



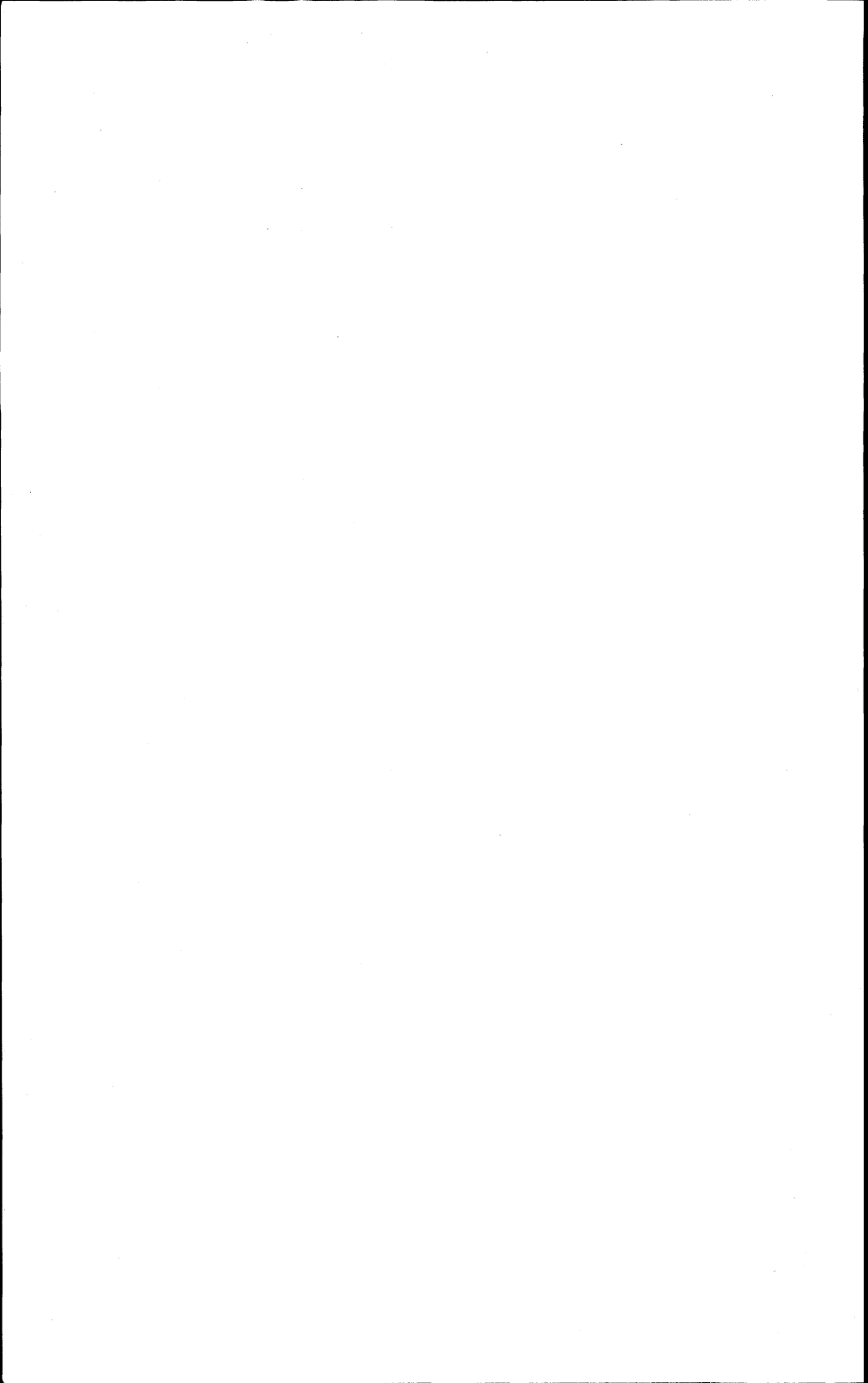
FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

MANUEL FRANCO LOPEZ (+)

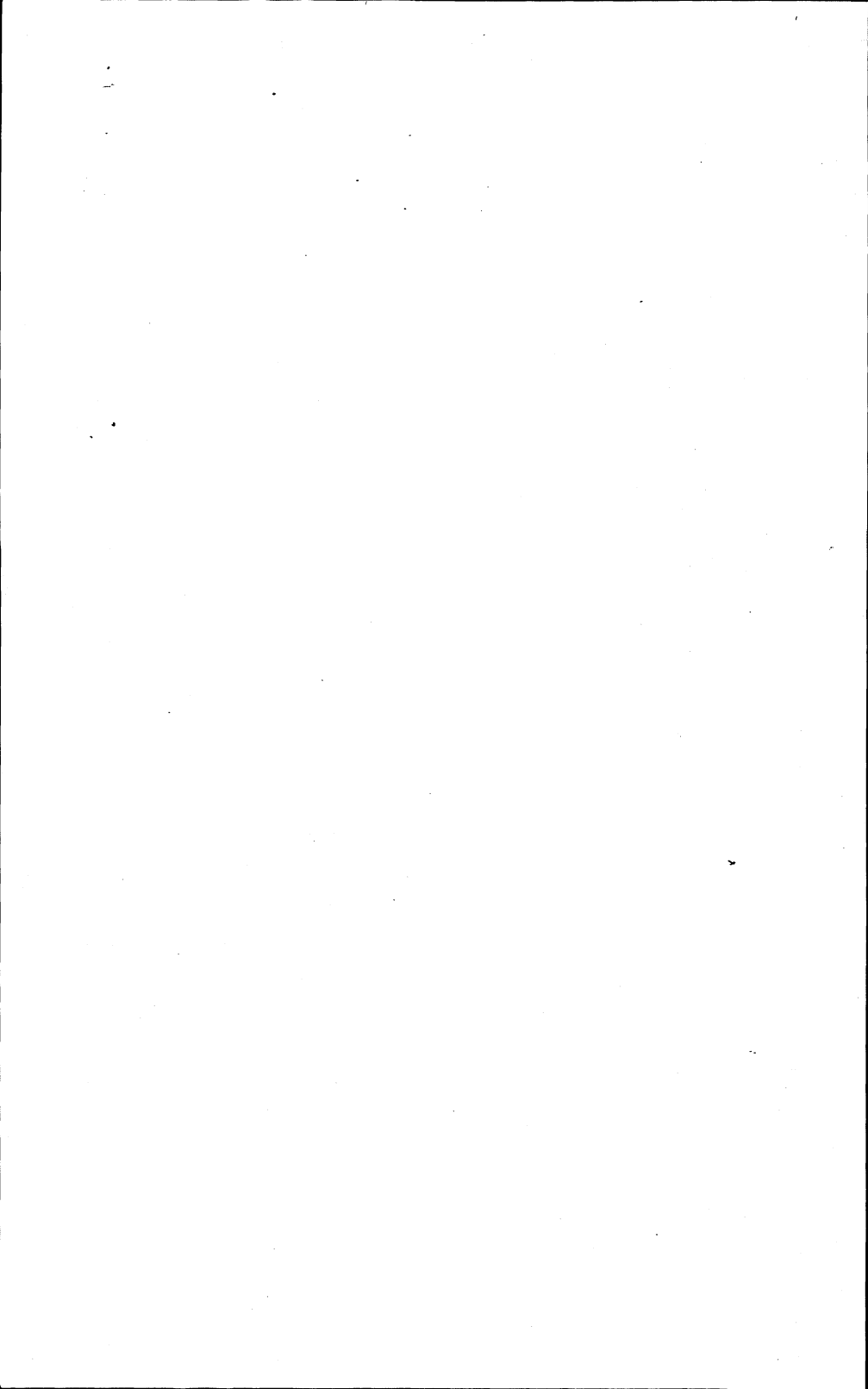
**APUNTES DE
PROYECTOS MINERO
METALURGICOS**

**DIVISION DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE EXPLOTACION DE MINAS Y METALURGIA**



CONTENIDO

INTRODUCCION	1
CAPITULO I ETAPA PRELIMINAR	5
CAPITULO II EVALUACION PRELIMINAR	15
CAPITULO III EXPLORACION	25
CAPITULO IV EVALUACION	53
CAPITULO V PROYECTO CONCEPTUAL	71
CAPITULO VI FACTIBILIDAD.	93
ANEXO	127



PROLOGO

Los apuntes para el curso de Proyectos Minero Metalúrgicos fueron desarrollados por el Ing. Manuel Franco López (†) con un espíritu de ayuda y servicio para la formación y capacitación del estudiante de la carrera de Ingenieros de Minas.

Preocupación constante y móvil principal durante su larga y fructuosa actividad profesional fue el enfoque nacionalista de los problemas de México y la búsqueda de soluciones por medio de técnicas propias, sin desaprovechar los avances de la tecnología internacional.

El deseo que siempre tuvo el Ing. Franco López de colaborar con la UNAM impartiendo clases en la Facultad de Ingeniería durante más de treinta años, se complementa con la donación de estos apuntes que subsanan en su área, la carencia de libros de texto que no se encuentran en el mercado o que, de hallarse, son generalmente ediciones extranjeras que ofrecen la dificultad de otro idioma y a un precio frecuentemente inaccesible para la mayoría del estudiantado.

A nombre del Ing. Manuel Franco López dejo constancia de su profundo agradecimiento a todas las autoridades de la Facultad de Ingeniería, quienes en los diferentes cargos de la misma, siempre le ofrecieron apoyo a su labor docente.

Quiero destacar la colaboración del Ing. Adolfo Langerscheidt quien hizo la revisión final de estos apuntes, y muy especialmente la labor del Ing. Guillermo Patiño quien fuera su adjunto a la cátedra de Proyectos Minero Metalúrgicos y a la Sra. Sara Peña Alvarado por la mecanografía.

Es una inmensa satisfacción personal el apoyo que las autoridades de la Facultad de Ingeniería me brindaron para la publicación de este libro.

Cumplo así, un viejo propósito del Ing. Manuel Franco López.

MARÍA TERESA G. S. DE FRANCO

INTRODUCCION

En este curso trataremos de estudiar el conjunto de operaciones, estudios y análisis técnico-económicos, efectuados por etapas sucesivas y necesarias, para lograr en la forma más conveniente el aprovechamiento económico de los yacimientos minerales, presentando los resultados obtenidos parcial o integralmente en forma de proyectos.

Las etapas del desarrollo de un proyecto minero-metalúrgico son sucesivas y se inician con la búsqueda, prospección y en su caso, descubrimiento y protección de dicho descubrimiento.

En el supuesto de demostrarse la factibilidad técnica y económica de la explotación y aprovechamiento del yacimiento de que se trate, culmina con la puesta en marcha del proyecto hasta el grado de integración aconsejable en cada caso específico, tomando en cuenta la disponibilidad de recursos de inversión requeridos para su ejecución, así como los costos de producción y el valor de realización del producto que se desea obtener, de acuerdo a las condiciones del mercado al que se pueda recurrir en un momento dado.

En consecuencia, cada etapa del proyecto debe concebirse considerando la disponibilidad del capital de inversión necesario para su realización, determinando finalmente la rentabilidad de acuerdo con el grado de integración del mismo.

Habr  casos en que la simple explotación minera sea rentable, es decir, que del aprovechamiento del mineral, tal como se encuentre en la naturaleza se obtenga beneficio económico, como es el caso de gran cantidad de minerales no metálicos, de algunos otros metálicos de alta ley o depósitos ubicados en un área de influencia económica de instalaciones metalúrgicas cercanas que permitan económicamente absorber el flete correspondiente. En estos casos el proyecto será fundamentalmente minero.

Sin embargo, en lo general, los ejemplos citados no representan el caso de la mayor parte de los yacimientos metálicos, cuyo contenido de valores, por unidad de peso o volumen, es relativamente bajo y su valor de realización es inferior a los costos de producción. Es decir, que el valor de los contenidos del mineral *in situ* en relación a los volúmenes que es necesario manejar en la explotación y posteriormente a ésta, es económicamente incosteable.

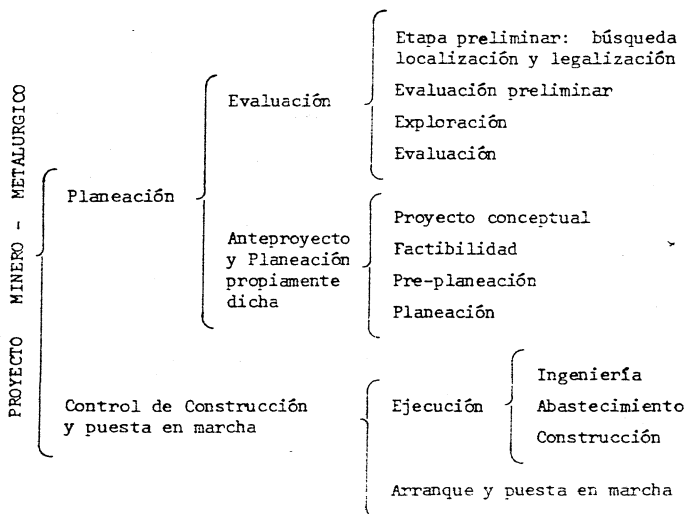
Lo anterior obliga, tanto por razón de los costos de producción, entre cuyos renglones uno de los principales está constituido por los fletes, como por especificaciones del proceso que es necesario aplicar posteriormente al producto obtenido y en muchos casos por economía de escala, a aumentar el contenido de valores en éste y a disminuir el volumen inicial del mismo, es decir, que por cada unidad de peso (tonelada métrica) se obtenga el mayor contenido de valores, o sea, hacer una concentración, operación en la cual se logra hacer una separación de los minerales valiosos contenidos en el yacimiento (mena), de los que no tienen valor económico (ganga).

Esta separación que permite obtener mayor contenido de valores por unidad de peso, puede lograrse por la aplicación de distintos procesos metalúrgicos, de acuerdo con la naturaleza del mineral, entre los cuales pueden citarse: concentración gravimétrica, flotación, lixiviación, etc.

En estos casos hay necesidad de desarrollar un proyecto minero-metalúrgico, a efecto de hacer rentable el aprovechamiento de un yacimiento mineral en forma óptima, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

De acuerdo con la experiencia e información disponibles, el ingeniero deberá en cada etapa del proyecto ubicarse en el lugar preciso en que se inicia su intervención, definir la meta que se espera alcanzar en la misma y el grado de avance, a fin de evitar duplicidades que implican pérdidas injustificadas de tiempo y gastos innecesarios.

Aún cuando existen diferentes criterios para el desarrollo de un proyecto minero-metalúrgico, para efectos de este curso, se hará la siguiente división por etapas, las cuales deben considerarse en forma conceptual:



Cada etapa del desarrollo de un proyecto, implica contar con los recursos de inversión necesarios para la ejecución hasta la meta planeada. Sin estos recursos es imposible lograr los objetivos previstos en cada etapa. Aún cuando no es posible generalizar, existiendo variadas excepciones, las inversiones requeridas en las etapas uno, dos y tres pueden considerarse de alto riesgo, puesto que no pueden asegurarse resultados positivos en todos los casos.

La inversión en la etapa cuatro es de riesgo limitado, de la etapa cinco en adelante puede generalmente decirse que el riesgo propiamente dicho ha desaparecido, quedando únicamente los riesgos inherentes a una operación de este tipo de industrias, cuyo carácter aleatorio está determinado por las fluctuaciones de los precios, las variaciones de los costos generalmente al alza, las sustituciones de productos en las áreas de consumo y muy numerosos factores económicos y políticos, muchas veces difíciles de predecir.

El ingeniero responsable de un proyecto, por razones éticas y profesionales, está obligado en todo momento y en cada etapa a informar y hacer conocer al inversionista, sea el Estado, personas físicas o personas morales, el riesgo que involucre la inversión, según la etapa que se pretende realizar.

La aceptación tácita y fundada del riesgo, previamente a su ejercicio, por parte del inversionista evita malos entendidos, desilusiones y desaliento cuando los resultados obtenidos no son lo que se espera, circunstancias que al generalizarse perjudican a la industria, la cual por definición, demanda grandes inversiones para su desarrollo y crecimiento.

I. ETAPA PRELIMINAR

La búsqueda, localización y en su caso descubrimiento de un yacimiento mineral, independientemente de su naturaleza geológica y su valor comercial, constituye lo que en este curso se ha denominado etapa preliminar.

Esta búsqueda puede iniciarse selectivamente en forma regional o por zonas específicas.

Para ejecutar la exploración regional, en general, es necesario disponer de un gran volumen de información, de equipo y personal especializado que involucra grandes inversiones iniciales y operativas, por lo que estos trabajos casi siempre son ejecutados por organismos o instituciones dependientes de los gobiernos que ponen, a disposición de las empresas o de los particulares los resultados de sus trabajos, en forma de cartas o publicaciones especializadas.

El avance tecnológico alcanzado en la actualidad en todas las ramas de la ciencia y en especial de la geología, ha dotado a los investigadores de poderosos auxiliares para llevar a cabo exploraciones regionales a un costo aceptable y en tiempos reducidos, comparativamente con la aplicación de los métodos convencionales utilizados anteriormente para ejecutar estos trabajos.

La aplicación de la técnica de análisis de imágenes de sensor remoto obtenidas por medio de satélites, la fotografía en diversas bandas del espectro, el barredor térmico y el uso del radar, proporcionan valiosa información para llevar a cabo levantamientos geológicos regionales de grandes áreas terrestres que permiten identificar estructuras, tipos de rocas, contactos, etc.

Las cartas geográficas, geológicas, estructurales, geotérmicas y metalogénicas, son poderosos auxiliares que deben ser utilizados invariablemente cuando se pretende llevar a cabo trabajos de búsqueda de yacimientos minerales, en todos los casos en que se pueda disponer de esta información.

El avance en los procedimientos mencionados, así como los correspondientes a los conocimientos de la geodinámica de la tectónica de placas ha permitido inferir una serie de controles geológicos, tanto tectónicos como magmáticos que determina ciertos arreglos en la posición de numerosos yacimientos de naturaleza similar, a lo largo de ciertas áreas geográficas. Estas concentraciones de yacimientos a lo largo de dichas áreas, caracterizadas por tener valores de metales dominantes configuran provincias geológicas, en las cuales los yacimientos tienen semejanza en relación a los valores metálicos contenidos y forman lo que la nueva rama de la geología, denominada metalogénesis, ha llamado provincias metalo-genéticas.

Aún cuando la elaboración de estas cartas es reciente, en México ya se cuenta con la carta correspondiente a la República Mexicana que incluye la división de sus diferentes provincias metalogénicas.

La disponibilidad de datos de exploración correspondientes a las grandes áreas geográficas que, como se ha dicho, sólo pueden ser recabadas por los organismos especializados de los gobiernos, permite a los particulares seleccionar o identifi

car porciones favorables, en las cuales concentran la exploración por los procedimientos convencionales.

Una vez seleccionada un área específica de búsqueda y de acuerdo con el tipo de mineral que se pretende encontrar, se aplicará el método más apropiado o combinación de métodos, entre los cuales se pueden mencionar fotogeología, geoquímica, geofísica, cartografía, geotérmica, magnetometría, radiometría, etc.

La aplicación ordenada y sistemática de estos estudios puede conducir a descubrir un nuevo depósito mineral que puede alcanzar, como ya se han dado varios casos, el rango de depósito de valor comercial.

Hasta aquí se ha tratado de describir los métodos de exploración de carácter regional y con aplicación de las diversas tecnologías desarrolladas para el objeto, aunque cronológicamente son de aplicación reciente, tienen gran importancia futura en la búsqueda de yacimientos minerales.

Históricamente, casi todos los descubrimientos están en alguna forma ligados a los trabajos de los gambusinos que por muchos siglos fueron el origen de grandes descubrimientos y en la actualidad también tienen una posición relevante en el descubrimiento y localización de muchos yacimientos. Su labor es de enorme importancia en el desarrollo de esa actividad y sus descubrimientos han sido el origen de la mayor parte de las minas en operación. Su labor debe ser estimulada y fomentada a fin de que, en un momento dado, no desaparezca, pues su participación es indispensable e invaluable, no obstante el avance tecnológico en los métodos de exploración.

La construcción de obras como caminos, presas, carreteras, etc., han permitido conocer la existencia de condiciones geológicas apropiadas para la formación de yacimientos minerales metálicos o no metálicos, cuyo estudio ha conducido a la

búsqueda y en algunos casos localización de yacimientos de aprovechamiento económico.

El estudio de antiguas explotaciones mineras ha permitido encontrar zonas aledañas de importancia, o a buscar la continuación a rumbo, o a profundidad de los yacimientos parcialmente aprovechados.

También el estudio de la geología comparativa puede conducir al descubrimiento de yacimientos similares, al que sirve de base, las analogías comparadas han permitido buscar y descubrir yacimientos de valor económico.

Cualquiera que sea el procedimiento de búsqueda el resultado cuando es positivo, conduce al descubrimiento de un yacimiento mineral que debe ser estudiado a efecto de saber si es económicamente aprovechable, para lo cual es necesario:

- a) Determinar en forma preliminar sus características principales.

Una vez conocido un descubrimiento, es necesario como paso inicial, efectuar un reconocimiento preliminar que permita obtener los siguientes datos:

- Ubicación geográfica a base de uso de planos o de información local.
- Identificación *in situ* de la localización del descubrimiento.
- Reconocimiento geológico preliminar que permita conocer, en términos generales el tipo de yacimientos de que se trate o confirmar las observaciones hechas con anterioridad.

- Determinación en términos generales, de la morfología del yacimiento, a partir de sus afloramientos o de las obras que lo descubran, en caso de que éstos existan; hacer los croquis topográficos correspondientes.
 - Selección de puntos u obras dominantes, a fin de determinar la posición y definir el *punto de partida* en los términos exigidos por las disposiciones legales de la materia.
 - Obtención de muestras bien localizadas con referencias en los croquis elaborados, con el objeto de tener idea del tipo de mineral, especies mineralógicas y contenidos o leyes, las cuales deben ser remitidas a algún laboratorio confiable. También deberán tomarse muestras de *mano* de todas las rocas existentes, a fin de confirmar su clasificación de campo mediante los estudios petrográficos de laboratorio.
 - Obtención de todos los datos adicionales que se juzgue conveniente, con el objeto de recomendar el trámite de legalización del descubrimiento, si esto procede; determinar el costo de los mismos.
- b) Proteger el descubrimiento mediante los trámites de legalización.

A partir del reconocimiento inicial efectuado en el inciso (a) debe procederse, en caso de ser aconsejable hacerlo, iniciar los trámites de legalización mediante la solicitud de concesión minera correspondiente tomando en cuenta la naturaleza y características del yacimiento de que se trate, para lo cual es indispensable considerar lo siguiente:

- Los yacimientos minerales, de acuerdo con las disposiciones de nuestra Ley Fundamental, son propiedad de la Nación en forma absoluta, inalienable e imprescriptible, la cual puede otorgar derechos de exploración, explotación y apro-

vechamiento de los mismos mediante concesiones mineras y para su conveniente tratamiento, por medio de concesiones de plantas de beneficio.

- Las concesiones mineras solamente podrán otorgarse en terrenos libres: no incluidos en zonas de reservas mineras nacionales, en asignaciones vigentes o en áreas cubiertas por substancias declaradas como reserva nacional (placeres de oro, azufre, fósforo, fierro o carbón).
- El trámite de concesiones mineras de exploración o de explotación, sujetas al derecho común, se inicia con una solicitud ante la autoridad competente (Secretaría de Energía y Minas e Industrias Paraestatales (SEMIP), Dirección de Minas de la propia Secretaría o, a través de las Agencias de Minería en distintas localidades de la República), siendo los derechos de quien las presente, preferentes de acuerdo con su orden cronológico de presentación, debiendo contener:
 - . Ubicación: localidad, Municipio y Estado.
 - . Interesado: nacionalidad si es persona física y naturaleza y composición del capital en caso de ser persona moral.
 - . Substancias: ocho como máximo.
 - . Superficie: 50,000 Ha máximo en solicitudes de exploración, 5,000 Ha máximo en concesiones de explotación.
 - . Duración: 3 años máximo en concesiones de exploración y 25 años en las de explotación.
 - . Descripción del punto de partida: de acuerdo con las disposiciones del reglamento vigente, en forma tal que sea físicamente identificable y localizado por visuales astronómicas dirigidas a accidentes topográficos sobresalientes y notables.

- . Descripción del perímetro: lados orientados astronómicamente N-S y E-W, con longitudes múltiples de 100 m hasta cerrar el perímetro correspondiente a la superficie solicitada.
 - . Fecha: en el caso de las solicitudes sujetas al derecho minero común, la fecha de presentación determina derechos preferentes; por lo que constituye un dato de mucha importancia.
- Admitidas las solicitudes de concepción de exploración o de explotación en su caso, la autoridad definirá su procedencia y comunicará al interesado su admisión, en cuyo caso dará un plazo prudente para fijar en el terreno las obras o mojeneras que permitan definir el punto de partida, así como la fijación en el terreno del perímetro (deslinde). Estos trabajos deben ser ejecutados por un perito registrado, a fin de que dicho deslinde se ejecute con las longitudes solicitadas y en las direcciones astronómicas especificadas en la solicitud.
 - Revisados los trabajos periciales por la autoridad correspondiente, si éstos son aceptados, se expedirá el Título de Concesión solicitado.
 - A partir de la fecha de expedición del título comenzarán a computarse las obligaciones contenidas en el mismo, es decir la ejecución de obras y el ejercicio de las inversiones establecidas con base en la solicitud en el caso de concesiones de exploración y las que corresponden a impuestos superficiales y obligación de ejecutar obras en el caso de concesiones de explotación.
 - Es conveniente tomar en cuenta que, de acuerdo con la legislación minera vigente, las concesiones de exploración o de explotación comunes sólo pueden ser expedidas a mexicanos, si son personas físicas o a sociedades en las cuales, cuando menos un 51 % del capital esté suscrito por mexicanos.

- Al ser expedida la concesión minera correspondiente, el concensionario tiene derechos legalizados para iniciar los trabajos especificados en dicha concesión y tener los demás derechos y obligaciones que la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Minera establece.

En el caso de áreas o substancias que han sido sustraídas al derecho minero común, como es el caso de las reservas mineras declaradas como tales, bien sea por substancias o por áreas, la ley en la materia establece los casos y las condiciones en las cuales los particulares, sean personas físicas o morales, podrán obtener concesiones.

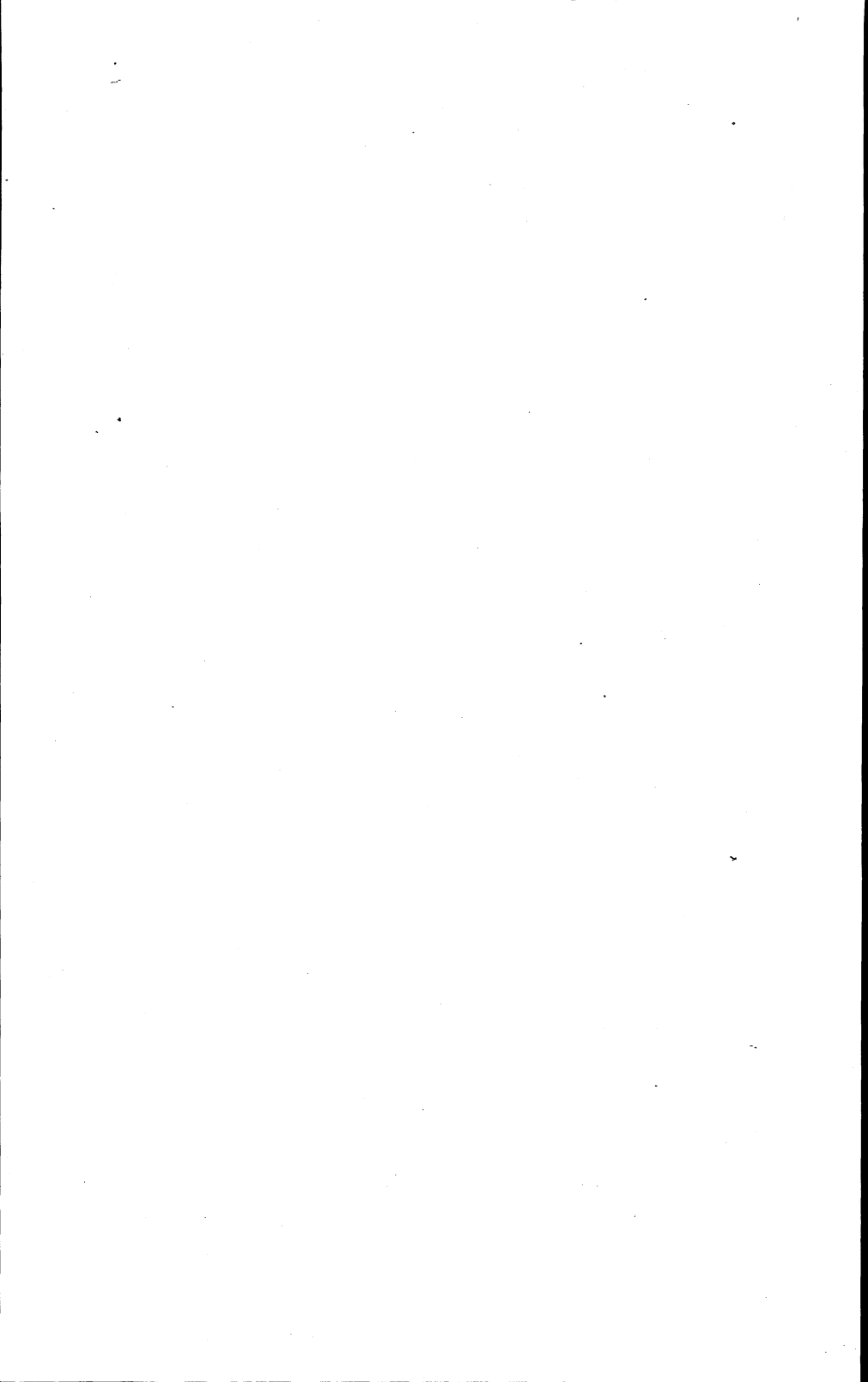
En estos casos no existe preferencia en el orden de presentación de las solicitudes, sino que el trámite se inicia mediante una convocatoria que se publica en los diarios de mayor circulación, donde se establecen las bases técnicas y económicas bajo las cuales se convoca a los interesados que puedan cumplirlas.

El otorgamiento de la concesión respectiva, en reserva nacional lo hará el Estado, a quien más convenga en función del interés general de la Nación, sin tomar en cuenta ningún derecho que por razón de tiempo o de cualquier otro orden pueda existir.

En el caso de personas morales, la ley establece que la composición mínima del capital debe ser 66 % nacional y 34 % de suscripción libre, para poder obtener cualquier concesión en Reserva Minera Nacional.

Al expedirse, previos los trámites correspondientes el Título de Concesión de cualquier tipo, el concesionario tiene los derechos que la ley le otorga, pero también las obligaciones que la misma establece, siendo entonces cuando el descubrimiento está legalizado y por lo mismo, protegido en espacio y tiempo para proseguir las obras e inversiones requeridas.

En general, todas las operaciones y trámites que ha sido necesario ejecutar para llegar hasta la legalización y protección del descubrimiento, han originado gastos y requerido in versiones cuya naturaleza es de alto riesgo y solamente serán recuperables en el caso de que las etapas que posteriormente y en forma sucesiva se ejecuten, tengan éxito.



II. EVALUACION PRELIMINAR

Cualquiera que haya sido el método de búsqueda y localización de un yacimiento, después de su legalización, el primer paso para su desarrollo potencial será ejecutar una inspección y una serie de estudios preliminares, cuyo objetivo principal es tener idea del tipo y características de dicho yacimiento, para determinar si en principio tiene posibilidades que permitan inferir el aprovechamiento económico en relación a su ubicación y dentro del entorno socioeconómico donde se encuentra.

Un estudio de esta naturaleza presupone obtener y analizar lo siguiente:

1. Datos generales.
2. Estudios geológicos.
3. Levantamientos y datos de campo.
4. Consideraciones técnicas y económicas.
5. Conclusiones y recomendaciones.

1. Datos generales.

- Ubicación a través de cartas geográficas, referencias en el lugar e información de lugareños.
- Accesos al lugar motivo de estudio.
- Poblaciones cercanas.
- Clima (de ser posible obtener datos estadísticos en las dependencias oficiales especializadas).

- Topografía regional y particular del área, a partir de cartas geográficas (*Vetenal*) o de croquis levantados preliminarmente.
- Disponibilidad de mano de obra especializada, salarios mínimos profesionales y medios en la región.
- Posibles fuentes de abastecimiento de agua necesaria para exploraciones, necesidades habitacionales y para el desarrollo de un proyecto minero-metalúrgico.
- Disponibilidad de materiales de construcción de carácter local, sus características y precios.
- Disponibilidad de servicios habitacionales en poblaciones cercanas, así como servicios telefónicos, telegráficos y educativos.
- Disponibilidad de talleres en poblaciones cercanas.
- Datos meteorológicos correspondientes al mayor número de años, que de no existir localmente deberán obtenerse de los atlas o de las estadísticas existentes en las dependencias oficiales correspondientes.
- Disponibilidad de energía eléctrica o, en su caso, fuente y lugar para obtenerla potencialmente.
- Situación jurídica de la propiedad superficial, especialmente donde se encuentre ubicado el yacimiento, y donde se prevea se harán instalaciones superficiales, como presas de jales, terreros, etc. (la propiedad puede ser privada, ejidal o comunal).

2. Estudios geológicos.

Los estudios de esta naturaleza necesarios en esta etapa de evaluación preliminar, deben comprender aunque sea en forma general los siguientes capítulos:

- Fisiografía (descripción general).
- Hidrografía (regional y local).
- Geología general de la zona, que comprenda:
 - . Litología.
 - . Estratigrafía.
 - . Geología estructural.

- Geología relativa a los yacimientos:

- . Afloramientos.
- . Contactos.
- . Descripción mineralógica de la veta o yacimiento.
- . Obtención de muestras para laboratorio, tanto del mineral como de las rocas encajonantes, para análisis, clasificación y caracterización.
- . Clasificación morfológica del yacimiento y en caso de ser posible, su carácter genético.
- . De poderse inferir algún control geológico del yacimiento, en relación a la mineralización, hacer referencia al mismo.

3. Levantamientos y datos de campo.

Este capítulo independientemente de requerir el levantamiento de contactos y afloramientos del yacimiento, arroyos y accidentes topográficos relevantes, así como de las obras mineras que pudieran existir, en su caso, las que se hayan realizado. El resultado de estos levantamientos será disponer de un plano geológico-topográfico, que permita determinar preliminarmente, la importancia y características principales del yacimiento.

Esta evaluación requiere el estudio, tan detallado como sea posible de:

- Obras mineras existentes, especialmente de la parte expuesta del yacimiento en las mismas.
- Ejecución de obras preliminares que permitan conocer parte del yacimiento si no se encuentra expuesto (desmontes y cateos).

- Muestreo de afloramientos, de obras ejecutadas expreso en la investigación o de obras anteriores que descubran el yacimiento.

Las muestras deben tomarse en la forma que aconseja la técnica correspondiente, vigiladas y preparadas por cuarteo para su remisión a un laboratorio confiable. La vigilancia de la toma y manejo de estas muestras es responsabilidad del encargado de hacer la evaluación.

Con las partes que no son utilizadas en el cuarteo deben formarse muestras compósito generales o seccionadas que servirán para experimentaciones metalúrgicas, selección del proceso aplicable y obtención de parámetros y constantes metalúrgicas indispensables en la evaluación.

4. Consideraciones técnicas y económicas.

Con los estudios y datos obtenidos en el campo, aunque sean preliminares, el responsable de ejecutar esta etapa tiene en sus manos la información básica y ha obtenido del laboratorio los resultados de análisis, clasificación y caracterización de todas las muestras colectadas en el campo y al mismo tiempo, también en forma preliminar, tiene los resultados de la experimentación metalúrgica hecha, lo cual le permite plantear los siguientes anteproyectos:

- De exploración para continuar el conocimiento y evaluación.
- De explotación para tener una idea de la factibilidad de aplicación de un método en relación a la naturaleza y características del yacimiento, así como el costo de explotación.
- De proceso de beneficio y determinación del costo del mismo.

- De reservas geológicas inferidas, lo cual le permite hacer una estimación de la importancia del yacimiento y tener una idea preliminar del ritmo de producción recomendable al confirmar las premisas en etapas posteriores.
- Del valor bruto, neto, recuperable y liquidado al tener los parámetros de recuperación minera, costo de explotación, recuperación metalúrgica, relación de concentración y costos de fletes, maquilas, impuestos, gastos de realización, etc., que podrán obtenerse de proformas de liquidación.

En términos generales podrá plantearse a los niveles de decisión si esta etapa muestra en principio, que se trata de un yacimiento con potencial que permita identificar su magnitud y ser económicamente aprovechable.

No obstante el número, prácticamente indeterminado, de factores que deben tomarse en cuenta y conjugarse para analizar desde diversos ángulos la factibilidad técnica y la viabilidad económica de la explotación y aprovechamiento de un yacimiento mineral, hay factores limitantes que inciden decididamente en una evaluación y en consecuencia, en la decisión de realizar un proyecto minerometalúrgico completo.

Entre dichos factores limitantes pueden señalarse los siguientes:

- Problemas de viabilidad o de acceso y comunicación que pueden llegar a limitar la realización por sus altos costos de inversión.
- Problemas de disponibilidad energética, bien sea por no disponerse en la cantidad requerida o por el alto costo de inversión para su transporte, conducción o para su generación.

- Problemas derivados de la falta de terrenos superficiales requeridos para la realización del proyecto, bien sea porque se destinen a otros usos, o por el alto costo de inversión requerido para adquisición o renta.
- Limitaciones legales derivadas de la aplicación de leyes y reglamentos para evitar la contaminación ambiental del aire, aguas o suelos, en ocasiones derivadas de la imposibilidad técnica de evitarlas y en otras por el alto costo de inversión requerido para eliminarlas.
- Problemas derivados de la imposibilidad de aplicar procesos metalúrgicos-económicos cuando se requiere la aplicación de procesos que, por su complejidad o mistificación resultan poco prácticas o, en otros casos, por la imposibilidad tecnológicas de resolver un problema completo; es decir que no se llegue a una solución técnica y económica en el tratamiento metalúrgico.
- Falta de disponibilidad en la cantidad y calidad requerida del agua necesaria.
- Falta de terrenos o condiciones para el almacenamiento de jales.
- Imposibilidad de explotar económicamente un yacimiento debido a sus características específicas que implican la necesidad de altos costos de inversión, como es el caso de yacimientos de baja ley y bajo valor unitario.
- Problemas de falta de mercado para el producto final que se piensa producir y en muchos casos, condiciones de venta tan onerosas que hacen imposible la venta del producto.
- Limitaciones varias de orden legal que conducen a la imposibilidad de hacer económico el aprovechamiento de un yacimiento mineral.

5. La etapa de evaluación preliminar.

En último término debe contener las conclusiones y recomendaciones para ponerlas a consideración a nivel de decisión y que deben constar de:

- Conveniencia de continuar con las etapas posteriores del proyecto o, en su caso, los fundamentos para abandonarlo.
- De llevarlo a cabo, proyectos de exploración y método o métodos sugeridos.
- Programa de inversiones.
- Calendario de ejecución.
- Conveniencia de asegurar, previamente a la iniciación de obras de exploración, derechos reales sobre terrenos superficiales necesarios en caso de realizar el proyecto completo, así como derechos sobre obtención y uso de agua para el mismo objeto.
- De acuerdo con los resultados de la evaluación preliminar, deben ponerse a consideración de los inversionistas, los factores de riesgo, en relación a los resultados que puedan obtenerse y en consecuencia determinar el riesgo para la inversión necesaria en la etapa de exploración.

No existe propiamente una clasificación de los yacimientos minerales desde el punto de vista morfológico. Sin embargo prácticamente todos ellos pueden catalogarse dentro de los siguientes grupos:

1. Yacimientos del tipo de vetas o de forma tabular, con parámetros geométricos bien definidos, a rumbo y a profundidad.

Los elementos de estos yacimientos son: su rumbo, su echado o inclinación respecto al plano horizontal y su potencia o espesor entre los respaldos, medido normalmente a és tos. Delimitándose claramente sus rocas encajonantes al alto y al bajo de la mineralización.

Entre estas formaciones tabulares pueden considerarse las vetas simples o los sistemas constituidos por varias vetas, paralelas o no, con echado más o menos semejantes con vergentes o divergentes, o bien, sistemas constituidos por vetas transversales entre sí, cuyas intersecciones en muchas ocasiones originan zonas de enriquecimiento.

2. Yacimientos de tipo *tabular* o *lenticular* de posición ten diente a la horizontal denominados mantos, con elementos geométricos definidos de rumbo, echado y potencia. La ro ca confinante colocada bajo el yacimiento se conoce como piso y la superior como techo (interestratificaciones).
3. Yacimientos de *forma irregular*, localizados en el contacto de un intrusivo y una roca preexistente, generalmente sedi mentaria, llamados por esta razón de contacto o pirometazo máticos.

A este tipo pertenecen también los yacimientos de sustitución (generalmente en calizas), o los de llenamiento secundario en cavernas preexistentes a la mineralización. La morfología de estos yacimientos sólo puede determinarse por exploración, casi siempre por métodos directos.

4. Yacimientos de *forma cilíndrica* o *tubular*, cuya semejanza a esa forma geométrica permite similarlos, en ocasiones se les puede asignar un eje de simetría con buzamiento dominante determinable y radios aproximados a distintas profun didades, se les llama *chimeneas* (Nacozari y Huazcamá).

5. Depósitos *diseminados* o contenidos en rocas extrusivas (generalmente porfídicas), que pueden definirse por sus afloramientos superficiales y conocidas por exploración.
6. Depósitos o yacimientos contenidos en formaciones aluviales y que morfológicamente pueden definirse a través de los estudios geológicos necesarios para determinar los lechos de los ríos en los que se encuentran depositados, o bien, por estudios estratigráficos que también definan el área de sedimentación en delantales aluviales, conos de deyección, lagunas o depósitos costeros. A este tipo de yacimientos corresponden los *placeres*.

Desde el punto de vista genético o del origen de los yacimientos, se han propuesto diversas clasificaciones. La de Bate-man parece incluir con gran claridad la clasificación, a partir de los fenómenos físicos, químicos y mecánicos que han dado origen a estos depósitos y que son:

1. Concentración magmática.
2. Sublimación.
3. Metazomatismo de contacto.
4. Procesos hidrotermales.
 - a) relleno de cavidades
 - b) reemplazamiento
5. Sedimentación (excluye evaporación).
6. Evaporación.
7. Concentración residual.
8. Metamorfismo.
9. Oxidación y enriquecimiento supergenético.

Independientemente de su clasificación genética y de su definición morfológica, hay diversas denominaciones de los yacimientos minerales o partes de ellos, que han sido usados frecuentemente en la Geología Minera, de acuerdo con su posición en el yacimiento, sus contenidos metálicos dominantes, el valor de esos contenidos expresado en términos monetarios, la complejidad de los valores contenidos, o sea, de requerir la aplicación de procesos metalúrgicos combinados o complejos para su beneficio.

Según el lugar que ocupan en el yacimiento es frecuente designar como minerales oxidados, secundarios o supergenéticos a los que están localizados en la zona de oxidación, o sea, aquella afectada por la acción del intemperismo, que normalmente es la zona más a la superficie, y zona de sulfuros, de minerales primarios o hipógenos a los que se localizan abajo del nivel hidrostático y por lo mismo no han sido afectados por la acción del intemperismo.

Según sus contenidos metálicos dominantes pueden ser auríferos (oro), argentíferos (plata), auro-argentíferos (oro y plata), cupríferos (cobre), plomosos (plomo), etc.

Según el valor de sus contenidos y la utilidad que puede representar su aprovechamiento, pueden ser ricos, pobres o marginales, dependiendo del rendimiento económico que resulte después de deducir los costos totales en que se debe incurrir para su explotación y beneficio.

De acuerdo con los problemas metalúrgicos derivados de la naturaleza de los valores contenidos, pueden ser simples o complejos, lo cual en cada caso implica la aplicación de procesos convencionales o de varios combinados o específicos.

III. EXPLORACION

La etapa de exploración en general, implica la ejecución de programas que a su vez requieren de un capital importante de inversión y de un calendario para su ejercicio, debe iniciarse al aprobarse el proyecto respectivo y contar con los recursos necesarios en los plazos planeados para su ejecución.

Para el objeto y como consecuencia de la evaluación preliminar, es necesario antes de iniciar los trabajos:

Primero: Disponer de las concesiones, permisos, contratos o arreglos necesarios para ejecutar los trabajos proyectados y que aseguren legalmente los derechos mineros superficiales, de uso de agua, de desmonte, de uso de explosivos, etc., bien sean éstos de carácter Federal, Estatal, Municipal o de particulares y que deben ser obtenidos previamente con carácter definitivo antes de iniciar físicamente los trabajos.

Segundo: Obtener de los inversionistas la aprobación oficial del proyecto a realizar, sistemas que se emplearán en la exploración, presupuesto de inversión, calendario de ejecución y calendario de necesidades económicas.

- Tercero: De acuerdo con la magnitud y naturaleza de los trabajos que se realizarán, deberá organizarse un grupo técnico y otro administrativo para llevar a cabo materialmente los trabajos y tener adecuado control de los mismos, tanto en el aspecto técnico como en el económico administrativo. La organización de estos grupos y el personal requerido variará en cada caso según la magnitud de los trabajos, su duración y la naturaleza de los mismos, pero en cualquier caso siempre deben organizarse bajo la responsabilidad completa y total de una sola persona que será el jefe del proyecto, técnica y administrativamente.
- Cuarto: Deberá contarse con los equipos, refacciones y materiales necesarios para ejecutar las obras de acuerdo al método o sistema seleccionado para ejecutarlas.
- Quinto: Deberá seleccionarse el personal requerido para ejecutar las obras con carácter temporal (caminos, construcciones, accesos, abastecimiento de agua, campamentos, etc.), bien sea utilizando contratistas en obras específicas o en forma directa por administración. En ambos casos deberá contarse con los proyectos correspondientes y el personal para supervisión, o para la dirección de los mismos y los presupuestos correspondientes.
- Sexto: El proyecto de exploración debe formularse, sabiendo que esta etapa está constituida por una serie de operaciones y obras que deben ejecutarse con objeto de conocer un yacimiento mineral en su forma (morfológica), en su origen (génesis), si esto es posible, en su correlación con las rocas encajonantes y circundantes, la naturaleza de éstas, así como con los factores tectónicos y estructurales relacionados con el depósito de que se trate, para en último término definir cantidad y calidad del mineral contenido susceptible de explotación económica.

Los métodos de exploración generalmente utilizados son:

	De superficie	
Métodos	De subsuelo	1) Indirectos
de		2) Directos
Exploración	Geoquímicos	

MÉTODOS DE EXPLORACION DE SUPERFICIE

Son los convencionalmente utilizados en levantamientos geológicos, apoyados en levantamientos topográficos o aereofotograméticos (planimetría y altimetría).

El valor de estos trabajos está directamente ligado a la escala en que se trabaje, al método topográfico utilizado (brújula, plancheta, tránsito, etc.), a la escala y precisión del levantamiento aerofotogramétrico y al levantamiento de la geología correspondiente.

Los planos deberán contener todos los datos geológicos observables superficialmente en afloramientos naturales, barrancas, crestones o accidentes geológicos identificables, a partir de los cuales se definirán contactos entre diferentes rocas, accidentes estructurales observables (fallas, plegamientos, etc.), así como la interpretación de los rasgos fisiográficos generales e hidrográficos de la zona en estudio.

La fotogeología actualmente constituye un poderoso auxiliar en la exploración superficial, si la interpretación correspondiente se realiza a partir de fotografías tomadas a altura conveniente y el técnico que hace la interpretación tiene la experiencia apropiada.

En todos los casos los planos fotogeológicos deben tener control terrestre y sus resultados deben confirmarse en forma directa en el campo.

En el caso de que en la etapa de evaluación preliminar no se haya obtenido o levantado el plano superficial del área de estudio o simplemente se haya hecho un croquis geológico, en la etapa de exploración es indispensable contar con el o los planos geológicos superficiales que permitan con los métodos de exploración de subsuelo, construir las secciones geológicas necesarias. Estos planos pueden irse levantando en el curso de la ejecución del proyecto.

MÉTODOS DE EXPLORACION DE SUBSUELO

Pueden ser indirectos o directos. El orden en que se apliquen, depende del tipo de yacimiento que se pretende explorar y de los datos que se desea obtener en algunos casos o confirmar en otros. Algunas veces es conveniente aplicar los métodos indirectos como auxiliares, previamente a los directos, para precisar datos inciertos y en otros casos es conveniente aplicarlos en forma contraria, cuando se trata de confirmar datos obtenidos por exploraciones directas.

1) MÉTODOS INDIRECTOS DE EXPLORACION DEL SUBSUELO

En realidad estos corresponden a los conocidos como métodos geofísicos de exploración y se basan en el análisis e interpretación de las diferentes propiedades físicas de las rocas y el estudio de sus anomalías; es decir, la determinación de las diferencias existentes entre el valor medio ambiente natural de la propiedad física utilizada y el valor observado. Empleando los aparatos específicos requeridos en cada caso, en forma ordenada y sistemática que permita una adecuada interpretación.

Las medidas se hacen con aparatos sensibles a las variaciones en: peso específico, susceptibilidad magnética, elasticidad y conductibilidad eléctrica. A éstas también pueden agregarse las medidas de variaciones en temperatura y las medidas en variaciones de radioactividad.

Estos métodos se designan respectivamente como:

- a) Métodos gravimétricos.
- b) Métodos magnéticos.
- c) Métodos sísmicos (de reflexión y de refracción).
- d) Métodos eléctricos (de potencial, de resistividad y electromagnéticos).
- e) Métodos geotérmicos.
- f) Métodos radiométricos.

A continuación se hace una breve explicación de los principios en que se basan dichos métodos y su aplicabilidad como auxiliares en la exploración minera; pero para mayores detalles se deberá recurrir a los textos especializados de esta materia o a los cursos de geofísica o de métodos geofísicos de exploración.

Los métodos magnéticos y eléctricos son los que han encontrado mayor uso en relación con la minería; los métodos sísmicos y gravimétricos han tenido relativamente poca aplicación en el campo de los metales, pero se han usado ampliamente en la exploración petrolera.

a) METODOS GRAVIMETRICOS

Se basan en las variaciones locales de la dirección e intensidad del campo gravitativo terrestre, debido a que los efectos gravitacionales de los cuerpos geológicos son proporcionales

al contraste en peso específico (density) entre ellos y el material que los rodea, los métodos gravimétricos son apropiados particularmente para la localización de estructuras en formaciones estratificadas.

Los instrumentos que se han usado son:

Péndulos.

Balanza de torsión en la forma desarrollada por Eötvös.

Gravímetros.

El péndulo y el gravímetro miden la gravedad relativa, mientras que con la balanza de torsión se determinan las variaciones de la componente horizontal por unidad de distancia, también conocida como gradiente.

Por sus ventajas en operación, velocidad, economía, menor peso o sea más portátil y mayor aproximación en las lecturas, se prefiere el uso de los gravímetros, pudiéndose incluso, hacer observaciones bajo el agua.

Los gravímetros miden la aceleración relativa de la gravedad con una aproximación de:

$$\pm 0.01 \text{ miligal}$$

$$1 \text{ miligal} = 10^{-3} \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

a nivel del mar, la aceleración de la gravedad varía de $978 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$ en el ecuador, a $983 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$ en los polos, las anomalías de la gravedad raramente exceden de 100 miligals.

En las lecturas es necesario hacer correcciones por hora del día (mareas), altura sobre el nivel del mar, latitud y topografía (terreno no plano, con elevaciones y depresiones).

El aparato (gravímetro) tiene una constante c para cada división de la escala que expresa su valor en miligals, hay que hacer en cada estación un ajuste de cero.

El método se ha aplicado principalmente en la exploración petrolera y recientemente se le ha dado poca aplicación en la búsqueda de minerales, debido a que la topografía tan accidentada en muchos de los distritos mineros dificulta su interpretación.

b) METODOS MAGNETICOS

La Tierra puede considerarse como un gran imán irregular cuyo campo magnético es variable de lugar a lugar. Para medir la intensidad del campo magnético terrestre se usa como unidad el oersted (Oe).

1 oersted = 1 gauss (unidad de polo magnético
en el sistema C.G.S.)

En el ecuador magnético hay 0.35 Oe de intensidad en la dirección horizontal y 0.65 Oe en la dirección vertical en los polos magnéticos.

Si una aguja imantada o aguja de brújula apoyada en su centro de gravedad se le permite moverse libremente bajo la influencia del campo magnético terrestre, ésta quedará en reposo en una posición determinada. La dirección horizontal de la aguja es el meridiano magnético y estará apuntando hacia el polo magnético, el cual queda a varios kilómetros del polo geográfico.

Al ángulo horizontal entre el meridiano magnético y el meridiano geográfico se le llama *declinación*. El ángulo vertical entre el plano horizontal y la posición ocupada por la aguja inclinada recibe el nombre de *buzamiento magnético* o *inclinación*.

Siendo la intensidad total del campo magnético un vector $\underline{T}$, éste se puede descomponer en la componente vertical $\underline{Z}$ y la componente horizontal $\underline{H}$, a su vez $\underline{H}$ se puede dividir en la componente $\underline{X}$ (norte-sur) y la $\underline{Y}$ (oriente-poniente).

Las cantidades medidas en los levantamientos magnetométricos para estructuras geológicas son H y Z .

Hay una inmensa variedad de instrumentos magnéticos o magnetómetros que se han desarrollado para observaciones en Tierra, oceánicas y aéreas y se pueden clasificar de acuerdo con el objetivo (magnetómetros para exploración, instrumentos para levantamientos magnéticos regionales e instrumentos para observatorios), o según la variable medida (H ó Z).

Para medir las anomalías o variaciones en las componentes del campo magnético terrestre, como resultado de masas magnéticas o atracción local, se usa una unidad más pequeña que el oersted, éste es el gama (γ).

$$1 \text{ gama} = 10^{-5} \text{ oersted}$$

Cuando un cuerpo se puede detectar magnéticamente, se dice que tiene susceptibilidad magnética.

La susceptibilidad magnética de los minerales está muy extendida, pero sólo un pequeño número la posee en cantidad suficiente para aprovecharse en su detección mediante exploración.

El grupo ferromagnético:

Fierro nativo	- Fe
Magnetita	- $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
Pirrotita	- Fe_7S_8 , a $\text{Fe}_{16}\text{S}_{17}$
Franklinita	- $(\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Mn})\text{O} \cdot (\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{O}_3$
e Ilmenita	- $(\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Mn})\text{O} \cdot (\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{O}_3$

son los principales minerales, sea en forma diseminada o masiva que tienen fuerza para influenciar la aguja magnética cuando están cerca y en cantidad suficiente. Los minerales metálicos fuera del grupo del fierro son tan débilmente susceptibles como para no detectarlos, (a no ser que estén asociados con minerales de alta susceptibilidad magnética).

Tal parece que la exploración con magnetómetro sería aplicable únicamente para el grupo ferromagnético, pero se logra un campo más amplio, tenemos por ejemplo: yacimientos de níquel, asociados frecuentemente con pirrotita; oro de placer, asociado con magnetita (arena negra); asbestos asociados a intrusivos magnéticos ultrabásicos, etc.

La susceptibilidad magnética de las rocas depende de su contenido de magnetita. Las formaciones geológicas son o muy fuertemente o muy débilmente magnéticas; esta clasificación magnética coincide casi exactamente con la división de rocas ígneas y rocas sedimentarias.

Un campo aún más amplio para el método magnético es el estudio de las formaciones asociadas a las rocas más básicas o que contienen cantidades significativas de magnetita o ilmenita.

Un levantamiento magnético requiere de la observación de las intensidades vertical y horizontal a intervalos regulares, a lo largo de una serie de líneas paralelas e igualmente espaciadas que cubran el área bajo investigación.

Las observaciones se deben corregir por temperatura, variación diaria, variación planetaria, cambio de base, influencia de objetos de hierro y acero, anomalías del terreno y anomalías regionales.

Se construyen secciones significativas sobre las cuales se trazan las intensidades verticales y horizontales a una escala vertical. En adición se trazan sobre el mapa isogamas o líneas de igual intensidad magnética. La interpretación final se realiza en conjunto con los estudios geológicos de la estructura. Las anomalías magnéticas ayudan particularmente al geólogo cuando las formaciones están cubiertas por el suelo superficial.

La experiencia obtenida de la exploración superficial magnética, indica que es probablemente el método geofísico más simple, menos costoso y más rápido, que puede proporcionar resultados cuantitativos teniendo en cuenta que las condiciones sean apropiadas, debiendo suplementarse y aún reemplazarse por algún otro método geofísico cuando la consistencia estructural de las anomalías sea dudosa.

c) METODOS SISMICOS

La base de los métodos sísmicos o sismológicos, es la de que existen grandes diferencias en la velocidad de transmisión de las ondas sísmicas en los diferentes estratos o formaciones geológicas. La fuente de energía o de la onda puede ser un marro, la caída de un cuerpo pesado, un vibrador mecánico o la carga de un explosivo.

El comportamiento de la onda se efectúa de acuerdo con la teoría ondulatoria (transmisión de la luz), produciéndose la transmisión a una velocidad determinada para cada tipo de roca o medio, reflexión y refracción en la superficie de contacto entre dos formaciones diferentes.

Partiendo del punto de choque o tiro se desarrolla un frente de onda, el cual se propaga a profundidad y va reflejándose y refractándose en cada contacto entre formaciones diferentes, regresando a la superficie en donde se detecta o registra. Para esto se utilizan geófonos colocados en el terreno en línea al punto de tiro equidistantes, o en abanico, en arco con un radio determinado frente al punto de tiro.

Existen dos métodos: el de *reflexión* y el de *refracción*, según la onda que se desee registrar en el instrumento o sismógrafo. Varían de acuerdo al método, las distancias entre geófonos y punto de tiro y deben hacerse algunos ajustes al sismógrafo.

El sismógrafo es un instrumento con amplificadores de señal y filtros para eliminar ruidos y señales confusas, éste, conectado a los geófonos registra o grafica la llegada de las ondas a cada uno de ellos en un rollo de papel fotográfico que se hace correr poco antes de efectuarse el tiro. En este papel, con un mecanismo controlado por un diapasón o algún dispositivo semejante, se marca con líneas verticales el tiempo en milisegundos, pudiéndose leer de esta manera, los tiempos transcurridos o de llegada de las ondas a cada uno de los geófonos después del tiro.

Se puede considerar la sismología como el método más caro, dependiendo de la profundidad de la exploración y la fuente de energía utilizada; se requiere de bastante personal para el movimiento de equipo, preparación del terreno, tendido de líneas y operación. Su aplicación es propiamente para formaciones sedimentarias o estratificaciones.

Ha tenido grandes éxitos en la exploración petrolera al localizar domos salinos, anticlinales y fallas, en la determinación de la topografía del basamento rocoso, o en la localización de horizontes productores o trampas.

En minería su aplicación es menor, dado que el terreno en los distritos mineros es más accidentado, la velocidad en un yacimiento mineral casi es la misma que la de la roca encajonante y las condiciones estructurales son más complejas.

Algunas compañías mineras han empleado la sismología para:

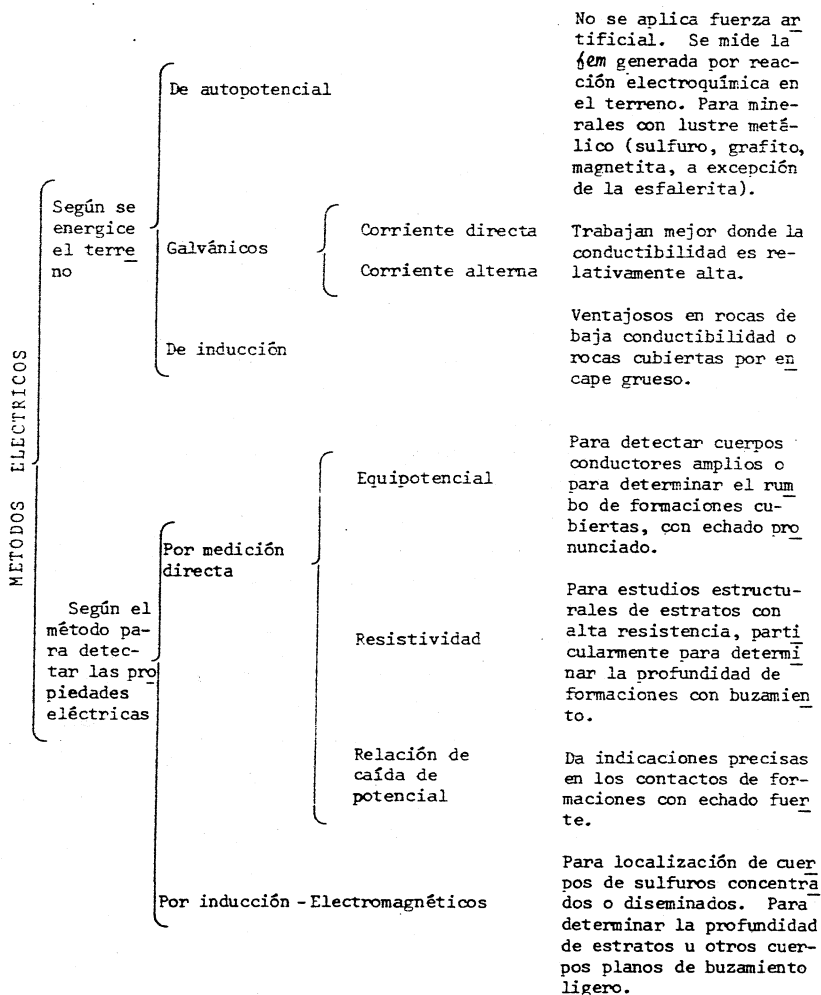
- Determinar el escape en futuras explotaciones de tajos.
- Investigación estructural de regiones carboníferas y minerales sedimentarios.
- En la exploración de azufre asociado a yeso y anhidrita en domos salinos.
- Localización de canales sepultados con gravas auríferas.
- Determinación del lecho rocoso previo a programas de barrenación.
- Como auxiliar en trabajos de ingeniería en general, como localización de presas o túneles y aplicaciones hidrológicas.

d) METODOS ELECTRICOS

Se ha desarrollado una amplia variedad de métodos eléctricos de acuerdo con la manera en que se energice el terreno y de como se midan los efectos, pero todos dependen primordialmente de la propiedad física denominada conductibilidad, se pueden medir algunas otras propiedades, como son la capacidad electrostática, inductancia y permeabilidad magnética.

Se emplea tanto corriente continua como corriente alterna.

Los métodos en los cuales se introduce la corriente directamente al terreno se les conoce como métodos galvánicos. A su vez el terreno se puede energizar mediante corriente inducida.



Los métodos de corriente continua son más simples, pero tienen el inconveniente de la acción electrolítica que produce polaridad en los electrodos, lo cual motiva complicaciones; a fin de evitarlas, es necesario al hacer contacto con el terre no utilizar electrodos no polarizantes, generalmente a base de cobre y sulfato de cobre (metal-sal), en un recipiente de porcelana porosa.

En los métodos de corriente alterna, la frecuencia seleccionada depende de la penetración que se desee, las frecuencias altas (arriba de 10 kilociclos) dan baja penetración. Se usan frecuencias bajas e intermedias (5 a 100 ciclos) en los métodos de potencial y particularmente cuando se desea una penetración alta.

e) METODOS GEOTERMICOS

La mayoría de las mediciones geotérmicas se hace en barrenos o pozos. La diferencia de temperaturas entre yacimientos minerales y la roca encajonante, o entre aguas termales y sus alrededores, se detectan por métodos geotérmicos. Estos pueden utilizarse para localizar fuentes de energía geotérmica o para localizar los límites de los yacimientos minerales.

Sobre un domo salino, las líneas isotermas siguen el perfil del domo. En planos geotérmicos se pueden marcar fallas, intrusiones o diques. En pozos petroleros se puede determinar por medición de temperaturas el tramo recién cementado, pues la temperatura del cemento se eleva al fraguar; también es de gran importancia práctica cuando fluye gas la determinación de la base de esa formación, para poder bajar a la altura o nivel conveniente la tubería de ademe, este nivel se puede conocer midiendo las temperaturas, al liberarse el gas confinado a altas presiones, reduce su presión y baja considerablemente su temperatura.

f) METODOS RADIOMETRICOS

La radioactividad tiene importancia en la determinación de la edad de las rocas y se ha usado también en la correlación de estratos sedimentarios. También juega una parte muy importante en la investigación de minerales radioactivos y sus yacimientos.

Como es bien sabido, la radioactividad es un grupo de fenómenos, propios de sustancias con alto peso atómico (a excepción del potasio y del rubidio), de las cuales los más conocidos son el uranio, el torio y el radio.

Se emiten:

- | | |
|-----------------|--|
| Partículas alfa | - Emisión corpuscular eléctricamente positiva. |
| Partículas beta | - Emisión corpuscular eléctricamente negativa. |
| Rayos gama | - Radiación electromagnética de alta frecuencia, más penetrante que los rayos X. |
| Calor | - Radiación electromagnética de baja frecuencia. |

Sólo los rayos gama penetran la distancia suficiente para aprovecharse en exploración, pueden penetrar la atmósfera por algunos metros o cientos de metros, pero bastan sólo unos cuantos centímetros de suelo para atenuar la radiación natural a la mitad, por lo tanto los elementos radioactivos o sus derivados deben aflorar para poderse detectar, o dependen de la migración de elementos radioactivos de la fuente, ya sea por transporte en solución, durante o posterior al depósito del mineral o por difusión del gas radioactivo radon. Tal proceso puede dar como resultado una aureola o la localización de radioactividad a lo largo de fallas o grietas y así proporcionar un poco de más penetración a los métodos radiométricos.

Aparte del uso para la investigación de minerales de uranio, se ha sugerido el uso de los métodos radiométricos como una ayuda en la correlación de formaciones y en la determinación de estructuras.

Las rocas son radioactivas en un grado medible, las rocas ácidas más que las básicas, las efusivas más que las plutónicas; la radioactividad de las rocas metamórficas depende principalmente de si son derivadas de rocas ígneas o sedimentarias. La radioactividad promedio en los sedimentos es comparable al de las rocas ígneas básicas.

Los instrumentos utilizados son adaptaciones portátiles de los usados en el laboratorio. Estos son cámaras de ionización o contadores Geiger-Müller y cintilómetros.

Los contadores Geiger-Müller constan de un tubo de vidrio o de metal que puede tener una longitud de unos cuantos centímetros o de más de un metro, lleno de uno o varios gases inertes, los cuales al ser atravesados por los rayos gamma se ionizan y producen un pulso eléctrico, el cual se amplifica a través de un circuito electrónico, operado por una batería seca, se pasa la señal a un indicador de luz neón, a un audífono que produce sonido cada vez que el tubo se descarga, o a un medidor de pulsos.

El cintilómetro consta de un cristal de yoduro de sodio con partículas coloidales de talio metálico en su interior, el cual convierte la radiación en luz visible. Del cristal cintilador, el destello de luz pasa a un tubo fotomultiplicador que transforma la señal luminosa en una corriente muy pequeña de electrones, ésta a su vez pasa a un multivibrador, el cual produce pulsos, el circuito electrónico para tales pulsos es similar al de los contadores Geiger, el medidor y las escalas son también semejantes al de los contadores Geiger, pero el cintilómetro es más sensible.

Las pruebas o mediciones se pueden hacer bajo el agua, terrestres o aéreas; se debe volar a menos de 70 m de altura.

2) METODOS DIRECTOS DE EXPLORACION DEL SUBSUELO

Son los métodos que se efectúan a través de obras mediante las cuales es posible conocer parte del subsuelo, bien sea que permitan el acceso directo al geólogo (obras mineras), o que mediante sondeos puedan obtenerse muestras, las cuales a su vez permitan conocer las características de las rocas y yacimientos.

Métodos directos de exploración del subsuelo

Obras mineras

Sondeos

Según la naturaleza del terreno las obras mineras requieren o no, de soporte artificial o ademe, el cual debe considerarse en todos los casos, pues se deben conservar abiertas mientras duren los trabajos exploratorios, o posteriormente, sea con fines de confirmación o de continuación, cuando se planean como parte del desarrollo previo a la explotación.

Las obras mineras, bien sean horizontales (socavones, cruces, frentes, etc.), verticales o inclinadas (pozos, cielos, tiros, etc.), se ejecutan manualmente o con auxilio de equipos por los procedimientos convencionales usuales en la construcción minera, procurando que se realicen en la forma más económica dado que esta etapa de exploración es de alto riesgo.

En algunos casos lo más económico puede ser el método manual por razón de falta de accesos o en lugares prácticamente inaccesibles en donde se sacrifica tiempo para ahorrar inver-

sión. Cada caso requiere análisis específico y no existen reglas para esta selección.

Sin embargo, el ahorro de tiempo significa ahorro en todos los casos en que es posible utilizar equipo para realizar las maniobras necesarias para ejecutar dichas obras, como es la barrenación, la rezaga, el movimiento de la tierra en zanjas, trincheras, tajos, etc., así como en las obras subterráneas.

Cada caso debe analizarse para seleccionar los equipos requeridos, su aplicabilidad, sus ventajas y desventajas, tomando en cuenta el terreno donde se va a operar, el tiempo en que se debe desarrollar el proyecto de exploración y los recursos económicos con los que se cuenta.

Como reglas generales se debe:

- a) Iniciar el trabajo sobre la mejor muestra para comprobar si no es superficial.
- b) Mantener la obra sobre veta o mineral, si fuera ancha (la veta), seguir el respaldo del bajo, o el hilo más rico y crucear periódicamente para registrar el ancho o potencia.
- c) El número de entradas al yacimiento, como tiros y frentes dependerá de las condiciones locales. En yacimientos de forma irregular las obras no deben estar tan separadas que permitan se escapen grandes áreas de terreno estéril o no trabajable.
- d) Se deben hacer ensayos periódicos sobre muestras representativas tomadas cuidadosamente.

Considerando todos los factores enumerados se hará la selección de los métodos para ejecutar las obras mineras directas que se requieran.

Los *sondeos* o barrenaciones pueden ser ejecutados manual o me
cánicamente por los métodos de percusión o de rotación.

Manualmente en el caso de percusión con pulseta o tripié, y en el caso de rotación por medio de maneral y tornillo. En ambos casos de terrenos suaves, como arcillas, el uso de mues
treadores especiales puede permitir la obtención de muestras no alteradas.

En los sondeos de percusión, con pulsetas o máquinas que tra
bajan bajo este principio, se pueden obtener profundidades im
portantes y diámetros variados.

El principio con el que trabajan estas máquinas, es el que se funda en la caída libre de una masa desde una altura determinada, lo cual se traduce en trabajo o rompimiento de la roca sobre la cual se aplica. A mayor peso y mayor altura, se obtendrá un mayor trabajo de penetración y de rotura, por lo cual estas máquinas se especifican por esas características, que a su vez, determinan su capacidad en profundidad y diáme
tro.

Basados en el principio de percusión existen en el mercado nu
merosas marcas y diferentes tamaños. Los diversos tamaños de
terminan variadas capacidades en sus distintos componentes, como son: la torre de perforación, los motores, los malacates, las transmisiones, el diámetro de los cables de perfora
ción y de cuchareo, etc.

El herramental utilizado en este tipo de equipos es: tije
ras, barretón y brocas de distintos diámetros, cuchara para la extracción del recorte, rimas y herramientas de pesca.

Generalmente, los sondeos ejecutados con percusión son más lentos que los hechos con equipos rotatorios, pero son reco
mendables en la ejecución de sondeos en terrenos muy duros, estratificados o en boleos. Sólo se pueden aplicar en son-

deos verticales, y producen muestras alteradas en todos los ca sos; éstas se obtienen al cucharear para limpiar el fondo y sirven, tanto para análisis como para la interpretación lito-
lógica.

Las perforadoras de percusión neumática usadas normalmente en la perforación de barrenos para voladuras, se pueden emplear para obtener muestras, desde luego alteradas y de partículas muy finas.

Hay dos tipos de perforadoras neumáticas: las de rotación y martillo en el cuerpo de la perforadora, que golpea sobre barras de acero hueco con insertos o corona en la punta y las de martillo en el fondo que golpea directamente sobre la coro na (Hammer drill), el martillo es accionado por el aire comprimido que viene por la tubería a la cual está unido y a la que se le da rotación por un motor neumático colocado en el carro de lo que es el resto del equipo.

Para los dos tipos de perforadora la muestra se recoge al salir el polvo en la boca del barreno (barrenación seca), mediante una campana conectada a un ciclón que descarga en una tolva y trabaja por la succión de un ventilador.

Los sondeos ejecutados por el sistema de rotación se basan en aplicar presión a un elemento cortante (broca), al cual se le hace girar. Dicha presión en algunos casos la constituye el peso propio de la herramienta o la aplicación de fuerza adicional, mecánica o hidráulica, en el eje de la tubería de perforación.

En el sistema de rotación con corte, se emplea el auger que son tramos de gusano, con puntas de corte de metal duro en su extremo. Es propio para formaciones sueltas como arena, grava, arcilla o lutita y rocas suaves como caliche, caliza, pizarra o similares.

Las ventajas más importantes de la técnica con auger son:

- Una alta velocidad de penetración.
- No es necesario medio de barrido o limpieza.
- Se obtiene un gran volumen de material en corto tiempo.
- Bajo nivel de ruido.

Los barrenos que pueden tener diámetro de 600 mm, permanecen limpios y estables arriba del nivel freático, aún en formaciones sueltas, a pesar de no usarse medio para limpieza, no es necesario extraer las secciones de ala o gusano hasta que se termina el barreno.

En el sistema de rotación con trituración y rotación con abrazión hay diferentes equipos de perforación:

- Equipos rotatorios propiamente dichos (barrena tricónica, de botones).
- Máquinas de diamante (abrasión con corona de diamante).
- Sistema Calix (trituración con munición suelta).
- Equipos combinados.

Su diferencia fundamental consiste en el tipo de herramienta o broca, aunque el sistema de operación y componentes básicos son similares, siendos éstos:

- Motor que acciona una mesa rotaria.
- Mesa rotaria, o un cabezal donde se inserta verticalmente.
- Barra Kelly (hueca), que transmite el movimiento de rotación a la
- Tubería de perforación, en cuyo extremo se coloca la
- Broca. En el extremo superior de la barra kelly va el
- Swivel, al que se conecta la manguera de la
- Boma de lodos. Dicha bomba succiona de la
- Presa de lodos, el

- Lodo de perforación, fluido compuesto por agua y bentonita o simple agua, y lo manda por el swivel al kelly y a la tubería de perforación hasta llegar a la broca en la zona de corte o fondo del barreno. El lodo circula arrastrando el recorte, ascendiendo por el anulo entre la pared del barreno y la tubería derramando en la boca de éste hacia la presa de lodos pasando previamente por la
- Cámara de sedimentación, en donde se asienta una parte importante del recorte.
- Cuando se pretende obtener una muestra sin alterar, hay necesidad de sacar un
- Núcleo, para lo cual inmediatamente arriba de la
- Broca de corona se coloca el
- Barril con core-lifter, el cual colecta el núcleo o testigo correspondiente a lo largo del tramo barrenado.

Cuando la barrenación es ciega, es decir se hace con broca ciega, la muestra alterada se recoge en la cámara de sedimentación y cuando se hace por núcleo, con broca o corona hueca, la muestra sin alterar se obtiene extrayendo el barril y sacando cuidadosamente el núcleo contenido.

Cada vez que la broca penetra la longitud del barril, este debe extraerse, en la mayor parte de los equipos sacando totalmente la tubería de perforación, a excepción de aquellos equipos que utilizan el sistema llamado de *wire-line* en que es posible extraer sólo el barril con el núcleo, por medio de un cable.

La relación entre la longitud de núcleo efectivamente colectada en el barril y la longitud perforada, se denomina *recuperación* y se da en %, factor muy importante en la barrenación y en su interpretación.

Aparte del equipo básico ya mencionado, en la perforación por rotación, se requiere de la siguiente herramienta:

Tubería de perforación: también se le llama varillaje, en tramos de longitud apropiada al tamaño de la máquina y en consecuencia de la torre correspondiente. Su diámetro también tiene relación con el diámetro del barreno.

Brocas de perforación: de diferentes diámetros y para diferentes materiales, según el sistema utilizado ciegas, o huecas para núcleo.

Equipo de rimado: dependiendo de las necesidades, velocidad de avance, mayor cantidad de material, costos, se puede iniciar con diámetro reducido y luego rimar.

Equipo de pesca: necesario para recuperar alguna pieza perdida, corona o tramo de tubería que obstruya el barreno o simplemente algún fragmento en el fondo que pueda destruir la corona.

La operación de sondeo en la actualidad representa una especialidad, por lo que en cada caso debe contarse con personal de alta calificación y experiencia para ejecutarla, o de lo contrario se traduce en serios problemas, como pueden ser la pérdida de tiempo y gastos excesivos, especialmente cuando la recuperación resulta inaceptable y hay necesidad de ejecutar numerosas operaciones de pesca.

Es preferible, de no contarse con el personal debidamente calificado y equipos suficientemente herramentados, recurrir a la utilización de contratistas especializados en estos trabajos. En este caso los pagos se harán por metro perforado, mediante tabulación de precios unitarios para los diferentes tipos de formación, profundidades y diámetros. Estos costos deben considerar si se requiere núcleo, o si la perforación deberá ser ciega, en el primer caso especificar la recuperación mínima aceptable para efectuar los pagos correspondientes.

De utilizarse el sistema de contrato, el responsable de la exploración estará obligado a señalar en el terreno la localización de los barrenos, su inclinación, su diámetro y profundidad. Al mismo tiempo será responsable de vigilar el avance del trabajo, coleccionar y ordenar las muestras obtenidas, sean éstas alteradas (recorte) o no alteradas (núcleos), así como toda la información de la perforación que permita construir la sección geológica de cada barreno. La debida interpretación de las secciones y su correlación entre sí, permitirá construir las secciones geológicas generales y particulares del yacimiento que se explora.

Debido al alto costo de la barrenación se debe obtener de cada barreno la máxima información posible.

En las obras directas de exploración, bien sea obras mineras, movimiento de tierra o sondeos, los presupuestos deben contener no solamente los precios unitarios correspondientes a la obra misma, sino los costos indirectos en que se incurre al ejecutarse, como son: abastecimiento de agua, suministro de combustibles, lubricantes y refacciones, caminos de acceso y construcción de plazas, explosivos, su transporte, almacenamiento y manejo, etc., así como diversos costos básicos como son: depreciación, amortización, supervisión y administración general.

MÉTODOS GEOQUÍMICOS DE EXPLORACION

En la exploración geoquímica se analizan trazas de los metales valiosos, se muestrean comúnmente rocas, suelos, sedimentos en corrientes, aguas superficiales o subterráneas, vegetación y el aire.

Los métodos de análisis para determinar trazas fueron en un principio los métodos colorimétricos o por espectrometría de emisión, posteriormente la espectrometría por absorción atómica ha ido desplazando a los anteriores, ya que combina la economía que tenían aquéllos con una mayor precisión y menos errores de tipo humano.

Los métodos geoquímicos son más remuneradores, donde antiguos o más tradicionales no han sido tan efectivos. Se aplican principalmente en reconocimiento de terrenos muy alejados, en los que no existe trabajo alguno de exploración, también en áreas donde los afloramientos son muy escasos debido a que están cubiertos por bosques (Angangué, Mich.), donde el intemperismo ha sido muy fuerte, o existe encape glacial o de derrame volcánico.

Los minerales que mejor se prestan para exploración geoquímica son: sulfuros de cobre, plomo, zinc, níquel y molibdeno; en menor extensión se ha aplicado la geoquímica al uranio (preferible los métodos radiométricos), tungsteno, estaño, mercurio, oro y plata. Existe un método para determinación geoquímica de manganeso, como guía para yacimientos de oro y plata, por venir asociado con éstos, los cuales no se manifiestan tan fácilmente. Los métodos geoquímicos no son muy apropiados para minerales industriales.

Como se ha venido insistiendo, los trabajos exploratorios deben iniciarse una vez que haya sido aprobado el proyecto correspondiente, formulado y aprobado el presupuesto, calendarizadas las inversiones y se disponga físicamente de los equipos seleccionados para ejecutar los distintos trabajos.

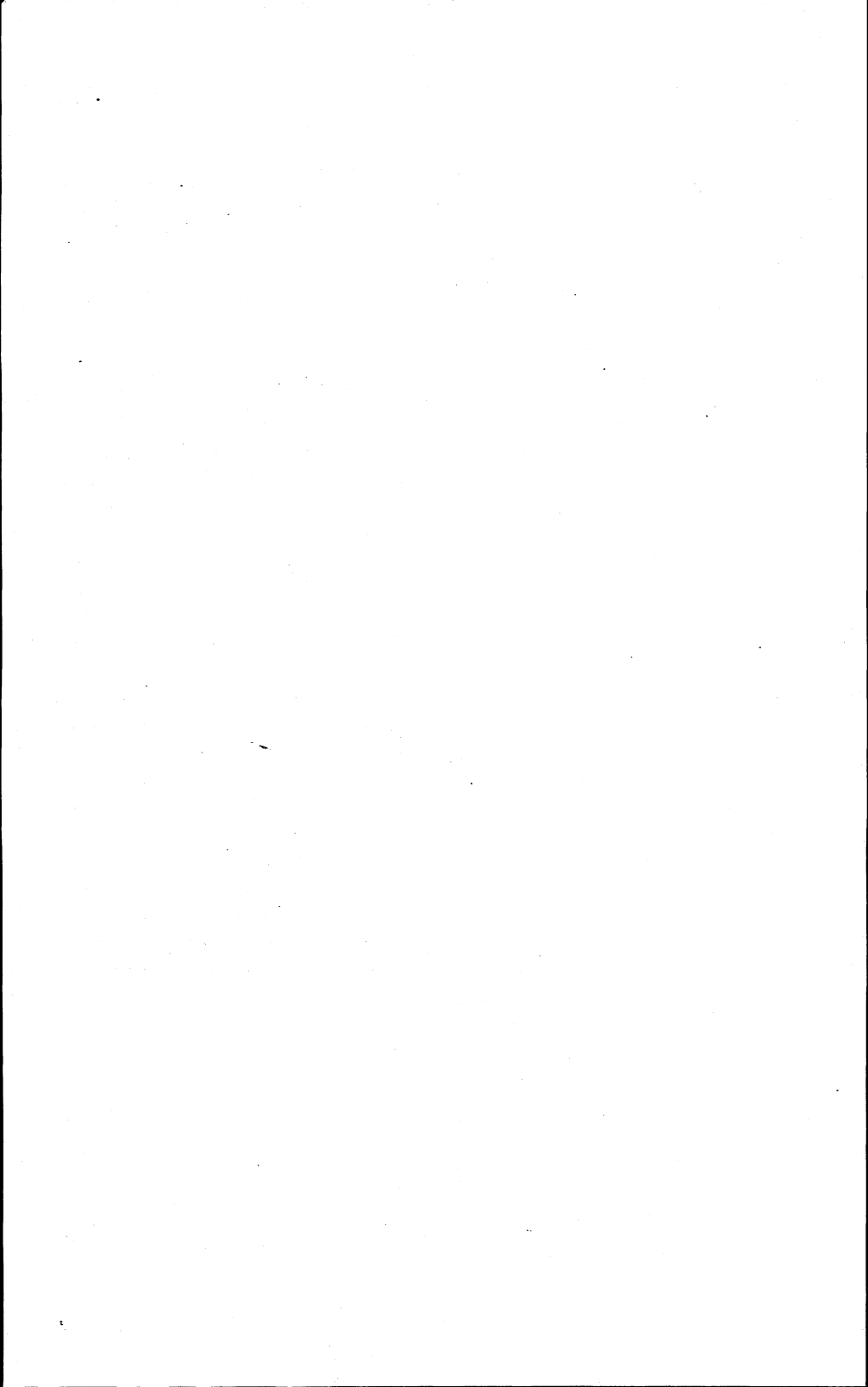
El calendario de ejecución servirá de base para programar las inversiones y asimismo fijará orden y fechas para la realización de los distintos renglones que lo componen, como son:

- Contratación de personal: (técnico y obrero en la medida en que se requiera).
- Administración local: control de asistencia, rayas, pagos diversos, locales, etc., contabilidad, servicios médicos y de emergencia.
- Accesos principales y secundarios.
- Construcciones: alojamientos, oficina, taller, almacén, polvorín, abastecimiento de agua, etc.
- Transporte de equipo.
- Emplazamiento de los equipos.
- Departamento técnico: topografía, geología, dibujo. Control y supervisión de obras, control y manejo de muestras y control de análisis.
- Organización del abastecimiento de insumos: disel, grasas, refacciones para los equipos, explosivos y sus artificios, papelería, etc.
- Dirección general de proyectos: recopilación de datos, redacción de informes, dirección técnica y administrativa del proyecto.

Esta calendarización es usual presentarla en forma de diagrama de barras. Es frecuente, en programas de exploración que las fechas y renglones inicialmente considerados varían en el curso de los trabajos, debido a cambios aconsejados o a problemas originados por factores no previsibles. Siempre se deberá considerar un porcentaje de tiempo y de recursos de inversión (comúnmente el 10 % para cada uno), para absorber estas contingencias a efecto de que el proyecto se ejecute integralmente, con el alcance previsto, los recursos de inversión presupuestados y dentro del tiempo planeado.

En resumen, el resultado final de la etapa de exploración culminará con el informe correspondiente, que deberá contener las conclusiones y recomendaciones principales siguientes:

- 1) Resultado resumido de los trabajos técnicos ejecutados haciendo especial referencia a la parte geológica general, al yacimiento mismo, a las obras y sus resultados, a *las reservas calculadas e inferidas* (incluyendo cantidad y calidad), a las pruebas metalúrgicas hechas y a la estimación preliminar de los *costos totales* que se obtendrán mediante la aplicación del método de explotación seleccionado y del proceso de beneficio aplicable.
- 2) Consideración de los factores que pueden afectar la explotación económica (mercados, costos directos e indirectos, problemas de realización, etc.).
- 3) Estimación preliminar de la viabilidad técnica y económica del aprovechamiento del yacimiento.
- 4) Recomendación concreta de la conveniencia o inconveniencia de proseguir con los trabajos posteriores de evaluación.
- 5) Estimación de los costos de inversión para proseguir con la etapa de evaluación, si ésta procede, así como calendarización de dichas inversiones.
- 6) Proyecto completo de la etapa de evaluación y calendarización de la ejecución de dichas obras y estudios auxiliares.
- 7) Estimación del riesgo de las inversiones en relación a la certidumbre o incertidumbre de los resultados obtenidos en la etapa exploratoria.
- 8) Conclusión final, especialmente en relación a la conveniencia de proseguir trabajos e inversiones adicionales.



IV. EVALUACION

Esta etapa, fundamental en el aprovechamiento económico de los recursos minerales, esencialmente consiste en la constitución de reservas geológicas, elección del método de explotación más apropiado de acuerdo con la naturaleza y forma del yacimiento, estimación de reservas mineras, confirmación y afinación del proceso más conveniente de beneficio y obtención de los costos de explotación y beneficio resultantes, convenientemente confirmados en sus distintos renglones, con suficiente grado de confiabilidad para fundamentar un preestudio de viabilidad económica.

Siendo las *reservas mineras* la base de cualquier proyecto minerometalúrgico, conviene resumir algunos conceptos básicos y definiciones relativas:

En la tabla siguiente se presenta en forma diagramática la clasificación de los recursos minerales propuesta por V.E. Kelvey del US Geological Survey, clasificación hecha en función del grado de conocimiento que se tenga de un recurso y el valor económico conocido o inferido del mismo.

RECURSOS MINERALES GLOBALES					
IDENTIFICADOS (Reservas)			NO DESCUBIERTOS		
DEMOSTRADOS		INFERIDOS	HIPOTETICOS Distritos conocidos	ESPECULATIVOS Distritos no descubiertos	
MEDIDOS	INDICADOS				
ECONOMICOS RESERVAS MINERAS					
SUBECONOMICOS SUBMARGINALES	RECURSOS				
SE INCREMENTA EL GRADO DE CERTIDUMBRE GEOLOGICA			SE INCREMENTA EL GRADO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA		

Como puede observarse en dicho diagrama, los recursos pueden ser no descubiertos (hipotéticos o especulativos), o identificados y subeconómicos o económicos, según su valor intrínseco y posibilidad de aprovecharse económicamente.

Unicamente los recursos económicos que se han identificado constituyen reservas.

Reserva geológica es la porción de un yacimiento mineral que se conoce, en mayor o menor grado, en cantidad (tonelaje) y en calidad (ley) y que es susceptible de aprovecharse económicamente.

Este concepto implica un aspecto cuantitativo y cualitativo y otro indesligable de carácter económico. Los recursos que no llenan esa doble característica no pueden definirse como reservas.

De acuerdo con el grado de conocimiento que se tiene de una reserva geológica, en relación a su cantidad y a su calidad, ésta se ha dividido en reserva positiva o medida, probable o indicada y posible o inferida. En los tres casos debe ser económicamente aprovechable.

Como puede deducirse, el concepto de reserva geológica es un concepto dinámico, ya que aumenta con la exploración y desarrollo y disminuye con la explotación. Asimismo, desde el punto de vista económico, aumenta o disminuye con los precios de los metales contenidos, con los costos de producción, con los volúmenes explotados (economía de escala) y con los avances tecnológicos que, en un momento dado, permiten la aplicación de procesos capaces de disminuir costos de tratamiento o reducen costos de explotación.

Hay recursos clasificados como tales, que por cualquiera de los factores citados o por varios de ellos pueden transformarse en reservas geológicas o viceversa, reservas que por varia

ción en costos o en precios de los valores contenidos se transforman en incosteables o no son susceptibles de aprovecharse económicamente, en cuyo caso pierden su carácter de reservas.

Saber definir, clasificar y cuantificar las reservas geológicas y en un momento dado, diferenciar las que son económicamente explotables, constituye la base que fundamenta la evaluación minera.

Definir aquellas que son económicamente explotables significa determinar que los costos totales de explotación, beneficio, administración, venta, etc., en su conjunto deben ser menores que el valor final de realización del producto obtenido, o sea que la diferencia entre los costos totales de producción y precio de venta debe producir una utilidad suficientemente atractiva para el inversionista, en un plazo apropiado al monto de las reservas mínimas determinadas.

Al aplicar cualquier método de explotación, bien sea a cielo abierto o subterráneo, parte del mineral, por razones técnicas o económicas debe quedar *in situ*, es decir sin explotarse, o removerse como estéril, o encape en las operaciones de tajo. En las operaciones subterráneas, las porciones que deben permanecer como fortificaciones (pilares) o protección de obras permanentes, por ejemplo, son parte de las reservas geológicas que por razones técnicas no pueden extraerse.

Si a una reserva geológica determinada se le descuenta la cantidad de mineral que no se pueda explotar por razones técnicas, o que debe removerse por incosteable, se obtiene la reserva minera, o sea el tonelaje con la ley que realmente va a ser explotado con rendimiento económico. Esta reserva minera es la base cuantitativa y cualitativa de la valuación minera y constituye un parámetro básico de la misma.

En las operaciones a tajo abierto, la remoción de las partes estériles y del encape si éste existe, constituye un costo adicional que debe cargarse proporcionalmente a la tonelada aprovechada.

Para poder calcular la reserva minera, es necesario seleccionar el método de explotación subterráneo aplicable al yacimiento, hacer el proyecto correspondiente y determinar el tonelaje de los bloques que deben quedar *in situ* por razones de fortificación o de protección de obras de carácter permanente, los cuales se descontarán de la reserva geológica correspondiente.

Existen porcentajes de aprovechamiento de tipo empírico y experimental de acuerdo con métodos subterráneos bien conocidos, que permiten aplicar factores de aprovechamiento, por ejemplo 80 % ó 90 % de la reserva geológica para la determinación de las reservas mineras. Este procedimiento en métodos bien experimentados, es aceptable y confiable en muchas ocasiones.

En las operaciones a cielo abierto, tanto para determinar volumen y tonelaje de los encapes o de las zonas estériles in-costeables, es necesario partir del estudio y análisis de los barrenos o de las obras hechas en la etapa de exploración a fin de poder hacer el cálculo de las reservas mineras y fijar su ubicación dentro del yacimiento.

Tanto en las explotaciones subterráneas como en las de tajo abierto, especialmente en el contacto con la roca encajonante o con áreas estériles, no es posible hacer una total separación de éstas en el yacimiento, bien sea por indefinición de las áreas mineralizadas o por debilitamiento del contacto en la roca encajonante. Como resultado de lo anterior, parte estéril o de muy baja ley se mezcla indefectiblemente con el mineral y resulta imposible su separación, lo cual por un lado aumenta el tonelaje, pero por otro disminuye la ley en el mineral explotado. Este hecho se conoce como *dilución*,

factor que es necesario tomar en cuenta al evaluar las reservas mineras.

En consecuencia, las reservas mineras disminuyen en volumen o tonelaje en relación a las reservas geológicas al aplicar los métodos de explotación, pero aumentan por dilución, habiendo casos, no muy raros, en los cuales las reservas mineras cuantitativamente llegan a ser mayores que las geológicas, pero cualitativamente la ley promedio resultante es menor debido a la dilución.

Al final: *las reservas mineras afectadas por dilución, tanto en tonelaje como en ley, son las reservas que deben tomarse en cuenta en un avalúo minero, ya sea para calcular el valor del mineral como para calcular los costos de producción.*

A partir de las definiciones vistas, en lo general, el avalúo debe partir de la constitución de reservas geológicas, según los resultados obtenidos en la etapa de exploración, es decir, hacer las obras que permitan medir físicamente las áreas mineralizadas y obtener muestras para determinar su calidad, procurando que la mayor parte de las reservas puedan caer dentro de las positivas o medidas y paralelamente constituir el mayor tonelaje de reservas probables o indicadas y posibles o inferidas.

Las obras requeridas para el objeto, apoyadas en las de exploración realizadas con anterioridad son llamadas *obras de desarrollo* y pueden proyectarse para simultáneamente ser obras de preparación en la explotación.

El proyecto correspondiente debe formularse con base en la morfología, características del yacimiento y naturaleza de la roca encajonante, tomando en cuenta las obras necesarias para la aplicación del método de explotación seleccionado, procurando que al ser desarrolladas permitan inspeccionar objetivamente y mostrar por varios lados el yacimiento, tanto

en sus parámetros horizontales (x, y) como en el vertical (z), con lo cual se podrán medir sus volúmenes y determinar su ley media.

La tendencia general de estas obras es formar bloques que muestren el yacimiento por varios lados. El cálculo del tonelaje se hará por bloque, calculando la ley correspondiente. El tonelaje total se obtendrá sumando el de todos los bloques y la ley media calculada será el del promedio de los mis mos.

De acuerdo con el grado de conocimiento de cada bloque se le agrupara en el rango que le corresponda como positivo, probable o posible.

Cuando la exploración y constitución de reservas se hace por medio de barrenación de diamante, como es el caso de los yacimientos de diseminación, el conocimiento mayor se logra ce rrando la retícula de barrenos de tal manera que se tenga la certidumbre que entre dos inmediatos no exista un cambio geo lógico que impida la correlación entre ambos.

Los procedimientos para cuantificar reservas y obtener las leyes medias por bloques son bien conocidos, tanto en el caso de reservas constituidas por medio de obras mineras, como por barrenación de diamante.

La aplicación de tecnologías recientes, como los métodos geo estadísticos, han venido a auxiliar y perfeccionar los tradi cionales geométricos de bloques, de secciones transversales o analíticos (triangulación, polígonos, cuadrados, etc.). Sin embargo, hasta la fecha nada sustituye la experiencia y el criterio del valuador, para poder interpretar la cuantifi cación y calificación del yacimiento, darle una justa inter pretación y agrupamiento al tipo de reserva y conocimiento para aplicar debidamente los factores de recuperación y di lución, muchas veces determinantes de la cantidad y calidad

media que se obtendrá en la etapa operativa de un proyecto minerometalúrgico.

Hasta el momento nos hemos referido a una parte de la definición de reserva minera, la que se refiere a la cantidad y a la calidad del mineral contenido en una parte del yacimiento, o sea, la mostrada por las obras realizadas en el mismo.

Sin embargo, la segunda condición de la definición es que el mineral pueda explotarse con beneficio económico.

Para poder definir esta condición, es necesario saber a que precio se puede vender el o los valores contenidos en cada tonelada de reserva minera y comparar con los costos totales en que se deberá incurrir para explotar y beneficiar la misma tonelada. Es decir que es necesario conocer el valor de venta de cada tonelada de reserva *in situ* y restarle los costos de extracción y beneficio de la misma tonelada. La diferencia determinará si el yacimiento es económicamente aprovechable y su monto el grado de costeabilidad o de rentabilidad del mismo.

Para poder hacer una comparación, es necesario determinar el valor de los contenidos de la tonelada de reserva minera, obtenido de la ley promedio calculada para toda la reserva, o en forma diferencial, si es posible hacer una separación de zonas o bloques de naturaleza distinta, que obliguen por razón de contenidos o de diferencias mineralógicas a variar el tratamiento metalúrgico.

Para calcular el valor de una reserva minera, se utilizan los valores de la ley media, siendo la ley media el contenido promedio de valores por unidad de peso (tonelada métrica), expresado en gramos, kilogramos o bien en por ciento de peso (gr/ton, kgr/ton, % de Cu, % de Pb, % de Zn, etc.)

El *valor bruto* de la tonelada es el resultado de multiplicar los valores contenidos, por las cotizaciones vigentes a la fecha de la evaluación, haciendo las conversiones necesarias para obtener el precio de la unidad usada convertido a la moneda utilizada en la evaluación. Cuando las cotizaciones se hacen L.A.B., o C.O.C., deben adecuarse a los precios reales del comprador de primera mano. En el caso de venta de concentrados, deben usarse los precios reales pagados por la fundición.

El *valor recuperado* es el resultado de multiplicar el valor bruto por la recuperación metalúrgica resultante de la aplicación del proceso metalúrgico.

En un mineral determinado, la recuperación es distinta para cada metal contenido, por lo cual debe multiplicarse cada contenido por su correspondiente recuperación. La suma de los contenidos recuperados de cada metal multiplicados por sus precios individuales dará el *valor recuperado de la tonelada*.

En los procesos metalúrgicos que se aplican comúnmente, antes de la fundición y afinación, bien sean de concentración mecánica, de flotación, lixiviación, etc., de varias toneladas de mineral natural se obtiene una tonelada de producto concentrado, precipitado, etc., desechándose las partes estériles que van al almacenamiento en jales.

La relación entre el número de toneladas requeridas para obtener una tonelada de concentrado o precipitado, se le llama *relación de concentración*, factor que es necesario considerar para hacer la conversión de costos a la tonelada de mineral in situ, pues las tarifas de fundición, afinación, fletes, etc., se aplican a la tonelada de concentrados o precipitados producidos.

El *valor neto* de la tonelada se calcula descontando del valor recuperado, los costos en que se incurre para colocar el producto final en el punto de venta de terceros.

En términos generales estos costos se desglosan en los siguientes renglones principales:

- . tumbe
- . extracción
- . transportes locales
- . beneficio
- . mantenimiento
- . amortización
- . depreciación
- . desarrollo y preparación
- . exploración
- . impuestos
- . seguridad social
- . gastos generales
- . administración

Todos los renglones mencionados forman parte del costo directo de producción, al cual deberán adicionarse los costos indirectos ocasionados por gastos financieros derivados de algunos otros gastos como pueden ser los procedentes de la organización corporativa y administrativa de la empresa, financiamientos, etc.

Cada uno de los renglones se desglosa individualmente en sub renglones. Por ejemplo tumbe se puede desglosar en:

- . mano de obra
- . energía
- . aire comprimido
- . explosivos
- . barrenación
- . desagüe
- . ventilación

- . alumbrado
- . fortificación
- . desarrollo y preparaciones
- . agua de barrenación
- . conservación de obra
- . mantenimiento de equipos
- . seguridad

En la contabilidad de costos, cada uno de estos subrenglones se divide en otros varios que permitan un desglose detallado del costo y constituyen un auxiliar fundamental en la etapa de operación.

La suma de los costos directos e indirectos, aplicados a la tonelada de mineral, descontados del valor recuperado, dará el valor neto de la tonelada de mineral en reserva.

El valor liquidado se obtiene deduciendo del valor neto los costos derivados de las operaciones y procesos que hay necesidad de aplicar posteriormente a la venta del producto final obtenido hasta su venta final. Los costos correspondientes, en general, se componen de los siguiente renglones:

- . fletes
- . maquinas por fundición y refinación
- . impuestos
- . castigos (si proceden)
- . recuperaciones en procesos posteriores
- . gastos de manejo y venta
- . seguros

Para conocer el valor liquidado de la tonelada de mineral, debe hacerse el cargo tomando en cuenta la relación de concentración correspondiente.

Si el valor liquidado es superior a la suma de todos los costos (costo total), el mineral produce una utilidad y, en consecuencia, es susceptible de aprovecharse económicamente y puede considerarse una reserva minera.

La determinación de los costos totales implica estudiar previamente la selección del método de explotación y afinación del proceso de beneficio más conveniente, por medio de la realización de la experimentación metalúrgica tan completa como sea posible, y que permita tener todas las constantes metalúrgicas y parámetros requeridos para la elección y dimensionamiento de los equipos.

Tanto para la elección del método de explotación como para dimensionar la planta y calcular costos, es necesario determinar el ritmo de producción, o sea, el volumen diario que debe producir la mina y la capacidad que debe tener la planta de beneficio e instalaciones auxiliares correspondientes.

Para el objeto se debe partir del monto de las reservas mineras positivas o probadas, adicionadas en algunos casos de las probables, si existe un alto grado de confiabilidad en su determinación.

El criterio para seleccionar la capacidad de producción o sea el ritmo de producción es variable, sin embargo debe considerarse que la depreciación y amortización de las inversiones necesarias se efectúen en un plazo no mayor de 10 a 15 años, tiempo en el cual el inversionista debe haber recuperado su inversión y obtenido una utilidad razonable.

Con este criterio las reservas deben alcanzar para una operación de 10 a 15 años por lo mínimo (año de 320 días), siempre y cuando la cifra resultante sea conveniente desde el punto de vista de los costos tomando en cuenta la econcmía de escala.

Reservas mineras, método de explotación, inversión y tiempo de amortización y depreciación son factores que deben conjugarse y analizarse paralelamente para determinar el ritmo de producción, dato fundamental en el desarrollo de un proyecto minerometalúrgico.

Fijado el ritmo de producción, en relación a las reservas, deberá hacerse el proyecto de explotación utilizando el método más conveniente en función de la morfología del yacimiento, de la naturaleza del mismo y de las rocas encajonantes, con el grado de mecanización que sea aconsejable para reducir al mínimo los costos correspondientes.

Aún cuando en este curso no se estudiará en detalle el capítulo de explotación de minas, como recordatorio se hace un extracto de los principales métodos subterráneos de explotación, división hecha a partir principalmente del soporte requerido:

1. Rebajes con soporte natural:

tumbe abierto

. rebajes abiertos en cuerpos pequeños

. rebajes por subniveles

. glory hole

salones y pilares. Tajadas sucesivas

2. Rebajes soportados artificialmente:

tumbe sobre carga

. con pilares

. sin pilares

tumbe por corte y relleno

tumbe por cuadros de madera

3. Rebajes por hundimiento:

hundimiento de bloques

hundimiento por subniveles

frente larga

Adicionalmente deben considerarse los métodos de cielo abierto.

Cualquiera que sea el método seleccionado, en relación al depósito mineral de que se trate, debe reunir una triple condición: economía en la explotación, máximo aprovechamiento de las reservas y seguridad en la operación. Esta última condición debe ser prioritaria, ya que en ninguna forma debe arriesgarse la seguridad de los trabajadores, ni la higiéne de los mismos.

Todo trabajo minero, sea superficial o subterráneo, debe preservar la integridad física de los trabajadores, protegiendo su vida y salud dándoles seguridad e higiene, por lo que, desde la concepción del proyecto minero deben contemplarse prioritariamente estos aspectos. Jamás debe arriesgarse la pérdida de una sola vida, ni comprometer la salud de los trabajadores.

En la etapa de valuación es fundamental y complementario el estudio y experimentación metalúrgica, para conocer el mejor tratamiento que debe aplicarse al mineral, después de su explotación, a fin de poder determinar el monto de la inversión correspondiente y los costos resultantes del beneficio, calculado al ritmo de producción proyectado.

En esta etapa de experimentación metalúrgica, que debe realizarse según el proceso previamente seleccionado, las pruebas correspondientes se proyectarán siguiendo la secuela y normas usuales en estas operaciones, no únicamente con el objeto de tratar de perfeccionar el proceso, sino también, de obtener los parámetros de laboratorio y constantes metalúrgicas necesarias para apoyar el dimensionamiento de equipos y determinar, a nivel de laboratorio, los consumos de agua, energía y diferentes reactivos.

El resultado debe proporcionar todos los datos necesarios para construir los diagramas de flujo (flow-sheets) y sus correspondientes balances de materiales, así como todos los datos experimentales requeridos para calcular el tamaño y tipo de los equipos necesarios en cada uno de los procesos unitarios que componen el proceso general. Con base en dichos datos experimentales y consumos determinados, se deben dimensionar todos y cada uno de los servicios auxiliares demandados por el proyecto.

Los procesos de beneficio que se emplean más comúnmente en la industria minerometalúrgica, como tratamiento posterior a la explotación minera son:

A. Utilizando las propiedades físicas de las especies mineralógicas contenidas:

- Lavado (agitación, atrición, etc.).
- Concentración gravimétrica:
 - jigs o pulsadoras
 - mesas concentradoras
 - espirales
 - medio pesado (sink-float)
 - clasificación hidráulica (conos, etc.)
- Separación magnética de:
 - alta intensidad
 - baja intensidad
- Separación electrostática:
 - electrificación por contacto o fricción
 - electrificación por inducción conductiva
 - electrificación por bombardeo iónico
- Flotación:
 - simple
 - selectiva
- Tratamientos térmicos
- Amalgamación

B. Utilizando propiedades químicas:
(Procesos hidrometalúrgicos)

- Lixiviación
- Separación en soluciones
 - . por métodos químicos
 - . por solventes
 - . separación iónica por medio de resinas

En los procesos enlistados en el inciso A, es decir, en aquellos en que se aprovechan las propiedades físicas de los valores contenidos, los mismos no sufren ninguna alteración química y únicamente se concentran en su forma original. El producto final por esta razón, se ha denominado concentrado.

En el caso de los procesos enlistados en el inciso B, los valores contenidos se han disuelto y en consecuencia han cambiado químicamente. Después de la lixiviación o disolución, hay necesidad de precipitarlos y separarlos de la solución. Los productos finales obtenidos se han denominado precipitados.

Para poder aplicar cualquier proceso de los enlistados, es necesario antes de todo, liberar los componentes valiosos del mineral, es decir separarlos de la ganga o parte estéril que los acompaña, para lo cual debe triturarse hasta un tamaño apropiado para que se verifique dicha liberación.

Este proceso unitario, preparatorio de la aplicación de cualquier otro, se denomina de preparación e incluye la trituración primaria, la secundaria, así como la clasificación a un tamaño conveniente para obtener la liberación y separación de las partículas minerales que se pretende concentrar o disolver, en forma máxima. Generalmente este paso inicial se hace en seco, por lo cual siempre se produce gran cantidad de polvo que es necesario controlar con colectores.

La liberación de las partículas no siempre se logra en la etapa inicial de preparación, por lo que adicionalmente se complementa con molienda en húmedo, en circuito cerrado con clasificación hidráulica, a un grado de finura que debe determinarse con precisión en las pruebas metalúrgicas y constituye una de las constantes más importantes en cualquier proceso que se aplique: grado de molienda y granulometría correspondiente.

Adicionalmente a las pruebas de molienda deben determinarse los valores experimentales necesarios para poder calcular y dimensionar las quebradoras, cribas, molinos, clasificadores hidráulicos (rastrillos, ciclones, etc.), así como el equipo auxiliar (bandas, alimentadores, tolvas, pesadores, muestreadores, bombas, etc.). Estos cálculos se efectuarán utilizando los datos experimentales obtenidos y aplicados a los volúmenes resultantes de acuerdo con el balance de materiales proyectado a partir de la capacidad de la planta y del ritmo de producción del proyecto.

El proceso propiamente dicho se inicia una vez liberados los valores, en algunos casos después de la trituración en seco y en la mayoría después de la molienda húmeda y clasificación hidráulica.

Las pruebas de proceso, se efectúan según la naturaleza del mismo, determinando en cada caso, las constantes principales en forma sistemática para elegir las más convenientes, dejando como constante la molienda más aconsejable determinada con anterioridad en las pruebas correspondientes.

Como ejemplos:

En la experimentación por flotación, después de la molienda deben determinarse: tipos de reactivos, sus consumos y dosificación, tiempo de acondicionamiento y tiempo de flotación principalmente, así como la dilución.

En la experimentación por cianuración deben determinarse después de la molienda más conveniente, la concentración de cianuro, el tiempo de agitación, los pasos de lavado, la dilución, el álcali protector y los consumos de reactivos, así como la precipitación más conveniente y el tipo de separación del precipitado.

En la misma forma cada proceso debe ser objeto de experimentación para obtener las principales constantes y parámetros correspondientes, cuyo detalle debe cursarse en la materia metalurgia y en los cursos correspondientes de laboratorio metalúrgico.

El anteproyecto deberá contemplar los edificios necesarios para proteger la planta, el anteproyecto eléctrico y de tuberías, los sistemas de seguridad y alumbrado, el drenaje superficial y pluvial, etc., y además el anteproyecto de los servicios auxiliares como: subestación eléctrica, aire comprimido, manejo de reactivos, suministro y distribución de agua, almacén, laboratorio, talleres, oficinas administrativas, oficinas de mina y planta, servicios médicos y de primeros auxilios, polvorines, campamentos si se requieren y servicios conexos y departamento de seguridad.

Adicionalmente deberá proyectarse con sumo cuidado el almacenamiento de jales, tomando en cuenta las disposiciones legales de anticontaminación, sanidad y técnicas aplicables en el área seleccionada para dicho almacenamiento, relacionadas básicamente con la estabilidad e impermeabilidad de las construcciones correspondientes.

V. PROYECTO CONCEPTUAL

Esta etapa, resumen y actualización de todas las etapas anteriores, es llamada también de ingeniería básica.

A partir del conocimiento del yacimiento, especialmente desde el punto de vista morfológico y mecánico, de las características físicas y mecánicas de la roca encajonante y de la distribución de los valores en el depósito, así como del conocimiento de las reservas mineras calculadas y determinado el ritmo de producción, es necesario, como paso preliminar, afinar el método de explotación aplicable, bien sea subterráneo o a cielo abierto y proyectar las obras de preparación requeridas, aprovechando al máximo las obras de desarrollo hechas con anterioridad.

Como ha quedado establecido, el método de explotación debe llenar, en principio, tres condiciones fundamentales: máxima economía en la explotación, óptimo aprovechamiento de las reservas mineras y máxima seguridad en la operación.

Para cumplir la primera condición es necesario, posteriormente a la realización de las obras de preparación, tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El tumbre o arranque del mineral *in situ*, debe planearse para consumir la menor cantidad posible de explosivos, mediante el mínimo de barrenos, pero obteniendo un tamaño de mineral manejable por los equipos y adecuado a las dimensiones de las alcancías, obras de extracción y equipos de transporte.

2. Las dimensiones de las obras deben admitir el tamaño de los equipos utilizados en la barrenación, manejo y transporte del mineral.



Foto 1 Equipo neumático de perforación, de dos brazos, montado sobre ruedas neumáticas

3. Debe planearse la explotación en forma tal que se aproveche óptimamente la gravedad. La separación de alcancías debe ser de forma que no requiera movimiento local en los rebajes.
4. Debe procurarse concentrar en las zonas generales de extracción el mineral, bien sea en alcancías, cañones o socavones generales y en caso de manteo, en tiros generales de extracción.

5. En todas las zonas de trabajo deberá haber, por lo menos, un acceso y una salida, siempre en condiciones de servicio.
6. Las obras de carácter permanente, bien sean de fortificación o de protección, deberán conservarse en perfectas condiciones de servicio, proyectando anticipadamente el mantenimiento correspondiente.



Foto 2 Mismo equipo que en la foto número 1, barrenando de cielo en un amplio rebaje

- En el caso de transporte interior se deberán proyectar las vías, con sus desvíos necesarios, para agilizar y no entorpecer el tránsito de los vehículos utilizados, bien sea en rieles o con llantas neumáticas utilizadas en rampas o en cañones de extracción.
- Si existe necesidad de ventilar las obras, ya sea con ventilación natural o ventilación forzada, los trabajos requeridos deben proyectarse de forma que cumplan con esta importante función.

- En el caso de desagüe, siempre debe preferirse hacerlo por gravedad y si se realiza por bombeo, las estaciones correspondientes deben centralizarse y equiparse, de modo que en casos de descompostura o falta de corriente para accionar las bombas, se cuente con equipo adicional instalado y planta de fuerza auxiliar, de operación automática. Las líneas de tuberías deben ser accesibles para su registro y mantenimiento.
- Las tuberías de aire comprimido se deben proyectar para la demanda y presión requeridas, de acuerdo con la distribución a las zonas de trabajo. Las líneas correspondientes deben ubicarse en zonas accesibles (niveles de extracción, caminos, etc.) y calcular sus diámetros de acuerdo con los datos de proyecto.
- Las tuberías de agua para barrenación deben proyectarse con el mismo criterio que las de aire y de ser posible paralelas a éstas para facilitar su registro y mantenimiento.
- En el caso de requerirse *manteo* las instalaciones y equipos deberán proyectarse según las normas de resistencia y seguridad correspondientes. Los tiros utilizados para este servicio, independientemente de cumplir con su función específica pueden servir para alojar caminos de emergencia, tuberías de aire comprimido y agua, así como cables para uso eléctrico.

Las estaciones, despachos o ventanillas localizadas en cada nivel, deben proyectarse tomando en cuenta la función básica que van a desempeñar (*manteo* de mineral, manejo de materiales, manejo de personal, etc.), equiparlas con los sistemas de comunicación, alumbrado y seguridad utilizados, de acuerdo con las normas usuales y reglamentos aplicables.

7. En el caso de explotaciones a cielo abierto, el o los tajos deben proyectarse de tal manera que el nivel más bajo de extracción y *tumbe* tenga las dimensiones necesarias pa

ra explotar el mineral disponible a ese nivel, aumentando sus dimensiones en los niveles superiores.

- La altura de cada banco se proyectará de acuerdo con el volumen de mineral que hay necesidad de mover y del tamaño de los equipos requeridos para barrenar y cargar las unidades de transporte que conducirán el mineral a la planta de beneficio, a los terreros de lixiviación si los hay, o bien a los terreros de estéril o tepetate.

- La anchura de los bancos se calculará de forma que permita trabajar con amplitud los equipos de carga y limpia en las zonas en que se ha hecho la remoción del mineral y al mismo tiempo accionar y cargar el equipo de transporte con seguridad, permitiendo también la circulación doble (ida y regreso) de dicho equipo de transporte. A la vez se deberán alojar las bermas laterales y las rampas de seguridad necesarias para prevenir accidentes que eventualmente se pueden presentar en los caminos de acarreo del tajo.

8. El alumbrado, bien sea en trabajos subterráneos o a cielo abierto en la noche, es un factor importante desde el punto de vista de la eficiencia, pero sobre todo de la seguridad.

En los trabajos subterráneos, todo el personal debe disponer individualmente de equipo de alumbrado, en perfectas condiciones de servicio, para lo cual el departamento de lampistería le dará el mantenimiento necesario entregándolo y recogiendo diariamente, al iniciar y terminar la jornada de trabajo. Tampoco debe faltar el equipo de seguridad personal (casco, botas, guantes, gafas, respirador, etc.).

9. Debe considerarse el transporte y distribución del personal a las zonas de trabajo en el interior, si la operación es subterránea o al lugar de operación en los tajos, a efecto de aprovechar en forma óptima la jornada laboral.

10. La elección de los equipos, de acuerdo al grado de mecanización requerida por el proyecto, es materia de consideraciones especiales que ameritan estudios específicos tendientes a justificar su uso en cada caso, debido a que la utilización de dichos equipos puede tener un impacto favorable en los costos por la eficiencia considerable que se debe obtener de una apropiada selección y uso de dichas máquinas, pero por otro lado los costos de inversión se elevan, así como los de mantenimiento.

La mecanización en las operaciones mineras debe estudiarse con gran cuidado, procurando no excederse en su aplicación, que cada caso esté plenamente justificado, tomando en cuenta los factores técnicos y económicos resultantes y los beneficios que se obtendrán.

No siempre la simple disminución en la mano de obra justifica la mecanización de una operación determinada.

11. El transporte entre mina y planta de beneficio debe proyectarse procurando centralizar el punto de extracción (socavón, tiro, camino-rampa, etc.) y tratando de realizar el menor número de maniobras hasta la tolva correspondiente del molino, la cual debe proyectarse para vaciado de acuerdo con el método de transporte utilizado (vías, camiones, bandas) y una capacidad conveniente de acuerdo al tiempo de preparación del mineral y de las tolvas de mineral triturado. Esta tolva puede ser de paso o con una capacidad de uno o dos días de trituración.



Foto 3 Camión de volteo, de gran capacidad para uso fuera de carretera. Transporta hasta 120 toneladas entre un tajo a cielo abierto y la planta de trituración.

12. El proyecto conceptual de la planta de beneficio debe partir de la ubicación de la tolva de recibo del mineral de la mina y desarrollarse siguiendo los pasos señalados en el diagrama de flujo respectivo.
 - El diagrama de flujo se desarrollará de acuerdo al proceso seleccionado y con las constantes y parámetros de terminados en las experimentaciones metalúrgicas.
 - A partir del diagrama de flujo y con base en la capacidad del proyecto, deberá formularse el balance de materiales, que servirá para seleccionar los equipos básicos y determinar sus tamaños y principales características.
 - Para lograr la capacidad del proyecto se partirá de los siguientes datos:

. Recibo de mineral por año	tons.
. Días de trabajo efectivo por año	días/año
. Horas efectivas por día	horas/día
. Horas efectivas por año	horas/año
. Disponibilidad del equipo	%
. Horas útiles por año	horas/año
. Capacidad del proyecto	tons/día
	tons/año

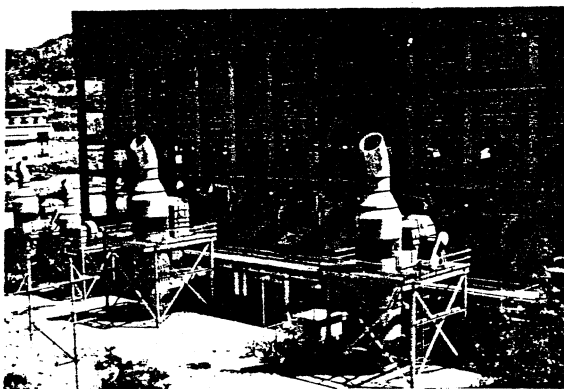


Foto 4 Moderna sección de cribado en una de las más grandes plantas de beneficio de minerales en el norte de México

- Los valores calculados se aplicarán a cada proceso unitario, tomando en cuenta los casos en que deben considerarse cargas circulantes, para poder dimensionar el tipo y tamaño de los distintos equipos básicos y los auxiliares necesarios.

- Para dimensionar, hay necesidad de diferenciar claramente cuándo se procesa mineral seco y cuándo el proceso requiere el manejo de pulpas, determinando en cada caso la dilución necesaria de acuerdo con los resultados de las pruebas metalúrgicas (la dilución puede expresarse en porcentaje de sólidos o bien utilizando la gravedad específica de la pulpa correspondiente).
- Una vez dimensionados los equipos básicos, en forma preliminar utilizando catálogos de fabricantes, o, si se dispone de datos experimentales por cálculo, debe seleccionarse el equipo auxiliar necesario como tolvas, alimentadores, bombas, elevadores (si los hay), bandas transportadoras, muestreadores, pesadores, poleas magnéticas, dosificadores, etc.
- Después de conocidos y dimensionados los equipos básicos, deberá estudiarse el arreglo más conveniente de los mismos. Para el objeto, inicialmente debe construirse un desplegado en planta y perfil para poderlo adaptar al terreno seleccionado, procurando aprovechar al máximo la pendiente natural del mismo con un mínimo en las excavaciones.
- El arreglo en planta, puede ser lineal, en L, en U o en Z, según lo aconseje el terreno, pero en general tanto la separación como las alturas de carga y descarga de las máquinas, están limitadas por las pendientes de trabajo de las bandas transportadoras, cuando éstas se utilizan, y las especificaciones necesarias de acuerdo al tamaño del mineral que transportan (máximo de 15° a 18°), así como por la posición y altura de descarga y carga (chutes), de las mismas bandas.



Foto 5 Aspecto general que presenta una planta de beneficio, moderna y de gran capacidad

Este factor, posición de bandas, es tan importante en un proyecto, que los arreglos generales, en muchas ocasiones están condicionados a la solución de este aspecto.

- Una vez que se conoce el desplegado del arreglo y las dimensiones del equipo básico, puede procederse al arreglo definitivo e iniciarse el anteproyecto correspondiente, desarrollándose el mismo en planta general y las secciones necesarias para su correcta definición gráfica.

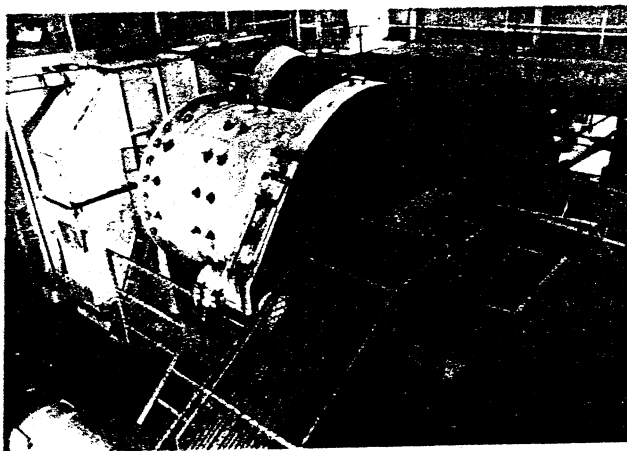


Foto 6 Molino de bolas en una moderna planta de beneficio

13. En relación a las instalaciones auxiliares, la distribución de agua y energía deben tener prioridad, así como la ubicación de terreros y presas de almacenamiento de jales.

Elegida la mejor fuente de abastecimiento de agua para el proyecto minerometalúrgico, debe procurarse construir un tanque general de abastecimiento, ubicado a una altura tal, que la distribución sea por gravedad a todas las áreas de consumo. La capacidad de este almacenamiento debe ser la necesaria para cubrir por lo menos los requerimientos de una semana; si es fluctuante debe ser mayor.

Si el abastecimiento al tanque general se hace por bombeo, debe contarse con una instalación constituida por equipos dobles, a fin de que, si hay necesidad de sacar de servicio la bomba por descompostura o mantenimiento, inmediatamente se opere con la auxiliar.

El almacenamiento de agua debe calcularse para cubrir todos los servicios, tanto de mina como de planta, servicios generales, sanitarios, riego en caminos y tajo cuando la explotación se hace a cielo abierto, así como para incendio si se usa este sistema para el objeto.

El anteproyecto deberá cubrir, aunque sea en forma esquemática, el diagrama de tuberías de agua.

- Si las necesidades de energía eléctrica se cubren por la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) deberán conocerse las características de la energía que se suministrará, así como la demanda total requerida, a fin de que el suministro llegue a una estación terminal, cerca de la cual se proyecte la subestación correspondiente.

En el anteproyecto deberá ubicarse dicha subestación en la zona más cercana a la mayor demanda, con el objeto de hacer la distribución en alta tensión a esa zona y en baja tensión a las zonas de menor demanda, aunque en algunos casos sea necesario poner otras subestaciones menores, ya que las pérdidas eléctricas son menores cuando la distribución se hace en alta tensión. Por la misma razón debe procurarse que la medición del consumo también se haga en alta.

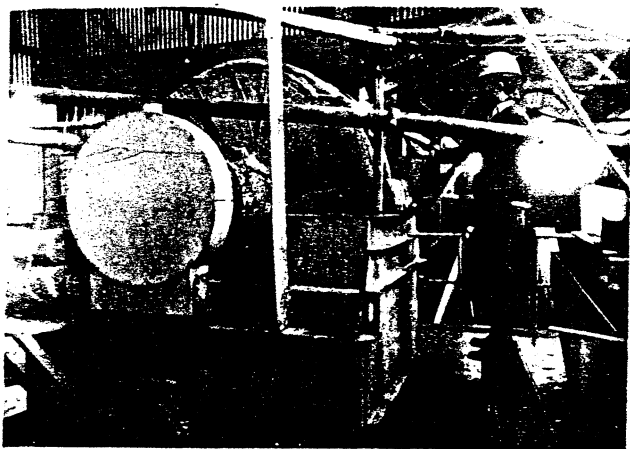


Foto 7 Filtro de discos para los concentra-
dos en una planta de beneficio por flotación

Para estimar la demanda total requerida por el proyecto debe conocerse el *caballaje total instalado*, tanto en mina como en planta, en todas sus instalaciones auxiliares, bombeo, etc., y, si se preveen ampliaciones, la subestación general deberá proyectarse para ese futuro incremento y señalarlo a la C.F.E., para que calcule el calibre de las líneas de transmisión correspondientes.

Asimismo deberá conocerse la tarifa eléctrica que será aplicada al consumo requerido, a fin de saber el costo de dicho renglón al hacer el estudio económico.

El anteproyecto eléctrico deberá contener, en forma preliminar, un *diagrama unifilar simplificado* en el que se muestre la distribución eléctrica del proyecto y, también en forma preliminar, la demanda por zonas y las características fundamentales de la subestación general.

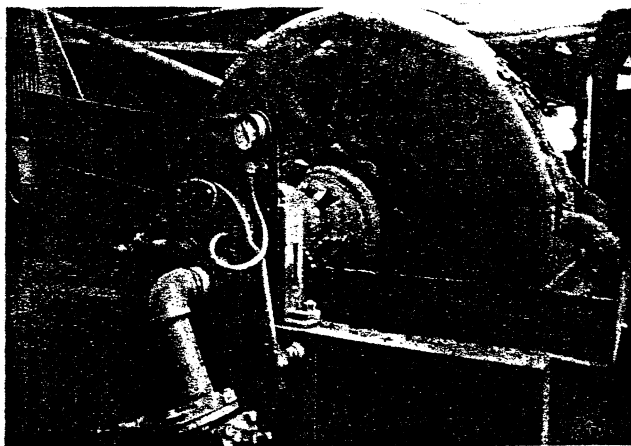


Foto 8 Mismo filtro de discos que se muestra en la foto número 7. Se observa la formación de la torta de buen espesor

14. La superficie requerida para la constitución de terreros de estéril, debe elegirse según el método de explotación y en lugares ubicados a una distancia en que el acarreo sea mínimo, sin que vaya a cubrir algún yacimiento potencial, que no esté sujeto a la acción del acarreo de aguas pluviales y, en general, que no ocasione problemas técnicos en la operación.

Los terrenos afectados por la constitución de terreros deben adquirirse en propiedad, por lo cual representan un costo de inversión que hay que considerar en el proyecto respectivo.

- Similares consideraciones deben hacerse en relación a los terrenos requeridos para almacenamiento de jales que, como ha quedado reiteradamente expuesto deben adquirirse en propiedad y constituyen un aspecto crítico.

co de la formulación de un proyecto minerometalúrgico, tanto por razones técnico-económicas como por consideraciones de orden legal y principios de orden ecológico.

El sitio elegido, aparte de reunir los requisitos técnicos del proyecto, debe tener suficiente capacidad para almacenar los desechos sólidos y líquidos de la planta de beneficio durante el tiempo proyectado y, en su caso, para las ampliaciones previstas. Es conveniente elegir varios sitios para el objeto, procurando manejar la descarga de jales en forma alterna, tanto para facilitar el asentamiento y recuperación de agua, como para poder ejecutar obras de mantenimiento o de arreglo cuando éstas sean necesarias.

Existen diversos procedimientos para lograr estabilidad y seguridad en este tipo de almacenamientos, que en cada caso, hay necesidad de estudiar cuidadosamente para lograr los mejores resultados.

La ubicación de estos sitios siempre es preferible que se elija de modo que la descarga de jales se haga por gravedad desde la planta y asimismo que en la parte de aguas abajo de éstos, no existan poblaciones o instalaciones que pudieran afectarse en el caso de una eventualidad no previsible.

Es recomendable que el transporte entre la planta metalúrgica y la presa de jales se haga mediante una doble línea, bien sea de tubería o de canalones, a fin de que alternativamente puedan hacerse trabajos de mantenimiento preventivo o correctivo, sin que haya necesidad de parar la planta y que las pulpas transportadas tengan una dilución manejable, para que no tapen o interrumpan su transporte (la dilución mínima recomendable es el 50 % de sólidos, pero en cada caso debe observarse su comportamiento para evitar problemas operativos).

Como complemento de las instalaciones de almacenamiento de jales, deben considerarse las correspondientes a la recuperación de agua o de valores disueltos, si esto es necesario y económicamente aconsejable, en cuyo caso el líquido contenido en la parte superficial se debe bombear a tanques adicionales para su eventual utilización en el proceso, como líquido recuperado, y disminuir el consumo de agua nueva para el beneficio.

15. Otros servicios auxiliares que deben considerarse en un proyecto minerometalúrgico, acordes a las necesidades es pecíficas y a las dimensiones del mismo, adicionalmente a los expuestos con anterioridad son:

- Oficinas generales para cubrir los servicios gerenciales y administrativos del proyecto, que deben incluir servicios de contabilidad, de raya, de caja, de adquisiciones o compras, así como de control de personal, vigilancia, servicio y control médico (catastro toráxico) y en muchas unidades la de relaciones humanas y laborales.

En la actualidad, una parte de los servicios de los distintos departamentos se efectúan con sistemas computarizados, por lo cual hay necesidad de considerar dentro de estas oficinas el espacio de equipos y personal para atender estos servicios.

En la oficina de contabilidad, aparte del trabajo inherente debe llevarse un sistema de contabilidad de costos y control de producción que oriente y facilite la supervisión y administración gerencial de la unidad, a partir de los datos que deben centralizarse y que procederán de los distintos departamentos operativos.

En unidades medianas o pequeñas, en las oficinas generales se centralizan las oficinas de mina y planta, en muchos casos, como el de operaciones grandes, o que por

razones de ubicación de mina, planta y servicios auxiliares es necesario considerarlas separadamente.

- Las oficinas de mina deben proyectarse para alojar los servicios de control de personal de mina, departamento de seguridad, producción, mantenimiento, almacén de mina, incluyendo el departamento de ingenieros para supervisión de producción, proyectos de operación, topografía, voladuras, control y uso de explosivos, geología, actualización de reservas, etc.

La gerencia o superintendencia de mina según sea el caso, formulará información diaria, semanal, mensual y anual de todas las operaciones a su cargo, mediante el sistema de control establecido, se remitirá con la periodicidad requerida y con la oportunidad necesaria a la gerencia general, para lo cual debe contarse con las áreas para alojar al personal administrativo correspondiente.

Las oficinas de planta deben proyectarse para controlar eficientemente al personal del sector, la operación del equipo y del proceso empleado, el almacén de planta (reactivos y partes), el taller de mantenimiento correspondiente, así como el laboratorio de análisis para toda la unidad y metalúrgico en caso necesario. Rendirán a la gerencia en forma diaria, semanal, mensual y anual, los reportes necesarios para determinar los estados técnicos y económicos de la operación, para lo cual también como en el caso de las oficinas de mina, deberá contar con las áreas para alojar al personal administrativo necesario.

16. Los talleres, en operaciones pequeñas y medianas, pueden centralizarse para cubrir los servicios de mina y de planta, en cuyo caso debe proyectarse un taller general con servicio mecánico, eléctrico, soldadura, pailería, mantenimiento automotriz y de motores de combustión interna (diesel o gasolina), según el equipo utilizado ma-

yoritariamente. Este taller dará servicio a toda la undad, por lo que debe depender directamente de la gerencia general.

En el caso de operaciones grandes es conveniente, tanto por razones técnicas como operativas, disponer de talleres separados, uno para la mina y otro para la planta de beneficio.

En estas últimas por lo general, las unidades se accionan por medio de motores eléctricos con transmisiones de bandas o mecánicas, por lo que el taller correspondiente debe proyectarse básicamente con máquinas, herramientas de uso general, departamento eléctrico y mecánico apropiado al equipo instalado.

El taller de mina debe proyectarse tomando en cuenta el tipo, tamaño y número de unidades utilizadas, para realizar el mantenimiento mecánico, eléctrico, de soldadura, pailería, lavado y engrasado, debe depender administrativamente de la superintendencia de mina.

Anexos a los talleres de mina deben proyectarse los almacenamientos de grasas y combustibles para abastecer individualmente los equipos, para el objeto es conveniente disponer de filtros o centrifugadores antes de cargar los combustibles. Administrativamente el manejo y control de estos almacenamientos debe depender del almacén de mina para su despacho.

En el caso de operaciones a cielo abierto, prácticamente todo el equipo se acciona por medio de motores díesel, que a su vez accionan componentes eléctricos, debido a lo cual el taller correspondiente debe tener capacidad y dimensiones apropiadas para realizar los trabajos de mantenimiento de estos equipos. Anexo, pero separado debe contener una zona con fosa para lavado y engrasado; también las oficinas de personal y guardado de herramientas.

El edificio debe proyectarse para disponer de una grúa viajera que permita realizar todos los trabajos a lo largo de la nave y de espacio conveniente para reparación y cambio de llantas, trabajos de soldadura y de cambio de componentes.

Es conveniente que este taller, administrativamente dependa de la superintendencia de mina, al igual que el almacén de mina debe ubicarse cercano al taller.

En operaciones grandes a tajo abierto, la recarga de combustible se hace en el lugar de trabajo por medio de pipas destinadas a ese objeto, en igual forma, la lubricación por medio de camiones equipados para hacer esta operación en el campo.

17. Los almacenes deben proyectarse en forma tal que puedan manejar los materiales de consumo y refacciones con agilidad, tanto para recibirlos como para despacharlos.

Parte de dichos productos deben catalogarse y almacenarse en estanterías diseñadas en función del número y tamaño de los mismos, así como por su peso. Cuando se trata de refacciones, partes o componentes de tamaño grande o peso alto, se deben almacenar en el piso, cubierto o descubierto si no se dañan con la intemperie, tal es el caso de refacciones, blindajes, llantas (de acero), coronas o catarinas grandes, etc., de equipos mayores.

El almacén de mina debe ubicarse cerca del taller correspondiente y en el caso del almacén de la planta cerca de ésta.

Ambos almacenes deben contar con una oficina para control y despacho de los materiales, dependiente administrativamente de las superintendencias correspondientes.

- El almacenamiento de explosivos debe proyectarse en

el lugar más conveniente y con las especificaciones exigidas por las disposiciones legales relativas.

La capacidad debe determinarse de acuerdo al consumo es timado para un período del orden de 30 días, tomando en cuenta la facilidad de reabastecimiento periódico.

En operaciones grandes, la carga debe hacerse por medio de camiones de diseño especial cuando se usa ANFO. En las operaciones subterráneas el manejo y uso de este pro ducto también debe hacerse en forma reglamentaria. Igual en el caso del uso de distintas dinámitas.

Nunca deben almacenarse en el mismo almacén explosivos y artificios, estos últimos deben almacenarse separadamente en un polvorín ubicado a distancia, según las nor mas y especificaciones estipuladas en los reglamentos y disposiciones legales relativas.

El manejo administrativo de los almacenes de explosivos y artificios, debe depender de la superintendencia de almacén de mina, con la debida participación del departamento de seguridad de la unidad, el cual determinará, pondrá en práctica y vigilará el cumplimiento de los re glamentos para el uso, transporte y manejo de estos pro ductos peligrosos.

El proyecto de los distintos almacenes debe hacerse co nociendo el número de artículos que debe manejarse, por rubros, calculando por medio de máximos-mínimos, las existencias, con el criterio de tener todos los artículos de consumo o partes para reparación y poder dar un mantenimiento eficiente, cubrir cualquier reparación eventual y sostener el ritmo de operación normalmente, pero sin que el aumento de existencias determine un mon to de capital improductivo nocivo para la economía de la operación.

El capital invertido en almacenes es un capital no productivo que debe minimizarse para obtener una eficiente operación y debe considerarse en un proyecto como parte del capital de operación. (En un anteproyecto puede calcularse como % del costo de inversión en los equipos).

18. Parte del anteproyecto es definir, aunque sea esquemáticamente superficies cubiertas y especificaciones correspondientes a los edificios destinados a los siguientes servicios, donde se encuentren instalados:

- subestación eléctrica
- planta de emergencia
- planta de compresores
- planta de bombeo
- ventiladores (si se requieren)
- servicios médicos y de emergencia
- casetas de vigilancia
- lampistería
- seguridad

Asimismo deberán definirse las áreas que deben cercarse, calculando las longitudes de cerca requeridas y su tipo, así como también señalar y calcular superficies para estacionamientos y circulación de vehículos en la unidad.

19. Deberá indicarse la forma en que se efectuará el drenaje pluvial, así como el drenaje sanitario y las fosas sépticas requeridas.

Deberá considerarse en todos los edificios los baños y servicios sanitarios de acuerdo al número de personas en cada sección y asimismo el tipo de alumbrado interior de los edificios y en general en la planta, instalaciones auxiliares, caminos y casetas de vigilancia.

20. Hay que formular una relación de personal técnico, administrativo y obrero, con categorías y salarios, haciendo un diagrama operativo (organigrama), para calcular el número de personas que integrarán el personal operativo, con su dependencia lineal y funcional y poder deducir el monto de salarios y prestaciones, así como los requerimientos de otras inversiones adicionales como comedores o instalaciones habitacionales y recreativas, si éstas son aconsejables, según la organización operativa que se proyecte.
21. Es conveniente formular una relación de insumos necesarios, tales como combustibles, lubricantes, reactivos, etc., así como papelería y artículos de escritorio, etc., para saber el tamaño de los almacenamientos requeridos en cada caso, tomando en cuenta las facilidades existentes para su oportuno abastecimiento.



Foto 9 Vista general de la sección de flotación en una moderna planta de beneficio de gran capacidad, las celdas en primer plano son de 500 pies cúbicos cada una y las del fondo de 1350 pies cúbicos cada una. Obsérvese el tamaño relativo con el operador que se encuentra al centro de la fotografía

VI. FACTIBILIDAD

A partir de todos los datos técnicos y económicos que han permitido el desarrollo del proyecto en su etapa conceptual, así como del análisis del mercado de metales y minerales, la etapa de planeación a realizar posteriormente, es la de factibilidad económica, llamada también de viabilidad o de evaluación financiera del proyecto.

Con este fin es necesario realizar en una etapa preliminar una serie de operaciones para obtener los siguientes parámetros financieros:

- Tasa interna de retorno de la inversión total requerida.
- Valor presente neto.
- Período de recuperación de la inversión.
- Punto de equilibrio.

Se debe disponer del flujo de efectivo, su elaboración requiere de los siguientes datos técnicos y económicos obtenidos del estudio conceptual realizado:

- A) Monto de la inversión total requerida
- B) Cálculo de los costos totales en que se incurre para llegar al producto final para su venta.
- C) Importe de las ventas del producto final obtenido en la operación.

- D) Horizonte de evaluación (número de años, en función de las reservas y del ritmo de producción).
- E) Origen de los recursos financieros requeridos para la realización del proyecto (capital requerido):
 - . De procedencia de los accionistas (fijar intereses preoperativos).
 - . Procedentes de financiamientos (fijar intereses y condiciones del o los créditos).
- F) Criterio para fijar los renglones de amortización y depreciación de los activos fijos y contingentes.
- G) Conocimiento de los impuestos que se aplicarán a las utilidades gravables y monto o tasa de la participación de utilizadas a los trabajadores.
- H) Criterio corporativo para la aplicación de tasas para fijar el valor actual neto de la recuperación de fondos, así como la tasa interna de retorno.

Con el conocimiento de los datos anteriores es posible obtener, en forma tabular en los años que se consideren en el análisis (horizonte de evaluación), el flujo de efectivo (cash-flow) y en esa forma la rentabilidad de la inversión y otros datos financieros que permitan tomar decisiones para la realización del proyecto minerometalúrgico de que se trate.

A continuación se analizarán los renglones básicos a que se ha hecho referencia:

- A) MONTO DE LA INVERSION REQUERIDA, o sea del capital necesario para realizar el proyecto.

Este monto se obtiene de los estudios técnicos realizados para la explotación, beneficio e instalaciones auxiliares. Para el objeto es necesario disponer de los presupuestos corres

pondientes formulados preliminarmente a partir de la ingeniería conceptual, y agrupados en forma general como sigue:

1. Inversiones fijas:

Equipo e instalaciones mineras.	0000
Planta de beneficio.	0000
Instalaciones auxiliares.	0000
Caminos de acceso.	0000
Presa de jales.	0000
Abastecimiento de energía eléctrica.	0000
Abastecimiento de agua.	0000
Talleres.	0000
Almacenes.	0000
Mobiliario, equipos varios.	0000
Otros.	0000
2. Inversiones preproducción:

Exploraciones previas.	0000
Descapote.	0000
Constitución de reservas.	0000
Preparaciones, desarrollos.	0000
Gastos y pruebas de arranque.	0000
3. Exploración regional adicional:

(Si se requiere realizar).	0000
----------------------------	------
4. Escalación de precios y salarios:

(Si se considera que existan durante el desarrollo del proyecto).	0000
---	------
5. Estudios y proyectos (correspondientes a las etapas de ingeniería básica y de detalle), así como de supervisión de construcción.

0000

6. Capital de trabajo:
 - a) Efectivo mínimo en caja (28 días de sueldos y salarios de acuerdo con tabulador vigente, más un incremento previsible de x %).

0000

 - b) Inventario de materiales de consumo

0000

(45 días de acuerdo con los consumos diarios estimados).

c) Inventario de producto final	0000
(concentrado o precipitado producido durante 30 días, que será liquidado en 60 días. Se considerará 60 días de costo de producción, menos depreciación y amortización).	
d) Inventario de partes y refacciones	0000
(se considerará un 10 % sobre la inversión en equipos, o puede considerarse una inversión en la partida de almacén renovables).	
e) Cuentas por pagar	0000
(30 días de los consumos de materiales).	
7. Reposición de equipos	0000
(Si son usados durante la construcción del proyecto, caso frecuente cuando se requiere un volumen de descapote importante, deberá <u>considerarse su reposición al totalizarse el número de horas de duración económica especificadas por los fabricantes).</u>	
Inversión total	0000

La suma de las partidas de (a) a (e), dará el monto del capital de operación, que en muchos casos puede ser parcialmente financiado por proveedores, y el efectivo requerido por créditos revolventes de la Banca, si el capital suscrito resulta insuficiente para cubrir el monto.

Durante la construcción, especialmente si los trabajos se realizan simultáneamente en varias áreas del proyecto, los requerimientos de capital de trabajo deben calendarizarse desde el primer año.

El resumen de inversión total debe calendarizarse por años a efecto de que en forma programada pueda tenerse la disponibilidad correspondiente en los tiempos previstos, ya que el binomio costo-tiempo, es de suma importancia en la realización

de un proyecto minerometalúrgico, especialmente cuando el cos
to del dinero es alto.

El monto calendarizado de la inversión total, permitirá cono
cer la necesidad de aportaciones, bien sea provenientes de
recursos propios o de financiamientos.

<u>Inversión total</u>	<u>19X1</u>	<u>19X2</u>	<u>19X3</u>	<u>19X4</u>	<u>...</u>	<u>Total</u>
1. Inversiones fijas	0000	0000	0000		...	0000
2. Inversiones pre-prod.	0000	0000			...	0000
3. Exploraciones <u>adicio</u> nales	0000	0000	0000	0000	...	0000
4. Escala de precios y salarios	0000	0000	0000	0000	...	0000
5. Estudios y proyectos	0000	0000	0000		...	0000
6. Capital de trabajo			0000	0000	...	0000
7. Reposición de equi- pos			0000	0000	...	0000
Σ	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>...</u>	<u>0000</u>

Cuando el capital total requerido se puede proporcionar con
recursos propios y aportado por los interesados o los accio-
nistas en caso de sociedades mercantiles, este monto debe
ser el del capital social, pagado en los plazos calendariza-
dos.

En caso de que los recursos propios sean insuficientes, se
deberá recurrir a una o varias fuentes de crédito y consti-
tuirse un pasivo por ese monto, en cuyo caso el pago del prin-
cipal y los intereses correspondientes, especialmente estos
últimos, constituirán un cargo financiero que deberá tomarse
en cuenta al hacer el análisis financiero del proyecto.

Salvo casos excepcionales, una sana presentación financiera
de un proyecto minerometalúrgico, indica que en lo general
la aportación de capital propio debe ser por lo menos de un
50 % de los requerimientos de inversión. No disponer de re-

cursos suficientes de inversión puede conducir a un fracaso económico y financiero del proyecto, especialmente en épocas de alto costo del dinero.

Hay numerosos casos de empresas que nacen descapitalizadas y nunca pueden alcanzar un nivel financiero aceptable que les permita crecer y obtener un grado de rentabilidad atractivo, por lo que es necesario, desde su planeación tomar en cuenta los requerimientos mínimos de capital que hagan atractiva la inversión y competitiva con otros campos industriales o de rendimiento mayor, sin correr los riesgos inherentes a la industria minerometalúrgica.

B) CALCULO DE LOS COSTOS TOTALES DE PRODUCCION EN QUE SE INCURRE AL OBTENER EL PRODUCTO FINAL PARA SU VENTA

En la mayor parte de los proyectos no integrados con fundición y refinación, los productos finales pueden ser: mineral natural de alta ley, precipitados obtenidos por cualquier procedimiento hidrometalúrgico o concentrados obtenidos por cualquier procedimiento de concentración, en la actualidad la mayoría de los casos obtenidos por flotación y generalmente por flotación selectiva.

Cualquiera que sea el proceso metalúrgico aplicado para el beneficio, inmediatamente posterior al minado, los costos deben desglosarse en relación a todos y cada uno de los procesos unitarios que componen la explotación y el proceso de beneficio general, adicionando en cada uno de los renglones correspondientes los costos proporcionales por los servicios generales o auxiliares consumidos, tales como agua, aire, mantenimiento, seguridad, administración, etc.

Mientras más desglosados se obtengan cada uno de los renglones de costo, mayor será el control de la operación y harán más fácilmente detectable cualquier desviación que pudiera suceder durante la operación.

La disponibilidad de sistemas computarizados facilita actualmente la contabilidad de costos, desglosando mediante los programas respectivos, cada uno de los renglones principales divididos en centros de costo y en subcentros, si esto se considera necesario, incluyéndose en cada caso la parte correspondiente a energía, mano de obra y materiales.

Se debe proyectar un catálogo de costos tomando en cuenta el método de explotación aplicado, el proceso de beneficio y el suministro de todos y cada uno de los servicios auxiliares utilizados, así como el área o departamento donde se consumen. De acuerdo a la naturaleza de cada operación, se subdividirá cada centro de costo en los subcentros necesarios.

En la etapa conceptual del proyecto, los centros de costo principales que deben componer el costo total de operación, en forma enunciativa y no limitativa, son los siguientes:

<u>Mina</u>	<u>Planta</u>
Tumbe	Trituración
Extracción	Molienda
Desagüe	Flotación
Transporte	Asentamiento
Desarrollo	Filtrado
Preparación	Mantenimiento
Exploración	Supervisión
Mantenimiento	Seguridad
Supervisión	Administración
Seguridad	
Administración	

El estudio y cuantificación de los costos de operación constituye el problema más importante y difícil de estimar en el estudio de viabilidad económica de un proyecto minerometalúrgico, el cual requiere de experiencia y cuidado para su determinación

Es indispensable tomar en cuenta todos los factores que constituyen un costo, aún cuando no sea posible cuantificarlos con precisión. Al mismo tiempo debe cuidarse el no incurrir en duplicaciones, es decir, no incluir costos ya considerados en algún otro, como son: impuestos, maquilas, recuperaciones y deducciones en tratamientos posteriores, fletes de producto final, costo de ventas, etc., que se incluyen al calcular el valor de las ventas, etc.; o en forma general, en el estudio correspondiente (amortización, depreciación, gastos generales y de administración).

Al hacer un estudio de viabilidad económica, los costos deben agruparse en dos renglones:

	costos fijos
Y	costos variables

Los costos fijos incluyen todo gasto que se debe hacer sin tener relación directa con la producción, como son: rentas, impuesto predial, depreciación, etc., los cuales más bien dependen del tiempo transcurrido.

Los costos variables son aquellos gastos que dependen de la producción, los cuales aumentan, disminuyen o desaparecen si ésta aumenta, disminuye o se suspende, aunque esta variación posiblemente no se efectúe en forma lineal o proporcional. Como ejemplo podríamos citar: todos los materiales de consumo como reactivos, agua, energía eléctrica, y mantenimiento entre otros.

A su vez, dichos costos deben aplicarse a la mina y a la planta de beneficio, según corresponda para agruparse finalmente en la siguiente forma:

COSTO POR TON DE MINERAL

Centro de costos	Fijos	Variables	Total
- Mina	0000	0000	0000
- Planta	0000	0000	0000
	Σ 0000	0000	0000

C) IMPORTE O VALOR DE LAS VENTAS DEL O DE LOS PRODUCTOS FINALES OBTENIDOS

Los ingresos por venta de los productos obtenidos pueden proceder de minerales naturales (de alta ley en explotaciones selectivas, o como productos finales en la generalidad de los minerales no-metálicos, cuando por simple explotación y/o pena alcanzan las especificaciones de mercado), precipitados obtenidos en procesos hidrometalúrgicos, o concentrados obtenidos por cualquier procedimiento de concentración, o bien, por flotación sea o no selectiva, cuyas características físicas y químicas los hagan susceptibles de adaptarse a tratamientos metalúrgicos convencionales posteriores, tales como fundición y refinación.

Los productos finales, en consecuencia, deberán venderse a las fundiciones establecidas de acuerdo con sus contenidos principales y a su naturaleza físico-química. Las fundiciones deberán seleccionarse de acuerdo con su ubicación geográfica, a los medios de comunicación existentes y a los procesos pirometalúrgicos utilizados, que puedan adaptarse al producto que se venderá.

El flete correspondiente entre la planta de beneficio y la fundición, constituye un cargo por tonelada de producto final, ya que las condiciones de compra establecen precios L.A.B., patios de la fundición.

Cotizaciones: El mercado de metales y minerales es un mercado mundial al cual concurren, internacionalmente, productores y consumidores, en consecuencia sujeto a la ley de oferta y demanda, lo cual ocasiona que numerosos metales y minerales estén sujetos a fluctuaciones periódicas determinantes, a su vez de variaciones en sus cotizaciones.

La demanda depende en gran parte de la actividad industrial o de la incorporación de determinados metales o minerales en nuevos usos o productos.

La oferta generalmente depende del aprovechamiento de nuevos yacimientos, de ampliación de operaciones, de factores políticos regionales o locales, de aplicación de tecnologías innovadoras e, inclusive en algunos casos no frecuentes, de acciones especulativas de control y venta de excedentes realizables y de sustitución de productos. El estudio y análisis de la oferta y la demanda y su proyección a mediano y largo plazo de cada uno de los minerales y metales a nivel mundial, constituye en la actualidad una especialidad en la economía minera y en numerosos casos, hay necesidad de recurrir a los especialistas para definir el comportamiento futuro a corto, mediano y largo plazo de cada uno de los metales y minerales normalmente cotizados.

Históricamente puede observarse un incremento en las cotizaciones, más o menos paralelo a las tasas mundiales promedio de la inflación, lo cual determina, también históricamente una tendencia alcista de los precios.

Este fenómeno alcista también es adicionalmente incrementado por la tendencia al agotamiento de los yacimientos de alta ley y necesidad de explotar yacimientos de baja ley que demandan explotaciones de grandes volúmenes con grandes inversiones de capital.

Cuando las cotizaciones bajan, el productor como medio de de fensa, extrae los minerales de alta ley para nivelar sus ingresos, lo cual incrementa la oferta. Cuando no se dispone de este recurso, el productor paraliza sus operaciones por incosteabilidad, disminuyendo la oferta y en consecuencia en rarece los suministros.

Si la demanda no se satisface, se provoca un incremento en la producción elevando las cotizaciones y como consecuencia vuelven a operar quienes dejaron de hacerlo, aumentando la oferta hasta nivelarla con la demanda.

Esta tendencia cíclica de alzas y bajas en los precios es histórica, pero su tendencia general es alcista dentro de una gráfica a largo plazo, que demuestra la tendencia mundial a requerir mayores cantidades de metales y minerales, debido posiblemente, a una mayor demanda originada por un mayor con sumo per-cápita de los países en desarrollo, pese a un consu mo estacionario en los países industrializados cuyo mayor grado de desarrollo tecnológico les permite un mejor aprovechamiento de estos productos minerales por reciclaje de los mismos (reescraping).

Independientemente de tomar en cuenta las posibles circunstancias que pueden afectar en el futuro las cotizaciones de los distintos metales que se pretende producir, para la elaboración del proyecto de que se trata se partirá de las coti zaciones vigentes en el tiempo de su elaboración.

Hay publicaciones especializadas que en forma diaria, semanal, mensual y anual dan dichas cotizaciones y las especificaciones, lugar, unidades base y moneda usada.

Casi todas las cotizaciones, salvo indicación específica en algunos casos, se manejan con base en las Bolsas de Londres y Nueva York y se publican en las revistas Metals Week e Engineering and Mining Journal, éstas se pueden consultar, en

contrándose los precios, el lugar en que se cotiza, las unidades usadas y la moneda utilizada en la cotización. Estas cotizaciones deben transformarse a las unidades usadas en el proyecto y a los valores monetarios del mismo.

A efecto de poder hacer un mejor análisis económico del proyecto, es conveniente en muchos casos, calcular el ingreso por ventas a distintos niveles de precio del metal más representativo, significativo, o de mayor valor monetario a efecto de observar el comportamiento del proyecto a diferentes precios de venta, lo cual facilita los cálculos financieros para toma de decisiones.

Condiciones de compra: Las condiciones de compra entre el productor minero y el comprador (fundición), se establecen en los contratos respectivos negociados en cada caso y en los que se establecen las normas para fijar:

Peso y humedad

Abonos

Deducciones:

Máquinas

Recuperaciones metalúrgicas

Castigos

Pagos

Paridad monetaria para la liqui
dación

Impuestos

Como información se incluyen formas de contrato para compra de concentrados de plomo, zinc y cobre, y de precipitados de oro y plata de algunas de las fundiciones que operan en la República Mexicana.

Cálculo del valor liquidado: Con base en las condiciones de compra aplicadas en cada caso al producto, debe calcularse el valor liquidado por tonelada de concentrado, es decir el valor que recibirá el productor de cada tonelada.

Conociendo este valor y el número de toneladas anuales de concentrado producido se obtendrá el valor anual de la producción o sea el importe anual de las ventas.

Conocida la relación de concentración, fácilmente se puede calcular el valor liquidado de la tonelada de mineral en reserva.

Para los efectos del análisis económico de los ingresos debe calendarizarse el importe anual de las ventas (por años de operación) para determinar el importe de las mismas, a partir del programa de producción y determinar el inventario de producto terminado.

D) HORIZONTE DE EVALUACION, o sea, el número de años en que se hace el análisis económico.

En el anteproyecto se ha señalado el ritmo de producción tomando básicamente el monto de las reservas y considerando que alcanzarán para una operación mínima de 10 años.

Sin embargo el monto considerado de las reservas se refiere a reservas mineras positivas o probadas. Si los estudios de terminan reservas probables y posibles adicionales, la conversión de éstas a positivas, mediante la ejecución de las obras exploratorias y de desarrollo requeridas prolongará posteriormente la vida de la operación, haciendo las obras de referencía progresivamente durante la operación del proyecto.

Cuando en la evaluación se han definido en forma confiable los límites físicos del yacimiento y se conocen todos los parámetros del mismo, permitiendo determinar la reserva total, puede hacerse una evaluación completa y definirse el tiempo total de duración de la operación, proyectando los resultados para ese tiempo. En estos casos el criterio puede variar al

hacer las proyecciones económicas y sustituir el concepto de amortización y depreciación a un plazo determinado, por el agotamiento del yacimiento.

Ya se ha dicho que el ritmo de operación debe fijarse en relación a las reservas mineras, teniendo éstas el límite señalado por la capacidad de inversión requerida para constituir las. No es posible, en general, disponer de recursos de inversión para explorar y constituir reservas en forma exhaustiva en un yacimiento mineral y, consecuentemente, las obras necesarias para el objeto se realizarán en relación a la disponibilidad financiera para ejecutarlas.

Las reservas mineras constituídas con dicha inversión deben ser la base para amortizar y depreciar las inversiones iniciales necesarias, en un mínimo de 10 a 15 años, tiempo durante el cual se considera poder lograrlo en forma aceptable.

Durante la operación se hará un cargo por exploración y desarrollo a cada tonelada de mineral producido, a efecto de mantener un volumen permanente de reservas mineras equivalente a la reserva inicial, o bien, a incrementarlas lo cual permitirá aumentar el tiempo de operación del proyecto o incrementar su capacidad de producción.

La exploración y el desarrollo en una operación minera es permanente y no termina hasta lograr el total agotamiento del yacimiento.

No debe olvidarse que la exploración y los desarrollos en la minería son como la siembra en la agricultura. Si no se hacen obras de exploración y desarrollo, con carácter permanente, la tendencia al agotamiento de las reservas es un hecho que puede determinar el paro de la operación, o requerir inversiones adicionales posteriores que, previendo con oportunidad las necesidades futuras, pueden no ser necesarias. El responsable de una operación minera deberá cuidar en forma

permanente el monto de las reservas mineras que aseguren el aprovisionamiento futuro de la planta.

Para el objeto, por lo menos, deben adicionarse las reservas extraídas para mantener una reserva futura igual o mayor a la inicial. Para lograr lo anterior se requiere ejecutar permanentemente las obras de exploración y desarrollo necesarias para el objeto, las cuales deben cargarse al costo de producción y en esa forma evitar las inversiones adicionales procedentes de los accionistas.

Para el estudio económico y financiero del proyecto, a nivel conceptual, el horizonte de evaluación se deberá hacer a diez años, tres de construcción y siete de operación normal.

E) ORIGEN DE LOS RECURSOS ECONOMICOS O DE CAPITAL REQUERIDOS POR EL PROYECTO

En el inciso (A) se vio la forma en que se debe calcular la necesidad de capital para realizar el proyecto.

Lo ideal es disponer de los recursos necesarios aportados por los interesados o accionistas en el caso de sociedades mercantiles, en cuyo caso, bastará con calendarizar los montos requeridos y las disponibilidades oportunas de los fondos. En este caso la inversión será con fondos propios o capital social.

En algunos casos, por decisión corporativa se puede fijar un interés a las inversiones preoperativas o bien, considerar esas aportaciones en forma diferida en futuras utilidades.

Cuando el capital propio es insuficiente y el negocio es atractivo, el diferencial requerido debe obtenerse con capital ajeno, o sea, por medio de créditos. La valorización del monto de los créditos y su origen es un problema de alta de-

cisión que implica conocimientos amplios del sector y debe considerar numerosos factores, entre los cuales el factor oportunidad es muy importante.

En términos muy generales, aunque no absolutos, los requerimientos de inversión deben proceder preferentemente de recursos propios y complementarse con créditos, procurando que éstos sean los mínimos necesarios. Como ya se expresó, la relación de 1 a 1 entre fondos propios y fondos de crédito, puede dar una relación satisfactoria financieramente hablando; sin embargo considerando los distintos factores que deben tomarse en cuenta para esta decisión, este criterio no es norma y puede variar bastante de un caso a otro, si en un momento dado se toma en cuenta el factor oportunidad.

Determinado el monto de los créditos requeridos para la realización del proyecto, operación de arranque, pruebas y recursos iniciales de operación, es necesario estudiar y resolver su procedencia y condiciones.

Estos recursos pueden ser de origen interno o externo y a su vez pactarse a corto, mediano y largo plazo, con o sin plazos de gracia.

Como su nombre lo indica, los de origen interno proceden de fuentes de financiamiento obtenidas dentro del país a través de bancos o instituciones financieras que se obtienen en moneda nacional en las condiciones de interés acordes al costo del dinero local. Los recursos externos proceden de fuentes de crédito que se negocian fuera del país a través de bancos extranjeros o instituciones internacionales de crédito como el B.I.D., Banco Mundial, BIRF, etc. Estos créditos generalmente se negocian en la moneda en que se otorga el crédito y las tasas de interés se fijan en relación al *Prime-rate* de los bancos norteamericanos o al libor o tasa de interbancos europeos, según la procedencia de los fondos más un por ciento sobre dichas tasas. Adicionalmente a los bancos enuncia-

dos, la banca privada también puede negociar estos créditos y de acuerdo con su monto será un solo banco o un consorcio o sindicato de bancos.

El plazo pactado para el pago de estos créditos determina que sean considerados de corto, mediano o largo plazo y deben estudiarse cuidadosamente a efecto que en los plazos negociados se cumpla oportunamente el pago del principal y de los intereses correspondientes de acuerdo a las tasas estipuladas, lo cual se determina al formular el estado proforma de disponibilidad de efectivo o *cash - flow* y a efecto de que estos pagos sean generador por el negocio mismo (conveniencia de pactar plazos de gracia para el pago del principal).

Los términos de corto, mediano y largo plazo son relativos, pero el primero se aplica a créditos hasta 2 años, medianos de 2 a 5 años y los terceros de 5, 10 ó más años.

Los intereses generalmente se pactan sobre saldos insolutos y su amortización por semestres o anualidades.

Parte de los créditos necesarios para realizar un proyecto minero-metalúrgico pueden obtenerse algunas veces de los proveedores de equipos y materiales, especialmente favorables en algunos casos, en comparación con créditos de efectivo, o cuando se consideran como créditos atados.

Los créditos son fuente de capital muy importante, pero deben usarse prudentemente para no comprometer la vida de un proyecto o hacer peligrar su estabilidad financiera. El análisis económico debe contemplar este aspecto en forma realista, especialmente cuando el mercado del dinero, local y mundialmente, determina alto costo reflejado en altas tasas de interés.

El crédito, como fuente de capital de inversión complementario de los recursos propios, es necesario y en muchos casos

conveniente, para el desarrollo de la industria minerometalúrgica, pero su utilización debe ser limitada, prudentemente planeada en su monto, términos y condiciones, de tal manera que las obligaciones económicas que dichos créditos generen, en los plazos pactados puedan ser rigurosamente cumplidas y no hagan peligrar la estabilidad financiera de la operación.

El uso prudente y suficientemente bien planeado del crédito es un auxiliar muy importante para el desarrollo de esta industria, especialmente en los países en vías de desarrollo en los cuales el capital propio es escaso.

F) CRITERIOS PARA FIJAR LA AMORTIZACION Y DEPRECIACION DE LAS INVERSIONES

La *depreciación* es un cargo cuyo monto acumulado constituye una reserva contable destinada a la sustitución de equipos y obras específicamente hechas para la realización del proyecto.

La *amortización* es también una reserva constituida con el objeto de redimir al inversionista otros cargos no depreciables, como son obras de exploración y preparación de minas, gastos de arranque, estudios, proyectos y en general todos los gastos no sujetos a depreciación.

De acuerdo con los conceptos anteriores, tanto la depreciación como la amortización constituyen renglones del costo total de producción.

Desde el punto de vista del proyecto, habiéndose determinado el número de años de operación y en consecuencia, los tonela jes tratados anualmente, tanto la depreciación como la amortización se obtendrán dividiendo la inversión inicial, entre

el número de años de duración y esta cifra a su vez entre el número de toneladas de reserva procesadas, o, en su caso, del número de toneladas de producto final obtenido por año.

En el primer caso se obtendrán los cargos de depreciación y amortización por tonelada de reserva minera, y en el segundo caso por tonelada de producto final. Como consecuencia al final del período considerado se habrán depreciado y amortizado todas las inversiones.

Legalmente estos renglones son deducibles, por lo que es necesario conocer cuál es el criterio para su aplicación (cinco años para equipo rodante y de uso rudo, diez a quince años para equipo estacionario, quince a treinta años para edificios y otras instalaciones de carácter permanente).

También las disposiciones legales en materia minera preveen la posibilidad de depreciar rápidamente dichas inversiones mediante la aplicación de las normas de *depreciación y amortización acelerada*.

Otro criterio podría ser la aplicación de dichos renglones al total de la reserva minera de un yacimiento con el *criterio de agotamiento*.

Cualquier criterio deberá ser propuesto por los ejecutivos y autorizado por la autoridad fiscal, ya que, al ser estas cantidades deducibles, afectan la utilidad del negocio durante el tiempo en que son aplicadas y consecuentemente, la disminuyen al desaparecer.

Lo anterior determina la necesidad de conocer el criterio que debe aplicarse para calcular estos renglones de costo.

Para el objeto de proyecto, una vez determinado el monto de las inversiones, se aplicará un cargo lineal durante el tiempo analizado, bien sea por tonelada de reserva minera o bien por tonelada de producto terminado.

G) IMPUESTOS

Son de dos tipos: *directos e indirectos*. Los directos son aquellos que causan por las cantidades de metales producidos, independientemente de la utilidad que puedan producir, llamados actualmente Derechos sobre Minería, en consecuencia, forman parte del costo directo de producción y han sido considerados al calcular el valor liquidado (Ley Federal de Derechos -Minería).

Los impuestos indirectos o impuestos sobre la renta aplicados a la utilidad gravable que causan las personas morales o sean las empresas, de acuerdo con las disposiciones legales en la materia, se calculan en función de dicha utilidad gravable.

Igualmente la utilidad gravable sirve de base para calcular la participación de los trabajadores en la utilidad que es del 10 % sobre la misma.

Al deducir dichos renglones fiscales se obtiene la utilidad neta repartible o disponible, cuyo destino final generalmente lo determinan las asambleas de accionistas, bien sea para reinversiones o para dividendos, o en forma mixta según convenga a la situación del negocio.

H) TASAS DEL VALOR ACTUAL NETO DE LA RECUPERACION DE FONDOS Y TASA INTERNA DE RETORNO (Tasas de conveniencia corporativa)

Estos dos criterios toman en cuenta el valor que el dinero va teniendo en el tiempo, o sea, se reduce al valor actual o presente. Puede definirse el valor presente de la cantidad que se obtendrá en el futuro, como la cantidad que se recibe en el momento presente y que es equivalente a la cantidad obtenible en el futuro. Hay que entender que las cantidades

nunca pueden ser iguales en número, pero si equivalentes. Es te cambio de valor del dinero en el tiempo se realiza a interés compuesto por el fenómeno de devaluación natural, de ahí que la ecuación para su cálculo esté afectada por el factor de interés compuesto.

$$V_f = V_p (1 + i)^n$$

$$V_p = \frac{V_f}{(1 + i)^n}$$

donde:

V_f : es el valor futuro

V_p : es el valor presente

i : es la tasa de interés

n : es el número de años

Al término $\frac{1}{(1 + i)^n} = (1 + i)^{-n}$ se le llama factor de actualización y corresponde al recíproco del factor de interés compuesto. Dicho factor de actualización se puede encontrar en tablas expresamente elaboradas para estos fines y en los que se considera que la cantidad por transportarse al valor presente es diferente en cada año. Para el caso en que las cantidades sean iguales en todos los años considerados, se dispone de tablas con valores acumulativos.

La *tasa interna de retorno* es aquella que, aplicada a la actualización de la inversión y de los ingresos netos, o sea, las diferencias entre ingresos y gastos de cada período de vida del proyecto, iguala a los valores actualizados de las inversiones.

Es el valor de r dado por la ecuación:

$$\sum_{t=0}^{t=n} (I_t - G_t) (1 + r)^{-t} = \sum_{t=0}^{t=n} K_t (1 + r)^{-t}$$

donde:

I_t : es el ingreso efectivamente entregado en caja en el período t

G_t : son los gastos efectivamente pagados en el período t

K_t : es el monto de la inversión realizada en el período t

r : es la tasa interna de retorno

n : es vida útil del proyecto, incluido el período o períodos de inversión.

Si la inversión se considera realizada toda en una sola fecha y los gastos e ingresos a partir del período siguiente, la ecuación se simplifica como sigue:

$$\sum_{t=1}^{t=n} (I_t - G_t) (1 + r)^{-t} = K$$

El valor de r se obtiene fácilmente con ayuda de tablas financieras de acumulación de capital.

El valor actual neto (V.A.N.) es la diferencia positiva o negativa entre los ingresos actualizados y los gastos actualizados (incluida como gasto la inversión), utilizando una cierta tasa i de actualización.

$$V.A.N. = \sum_{t=0}^{t=n} (I_t - G_t) (1 + i)^{-t} - \sum_{t=0}^{t=n} K_t (1 + i)^{-t}$$

La elección de la tasa i de actualización para el cálculo del V.A.N., depende de consideraciones económicas sobre las

tasas de interés y de descuento del mercado, a fin de determinar si expresan realmente la utilidad marginal del capital o si se encuentran distorsionadas.

En el caso de empresas privadas se puede utilizar la tasa a que efectivamente se obtiene el capital a través de operaciones de crédito.

PLUJO DE EFECTIVO (CASH-FLOW)

Se calcula este flujo tabularmente, por años (los de construcción y los de operación), tomando en cuenta los siguientes datos:

1. Estimación de la inversión total requerida, o sea, del capital de inversión, a partir de los gastos preoperativos, sus intereses, el capital de operación y todos los costos de inversión como se han considerado en el inciso (A).
2. Estimación de la utilidad bruta, la cual se obtiene de descontar al valor de ventas los costos totales de producción, inciso (C) menos inciso (B).
3. Estimación de amortización y depreciación de acuerdo con los criterios expuestos en el inciso (F).
4. Cálculo de los cargos financieros resultantes de los créditos requeridos en la inversión inicial, como complemento del capital propio según criterio expresado en (E).
5. Cálculo de la utilidad gravable anual durante los años considerados en el análisis, la cual se obtiene al deducir de la utilidad bruta anual los renglones 3 y 4.
6. Cálculo del impuesto sobre la renta y de participación de utilidades de los trabajadores, con el criterio expuesto en el inciso (G).

7. Cálculo de la utilidad neta o repartible, la cual se obtiene al deducir de la utilidad gravable (5), los renglones contenidos en (6).

La utilidad neta estimada para cada año de duración del proyecto, dará el flujo de efectivo o cash-flow, la cual en algunos casos conviene calcular para diferentes precios de venta del contenido más importante o económicamente significativo del producto final producido.

Enseguida se muestra una forma de presentar el flujo de efectivo o cash-flow.

	19X1	19X2	19X3	19X4	19X5	...	19X9	19X10
1. Inversión total (seg.inc. A)	0000	0000	0000			...	0000	0000
2. Utilidad bruta (incs. C-B)				0000	0000	...	0000	0000
3. Amortización (inc. F)	0000	0000	0000	0000	0000	...	0000	0000
Depreciación (inc. F)	0000	0000	0000	0000	0000	...	0000	0000
4. Intereses (inc. E)		0000	0000	0000	0000	...	0000	0000
5. Utilidad grav. (= 2 - 3 - 4)				0000	0000	...	0000	0000
6. Imp.s/la renta				0000	0000	...	0000	0000
Part.de los trab. en las uti- lidades				0000	0000	...	0000	0000
7. Utilidad neta (= 5 - 6)	(00)	(00)	(00)	0000	0000	...	0000	0000

Se supone un proyecto que durará diez años (tres de construcción y puesta en marcha, el cuarto como arranque y del quinto en adelante de operación normal). Es natural que durante

los años de construcción, el *flujo de caja* resulte negativo, puesto que en esta etapa no hay recuperación de capital y se realizan prácticamente todas las inversiones. A partir de la puesta en marcha comienza a producirse y se inician las ventas, por lo cual el flujo de caja va siendo progresivamente positivo hasta normalizarse, varían en relación a los precios de realización del o los productos finales obtenidos.

EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO

Para realizar la presentación de esta etapa, con la cual termina el estudio de factibilidad, ya sea preliminar o definitiva, lo cual depende del grado de confiabilidad de los datos con que se cuente, es conveniente la cooperación de especialistas para que dicha presentación contenga los criterios generales, conceptos, datos y cálculos apropiados para que a nivel de decisión general o corporativa, puedan tomarse las que procedan.

A continuación se enumeran y explican en forma muy general, los conceptos y datos que debe contener esta etapa, los cuales se consideran fundamentales, a reserva de que quienes deseen tener mayor información acudan a la extensa literatura que existe sobre el particular.

Hay cierto número de criterios para la evaluación financiera de proyectos de diversa índole, incluidos los de carácter minerometalúrgicos, los cuales, como naturaleza específica tienen aspectos derivados de la variabilidad de algunos factores que determinan incertidumbre y carácter aleatorio de las inversiones a largo plazo, factores muchas veces indeterminables y que no dependen de factores técnicos (factores sociopolíticos, de sustitución y uso de productos, de mercados, etc.).

Todas estas razones hacen que los inversionistas consideren en muchos casos el factor *riesgo* como un factor muy importante en la toma de decisiones y por otro lado requieren un rédito a su inversión suficientemente atractivo y competitivamente más alto y sólido en relación a otras inversiones. Lo anterior determina que las conclusiones derivadas de la evaluación financiera de un proyecto, estén sólidamente apoyadas en los estudios técnicos y económicos realizados anteriormente y que son de la responsabilidad de los ingenieros en sus diversas áreas.

El primer dato fundamental que debe contener esta etapa es el monto total de la inversión necesaria, desglosando el monto del capital propio del o los accionistas y el capital procedente de créditos, bien sea de proveedores o de otras fuentes de financiamiento, considerando las tasas, plazos y condiciones en que es posible obtener esos fondos y la moneda en la cual serían obtenidos.

Estas inversiones, desglosadas en renglones principales, deben tabularse y calendarizarse para conocer, independientemente de la fuente de los recursos y su costo, las fechas en que hay que disponer de esos fondos.

Adicionalmente debe presentarse el estado proforma del flujo de efectivo, de ser posible como ya fue indicado, a distintos niveles de precios de los metales más significativos contenidos en el producto final que se pretende vender.

Estos estados son la base del análisis financiero y en consecuencia, deben elaborarse con el mayor cuidado y acuciosidad a efecto de presentar situaciones aceptablemente reales y confiables, pues son resúmenes de todos y cada uno de los factores técnicos y económicos obtenidos en el estudio del proyecto de que se trate.

Como ya se indicó, hay varios criterios para el análisis financiero de un proyecto, sin embargo, en la industria minera es usual utilizar los siguientes indicadores como instrumentos:

1. Tasa interna de retorno de la inversión.
2. Valor actual neto.
3. Período de recuperación de la inversión.
4. Punto de equilibrio.

Los dos primeros ya se comentaron en el inciso (H) de este mismo capítulo, quedan por definir los dos últimos y hacer un ejercicio de cálculo.

Período de recuperación (payback period), es el plazo en que la inversión original se recupera con los flujos producidos por el proyecto (sin actualizar). Esto se puede expresar como:

$$\sum_{t=1}^S (I_t - G_t) = K$$

Cuando los beneficios del proyecto son iguales en todos los años, basta dividir el monto de la inversión entre los beneficios esperados anualmente para obtener el tiempo en que se recupera la inversión. Si es el caso en que los beneficios anuales son diferentes para cada año, deberán sumarse estos año con año hasta que se iguale la inversión. No existe un patrón definido respecto a cual es el número de años en que debe recuperarse la inversión. Sin embargo, con base en la práctica y en los resultados obtenidos, si el tiempo de recuperación es igual o menor a la mitad de la vida útil del proyecto, y ese proyecto es atractivo.

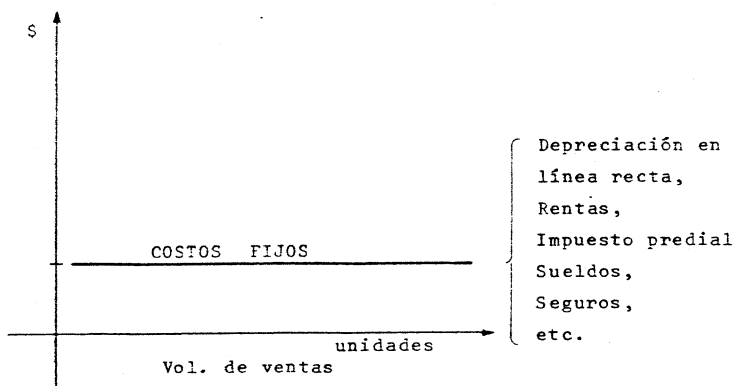
Punto de equilibrio (break-even point), el punto de equilibrio es parte del sistema de equilibrio, el cual es una técnica de análisis que relaciona los diferentes ingresos, costos y gastos, como herramienta para la toma de decisiones, solución de problemas y planeación de utilidades.

Trataremos de ilustrar en la forma más breve, objetiva y gráfica en qué consiste este sistema de análisis.

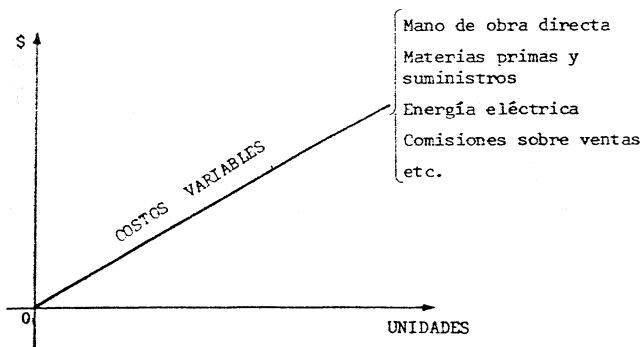
La producción, los costos y los precios, son elementos que el empresario puede manejar y cualquier variación en éstos, va a repercutir directamente, ya sea por variación individual de alguno de ellos o por la acción combinada de varios, sobre las utilidades.

Los conceptos que se relacionan (sin subdividirlos ni detallarlos) son los siguientes:

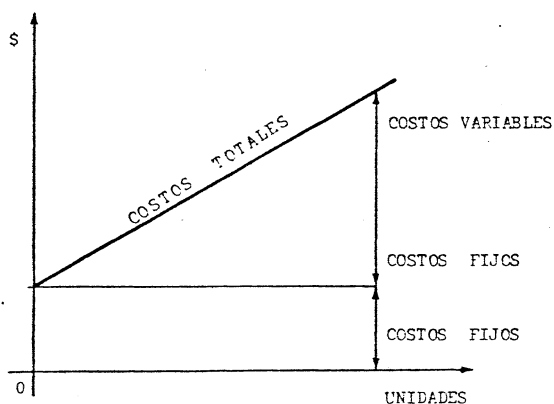
Gastos y costos fijos. Son independientemente del volumen de producción o ventas y se generan a través del tiempo, o sea que en una gráfica quedan representados por una línea horizontal a la altura correspondiente, su ordenada o valor permanece constante para cualquier valor de la abscisa o volumen de ventas. Esto pudiera ser no muy cierto, puesto que los costos fijos pueden variar con el tiempo, pero la suposición de que son constantes es bastante aproximada, ya que los períodos en este tipo de análisis son relativamente de tiempos cortos.



Gastos y costos variables. Dependen o se generan de acuerdo al volumen de ventas o producción. Aquí también haremos la suposición de que su variación es proporcional a las ventas y su gráfica será una línea recta que parte del origen con pendiente positiva. En sistemas no lineales, el planteamiento sería el mismo y la mayor diferencia estribaría en la necesidad de recurrir al cálculo.

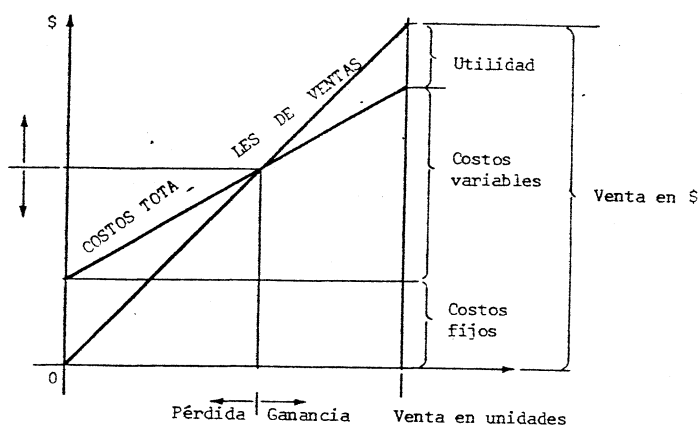


Si se traza una recta paralela a ésta, con ordenada al origen igual a los costos fijos, tendremos la recta de los costos to tales, o sea, la gráfica de los costos fijos más los costos o gastos variables.



La línea correspondiente a los ingresos o en general a las ventas, parte del origen con pendiente positiva mayor a la pendiente de la línea de costos totales de tal forma que genere utilidades.

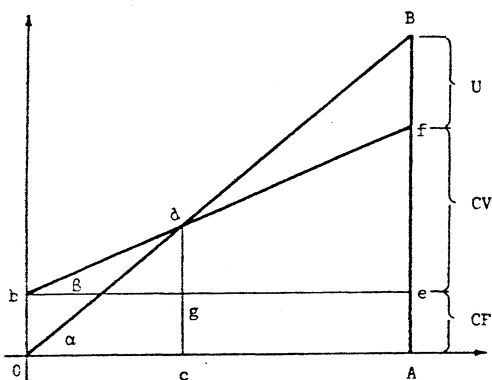
Trazando estos diferentes conceptos obtenemos la siguiente gráfica:



La intersección de la línea de ventas y la línea de costos totales nos da el punto en el que las utilidades se anulan, a este punto se le llama punto de equilibrio y su ordenada nos da en pesos el nivel de ventas a partir del cual se inician las utilidades o bajo el cual se tienen pérdidas. Que- dando definido el punto de equilibrio como: el momento o pun- to económico en que una empresa no genera ni utilidad ni pér- dida. Se puede decir también que es el nivel en que la con- tribución marginal (ingresos menos costos y gastos variables) es de tal magnitud que cubre exactamente los costos y gastos fijos.

Fórmula del punto de equilibrio:

V - Ventas o ingresos	($\overline{AB}$)
CT - Costos totales	($\overline{Af}$)
CF - Costos fijos	($\overline{Ae}$)
CV - Costos variables	($\overline{ef}$)
U - Utilidades	($\overline{fB}$)
PE - Punto de equilibrio	($\overline{cd}$)



V - Ventas o ingresos ($\overline{AB}$)

CT - Costos totales ($\overline{Af}$)

CF - Costos fijos ($\overline{Ae}$)

CV - Costos variables ($\overline{ef}$)

U - Utilidades ($\overline{fB}$)

PE - Punto de equilibrio ($\overline{cd}$)

El punto de equilibrio está representado por la ordenada del punto d.

$$\overline{cd} = \overline{Dc} \operatorname{tg} \alpha \quad \dots (1)$$

$$\overline{cd} = \overline{cq} + \overline{bg} \operatorname{tg} \beta$$

$$\overline{bg} = \overline{Dc}$$

$$\overline{cd} = \overline{cq} + \overline{Dc} \operatorname{tg} \beta \quad \dots (2)$$

$$\text{de (1)} \quad \overline{Dc} = \frac{\overline{cd}}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \dots (3)$$

$$\text{en (2)} \quad \overline{Dc} \operatorname{tg} \beta = \overline{cd} - \overline{cq}$$

$$\overline{Dc} = \frac{\overline{cd} - \overline{cq}}{\operatorname{tg} \beta} \quad \dots (4)$$

$$(3) = (4) \quad \frac{\overline{cd}}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{\overline{cd} - \overline{cq}}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$\frac{\overline{cd}}{\overline{cd} - \overline{cq}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$\frac{\overline{cd}}{\overline{cd} - \overline{cg}} = \frac{\frac{\overline{AB}}{\overline{DA}}}{\frac{\overline{ef}}{\overline{DA}}}$$

$$= \frac{\overline{AB}}{\overline{ef}}$$

$$\frac{\overline{cd} - \overline{cg}}{\overline{cd}} = \frac{\overline{ef}}{\overline{AB}}$$

$$\overline{cd} - \overline{cg} = \frac{\overline{ef}}{\overline{AB}} \cdot \overline{cd}$$

$$\overline{cg} = \overline{cd} - \frac{\overline{ef}}{\overline{AB}} \times \overline{cd}$$

$$\overline{cg} = \overline{cd} \left(1 - \frac{\overline{ef}}{\overline{AB}} \right)$$

$$\overline{cd} = \frac{\overline{cg}}{1 - \frac{\overline{ef}}{\overline{AB}}} ; \quad cg = Ae = CF$$

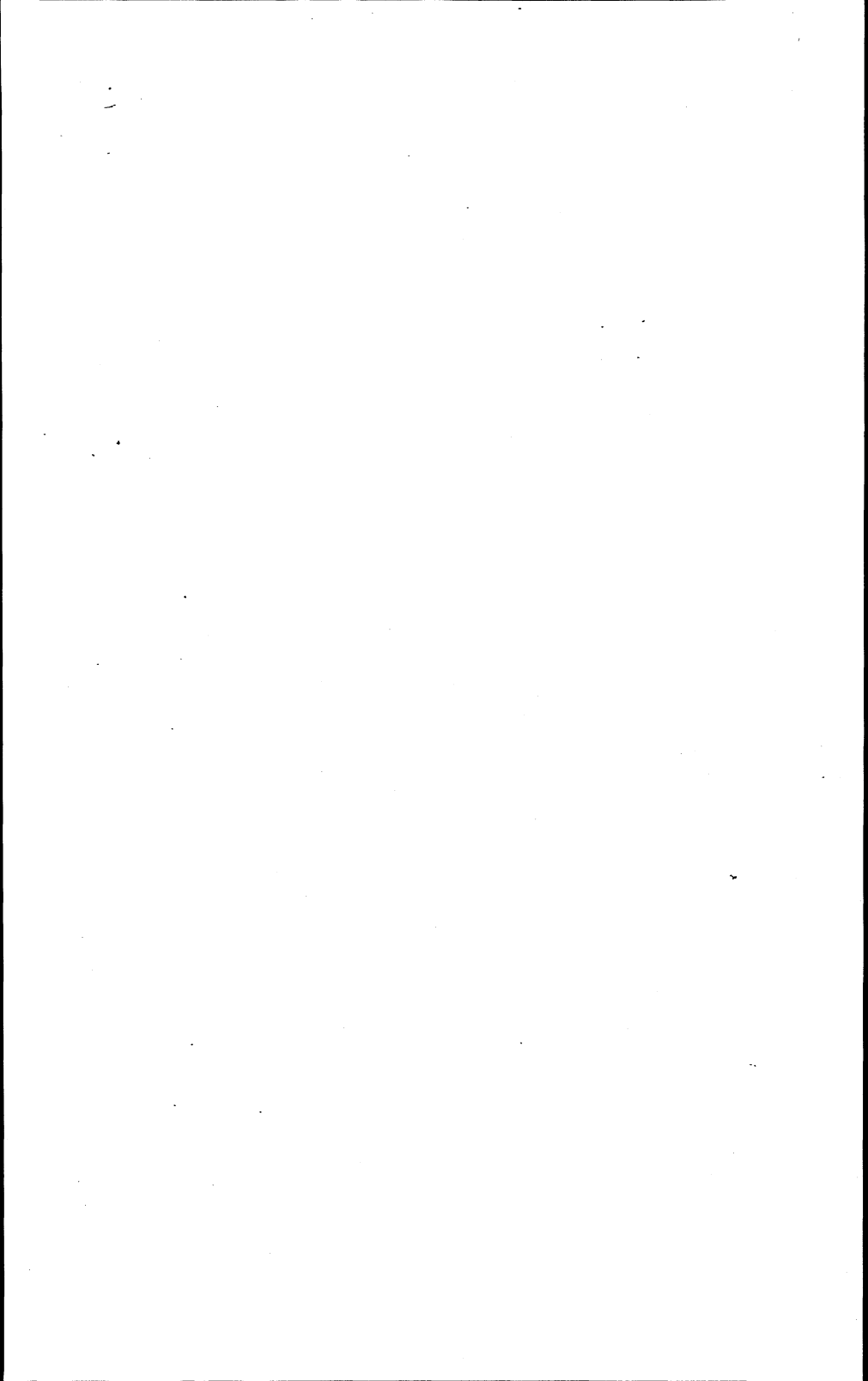
$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{V}}$$

$$\text{Contribución marginal} = CM = V - CV$$

$$\% CM = \frac{V - CV}{V}$$

$$= 1 - \frac{CV}{V}$$

$$PE = \frac{CF}{\% CM}$$



ANEXO

CONTRATO DE COMPRA-VENTA QUE CELEBRAN, POR UNA PARTE _____
_____ QUE EN LO SUCESIVO SE DENOMINARA
"EL REMITENTE", Y POR LA OTRA, INDUSTRIAL MINERA MEXICO, S.A.,
QUE EN LO SUCESIVO SE DENOMINARA "IMMSA", ESTANDO SUJETO A
LAS DECLARACIONES Y CONDICIONES CONTENIDAS EN LAS SIGUIENTES
CLAUSULAS.

PUNTOS GENERALES

1. PRODUCTO: Concentrados de plomo con el siguiente ensaye
y análisis típicos:
Oro
Plata
Cobre
Plomo
2. TONELAJE: Hasta _____ toneladas métricas de concentra
do de plomo por mes de calendario.
3. DURACION: Este contrato tendrá vigencia por el período
comprendido del día _____
con derecho a cancelarse por cualesquiera de
las partes mediante aviso por escrito con 90
(noventa) días de anticipación.
4. ENTREGAS: La entrega de los productos se hará L.A.B., en
las instalaciones que para tal efecto tiene es
tablecidas IMMSA en su planta de Chihuahua, en

Avalos, Chih. Dicha entrega se hará en camiones de volteo, revestida su caja con lámina de acero inoxidable, que permita el deslizamiento total de los mismos.

Se acepta, sólo en forma esporádica, recibir los productos L.A.B., furgones de ferrocarril en las vías de descarga de dicha planta.

Los productos entregados se dividirán en porciones llamadas *lotes*, compuestos por el contenido de _____ camiones o _____ furgones de ferrocarril.

Se considerará como fecha de entrega de cada lote, la fecha de llegada a la planta de IMMSA del último camión o furgón de ferrocarril. A la fecha del lote se referirán las cotizaciones, impuestos y demás renglones de la liquidación que se afectan en la fecha.

5. ROMANEAJE

Y MUESTREO: Las maniobras de romaneaje, descarga y muestreo de los productos entregados serán por cuenta de IMMSA y se harán con el equipo de, y conforme a, los métodos usuales y pre-establecidos en la planta de la misma. Los resultados que se obtengan en estas maniobras servirán de base para las liquidaciones respectivas.

EL REMITENTE tendrá derecho a vigilar por sí mismo o por medio de un representante, las operaciones de romaneaje y muestreo desde el principio hasta el fin y podrá, durante la práctica de las operaciones referidas, hacer las objeciones que considere necesarias si a su juicio no se están practicando debidamente. EL REMITENTE o su representante, en el momento en

que se estén practicando las citadas operaciones, se considerará automáticamente como una renuncia tácita al derecho que la presente cláusula le otorga al respecto.

Terminada la toma de la muestra, IMMSA podrá disponer del lote correspondiente y una vez terminado el muestreo, EL REMITENTE tiene derecho a recibir un tanto de los polvos sobre los cuales se van a verificar los ensayos y análisis.

6. ENSAYES: El promedio de los resultados de ensayos y análisis obtenidos por cada una de las partes será usado como base para efectuar la liquidación de los productos; pero en caso de que los resultados sometidos a comparación discrepen en cantidades que excedan los límites de tolerancia establecidos en la siguiente cláusula, se someterá un tanto de la muestra de que se habla en los párrafos anteriores al arbitraje de un tercer ensayador designado para el efecto, alternadamente, a los siguientes laboratorios:

Cuando el resultado obtenido por el tercero caiga en medio de los sometidos por las partes, la liquidación se basará en ese resultado; si el resultado del tercero queda fuera, más alto o más bajo, de los sometidos por las partes, entonces la liquidación se basará en el

resultado del tercero. El costo de la tercera lo pagará aquella parte cuyo resultado sometido esté más distante del resultado del tercero.

Las comparaciones se efectuarán por medio del representante de EL REMITENTE en la planta de IMMSA en Avalos, Chih.

7. LIMITES DE

TOLERANCIA: De acuerdo con la cláusula anterior, se podrán promediar los resultados obtenidos por las partes para fijar el ensaye que servirá de base para la liquidación, cuando las diferencias de éstos no excedan los límites anotados a continuación:

Oro: 0.4 gramos por tonelada métrica
Plata: 20 gramos por tonelada métrica
Plomo: 0.60 por ciento
Cobre: 0.20 por ciento

TARIFA DE LIQUIDACION

SISTEMA METRICO DECIMAL. MONEDA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA

8. ABONOS: Oro: Cuando el ensaye no sea menor de un gramo por tonelada, se pagará por todo el contenido con base a \$ 1.04 por gramo para una cotización de \$ 35.00 (treinta y cinco dólares) la onza troy. El precio por gramo a liquidar se obtendrá proporcionando esta base con la cotización *London Final* promedio del mes en que se reciba el producto, publicado en el *Metals Week*, Órgano del *Engineering & Mining Journal*, aumentado en \$ 0.10 por onza troy.

Plata: Cuando el ensaye no sea menor de 50 gramos por tonelada, se pagará por todo el contenido al 95 % (noventa y cinco por ciento) del precio que resulte de descontar uno por ciento al promedio aritmético de los promedios del mes en que se reciba el producto, de las cotizaciones diarias *London Spot y Handy and Harman* (para las compras de plata provenientes de productos recibidos en las fundiciones), ambas cotizaciones publicadas en el *Metals Week*.

Plomo: Se pagará por el 90 % (noventa por ciento) del contenido según ensaye por vía seca (vía húmeda menos 1.5 unidades) a la cotización L.A.B., Monterrey, publicada en el Boletín Financiero y Minero de México, el jueves subsiguiente a la semana de calendario en que se reciba la última parte de cada lote en la fundición, descontando a dicha cotización los costos de refinación y entrega y que el día 31 de julio de 1983 son 10.914 centavos por kilogramo de plomo.

Cobre: Ensaye por vía húmeda. Se pagará por el 90 % (noventa por ciento) del contenido con deducción, mínima de cinco kilogramos por tonelada de concentrado, al promedio del mes calendario anterior en que se reciba el producto de las cotizaciones diarias de Estados Unidos *MW US Producer Refinery*.

Cuando la cotización promedio del mismo mes de Londres *LME Cash Wirebar Settlement* sea mayor que la de Estados Unidos, la cotización para pagar el cobre se formará multiplicando por 0.6 la de Estados Unidos y por 0.4 la de Londres y sumando los productos.

Ambas cotizaciones serán las publicadas en el Metals Week.

En todo caso, se descontará de la cotización empleada los costos actualizados de refinación y entrega, que el día 31 de julio de 1983 son 67.017 centavos por kilogramo de cobre.

9. DEDUCCIONES: INSOLUBLE. Por las primeras 30 (treinta) unidades, se hará una deducción de \$ 0.125 por unidad y de \$ 0.20 por unidad después de aquel contenido, fracciones en proporción.

ARSENICO. Se hará una deducción por todo el contenido, a razón de \$ 0.50 por cada unidad; fracciones en proporción.

AZUFRE. Si el contenido excede de 3 % (tres por ciento) se hará una deducción de \$ 2.50 por tonelada.

BENEFICIO. Se hará la deducción que esté vigente en la fecha de cierre de los lotes y que el día 31 de julio de 1983, es de \$ 77.03 por tonelada peso seco, fracciones en proporción.

HUMEDAD. Deducción mínima 1.0 %.

10. IMPUESTOS: Todos los impuestos y derechos de los gobiernos: federal, estatal o municipal (con excepción del impuesto sobre la renta, a cargo de IMMSA) pagados con respecto a los productos materia de este contrato, serán por cuenta de EL REMITENTE y deducidos por IMMSA.

El Impuesto al Valor Agregado se aplicará con lo dispuesto por la Ley de la Materia y su Reglamento.

Queda entendido que las anteriores disposiciones sobre impuestos están, en todo caso, supeditadas a las normas que establezcan las autoridades competentes.

11. DISPOSICIONES
GUBERNAMENTALES:

Las disposiciones gubernamentales de carácter legislativo o de cualquiera otra naturaleza que se dicten con posterioridad a la fecha de vigencia del presente contrato, que afecten las deducciones, impuestos, etc., estipulados en el mismo, serán motivo del ajuste correspondiente.

12. PAGOS:

La liquidación de los productos se verificará cuando se conozcan las cotizaciones finales de los metales así como los resultados de ensaye y análisis ya comparados y aceptados por las partes, o bien, al conocerse los resultados de la tercera, si es que la hubo.

El pago, valor de la liquidación se hará mediante la entrega de la factura correspondiente por parte de EL REMITENTE, estando a su disposición desde la misma fecha en que IMMSA efectúa la liquidación final o definitiva.

C O S T O S

La tarifa de liquidación está basada en el costo de afinación y entrega de los metales hasta el lugar que establecen las cotizaciones respectivas, siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremento o decremento, ya sea con

motivo de modificaciones en los costos de afinación, cuentas de fletes, maniobras, seguros, etc.

La tarifa de liquidación está basada en el costo promedio de los salarios que se pagan en la planta, y, por lo tanto, cualquier incremento o decremento que se produzca por este motivo, será por cuenta de EL REMITENTE. Para mayor claridad a este respecto, se considerará que el rendimiento de trabajo de un operario durante una jornada de ocho horas, es el tiempo que se requiere para el tratamiento de una tonelada de los productos materia de esta tarifa, y, por consiguiente, por cada incremento o decremento equivalente a diez centavos de dólar en dicho promedio, se hará un aumento, o deducción en su caso, a razón de diez centavos de dólar por tonelada, por concepto de beneficio, fracciones en proporción.

La tarifa de liquidación está basada en el costo promedio de los salarios que se pagan en la Refinería de Plomo de IMMSA establecida en Monterrey, N. L.; siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremento o decremento equivalente a diez centavos de dólar, o más, en dicho promedio, en la inteligencia de que se ajustará la deducción que se hace de la cotización de plomo a razón de 0.01 ¢ de dólar por kilogramo por cada incremento o decremento equivalente a diez centavos de dólar en dicho promedio, fracciones en proporción.

La tarifa está basada en el costo del coque entregado en la planta necesario para el tratamiento de los productos siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremento o decremento

to equivalente a un dólar o más, por tonelada; ajustándose la deducción por beneficio a razón de quince centavos de dólar la tonelada, por cada incremento o decremento equivalente a un dólar por tonelada, fracciones en proporción.

La tarifa está basada en el costo de la energía eléctrica adquirida en la planta, siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremento o decremento equivalente a un milésimo de dólar, o más, por kilowatt-hora; ajustándose la deducción por beneficio a razón de quince centavos de dólar por tonelada, por cada incremento o decremento equivalente a un milésimo de dólar por kilowatt-hora, fracciones en proporción.

La tarifa está basada en el costo del gas natural entregado en la planta, siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremento o decremento equivalente a 0.10 de dólar, o más, por metro cúbico; ajustándose la deducción por beneficio a razón de 2.8 ¢ de dólar la tonelada, por cada incremento o decremento equivalente a 0.10 de dólar por metro cúbico entregado, fracciones en proporción.

La tarifa está basada en el costo del gas natural en la Refinería de Plomo de IMMSA establecida en Monterrey, N.L.; siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremento o decremento equivalente a dos centavos de dólar, o más por cada 1,000 pies cúbicos, ajustándose la deducción que se hace de la cotización de plomo a razón de 0.014 ¢ de dólar el kilogramo, por cada incremento o decremento equivalente a dos centavos de dólar en el costo de cada 1,000 pies cúbicos de gas natural entrega-

do en la refinería, fracciones en proporción.

Las variaciones aquí enunciadas que se originen en moneda nacional se convertirán a dólares, empleando el tipo de cambio de la fecha en que la variación entre en vigor.

DISPOSICIONES VARIAS

13. FUERZA

MAYOR:

Cualquier impedimento o demora en el cumplimiento de este contrato debido a actos de la naturaleza, huelgas de cualquier clase que afecten las operaciones de las partes contratantes o de cualquiera de ellas, incendios, inundaciones, interrupción de tráfico, demora en la transportación, falta de carros, guerras, insurrecciones, disposiciones gubernamentales, crisis económica, suspensión de operaciones, total o parcial, en la planta de IMMSA por falta de suministros de mineral o cualquier otro factor de operación o cualquier causa de incapacidad, sin tomar en cuenta lo antes enumerado, fuera del control de cualquiera de las partes, incluyendo sin limitación a la generalidad de lo antes mencionado, cualquier causa que produjese una pérdida económica a cualquiera de las partes mediante la ejecución de este contrato y que impida o cause daños serios a EL REMITENTE en la producción y embarque de los productos motivo de este contrato, o para que IMMSA compre o funda dichos productos en su planta de Chihuahua, o embarque, afine o venda cualquiera o todos los metales contenidos; ambas partes o cualquiera de ellas, esta-

rá relevada de responsabilidad o reclamación por daño o falta en el cumplimiento de vender o comprar esos productos mientras dure el impedimento; pero la compra y venta de acuerdo con este contrato se reanudará tan pronto como el motivo que ocasione la suspensión quede eliminado y este contrato y las entregas bajo el mismo, continuarán durante el período de tiempo subsiguiente a la fecha en que este contrato hubiese expirado, por un período de tiempo igual a aquel en que los embarques hubiesen sido suspendidos por dichos casos de fuerza mayor, casos fortuitos o motivos de suspensión.

14. SUCESION: Este contrato no podrá ser cedido por ninguna de las partes a un tercero, a menos de contar con el consentimiento por escrito de la otra parte.

14. NOTIFICACION:

Cualquier aviso o notificaciones que las partes tengan que hacerse con motivo de este contrato, se harán por escrito y se enviarán a las siguientes direcciones:

INDUSTRIAL MINERA MEXICO, S.A.
Ave. Baja California No. - 200
Apartado Postal No. 38 Bis
México, D. F., 06760 México

Siendo obligación de las partes notificarse los cambios de dirección que ocurran.

16. INTERPRETACION

Y CUMPLIMIENTO: Las partes contratantes, en todo lo relativo a la interpretación y cumplimiento de este contrato, se someten expresamente a los Tribunales competentes de la Ciudad de México, Distrito Federal, renunciando al fuero que les corresponde o pudiera corresponderles en razón de su domicilio presente o futuro.

17. ARBITRAJE:

En caso de controversia en relación con este contrato, las partes convienen en someterla a arbitraje en la Ciudad de México como sigue:

La parte que desee acudir al arbitraje lo comunicará a la otra, indicándole por escrito el árbitro que hubiere designado y requiriéndolo para que en un plazo no mayor de 5 (cinco) días hábiles designe a su vez el árbitro que le corresponde. En caso de que dentro de ese plazo no hiciera la designación, el árbitro primeramente nombrado será el árbitro único.

Si se nombran dos árbitros como se indica anteriormente y las decisiones de ellos estuvieran en conflicto, entonces dichos árbitros de mutuo acuerdo nombrarán un tercer árbitro, cuya decisión será definitiva y obligatoria para las partes.

En el caso de que los árbitros no se hayan puesto de acuerdo sobre la designación del tercer árbitro, cualquiera de las partes podrá solicitar a la Cámara Minera de México el nombramiento del ter

cero, seleccionándolo de la lista de árbitros registrados en la sección mexicana de la Comisión Interamericana de Arbitraje Comercial.

La parte que pierda el arbitraje pagará los costos y gastos del mismo. Siempre que haya de ejercitar algún derecho o de ejecutar algún costo en este procedimiento, los plazos no serán mayores de 5 (cinco) días hábiles. Para la ejecución del laudo arbitral, las partes se someten expresamente a la jurisdicción de los tribunales de la Ciudad de México.

EN TESTIMONIO DE CONFORMIDAD, las partes firman el presente contrato en México, D.F., a los ____ días del mes de ____ de mil novecientos ochenta y ____.

NOMBRE DE EL REMITENTE

INDUSTRIAL MINERA MEXICO, S.A.

Nombre de la persona
firma

Nombre de la persona que firma

Nombre de la persona
firma

Nombre de la persona que firma

CONTRATO DE COMPRA-VENTA QUE CELEBRAN, POR UNA PARTE _____
_____ QUE EN LO SUCESIVO SE DENOMINARA "EL RE-
MITENTE", Y POR LA OTRA, LA INDUSTRIAL MINERA MEXICO, S.A.,
QUE EN LO SUCESIVO SE DENOMINARA "IMMSA", ESTANDO SUJETO A
LAS DECLARACIONES Y CONDICIONES CONTENIDAS EN LAS SIGUIENTES
CLAUSULAS.

PUNTOS GENERALES

1. PRODUCTO: Concentrados de cobre con el siguiente ensaye
y análisis típicos:

Oro:

Plata:

Cobre:

Plomo:

2. TONELAJE: Hasta _____ toneladas métricas de concentra
do de cobre por mes de calendario.
3. DURACION: Este contrato tendrá vigencia por el período
comprendido del día _____
_____ con derecho a cancelarse por cua-
lesquiera de las partes mediante aviso por es-
crito con 90 (noventa) días de anticipación.
4. ENTREGAS: La entrega de los productos se hará L.A.B., ca
rros de ferrocarril en las vías de descarga de
la planta de cobre que IMMSA tiene establecida
en San Luis Potosí, S.L.P.

Los productos entregados se dividirán en por-
ciones llamadas *lotes*, compuestos por el conte
nido de _____ furgones de ferrocarril.

Se considerará como fecha de entrega de cada
lote, la fecha de llegada a la planta de IMMSA

del último furgón de ferrocarril. A la fecha del lote se referirán las cotizaciones, impuestos y demás renglones de la liquidación que se afectan por la fecha.

5. ROMANEAJE

Y MUES-

TREO: Las maniobras de romaneaje, descarga y muestreo de los productos entregados serán por cuenta de IMMSA y se harán con el equipo de, y conforme a, los métodos usuales y pre-establecidos en la planta de la misma. Los resultados que se obtengan en estas maniobras servirán de base para las liquidaciones respectivas.

EL REMITENTE tendrá derecho a vigilar por sí mismo o por medio de un representante, las operaciones de romaneaje y muestreo desde el principio hasta el fin y podrá, durante la práctica de las operaciones referidas, hacer las objeciones que considere necesarias si a su juicio no se están practicando debidamente. Que da entendido que el hecho de no presentarse EL REMITENTE o su representante en el momento en que se estén practicando las citadas operaciones, se considerará automáticamente como una renuncia tácita al derecho que la presente cláusula le otorga al respecto.

Terminada la toma de la muestra, IMMSA podrá disponer del lote correspondiente y una vez terminado el muestreo, EL REMITENTE tiene derecho a recibir un tanto de los polvos sobre los cuales se van a verificar los ensayos y análisis.

6. ENSAYES: El promedio de los resultados de ensayos y análisis obtenidos por cada una de las partes se-

rá usado como base para efectuar la liquidación de los productos; pero en caso de que los resultados sometidos a comparación discrepen en cantidades que excedan los límites de tolerancia establecidos en la siguiente cláusula, se someterá un tanto de la muestra de que se habla en los párrafos anteriores al arbitraje de un tercer ensayador designado para el efecto, alternadamente, a los siguientes laboratorios:

Cuando el resultado obtenido por el tercero caiga en medio de los sometidos por las partes, la liquidación se basará en ese resultado; si el resultado del tercero queda fuera, más alto o más bajo, de los sometidos por las partes, entonces la liquidación se basará en el resultado de la parte que esté más cercano al resultado del tercero. El costo de la tercería lo pagará aquella parte cuyo resultado sometido esté más distante del resultado del tercero.

Las comparaciones se efectuarán por medio del representante de EL REMITENTE en la planta de San Luis de IMMSA.

7. LIMITES DE

TOLERANCIA: De acuerdo con la cláusula anterior, se podrán promediar los resultados sometidos por las partes para fijar el ensaye que servirá

de base para la liquidación, cuando las diferencias de éstos no excedan los límites anotados a continuación:

Oro: 0.4 gramos por tonelada métrica
Plata: 20 gramos por tonelada métrica
Cobre: 0.20 por ciento

TARIFA DE LIQUIDACION

SISTEMA METRICO DECIMAL. MONEDA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA

8. ABONOS: Oro: Cuando el ensaye no sea menor de un gramo por tonelada, se pagará por todo el contenido con base a \$ 1.04 por gramo para una cotización de \$ 35.00 (treinta y cinco dólares) la onza troy. El precio por gramo a liquidar se obtendrá proporcionando esta base con la cotización *London Final* promedio del mes en que se reciba el producto, publicado en el *Metals Week*, aumentando en \$ 0.10 por onza troy.

Plata: Cuando el ensaye no sea menor de 50 gramos por tonelada, se pagará por todo el contenido al 95 % (noventa y cinco por ciento) del precio que resulte de descontar uno por ciento al promedio aritmético de los promedios del mes en que se reciba el producto, de las cotizaciones diarias *London Spot y Handy and Harman* (para las compras de plata provenientes de productos recibidos en las fundiciones), ambas cotizaciones publicadas en el *Metals Week*, órgano del *Engineering & Mining Journal*.

Cobre: Ensaye por vía húmeda. Se pagará por el 90 % (noventa por ciento) del contenido con deducción mínima de cinco kilogramos y máxima de trece kilogramos por tonelada de concentrado, al promedio del mes calendario anterior en que se reciba el producto de las cotizaciones diarias de Estados Unidos *MW Us Producer Refinery*.

Cuando la cotización promedio del mismo mes de Londres *LME Cash Wirebar Settlement* sea mayor que la de Estados Unidos, la cotización para pagar el cobre se formará multiplicando por 0.6 la de Estados Unidos y por 0.4 la de Londres y sumando los productos. Ambas cotizaciones serán las publicadas en el Metal Week.

En todo caso, se descontará de la cotización empleada los costos actualizados de refinación y entrega, que el día 31 de julio de 1983 son 19.820 centavos por kilogramo de cobre.

9. DEDUCCIONES: INSOLUBLE. Por el contenido total se hará una deducción de \$ 0.10 por cada unidad; fracciones en proporción.

ZINC. Por el contenido que exceda de 8.0 % se hará una deducción de \$ 0.25 por cada unidad; fracciones en proporción.

ARSENICO. Se hará una deducción por todo el contenido, a razón de \$ 0.50 por cada unidad; fracciones en proporción.

BENEFICIO. Se hará la deducción que esté vigente en la fecha de cierre de los lotes y que el día 31 de julio de 1983, es de \$ 79.83 por tonelada, peso seco, fracciones en proporción.

HUMEDAD. Deducción mínima 1.0 %.

10. IMPUESTOS: Todos los impuestos y derechos de los gobiernos: federal, estatal o municipal (con excepción del Impuesto sobre la Renta, a cargo de IMMSA) pagados con respecto a los productos materia de este contrato, serán por cuenta de EL REMITENTE y deducidos por IMMSA.

El Impuesto al Valor Agregado se aplicará con lo dispuesto por la Ley de la Materia y su Reglamento.

Queda entendido que las anteriores disposiciones sobre impuestos están, en todo caso, supeditadas a las normas que establezcan las autoridades competentes.

11. DISPOSICIONES
GUBERNAMENTA-

LES:

Las disposiciones gubernamentales de carácter legislativo o de cualquiera otra naturaleza que se dicten con posterioridad a la fecha de vigencia del presente contrato, que afecten las deducciones, impuestos, etc., estipulados en el mismo, serán motivo del ajuste correspondiente.

12. PAGOS:

La liquidación de los productos se verificará cuando se conozcan las cotizaciones finales de los metales así como los resultados de ensaye y análisis ya comparados

y aceptados por las partes, o bien, al conocerse los resultados de la tercería, si es que la hubo.

El pago, valor de la liquidación, se hará mediante la entrega de la factura correspondiente por parte de EL REMITENTE, estando a su disposición desde la misma fecha en que IMMSA efectúa la liquidación final o definitiva.

C O S T O S

La tarifa de liquidación está basada en el costo de afinación y entrega de los metales hasta el lugar que establecen las cotizaciones respectivas, siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremento o decremento, ya sea con motivo de modificaciones en los costos de afinación, cuentas de fletes, maniobras, seguros, etc.

La tarifa de liquidación está basada en el costo promedio de los salarios que se pagan en la planta, y, por lo tanto, cualquier incremento o decremento que se produzca por este motivo, será por cuenta de EL REMITENTE. Para mayor claridad a este respecto, se considerará que el rendimiento de trabajo de un operario durante una jornada de trabajo de ocho horas, es el tiempo que se requiere para el tratamiento de una tonelada de los productos materia de esta tarifa, y, por consiguiente, por cada incremento o decremento equivalente a diez centavos de dólar en dicho promedio, se hará un aumento, o deducción en su caso, a razón de diez centavos de dólar por tonelada, por concepto de beneficio, fracciones en proporción.

La tarifa de liquidación está basada en el cos to promedio de los salarios que se pagan en la Refinería de Plomo de IMMSA establecida en Mon terrey, N. L.; siendo por cuenta de EL REMITEN TE cualquier incremento o decremento equivalen te a diez centavos de dólar, o más en dicho promedio; en la inteligencia que se ajustará la deducción que se hace de la cotización de plomo a razón de 0.01 ¢ de dólar por kilogramo por cada incremento o decremento equivalen te a diez centavos de dólar en dicho promedio, fracciones en proporción.

La tarifa está basada en el costo del coque en tregado en la planta necesario para el trata miento de los productos siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremento o decremen to equivalente a un dólar o más, por tonelada; ajustándose la deducción por beneficio a ra zón de quince centavos de dólar la tonelada, por cada incremento o decremento equivalente a un dólar por tonelada, fracciones en propor ción.

La tarifa está basada en el costo de la ener gía eléctrica adquirida en la planta, siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremen to o decremento equivalente a un milésimo de dólar, o más, por kilowatt-hora; ajustándose la deducción por beneficio a razón de quince centavos de dólar por tonelada, por cada in cremento o decremento equivalente a un milési mo de dólar por kilowatt-hora, fracciones en proporción.

La tarifa está basada en el costo del aceite combustible entregado en la planta, siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremen

to o decremento equivalente a veinticinco centavos de dólar, o más, por barril; ajustándose la deducción por beneficio a razón de cinco centavos de dólar la tonelada, por cada incremento o decremento de veinticinco centavos de dólar por barril entregado, fracciones en proporción.

La tarifa está basada en el costo del gas natural en la Refinería de Plomo de IMMSA establecida en Monterrey, N. L.; siendo por cuenta de EL REMITENTE cualquier incremento o decremento equivalente a dos centavos de dólar, o más por cada 1,000 pies cúbicos, ajustándose la deducción que se hace de la cotización de plomo a razón de 0.014 ¢ de dólar el kilogramo, por cada incremento o decremento equivalente a dos centavos de dólar en el costo de cada 1,000 pies cúbicos de gas natural entregado en la refinería, fracciones en proporción.

Las variaciones aquí enunciadas que se originen en moneda nacional se convertirán a dólares, empleando el tipo de cambio de la fecha en que la variación entre en vigor.

DISPOSICIONES VARIAS

13. FUERZA

MAYOR:

Cualquier impedimento o demora en el cumplimiento de este contrato debido a actos de la naturaleza, huelgas de cualquier clase que afecten las operaciones de las partes contratantes o de cualquiera de ellas, incendios, inundaciones, interrupción de tráfico, demora en la transportación, falta de carros, guerras, insurrecciones, disposiciones gubernamentales,

mentales, crisis económica, suspensión de operaciones; total o parcial, en la planta de IMMSA por falta de suministros de mineral o cualquier otro factor de operación o cualquiera causa de incapacidad, sin tomar en cuenta lo antes enumerado, fuera del control de cualquiera de las partes, incluyendo sin limitación a la generalidad de lo antes mencionado, cualquier causa que produjese una pérdida económica a cualquiera de las partes mediante la ejecución de este contrato y que impida o cause daños serios a EL REMITENTE en la producción y embarque de los productos motivo de este contrato, o para que IMMSA compre o funde dichos productos en su planta de San Luis Potosí, o embarque, afine o venda cualquiera o todos los metales contenidos; ambas partes o cualquiera de ellas, estará relevada de responsabilidad o reclamación por daño o falta en el cumplimiento de vender o comprar esos productos mientras dure el impedimento; pero la compra y venta de acuerdo con este contrato se reanudará tan pronto como el motivo que ocasione la suspensión quede eliminado y este contrato y las entregas bajo el mismo, continuarán durante el período de tiempo subsiguiente a la fecha en que este contrato hubiese expirado, por un período de tiempo igual a aquel en que los embarques hubiesen sido suspendidos por dichos casos de fuerza mayor, casos fortuitos o motivos de suspensión.

14. SUCESION: Este contrato no podrá ser cedido por ninguna de las partes a un tercero, a menos de contar con el consentimiento por escrito de la otra parte.

15. NOTIFICA-

CION:

Cualquier aviso o notificaciones que las partes tengan que hacerse con motivo de este contrato, se harán por escrito y se enviarán a las siguientes direcciones:

INDUSTRIAL MINERA MEXICO, S.A.
Ave. Baja California No. 200
Apartado Postal No. 38 Bis.
México, D. F. 06760 México

Siendo obligación de las partes notificarse los cambios de dirección que ocurran.

16. INTERPRETACION

Y CUMPLIMIENTO: Las partes contratantes, en todo lo relativo a la interpretación y cumplimiento de este contrato, se someten expresamente a los Tribunales competentes de la Ciudad de México, Distrito Federal, renunciando al fuero que les corresponde o pudiera corresponderles en razón de su domicilio presente o futuro. >

17. ARBITRAJE: En caso de controversia en relación con este contrato, las partes convienen en someterla a arbitraje en la Ciudad de México como sigue:

La parte que desee acudir al arbitraje lo comunicará a la otra, indicándole por escrito el árbitro que hubiere designado y requiriéndolo para que en un plazo no mayor de 5 (cinco) días hábiles designe a su vez el árbitro que le corresponde. En caso de que dentro de ese plazo no hiciera la designación, el árbi-

tro primeramente nombrado será el árbitro único.

Si se nombran dos árbitros como se indica anteriormente y las decisiones de ellos estuvieran en conflicto, entonces dichos árbitros de mutuo acuerdo nombrarán un tercer árbitro, cuya decisión será definitiva y obligatoria para las partes.

En el caso de que los árbitros no se hayan puesto de acuerdo sobre la designación del tercer árbitro, cualquiera de las partes podrá solicitar a la Cámara Minera de México el nombramiento del tercero, seleccionándolo de la lista de árbitros registrados en la sección mexicana de la Comisión Interamericana de Arbitraje Comercial.

La parte que pierda el arbitraje pagará los costos y gastos del mismo. Siempre que haya de ejercitar algún derecho o de ejecutar algún costo en este procedimiento, los plazos no serán mayores de 5 (cinco) días hábiles. Para la ejecución del laudo arbitral, las partes se someten expresamente a la jurisdicción de los tribunales de la Ciudad de México.

EN TESTIMONIO DE CONFORMIDAD, las partes firman el presente contrato en México, D.F., a los _____ días del mes de _____ mil novecientos ochenta y _____.

NOMBRE DEL REMITENTE

INDUSTRIAL MINERA MEXICO, S. A.

Nombre de la persona que
firma

Nombre de la persona que firma

CONTRATO No.:

CON:

PRODUCTO: Concentrados Plomo

DESDE: HASTA:

PUNTO DE
EMBARQUE:

ESTADO:

Au Ag Pb Cu Ins Fe CaO Zn S As Sb

MONEDA AMERICANA: SISTEMA METRICO

ABONOS:

Oro: Si 1.0 gramos, todo a 1.04 por gramo. (Pago basado en \$ 35.00 dls./onza troy). Cotización London Final, más 10 ¢ por onza.

Plata: Si 50 gramos, el contenido total al 95 % del promedio aritmético mensual de las cotizaciones Handy & Harman de New York y London Spot de Londres, publicadas en el MetalsWeek aplicables para Plata contenida en productos sin afinar, menos 1.0 % y menos 0.125 ¢ por onza troy.

Plomo: Si 3.0 % seco (ensaye húmedo menos 1.5 unidades) 90 % a la cotización por plomo mexicano L.A.B., Monterrey, menos 12.092 ¢ por kg.

Cobre: 90 % (deducción mínima cinco kgs), al precio fijado por la Comisión Intersecretarial de Tarifas para el mes anterior a la fecha de cierre del lote menos por 164.438 ¢ por kg.

Cal útil: Si 1.0 % todo a 8 ¢.

DEDUCCIONES:

Beneficio: L.A.B. Fundición en Torreón, Coah., \$ 87.00
por 1,000 kgs peso seco.

Insoluble: Hasta 50 % todo a 10 ¢ por unidad; exceso a 20
¢ por unidad.

Zinc: 8 % libre, exceso a 25 ¢ por unidad.

Azufre: Si 2.0 % o más a razón de \$ 2.50 por tonelada
seca de material recibido.

Arsénico: El total a \$ 3.50 unidad.

Húmedad: 1% mínimo.

Impuestos: Sobre metales pagados.

PERIDO DE
COTIZACION:

Oro/plata: Promedio aritmético del mes de cierre de lote.

Cobre: Promedio aritmético del mes anterior de cierre
de lote.

Plomo: Promedio aritmético de la semana de cierre de
lote.

CONTRATO No.:

CON:

VIGENCIA:

PRODUCTO: Concentrados de Zinc

CANTIDAD: Peso neto seco 2,500/3,000 toneladas
200/250 toneladas mes

MONEDA: Dls. U.S. CY.

ABONOS:

Zinc. Se pagará por el 85 % del contenido, con deducción mínima de 8 unidades al 90 % del promedio aritmético de las cotizaciones European Producer's, GOB, LME Settlement y U.S., Producers calidad High Grade correspondiente al mes siguiente a la fecha de cierre del lote.

Plata: Se descontarán 150 gramos del ensaye y se pagará por el 60 %, del contenido resultante, al 95 % del promedio aritmético mensual de las cotizaciones Handy & Harman de New York y London Spot de Londres, publicadas en el Metals Week aplicable para plata contenida en productos sin afinar, menos 1.0 % y menos 0.125 ¢ por onza troy. Las cotizaciones promedio serán las del mes inmediato siguiente en que se cierre el lote.

Cadmio: Se descontará 1.0 % kgs del ensaye y el contenido restante se pagará por el 60 % a la cotización promedio U.S. Producer's publicada en el Metals Week, para lotes mayores de una tonelada, menos \$ 0.75 por libra. La cotización pro

medio será la del mes inmediato siguiente que se cierre el lote.

DEDUCCIONES:

Beneficio: Se cobrarán \$ 185.00 por tonelada seca de con centrado cuando el precio por tonelada métrica de zinc metálico *Good Ordinary Brand* de Londres, *Producer's Price* sea de 900.00 U.S., CY.

Este cargo se aumentará $\$ 8.511$ U.S. CY., por cada dólar que aumente el precio sobre la base de 900.00 U.S. CY., por tonelada métrica, frac ciones en proporción.

CASTIGOS POR
IMPUREZAS:

Fierro: 8 % libre, exceso a razón de \$ 4.50 por cada 1 %.

Cloro: 0.05 % libre, exceso a razón de \$ 1.00 por cada 0.01 %.

Fluor: 0.05 % libre, exceso a razón de \$ 1.00 por cada 0.01 %.

Arsénico: 0.1 % libre, exceso a razón de \$ 1.00 por cada 0.1 %. Máximo permisible 0.3 %.

Antimonio: 0.2 % libre, exceso a razón de 20 centavos por cada 0.01 %.

Niquel: 0.05 % libre, exceso a razón de 25 centavos por cada 0.01 %.

Cobalto: 0.005 % libre, exceso a razón de 25 centavos por cada 0.001 %.

Impuestos: De cualquier naturaleza que fueren, serán por cuenta del vendedor. Los impuestos de producción se calcularán sobre contenidos pagados, aplicándose la tarifa correspondiente para el mes de cotización.

Húmedad: Efectiva, mínimo 1.0 %

FORMACION

DE LOTES: Se formará un solo lote mensual y llegado el último día hábil del mes se cerrará el lote con los carros que se hayan recibido.

CONTRATO No.:

CON:

PRODUCTO: Precipitados

PUNTO DE
EMBARQUE:

ESTADO:

DESDE:

HASTA:

ENSAYES

Au	Ag
11.6 kilos por tonelada	825 kilos por tonelada

PAGOS

Moneda americana	Sistema métrico
------------------	-----------------

Oro: 99 % del contenido a razón de \$ 1.107.75 por kilogramo. (Base \$ 35.00 por onza). Cotización London Final, más 10 ¢ por onza.

Plata: 99 % del contenido, al promedio mensual de las cotizaciones de Nueva York y Londres, publicadas en el Metals Week para plata sin afinar, menos 1 % y menos 1.125 ¢ por onza troy.

DEDUCCIONES:

Beneficio: \$ 500.00 por tonelada, peso neto seco, de precipitados entregados L.A.B., en la planta de

afinación del comprador en Torreón, Coah., aumentando a razón de \$ 25.000 por cada kilogramo de oro contenido, fracciones en proporción, más \$ 3.50 por cada kilogramo de plata contenida, fracciones en proporción.

Húmedad: Efectiva, deducción mínima de 1.0 %.

Impuestos: Sobre contenidos pagados por cuenta del vendedor.

Cierre de lote: Fecha de llegada del lote a la refinería.

PERIODO DE
COTIZACION:

Promedio aritmético del mes de cierre de lote.