

# Minerales industriales, procesos y características que agregan valor

**V**alor agregado es un término entendido por muchas empresas desde una perspectiva de costos, es decir, como el valor monetario que pueden obtener por arriba del costo de producción. Sin embargo, el que una empresa opere bajo este enfoque no asegura que un producto permanezca rentable. Así, las oportunidades para añadir valor comienzan desde el yacimiento y se extienden por toda la cadena productiva hasta el punto de venta y la relación con otras empresas y el mercado.

En México, como en casi todos los países de América Latina, la mayor parte de los minerales se comercializan sin que hayan sido procesados para aumentar su valor agregado, por ello es cada vez más importante entender qué procesos generan características apreciadas por el mercado.

Esta investigación se complementa con el texto “Recursos mineros, indicadores nacionales e internacionales” y con la “Guía de minerales y aplicaciones

industriales”, ambos en esta misma edición. Las investigaciones proporcionan un amplio panorama de la situación minera del país y del mercado mexicano de los minerales.

## Valor agregado, del yacimiento al mercado

Cada grupo de minerales tiene una cadena productiva distinta, por lo tanto los procesos que se requieren para agregarles valor varían. En el caso de los minerales metálicos siderúrgicos, en general, se aplican procesos de explotación, beneficio (lavado y aglomerado) y transformación; los minerales metálicos no ferrosos, por su parte, deben pasar por procesos de lixiviación, concentración, refinación y laminación para ser comercializados como productos finales; en el caso de los minerales no metálicos los procesos de cribado, tamizado, molienda, fusión, corte y pulido son esenciales para la fabricación de cemento, alfarería, vidrio y cerámicos.

Las oportunidades de añadir valor a los minerales comienzan desde el yacimiento; donde se determinan las características físicas y químicas del mineral, las cuales establecen, en último caso, las características adicionales de valor que se pueden establecer en el producto.

Podemos diferenciar dos situaciones: 1) si del yacimiento se pueden obtener minerales con características para aplicaciones especiales, entonces la ubicación del depósito mineral, no es tan relevante para el mercado; 2) si por el contrario, del yacimiento solo es posible obtener minerales grado *commodity*, entonces el sitio donde se encuentre es muy importante, puesto que en relación con la proximidad se determinan los costos de transporte y por ende, el precio del mineral en el mercado.

Después del yacimiento, los minerales deben pasar por procesos que aumenten su valor, pero en la mayoría de los países de América Latina **el 80% de los minerales no pasan por ninguna operación que acreciente el valor de manera importante**, y se comercializan como concentrados de mineral.

Los procesos que generalmente se aplican a los minerales incluyen trituración, molienda, cribado, separación, clasificación y tratamiento de superficies. El tamaño de partícula es el más común de los valores agregados en el mercado.

Sin embargo, para algunos minerales como el carbonato de calcio y otros de alto desempeño, la forma

y distribución es igualmente importante. Conforme se aplican procesos sobre un mineral, se va adicionando valor agregado, pero no en la misma proporción; generalmente los procesos más sencillos aportan menos valor que procesos posteriores o más complejos. De igual forma, el potencial de agregar valor es mayor en operaciones más avanzadas del procesamiento que al inicio (Figura 1).

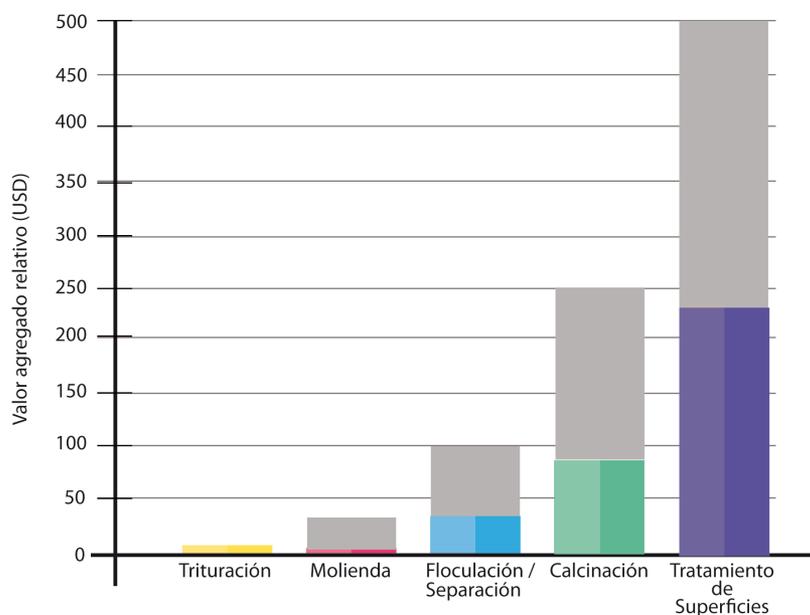
Otros factores que aportan valor agregado en esta industria son la mercadotecnia, el precio de mercado y la competencia. En la minería, como en muchas otras industrias, las aplicaciones de los minerales pueden requerir de asesoría por parte del proveedor. Los servicios que las empresas otorgan a sus clientes son un valor agregado muy importante.

Por otra parte, el servicio suele ser un diferenciador entre empresas y un factor que afecta el precio del producto. El precio de mercado depende de la habilidad del productor de cotizar el producto basado en su valor al consumidor o el valor de uso final del producto, no con base en el costo de producción.

Como lo mencionamos al inicio, parte del objetivo de generar valor agregado es que el producto se mantenga rentable, lo cual tiene mucho que ver con que sea competitivo. **La competencia es, entonces, el otro gran factor que afecta el valor agregado.**

Las empresas deben innovar de manera periódica y constante para generar nuevos y mejores valores agregados, pero también para asegurarse de ser preferidos





**Figura 1.** Contribución relativa al valor agregado de cada proceso por etapas. Las zonas no coloradas de las barras representan el rango de valor potencial que puede ser obtenido de cada proceso.

**Fuente:** MineSet Partners, en *Industrial Minerals and Rocks*, p. 63.

sobre su competencia. Los productos sustitutos y los proveedores son dos de los factores que pueden bajar los precios, reducir la rentabilidad y, por lo tanto, reducir el valor agregado.

En otro sentido, el valor agregado es percibido por los consumidores desde el punto de vista de criterios de calidad, los cuales pueden ser muy distintos para cada sector industrial e inclusive para cada empresa; sin embargo, podemos enlistar los siguientes:

**1. Especificaciones:** cada mercado puede requerir especificaciones de color, porosidad, etcétera; pero la especificación más común es el tamaño de partícula. El tamaño de partícula está relacionado con los procesos de molienda, trituración y cribado.

**2. Logística y suministro:** el suministro es de especial importancia en industrias que mantienen sus líneas de producción activas 24 horas los 365 días del año como, por ejemplo, la del vidrio, cerámica, cementera y metalúrgica. De tal manera que los proveedores deben tener capacidad de producción y almacenaje suficiente para atender las necesidades de cada empresa.

**3. Precio:** a diferencia del mercado de los minerales metálicos, **la mayoría de los metales industriales fijan el precio en relación con sus características físico-químicas y no con los precios del mercado de metales internacional.**

### Situación de los valores agregados en la industria mexicana

En México, las grandes empresas mineras aportan aproximadamente el 84% de la producción minero-metalúrgica, la mediana minería aporta el 13%, mientras que la pequeña minería participa apenas con el 3% de la producción.

Algunas de las empresas mineras grandes cuentan con la tecnología necesaria para brindar productos de mayor valor agregado como minerales de alta pureza (plata y plomo) o productos finales como ánodos. Sin embargo, aun en este tipo de empresas es posible encontrar varias organizaciones en donde la mayor





parte de sus ventas corresponde a concentrados de minerales, es decir, no utilizan procesos adicionales para aumentar el valor de sus productos.

De acuerdo con el estudio “El sector minero en México; diagnóstico, prospectiva y estrategia”, del Instituto Tecnológico Autónomo de México, que aborda la temática de las empresas productoras de minerales no metálicos, **cerca del 73% de las empresas encuestadas contestaron que existen clientes a los cuales no pueden abastecer porque no reúnen las especificaciones de producto solicitadas.**

Uno de los mayores problemas de las mineras en el país consiste en el cumplimiento de los requerimientos demandados por los mercados, por ejemplo, brillantez, pureza, peso, composición química, tamaño de partícula, etcétera. Esta situación responde a la falta de tecnología y a la incapacidad por parte de las pequeñas y medianas empresas de acceder a créditos para adquirir los equipos necesarios.

Por otra parte, la falta de productores nacionales de tecnología de patente, apoyos a la capacitación y asistencia técnica se suman a la problemática nacional.

### Procesamiento de minerales

El objetivo final del procesamiento de los minerales es maximizar el valor de una materia prima. El proceso que se sigue en cada mineral responde al uso que tiene destinado, por ejemplo, la composición y pureza de los minerales químicos es fundamental para sus aplicaciones; mientras que en el caso de los minerales

físicos son sus propiedades de dureza, color, textura o porosidad las que definen sus aplicaciones.

A manera de resumen se puede decir que el procesamiento de minerales está compuesto por tres grandes etapas: 1) reducción de tamaño, 2) enriquecimiento y 3) mejoramiento (Figura 2). Aunque hoy en día los equipos y los procesos con los que se agrega valor a los minerales han tenido muchas mejoras, en términos generales, las etapas de procesamiento continúan siendo las mismas que hace miles de años.

### Reducción de tamaño

#### Trituración de rocas

En términos de volumen, este es el proceso más relevante. Su objetivo es producir rocas o, menos comúnmente, fracciones minerales que puedan ser usadas como agregados para concreto o asfalto.

Dentro del circuito de trituración, una trituradora primaria reduce el tamaño del material a uno adecuado para ser transportado y para alimentar al circuito de trituración secundaria. Las dos trituradoras primarias más comunes para procesar el material grueso proveniente de la mina son la de mandíbula y la giratoria. Estas trituradoras primarias rompen la roca a través de fuerzas de compresión creadas por una superficie en movimiento que aprieta las rocas hacia una superficie firme.

El tipo más común de la trituradora secundaria es la de cono. Una trituradora de cono es muy similar a la giratoria, pero tiene un husillo mucho más corto y

un diámetro mayor de trituración en relación con la dimensión vertical. El movimiento excéntrico del cono de trituración interior es similar al de la trituradora giratoria.

En pocos casos es necesaria una trituración terciaria, sin embargo, para esta operación se utilizan trituradoras cónicas o de impacto de eje vertical (VSI). En minerales como hierro, granito, piedra caliza y cuarcita, la trituración terciaria agrega valor para aplicaciones en cemento, construcción y metalurgia.

Los parámetros de calidad para el caso de esta materia prima (rocas) son el tamaño, forma y fuerza del material resultante. Las diferentes fracciones se cotizan de acuerdo con intervalos de tamaño, los cuales pueden ser alcanzados por trituración solamente.

En el mercado es posible encontrar diferentes tipos de trituradoras que permiten alcanzar tamaños de partícula desde más de 1000 hasta cerca de 4 mm (Figura 3). **Para este tipo de productos el valor más alto en el mercado se encuentra en los tamaños de entre 22 y 16 mm.**



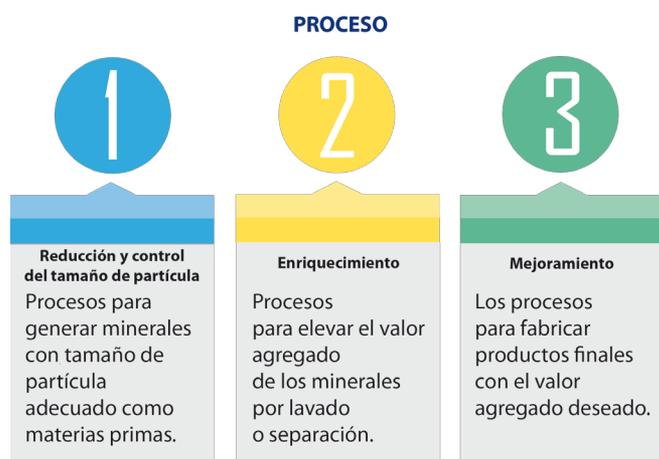
de producción, siguiéndolos la fabricación de tubos y bloques de cemento y concreto, y la fabricación de productos pre-esforzados de concreto (Figura 4).

### Trituración y molienda de menas

El caso de este tipo de productos es muy distinto al mencionado anteriormente, aquí los tamaños de partícula van de 100 a 10 micrones, y para ello se pueden utilizar una gran variedad de equipos, en muchas ocasiones se utilizan molinos y trituradoras de manera combinada. La reducción de partícula, en este caso, tiene el objetivo de liberar el mineral de valor de la mena. Si el componente es un único mineral como en el caso de la calcita, bauxita o cromita, se considera de mayor valor cuanto más fino es el polvo obtenido.

La molienda suele ser una etapa posterior al proceso de trituración, aunque no necesariamente, y se realiza normalmente en molinos autógenos o semi-autógenos y en molinos de barras, de bolas o de guijarros; estos equipos reducen el tamaño de partícula a través de una combinación de impacto y de abrasión. Las principales diferencias entre equipos radican en la relación del diámetro con la longitud del cilindro y el tipo de medios de molienda empleados. En la elección del mejor equipo de trituración y molienda influyen muchos factores, entre ellos la capacidad de producción, el tamaño del equipo y el tamaño del material de alimentación.

En la Figura 5 presentamos algunas de las características de los principales tipos de trituradoras en el mercado. El tamaño de partícula deseado también es relevante a la hora de elegir un equipo. En la Figura 6 se presentan las trituradoras y molinos ordenados de acuerdo con el tamaño de partícula que pueden ofrecer



**Figura 2.** Generalidades del procesamiento de los minerales.  
**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el valor de producción de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas en 2014, fue de 59,569 millones de pesos (mdp), por su parte la producción de concreto ascendió a 18,743 mdp, estos dos productos fueron los más importantes en términos de valor

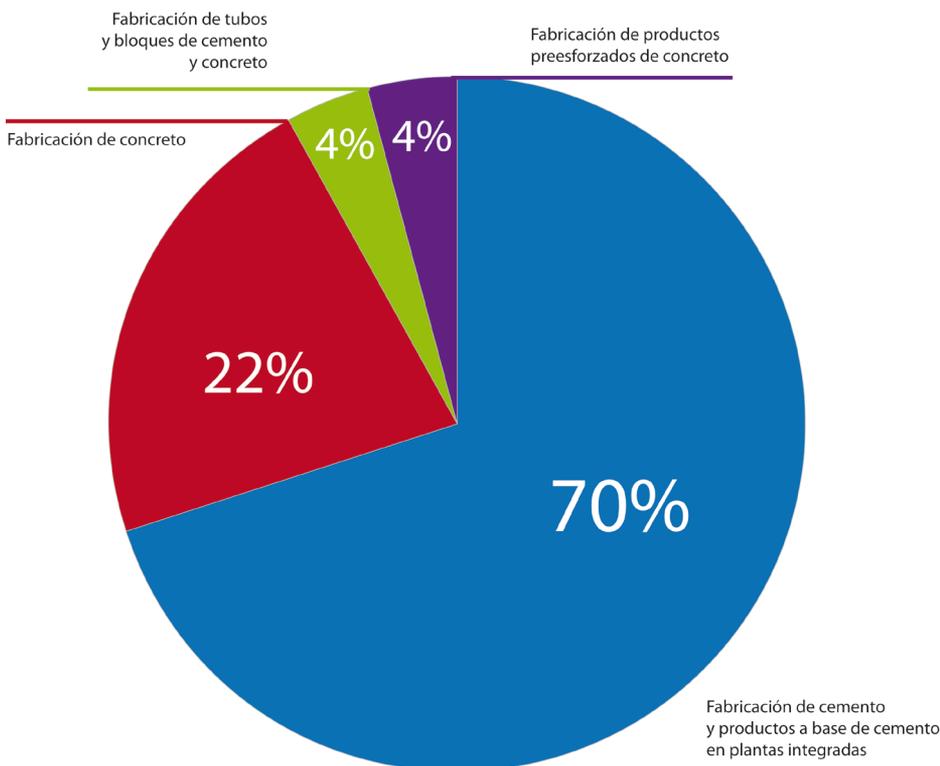


**Figura 3.** Equipo utilizado en la trituración de rocas.  
**Fuente:** Elaboración propia con información de *Basics in Mineral Processing*.

(de mayor a menor); son estos los que generalmente se utilizan, sin embargo, el equipo seleccionado por cada empresa depende de las características del material y los requerimientos del proceso. Por varias razones la distribución del tamaño de las partículas debe ser controlada en diversas etapas del procesamiento de los minerales: Prevenir el paso de partículas de un tamaño indeseado hacia otra etapa del proceso o etapa de molienda y trituración.

Proporcionar un material de tamaño de partícula óptimo para el procesamiento eficiente en los sistemas de separación y de concentración aguas abajo. Obtener un producto que cumpla con las especificaciones de tamaño de partícula requerido para el mercado.

Hay dos métodos útiles para la separación de partículas en función del tamaño: la detección y clasificación, estas constituyen la siguiente etapa de procesamiento. En México, es posible encontrar distribuidores de molinos para trituración primaria y secundaria, pero encontrar molinos para trituración terciaria es mucho más complicado. Sin embargo, dado que las aplicaciones para minerales con trituración terciaria son muy reducidas, esta situación no impacta de manera relevante en la competitividad de la industria.



**Figura 4.** Fabricación de cemento y productos de concreto, 2014.  
**Fuente:** Elaboración propia con datos de INEGI.

**Cribado y clasificación**  
Tanto la trituración como la molienda producen material con diferente tamaño de partícula, lo que se debe en gran medida al diseño y desempeño del equipo, y por otra parte, a las diferencias en el propio mineral. Prácticamente, para cualquier aplicación, el tamaño de partícula es fundamental y constituye un valor apreciado en los mercados. En conjunto —el cribado y clasificación— forman parte de las operaciones de control de tamaño de partícula que se utiliza en el procesamiento de minerales (Figura 7).

## Trituradoras

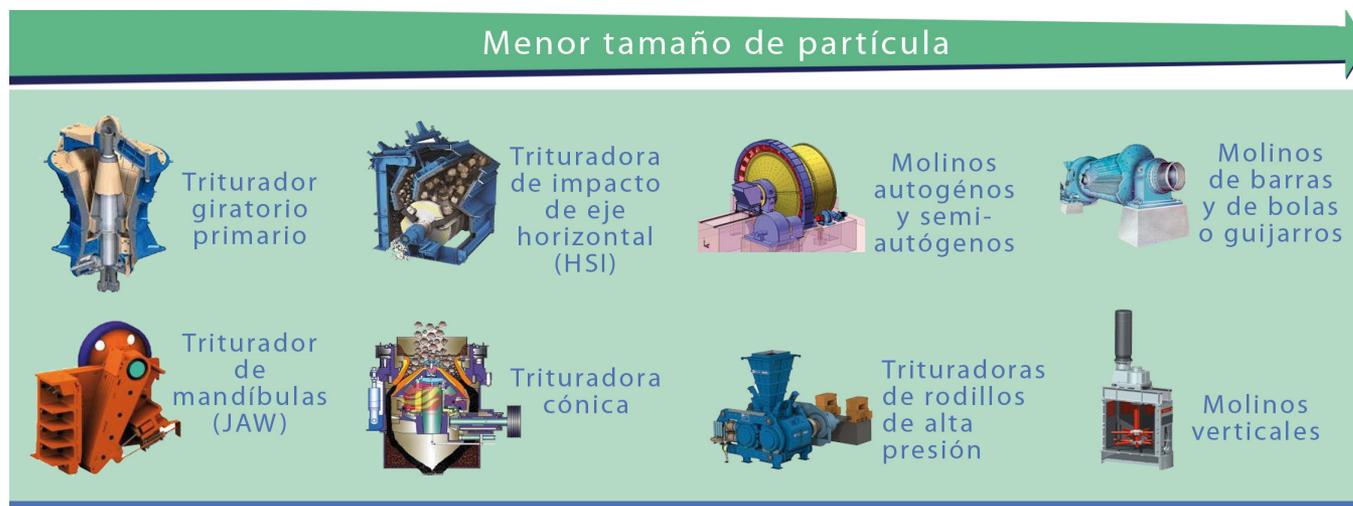
|                                     | Mandíbulas          |                       | Giratorias (cónicas)  |                        | Cilíndros             | Martillos                         |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Tipos                               | Blake               | Dalton                | Apoyo                 | Apoyo inferior         |                       |                                   |
| Trituración                         | Primaria            |                       | Primaria / Secundaria | Secundaria / Terciaria | Terciaria             | Primaria / Secundaria / Terciaria |
| Producción                          | 600 a 900 (ton/h)   |                       | 5,000                 | 450                    | 130                   | 120                               |
| Potencia máxima (hp)                | 220                 | 250                   | 1,000                 | 300                    | 40                    | 150                               |
| Tamaño de la máquina (m)            | Alto:5<br>Largo:5.4 | Alto:3.3<br>Largo:3.8 | Alto:12               | Alto: 5<br>Diam.:5     | Alto:1.7<br>Largo:3.7 | Alto:2<br>Largo:1.6<br>Ancho:1.8  |
| Tamaño de productos de alimentación | 125 (50)            | 125 (50)              | 135 (54)              | 35 (14)                | 6.5 (21/2)            | 75 (30)                           |

**Figura 5.** Características principales por tipo de trituradora. Los datos de la trituradora cónica de apoyo corresponden a la trituración primaria. Cifras en paréntesis expresados en pulgadas.

**Fuente:** Universidad de Buenos Aires.

Los tamaños de partícula que se pueden separar van desde los 10 mm hasta los 10 micrones, aproximadamente. El cribado en su forma más simple, se refiere a

una malla de tamaño de apertura bien definido por donde se hace pasar el material, de manera que las partículas más finas caen a través de las aberturas de la pantalla



**Figura 6.** Equipo utilizado en la trituración de menas.

**Fuente:** Elaboración propia con información de *Basics in Mineral Processing*.



y el material de partículas más grandes es transportado al extremo de descarga de la pantalla. El cribado por debajo de los 0,5 mm es generalmente difícil y por lo tanto más valioso.

Los equipos más comúnmente utilizados para estas operaciones son los grizzli, cribas rotatorias o trómel, cribas oscilatorias, recíprocantes, vibratorias y giratorias. El material con el que está fabricada la criba es fundamental, pues aunque no tiene relación con la apertura de malla, el material tiene un efecto en

el proceso. Existen tres materiales principales caucho 60 sh, 40 sh y poliuretano (Figura 8).

Además del material, la forma de la apertura también puede ser considerada a la hora de elegir una criba (Figura 9). Otras consideraciones que se pueden hacer son la inclinación de la máquina, el número y tipo de paneles y el espesor de la malla.

Por otra parte, en la clasificación se aplica el principio de que las partículas de la misma densidad pero de diferentes tamaños se depositan en un fluido a



Figura 7. Equipo utilizado en la separación de partículas.

Fuente: Elaboración propia con información de *Basics in Mineral Processing*.



diferentes velocidades. Por lo tanto, las diferencias en velocidades de sedimentación permiten la separación basada en el tamaño. La clasificación se realiza en tamaños de partículas que se consideran demasiado finos para separar de manera eficiente por los métodos de cribado.

Para la clasificación se utilizan clasificadores sedimentarios e hidráulicos y en espiral y ciclones. Los equipos pueden funcionar con método seco o húmedo, cada uno tiene sus aplicaciones propias:

Clasificación húmeda con hidrociclones utilizando separación por la fuerza centrífuga que cubre, generalmente, el rango de tamaño de 100 a 10 micras.

Clasificación húmeda con clasificadores espirales utilizando separación por gravedad que cubre, típicamente, el rango de tamaño de 100 a 1,000 micras.

Clasificación seca utilizando la separación por la fuerza centrífuga que cubre la gama de 150 a 5 micras.

La situación en cuanto a equipos para cribado y separación en México no es muy diferente de lo que sucede en el tema de los molinos. Es posible encontrar proveedores de equipos como grizzlies y cribas, pero el número de

empresas que pueden surtir hidrociclones, por ejemplo, se reduce de manera importante. Las grandes empresas mineras en México generalmente se ven en la necesidad de importar equipos; mientras que las pymes no cuentan con suficientes recursos para poder adquirir esta maquinaria.

En este sentido, la demanda en el país de equipos para procesar minerales con alto valor agregado no es tan relevante en comparación con la de Estados Unidos de América y otros países donde se manufacturan productos de alto valor agregado y donde existe un gran número de empresas capaces de proveer minerales de alta pureza y estrictas especificaciones.

| Tamaño de entrada     | Material seleccionado | Razón  |
|-----------------------|-----------------------|--|
| > 35 mm (seco)        | Caucho 60 sh          | Absorbe el impacto. Resistente a la abrasión por deslizamiento.                |
| < 0–50 mm (húmedo)    | Poliuretano           | Buen funcionamiento frente a la abrasión por deslizamiento. Separación exacta. |
| < 40 mm (seco/húmedo) | Caucho 40 sh          | Muy flexible. Previene el estancamiento.                                       |

Figura 8. Materiales y ventajas para la construcción de cribas. Fuente: *Basics in Mineral Processing*.

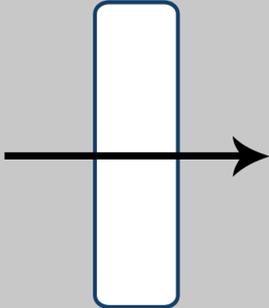
| VENTAJAS                              | FORMA  |
|---------------------------------------|--|
| Elección estándar                     |   |
| Aumenta la vida útil (cribado grueso) |   |
| Mejora la capacidad                   |   |
| Mejora la capacidad y deshidratación  |  |

Figura 9. Materiales y ventajas para la construcción de cribas.  
Fuente: *Basics in Mineral Processing*.

### Enriquecimiento

El enriquecimiento consta de dos partes —lavado y separación—. El lavado es el método que permite quitar de la superficie del mineral impurezas como polvo, sales, materia orgánica, arcilla, etcétera. Esta operación es utilizada principalmente en el proceso de enriquecimiento de minerales industriales, carbón, áridos, arena y grava. Generalmente, se aplica para materias primas en estado sólido y con un tamaño relativamente grande (tamaño = 1 mm y más grueso). Los equipos más comunes son:

**Lavado húmedo:** se utiliza una regadera de agua a presión sobre la superficie de cribado, este método es útil para cualquier apertura de malla. Si el tamaño del agujero es de 20 mm o menos el spray de agua aumenta la capacidad, la cual es inversamente proporcional al tamaño de la apertura. La presión de agua va de 6 a 70 bares de acuerdo con el material.

**Cilindro o trómel de lavado:** este método se utiliza cuando los minerales tienen un alto contenido de barro o cualquier otra suciedad y el material presenta granulometrías gruesas hasta de 300 mm. Los requerimientos de agua por tonelada son similares que en el tamizado en húmedo. La capacidad de procesamiento es de 8 -120 t/h.

**Lavado por desgaste:** estos equipos se utilizan principalmente para el lavado de material por debajo de 10 mm de tamaño. Se caracterizan por un elevado consumo de energía; algunas de sus aplicaciones son el lavado de sílice para la fabricación de vidrio y la limpieza de arena de fundición.

La separación también es un proceso para mejorar la pureza de los minerales, sin embargo, esta operación tiene como finalidad separar unos minerales de otros, no eliminar impurezas. Es utilizada principalmente en los procesos de enriquecimiento de minerales metálicos y minerales industriales de alto valor, normalmente se aplica con productos en forma de partículas liberadas (tamaño= 1 mm y más pequeño). En general se utilizan cuatro técnicas para la separación: gravimétrica, por flotación, magnética y lixiviación.

**Separación gravimétrica:** se basa en la diferencia de densidades de los minerales. Existe dos tipos, separación en agua (concentración por gravedad) y separación en medio denso (donde se utilizan otros fluidos como el DMS). En este tipo de separación el valor de diferencia de densidad (Dd) es fundamental para que la separación se dé o no (Figura 10).

Para la separación en agua se pueden utilizar jigs de carbono (40 – 200 mm), jigs de mineral (75  $\mu$ m – 6 mm), concentradores espirales (75  $\mu$ m – 1.0 mm, ligeros o 75  $\mu$ m – 0.5 mm, pesados) o tablas vibradoras (50  $\mu$ m – 2 mm). En la separación en medio denso se puede utilizar arena y agua (densidad de 1.2 a 1.6), magnetita en agua (densidad de 1.6 – 2.5) y ferro-silición atomizado en agua (densidad de 2.4 – 3.5).

**Separación por flotación:** separaciones basadas en las propiedades químicas de la superficie de un mineral. La propiedad natural o modificada de la superficie del mineral determina su capacidad para unirse a una burbuja de aire y flotar hacia la superficie.

Además de los reactivos añadidos, el proceso de flotación depende de dos principales parámetros:

1. El tiempo de retención necesaria para que el proceso de separación se produzca determina el volumen y número de celdas de flotación necesaria.
2. La agitación y aireación necesaria para las condiciones óptimas de flotación determina el tipo de mecanismo y la potencia de entrada necesaria.

En cuanto al equipo:

1. Diseño de la celda.
2. Sistema de agitación.
3. Flujo de aire.
4. Configuración de los bancos de celdas.
5. Control de los bancos de celdas.

| Valor de Dd | Tipo de separación | Aplicación                                     |
|-------------|--------------------|--|
| + 2.50      | Fácil              | Aplicable a partículas de menos de 100 micras  |
| 1.75 – 2.50 | Posible            | Aplicable a partículas de menos de 150 micras  |
| 1.50 – 1.75 | Difícil            | Aplicable a partículas de menos de 1700 micras |
| 1.25 – 1.50 | Muy difícil        | Aplicable sólo para arena y grava              |
| < 1.25      | No es posible      |  |

**Figura 10.** Separación de minerales de acuerdo con su valor de Dd.  
**Fuente:** *Basics in Mineral Processing*.

**Separación magnética:** separación basada en las diferencias naturales o inducidas en la susceptibilidad magnética de los minerales en la mena.

**Lixiviación:** se trata de un proceso para extraer los elementos de interés del mineral por medio de reactivos que lo disuelven o transforman en sales solubles, generalmente se utiliza ácido sulfúrico.

### Mejoramiento

Una vez que los minerales se encuentran puros es posible aplicar otros tratamientos que adicionan valor, los más importantes son el secado, calcinación y sinterizado. El sinterizado, por ejemplo, es relevante sobre todo en tres campos tecnológicos: metalurgia de polvos, materiales cerámicos y aglomeración de finos minerales.

Este proceso se utiliza para aglomerar una mezcla de minerales de hierro, fundentes y coque para que el material pueda soportar las presiones y temperaturas del horno.

Algunas empresas grandes en México cuentan con la tecnología necesaria para llevar a cabo uno o varios de los procesos anteriores, pero para las medianas y pequeñas empresas la compra de estos equipos está prácticamente fuera de sus capacidades económicas.

Nuestro país posee enormes ventajas para hacer de la industria minera una de las más importantes en el país: 1) minas de clase mundial, 2) alto potencial

geológico y minero, 3) certeza jurídica, 4) recursos humanos y 5) acceso a los mercados globales más relevantes. Por otra parte, es necesario que se trabaje en algunos puntos para que el crecimiento y desarrollo del sector sea posible: 1) desarrollo tecnológico de las empresas mineras, 2) conocimiento y atención de nuevos mercados, 3) diversificación del portafolio de negocios de las empresas mineras, 4) desarrollo de ventajas competitivas a través de reingeniería de procesos. En México, la mayor parte de los minerales que se comercializan no alcanzan niveles altos de valor agregado.

De hecho, uno de los problemas más comunes al que se enfrentan las mineras nacionales es la incapacidad de cumplir con el conjunto de requerimientos demandados por el mercado (blancura, brillantez, pureza, peso, composición química, tamaño de la molienda).

La dificultad de acceso al crédito, la falta de proveedores nacionales de tecnologías modernas e innovadoras y la necesidad de capacitación técnica son tres factores indispensables que se deben atender para que las empresas mineras mexicanas puedan ofrecer cada vez más productos de alto valor agregado. Para lograr los objetivos, el papel de las universidades, empresas consultoras y de los eventos del sector es fundamental, puesto que cerca del 80% de las empresas mineras del país se apoyan en estas organizaciones como fuentes de tecnología. 