

# Explotacion de Minas

El proceso general de extracción: El objetivo de este proceso, es extraer la porción mineralizada (yacimiento) del macizo rocoso y enviarla a la planta de tratamiento. Para ello, debe lograrse la fragmentación de la roca, de manera que pueda ser removida de su posición original, proceso denominado arranque; luego se debe cargar y transportar, para ser depositada fuera de la mina como material suelto a una granulometría manejable; de forma eficiente y segura. La relación Estéril / Mineral define el Coeficiente de Destape, también conocido como Radio de Destape, puede ser muy variable; de unos yacimientos a otros, pero en todos condiciona la viabilidad económica de las explotaciones y consecuentemente la profundidad que es posible alcanzar por minería de superficie. Estos coeficientes definen relaciones geométricas o económicas, que deben considerarse en el diseño y la extracción del mineral. Coeficiente límite económico: "Es la relación máxima de estéril a mineral útil hasta la que puede extraerse una tonelada o metro cúbico de mineral, manteniéndose un beneficio económico mínimo previamente fijado" Esto implica que cada unidad de mineral arrancado produce un beneficio igual o mayor al beneficio, mínimo aceptable. Coeficiente medio económico: "Es la relación global entre todo el volumen de estéril y todo el tonelaje de mineral que es extraído con un beneficio medio por unidad de mineral". Para poder extraer el mineral, la zona de trabajo se suele dividir o cortar en bloques horizontales o niveles de trabajo, cuya altura estará en función del equipo de arranque. Los niveles de trabajo se dividen en bloques de material más pequeños, denominados bancos. Banco. Escalón o unidad de explotación sobre la que se desarrolla el trabajo de extracción de rocas o mineral. Niveles en que se divide una explotación a cielo abierto para facilitar el trabajo de los equipos de perforación, cargue y transporte. Berma. Cara superior de un escalón (banco) de una explotación a cielo abierto construido para ser utilizado como vía de acceso, como barrera para detener rocas o material suelto desprendido o para mejorar la estabilidad del talud. Barreno. Agujero practicado en una roca, que se rellena de explosivo, para hacerla volar. El banco tiene plataformas inferior y superior, borde y aristas. El talud del banco se caracteriza por su Angulo de inclinación con respecto a la superficie horizontal. DEFINICIÓN DE "MÉTODO MINERO" Se denomina "método minero" a un proceso interactivo tanto desde el punto de vista temporal como espacial, que permite llevar a cabo la explotación minera de un yacimiento por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada y repetitiva. La minería a cielo abierto se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben mover. La disposición del yacimiento y el recubrimiento e intercalaciones de material estéril determinan la relación estéril/mineral con que se debe extraer este último. Este parámetro, comúnmente denominado "ratio", puede ser muy variable de unos depósitos a otros, pero en todos condiciona la viabilidad económica de las explotaciones y consecuentemente, la profundidad que es posible alcanzar por minería de superficie. La minería hidráulica se podrá, definir bien como la extracción de los minerales en aquellos yacimientos formados hidráulicamente o que están bajo el agua y también como aquella técnica que utilizará el agua como una herramienta para el arranque o el transporte de los materiales. La minería química, Se trata de un método minero para lograr la extracción de un mineral soluble mediante la disolución de la roca o parte de ella, por un reactivo, que lo pasará al estado líquido, para ser manipulado por bombas y tuberías, y llevarlo a una planta en donde se procederá a precipitar, condensar y concentrar. En la minería por sondeos, la extracción del mineral o material de de interés se realiza por pozos de perforación; consiguiéndose grandes producciones con relativamente muy poco personal y un grado importante de automatización del proceso. En minería subterránea la extracción de estéril suele ser prácticamente insignificante a lo largo de la vida de la mina, pues sólo procederá de las labores de acceso y preparación. En este grupo de métodos, el control del terreno o de los huecos, para extraer el mineral, es una de las consideraciones más importantes que interviene en la forma de explotar un yacimiento. Los tipos de control o tratamiento de los huecos dentro de los macizos rocosos varían desde el mantenimiento rígido del terreno mediante pilares, pasando por diferentes grados de sostenimiento de los hastiales,

con cierre y hundimiento controlado de estos, hasta el hundimiento completo del mineral o del recubrimiento de estéril. Mena: es aquella concentración de mineral, susceptible de ser explotado económicamente. Es el mineral cuya explotación presenta interés.

En general, es un término que se refiere a minerales metálicos y que designa al mineral del que se extrae el elemento químico de interés (Cu de la calcopirita, Hg. del cinabrio, Sn de la casiterita, entre muchos ejemplos posibles). Roca de Caja o Ganga: Comprende a los minerales que acompañan a la mena, pero que no presentan interés económico en el momento de la explotación. Ejemplos frecuentes de ganga en minería metálica son el cuarzo y la calcita. Conviene resaltar que minerales considerados como ganga en determinados momentos se han transformado en menas al conocerse alguna aplicación nueva para los mismos. Ley media: Es la concentración que presenta el elemento químico de interés minero en el yacimiento. Se expresa en por ciento, o como gramos por tonelada (g/t) o (equivale a partes por millón, ppm) u onzas por tonelada (oz. / t). Ley de corte o cut - off: Es la concentración mínima que debe tener un elemento en un yacimiento para ser explotable, es decir, la concentración que hace posible pagar los costes de su extracción, tratamiento y comercialización. Es un factor que depende a su vez de otros factores, que pueden no tener nada que ver con la naturaleza del yacimiento, como por ejemplo el transporte, avances tecnológicos en la extracción, etc. Todo uno marginal: Aquel producto de la explotación que tiene contenidos ligeramente por debajo de la ley de corte, y que no se suele acumular conjuntamente con el estéril. Estéril:

Corresponde a las rocas que no contienen mineral o lo contienen en cantidades muy bajas. No suele corresponder con la ganga, que como se indica antes, son los minerales acompañantes de la mena. Subproductos: Suelen ser minerales de interés económico, pero que no son el objeto principal de la explotación, si bien aumentan el valor económico de la producción. Reservas: Cantidad (masa o volumen) de mineral susceptible de ser explotado. Depende de un gran número de factores como la ley media, la ley de corte, de las condiciones técnicas y medioambientales y del mercado existente, en el momento de llevar a cabo la explotación. Se complementa con el concepto de Recurso, que es la cantidad total de mineral existente en la zona, incluyendo el que no podrá ser explotado por su baja concentración o ley. Explotación minera: Es el proceso o conjunto de procesos por el cual o cuales extraemos un material natural terrestre del que podemos obtener un beneficio económico: puede ser desde agua, hasta diamantes. Concentración: Proceso o conjunto de procesos por el cual o cuales se separan la mena y la ganga. Pueden ser de carácter físico: por ejemplo, separación de la magnetita por medio de electroimanes; o de carácter físico-químico: por ejemplo, flotación de los sulfuros. Metalurgia extractiva: Es el proceso o conjunto de procesos, propios de la minería metálica, que permiten obtener el elemento de interés a partir del todo-uno de mina o cantera. Implica o puede implicar una serie de procesos. Metalurgia: Proceso o conjunto de procesos por el cual se extrae el metal correspondiente de un mineral metálico. Mineralógicos y petrológicos: La mineralogía y la petrografía detallada de los minerales y rocas que componen el yacimiento; constituyen una información básica a conocer sobre el mismo. Para ello disponemos de una amplia variedad de técnicas: Microscopía petrográfica (luz transmitida). Microscopía metalográfica (luz reflejada). Difracción de Rayos X. Microscopía electrónica/Microsonda electrónica. La geoquímica del yacimiento: es decir, conocer con el mayor detalle la distribución de los contenidos en los elementos químicos relacionados de forma directa o indirecta con la mineralización, o afectados por los procesos que han formado o modificado el yacimiento, tiene importancia directa porque define las áreas de mayor interés minero, e indirecta, porque nos permite, definir guías de prospección dentro del propio yacimiento, o para otros similares. Geométricos: los aspectos geométricos de un yacimiento son siempre fundamentales: conocer cuál es su orientación con respecto al norte (dirección o rumbo) y su inclinación promedio (o buzamiento), a menudo estos datos no son constantes. El espesor (o potencia) también se puede considerar dentro de esta categoría. Para estudiar estos aspectos, necesitamos datos de observación ya sea directa o a través de sondeos mecánicos. Una vez conocidas las características generales de los yacimientos, disponemos de los suficientes datos para conocer los procesos que lo han formado y modificado. OBJETIVOS DE LA GEOLOGÍA MINERA. 1. El primer objetivo de la geología minera o ingeniería geológica es

suministrar los datos necesarios para visualizar el yacimiento en un modelo o inventario de: - la cantidad de mineral - la calidad del mismo y - la distribución espacial 2. El segundo objetivo es aportar el mejor conocimiento de las diferentes clases de rocas para ayudar a resolver los problemas operativos de: - Geotecnia - Hidrogeología- Vertederos - Perforación o sistema de arranque. - Sistema de carga.

**INCLINACION DEL YACIMIENTO** Otra posible clasificación de los yacimientos mineros será por el ángulo de buzamiento de la masa o del filón como: Suaves: cuando la inclinación de buzamiento es menor a 10 grados aproximadamente. Inclinaados: cuando la inclinación de buzamiento se encuentre entre 10 a 30 grados. Fuertemente inclinados: cuando la inclinación de buzamiento se encuentre entre 30 a 60 grados. Verticales: cuando la inclinación de buzamiento es mayor a 60 grados. Yacimientos superficiales, que aflorarán o que estarán a una profundidad pequeña (hasta 30/50 m). Podría definir la llamada minería superficial o "surface mining". Yacimientos profundos, que aflorando o no, se extenderán, para la mayor parte de sus reservas, a profundidades superiores a los 50 m. Potencia del yacimiento: parámetro que indica el espesor del yacimiento.

**ESTUDIOS DE TIPO ECONÓMICO-MINERO** Desde este punto de vista, son dos los estudios requeridos para obtener una idea clara de si una concentración mineral se puede considerar o no un Yacimiento Mineral: la cubicación de sus reservas y el estudio de su viabilidad económica.

**La cubicación de reservas de un yacimiento:** consiste en establecer, de forma numérica los principales parámetros de la explotación: tonelaje (o volumen) del material explotable, ley media y ley de corte, así como el valor económico total de estas reservas. **El estudio de viabilidad:** tiene como dato de partida el valor económico de nuestra producción, procedente la cubicación. Para que esta viabilidad sea cierta, ha de darse que: Ingresos por Producción = Costes de explotación y tratamiento + beneficio De esta forma, el estudio de viabilidad incluye fundamentalmente el análisis de los costes de explotación, aunque a menudo también el de las expectativas de futuro del valor de la producción.

**Mineral medido (reservas probadas):** hablaremos de mineral medido cuando dispongamos de una información directa tomada de un muestreo detallado de trincheras (calicatas), labores, sondeos. El tonelaje "real" no puede diferir en más de un 15 % con respecto al calculado.

**Mineral indicado (reservas probables):** también determinado por un muestreo, pero esta vez, más disperso. Aquí haremos algunas inferencias geológicas. El Mineral medido y el Mineral indicado constituyen la Reserva: máximo grado de certidumbre en cuanto los factores de juicio. Reservas inferidas (reservas posibles): para el concepto de reserva inferida primará el criterio geológico sobre las mediciones directas. Por ejemplo, este criterio puede estar basado en la repetición de rasgos geológicos en el yacimiento, o través de la comparación con otro yacimiento equivalente.

**Reserva base:** Abarca los conceptos de reserva más aquellos recursos inferidos, de menor "calidad geológica", que podrían ser extraídos en el futuro dependiendo de los factores, ingenieriles, económicos, y medioambientales.

**ESTIMACION DE RESERVAS Y LEYES** Metodología clásica: En esencia, una estimación de reservas consiste en definir un volumen, al cual se le aplica una ley y un peso específico.  $T = A \times P \times PE$  Donde: T: es el tonelaje del sector del depósito bajo evaluación. A: el área; visualización 2D del sector del depósito bajo evaluación; normalmente una sección vertical en cuerpos mineralizados irregulares. P: la potencia; distancia horizontal aplicada a dicha sección. PE: el peso específico de la roca mineralizada. Si al resultado le aplicamos una ley concreta (ejemplo, 2.3 % Cu), entonces tendremos toneladas con una ley específica (ejemplo, 2500 toneladas a 2.3 %Cu). En el caso de la determinación de la ley media de un sondeo tendremos: Si d son los tramos del sondeo (medidos en metros) y l las leyes de dichos tramos, entonces la ley media del sondeo será:  $Leymedia = \sum l_i \times d_i / \sum d_i$  En el caso de la determinación de la ley media de una sección de un depósito tendremos:  $Leymedia = \sum l_i \times d_i \times A_i / \sum A_i$  Esta metodología es particularmente útil en la estimación del tonelaje de cuerpos mineralizados irregulares. Otro sistema es el denominado método de los polígonos. Este método ha sido utilizado por la industria minera durante décadas. Es un método simple, las matemáticas son fáciles, y las estimaciones pueden ser realizadas de manera rápida. Se emplea principalmente en cuerpos tabulares (por ejemplo en los filones).

**ESTIMACION DE RESERVAS:**

- La dilución de leyes.
- El coeficiente de extracción.
- La recuperación de metal. Resulta

prácticamente imposible extraer solo el material económico en una mina, de tal manera que durante el proceso de la voladura de roca, quedará siempre incluido material estéril (lo cual lleva a la dilución de leyes). Las causas son las siguientes:

- Sobrevoladura: material que está fuera de los límites económicos del cuerpo mineralizado queda incluido en el material extraído.
- Dilución interna: material subeconómico que se encuentra incluido dentro del cuerpo económico y que no puede ser segregado.
- Dilución de reemplazo o contacto: si el contacto es estéril/mineral es muy irregular (y esto suele bastante normal), el resultado será que un volumen equivalente de material estéril substituirá al material económico. Aunque la voladura de roca es un arte que en ocasiones roza la perfección, tampoco se le pueden pedir milagros.

**PARÁMETROS GENERALES DEL MACIZO ROCOSO**

- 1) Obtención de parámetros representativos de la roca intacta mediante ensayos de laboratorio y/o ensayos in-situ.
- 2) Evaluación de la calidad del macizo rocoso que nos permita ponderar los parámetros de resistencia obtenidos del laboratorio, a valores más reales del macizo rocoso.
- 3) Calibración y ajuste de los parámetros usados en el diseño durante la etapa de Operación, mediante Técnicas de Monitoreo y de Mapeo superficial de bancos del minado.

**CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO**

1. La resistencia de la roca.
2. El grado de fracturación de los macizos rocosos.
3. La resistencia de las discontinuidades.

**CLASIFICACIONES GEOMECAÑICAS**