PROCESOS DE BENEFICIO DE MINERALES

La recuperación de metales ha sido un desafío para el hombre, que se desarrollo casi paralelamente con su evolución. Así se conoce muchas fases del conocimiento humano según el uso de los metales (o minerales) tal como la edad de piedra, un poco mas evolucionados cuando se habla de la edad de hierro, cobre y bronce. El método más rudimentario sin duda ha sido simple selección manual de los materiales de interés.

Las antiguas culturas peruanas desarrollaron un alto conocimiento en la recuperación de metales, principalmente oro, mediante la aplicación de operaciones de concentración debido a la alta densidad de este metal, principalmente en ríos (material aluvial) pero también por técnicas de fundición, lo que hoy se conoce como piro metalurgia, es decir usando temperatura elevadas hasta alcanzar el punto de fusión del metal de interés.

En la mayoría de operaciones metalúrgicas se hace necesario una liberación de las partículas metálicas para lo cual se deben efectuar operaciones de chancado y molienda, en general con equipos especialmente diseñados y construidos para tal fin. Un factor gravitante es el tamaño al cual se obtiene la liberación optima de metales de interes, por eso este suele ser un factor critico, pero al mismo tiempo el menos eficiente desde el punto de vista costo beneficio de la energía usada.

Métodos de Concentración

Los métodos de concentración de minerales existen desde épocas inmemoriales, existen desde que el hombre comenzó a realizar minería, unos de las operaciones mas antiguas para el aprovechamiento de los metales fue el elemental método de gravimetría, aquel que se basa en la mayor densidad de los elementos metálicos frente a los materiales de ganga o minerales

Gravimetría

Esta operación se basa en las características de diferencia de densidad de los elementos contenidos en materiales heterogéneos, es decir que se basa en el mayor peso, influenciados por la fuerza de la gravedad, de un elemento con respecto a otros.

En el caso de la metalurgia del oro existen diversos equipos para realizar las operaciones de recuperación basado en principios gravimétricos, aunque siempre es importante la separación de las partículas gruesas de la finas, en el caso de los yacimientos aluviales se busca separar primero las rocas mediante uso de rieles, cedazos, trommels, zaranda estáticas o vibratorias.

Los sistemas mas usuales y rudimentarios para la recuperación de oro por gravimetría suele ser las canaletas, estas a su vez tiene el piso recubierto con materiales fibroso, detalle este que permite que las partículas libre de oro se

concentren con la ayuda de la adherencia, o resistencia al flujo turbulento. Los materiales fibrosos mas usuales suelen ser alfombras sintéticas, o inclusive cobijas; es aconsejable colocar trampilla transversales cobre el piso de la canaleta.

Otros sistemas de recuperación gravimétrica se basa en el incremento de la gravedad por la aplicación de fuerza centrifuga, lo que multiplicado por la alta densidad de los metales preciosos permite que las densidades proyectadas tenga un mayor diferencial entre uno y otro elemento. Esto son los llamados equipos de medios densos, que viene a ser la fuerza aplicada a equipos de formas cónica, tales como los concentradores Falcon, Knudsen y Knelson que viene ser el mas eficiente de todos en condiciones ideales.

Es pertinente aclarar que la eficiencia de la concertación gravimétrica en estos equipos ocurre cuando las partículas de los metales están libres.

Amalgamación

Operación obsoleta que se basa en la alta densidad de los metales valiosos y las fuerzas de tensión superficial sobre la superficie del mercurio. Esta operación se basa, consecuentemente en la alta afinidad del mercurio por el oro y la plata, aunque ciertamente es posible forzar amalgamación con otros elementos metálicos, tal como la formación de amalgamas para uso dental en la que actualmente se usa zinc, o la frotación del mercurio en bandejas de cobre como planchas amalgamadoras. Este fenómeno es mas comparable con una mezcla agua tiera como es el caso de la formación de barro.

Es un error considerar que una amalgama es una aleación, esto debido a que una amalgama es una simple mezcla no homogénea de cualquier elemento metálico con el mercurio, metal que en condiciones normales de presión y temperatura es un líquido. Las aleaciones, en cambio se obtienen por una mezcla íntima de sus componentes, en las que los componentes están distribuidos uniformemente en cualquier parte del sólido. Las aleaciones generalmente se obtienen por la fusión de todos sus componentes (cosa que no ocurre en la amalgamación) por lo que la mezcla es totalmente homogénea, algo así como una solución sólido-sólido.

Dicho lo anterior, y como para aclararlo aun mejor sabemos que es posible que se puedan amalgamar partículas de oro tan gruesas como de un milímetro a tal punto que interiormente dicha partícula seguirá siendo únicamente de oro, consecuentemente no es una aleación.

Esta es una operación contaminante muy difundida y que debería ser erradicada de las prácticas de recuperación de metales preciosos, además de ser muy costosa, sumamente contaminante y deficiente. Adicionalmente en los últimos años la tendencia de precios ha sido hacia arriba tornándose además en una operación cara, esto debido al cierre de algunas operaciones mercuríferas tal como la mina de Almadeen en España.

Flotación de Minerales

Las operaciones de flotación, como un proceso de concentración, tienen como objetivo la recuperación de los metales de interés, contenido en un mineral, en forma impura pero al mismo tiempo enriquecida. En este tipo de operaciones se basan en las características hidrofóbicas de ciertos componentes de los minerales (típicamente el azufre) a efectos, que al introducir aire se forme burbujas (flotación por espumas) y estas partículas de mineral se adhieran a las burbujas y floten a la superficie donde son extraídos como concentrados.

La flotación muchas veces requiere de cierta inducción por reactivos, aunque inicialmente la flotación era un operación recomendada solo para minerales sulfurados hoy por hoy, y desde hace mucho, es posible flotar minerales oxidados debido a la aplicación y uso de reactivos que dan características hidrofóbicas a los elementos de interés en la mena.

Reactivos

Los principales reactivos a usarse en las operaciones y procesos de flotación son, en forma genérica, los siguientes:

Depresores:
Son reactivos que inhiben a ciertos elementos a fin de que no floten durante la operación, es decir que se mantienen debajo de la línea de espuma. Este tipo de reactivos se usan el la flotación diferencial o selectiva, o simplemente para evitar que se sumen al concentrado elementos indeseables

Colectores:
Contrariamente a los depresores los colectores se usa a fin de que los elementos valiosos pueda adherirse a la superficie de las burbujas, de manera tal que sea justamente los elementos concentrados como producto.

Espumantes:
Este tipo de reactivos son aquellos que producen las espuma el por el ingreso de aire, firmándose burbujas lo suficientemente fuertes y estables.

En general los reactivos a usarse, así como su dosificación, dependen de las características propias de cada mineral

Máquinas, Equipos y Materiales

Una operación de flotación convencional usualmente requiere de los siguientes equipos

- Chancadora de quijada. (primaria)
- Zaranda Vibratoria
- Faja Transportadora

- Chancadora de Cónica o de quijada (secundaria)
- Chancadora de rodillos. (alternativamente)
- Faja Transportadora
- Tolva de Finos (Stock)
- Molino de bolas.
- Clasificador (helicoidal sinfín o hidrociclón)
- Celdas de flotación.(en banco o unitarias)
- Esperadores.

Fundición y Tostación

Son procesos pirometalúrgico cuyas aplicaciones se recomiendan en el caso de metales de alta ley tales como concentrados diversos. En el caso de la tostación este se considera un proceso previo, es decir que se trata de un pre tratamiento a efectos de que el mineral o concentrado se vuelva dócil a algún proceso de ataque químico con reactivos convencionales.

En la fundición los metales son colectados por fusión debido a altas temperaturas, siendo así que se concentra en el fondo del recipiente que los contiene, usualmente un crisol. Además la fundición en pequeña escala se realiza al oro físico obtenido por diversos procesos lo que permite un afino pero además permite homogenizar el material como aleación, del oro y sus impurezas.