

## ¿Cuánto cuesta producir una tonelada de metal?

En esta nota se definen algunos de los conceptos clave para entender que implica la explotación de recursos del subsuelo. En particular se analizan lo que implica, desde el punto de vista minero, obtener una tonelada de un metal como puede ser el cobre.

### Introducción

¿Se ha preguntado alguna vez cuando material hay que mover en una mina para poder tener un tonelada del material final, por ejemplo de cobre?. ¿Cuánta energía se consume?, ¿Cuánta agua?.....

Estos son aspectos muy relevantes que van a condicionar todo el proceso minero, van a determinar si la explotación es económicamente viable, el método de explotación, el tratamiento del mineral, etc., pero también es fundamental para los aspectos medioambientales y sociales.

Como ya se ha dicho en otros lugares, en estas notas denominamos minería, por simplificar, a cualquier actividad que implique la extracción de recursos que se encuentran en el subsuelo.

### Materiales que se mueven

En una explotación del subsuelo se mueven de forma general tres materiales.

1. Material con interés económico, en minería se suele llamar mineral, mena, zafra. Aquí le llamaremos mineral
2. Material sin interés económico, se suele denominar estéril, ganga,. Aquí le llamaremos estéril.
3. Agua.

### Materiales con interés económico

Este es el material que nos interesa, es donde está la substancia por lo que se hace la explotación. Pero la substancia que interesa, en general no está en estado puro, va unida a otras substancias que no son de interés. Es imposible separar unas de otras substancias en el proceso inicial de la explotación. Esta separación, si fuera necesario, se realizará posteriormente, en lo que se denomina planta de tratamiento de mineral.

Es decir dentro del material con interés económico se va a tener tanto la substancia que interesa como otras substancias que no interesan, las cuales se separarán posteriormente.

Para indicar cuanto del mineral que se extrae es de interés se utiliza el concepto de Ley. La Ley de un mineral o de una mena es la cantidad de material útil

que contiene cada unidad de peso del material de interés económico extraído. Así se puede decir que esta mina produce un mineral con una ley del 20%, esto quiere decir, en general, que de cada tonelada de **mineral** que se extrae de la mina solo 200 kg son de nuestro interés, son de la substancia que se busca. La ley puede variar mucho, desde el 100 % hasta menos de 0.0001 %.

La ley es un parámetro fundamental de una explotación. La ley expresa el valor económico del mineral y por tanto es un parámetro fundamental para que la explotación sea viable o no económicamente.

La ley es también un parámetro operativo pues el material se clasifica como mineral o como estéril en función de su ley, si la ley de un material supera un determinado valor el material es mineral, si la ley está por debajo de ese valor entonces es estéril. Este valor de ley se denomina ley de corte.

El control de leyes es una operación básica y rutinaria en las minas. También es muy recomendable producir un mineral con una ley lo más constante posible para tener buenos rendimientos de recuperación..

Como ya se advirtió en la nota anterior cada industria tiene sus propias manías y no siempre se da la ley de la misma manera. En algunos la ley se da como un elemento químico pero en otros se da por un compuesto, que puede estar o no en el mineral. Esto se hace más por tradición que por una coherencia en las unidades.

### Materiales sin interés económico

Se refieren estos materiales como aquellos materiales que no tienen interés, porque tienen una ley más baja de lo económicamente explotable, pero además, pueden ser separado del mineral sin necesidad de llevarlo a la planta de tratamiento.

La cantidad de material sin interés que hay que mover depende de principalmente de la forma de explotación. La explotación a cielo abierto implica la necesidad de extraer todo el material que está por encima del mineral, mientras que la explotación en interior solo es necesario mover material de este tipo en parte para hacer la infraestructura y en parte lo puede requerir la propia explotación del mineral

La relación entre el material sin interés al material con interés se denomina ratio y es otro parámetro fundamental en las explotaciones a cielo abierto. A veces se expresa en tm/tm y otras m<sup>3</sup>/tm. Aquí usaremos tm/tm

### El agua

El agua en minería tiene dos aspectos. El primero. Es habitual que a partir de una determinada profundidad en el subsuelo exista agua. Para poder realizar la explotación es necesario evacuar esta agua pues en otro caso no se puede operar o se

disminuye la seguridad. La cantidad de agua a extraer es muy variable y puede ser desde anecdótica hasta un problema muy importante que consume ingentes cantidades de recursos. Todo dependerá de la hidrogeología de la zona. En algunos casos se mueve más agua que esteril y mineral juntos.

La historia de la minería está íntimamente ligada a la capacidad para extraer agua de las explotaciones. La primera máquina de vapor fue consecuencia de esta relación.

El segundo aspecto del agua en minería es que la minería consume agua en sus procesos. La gestión del agua siempre ha sido un desafío para la minería y hoy lo sigue siendo y muy especialmente en aquellas áreas mineras, y hay muchas, donde el agua es un bien escaso. A veces el agua que produce la mina no es suficiente frente a las necesidades del tratamiento lo que obliga a explotar otros recursos, incluido el agua de mar que puede ser desalinizada o no. Sin lugar a dudas el consumo de agua es uno de los grandes retos que la minería tiene en el futuro y no solo por el impacto ambiental y social sino también por cuestiones de viabilidad económica de las explotaciones.

## El ejemplo del cobre

El cobre ha acompañado a la especie humana por más 8000 años y en las previsiones actuales se ve muy difícil que sea sustituido por nada a corto o medio plazo. El Cu es un metal fundamental para la humanidad, en el pasado, en el presente y en el futuro. En temas como el cambio de modelo energético de no renovable a renovable el cobre, se prevé, jugará un papel clave.

Algunos datos<sup>1</sup>, en **primer ejemplo**, una mina en América a cielo abierto que es la que más cobre produce en el mundo: Está diseñada para producir 1.3 millones de toneladas de cobre, moviendo un total de 377 millones de toneladas anuales. De estas, 82 millones son de mineral. Esto hace que la ley media sea de entorno a 1.5%, y tenga un ratio estéril a mineral de 3.6. Esto quiere decir que para obtener 1 tonelada de cobre metal se necesitan mover 290 toneladas de material. Otros datos de interés, cada día del año se mueve más de 1 millón de toneladas de material, y se procesan más de 220000 tm para extraer el Cu. En la producción se utiliza entorno 1 tm<sup>3</sup> de agua por tonelada de mineral (82 millones de m<sup>3</sup> de agua) de la cual se reciclará aproximadamente 1/3. Es decir, se consumen 44 m<sup>3</sup> de agua limpia por cada tm de Cu. Las necesidades de agua para el proceso son muy superiores a las que se pueden obtener en la zona motivo por la que la mina cuenta últimamente con una planta de desalinización de agua de mar con capacidad de producir 2500 l/s y dos conducciones que

transportan el agua 170 km y la asciende más de 3000 m

Otros datos de interés y a los que hay que prestar atención son los consumos de energía. En este caso la mina consume 3000000 Mwh de electricidad cada año y el consumo de gasoil es de 200000 m<sup>3</sup>. Lo que da unos valores de 2.3 Mwh/tm de Cu de electricidad y 0.153 m<sup>3</sup> de gasoil/tm de Cu (153 litros de gasoil por tm de Cu).

Suponiendo un precio medio últimamente de 6500 US\$/tm de Cu se obtiene que el valor total de la producción anual podría llegar a ser 8450 millones de US\$

**Segundo ejemplo**<sup>2</sup>, Una mina situada en el corazón de la Europa desarrollada a pocos kilómetros de una gran ciudad y usada habitualmente como ejemplo de hacia donde va la minería. Está diseñada para producir 72000 toneladas de cobre, moviendo un total de 16 millones de toneladas anuales. De estas, 1.2 millones son de mineral. Esto hace que la ley media sea de entorno a 6%, y tenga un ratio estéril a mineral de 12,5. Esto quiere decir que para obtener 1 tonelada de cobre metal se necesitan mover 225 toneladas de material.

Otros datos de interés son el consumo de electricidad 290000 Mwh cada año y el consumo de gasoil 9600 m<sup>3</sup>. Lo que da unos valores de 4 Mwh/tm de Cu de electricidad y 0.133 m<sup>3</sup> de gasoil/tm de Cu (133 litros de gasoil por tm de Cu).

Con el precio del Cu citado anteriormente se obtiene que el valor total de la producción anual es entorno 468 millones de US\$

Entre la primera y la segunda mina hay una relación de tamaño de aproximadamente de 20 a 1, la grande es 20 veces mas grande que la segunda.

## Conclusiones

Producir una tonelada de cobre implica.

- Mover mas de 200 toneladas entre estéril y mineral
- Consumir 44 m<sup>3</sup> de agua limpia, cantidad que es ligeramente inferior al consumo anual de agua de un español (consumo total de agua / numero de españoles).
- Consumir hasta 4 Mwh de electricidad, esto es aproximadamente lo que consume un español medio a lo largo de un año (consumo total / número de españoles)
- Consumir más de 133 litros de gasoil lo que daría para recorrer en un coche actual más de 2000 km.

Para terminar, se deja una cantidad para la reflexión, el valor de una tonelada de cobre es superior a la renta per cápita de probablemente el 80% de la población mundial (cálculos teóricos del autor)

<sup>1</sup> Estos datos son estimaciones del autor a partir de información diversa y alguna vez incompleta, deben ser analizados con precaución. Tan solo tienen sentido didáctico y de dar órdenes de magnitud.

<sup>2</sup> Importante, Los productos finales de las dos minas no tienen porque ser los mismos y por tanto no son totalmente comparables