,462	243,564	187,077	166,262
	Total	448,653	321,068	563,074	453,509	11,646,327	7,258,437	1,703,637	2,130,591	1,852,465	1,458,413
Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía											

**CUADRO 3: EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR FRACCIÓN ARANCELARIA
1993-2002 (TONELADAS)**

EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR FRACCIÓN ARANCELARIA 1993-2002 TONELADAS											
FRACCIÓN	CONCEPTO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
251611	Granito en bruto o debastado	0	21	0	7	0	0	2,001	2	12	0
251612	Granito troceado en bloques o placas cuadradas o rectangulares	22	2	2	59	2,156	5,987	8,371	12,619	11,676	12,981
680223	Granito como piedra de talla o de construcción y sus manufacturas, talladas o aserradas, con superficie plana o lisa. Placas de granito lustradas para recuadrar.	595	979	1,506	1,266	1,712	1,249	341	166	255	91
680293	Los de más granitos	133	8	150	42	49	12	91	164	69	158
	Total	751	1,010	1,658	1,374	3,917	7,248	10,804	12,951	12,012	13,23
Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía											

**CUADRO 4: EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE DESTINO
1993-2002 (DOLARES)**

EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE DESTINO 1993-2002 DOLARES										
PAIS	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
ITALIA	0	0	0	4,296	10,987,598	5,638,619	1,017,349	1,061,163	978,044	860,699
ESTADOS UNIDOS	426,314	316,314	472,529	403,747	598,951	996,317	581,158	911,924	820,879	562,774
PUERTO RICO	0	4,393	0	2,121	11,777	28,507	0	16,600	7,692	23,225
GUATEMALA	0	0	88,523	37,029	17,901	17,424	34,688	112,739	12,238	11,715
JAPON	1,704	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESPAÑA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARABIA	0	0	0	0	0	0	2,940	0	0	0
BELGICA	0	0	0	0	13,430	554,539	20,310	0	0	0
BELICE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRASIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	20,635	361	2,022	6,316	16,670	23,031	47,192	28,165	33,612	0
TOTAL	448,653	321,068	563,074	453,509	11,646,327	7,258,437	1,703,637	2,130,591	1,852,465	1,458,413

Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM).
Secretaría de Economía

**CUADRO 5: EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE DESTINO
1993-2002 (TONELADAS)**

EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE DESTINO 1993-2002 TONELADAS										
PAIS	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
ITALIA	0	0	0	25	1,831	5,291	7,415	10,853	9,819	11,014
ESTADOS UNIDOS	704	1,007	1,513	1,189	1,930	1,717	3,169	1,796	1,936	2,044
PUERTO RICO	0	2	0	2	21	80	0	60	80	155
GUATEMALA	0	0	144	138	7	6	55	122	17	17
JAPON	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESPAÑA	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0
ARUBA	0	0	0	0	0	40	124	0	0	0
BELGICA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BELICE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRASIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	25	1	1	20	49	114	23	120	160	0
TOTAL	751	1,010	1,658	1,374	3,917	7,248	10,804	12,951	12,012	13,230

Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM).
Secretaría de Economía

**CUADRO 6: IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR FRACCIÓN ARANCELARIA
1993-2002 (DOLARES)**

IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR FRACCIÓN 1993-2002 DOLARES											
FRACCIÓN	CONCEPTO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
25161101	Granito en bruto o debastado	24,357	11,350	242,496	24,652	41,145	44,054	5,311	32,964	7,916	38,077
	Granito troceado en bloques o placas cuadradas o rectangulares	555,924	631,128	291,066	567,909	317,700	278,814	306,748	206,202	299,241	245,206
68022301	Granito como piedra de talla o de construcción y sus manufacturas, talladas o aserradas, con superficie plana o lisa. Placas de granito lustradas para recuadrar.	3,559,843	5,639,848	2,685,407	3,735,790	2,779,455	3,989,495	4,302,524	3,632,839	4,589,659	6,815,488
68029301	Los de más granitos	1,630,212	1,823,375	543,596	279,198	539,371	344,287	499,040	553,709	1,065,234	1,128,843
	Total	5,770,336	8,105,701	3,762,565	4,607,549	3,677,671	4,656,650	5,113,623	4,425,714	5,962,050	8,227,614
Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía											

**CUADRO 7: IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR FRACCIÓN ARANCELARIA
1993-2002 (TONELADAS)**

IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR FRACCIÓN 1993-2002 TONELADAS											
FRACCIÓN	CONCEPTO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
25161101	Granito en bruto o debastado	98	9	573	237	840	125	3	79	6	77
25161201	Granito troceado en bloques o placas cuadradas o rectangulares	2,653	2,471	959	1,132	737	893	753	1,355	772	431
68022301	Granito como piedra de talla o de construcción y sus manufacturas, talladas o aserradas, con superficie plana o lisa. Placas de granito lustradas para recuadrar.	3,953	5,761	2,822	4,258	3,664	6,269	7,657	8,328	9,894	15,132
68029301	Los de más granitos	1,678	1,388	428	449	501	562	464	743	1,682	1,227
	Total	8,382	9,629	4,782	6,076	5,742	7,849	8,877	10,505	12,352	16,867
Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía											

CUADRO 8: IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE ORIGEN 1993-2002 (DOLARES)

IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE ORIGEN 1993-2002 DOLARES										
PAIS	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
BRASIL	1,528,735	2,884,701	1,286,752	1,340,109	1,533,807	1,407,030	1,620,635	1,660,271	1,937,119	3,555,914
ESPAÑA	547,117	868,292	308,104	1,222,534	381,811	684,801	763,852	633,181	1,303,817	1,956,185
ITALIA	1,482,985	1,669,173	664,427	654,302	947,463	1,428,657	1,313,921	725,449	1,158,616	999,072
ESTADOS UNIDOS	1,026,162	1,246,613	511,417	646,960	288,132	256,816	371,435	596,895	920,991	898,356
ARGENTINA	889,043	797,302	551,865	536,988	255,728	629,265	786,497	482,785	210,478	290,776
NORUEGA	0	0	233,059	77,773	44,266	11,780	51,749	28,882	22,726	36,190
INDIA	52,628	79,421	1,469	32,237	91,702	34,723	31,517	8,246	9,760	25,251
CANADA	107,052	0	39,295	3,389	42,774	157,101	84,241	81,483	136,38	75,919
CHINA	3,640	33,416	85,854	0	835	3,061	20,126	62,644	77,902	380,216
SINGAPUR	0	4,929	0	0	0	0	0	0	48,074	0
ALEMANIA	1,348	132,518	290	44,178	24,711	0	0	0	5,680	0
ZIMBABWE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,646
JAPON	0	2,904	11,123	606	0	2,370	0	405	2,086	0
TAIWAN	0	30,454	2,989	0	0	2,442	443	420	0	3,089
ISRAEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	131,626	355,978	66,211	49,079	66,442	38,604	69,207	145,053	128,421	0
TOTAL	5,770,336	8,105,701	3,762,565	4,607,549	3,677,671	4,656,650	5,113,623	4,425,714	5,962,050	8,227,614
Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía										

CUADRO 9: IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE ORIGEN 1993-2002 (TONELADAS)

IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRANITO POR PAIS DE ORIGEN 1993-2002 TONELADAS										
PAIS	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
BRASIL	1,826	2,942	1,404	1,441	1,912	2,097	3,495	4,78	5,829	8,849
ESPAÑA	716	946	424	1,179	593	1,312	1,578	1,717	2,453	3,840
ITALIA	1,835	1,895	760	1,205	1,253	2,240	1,711	1,179	1,799	1,751
ESTADOS UNIDOS	2,502	2,461	876	1,314	1,311	984	533	1,629	1,381	839
ARGENTINA	1,056	809	567	671	339	918	1,225	665	434	499
NORUEGA	0	0	565	189	106	28	111	81	73	76
INDIA	58	104	2	22	96	48	47	21	23	63
CANADA	175	0	28	3	25	147	78	71	77	59
CHINA	24	34	87	0	1	1	37	90	95	883
SINGAPIUR	0	1	0	0	0	0	0	0	36	0
ALEMANIA	1	14	0	1	21	0	0	0	1	0
ZIMBABWE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
JAPON	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0
TAIWAN	0	21	2	0	0	1	1	1	0	1
ISRAEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	188	401	67	50	83	71	61	270	151	0
TOTAL	8,382	9,629	4,782	6,076	5,742	7,849	8,877	10,505	12,352	16,867
Fuente: Sistema de Información Comercial de México (SICM). Secretaría de Economía										

Elaboración de la Secretaría de Economía del Instituto de Estadística y Geografía del Estado de México

4 Al'n.: Ing. Alfredo Victoria Morales

**INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYES DE DESGASTE Y COMPRESION AXIAL
A MUESTRAS DE GRANITO**

Muestra	altura inicial cm	altura final cm	Hi-Hf mm	Desgaste mm/min
GR01-1	21.578	21.492	0.96	0.098
GR01-2	19.828	19.532	0.98	0.098
GR02-1	24.946	24.724	2.22	0.222
GR02-2	23.154	23.028	1.26	0.126
GR03-1	25.292	25.188	1.06	0.106
GR03-2	25.314	25.198	1.16	0.116

Muestra	Area cm ²	Carga maxima kg	Esfuerzo kg/cm ²
GR01-3	29.14	24400.00	837.38
GR01-4	29.15	19519.48	746.59
GR02-3	26.16	12067.48	491.82
GR02-4	25.54	20599.85	808.57
GR03-3	27.71	26065.29	940.67
GR03-4	25.05	25019.87	998.92

Alentamiento
Cd. Universitaria 12 de Octubre de 2004

ING. HECTOR JAVIER SUZMAN



Informe de resultados de los ensayos de desgaste y compresión axial a muestras de granito, proporcionada por el laboratorio de resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería UNAM.