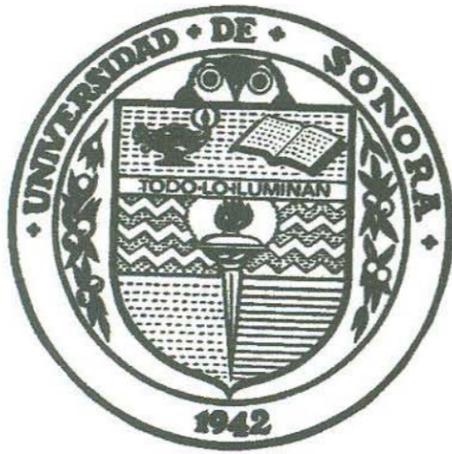


7-700



UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

C. ESCOBAR
11/27

METODOLOGÍA PARA EL CALCULO DE RESERVAS DE LAS MINAS DEL GRUPO MÉXICO EN EL DISTRITO MINERO DE SANTA BARBARA, CHIHUAHUA, MÉXICO.

REPORTE DE TRABAJO PROFESIONAL

Que Para Obtener el Título De: Geólogo.



PRESENTA:

LUIS HUMBERTO MARTÍNEZ GARCÍA

Hermosillo, Sonora, Noviembre de 2003

✓

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

TEL. (662) 259 21 10
FAX 259 21 11

NOMBRE DEL TRABAJO:

**“METODOLOGÍA PARA EL CALCULO DE RESERVAS DE LAS
MINAS DEL GRUPO MÉXICO EN EL DISTRITO MINERO DE
SANTA BARBARA, CHIHUAHUA, MEXICO”**

NOMBRE DEL SUSTENTANTE:

LUIS HUMBERTO MARTINEZ GARCIA

El que suscribe, certifica que ha revisado este trabajo profesional en la Modalidad de **Disertación** y que lo encuentra en forma y contenido adecuado, como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

J. Jose Palafox

M.C. JUAN JOSE PALAFOX REYES

El que suscribe, certifica que ha revisado este trabajo profesional en la Modalidad de **Disertación** y que lo encuentra en forma y contenido adecuado, como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

[Handwritten signature]

GEOL. CARLOS FERNANDO DUARTE GUTIERREZ

El que suscribe, certifica que ha revisado este trabajo profesional en la Modalidad de **Disertación** y que lo encuentra en forma y contenido adecuado, como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

[Handwritten signature]

M.C. ISMAEL MINJAREZ SOSA

ATENTAMENTE
"EL SABER DE MIS HIJOS HARÁ MI GRANDEZA"

M.C. FRANCISCO JAVIER GRIJALVA NORIEGA
Jefe de Departamento



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA
DEPARTAMENTO DE
GEOLOGIA

FJGN*ar

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Tengo tanto que agradecerle por guiar siempre mi camino y hacerme sentir confianza en la vida para continuar, por perdonar mis ofensas y por rodearme siempre de personas buenas y desinteresadas y por no permitir que desviara mis pasos equivocadamente.

A mi Madre

Por su apoyo y consejos, por ser padre y madre a la vez, por su amor incondicional y por tantas cosas que no podría mencionar una a una pero que le demuestro cada vez que la veo.

A mis Hermanos

Los que ya fallecieron Francisco, Lorenzo y el Lupillo mi respeto y amor donde quiera que se encuentren siempre los recuerdo. A mis hermanas que las quiero tanto y que siempre me han apoyado de una u otra forma, pero sobre todo, por ser mis hermanas.

A mi Esposa e Hijas

A mi esposa Cecilia por que ha estado conmigo en las buenas y en las malas, por tenerme paciencia y por que te amo. A mis hijas Daniela, Mónica y mi bodoquito Alma Luisa porque son mi tesoro y mi adoración.

A mis Familiares

A todos en general por brindarme la oportunidad de formar parte de sus vidas. Un especial agradecimiento a mi tío, Don Celso García que ha sido para mi un ejemplo de superación y orgullo familiar. A mi primo Ricardo 'El Guachapori' por apoyarme en esos tiempos tan difíciles que pasamos y que sin embargo no perdimos el sentido de la hermandad.

A mis amigos

A todos les agradezco su apoyo y los buenos momentos que con ellos e pasado. A mis amigos y hermanos los Punalua por la fraternidad y el vinculo tan especial que nos une. Un agradecimiento muy especial a mi hermano del alma Fabián López 'El Pipios' por su apoyo incondicional y por ese aprecio tan especial que nos une desde hace muchísimo tiempo, gracias.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A mi Alma Mater

Por permitirme parte de ella y engrandecerla. Profundamente mi eterno agradecimiento.

A mis Maestros

Que me impulsaron y me dieron todos sus conocimientos y su confianza, por ser nuestro guías, educarnos con amor y paciencia.

A mis maestros sinodales

Gracias por su apoyo y confianza.

A mi Asesor

MC Ismael Minjares por apoyarme en este trabajo y por facilitarme los medios para mi titulación, además de ser mi amigo y darme su confianza.

A Minerales Metálicos del Norte S.A.

Por facilitarme la elaboración de este trabajo. Al Ing. Luis A. Rodríguez Trevizo gerente de la unidad por su confianza y apoyo. Al Ing. Porfirio Pérez Guzmán por sus consejos oportunos y precisos, por su amistad brindada en todo el tiempo que hemos sido compañeros de trabajo y maestría. Gracias.

INDICE

LISTA TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
I.- INTRODUCCIÓN.	10
I.1.- Características y Finalidades del Trabajo.	10
I.2.- Resumen.	10
I.3.- Estudios Previos.	11
II.- GENERALIDADES.	13
II.1.- Localización y Extensión del Área.	13
II.2.- Vías de Acceso	13
II.3.- Flora y Fauna	15
II.4.- Economía y Cultura	15
II.5.- Historia Minera del Distrito	16
II.6.- El Resurgimiento	17
II.7.- Época Moderna	18
III.- GEOGRAFÍA	19
III.1.- Fisiografía	19
III.2.- Hidrografía	19
III.3.- Geomorfología	19
IV.- GEOLOGÍA REGIONAL	22
IV.1.- Estratigrafía	22
IV.2.- Geología del Distrito Minero Santa Bárbara	22
IV.2.1.- Formación Parral	22
IV.2.2.- Andesitas	24
IV.2.3.- Conglomerado	24
IV.2.4.- Riolita	25
IV.2.5.- Grava San Rafael	25
IV.2.6.- Basalto	26

IV.2.7.- Diques	26
IV.2.8.- Diques Riolíticos	26
IV.2.9.- Diques Máficos	27
IV.3.- Geología Estructural	27
IV.3.1.- Estructura Premineralización	29
IV.3.2.- Estructura Postmineralización	29
IV.3.3.- Fallamiento	30
IV.4.- Historia Geológica	30
V.- YACIMIENTOS MINERALES.	33
V.1.- Forma del Yacimiento en Relación con las Estructuras de las Rocas	
Encajonantes	33
V.2.- Mineralogía	33
V.2.1.- Distribución de los minerales	34
V.3.- Paragénesis y Zoneamiento	34
V.4.- Comportamiento de las Estructuras a Profundidad	36
V.5.- Guías de la Mineralización	39
a.- Superficie	39
b.- Interior de la mina	40
V.6.- Edad del Yacimiento	40
V.7.- Hipótesis Genética	41
VI.- METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS.	42
VI.1.- Las Reservas Minerales, Objetivo Principal	42
VI.2.- Bases Para las Estimaciones.	42
VI.3.- Reservas de Mineral.	43
VI.4.- Clasificación de las reservas.	43
VI.4.1.- Mineral Explotable.	44
VI.4.2.- Mineral de Interés.	45
VI.5.- Procedimiento Para el Cálculo de Reservas, Criterios.	47
VI.6.- Comité de Cálculo de Reservas.	49
VI.7.- Nomenclatura de los Bloques.	50
VI.8.- Muestreo.	50

VI.9.- Hoja de Cálculo.	53
VI.10.- Ejemplos Ilustrativos de Varias Situaciones y el Criterio por Aplicarse.	55
VI.11.-Determinación de Promedios	60
1.- Promediando el Ancho de Cada Muestra Individual	63
2.- Promediando Distancias de Influencia Iguales	64
3.- Promediando Distancia de Influencia Desiguales	65
4.- Promediando el Tramo de Muestreo	67
5.- Promedio de Volúmenes y Volumen Total	68
6.- Promedio de Tonelajes de Cualquier Origen “insitu”, Quebrado, Acarreado, etc. Y tonelaje total	70
VI.12.- Generalidades Sobre la Forma y Tamaño de los Bloques	72
VI.13.- Determinación de las Dimensiones y Volúmenes de los Bloques	76
VII.- OTRAS CONSIDERACIONES	79
VII.1.- Determinación de los Valores y Precios Unitarios de los Metales o Metaloides	79
VII.2.- Determinación de los Costos de Operación	80
VII.3.- Determinación de Densidades y Factores de Dilución	80
VII.4.- Dilución	82
VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	84
IX.- BIBLIOGRAFÍA.	85

LISTA DE TABLAS

Tabla	Pagina
1.-Tabla de Correlación Estratigráfica	32
✓ 2.-Tabla de Minerales Presentes	35
✓ 3.-Tabla Paragenetica General	37
✓ 4.-Hoja Para Calculo de Reservas	54

LISTA DE FIGURAS

Fig.	Pagina
1.- Localización y Acceso	14
2.- Provincias Fisiográficas de la Republica Mexicana	20
✓ 3.- Columna Estratigráfica	23
✓ 4.- Plano Geológico del Distrito Minero Santa Bárbara	28
5.- Sección Típica Transversal del Distrito Minero Santa Bárbara	38
6.- Nomenclatura de los Bloques	51
7.- Forma y Tamaño de los Bloques	74

I.- INTRODUCCIÓN

I.1.- Características y Finalidades del Trabajo.

Por más de cuatro siglos el distrito minero de Santa Bárbara, Chih. , ha estado en actividad minera generando minerales de Au, Ag, Pb, Cu y Zn, ocupando un lugar privilegiado dentro del ambiente geológico-minero-metalúrgico a nivel nacional e inclusive internacional, en la gama de minas subterráneas con mineralización en estructuras del tipo de vetas.

El fin que tiene el cálculo de las Reservas es el de proporcionar a la Empresa en forma detallada el inventario del mineral con que cuenta, así que, el propósito de éste trabajo es el dar a conocer la manera de reportar la estimación de las Reservas de Mineral de las minas pertenecientes al Grupo México en el Distrito Minero de Santa Bárbara.

Tal vez, los conceptos y métodos de trabajo que serán enunciados ya sean del conocimiento e inclusive aplicados en otras unidades mineras. Es por ello, que no se pretende con esto crear una institución, ni descubrir un camino bastante andado por geólogos de amplia experiencia y de nuevas generaciones a los cuales se les facilita más el manejo de esta información que complementan su capacidad de análisis y toma de decisiones, sino todo lo contrario: despertar inquietudes para complementar estos trabajos con su valiosa colaboración, en ayuda de la industria minera mexicana.

La geología, como otras ciencias, presenta dos clases: la pura y la aplicada. Pero la diferencia de ambas no está tan definida como en las otras ciencias; a la vez se tiene la geología científica y la práctica y, según Mckinstry, el geólogo perfecto es el que reúne ambas; pero es tan difícil de encontrar, que él recomienda no basar la geología de una unidad minera en una sola persona, sino tratar de mezclar en un departamento de geología ambas personalidades de geólogos.

I.2.- Resumen.

Básicamente, el presente trabajo se divide en tres partes. La primera, explica que son las Reservas Minerales dando a conocer los objetivos, las bases para las estimaciones, las Reservas Minerales y su clasificación.

La segunda parte explica el procedimiento para el cálculo de Reservas mencionándose los criterios empleados, el comité de cálculo, la nomenclatura de los bloques, muestreo, la hoja de cálculo, ejemplos ilustrativos, determinación de promedios ponderados, generalidades sobre la forma y tamaño de los bloques y determinación de las dimensiones y volúmenes de los mismos.

La tercera parte toma en cuenta otras consideraciones como la determinación de los valores y precios unitarios de los metales o metaloides, la determinación de los costos de operación y la determinación de densidades y factores de dilución.

I.3.- Estudios Previos.

Tomando en cuenta que la geología está íntimamente ligada con la historia, para realizar este trabajo se usó información plasmada en algunos trabajos existentes.

Por ejemplo, M. D. Karenns publicó una breve inscripción de las minas de la Compañía Minera Asarco en Santa Bárbara, Chih. , en 1936.

El primer estudio geológico fue efectuado por Harrison Schmitt en el año de 1927; el título fue "Geologic Notes on the Santa Barbara Area in the District of Parral, Chih. México" y cuyo objetivo fue estudiar la Paragénesis de las vetas Hidalgo, San Albino y Alfareña.

T. P. Clendenin elaboró varios estudios, el primero efectuado en 1929, "Comentary Report on Santa Barbara Unit, Chihuahua" y en 1943 elaboró "Perspectivas y Profundidad de las vetas del Distrito Minero Santa Barbara, Chih."

Uno de los trabajos más completos hasta el momento se elaboró por J. B. Scott, publicado en 1958 y titulado "Structure of the Deposits Sta. Barbara, Chih. , México", en el cual analiza la relación de los cuerpos minerales y la roca encajonante.

Entre los estudios de tipo histórico de tiempos de la colonia, se cuenta con el informe hecho por Fernando Arriaga en 1820, con datos que fueron tomados de la Diputación de Minas de Parral.

Los trabajos más recientes se han elaborado por los ingenieros: Jimmy L. Galey; "Paragenetic Study of the Ores at Santa Barbara, Chihuahua, México" (Tesis Profesional, 1971). Jorge G. Uribe Velasco; "Bosquejo Geológico del Distrito Minero de Santa Bárbara,

Chih.” (Tesis Profesional, 1972). José A. Castillo Ramírez; “Factores que Controlan la Mineralización de Santa Bárbara, Chih.” (Trabajo recepcional, 1973) y Fernando Torres Leyva; “Presentaciones de la fluorita en los yacimientos minerales del distrito de Santa Bárbara, Chih.” (Trabajo Recepcional).

II.- GENERALIDADES

II.1.- Localización y Extensión del Área.

El distrito minero de Santa Bárbara, Chih. , se localiza cerca del borde sur del estado, 25 Km. al oeste suroeste de la ciudad de Parral y 200 Km. al sur de la ciudad de Chihuahua, cerca de los límites con el estado de Durango, comprende dos campos mineros; Santa Bárbara y San Francisco del Oro.

Sus coordenadas geográficas tomadas del anuario del Observatorio Astronómico Nacional, (1974), referidas a la puerta de la parroquia son:

Latitud norte 26° 48' 13"

Longitud oeste del M.G. 105° 49' 01"

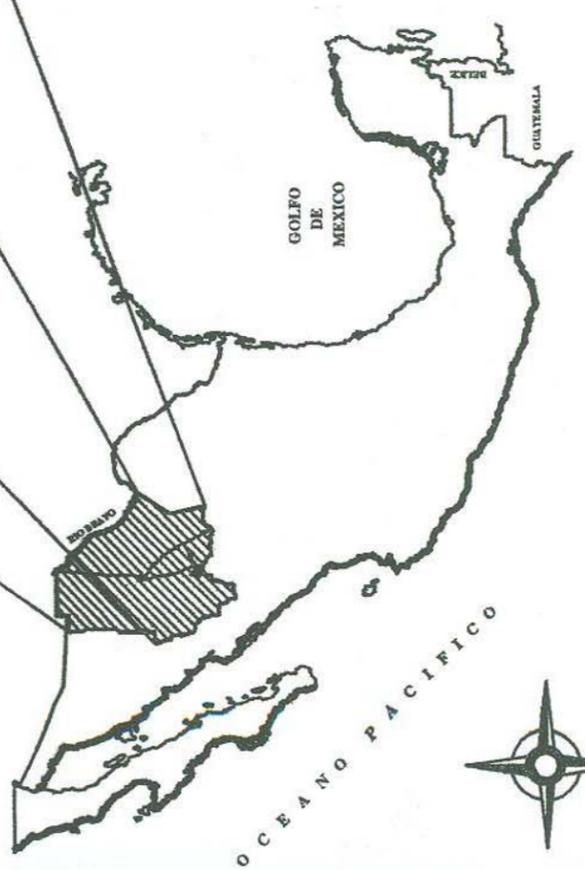
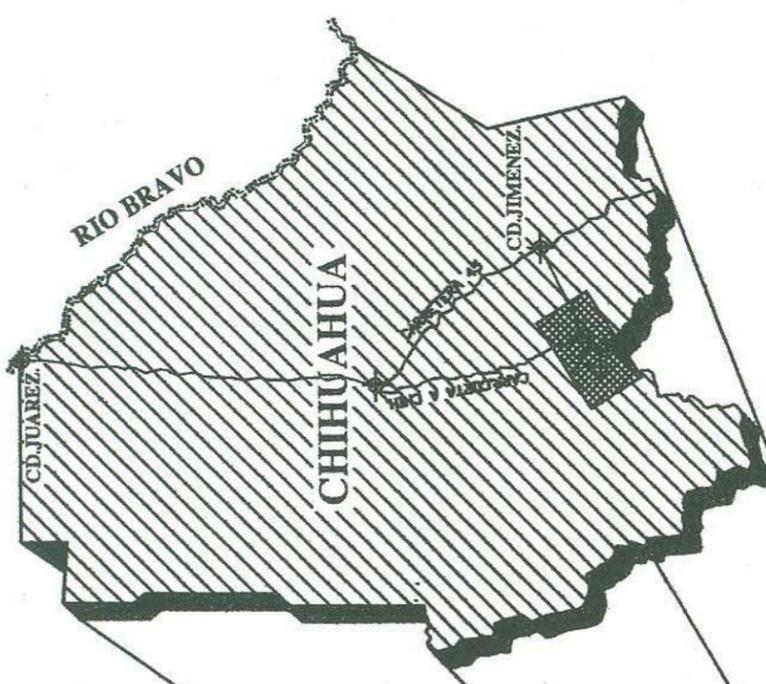
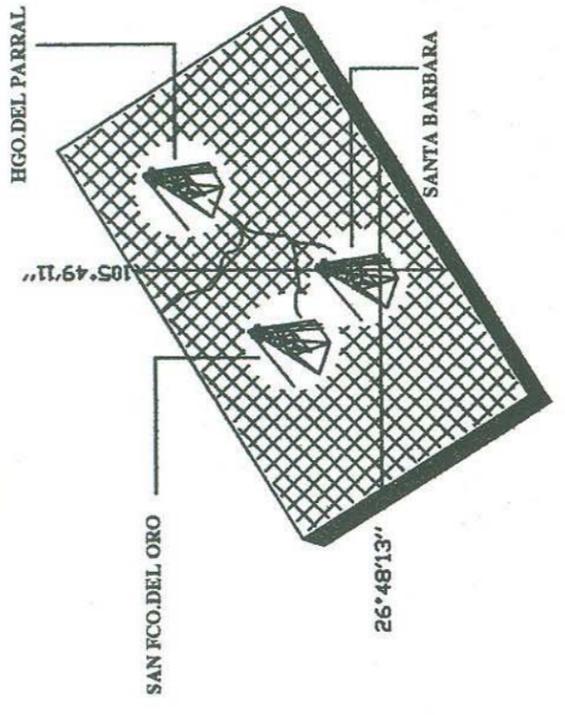
El distrito tiene una extensión aproximada de 80 Km².

Las vetas del distrito se agrupan en cuatro sistemas que corresponden las diferentes minas: San Diego-Coyotes, Segovedad-Bronces, Tecolotes-Hidalgo y Clarines-cobrizas. Las tres primeras pertenecen a MIMENOSA del Grupo México y la última a la Compañía Minera Frisco. (Fig. No.1.- Localización y Acceso).

II.2.- Vías de Acceso.

Carretera.- Partiendo de la ciudad de Hidalgo del Parral el trayecto se inicia hacia el suroeste siguiendo una carretera asfaltada de cuatro carriles por una distancia de 10 kms., hasta el punto denominado "El Granillo", donde se divide en dos ramales: uno que va hacia el poniente, a la ciudad de Guadalupe y Calvo y el otro hacia el sur, que va hacia San Francisco del Oro, se continúa por una distancia de 11 kms., donde se divide, de nuevo, en dos ramales: uno va al poniente, hacia el Distrito Minero de San Francisco del Oro y el otro al sur, que tiene como destino el Distrito Minero de Santa Bárbara.

Ferrocarril.- En Santa Bárbara se cuenta con una línea de ferrocarril, que llega al distrito y parte del ramal Jiménez, Chih.,- Rosario Durango, de la vía troncal que va de la Ciudad de México a Ciudad Juárez. Este servicio se utiliza actualmente para transportar el concentrado de mineral a las distintas fundidoras con las que tiene trato la empresa.



UNIVERSIDAD DE SONORA
Departamento De Geología

*Localizacion
y
Acceso*

Noviembre '03

L.H.M.G.

FIGURA N°. 1

La región esta fuera de las rutas aéreas, y por lo tanto no hay vuelos regulares, pero existen dos pistas asfaltadas para vuelos particulares y de las compañías de la región. También cuentan con servicios telefónicos, fax, telégrafos, correos y lo más actual en aparatos electrónicos y digitales de comunicación.

II.3.- Flora y Fauna.

Fauna: Caracterizada por especies depredadoras, como gato montés, coyote, coatí, zorras; entre las especies herbívoras cabe mencionar el venado, conejo, y liebre. Hay aves como los zopilotes, correcaminos, codorniz, etc.

Flora: Típica del norte de México, constituida por encinos, enebros, nogales, mezquites, huizaches, madroños y gatuños. Predominantes en las partes altas están las coníferas.

II.4.- Economía y Cultura.

Actividad Económica.- El renglón más importante en la economía lo constituye la minería, ya que es la principal fuente de trabajo y gracias a esto se pudieron crear las poblaciones de Santa Bárbara, San Francisco del Oro e Hidalgo del Parral, ya que su producción de metales básicos y preciosos las ha llevado a la superación constante.

La industria maderera en la región es otro renglón también importante, ya que se explotan los bosques en los municipios serranos.

Debido a la escasez del agua y a la pobreza de su suelo, la agricultura y la ganadería son casi nulas. Aprovechando las lluvias de temporal se obtienen cultivos de maíz, frijol, trigo y sorgo. Y en pequeña escala algunas rancherías se dedican a la cría y cuidado de ganado vacuno.

Cultura.- En materia de educación localmente en Santa Bárbara se cuenta con instituciones que imparten la enseñanza en los diferentes niveles: preescolar – primaria y secundaria, una escuela de computación y cuenta con tres bibliotecas. Además de un gimnasio municipal que a su vez funciona como centro de eventos artísticos.

En cuanto a salud, se cuenta con los servicios del Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro de salubridad y asistencia, además de consultorios particulares y farmacias.

II.5.- Historia Minera del Distrito.

Durante 1536, el primer descubrimiento de vetas de oro en el área de Santa Bárbara fue hecho por los españoles Juan de Vázquez, Miguel de Iturralde, Venancio de Castro y Bernardo de Santa Ana; pero no fue sino hasta 1567 que los españoles capitanes Rodrigo del Río y Losa y Rodríguez Gordojuela, hicieron la exploración oficial por instrucciones del gobernador de la Nueva Vizcaya, Don Francisco de Ibarra (de Amada 821).

De 1567 a 1616 y como consecuencia del descubrimiento de nuevas minas de oro y plata, se desarrolló el distrito minero de Santa Bárbara en el más grande y más importante de los asentamientos en el norte de la Nueva Vizcaya.

Para el año 1600 se había logrado reunir 7000 habitantes al amparo de la explotación de las minas; durante esa época los minerales explotados correspondieron al tipo de los óxidos.

Fue en 1616 cuando empezó la declinación de la minería local, debido a las constantes batallas con los nativos, el descubrimiento de minas enclavadas más hacia el norte y la pérdida de seguridad en los caminos. En 1810 la situación se tornó insostenible, a tal grado que se tuvo que cerrar a causa de la iniciación de la guerra de independencia y no fue sino hasta 1833 que las minas reabrieron.

A finales del siglo XIX y a principios del XX, aparecieron en escena compañías organizadas con grandes inversiones que ya traían nuevos métodos de exploración y explotación, pudiendo obtener mejor aprovechamiento de los recursos minerales, partiendo de la pequeña producción a otra de gran escala.

Los nuevos métodos de exploración y explotación permitieron clasificar los minerales extraídos en dos tipos: ayudas y mineral reseco.

Ayudas.- Mineral con alto contenido de plomo y ley baja de plata, muypreciado por favorecer el proceso de fundición.

Mineral reseco.- Con ley alta de plata, pero rebelde el tratamiento.

Durante el mismo periodo del siglo XIX y XX se explotaron minas importantes que son las siguientes: Santa Clara, Tarangueña, Pilares, Quevediana, Monterillas, Tararariega, Cinco pozos, Pallares, La Antigua Embajadora, San Francisco y la Velardeña, todas con leyes muy altas de plata y oro.

Los métodos utilizados en esa época para tumbar, extraer y tratar el mineral fueron los siguientes:

Tumbe y Extracción.- Entre los métodos de tumbe, los más utilizados fueron el pico y cuñas, así como el rompimiento de la roca por cambios de temperatura y el hinchamiento de cal. Para extraer el mineral se sacaba de las minas a espaldas de los barreteros.

Tratamientos.- Se utilizaban dos métodos para la recuperación del mineral, los cuales eran los siguientes:

1.- Hornos hechos de adobe, cuyas medidas eran variables.

El fuego se surtía de corrientes de aire por medio de fuelles, que podían ser manuales o movidos por animales, se cargaban con revolturas compuestas de mineral de cuarzo con plata, de metal de ayuda y además escorias.

El producto final eran planchas de plomo argentífero, que al pasar a un horno de reverbero se producía el desgrete y la afinación, obteniéndose así el tejo de plata.

2.- Tratamiento por amalgamación.

En este se utilizaban lavaderos, quemadores, planillas, morteros e ingenios de amalgamación por patio y por cazo. Los principales productos que se obtenían eran oro y plata, de los que no se sabe la cantidad extraída, pero las altas leyes que tenían dan idea de su riqueza.

II.6.- El Resurgimiento.

El final del siglo XIX y el principio del siglo XX marcaron un gran cambio en la minería del distrito Santa Bárbara, pues es cuando hacen su aparición las compañías organizadas. Las compañías importantes, por orden de aparición, fueron la Moctezuma Lead, que se presentó a finales del siglo pasado y controlaban las minas de Alejandría, La Paz, Cabras y Mina del Agua; y a principios de este siglo se presentó ASARCO

(Guggenheim Exploration Co.) con las minas de Segovedad, Tecolotes, Hidalgo, San Diego y Cobriza.

La exploración se organizó no sólo al principio del siglo sino más adelante y fue hecha por numerosos geólogos de renombre internacional: J.E. Spurr, B. Prescott, J. G. Berry, D. M. Davy, H. Schmitt y T. P. Clendenin.

II.7.- Época Moderna.

De 1925 a la década de los setentas, el distrito de Santa Bárbara incrementó grandemente su producción y se estimó que durante este periodo se produjeron alrededor de 20,000,000 de toneladas de mineral en bruto, aplicando el método de flotación, el cual es utilizado en la actualidad con tecnología de punta.

III.- GEOGRAFÍA.

III.1.- Fisiografía.

Según Raisz (1959), la zona de estudio pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, con los límites de la sub-provincia de la Mesa Central del Norte o Altiplanicie con bolsones; prolongación de la provincia de Cuencas y Sierras del Sur de los Estados Unidos, caracterizada por topografía de formas suaves, producto de la erosión, asociada con áreas montañosas irregulares que se elevan de 2000 a 2300 mts. Se encuentran separadas por amplios valles formados a veces por relleno con material aluvial. (Fig. No.2.- Provincias Fisiográficas de la República Mexicana)

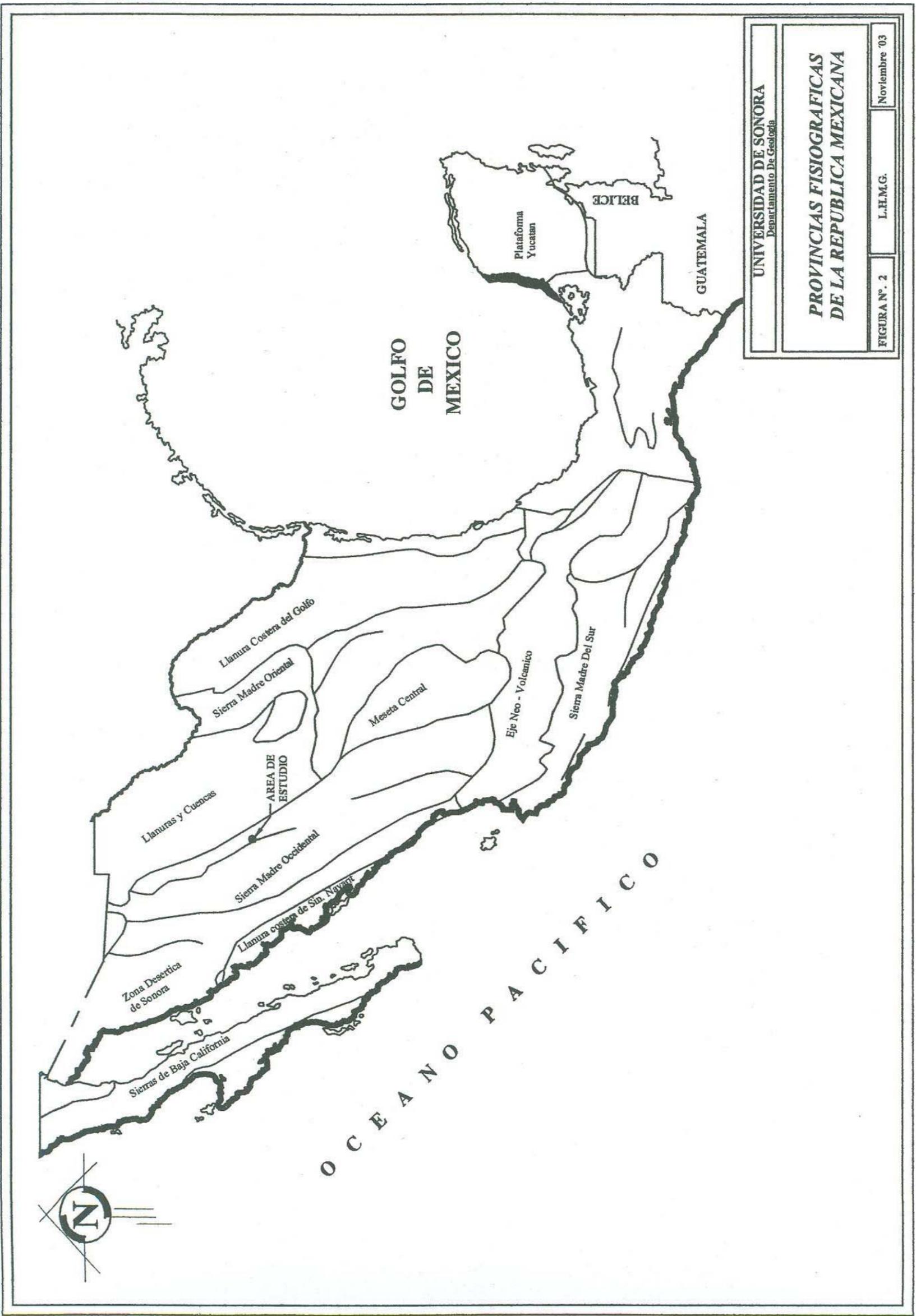
III.2.- Hidrografía.

El desagüe es de tipo dendrítico y lo constituyen los arroyos de Santa Bárbara, parte del Río de Parral y el Río Florido, que a su vez son afluentes del Río Conchos. Los cauces permanecen secos la mayor parte del año.

III.3.- Geomorfología.

El tipo de montañas que se tienen en el distrito minero, pueden agruparse en cuanto a la geomorfología se refiere, dentro del tipo de montañas de plegamientos, constituido por anticlinales compuestos y complejos formando lo que se ha denominado un Anticlinal asimétrico de buzamiento suave. La lutita que constituye dichos plegamientos está considerada como Formación Parral.

La topografía es de suaves pendientes cuando se encuentra cubierta por derrames de andesitas, basaltos y riolitas, cuando lo hacen en las partes altas de la sierra tienen pendientes abruptas y en ocasiones forman cantiles. Además, dentro de las zonas de diques, de silicificación abundante o de veta, la lutita por estar muy alterada se erosiona fácilmente y muestra pendientes abruptas.



UNIVERSIDAD DE SONORA
Departamento De Geología

**PROVINCIAS FISIOGRAFICAS
DE LA REPUBLICA MEXICANA**

FIGURA N°. 2

L.H.M.G.

Noviembre '03

El ciclo erosivo en que se encuentra la Sierra de Santa Bárbara es el de madurez avanzada que se manifiesta por colinas arredondeadas, las partes bajas de las cuales están cubiertas por grava y aluvión.

IV.- GEOLOGÍA REGIONAL.

IV.1.- Estratigrafía..

La columna estratigráfica del distrito minero Santa Bárbara, se caracteriza por unidades de rocas sedimentarias marinas del Mesozoico y por una secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias continentales del Cenozoico. El contacto entre ambas unidades en una discordancia erosional que hace suponer un largo período de quietud entre el levantamiento y plegamiento de las rocas marinas y la erupción y depósito de las continentales. Las rocas intrusivas están representadas por una serie de diques félsicos y algunos máficos de diferentes edades. (Fig. No.3.- Columna Estratigráfica).

IV.2.- Geología del Distrito Minero Santa Bárbara.

IV.2.1.- Formación Parral.

La roca más antigua es la lutita, que ha sido denominada localmente como "Formación Parral". Regionalmente esta constituida por gran espesor de lutitas en láminas y estratos de menos de 1cm. A 25cm. Que se encuentran Inter.-estratificadas con capas delgadas de calizas y areniscas. La edad de la lutita ha sido definida como del Cretácico Inferior, con base en algunos fósiles encontrados. Localmente la lutita muestra variaciones a argilita en diferentes zonas.

Una discordancia erosional separa a la lutita de una serie de derrames andesíticos que afloran en la parte sur del distrito. Después de la andesita se produjo la intrusión de diques félsicos y vetas mineralizadas. A continuación se depositó en discordancia erosional una brecha intraformacional. Sobre estas rocas se efectuó el derrame de corrientes y tobas riolíticas. Después vino el depósito de las gravas del valle de San Rafael, y por último, se efectuaron derrames de basalto que cubren a todas las rocas descritas.

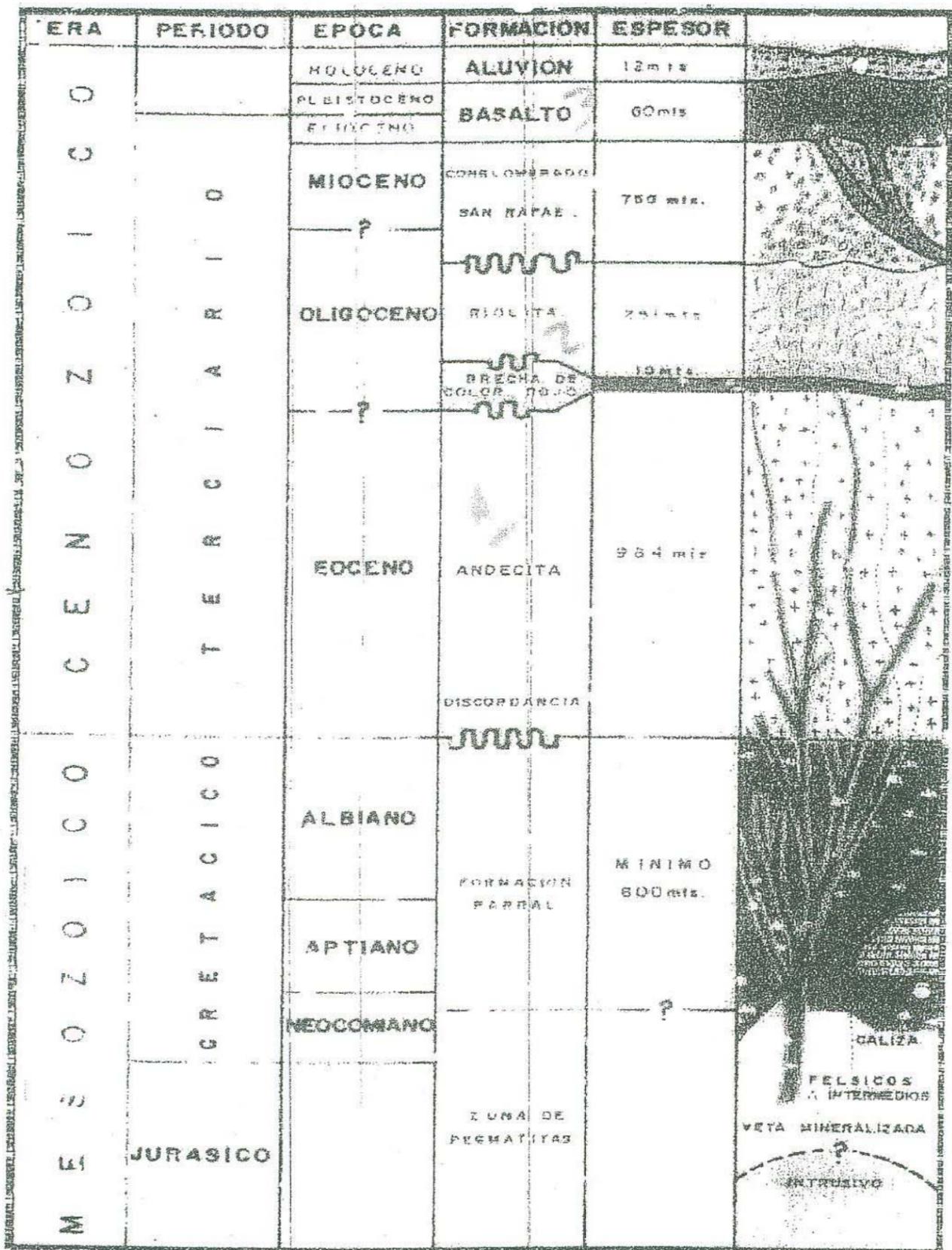


Fig.3.- Columna Estratigráfica

La lutita es una roca de grano fino, de color gris azulado, es dura y tiene muy poca permeabilidad. Su composición varía de lutita arcillosa a lutita calcárea y únicamente en la cercanía de las vetas se encuentra mineralizada; cerca de los diques félsicos tiende a estar muy silicificada. Su espesor no ha sido determinado, por no conocerse sus contactos superior e inferior; el primero ha sido intensamente erosionado y el segundo no se conoce en ningún afloramiento, ni en las obras y barrenos existentes.

IV.2.2.- Andesitas.

Se presenta como lavas en amplia zona al sur del distrito sobre la lutita en discordancia erosional, lo que muestra que es posterior al plegamiento y erosión.

La andesita es probablemente del Eoceno, tomando en cuenta que el plegamiento se efectuó a principios del terciario. Tomando en consideración que se encuentra intrusionada por uno de los diques riolíticos, es anterior a ellos.

La descripción megascópica corresponde a una roca con plagioclasa sódica - cálcica, presenta coloración verde en superficie fresca.

IV.2.3.- Conglomerado.

Se localiza en una zona muy restringida hacia el norte del distrito, en las cercanías de San Francisco del Oro. El rumbo de sus capas varía de N 36° E a N 85° E y el echado de horizontal hasta 40° al NW. A diferencia de la lutita, el conglomerado rojo es más resistente a la erosión y es sobre la lutita que descansa discordantemente; pero es más resistente a la erosión que los derrames riolíticos que lo cubren.

Su espesor es muy variable, indicando que fue depositado cuando la lutita se encontraba erosionada, pudiéndose medir en algunas partes hasta 10 mts de espesor, pero su promedio es de 2 mts.

La edad no se ha podido determinar por la ausencia de fósiles, pero por la presencia de los fragmentos que constituyen el conglomerado rojo, además de la correlación posible con otros conglomerados del país (Escandón, 1968), se le asigna edad tentativa del Oligoceno, anterior a la riolita, ya que se encuentra parcialmente cubierta por ella.

El plegamiento se efectuó durante el Eoceno Inferior o Medio y como uno de sus productos; las rocas mesozoicas fueron levantadas, plegadas y falladas, dando lugar a depósitos de tipo intraformacional como el conglomerado rojo.

IV.2.4.- Riolita.

Es una roca dura, densa y cuyo color varía de rojo claro a rosa moderado intemperizándose al color blanco. Megascópicamente se distinguen fenocristales de cuarzo y ortoclasa con promedio de 3 mm de longitud que forman aproximadamente el 10% de la roca, la cual tiene una matriz de grano fino y textura microlítica. Microscópicamente se observa una roca de textura porfídica holocristalina, constituida fundamentalmente de cristales subhedrales de cuarzo y sanidino en una matriz afanítica (Escandón, 1968). Por todo lo anterior, la roca se clasifica como riolita porfídica.

En el vecino distrito de San Francisco del Oro, la riolita se presenta como tobas y derrames. Las tobas se erosionan más fácilmente que las corrientes y como consecuencia, presentan pendientes más suaves que las segundas que forman cantiles abruptos en la parte alta de las montañas.

La riolita se encuentra sobre la lutita en forma de discordante, lo que hace suponer fuerte erosión de la erupción de las riolitas. Se puede correlacionar con los derrames riolíticos de la Sierra Madre Occidental de principios del Mioceno.

IV.2.5.- Grava San Rafael.

Se encuentra relleno el Valle de San Rafael, al norte del distrito. Su espesor no ha sido determinado y es todavía desconocido. Se han perforado pozos de más de 300 metros y no se ha alcanzado la roca firme, por lo que se deduce que quizá sobrepase los 400 metros.

Está constituido por fragmentos redondeados de caliza, lutita, riolita, andesita, cuarzo de veta, mal clasificados, cuyo tamaño varía entre dos centímetros y un milímetro. Se encuentra relleno la fosa tectónica comprendida entre las fallas de Santiago, al suroeste, y Esmeralda, al noroeste del valle de San Rafael.

Su edad se considera anterior al basalto, por no contener fragmentos de él y por estar intrusionada por dos cuellos basálticos; y posterior a las rocas anteriores, por contener fragmentos de ellas. Se le designó edad del Mioceno.

IV.2.6.- Basalto.

Es la más abundante de todas las rocas volcánicas y la más joven en el distrito. Se presenta en diques y derrames, formando mesetas horizontales que cubren las partes altas de los cerros de la región. Se tiene el reconocimiento de tres conos volcánicos, uno en la mesa de Granadeña y los otros dos atravesando a la Grava San Rafael.

Es roca de color gris oscuro a negro grisáceo; intemperizado se torna de color pardo rojizo; predominan en él plagioclasas cálcicas y tiene abundantes minerales máficos.

Su edad puede ser de fines del Terciario a principios del Cuaternario; en esa época se efectuaron grandes derrames de este tipo en varias partes del occidente de México.

IV.2.7.- Diques.

En el área del distrito se presentan intrusiones de diques, basaltos y diques riolíticos. Los diques riolíticos se supone que son contemporáneos a las vetas mineralizadas. Y son más grandes que los basálticos que llegan a 5 Km. de longitud.

Los diques máficos están constituidos de basalto y su textura presenta cambio notable a la profundidad.

IV.2.8.- Diques Riolíticos.

Los diques riolíticos son los más importantes y los más abundantes en el distrito; guardan relación con la mineralización, la cual ocupó fracturas preexistentes originadas por los movimientos de la Orogenia Laramide. Siguen una alineación aproximada N-S y su espesor varía de 4 a 20 metros; su longitud alcanza hasta 5 Km. Estos diques en algunas ocasiones desplazan y en otras son desplazados por las vetas y por estas características se consideran penecontemporáneos con la mineralización.

El echado general es casi vertical, con excepción de los que se encuentran al poniente del distrito, que tienen buzamiento ligero hacia el oeste. Hacia el norte del distrito están cortados por la falla de Santiago y se pierden bajo la grava del valle de San Rafael; hacia el sur se encuentran cubiertos por los derrames de basalto.

IV.2.9.- Diques Máficos.

Tienen origen común con el basalto de las mesas, ya que su composición es muy semejante y la única diferencia es la textura, por haber sido emplazadas en condiciones diferentes. Son posteriores a la mineralización y a los diques de riolita y generalmente se encuentran orientados E-W. Su longitud no se aprecia fácilmente, por estar cubiertos por derrames de basalto.

A menudo se encuentran asociados a fallas perpendiculares a las vetas. Son persistentes a la profundidad y tienen espesor medio de 80 centímetros.(Fig. No.4.- Plano Geológico del Distrito Minero Santa Bárbara).

IV.3.- Geología Estructural.

Todas las estructuras de interés económico en esta región están íntimamente relacionadas con los procesos orogénicos y posiblemente también con el empuje ascendente de un intrusivo a profundidad, que originaron elevación, fallas y fracturas en la Formación Parral. A pesar de la variación de composición, compacidad y elasticidad de los diferentes estratos de la Formación Parral, se considera a ésta como roca competente, basándose en principios mecánicos.

La estructura que presenta la Formación Parral actualmente es de anticlinal buzante, cuyo eje tiene rumbo de N28° W y -10° hacia el SW. Este anticlinal se encuentra formado por varios pliegues asimétricos recumbentes de cabalgadura, la alineación paralela de los pliegues mayores y menores, permiten determinar la actividad general de plegamiento, cuya orientación sugiere que los esfuerzos compresionales principales actuaron en dirección aproximada de S62° W.

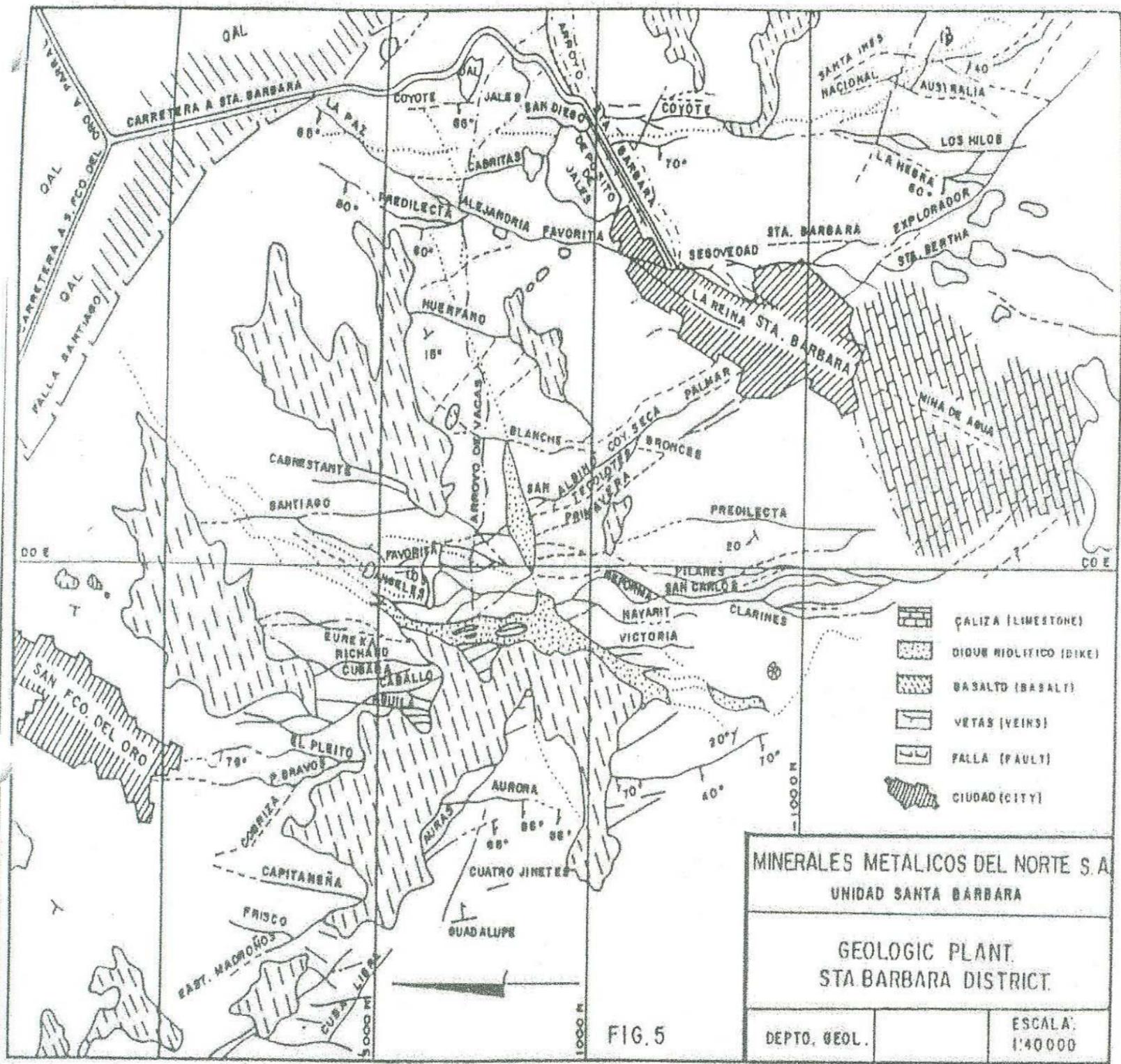


Fig. No.4.- Plano Geológico del Distrito Minero Santa Bárbara

La estructura de la región se puede dividir en: estructura de premineralización y estructura de Postmineralización.

IV.3.1.- Estructura Premineralización.

La estructura de la lutita antes de ser invadida por las soluciones mineralizantes es de vital importancia, porque la posición de los estratos con respecto a las vetas determina la potencia y firmeza de las mismas.

Las fracturas preminerales fueron formadas en dos etapas; en la primera etapa los sistemas de fracturas fueron abiertas como dos juegos de fallas de cizalla conjugados, en respuesta a esfuerzos tensionales, como consecuencia del plegamiento y tienen rumbo paralelo al eje del anticlinorio. Los sistemas de la segunda estructura de fracturamiento son el resultado de esfuerzos tensionales, originados por empuje ascendente y provocaron fracturas radiales.

IV.3.2.- Estructura Postmineralización.

Después de la mineralización y durante el Cenozoico, pero antes de los derrames de basalto, la región sufrió fallamiento de origen tensional, produciendo bloques escalonados. El rumbo y la inclinación de estas fallas es variable, pero las más importantes se orientan al este-oeste y son: en el extremo sur la falla Resolana-San Martín y la Falla Clarines; la Falla de Vacas y la Falla Santiago en el extremo norte. La evidencia clara de este fallamiento es el escalonamiento de las mesas de basalto, por lo que, midiendo su diferencia de elevación se puede determinar el salto de algunas fallas.

Conocer el salto de estas fallas es importante, porque las gravas cubren la posible prolongación de las vetas que afloran en los dos extremos de la fosa tectónica, en el lado norte; la fosa ocupada por las gravas del valle de San Rafael está limitada por las fallas normales de Santiago y la Esmeralda, en las que el desplazamiento vertical se supone más o menos igual.

IV.3.3.- Fallamiento.

En el distrito se presentan varios tipos de fallas. El fallamiento pudo efectuarse en diferentes períodos, como es el caso de las fallas premineralización y Postmineralización, las cuales se pueden diferenciar por factores determinados.

En relación con los depósitos minerales, las fallas pueden clasificarse en:

1. Premineralización.

Fallas anteriores a la primera y segunda etapas de mineralización, son las ocupadas por las vetas mineralizadas y por los diques félsicos.

2. Postmineralización.

a) Fallas perpendiculares a las vetas de sulfuro y ocupadas por diques máficos.

b) Fallas en todas direcciones, ocupadas únicamente por salbanda arcillosa.

IV.4.- Historia Geológica.

Durante el Jurásico Superior el territorio mexicano se encontraba en su mayor parte emergido; las partes bajas eran debidas a la prolongada erosión ocurrida durante el Jurásico Inferior.

Durante el Cretácico Inferior toda la región quedó sumergida, quedando sólo la península de Coahuila y la Isla de Aldama, emergidas al comienzo del Jurásico Superior; debido a las condiciones se depositó una serie de sedimentos que hoy se conocen como la Formación Parral.

Posteriormente hubo un período en que los movimientos se intensificaron, después los sedimentos emergieron del mar y fueron plegados a fines del Cretácico Superior, ocasionando así la formación de las estructuras tan complejas que actualmente se observan.

Durante el Paleoceno y Eoceno finaliza la Orogenia Laramide, dando origen a una nueva fase tectónica post-orogénica, expresada como levantamiento, fallamientos y fracturamientos de la corteza terrestre, que trajeron como consecuencia la introducción, en ella, de materiales ígneos durante el Oligoceno; posteriormente vino el relajamiento que originó fallas normales de grandes bloques a fines del Oligoceno; la erosión de las rocas

sedimentarias y volcánicas produjo el depósito del conglomerado y al final del Mioceno y Principios del Plioceno se produjo la última erupción volcánica de composición basáltica.

A continuación se describe la secuencia de los eventos geológicos:

- a) Depósitos y litificación de la Formación Parral (cretácico inferior-Aptiano-Albiano).
- b) Plegamiento de las rocas, Orogenia Laramide (Cretácico Superior-Terciario Inferior).
- c) Elevación y erosión de las lutitas (Cretácico Superior).
- d) Extrusión de andesitas e intrusión de monzonitas (Eoceno).
- e) Elevación y colapso, con la formación de brechas rojas, pliegues, fracturas y fallas (Oligoceno).
- f) Segregación y diferenciación del magma, teniendo como consecuencia las dos primeras etapas de mineralización (Oligoceno Medio).
- g) Última etapa de mineralización e intrusión de diques riolíticos (Oligoceno Medio).
- h) Relajamiento de los pliegues y fallamiento normal, con formación de pilares y fosas tectónicas (fines del Oligoceno).
- i) Erosión y depósito de conglomerados (Mioceno).
- j) Erosión, formación del aluvión y acción supergénica (hasta la fecha).

(Tabla No.1.- Tabla de Correlación Estratigráfica).

ERA	PERIODO	EPOCA	PARTE N DE LA SIERRA DE PARRAL	CONCEPCION DE ORO ZAC.	SIERRA DEL CATORCE S. L. P.	AREA DE ESTUDIO
CUATERNARIO	TERCIARIO	HOLOCENO	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION
		PLEISTOCENO				FASALTO
CRETACICO	SUPERIOR	PILOCENO		AHUICHILA		CONGLOM. SN. RAFAEL
		MIOCENO				RJOLITA
		OLIGOCENO				ANDESITA
		EOCENO				
		PALEOCENO				
		DANIANO				
		MAESTRICHIANO				
	INFERIOR	CAMPANIANO	DIFUNTA			
		SANTONIANO	LUITAS PARRAS	LUITAS PARRAS		
		CNIACIANO	INDIDURA	CARACOL		
		TURONIANO	INDIDURA	INDIDURA		
		CENOMANIANO	CUESTA DEL CURA	CUESTA DE CURA		
		ALBIANO	AURORA	AURORA		
		APTIANO	LA PEÑA	LA PEÑA		
JURASICO	SUPERIOR	BARREMIANO	CUPIDO	CUPIDO		
		HAUTERIVIANO	LAS VIGAS			
		VALANGINIANO	TARAISES	TARAISES		
	MEDIO	TITHONIANO				
		PORTANDIANO				
		KIMMERIDGIANO				
		OXFORDIANO				
TRIASICO	MEDIO	CALLOVIANO				
		BATHONIANO				
		BAJOCIANO				
		LATENIANO				
		LIASICO				
		RATIENSE				
PALEOZOICO	MEDIO	NORIENSE				
		CARNIENCIE				
		LADINIENSE				
		ANICIENSE				
		ESCYTIENSE				

NO AFLORA

NO DEPOSITO HIATUS

ESCUELA DE INGENIERIA
GEOLOGIA

TABLA DE CORRELACION
ESTRATIGRAFICA

AÑO 2003

FIGURA N° 2

TABLA No.1.- TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

V.- YACIMIENTOS MINERALES.

V.1.- Forma del Yacimiento en Relación con las Estructuras de las Rocas Encajonantes.

La forma del yacimiento corresponde al tipo característico de relleno de cavidades y pertenece a la variedad de filones de fisura y su clasificación entra dentro de los depósitos hidrotermales. Las soluciones en algunas ocasiones reemplazaron parcialmente a la roca encajonante.

Cuando hay cambio de una formación rocosa a otra diferente, los filones de fisura tienden a cambiar, tanto mineralógica como estructuralmente y esto se debe tanto al comportamiento físico como químico de las rocas, por las reacciones a las que está sometida la roca al contacto con las soluciones mineralizantes y por los esfuerzos que produce al fracturamiento.

En el área las lutitas de la Formación Parral se encuentran como roca encajonante de las vetas y su comportamiento es de suma importancia, ya que la potencia y firmeza de las vetas depende de la posición de los estratos con respecto a las mismas. De modo que cuando el ángulo que forman las vetas con las lutitas es mayor, las vetas se presentan potentes y persistentes y mantienen continuidad, tanto a la profundidad como en el rumbo; y si el ángulo es menor, tienden a seguir los planos de estratificación y se llegan a perder en forma de hilillos. Esto debido tal vez a la poca permeabilidad y a la absorción de los esfuerzos por los planos de estratificación.

V.2.- Mineralogía.

Los elementos que constituyen la base de la explotación del distrito son: Oro, Plata, Plomo, Cobre y Zinc, principalmente en forma de sulfuros primarios. La distribución en orden de abundancia no es igual en todas las vetas, pero en promedio generalizado, el orden es el siguiente: Esfalerita, Galena, Calcopirita y argentita.

V.2.1.- Distribución de los Minerales.

Las vetas presentan diferentes variedades mineralógicas a la profundidad, de acuerdo con las tres zonas que se mencionan a continuación: la zona de lixiviación o de óxidos, la zona de enriquecimiento secundario y la zona de sulfuros primarios.

La zona de sulfuros primarios es la más importante desde el punto de vista económico y los minerales más abundantes son los de zinc, que se encuentran como cristales de Esfalerita de color pardo; la galena es el segundo mineral en importancia y se encuentra asociado con Esfalerita, calcopirita, plata y también con tetrahedrita y tenantita; el tercer mineral en importancia es la calcopirita, que se encuentra en dos formas: calcopirita maciza y en inclusiones en la Esfalerita. La primera se incrementa cuando profundizan las vetas, la que se asocia a la Esfalerita debe ser de mayor temperatura, puesto que va predominando hacia abajo.

Otros minerales primarios identificados son: magnetita y pirrotita, minerales que se presentan en el suroeste del distrito; la marcasita hace su presencia en la parte central. (Tabla No.2.- Tabla de Minerales Presentes).

V.3.- Paragénesis y Zoneamiento.

Paragénesis: con relación a si la mineralización se efectuó en una o varias etapas, existe discrepancia entre varios autores; pero en realidad, los componentes de las vetas y sus relaciones estructurales indican dos etapas muy bien definidas en el distrito de Santa Bárbara.

La primera es rica en plata-plomo-zinc y el cuarzo es la ganga más abundante al principio del depósito; hacia el final del mismo se conserva, pero decrece. Es una característica de esta etapa que la Esfalerita, la galena y la plata se encuentren asociadas en forma de sulfuros macizos.

En la segunda etapa de mineralización, es abundante la relación cobre-plata-oro, donde la ganga contiene principalmente cuarzo con piroxenas y granate, que indican mayor temperatura de formación que la etapa anterior. El oro se presenta asociado con todos lo

Mineral	Fórmula	Abundancia
	Minerales Hipogénicos	Abundante
Esfalerita	ZnS	Abundante
Marmatita	ZnFeS	Abundante
Galena	PbS	Abundante
Calcopirita	CuFeS ₂	Abundante
Pirita	FeS ₂	Abundante
Arsenopirita	FeS ₂	Abundante
Oro nativo	Au	Escaso
Argentita	Ag ₂ S	Escaso
Magnetita	Fe ₃ O ₄	Trazas
Especularita	Fe ₂ O ₃	Trazas
Marcasita	FeS ₂	Trazas
Tenantita	(CuFe) ₁₂ As ₄ S ₁₃	Trazas
Tetrahedrita	(CuFe) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	Trazas
Pirrotita	Fe ₅ S ₆	Trazas
	Minerales Supergénicos	
Bornita	Cu ₅ FeS ₄	Común
Calcocita	Cu ₂ S	Común
Covelita	CuS	Escaso
	Minerales de Oxidación	
Cerusita	PbCO ₃	Abundante
Malaquita	Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	Abundante
Azurita	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂	Abundante
Plumbojarosita	PbFe ₆ (SO ₄) ₄ (OH) ₁₂	Común
Mimetita	Pb ₅ Cl ₈ AsO ₄	Común
Hemimorfita	Zn ₄ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ H ₂ O	Escaso
Esmithsonita	ZnCO ₃	Escaso
Anglesita	PbSO ₄	Escaso
Piromorfita	Pb ₅ (PO ₄ , AsO ₄) ₃ Cl	Escaso
Plattnerita	PbO ₂	Escaso
Jarosita	KFe ₃ (OH) ₆ (SO ₄) ₂	Trazas
Cobre nativo	Cu	Trazas
Wulfenita	PbMoO ₄	Trazas
	Minerales de Ganga	
Cuarzo	SiO ₂	Abundante
Calcita	CaCO ₃	Abundante
Hedembergita	(Ca, Fe)SO ₃	Común
Fluorita	CaF ₂	Escaso

Tabla No.2.- Tabla de Minerales Presentes.

minerales de mena, pero lo más común es que se encuentra con la calcopirita. (Tabla No.3.- Tabla Paragenetica General).

Zoneamiento: por lo general la mayoría de las vetas en el área presentan variación vertical de los minerales primarios, y en las que se localizan en la periferia del distrito, tiende a profundizar más la zona explotable que en las que se encuentran en el centro de él. Lo anterior concluye que existe zoneamiento, tanto vertical como horizontal.

V.4.- Comportamiento de las Estructuras a la Profundidad.

En el distrito los principales factores que controlaron la mineralización a la profundidad fueron los diversos tipos de aberturas en la roca. El origen de estas aberturas se debe a procesos estructurales.

El fracturamiento y el fallamiento son uno de los principales factores que regulan el comportamiento de la mineralización en el área. Estos factores estructurales fueron originados posiblemente por la presencia de un intrusivo a profundidad, lo cual ocasionó fuerzas que produjeron fracturamiento o fallamiento más o menos radial, que ocuparon diques félsicos y vetas mineralizadas.

Un argumento a favor de esta teoría es la estructura de flujo observada en las paredes de algunos diques, la cual es característica de magmas inyectados sin esfuerzo en fracturas abiertas por fuerzas tensionales. (Fig. No.5.- Sección Típica transversal del Distrito Minero Santa Bárbara).

Intrusiones: otro comportamiento estructural es producido por el desplazamiento ocurrido en las vetas al ser afectadas por intrusiones ígneas que obligan a que la mineralización se pierda completamente o disminuya en hilillos y aparezca de nuevo.

El fallamiento de premineralización regula la mineralización, su arreglo sugiere que el relleno de la mineralización se dio en un fracturamiento secundario heredado de un tectonismo de fallas transformes en donde el efecto interno de cizalla formó vetas internas en arreglo de una "X".

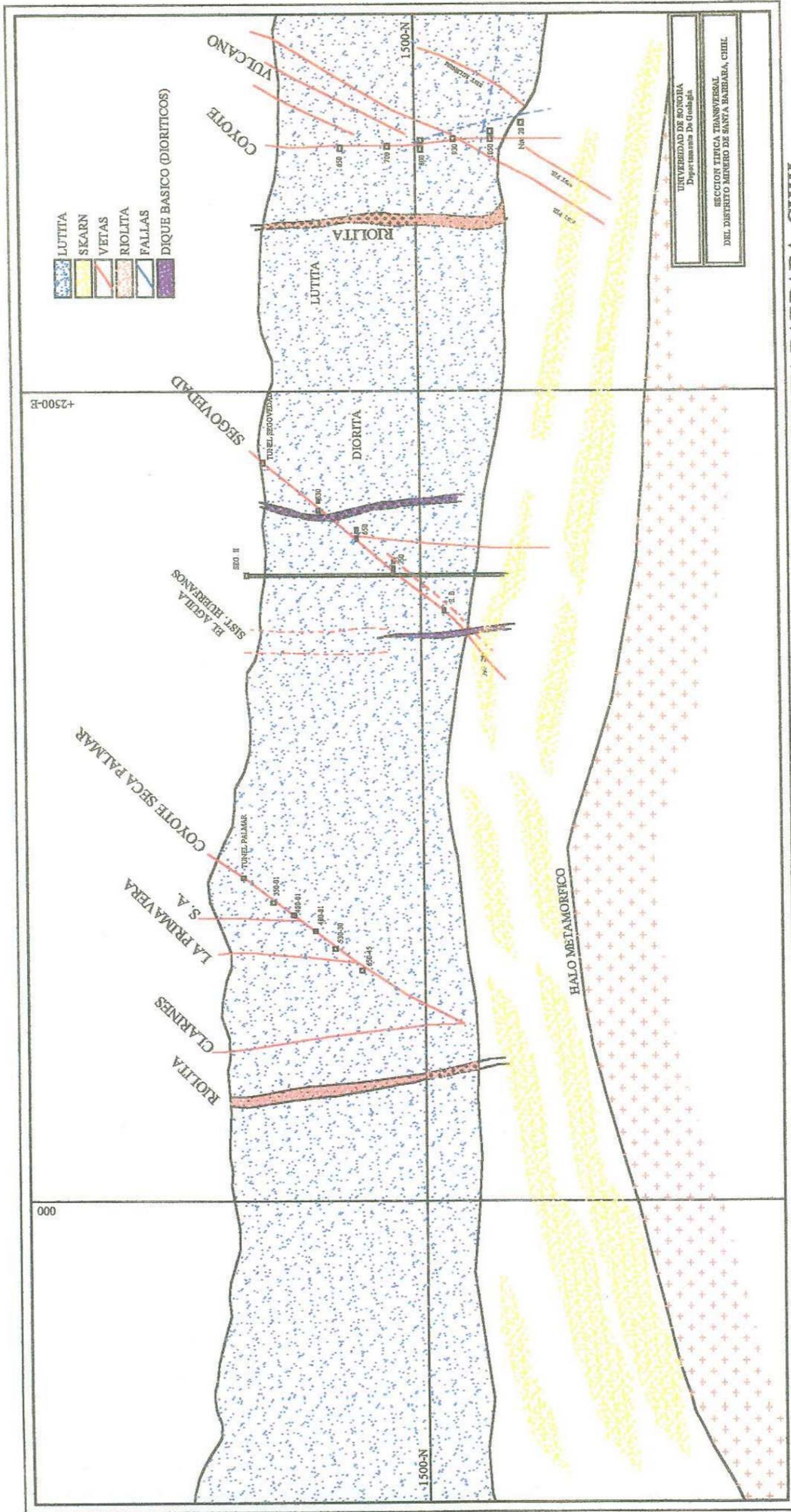


FIG. No.5.- SECCION TIPICA TRANSVERSAL DEL DISTRITO MINERO DE SANTA BARBARA, CHIH.

A escala regional se puede observar que el sistema Coyote al Este del distrito y el sistema de vetas Victoria-San Carlos-San Rafael en el extremo Oeste pueden corresponder a una componente de fallas transformes de desplazamiento lateral derecho, en donde las vetas Coyote Seca-Palmar-Exploradora y La Paz-Alfareña-Mina del Agua conforman la "X" interna para un caso de cizalla pura.

En el interior de la mina San Diego, sobre la veta Coyote este mismo arreglo se puede observar claramente en los niveles 20,23,24 y 28 con la intersección y echados poniente de las vetas Vulcano y Millenium I, II, con respecto a veta Coyote la cual buza al oriente, en estos niveles.

El fallamiento de Postmineralización es el que origina el desplazamiento de las vetas y, por consecuencia, la pérdida pasajera de la mineralización.

Fracturamiento: se piensa que un intrusivo (no encontrado aún) se emplazó en forma de domo a profundidad y efectuó el levantamiento en la lutita plegada, produciendo el fracturamiento radial y, en consecuencia, haciendo que las vetas de la cúpula sean de menor profundidad que las de los flancos. La mineralización deberá terminar en las vetas del centro del distrito a profundidad menor que en las de los extremos.

V.5.-Guías de la Mineralización.

a) Superficie.

La forma más simple y económica de encontrar cuerpos minerales es el saber donde buscarlos, por lo que es de suma importancia que el geólogo conozca y se familiarice con todos aquellos rasgos o pistas que lo puedan guiar hacia dichos cuerpos. Estos rasgos o características que pueden guiar al hallazgo de mayor mena son llamadas así, guías geológicas.

En el distrito minero de Santa Bárbara, los indicadores de la mineralización son afloramientos de cuarzo, que en ocasiones se hacen presentes en forma de crestones y cuando no afloran, la silicificación y la propilitización en las rocas encajonantes juegan un papel muy importante como guías. Además, existen en la superficie las alteraciones por oxidación, que son buenos indicadores de la cercanía de la mineralización de sulfuros.

b) Interior de la Mina.

La mineralización de las estructuras de veta en algunas ocasiones tiende a depositarse hacia el alto, al bajo o en su parte central. El comportamiento de ellas en el sentido vertical y longitudinal es muy irregular; lo anterior es controlado por varios factores, como son el ángulo formado por la veta con los estratos de lutita de la Formación Parral, así como por la composición química de la roca encajonante.

En el interior de la mina en Santa Bárbara se tienen varios ejemplos: como en el caso de la veta San Albino, en la que en ocasiones la mineralización de sulfuros desaparece, pero continúa una estructura pequeña de cuarzo, para posteriormente construir una veta de cuarzo con sulfuros.

Otro caso es la veta Segovedad y la veta del Alto, que van prácticamente paralelas y a distancia corta entre sí, pero hay una distinción que radica en que la veta del bajo se caracteriza por contener una franja de silicatos. Y otro ejemplo clásico es el de veta Vulcano, donde la característica principal es que la mineralización de sulfuros va acompañada por una veta de fluorita, la cual es constante a todo lo largo de la traza de la veta en el interior de la mina. Existen ocasiones en que la mineralización de sulfuros desaparece por completo, no así la de fluorita, para posteriormente a cierta distancia se hacen presentes de nuevo los sulfuros y así sucesivamente.

V.6.- Edad del Yacimiento.

La edad del yacimiento en Santa Bárbara es tentativamente del Mioceno. En el año de 1981 se realizó un estudio, en el que se determinó la edad del yacimiento, concluyéndose que es de 28.3 a 0.6 millones de años, esto se fecho por el método del potasio-argón, por medio de una muestra obtenida de un dique riolítico mineralizado, análisis realizado por Muhammed Shatiquillah, Paul E. Damon y Kenneth F. Clark, en el laboratorio de geoquímica de isótopos en la Universidad de Arizona.

V.7.- Hipótesis Genética.

El yacimiento mineral del distrito es del tipo característico de los depósitos hidrotermales y consiste de vetas de sulfuro que rellenan fracturas y fisuras en las rocas. En ocasiones, las soluciones ascendentes ayudaron a reemplazar parcial o totalmente la roca preexistente, cuando es más calcárea.

Se considera que la formación de los minerales en ambiente determinado queda regulada por los factores de composición química, temperatura y presión a la cual toma lugar la cristalización; los depósitos hidrotermales del distrito comprenden dos de los tipos de estos yacimientos, que son: hipotermal, de alta temperatura (300°-500°) y mesotermiales, de temperatura moderada (200°-300°).

Estos dos tipos no necesariamente están asociados, sino que algunas veces se pasa de uno a otro en forma gradual, de manera que el límite entre ellos es difuso. En ocasiones la mineralogía y la forma de presentarse indican diferentes condiciones de origen y depósito.

Los medios para determinar las condiciones de presión y temperatura de los depósitos, fueron la presencia de algunos minerales que sirven como termómetros geológicos.

La etapa de alta temperatura del yacimiento, se demuestra con la presencia de pirrotita y pirita, asociadas con arsenopirita, que sólo es posible a más de 490° C y la presencia de granate, que es característico de temperaturas elevadas; por lo anterior y por la asociación mineralógica que presenta, se determina como hipotermal.

Los depósitos de temperatura moderada forman cuerpos ricos de zinc, plomo y cobre y son los que hacen costosa la explotación comercial en el área.

VI.- METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS DE LAS MINAS DEL GRUPO MÉXICO EN EL DISTRITO MINERO DE SANTA BÁRBARA, CHIHUAHUA, MÉXICO.

VI.1.- Las Reservas Minerales, Objetivo Principal.

El fin que tiene el cálculo de las Reservas es el de proporcionar a la Empresa en forma detallada el inventario del mineral con que cuenta.

Tales estimaciones le permiten estudiar su posición a corto y largo plazo, con relación a los mercados nacionales e internacionales y planear la producción que cada Unidad debe de entregar, de acuerdo con sus posibilidades individuales. Íntimamente ligado con lo anterior están las decisiones de llevar a cabo cambios, ampliaciones y/o el establecimiento de nuevas instalaciones costosas.

En lo que respecta a las Unidades, las estimaciones en detalle les permite el formular sus programas de trabajo, de modo de poder cumplir con la producción que la Gerencia les ha asignado.

Obviamente es importante que las estimaciones sean correctas, ya que de lo contrario los resultados pueden ser desastrosos. Es igualmente obvio que solo se pueden obtener estimaciones correctas si la información base tiene la debida confiabilidad.

VI.2.- Bases Para las Estimaciones.

Las bases primordiales para las estimaciones de Reservas son el muestreo de las labores mineras y de los barrenos de exploración, los levantamientos topográficos y geológicos, la localización de todo lo anterior en los planos correspondientes, las medidas, cálculos e interpretaciones basadas en los planos y los reportes de las minas, los molinos y/o las fundiciones. Debido a que sin un muestreo confiable nunca se tendrán unas Reservas confiables, y como el muestreo tiene que ser de calidad el departamento de Geología es el responsable de dicho muestreo en cada uno de los complejos mineros.

VI.3. - Reservas de Mineral.

Las "Reservas de Mineral", que en lo sucesivo serán referidas simplemente como Reservas, son el inventario del mineral conocido que se estima se puede extraer, beneficiar de ser necesario y vender o utilizar económicamente todo o en parte, tomando en consideración las cotizaciones, subsidios, costos, disponibilidad de plantas de tratamiento y otras condiciones que la Gerencia juzgue regirán en el período para el cual se calcularán las Reservas.

Esto implícitamente, nos está señalando lo siguiente:

- a) Que el mineral no presente problemas en su tratamiento metalúrgico, para obtener las recuperaciones y concentraciones deseables.
- b) Que sea económicamente explotable, ya sea considerando el costo de la inversión en nuevas Unidades mineras, o bien cuando sea el caso, que cubra el costo de incorporación a las Unidades en operación.

Los criterios establecidos en éste trabajo y los cuales más adelante se detallarán, relativos a la clasificación de las Reservas, son aplicables tanto a Unidades en operación como a Proyectos que se encuentran en la etapa de exploración.

VI.4. - Clasificación de las Reservas.

Las Reservas se dividen de acuerdo a su grado de confiabilidad y disponibilidad en:

Mineral Explotable: Probadas y Probables

Mineral de Interés: Inferidas

Nota: Los pilares únicamente se consideran como reservas hasta el momento en que su explotación sea inminente, dentro del año de validez de las Reservas, siempre y cuando no afecte la infraestructura de la mina. Bajo esta consideración el pilar deberá adicionarse como reservas probadas o probables.

Es conveniente aclarar, que el Securities and Exchange Commission (S.E.C.), únicamente acepta las dos primeras clasificaciones, a las que denomina Proven y Probable y para las cuales existen unas bases de cálculos, marcadas por dicha Institución.

VI.4.1.- Mineral Explotable.

El Mineral Explotable es aquel económicamente aprovechable, que por su grado de confiabilidad será utilizado en la planeación de la producción a corto y largo plazo, así como en los estudios de viabilidad de nuevos proyectos o expansiones.

El Mineral Explotable se divide en Probado y Probable, de acuerdo con las definiciones siguientes:

a) Probado.

Es aquel mineral que estando metalúrgicamente bien definido, tiene suficiente información a intervalos relativamente cortos y para el cual el carácter geológico está igualmente tan bien definido, que el tamaño, la forma y el contenido de la mena, se supone que tiene una confiabilidad del 85% o más, de acuerdo con estudios estadísticos, ó sea que debe estar determinado en todos los casos mediante obras directas en sentido horizontal, más obras en sentido vertical o barrenación de diamante, estando sus separaciones determinadas por las características geológicas del cuerpo en estudio.

Todo el mineral que ya se tiene quebrado en los rebajes para su explotación debe adicionarse a ésta categoría.

b) Probable.

Es aquel mineral que, en base a evidencias geológicas razonables, determinan su continuidad en cuanto a forma y contenido de la mena, en las estructuras ya conocidas en explotación, pudiendo ser cuantificado a cualquier profundidad del depósito en base a barrenación de diamante, ya sea superficial o subterránea, siempre y cuando ésta no tenga

una separación mayor a 30 metros, tanto en sentido vertical como horizontal. Queda establecido que abajo del último nivel en las diferentes secciones de la mina y sin importar su elevación en cada sección, únicamente se podrán cuantificar Reservas Probables hasta 15 metros abajo del último nivel sin barrenación de diamante. Así mismo, podrá incluirse un bloque probable de 15 metros enseguida de un bloque probado. La confiabilidad debe ser del 70% al 85% de acuerdo con estudios estadísticos.

Es común que las Unidades mineras subterráneas denominen como Reservas Explotables a la suma de las Reservas Probadas y Probables.

Para dar cumplimiento a los lineamientos del S.E.C. únicamente se podrá clasificar como Reservas Probadas a aquel mineral que se encuentra arriba del último nivel de la mina; en lo que respecta al mineral Probable, podrá quedar dentro de éstas definiciones:

- a) El mineral hasta 15 metros abajo del último nivel
- b) Debajo de los primeros 15 metros solamente se cuantificarán como Reservas Probables las áreas con suficiente barrenación (25 ó 30 metros entre barrenos).

VI.4.2.- Mineral de Interés.

El Mineral de Interés como su nombre lo indica, es para mantener constancia de las áreas que requieren estudio, exploración, desarrollo, etc. y está constituido por el mineral Inferido.

a) Inferido.

Se establecen Reservas Inferidas, cuando se tienen amplios conocimientos geológicos del depósito y se cumple con los requisitos siguientes:

- 1.- El mineral entre dos niveles cuando no se tiene barrenación de diamante.
- 2.- El mineral que cubriendo el 100% de los costos totales de operación, está inaccesible.

- 3.- El mineral determinado por barrenación de diamante, ya sea superficial o subterránea, a cualquier profundidad del depósito, cuando se tiene una barrenación sistemática, con separación no mayor de 60 metros entre barrenos. Cuando no se cumple con lo anterior únicamente se permite un radio de influencia de 15 metros.

Nota: La separación de 30 metros entre barrenos para ser aceptado como mineral Probable, así como la separación de 60 metros para mineral Inferido, han sido establecidas por estadística, sin embargo la cifra más apegada a la realidad es mediante estudios de variografía para cada cuerpo mineral en particular. En caso de que se contara con suficiente información para construir los variogramas, es más correcto utilizar los resultados de éstos.

Las sub-clasificaciones del Mineral Explotable y Mineral de Interés, a su vez pueden ser divididas en los siguientes conceptos:

Sulfuros para Flotación.

Óxidos para Cianuración y/o Lixiviación.

Siempre se debe indicar cuánto del Mineral Explotable mencionado anteriormente está "Disponible", entendiéndose como tal, todos aquellos bloques de mineral que se pueden preparar de inmediato con fines de explotación, además del mineral quebrado.

Éstas dos categorías a su vez pueden clasificarse de la manera siguiente:

- 1.- Mineral disponible preparado y/o preparándose.
- 2.- Mineral disponible sin preparación.
- 3.- Mineral abajo del último nivel.
- 4.- Mineral en cuerpos ó vetas angostas.
- 5.- Mineral en cuerpos aislados ó inaccesible.

Éstas clasificaciones son de gran utilidad para los programas de producción.

VI.5.- Procedimiento Para el Cálculo de Reservas, Criterios.

Definir el criterio general a seguir durante la estimación de las Reservas es quizá el punto más importante, porque a partir de ello dependerá el logro de las metas que son el de obtener resultados lo más reales posibles, es decir, que los tonelajes y leyes estimadas para cada bloque representen dentro de lo posible, los que en la práctica se obtendrían al minar y beneficiar el bloque. Por consiguiente, se hace necesario considerar los siguiente factores, así como otros que puedan surgir, para obtener la información deseada.

a).- Información topográfica actualizada como:

- De las cabezas de rebajes, frentes y desarrollos tanto en planta como en secciones transversales y longitudinales para cada veta.

b).- Información geológica actualizada como:

- Plano geológico general de la Unidad minera o Proyecto de exploración con estructuras, litología, alteraciones, mineralización, etc.
- Barrenación de exploración en una rejilla para determinar tipos de roca, estructuras, tipos de mineralización, densidades, recuperaciones, medición de desviaciones, muestreo y ensayos por todos los elementos necesarios.
- RQD (Rock Quality Designation).- Índice cuantitativo de la calidad de roca. Se define como el porcentaje de núcleos (barrenación de diamante) que se recupera en piezas enteras de 100 mm. ó más de la longitud total del barreno.

$$\text{RQD (\%)} = \frac{100 \times \sum (\text{longitud de núcleos mayores de 100 mm.})}{\text{Longitud total del barreno}}$$

<u>RQD</u>	<u>Calidad de Roca</u>
<25%	Muy mala
25-50%	Mala
50-75%	Regular
75-90%	Buena
90-100%	Muy buena

La determinación de éste índice es muy importante para los estudios de mecánica de rocas.

- Muestreos de obras mineras en forma adecuada, para que sea representativo del mineral in-situ, con límites económicos calculados y aplicados.
- Alteraciones, fallamientos, intemperizaciones y consistencias de las rocas encajonantes, así como mineralogía, regularidad y tendencias de la mineralización y las formas de los cuerpos.
- Cantidad y leyes de la roca diluyente, así como anchos, leyes y factores provenientes de los lugares circunvecinos.

c).- Información de Molinos:

- Factores de corrección del muestreo.
- Leyes de producción ajustadas a las cabezas del molino.
- Densidad del mineral in situ y quebrado.
- Pruebas metalúrgicas para determinación de las leyes de los concentrados por obtener, así como sus grados de recuperación y posibles problemas metalúrgicos.

d).- Información del departamento de Contabilidad como:

- Cotizaciones presentes y futuras de los metales.
- Subsidios
- Impuestos
- Fletes
- Costos directos e indirectos de operación.
- Gastos generales, incluyendo amortizaciones de instalaciones planeadas, depreciación, agotamiento, proporcional de Oficinas de México, regalías, etc.

e).- Información de las Minas:

- Métodos de minado que se utilizarán.
- Trabajos de desarrollo y preparación que serán necesarios llevar a cabo para darles accesibilidad a los bloques, y sus costos proporcionales.
- Pilares que se deberán dejar

VI.6.- Comité de Cálculo de Reservas.

Debido a que son muchos los factores involucrados en el cálculo de Reservas y de que éstas deben tener el máximo grado de confiabilidad, se requiere formar un comité que lleve a cabo dicho cálculo bajo las bases siguientes:

- a) El responsable de la confiabilidad del cálculo de reservas es el Gerente de la Unidad.
- b) Se nombra al Jefe de Planeación y Control o al Jefe de Ingeniería, según el caso, para que actúe como cabeza del comité de estimación de Reservas.
- c) El Jefe de Geología, junto con todo el equipo de trabajo a su cargo, debe llevar a cabo dichos cálculos en base a interpretación geológica y estructural que puedan modificar el cálculo de las Reservas, así como lo referente al muestreo.

Para los fines anteriores se acostumbra que el Geólogo encargado de cada complejo minero tenga al 100%, en orden y al día toda la información que durante el año se recopila con fines del cálculo de Reservas para tratar de hacer un cálculo más dinámico.

- d) El superintendente de Mina, interviene en lo que respecta a la factibilidad y manera de explotar los bloques que se cuantifican.

Los mejores resultados que se han obtenido en la práctica han sido cuando dichos funcionarios se han reunido e intercambiado impresiones sobre grupos de bloques. El jefe de Geología debe calcular los datos correspondientes para los bloques que se han comentado, y presentar los resultados para aprobación en las juntas del grupo.

El Gerente General, desde luego, tiene la responsabilidad de revisar y aprobar las estimaciones resultantes.

VI.7.- Nomenclatura de los Bloques.

Los bloques se identifican individualmente de la siguiente manera: se utilizan tres claves para su rápida e inconfundible localización, la primera corresponde al nivel desde el cual se tiene proyectado minarlo, la segunda corresponde a la veta que se está calculando (son siglas) y la tercera a la posición transversal relativa a la cuadrícula de secciones verticales (que son los paralelos).

Se pueden añadir a lo anterior sub-fijos que indiquen si los bloques tienen otras características en particular, como se ilustra en el mapa modelo que se. (Fig. No.6.- Nomenclatura de los bloques).

VI.8.- Muestreo.

Tanto los rebajes como las obras mineras de desarrollo se muestrean sistemáticamente por el método de obtención de esquirlas, procurando que la separación entre canales de muestreo en las obras de desarrollo no sea mayor de 4 metros y en los rebajes no mayor a 6 metros.

Se toma en cuenta la confiabilidad de los muestreos por esquirlas considerando que se hacen de acuerdo a especificaciones asentadas en un manual de procedimiento para la obtención de las muestras, además de si se han hecho muestreos de comprobación, si se acercan a las leyes de producción, y si se supervisan los lugares con frecuencia, etc.

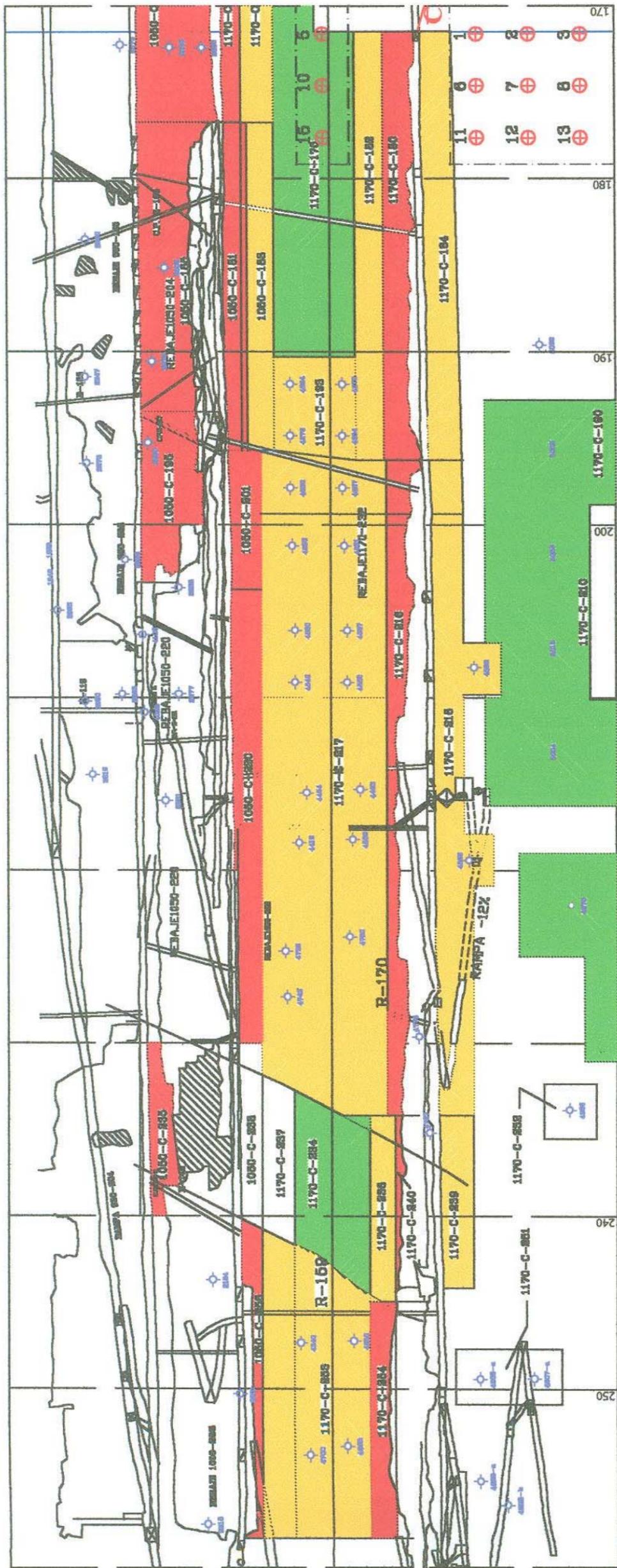


FIG. No.6.- NOMENCLATURA DE LOS BLOQUES

En lo que respecta al muestreo de las barrenaciones, independientemente del método de barrenación utilizado, se considera la recuperación obtenida y se comparan los valores resultantes con los muestreos por esquiras y/o producción del mismo lugar, para obtener los factores correspondientes.

Una manera muy práctica de obtener factores para corregir las leyes del muestreo es el de llevar registros mensuales y acumulativos de las leyes del tumbe y de la producción, ajustadas las últimas a las cabezas del molino, para cada rebaje y contrapozo. Otra manera de factorizar las leyes del muestreo es calculando límites económicos, para esto se toma en cuenta el primer promedio ponderado con los datos de peso de cada muestra, sean estos el tonelaje o la longitud entre cada muestra.

Si la longitud muestreada en el canal es mayor que el ancho del cuerpo que se estima se va a minar, las reservas no se deben de calcular sobre el ancho muestreado, sino que se deben de estudiar las muestras individuales y combinar únicamente los anchos correspondientes a lo que es factible minar económicamente, con sus leyes correspondientes.

Particularmente para los cuerpos tabulares, que se preparan por medio de frentes y/o contrapozos, se sugiere que las muestras se promedien formando compósitos de acuerdo con las concentraciones de mineral. Esto permitirá estudiar menos datos al considerar un área para juzgar la tendencia de la mineralización, y así fijar con más facilidad la formación de los bloques.

Cuando las obras de desarrollo y exploración, no han descubierto el ancho total de la mineralización, se debe de tratar de determinar con los barrenos y demás obras (rebajes, cruceros, etc.) que existan en el área, tomando las debidas precauciones al proyectar ésta información de cualquier distancia a la zona bajo estudio. Naturalmente que las leyes deben de modificarse de acuerdo con estudios estadísticos previos.

La forma de considerar las muestras existentes depende de las formas de los cuerpos mineralizados y de cualquier otro tipo de información disponible.

Durante el transcurso del año se confrontan los datos de producción con los de las Reservas, sobre los cuales se basan los pronósticos. Las razones de las diferencias se averiguan y, de haber errores en las estimaciones de Reservas, éstos se toman en cuenta y se corrigen antes de calcular las nuevas Reservas.

VI.9.- Hoja de Cálculo.

Los cálculos correspondientes a cada bloque se hacen en formas estandarizadas para cálculo utilizadas ordinariamente para las estimaciones de Reservas. (Tabla No.4.- Hoja para Calculo de Reservas).

Cada dato lleva identificada su procedencia, para poder seguirse los pasos del cálculo sin ninguna dificultad y con suficientes notas aclaratorias sobre los métodos utilizados para evitar confusiones.

Las factorizaciones para leyes se llevan a cabo para cada tipo de muestreo separadamente, salvo que para tanto las leyes de barrenos como de otros muestreos, los factores sean iguales.

En las hojas de cálculo, los datos finales del mineral in situ aparecen como un subtotal, seguido por el tonelaje y leyes del mineral quebrado y finalmente por el combinado de éstos elementos.

Los cálculos de cada bloque se respaldan con los planos y secciones que se utilizaron para dicho cálculo. El conjunto de todas las hojas de cálculo, planos y demás documentos, se encarpetan y archivan en un lugar seguro. Posteriormente, éstos cálculos son revisados por un representante de la Gerencia.

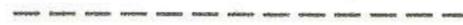
Al mismo tiempo que se está estudiando la información disponible para las estimaciones de Reservas, se toman notas sobre la información faltante que sea necesario recabar para elevar la confiabilidad de la información disponible y para establecer nuevas Reservas. Dichas notas facilitan el formular los programas de muestreo, exploración y explotación.

VI.10.- Ejemplos Ilustrativos de Varias Situaciones y el Criterio por Aplicarse.

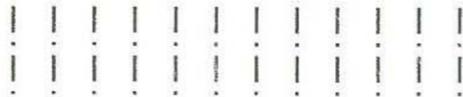
A continuación se ilustran varias situaciones combinadas de cuerpos tabulares y obras que dan a la mineralización varios grados de exposición, así como el criterio que se debe de seguir al clasificar los bloques bajo tales circunstancias.

Nomenclatura utilizada:

Tabla inferida del cuerpo



Achurado para mineral Probado y Probable en un mismo bloque



Límites de los bloques y entre clasificaciones



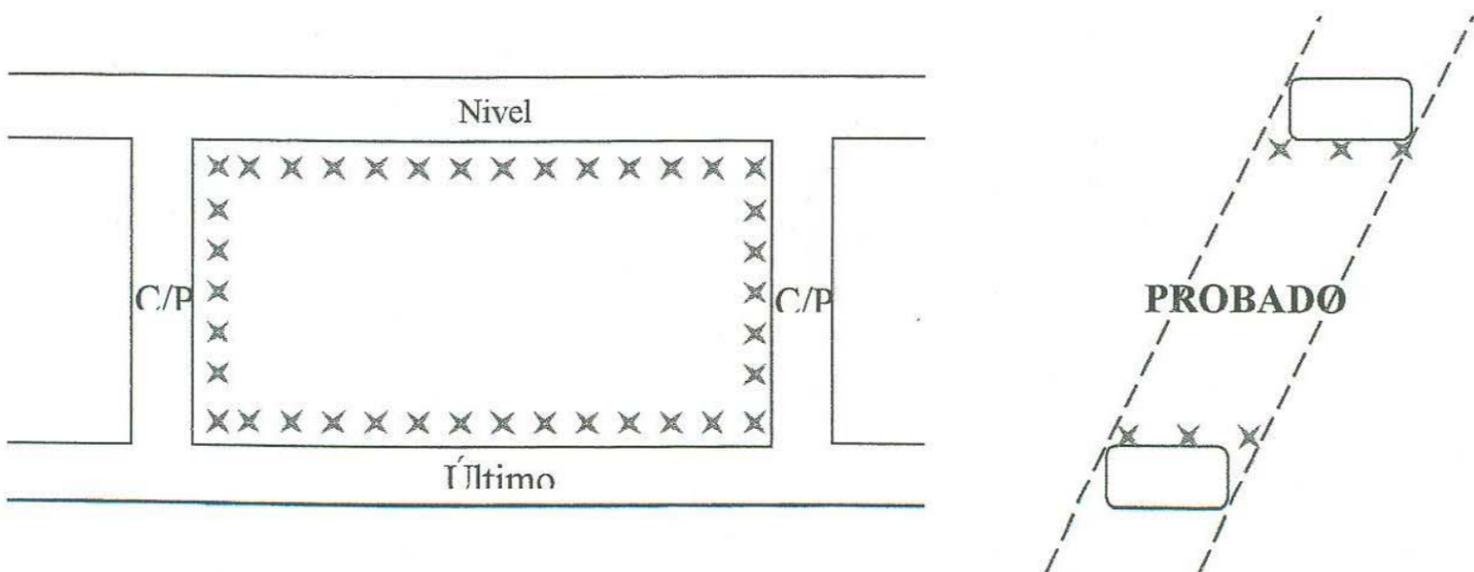
Leyes económicas en muestreo



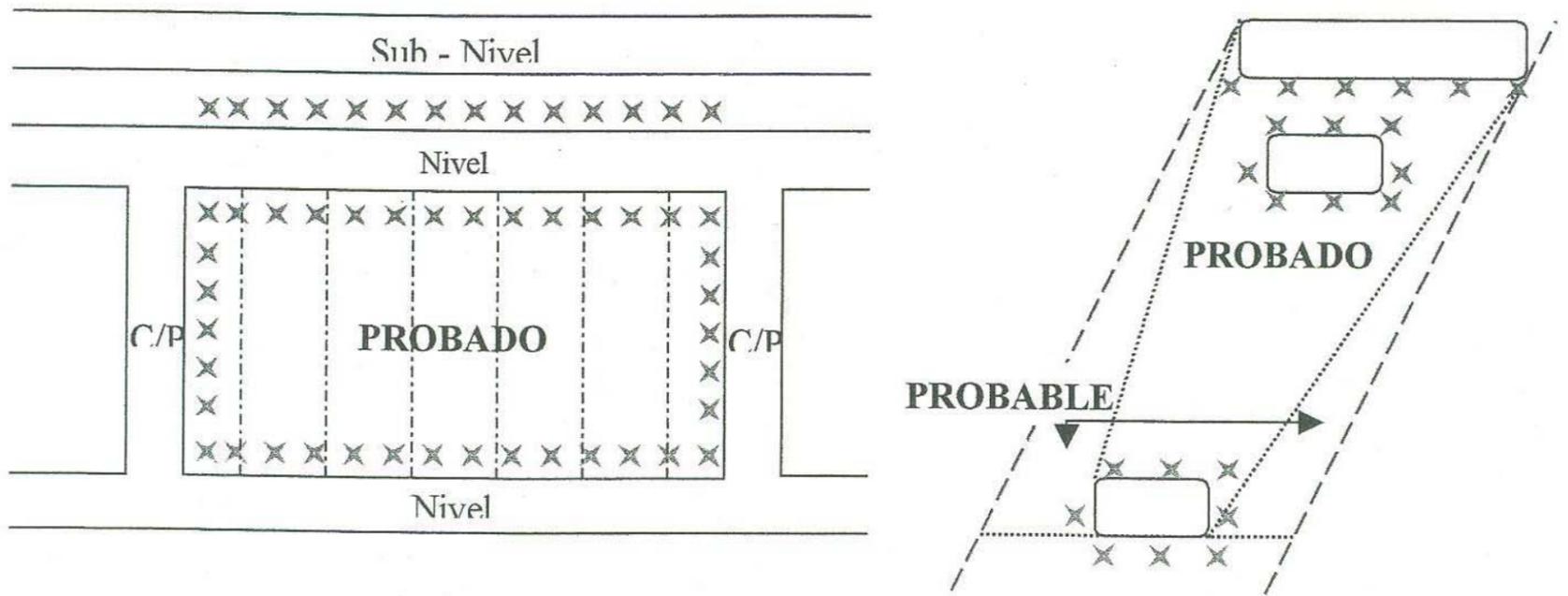
VETAS

Para ejemplificar tales situaciones se dibujaron la proyección longitudinal a la izquierda y una sección transversal idealizada, a la derecha.

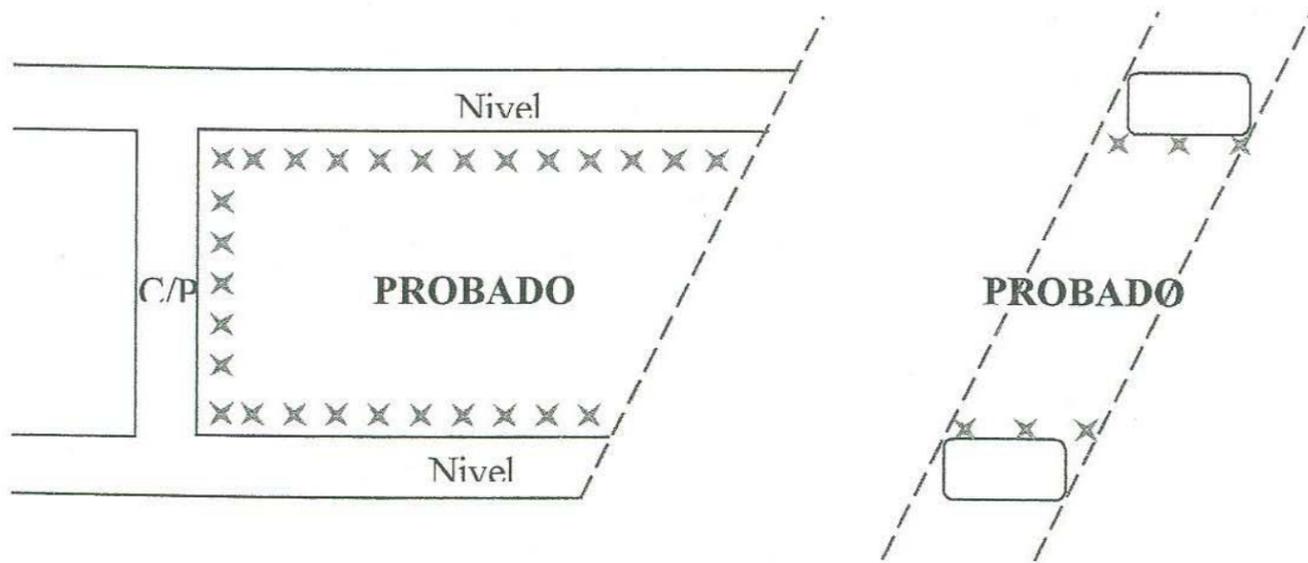
1.- Un bloque expuesto en cuatro lados y a todo su ancho.



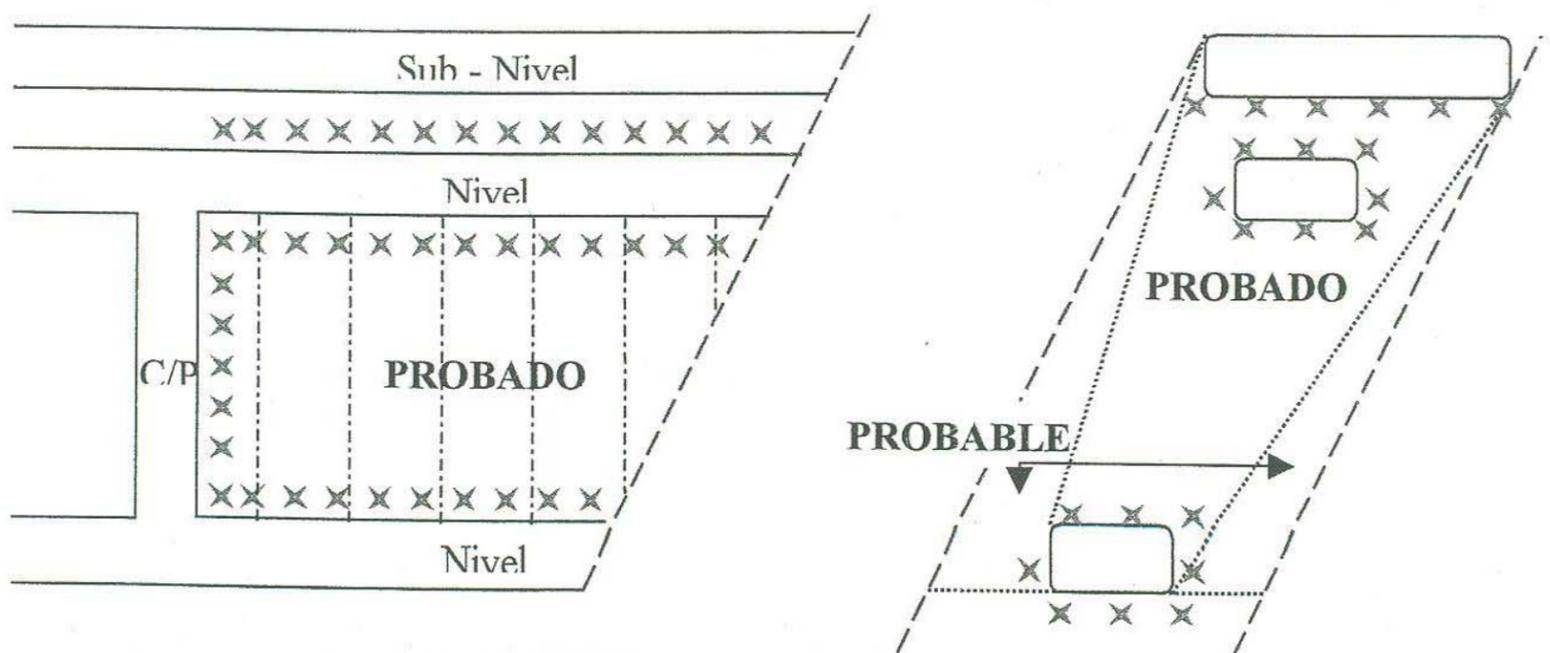
2.- Un bloque con labores en sus cuatro lados, pero que no en todos está expuesto a su ancho total.



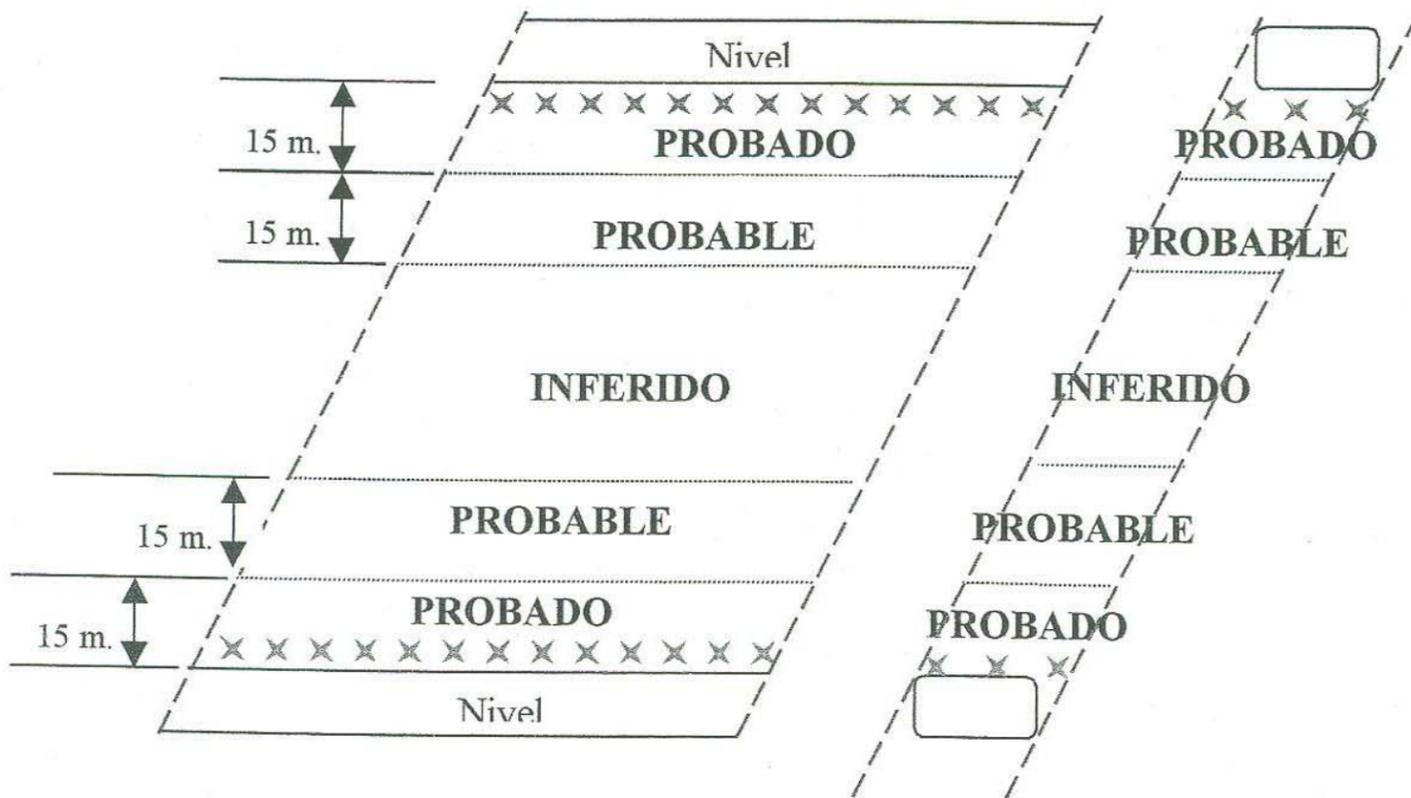
3.- Un bloque con labores en tres lados, exponiendo la mineralización a todo su ancho.



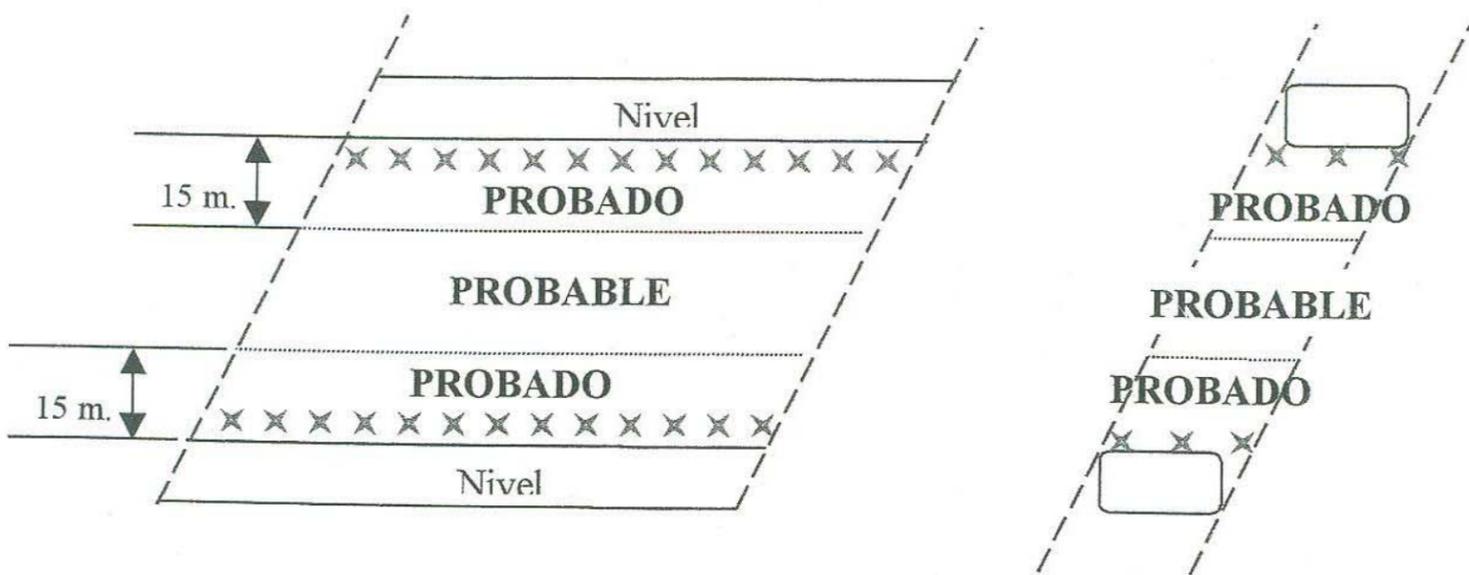
4.- Similar al anterior, pero el nivel inferior, no está expuesto a todo el ancho del cuerpo.



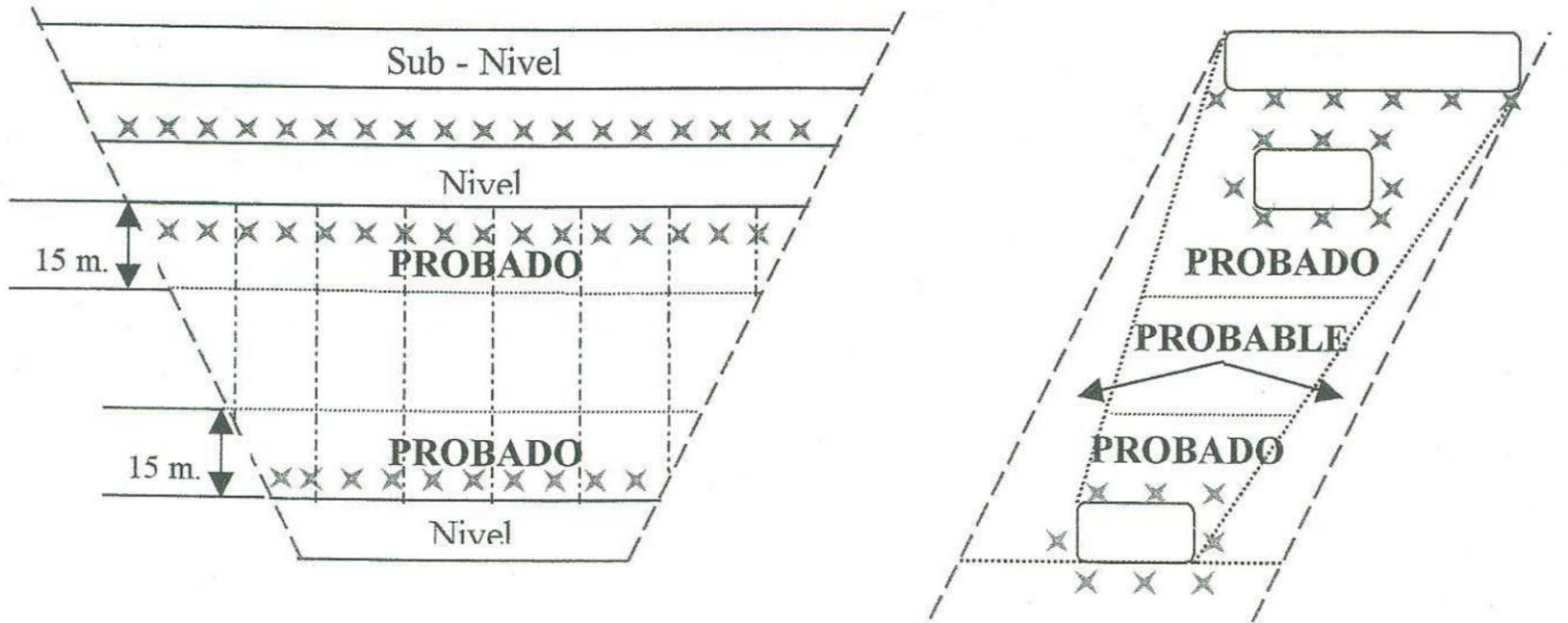
5.- El mineral está expuesto a todo su ancho en dos niveles, cuya separación es mayor de 60 metros e igual o menor de 120 metros.



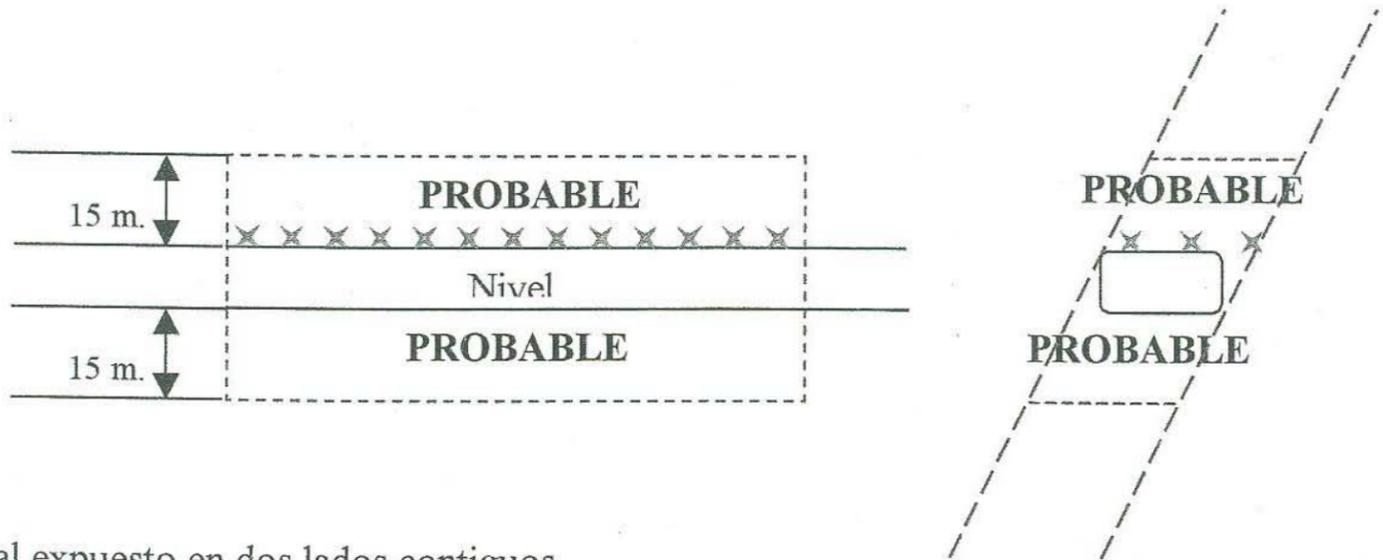
6.- El mineral está expuesto a todo su ancho en dos niveles cuya separación es de 60 metros.



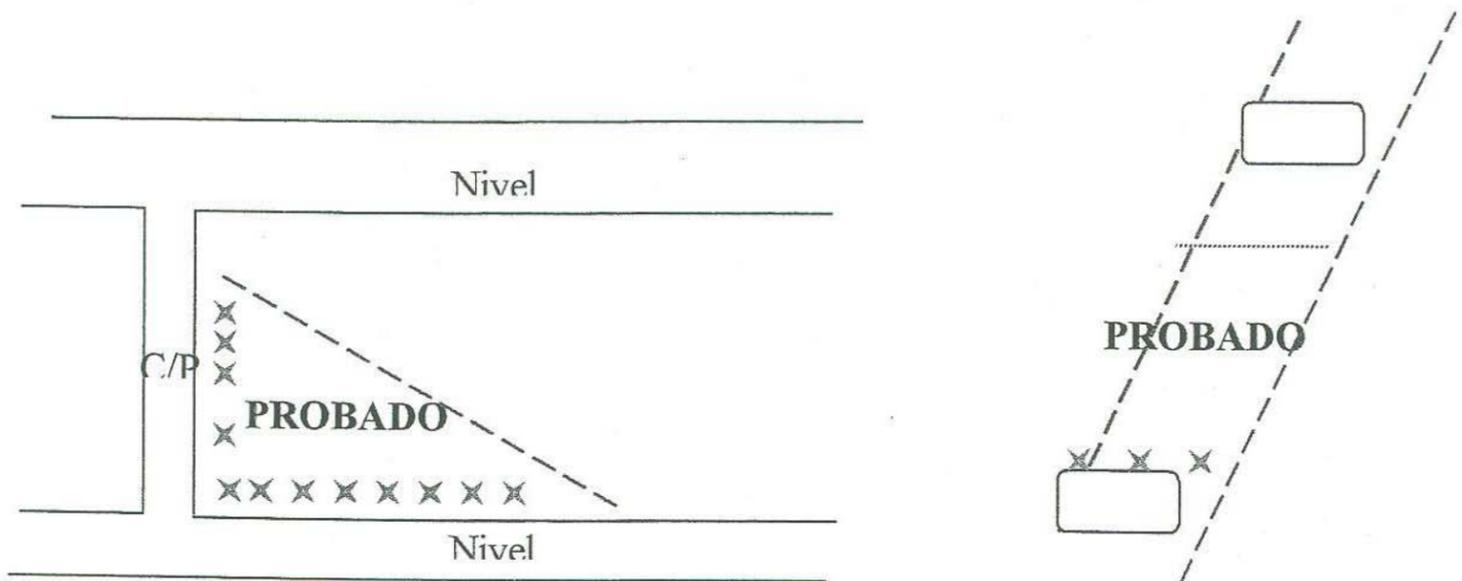
7.- Similar al anterior, pero el nivel superior, no está expuesto a todo el ancho del cuerpo.



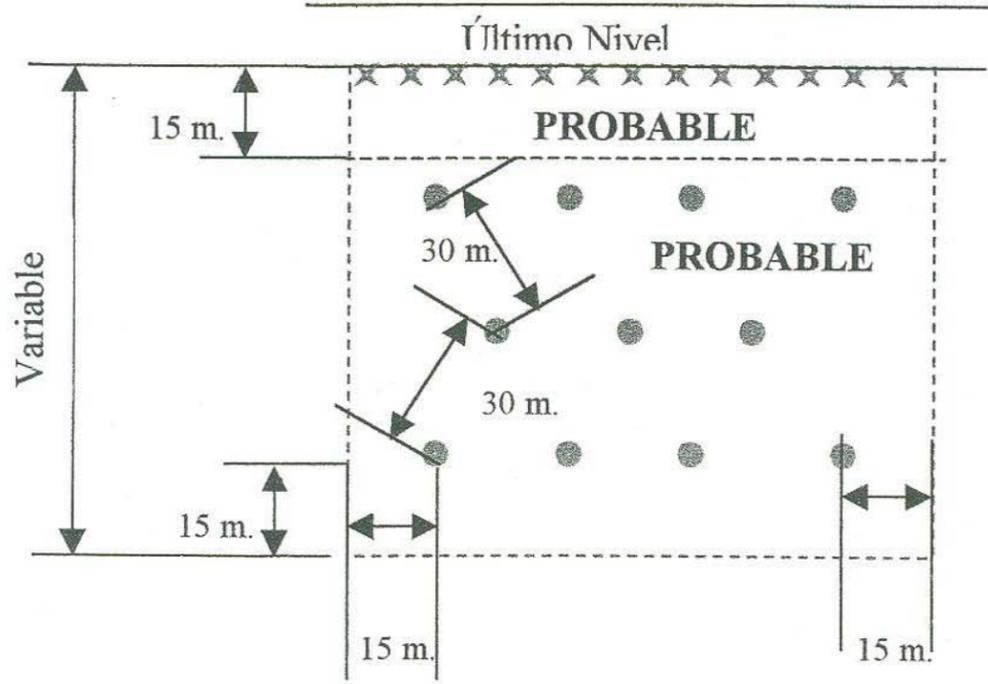
8.- Mineral expuesto en un solo lado.



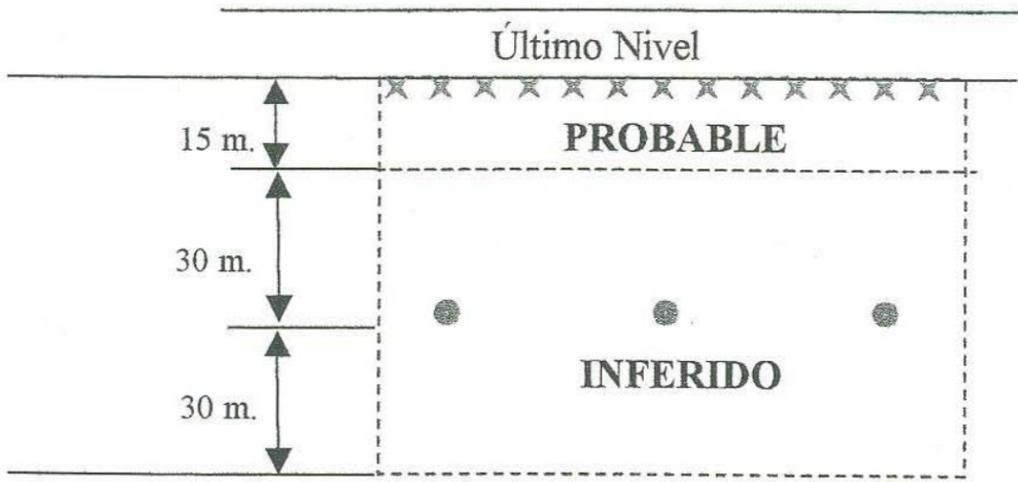
9.- Mineral expuesto en dos lados contiguos.



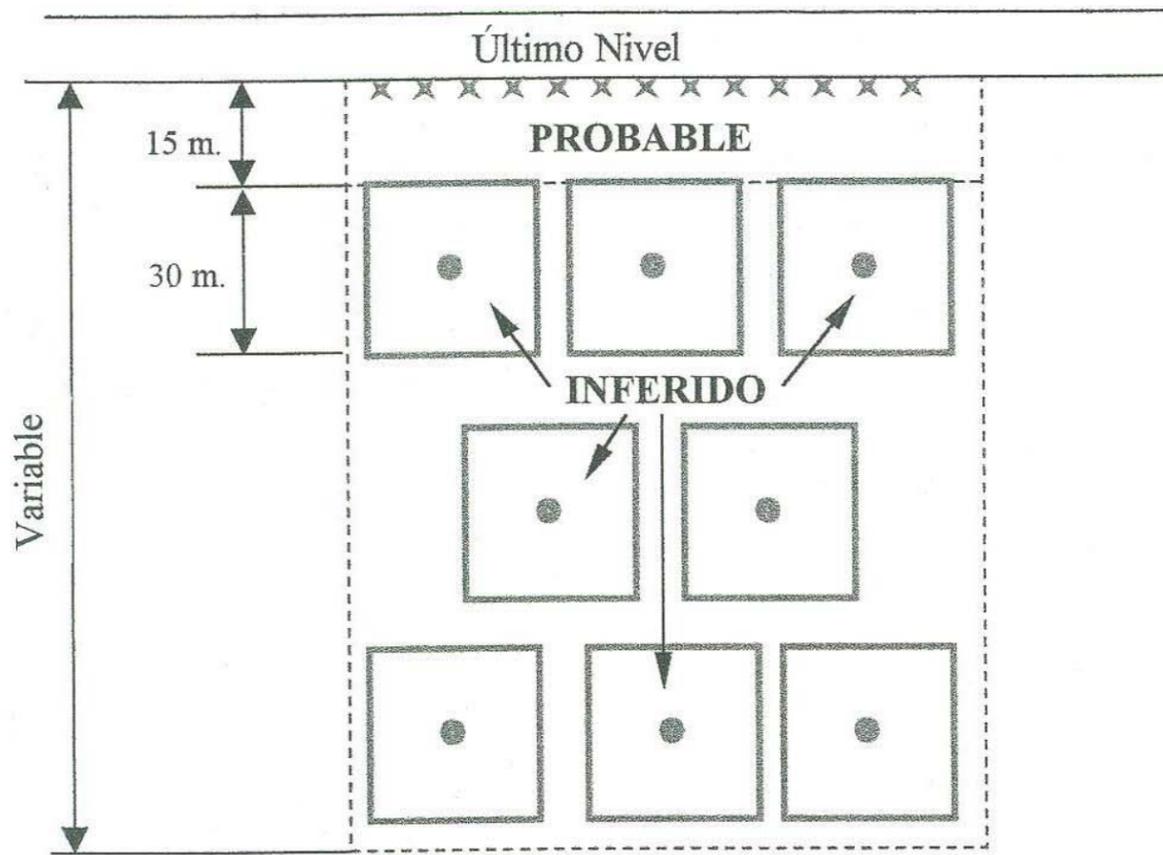
10.- Mineral abajo del último nivel expuesto por barrenación, con espaciamiento de 30 metros o menor.



11.- Mineral expuesto abajo del último nivel por pocos barrenos a espaciamientos arriba de los 30 metros y a poca profundidad.



12.- Mineral expuesto por varios barrenos a profundidad relativamente grande, pero con espaciamentos arriba de los 60 metros. Las áreas fuera de los rectángulos no se deben cuantificar.



VI.11.- Determinación de Promedios.

Para cada tipo de cálculo de promedios, a los valores individuales se les debe de dar un peso correspondiente a su ancho, longitud, área, volumen o tonelaje para obtener un promedio correcto. A continuación se describen las fórmulas usuales y se enlistan los símbolos de las mismas, el sufijo identifica elementos individuales. Por ejemplo MT_1 indica los anchos promedios del grupo de tramos $MT_1, MT_2, MT_3, \dots, MT_i$.

Se calculan anchos promedios solamente para aquellos cuerpos que lógicamente puedan tener un ancho, es decir, cuerpos más o menos tabulares. Se sustituyen Alturas por Anchos cuando corresponda.

Para los casos especiales que no estén cubiertos exactamente por estas fórmulas, se elaboran fórmulas ex profeso que sigan los criterios ilustrados y se incluyen aquí.

Simbología Utilizada:

A = Áreas individuales

AP = Área promedio

AT = Área total

d = distancia a una muestra vecina

da = distancia a un área vecina

de = distancia a un canal vecino

D = Distancia de influencia de una muestra

$$= \frac{d_1 + d_2}{2}, \frac{d_2 + d_3}{2}, \dots, \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

DA = Distancia de influencia transversalmente a un área

$$= \frac{da_1 + da_2}{2}, \frac{da_2 + da_3}{2}, \dots, \frac{da_{(i-1)} + da_i}{2}$$

DC = Distancia de influencia transversalmente (normal) a un canal

$$= \frac{dc_1 + dc_2}{2}, \frac{dc_2 + dc_3}{2}, \dots, \frac{dc_{(i-1)} + dc_i}{2}$$

DT = Largo o longitud de un tramo de canales, secciones, etc.

L = Ley de un metal o metaloide, para una muestra individual

LAT = Ley promedio para un área con tramos de muestreo circundando y/o incluidos interiormente en el área

LC = Ley promedio de una serie de muestras extremo a extremo a lo largo de un canal, crucero (muestreando horizontalmente), contrapozo, barreno o pozo.

LT = Ley promedio para un tramo muestreado por uno o varias canales

LTT = Ley promedio para varios tonelajes

M = Ancho o longitud de una muestra individual

MAT = Ancho promedio de un área con tramos de muestreo circundando y/o incluidos interiormente en el área.

MC = Ancho de un canal, o longitud de una serie de muestras extremo a extremo en un crucero, contrapozo, terreno o pozo

MT = Ancho promedio de un tramo muestreado por canales

MTT = Ancho promedio de varios tonelajes.

MV = Ancho promedio de un volumen

NC = Número de canales

NT = Número de tonelajes

T = Toneladas métricas para un volumen

TP = Tonelaje promedio

TT = Toneladas métrica totales para varios volúmenes

V = Un volumen individual

VP = volumen promedio

VT = Volumen totalizado de varios volúmenes

LV = Ley promedio de un volumen

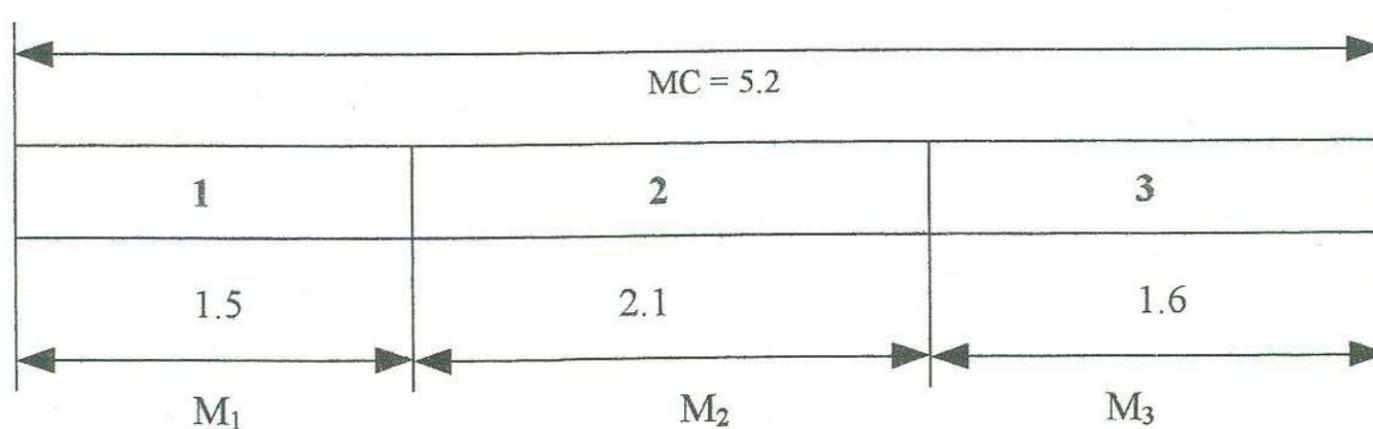
1.- Promediando el Ancho de Cada Muestra Individual. Promedios de dos o más muestras a lo largo de un canal, contrapozo, barreno o pozo.

$$MC = M_1 + M_2 + \dots + M_i$$

$$LC = \frac{(M_1)(L_1) + (M_2)(L_2) + \dots + (M_i)(L_i)}{\sum M_i}$$

Ejemplo: Muestras tomadas en un canal, al ancho de una veta.

Muestra No.	Ancho mts	Leyes Ag (grs)	Pb (%)
1	1.5	180	4.5
2	2.1	250	8.3
3	1.6	200	6.0



PLANTA

Ancho total del canal = MC = 1.5 + 2.1 + 1.6 = 5.2 mts

Ley Promedio de Plata = $LC_{\text{plata}} = \frac{1.5 \times 180 + 2.1 \times 250 + 1.6 \times 200}{1.5 + 2.1 + 1.6}$

$$= \frac{270 + 525 + 320}{5.2} = \frac{1,115}{5.2} = 214 \text{ gms}$$

Ley Promedio de Plomo = $LC_{\text{plomo}} = \frac{1.5 \times 4.5 + 2.1 \times 8.3 + 1.6 \times 6.0}{1.5 + 2.1 + 1.6}$

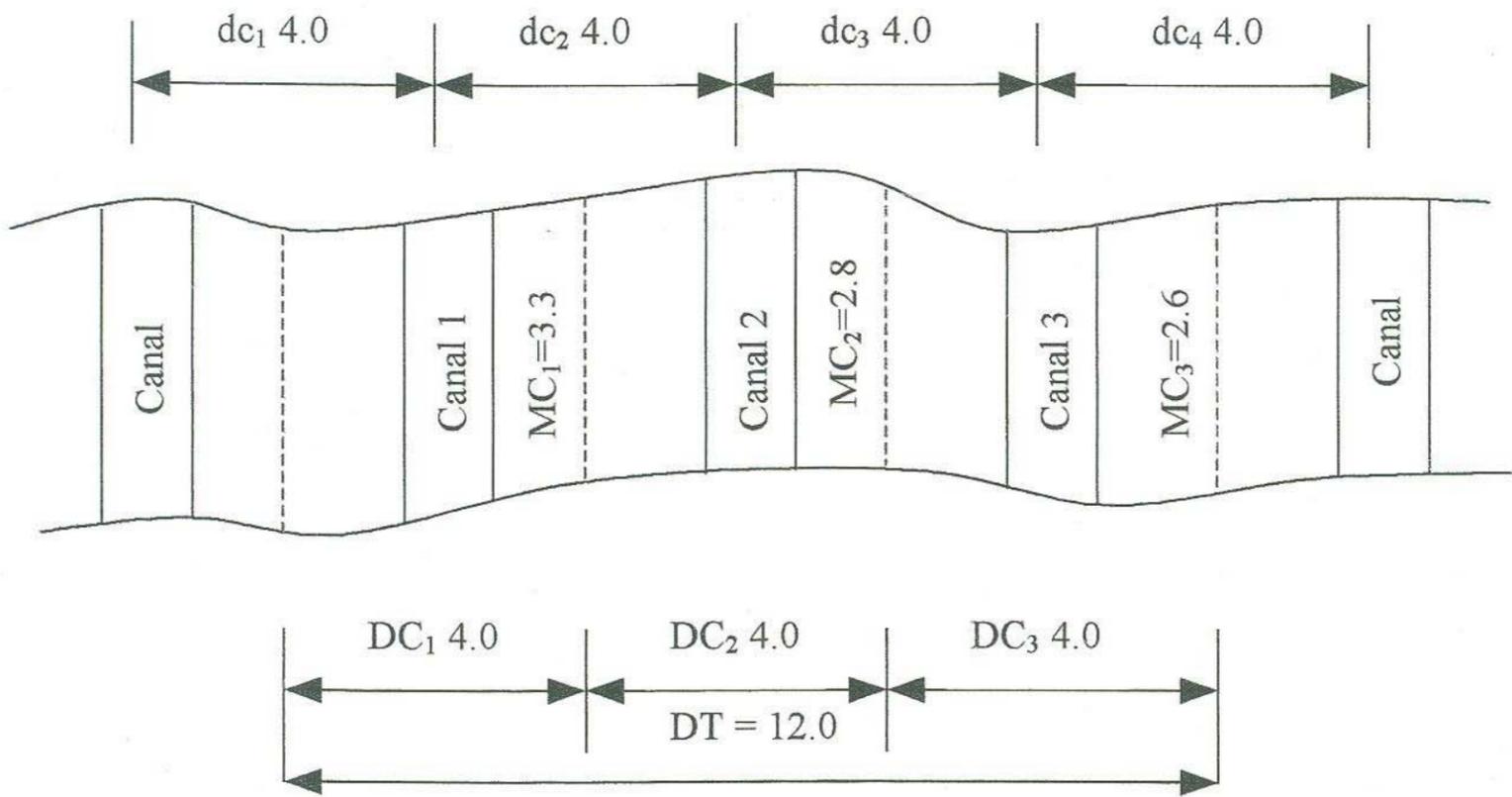
$$= \frac{6.75 + 17.43 + 9.6}{5.2} = \frac{33.78}{5.2} = 6.5\%$$

2.- Promediando Distancias de Influencias Iguales. Promedios de dos o más canales en un tramo con separaciones iguales entre canales, por el método de “ distancia de influencia” = suma de semidistancias a cada lado, y longitud total del tramo.

$$DT = D_1 + D_2 + \dots + D_i = (D) (NC)$$

$$MT = \frac{MC_1 + MC_2 + \dots + MC_i}{NC} \quad LT = \frac{(MC_1)(LC_1) + (MC_2)(LC_2) + \dots + (MC_i)(LC_i)}{\sum MC_i}$$

Ejemplo:



**Distancias de Influencia
PLANTA**

Canal No.	Ancho mts	Leyes Ag (grs)	Pb (%)
1	MC ₁ = 3.3	150	5.0
2	MC ₂ = 2.8	200	8.0
3	MC ₃ = 2.6	180	6.5

$$DC_1 = \frac{dc_1 + dc_2}{2} = \frac{4.0 + 4.0}{2} = 4.0 = DC_2 = DC_3$$

Longitud total del tramo = DT = 4.0 + 4.0 + 4.0 = (4.0)(3) = 12.0 metros

$$\text{Ancho promedio del tramo} = MT = \frac{3.3 + 2.8 + 2.6}{3} = \frac{8.7}{3} = 2.9 \text{ metros}$$

$$\begin{aligned} \text{Ley promedio de plata} = LT_{\text{plata}} &= \frac{3.3 \times 150 + 2.8 \times 200 + 2.6 \times 180}{3.3 + 2.8 + 2.6} \\ &= \frac{495 + 560 + 468}{8.7} = \frac{1,523}{8.7} = 175 \text{ gramos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ley promedio de plomo} = LT_{\text{plomo}} &= \frac{3.3 \times 5.0 + 2.8 \times 8.0 + 2.6 \times 6.5}{3.3 + 2.8 + 2.6} \\ &= \frac{16.5 + 22.4 + 16.9}{8.7} = \frac{55.8}{8.7} = 6.4\% \end{aligned}$$

NOTA: Si el tramo por considerarse terminara exactamente en los canales No. 1 y 3, las distancias dc_1 y dc_4 , se toman como cero. Entonces $DC_1 = DC_2 = 2.0$ metros, y $DT = 8.0$ metros. Se prosigue de ahí en la forma indicada arriba.

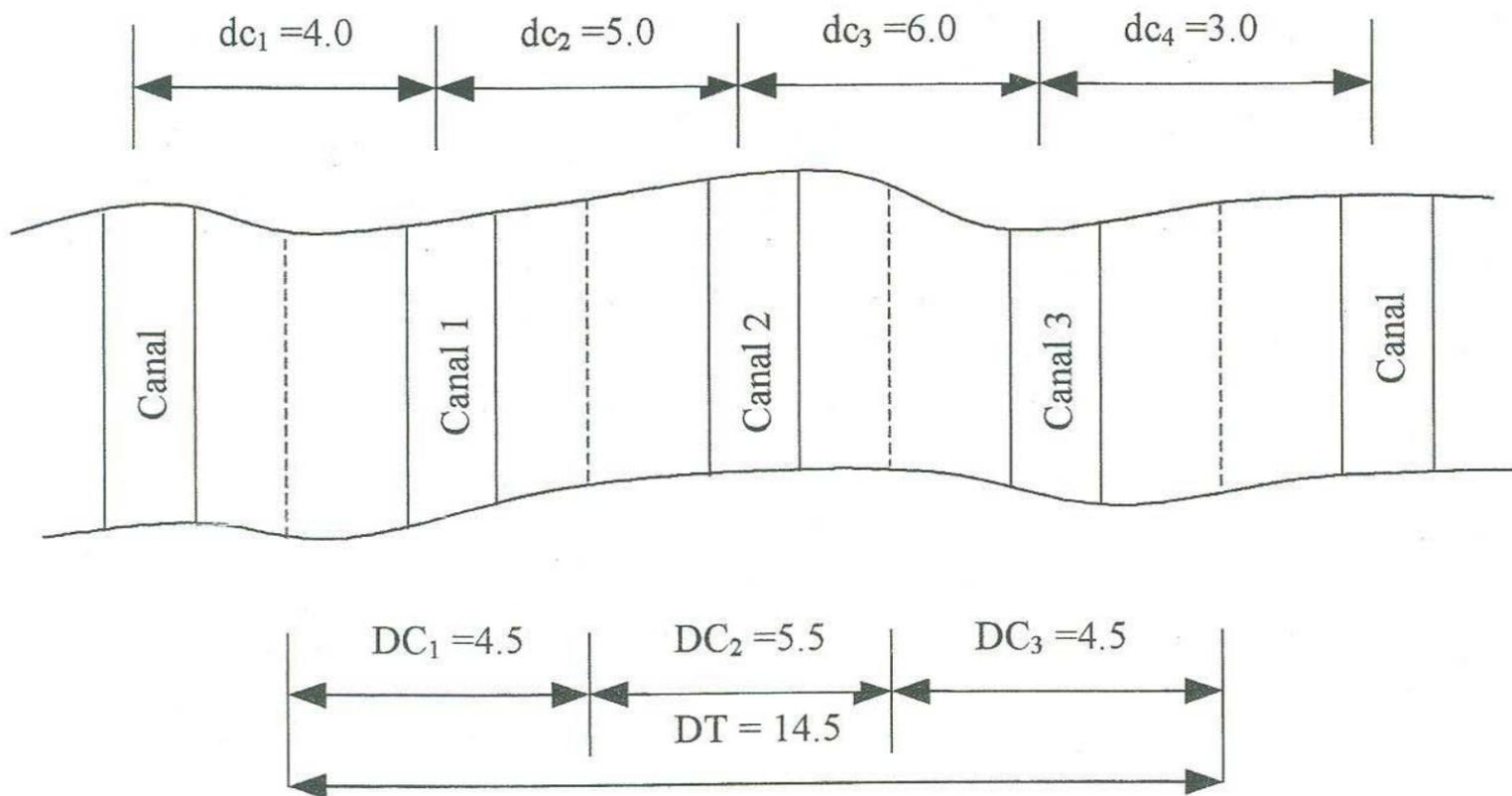
3.- Promediando Distancia de Influencias Desiguales. Promedios de dos o más canales en un tramo con separaciones desiguales entre canales, por el método de "distancias de influencia" = suma de semidistancias a cada lado, y longitud total del tramo.

$$DT = D_1 + D_2 \dots + D_i$$

$$MT = \frac{(D_1)(MC_1) + (D_2)(MC_2) + \dots + (D_i)(MC_i)}{\sum D_i = DT}$$

$$LT = \frac{(D_1)(MC_1)(LC_1) + (D_2)(MC_2)(LC_2) + \dots + (D_i)(MC_i)(LC_i)}{\sum(D_i)(MC_i)}$$

Ejemplo:



PLANTA

DC₁, DC₂, DC₃ y DT son distancias de influencia.

$$DC_1 = \frac{dc_1 + dc_2}{2} = \frac{4.0 + 5.0}{2} = 4.5; \quad DC_2 = \frac{dc_2 + dc_3}{2} = \frac{5.0 + 6.0}{2} = 5.5$$

$$DC_3 = \frac{dc_3 + dc_4}{2} = \frac{6.0 + 3.0}{2} = 4.5$$

Canal No.	Ancho Mts	Leyes	
		Ag (grs)	Pb (%)
1	MC ₁ = 3.3	150	5.0
2	MC ₂ = 2.8	200	8.0
3	MC ₃ = 2.6	180	6.5

Longitud total del tramo = DT = 4.5 + 5.5 + 4.5 = 14.5 metros

$$\begin{aligned} \text{Ancho promedio del tramo} = MT &= \frac{4.5 \times 3.3 + 5.5 \times 2.8 + 4.5 \times 2.6}{4.5 + 5.5 + 4.5} = \frac{14.85 + 15.4 + 11.7}{14.5} \\ &= \frac{41.95}{14.5} = 2.9 \text{ metros} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ley promedio de plata} = LT_{\text{plata}} &= \frac{4.5 \times 3.3 \times 150 + 5.5 \times 2.8 \times 200 + 4.5 \times 2.6 \times 180}{4.5 \times 3.3 + 5.5 \times 2.8 + 4.5 \times 2.6} \end{aligned}$$

$$= \frac{2,227.5 + 3,080 + 2,106}{14.85 + 15.4 + 11.7} = \frac{7,413.5}{41.95} = 177 \text{ gramos}$$

$$\text{Ley promedio de plomo} = \text{LT}_{\text{plomo}} = \frac{4.5 \times 3.3 \times 5.0 + 5.5 \times 2.8 \times 8.0 + 4.5 \times 2.6 \times 6.5}{4.5 \times 3.3 + 5.5 \times 2.8 + 4.5 \times 2.6}$$

$$= \frac{74.25 + 123.2 + 76.05}{14.85 + 15.4 + 11.7} = \frac{273.5}{41.95} = 6.5\%$$

NOTA: Si el tramo por considerarse terminará exactamente en los canales No. 1 y 3, las distancias dc_1 y dc_4 , se tomarán como cero. Entonces $DC_1 = 2.5$ y $DC_3 = 3.0$ metros, y $DT = 11.0$ metros. Se proseguiría de ahí en la forma indicada arriba.

4.- Promediando el Tramo de Muestreo. circundando un área.

$$\text{MAT} = \frac{(DT_1)(MT_1) + (DT_2)(MT_2) + \dots + (DT_i)(MT_i)}{\sum DT_i}$$

$$\text{LAT} = \frac{(DT_1)(MT_1)(LT_1) + (DT_2)(MT_2)(LT_2) + \dots + (DT_i)(MT_i)(LT_i)}{\sum (DT_i)(MT_i)}$$

Ejemplo:



Canal No.	Ancho Mts	Leyes	
		Ag (grs)	Pb (%)
1	MC ₁ = 2.8	155	6.0
2	MC ₂ = 3.2	180	7.5
3	MC ₃ = 3.4	175	6.5
4	MC ₄ = 2.7	160	6.0
5	MC ₅ = 2.4	150	5.5

$$\text{Ancho promedio del bloque} = \text{MAT} = \frac{70 \times 2.8 + 30 \times 3.2 + 30 \times 3.4 + 100 \times 2.7 + 30 \times 2.4}{70 + 30 + 30 + 100 + 30}$$

$$= \frac{196 + 96 + 102 + 270 + 72}{260} = \frac{736}{260} = 2.8 \text{ metros}$$

$$\text{Ley promedio de plata} = \text{LAT} = \frac{196 \times 155 + 96 \times 180 + 102 \times 175 + 270 \times 160 + 72 \times 150}{196 + 96 + 102 + 270 + 72}$$

$$= \frac{30,380 + 17,280 + 17,850 + 43,200 + 10,800}{736} = \frac{119,510}{736} = 162 \text{ gramos}$$

$$\text{Ley promedio de plomo} = \text{LT} = \frac{196 \times 6.0 + 96 \times 7.5 + 102 \times 6.5 + 270 \times 6.0 + 72 \times 5.5}{196 + 96 + 102 + 270 + 72}$$

$$= \frac{1,176 + 720 + 663 + 1,620 + 396}{736} = \frac{4,575}{736} = 6.2\%$$

5.- Promedio de Volúmenes y Volumen total.

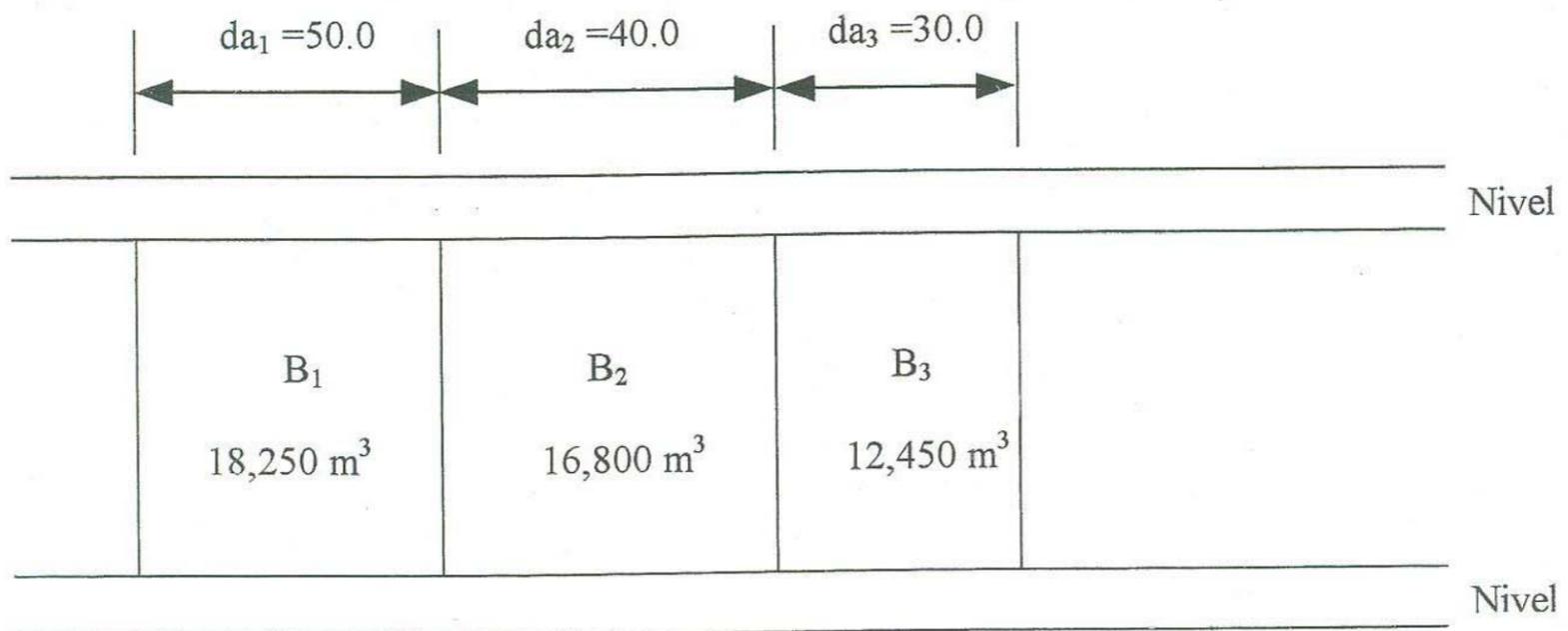
$$VT = V_1 + V_2 + \dots + V_i$$

$$VP = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_i}{NV}$$

$$MV = \frac{(V_1)(MV_1) + (V_2)(MV_2) + \dots + (V_i)(MV_i)}{\sum V_i = VT}$$

$$LV = \frac{(V_1)(L_1) + (V_2)(L_2) + \dots + (V_i)(L_i)}{\sum V_i = VT}$$

Ejemplo:



PROYECCIÓN LONGITUDINAL

$$V = da \times AP$$

$$V_1 = 50.0 \times 365 = 18,250 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 40.0 \times 420 = 16,800 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 30.0 \times 415 = 12,450 \text{ m}^3$$

$$VT = 18,250 + 16,800 + 12,450 = 47,500 \text{ m}^3$$

$$VP = \frac{18,250 + 16,800 + 12,450}{3} = \frac{47,500}{3} = 15,833 \text{ m}^3$$

<i>Bloque</i>	<i>Ancho</i>	<i>Leyes</i>	
<i>No.</i>	<i>Mts</i>	<i>Ag (grs)</i>	<i>Pb (%)</i>
1	6.8	149	8.4
2	7.8	280	7.9
3	7.8	264	7.1

$$\begin{aligned} \text{Ancho promedio del tramo} = MV &= \frac{18,250 \times 6.8 + 16,800 \times 7.8 + 12,450 \times 7.8}{18,250 + 16,800 + 12,450} \\ &= \frac{124,100 + 131,040 + 97,110}{47,500} = \frac{352,250}{47,500} = 7.4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Ley promedio de plata del tramo} = LV_{\text{plata}} = \frac{18,250 \times 149 + 16,800 \times 280 + 12,450 \times 264}{18,250 + 16,800 + 12,450}$$

$$= \frac{2'719,250 + 4'704,000 + 3'286,800}{47,500} = \frac{10'710,050}{47,500} = 225 \text{ gramos}$$

$$\text{Ley promedio de plomo del tramo} = LV_{\text{plomo}} = \frac{18,250 \times 8.4 + 16,800 \times 7.9 + 12,450 \times 7.1}{18,250 + 16,800 + 12,450}$$

$$= \frac{153,300 + 132,720 + 88,395}{47,500} = \frac{374,415}{47,500} = 7.9\%$$

NOTA: Ésta fórmula puede usarse en los casos de sub - volúmenes , resultantes de multiplicar sub - áreas, como ejemplo en proyecciones longitudinales, por sus anchos promedio resultantes o por cualquier grupo de volúmenes.

6.- Promedio para Tonelajes de Cualquier Origen, ya sean "in situ", Quebrados, Acarreados, etc. y de Tonelaje Total.

$$TT = T_1 + T_2 + \dots + T_i$$

$$TP = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_i}{NT}$$

$$MT = \frac{(T_1)(MT_1) + (T_2)(MT_2) + \dots + (T_i)(MT_i)}{\sum T_i}$$

$$LTT = \frac{(T_1)(LT_1) + (T_2)(LT_2) + \dots + (T_i)(LT_i)}{\sum T_i}$$

Ejemplo:

				Nivel
	B ₁ in situ 35,000 t	B ₂ in situ 45,000 t	B ₃ in situ 40,000 t	
				Nivel

PROYECCIÓN LONGITUDINAL

<i>Bloque No.</i>	<i>Ancho Mts</i>	<i>Leyes</i>	
		<i>Ag (grs)</i>	<i>Pb (%)</i>
1	9.6	180	10.5
2	10.2	150	9.5
3	8.4	170	10.0

Tonelaje total = TT = 35,000 + 45,000 + 40,000 = 120,000 toneladas.

Tonelaje promedio = TP = $\frac{35,000 + 45,000 + 40,000}{3} = \frac{120,000}{3} = 40,000$ toneladas

Ancho promedio del tramo = MT = $\frac{35,000 \times 9.6 + 45,000 \times 10.2 + 40,000 \times 8.4}{35,000 + 45,000 + 40,000}$
 $= \frac{336,000 + 459,000 + 336,000}{120,000} = \frac{1,131,000}{120,000} = 9.4$ m

Ley promedio de plata = LTT_{plata} = $\frac{35,000 \times 180 + 45,000 \times 150 + 40,000 \times 170}{35,000 + 45,000 + 40,000}$
 $= \frac{6,300,000 + 6,750,000 + 6,800,000}{120,000} = \frac{19,850,000}{120,000} = 165$ gramos

Ley promedio de plomo = LTT_{plomo} = $\frac{35,000 \times 10.5 + 45,000 \times 9.5 + 40,000 \times 10.0}{35,000 + 45,000 + 40,000}$
 $= \frac{367,500 + 427,500 + 400,000}{120,000} = \frac{1,195,000}{120,000} = 10.0\%$

NOTA: Si se combina mineral "in situ" con mineral quebrado, o mineral quebrado con mineral quebrado, generalmente no procede el calcular el ancho promedio MT.

VI.12.- Generalidades Sobre las Formas y Tamaños de los Bloques.

Generalmente las estimaciones de Reservas pasan por varias etapas de refinamiento de acuerdo con la etapa de vida de un cuerpo, las cuales pueden afectar las formas y tamaños de los bloques, como se ilustra a continuación.

Cuando se hacen los primeros estudios de un cuerpo es con el fin de determinar si conviene o no proseguir con un plan de exploración o muestreo más detallado, y las Reservas que se calculan en tal ocasión son muy generalizadas y basadas en pocos datos de barrenación y muestreo.

Una vez determinado que se lleve adelante el proyecto se obtienen más datos detallados y se puede estimar las Reservas con la confiabilidad necesaria para los estudios de viabilidad los cuales determinarán precisamente si es viable o no explotar el cuerpo. Para dichos estudios se requiere suficiente información sobre la mineralización y metalurgia para poder definir aproximadamente los sistemas de minado y de beneficio que se utilizarán para poder fijar a la vez los costos de poner y mantener en producción el cuerpo.

Si la decisión es la de seguir adelante, se obtiene la suficiente información sobre el cuerpo para poder planear en detalle el minado del mismo.

En cada una de estas etapas, las estimaciones se irían refinando, y las formas y tamaños de los bloques y otras figuras que forman las Reservas se van modificando para dar el detalle que requiere cada etapa.

Tomando como ejemplo una veta que nunca ha sido explotada, en la primera etapa se tomarían muestras de pozos en el afloramiento y posiblemente se darían unos cuantos barrenos de diamante con espaciamiento relativamente grande. Para el cálculo de Reservas se podrían tomar bloques de dimensiones comparativamente grandes, centrados en los barrenos y formando polígonos en la proyección longitudinal. Otra alternativa sería la de tomar todo el cuerpo como un solo bloque.

En la segunda etapa se rellenarían los huecos de información entre los barrenos originales con más barrenos y con obras mineras de exploración, la cantidad relativa de éstos variando de acuerdo con la regularidad de la mineralización y el tamaño del cuerpo. En esta etapa las formas de los bloques posiblemente cambien a rectángulos en la

proyección longitudinal y serán más chicos y, de acuerdo con la cantidad de información disponible, se acerquen a las dimensiones finales de las unidades de minado.

En la tercera etapa, en parte la información es del tipo que se requerirá durante el resto de la vida de la mina, es decir, en el detalle requerido para minar el cuerpo. Los bloques serán de forma y de dimensiones tales, que permitan programar el minado y de pronosticar los tonelajes y leyes de la producción con la debida precisión. Por consiguiente, los bloques probablemente sean más chicos que los de la segunda etapa o incluirán aún más información.

Con frecuencia las condiciones bajo las cuales se llevan a cabo los antedichos trabajos varían en la realidad desde el instalar todo el equipo sin saber si hay suficiente mineral hasta obtener todos los datos necesarios para programar en detalle el minado antes de calcular las primeras Reservas.

Igualmente, el detalle de las estimaciones, teniendo disponible la misma información, puede variar desde casi nada hasta formar bloques de 10 x 10 metros de sección, dependiendo del personal capacitado y de los medios de cómputo disponibles.

En lo que respecta a este trabajo, se ha considerado que las formas y tamaños de los bloques para las minas en operación son como se indica a continuación. (Fig. No.7.- Figura y tamaño de los bloques).

Los bloques no deben ser demasiado grandes, máximo de una unidad de minado su tamaño, es decir, del tamaño del rebaje. Donde tal tamaño abarque consideraciones variables tales como al que consista de más de un tipo de mineral, o de mineral en ambos lados de una falla, o mineral perteneciente a más de un dueño, o que requiera de más de un tipo de minado, o que el manejo o transporte de parte del mineral tenga que hacerse por un medio y otra parte por otro medio, entonces dicho bloque deberá ser dividido en bloques más pequeños para separar todos estos elementos.

Cada uno de estos bloques nuevos deben de tener calculados individualmente su tonelaje, ancho y leyes de acuerdo con sus muestras y otros datos propios, esto siempre y cuando sea lógico y técnicamente posible.

Como se menciona anteriormente, los bloques deben de ser de formas y tamaños que lógicamente correspondan a unidades de minado, cuando estas se puedan predecir.

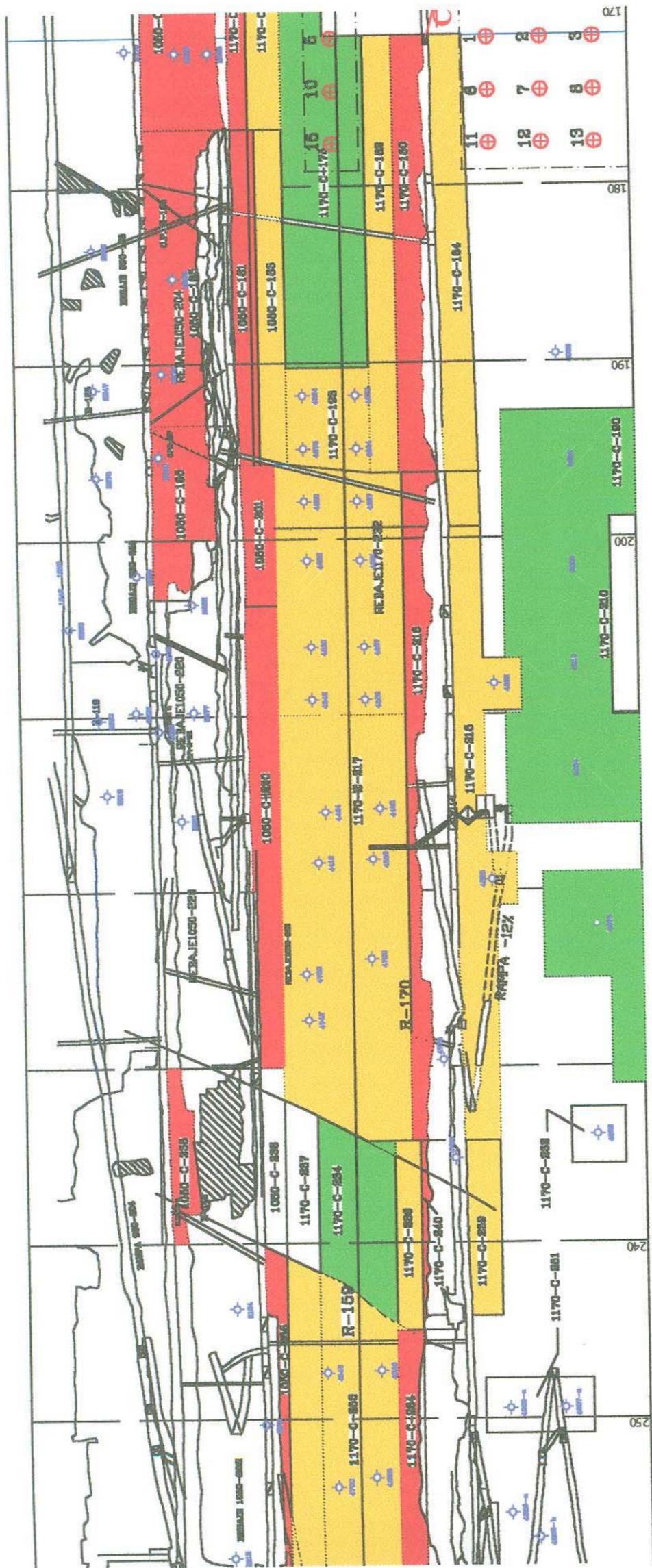


FIG. No.7.- FORMA Y TAMAÑO DE LOS BLOQUES

De esta manera se pueda pronosticar con más certeza los tonelajes y leyes por esperarse al minar la zona cubierta por un rebaje. Por ejemplo, si un rebaje cubre longitudinalmente 50 metros, de los cuales 25 metros son de un bloque de 100 metros de largo y 25 metros de un bloque contiguo también de 100 metros de largo, el mineral que tienda a cambiar a lo largo de los bloques, las leyes promedio que se les pueda asignar al rebaje, basadas en la información de los bloques descritos, pueden ser muy distintos a los que en realidad correspondan al rebaje en sí.

Hay casos en que por ser la mineralización muy irregular las leyes promedio de un bloque del tamaño de la unidad de minado no dan la información requerida para permitir el pronosticar con la debida precisión la producción por esperarse en periodos relativamente cortos, digamos por fases. En estos casos, siempre que se cuente con la información y los recursos humanos y de cómputo necesarios, los bloques deben de subdividirse en otros más pequeños, cada uno con su propia información y cálculos completos.

Básicamente se requieren de combinaciones de plantas (secciones horizontales) y de secciones verticales (proyecciones longitudinales y secciones transversales) para poder determinar correctamente las dimensiones de un cuerpo y de los bloques. Sin embargo, cuerpos de formas sencillas y regulares se prestan a simplificar las estimaciones.

Las tendencias de la mineralización de otros datos de importancia se transfieren de las proyecciones longitudinales y de las plantas a las secciones transversales. De las secciones transversales contiguas longitudinalmente, y de otras u otros detalles dentro de la sección bajo consideración se puede obtener información que ayude a aproximar el contorno del área mineralizada, ya sea que su irregularidad se deba a reemplazamientos asociados a vetas, desprendimiento de vetas, cambios de echado, y/o desplazamientos por fallas, intrusiones ígneas, alejamiento del origen de la mineralización, etc.

Una vez determinado lo anterior se puede establecer el plan de minado y las formas y tamaño de los bloques.

Para rebajas en vetas, los bloques generalmente deben de ser limitados verticalmente por los niveles y longitudinalmente por las líneas que formarán las divisiones entre los rebajes.

Si los cuerpos son tubulares o inclinados a menos de 45° , y se minarán por sistemas tales como el de cuartos y pilares, ya sea en uno o más levantes, los bloques deben de cubrir las mismas alturas que los bancos, ya sean estas alturas verticales cuando los echados son pequeños, o perpendiculares a los echados, cuando esto sea más conveniente. Los pisos generalmente serán paralelos a las tablas del cuerpo mineralizado. Las dimensiones en los otros dos sentidos deben de ser las mismas que las de los otros cortes que se planean establecer.

Si los cuerpos son mantos de sección transversal relativamente pequeña, los bloques serán transversalmente de las mismas dimensiones que los cuerpos, y longitudinalmente relativamente largos. Si el manto es muy largo y/o muy ancho se cubrirá con dos o más bloques contiguos.

En el caso de chimeneas o de cuerpos de reemplazamiento, las dimensiones de los cuerpos determinarán si se establecerá más de un rebaje, y por consiguiente, más de un bloque. Verticalmente los niveles pueden o no determinar la altura de los rebajes y de los bloques, de acuerdo con el sistema de minado. Es preferible que el cuerpo sea dividido verticalmente en varios bloques para mejor control de la producción.

Los bloques que se establecen para cuerpos masivos deben de cubrir las mismas alturas que los sub-niveles o bancos y, de ser factible, en sentido horizontal tener las mismas dimensiones transversalmente que longitudinalmente, dichas dimensiones siendo las mismas de los rebajes o sistema de cortes que se van a llevar a cabo, para facilitar el minado selectivo del cuerpo.

En los planos que acompañan los informes de las estimaciones de la Reservas los bloques deben de dibujarse en lo posible con la forma del cuerpo o área real que representan.

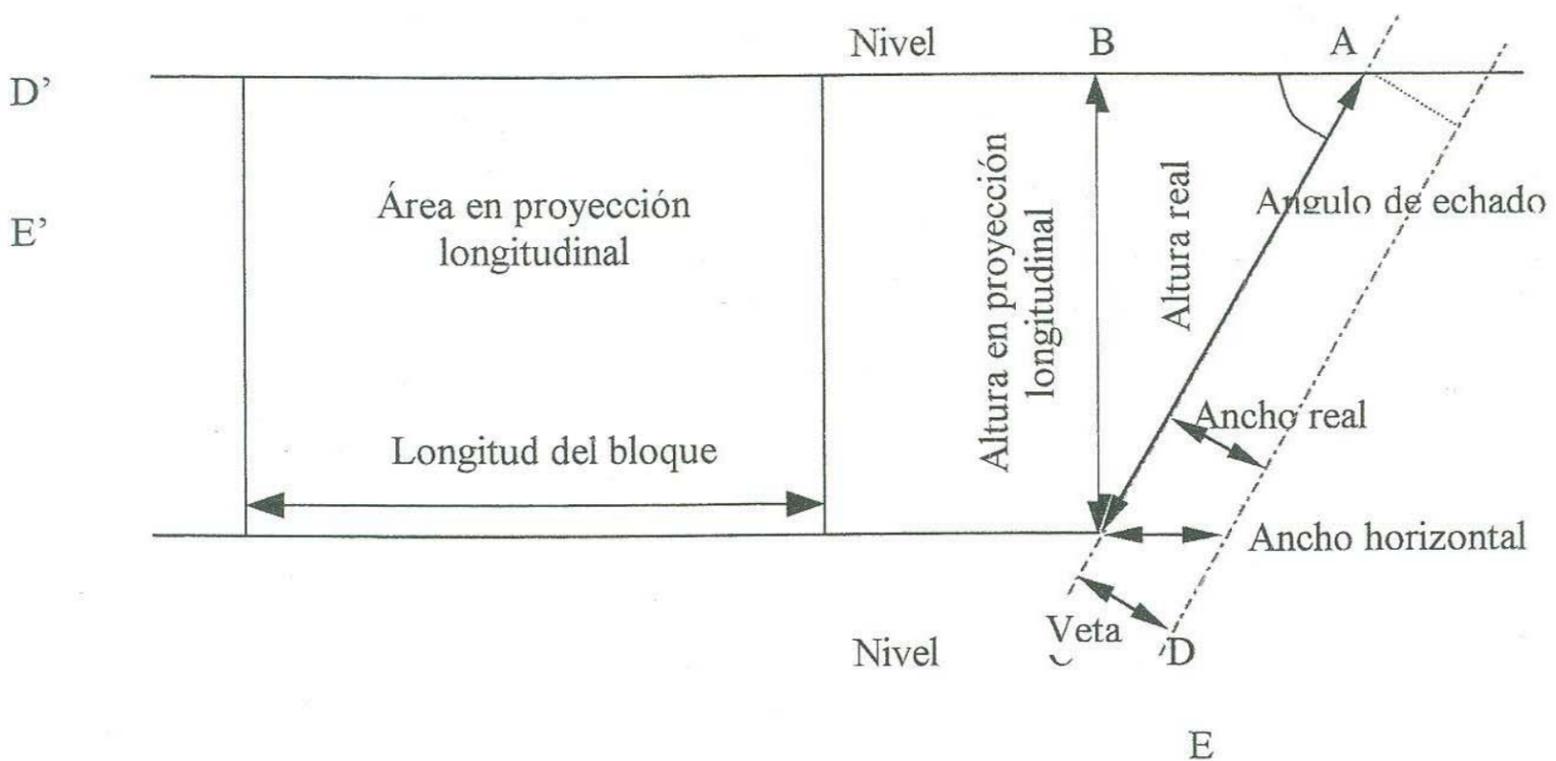
VI.13.- Determinación de las Dimensiones y Volúmenes de los Bloques.

A continuación se detallan las maneras para determinar las dimensiones y volúmenes de los bloques, de acuerdo con las formas de los cuerpos en las minas del Distrito Minero Santa Bárbara. Los promedios que se mencionan se obtienen por las fórmulas antes descritas, salvo instrucciones al contrario.

a) Cuerpos Tabulares con Tablas (Paredes) Regulares.

La forma tabular de los cuerpos es la más común en las minas del Distrito Minero Santa Bárbara. Si el echado es mayor de 45° se pueden medir las áreas o sub-áreas del bloque, en las proyecciones longitudinales, y multiplicar cada una por su ancho promedio correspondiente, si estos se midieron horizontalmente para obtener el volumen.

Se ilustra lo anterior en el siguiente dibujo.



SECCIÓN TRANSVERSAL

Cálculo del área entre niveles:

Por medio del Ancho y Altura Reales.

$$V = CE \times AC$$

Pero $CE = CD \sin \alpha$ y $AC = BC / \sin \alpha$

Sustituyendo ; $V = CD \sin \alpha \times BC / \sin \alpha = CD \times BC$

Lo anterior comprueba que se obtiene la misma área transversal ya sea que se multiplique el Ancho Real por la Altura Real, como si se multiplica el Ancho Horizontal por la Altura proyectada. Adicionalmente, en el segundo caso el área transversal equivale más bien a lo que se encuentra entre los niveles.

Generalmente se calculan las áreas en las proyecciones longitudinales por ser estos los planos que casi siempre hay disponibles. Estas áreas contienen las alturas proyectadas. Por consiguiente, es más práctico multiplicar estas áreas por el ancho horizontal promedio para obtener el volumen del bloque. Si los anchos han sido tomados como verdaderos, perpendiculares a las tablas del cuerpo, las áreas tomadas de las proyecciones longitudinales se dividen entre los senos de los ángulos de echado, y los resultados se multiplican por los promedios de dichos anchos verdaderos para obtener los volúmenes.

Si el echado del cuerpo es menor de 45° , las paredes vienen siendo el techo y piso del cuerpo, y para mejor apreciación y precisión se deberá de dibujar éstos en planta. Los anchos son tomados en forma de alturas, ya sean verticalmente o normales al echado. Si las alturas son verticales, los volúmenes se obtienen de los productos de las áreas (obtenidas de la planta) y de las alturas promedios. Si las alturas se tomaron escuadra al echado, los productos anteriores se dividen entre el coseno del ángulo del echado. Las razones para proceder en esta forma son similares a las expuestas para cuerpos inclinados a más de 45° . Si por alguna razón no se disponen de dibujos en planta entonces se debe de trabajar sobre secciones verticales para obtener las áreas requeridas.

Desde luego que es posible trabajar sobre proyecciones inclinadas paralelas al cuerpo, pero esto se hace en muy raras ocasiones. En tal caso, el volumen es igual al producto del área por el ancho promedio, si esto se tomó normal a las tablas, o a dicho producto multiplicado por el seno del echado, si los anchos se tomaron horizontalmente, o por el coseno si los anchos se tomaron verticalmente.

VII.-OTRAS CONSIDERACIONES.

VII.1.- Determinación de los Valores o Precios Unitarios de los Metales o Metaloides.

Para el cálculo de los Valores Unitarios y costos de Fundición, Refinación y Entrega, se hace necesario conocer los pagos y deducciones que hacen las Fundiciones en las liquidaciones de concentrados.

Los valores unitarios para cada metal o metaloide son los valores por gramo de plata, por por ciento de plomo, etc. Los cuales multiplicados por las leyes correspondientes de un mineral, y sumados los productos resultantes, dan el valor por tonelada del mineral antes de deducir los costos de operación, fundición, refinación y entrega. El restar estos últimos costos del valor del mineral dará la ganancia o pérdida por tonelada que sufrirá ese mineral si es minado, y decide si se incluye o no en las reservas.

Para calcular los valores unitarios deben de tomarse en consideración las cotizaciones de los metales, los subsidios de que se espera disfrutar, las recuperaciones metalúrgicas (incluye la recuperaciones en las fundiciones), fletes a las fundiciones, costos de maquilas, castigos, impuestos, etc., pero no los de minado, molienda, acarreo, manto y demás costos locales directos o indirectos.

El departamento de Planeación hace mensualmente cálculos de precios unitarios para sus reportes, después de conocer los resultados metalúrgicos. Lógicamente es el Departamento que deberá calcular los valores unitarios para las reservas. Para tal objeto se le da a ese Departamento uno o más grupos de leyes aproximadas, correspondientes a diferentes tipos de mineralización (sulfuros para flotación, óxidos para cianuración, etc.) que existan en las minas de la Unidad, para que sean calculados los valores unitarios correspondientes.

Al Departamento de Investigación Metalúrgica, se le proporcionan muestras de las diferentes áreas representativas del depósito con el fin de conocer las recuperaciones, grados de los concentrados y posibles problemas metalúrgicos.

Las cotizaciones, impuestos, subsidios y paridad cambiaria que se utilizan para estos cálculos son fijadas por la Dirección de Finanzas de Oficinas México.

VII.2.- Determinación de los Costos de Operación.

Para las estimaciones de las Reservas se toma en cuenta el total de los gastos que ocasiona el tener en operación la Unidad Minera, de acuerdo con lo reflejado por el sistema de contabilidad, e incluye los costos directos pronosticados de minado, manejo del mineral, molienda, etc., así como todos los indirectos de la Unidad. Estos costos deben corresponder a los presupuestados para el año del cálculo de las Reservas.

Dentro de lo prácticamente posible, los costos de minado, acarreo y tratamiento deben de aproximarse lo más posible para cada bloque, de acuerdo con los sistemas de minado, manejo y tratamiento que requiera tal mineral.

El Departamento de Ingeniería Industrial analiza los costos para las distintas áreas y condiciones de minado y establece el costo aplicable a cada bloque.

En el caso de tener planeado instalar una planta de tratamiento nueva, modificar la actual, o cambiar el sistema de minado y/o de manejo del mineral, o se espera que haya cualquier otro acto que modifique los costos en un grado notable, éste se tomará en cuenta para formar parte de los costos.

VII.3.- Determinación de Densidades y Factores de Dilución.

Una vez determinados los volúmenes de los bloques, estos se multiplican por sus densidades correspondientes, en toneladas secas por metro cúbico, para obtener los tonelajes respectivos.

Las densidades utilizadas comúnmente tienen un valor de 3, el cual se multiplica por los metros cúbicos y se obtiene el tonelaje real para el cálculo. Este valor se obtiene de cálculos a partir de los pesos específicos y porcentajes de los varios minerales que componen la roca, o también pesando el mineral que se ha extraído de un volumen conocido, u obteniendo un factor "práctico" resultante de comparar el tumbe de las labores con las producciones correspondientes sobre periodos largos, después de que todo el mineral quebrado accesible ha sido extraído.

Para presas de jales se utiliza un método usado en la mecánica de suelos para determinar densidades de los suelos. Esto consiste en tener un volumen dado de arena seca, excavar un hoyo (de volumen un poco menor al de la arena) en el material por analizarse,

secar y pesar el material extraído, y llenar el hoyo con la arena seca manteniendo la misma compactación de la arena que originalmente tuvo. Se mide el volumen restante de la arena el cual, restado del volumen original, da el volumen del hoyo. La densidad del material in situ es obtenida de la fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso seco del material}}{\text{Volumen de la arena puesta en el hoyo}}$$

Si se desea el porcentaje de humedad del material, este se debe pesar antes de secarse, y de nuevo después de secarse.

La fórmula para obtener la humedad es:

$$\text{Por ciento de humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

a) Minas en Operación.

Debido a que la densidad varía en función del tipo de roca, mineralización y concentración de la misma, la forma más exacta de determinarla es tomando muestras por rebaje y haciendo los análisis y cálculos respectivos.

Una vez que se tienen conocidas las densidades de los diferentes rebajes, se analiza si se aplica una sola densidad por veta o cuerpo mineralizado o si se toman diferentes densidades.

Ésta debe ser una práctica continua para tomar los valores más adecuados en cada cálculo de Reservas.

b) Proyectos de Exploración.

En éste caso la densidad es determinada en base a los barrenos de diamante, tomando una muestra cada vez que hay un cambio en el tipo de roca, fracturamiento, alteración, mineralización, etc. También se debe de incluir las zonas no mineralizadas en la cercanía del cuerpo mineral.

VII.4.-Dilución.

Se tiene probado que la mayoría de las minas en operación sufren una determinada dilución de acuerdo con el sistema de explotación que se esté utilizando. Dicha dilución de acuerdo a la literatura existente es la siguiente:

Sistema de explotación	Dilución promedio
Tumbe y relleno	2%
Tumbe sobre carga	5%
Contrapozos paralelos (barrenación larga)	10%
Sub – niveles (barrenación larga)	12%

Salvo casos muy especiales que se tienen que explicar satisfactoriamente, todas las minas aplican la dilución en sus bloques de reservas de acuerdo con los sistemas de explotación proyectados y tomando en cuenta que esto siempre trae como consecuencia un aumento en el tonelaje y una disminución de leyes.

La dilución puede calcularse en dos formas:

- a) Aplicando los factores indicados al principio para aumentar el tonelaje y disminuir sus leyes de acuerdo con los valores esperados en el tonelaje excedente los cuales pueden variar de cero a X.

b) Aplicando los factores indicados al principio para aumentar el tonelaje y disminuir sus leyes de acuerdo con los "factores de Corrección de Ensaye Mina-Molino".

En ningún caso se debe utilizar una combinación de ambos sistemas.

Si alguna mina desea quedar en una posición conservadora en su cálculo de Reservas, puede disminuir su ley sin aumentar el tonelaje de los bloques, más nunca puede proceder a hacer lo contrario.

Como se puede ver, todos los cálculos anteriores están basados en datos hipotéticos de dilución por sistemas de tumbe pre - establecidos.

La forma más común de determinar la dilución real, es llevando un buen control en tonelaje y ensayos del mineral que es extraído de un rebaje, cuyo total al ser comparado con los valores de Reservas, nos da el tonelaje de dilución y sus leyes respectivas.

Mediante éste procedimiento se tienen cálculos de reservas más exactos, los cuales a su vez dan programas de producción más realistas.

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES:

1.- En el presente trabajo se llego a la conclusión de que la información que proporciona el departamento de geología en el calculo de reservas es indispensable para la vida futura de una mina. Dicha información debe estar integrada por respaldos y cálculos confiables de acuerdo con los lineamiento establecidos por la Comisión de Seguridad y cambios (por sus siglas en ingles SEC), como requisito para la cotización en la bolsa de valores y otros sistemas financieros.

2.- El muestreo de las obras mineras y la baremación de diamante es el elemento principal en lo que se basa este calculo, de esta forma es que se le pone un especial interés.

3.- En cuanto a la definición del mineral de interés, que incluye las reservas inferidas, es un tanto conservadora, en el sentido de que existen vetas de las cuales se conoce bien su comportamiento a profundidad y que se recorta al mínimo su calculo por no cumplir con la condición de la distancia entre barrenos, que es no mas de 60 metros.

RECOMENDACIONES:

1.- El comité de calculo de reservas debería de considerar, además de toda la información proporcionada por los departamentos involucrados, los criterios para el calculo de reservas inferidas, porque de esto depende el aumento o disminución del tonelaje final calculado, habiendo casos en que se podría considerar una tolerancia de +10 metros cuando el ancho y ley de la veta cortada por los barrenos no tenga variaciones considerables.

2.- En cuanto al muestreo deberían de considerarse otras alternativas que mejoren la confiabilidad y la eficiencia del mismo, ya que el muestreo es la base principal para el calculo de reservas. Se sugiere que se contrate gente preparada con un perfil adecuado que cumpla con los requisitos necesarios para la importancia que representa este trabajo.

3.- Planear la baremación sistemática mediante una cuadrícula uniforme nos daría una mayor confiabilidad del calculo, además se facilita para fabricar los variogramas por medio del uso de herramientas computacionales, los cuales nos ayudarían a sustituir, en parte, el trabajo del muestreo convencional.