



INGENIERÍA EN MINAS Y METALURGIA

MANUAL DE PRÁCTICAS DE METALURGIA II.



ÍNDICE

PRÁCTICA 1	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MINERALES Y ROCAS	2
PRÁCTICA 2	DETERMINACIÓN DE DENSIDADES DE PULPAS DE MINERAL.....	4
PRÁCTICA 3	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PARA MOLIENDA DE MINERALES CON AGUA EN MOLINO DE BOLAS DE ACERO	5
PRÁCTICA 4	CONCERTACIÓN GRAVIMÉTRICA EN MESA DE WILFLEY DE UN MINERAL DE ORO EN MATRAZ DE CUARZO	7
PRÁCTICA 5	CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA EN CONCENTRADOR KNELSON DE UN MINERAL DE ORO	9
PRÁCTICA 6	FLOTACIÓN DE PIRITAS AURÍFERAS FLOTACIÓN DE BULK O EN MASA.....	12
PRÁCTICA 7	FLOTACIÓN DE SULFUROS DE COBRE	15
PRÁCTICA 8	FLOTACIÓN DE SULFÚRICOS Y SULFOSALES DE PLATA	18
PRÁCTICA 9	FLOTACIÓN DIFERENCIAL PLOMO - ZINC	21
PRÁCTICA 10	FLOTACIÓN ANIÓNICA DE MINERALES NO METÁLICOS	25

PRÁCTICA 1 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MINERALES Y ROCAS

Introducción: La densidad de los minerales y roca es una propiedad física que se aprovecha para concentrar minerales de interés económico y para el control de proceso en la industria metalúrgica.

La densidad o peso específico de un mineral está directamente relacionado a la densidad del agua cuyo máximo valor es prácticamente 1 (0.999973) a una temperatura de 4°C centígrados, las unidades se expresan en gr/cm^3 o kg/L .

Las determinaciones son una práctica sencilla empleando el principio de Arquímedes que establece que un sólido sumergido en agua pierde peso en una cantidad igual al peso de un volumen igual de agua (volumen de agua desalojado) este volumen es igual al volumen del sólido (mineral).

Por lo tanto la densidad de un mineral es igual al peso de un mineral divide entre el volumen de agua desalojado.

Volumen de mineral que es igual volumen de agua o líquido desalojado.

Objetivo: Basados en el principio hidrostático de Arquímedes, determinar la densidad por dos métodos diferentes.

- 1.- Empleando la balanza y probeta graduada (método de campo)
- 2.- Método Le-Chatelier utilizando balanza y matraz graduado, este método proporciona mayor precisión que el primero.

Equipo y material que se utiliza:

- Balanza granataria
- Balanza analítica
- Probeta o recipiente graduado de 200 o 300 ml.
- Embudos
- Matraz graduado de Le-Chatelier
- Muestras de mineral
 - Cuarzo Caliza Barita
 - Hematita

Procedimiento:

Método de balanza y probeta graduada.

1. Pesar entre 1000 y 1200 gr. de mineral.
2. Llenar con agua al nivel de 2000 ml. una probeta o recipiente con capacidad de 3000 ml.
3. Introducir cuidadosamente el mineral.
4. Medir el volumen de agua desalojado.
5. Determinar la densidad.

Nota: algunos minerales absorben agua, este último proceso debe permitirse que continúe hasta que la sustancia esté saturada, se deben excluir las burbujas de aire.

Método de Le-Chatelier.

Cuando la naturaleza de la determinación requiere alto grado de precisión se utilizan los picnómetros, un tipo de picnómetro es el matraz volumétrico de Le-Chatelier

Caso práctico

Se determinara la densidad de la barita molida a 100% - 100 mallas, mineral que con un mínimo de 4.23 de densidad utiliza la industria petrolera en la perforación de pozos por ser químicamente inerte y de alta densidad.

Para la determinación se utiliza petróleo o diésel en lugar de agua, por la posible existencia de sales minerales solubles en el agua que provocarían resultados erróneos.

Procedimiento:

1. Pesar 80 gr. de mineral
2. Llenar el matraz con petróleo o diésel a la marca de 0
3. Introducir el mineral utilizando el embudo
4. Leer en la graduación del matraz el volumen del liquido desalojado por el mineral.
5. Calcular la densidad del mineral.

Resultados:

El alumno debe reportar los valores de densidad determinados para cada mineral

PRÁCTICA 2 DETERMINACIÓN DE DENSIDADES DE PULPAS DE MINERAL

Introducción: La proposición de mineral en una pulpa generalmente se expresa en por ciento de sólidos por peso (% de sólidos), la diferencia a 100% en peso es el agua.

Conociendo la densidad del mineral y determinando la densidad de la pulpa, pesando un litro en una balanza de densidades de pulpas, se determina primeramente el peso del mineral y enseguida el % de sólidos

Fórmulas:

$$\text{Peso del mineral} = \text{Peso de pulpa} - \frac{\text{Vol. Pulpal}}{1 - \frac{1}{d}}$$
$$\% \text{ sólidos} = \frac{\text{Peso mineral}}{\text{Peso pulpa}} * 100$$

Objetivo: La determinación de las densidades de pulpas por medio de una balanza es una importante herramienta de control en los procesos metalúrgicos de concentración de minerales que se realizan con agua.

Material que se utiliza:

- Balanza de densidades de pulpa
- Muestra de mineral molido de densidad conocida

Procedimiento:

1. El instructor proporcionará un litro de pulpa con mineral de densidad conocida
2. Se pesa el litro en una balanza para obtener el peso de la pulpa.
3. Calcular

Resultados:

Reportar la densidad de la pulpa, el peso del mineral contenido en un litro de pulpa y el % en peso del mineral en la pulpa.

PRÁCTICA 3 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PARA MOLIENDA DE MINERALES CON AGUA EN MOLINO DE BOLAS DE ACERO

Introducción: Una operación muy importante en los procesos de metalurgia extractiva es la molienda de minerales que sirve para liberar los minerales de interés económico de los minerales sin valor (ganga).

En el laboratorio también es una operación básica para realizar las pruebas metalúrgicas de los diferentes procesos industriales y también las pruebas correspondientes al proceso práctico enseñanza aprendizaje.

Objetivo: Determinar el tiempo requerido para reducir de tamaño un mineral con tamaño máximo de partícula de 8 mallas (2.362 mm) a un tamaño de 70 mallas (212 micras o 212 μ m.); el tiempo de molienda es diferente para cada mineral debido fundamentalmente a la diferencia de dureza y otras propiedades como la fragilidad y la tecnicidad.

Equipo y material que se utiliza:

- Balanza gravitatoria
- Molino de bolas tamaño 8 pulgadas de diámetro y 7.5 pulgadas de longitud con una carga de bolas de acero de 11 kg. Con capacidad para moler 1 kg de mineral con tamaño máximo de 8 mallas en pulpa de 62 a 65% de sólidos
- Criba de laboratorio de 70 mallas
- Plato de tentaduras
- Muestra de mineral y estufa de secado

Mineral típico de plomo - zinc conteniendo galena y esfalerita que para la liberación de valores requiere una molienda de 90% a – 70 mallas con aproximadamente 55% a – 200 mallas. (Molienda típica para flotación).

Procedimiento:

1. Pesar 1 kilo de mineral triturado a – 8 mallas
 2. Colocar el mineral en el molino
 3. Adicionar 600 ml de agua para tener una pulpa entre 62 y 65% de sólidos.
 4. Cerrar el molino y colocarlo en la mesa de rodillos
 5. Accionar el molino por un tiempo de 12 min.
 6. Descargar el molino
 7. Cribar el mineral en agua utilizando la malla 70
 8. El producto retenido sobre la criba, filtrarlo, secarlo y pesarlo.
- Si este producto pesa más de 100 gr. (10% en peso) se requiere más tiempo de molienda, si el peso está entre 2 y 10% en peso la molienda es aceptable
9. En el supuesto de que se requiera mayor tiempo de molienda repetir la operación anterior con otro kilo de muestra hasta determinar el tiempo apropiado.

Nota: En éste tipo de minerales se facilita observar con microscopio estereoscópico o lente de 20 aumentos la liberación de valores en una muestra colocada en plato de tentaduras.

Resultados:

El alumno debe realizar comentarios sobre esta práctica y en especial acumular datos y comparar los tiempos de molienda para los diferentes minerales que son utilizados en las prácticas de esta materia; de ésta manera comprenderá que un molino industrial de determinadas dimensiones, proporciona el doble de capacidad en un mineral que el mismo molino con otro mineral de mayor dureza.

PRÁCTICA 4 CONCERTACIÓN GRAVIMÉTRICA EN MESA DE WILFLEY DE UN MINERAL DE ORO EN MATRAZ DE CUARZO

Introducción: las mesas son máquinas que concentran en base a superficie inclinada, flujo de agua y aceleración lateral (sacudidas).

Por lo general el tamaño máximo de partícula de mineral debe ser 20 mallas (850 micras);

La mejor eficiencia se logra en el rango de tamaños de 20 a 200 mallas (850 a 75 micras) Las mesas trabajan con una vez la fuerza de gravedad.

Objetivo: Demostración de que la concentración por gravedad es un método para separar partículas de minerales de diferente densidad por razón de sus diferencias en movimiento en respuesta a las acciones que ejercen sobre las partículas, la gravedad y otras fuerzas, principalmente la hidráulica (el agua)

Equipo y material que se utiliza:

- Balanza gravitatoria
- Molino de bolas tamaño 8 pulgadas de diámetro y 7.5 pulgadas de longitud malla no.3
- Mesa Wilfley tamaño 40 x 18 pulgadas
- Plato de tentaduras
- Filtro de vacío
- Estufa eléctrica para el secado de productos
- Materiales menores (charolas, cubetas, cucharón)
- Mineral: La muestra de mineral es típica de vetas de cuarzo y feldespatos con valores de oro y plata que se localizan en yacimientos minerales de la sierra madre occidental.

El oro se presenta en forma nativa y como electrum (aleación natural de oro y plata), parte del oro está asociado a piritas y óxidos de hierro.

Con molienda a -30 mallas existe un 70% de liberación de valores

Al final de la prueba se obtiene un concentrado de minerales pesados (piritas, óxidos de hierro, oro y electrum) y las colas, del proceso que son susceptibles de remolerse (para completar la liberación de valores), y someterse al proceso de flotación para la recuperación del resto del oro y la plata (ver práctica 6).

Procedimiento:

1. Molienda del mineral (2 kg)

- Pesar 1 kg de mineral triturado a - 8 mallas y colocarlo en el interior del molino.
- Adicionar 600 ml de agua para tener 62% de sólidos en la pulpa
- Accionar el molino y proporcionar un tiempo de molienda de 12 minutos para

tener una molienda mínima de 95% a - 30 mallas, el tiempo de molienda se determina previamente siguiendo el procedimiento de la práctica 3

- Repetir la operación de molienda con otro kilo de mineral

2. Concentración en la mesa

- Alimentar la pulpa e mineral a la mesa con un cucharón a un ritmo estimado de 400 gramos de sólidos por minuto
- Se observa en la superficie de la mesa la separación de los minerales pesados y de los minerales de menor densidad
- Se obtienen los dos productos por separado denominándose concentrado gravimétrico a los minerales pesados y colas a los minerales ligeros.
- Con lente de 20 aumentos será posible observar el oro nativo y/o electrum haciendo una o varias tentaduras del concentrado gravimétrico.

3. Filtrado y secado de productos

- Los productos se decantan y filtran en el filtro de vacío
- Se colocan en charolas y se introducen a la estufa para secarlos a una temperatura máxima de 90 centígrados

4. Peso de productos y preparación para análisis químicos.

- Se pesan los productos y se pulverizan a un tamaño aproximado de 100 mallas, no es conveniente utilizar malla o criba pues el oro nativo y el electrum por su alta maleabilidad tienden a laminarse. (De las colas únicamente se pulveriza una muestra representativa de 200 gramos).
- Cuando se requiere una mayor precisión del análisis químico entonces si se utiliza la malla 100 o 150 y se analizan por separado el producto que pasa y el que queda retenido sobre la malla, al final se hace un balance metalúrgico y el resultado del análisis se reporta como oro total

Algunas empresas y en determinados casos funden todo el concentrado gravimétrico para tener un resultado analítico altamente confiable.

Nota: por lo general, el instructor proporciona para las prácticas muestras de mineral de composición química conocida, y en consecuencia el instructor proporciona también análisis químicos aproximados de los productos.

Resultados:

El alumno debe desarrollar un breve reporte de la práctica que debe incluir:

- Un balance metalúrgico a partir de los pesos de los productos y de los análisis químicos proporcionados por el instructor
- Comentarios y observaciones sobre el proceso en el laboratorio.

PRÁCTICA 5 CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA EN CONCENTRADOR KNELSON DE UN MINERAL DE ORO

Introducción: Los concentradores centrífugos Knelson para recuperación de oro nativo, aleaciones naturales de oro y plata (electrum) y otros metales preciosos, son parte de nuevos equipos que se han desarrollado para eficientar los procesos gravimétricos en la metalurgia extractiva.

Estos equipos intensifican las fuerzas gravitacionales a fin de que la separación de partículas tenga lugar a un valor de varias veces la fuerza de la gravedad, incrementando la recuperación de valores al concentrar partículas de tamaño muy pequeño, estos equipos proporcionan alta capacidad.

Los campos de aplicación básicos son:

1. Recuperación de oro de yacimientos tipo placer
2. Oro que se recupera de minerales, en plantas que utilizan equipo gravimétrico en un cien por ciento
3. Oro que se recupera en circuitos de molienda en plantas de cianuración con tanques agitados.

Objetivo: Demostración y aplicación de recipientes y desarrollos tecnológicos en materia de concentración por gravedad.

Equipo y material que se utiliza:

- Balanza granataria
 - Molino de bolas tamaño 8 pulg. De diámetro y 7.5 pulg. de longitud
 - Malla No. 20 y malla No.10
 - Concentrador Knelson kc-md3 con criba para limitar el tamaño de partícula a 10 mallas (1.651 mm)
 - Plato de tentaduras
 - Filtro de vacío
 - Estufa eléctrica para el secado de productos
 - Materiales menores (charolas, cubetas, cucharón)
 - Alternativas de mineral
1. Muestra de yacimiento de placer (arenas de placer) donde hay que cribar por malla 10 y alimentar al concentrador el producto a - 10 mallas
 2. El mismo mineral utilizado para la práctica anterior (No.4)

El concentrador Knelson de laboratorio produce un pequeño concentrado (entre 70 y 200 gr) que permite hacer análisis de laboratorio y estudio de las cosas de proceso.

Procedimiento:

1. Preparación de la muestra (mínimo 4 kg)

El tamaño de partícula que admite el concentrador es 10 mallas (1.651 ml) en pulpa cuyo % en de sólidos puede ser de 1 a 75%.

Las arenas de placer tienen que ser cribadas por malla 10.

Para arenas o minerales que tienen que ser molidos se seguirá el procedimiento para determinar el tiempo de molienda indicado en la práctica No. 3

Como regla práctica el mineral con su granulometría apropiada se colocará en bandejas y se le agregará agua para tener aproximadamente 50% de pulpa que se alimentará al concentrador.

2. Operación del concentrador

El cono del concentrador tiene una velocidad de 1455 rpm, esta velocidad rotacional produce una aceleración centrífuga de 60 veces la fuerza de la gravedad y recomiendan iniciar pruebas con un flujo de agua de fluidificación de 3.5 litros por minuto.

El concentrador tiene una capacidad máxima de 45 kg sólidos por hora (750 gr por minuto)

Secuencia de la operación:

1. Abrir la válvula del agua de fluidificación
2. Accionar el interruptor del motor eléctrico
3. Ajustar con la válvula de aguja el flujo de agua de fluidificación a 3.5 litros por minuto (la lectura la proporciona el medidor de flujo anexo).
4. Iniciar la alimentación de la pulpa utilizando un cucharón a un ritmo estimado de 750 gramos de sólidos por minuto.
5. Es muy importante que al terminar de alimentar la pulpa cerrar primeramente la válvula de agua de fluidificación.
6. Después de cerrar la válvula bajar el interruptor para parar el motor.
7. Descargar el concentrado del cono del concentrador.
8. Colocar un plato de tentaduras en el nivel inferior y al centro del recipiente portador del cono, abrir la válvula y recuperar el concentrado fino (si acaso existe).
9. Juntar los dos concentrados y observar con lente de 20 aumentos haciendo uno o varias tentaduras del concentrado.

3. Filtrado y secado de productos.

Los productos se decantan y filtran en el litro de vacío

Se colocan en charolas y se introducen a la estufa para secarlos a una temperatura máxima de 90°C

4. Peso de productos y preparación para análisis químicos.

Se pesan los productos y se pulverizan a un tamaño aproximado de 100 mallas, no es conveniente utilizar malla o criba pues el oro nativo y el electrum por su alta maleabilidad tienden a laminarse, (de las colas únicamente se pulveriza una muestra representativa de 200 gr).

Cuando se requiere una mayor precisión del análisis químico entonces si se utiliza la malla, al final se hace un balance metalúrgico y el resultado del análisis se reporta como oro total.

Algunas empresas y en determinados casos funden todo el concentrado gravimétrico para tener un resultado analítico altamente confiable.

Nota: Por lo general, el instructor proporciona para las prácticas muestras de mineral de composición química conocida, y en consecuencia el instructor proporciona también análisis químicos aproximados de los productos

Resultados:

El alumno debe desarrollar un breve reporte de la práctica que de incluir:

- Un balance metalúrgico a partir de los pesos de los productos y de los análisis químicos proporcionados por el instructor.
- Comentarios y observaciones sobre el proceso en el laboratorio.

PRÁCTICA 6 FLOTACIÓN DE PIRITAS AURÍFERAS FLOTACIÓN DE BULK O EN MASA

Introducción: Las especies minerales de oro y plata con frecuencia se encuentran asociadas a los sulfuros y metales básicos como el plomo, cobre, fierro y esporádicamente el zinc y el arsénico.

El proceso de flotación por espuma es el más importante proceso de concentración primaria que se utiliza para obtener el cobre, el plomo, el zinc y el fierro en forma de sulfuros, la recuperación de este último es importante por ser portador de metales preciosos (oro y plata) en algunos yacimientos minerales.

En otros tipos de yacimientos, con minerales de sulfuros de cobre, plomo y zinc las piritas son estériles en oro y plata y tienen que ser deprimidas (impedir su flotación), para obtener buena calidad de los concentrados de los metales básicos (se observara en prácticas siguientes).

Objetivo: Proporcionar al estudiante experiencia en la realización de pruebas de flotación Bulk también denominada flotación en masa, para la recuperación de oro y plata en un concentrado de piritas.

Equipo y material que se utiliza:

- Balanza granataria
- Balanza analítica
- Molino de bolas tamaño de 8 pulg. de diámetro y 7.5 pulg. de longitud
- Celda de flotación de laboratorio marca Denver tipo sub-A modelo D-12
- Plato de tentaduras
- Filtro de vacío y estufa para filtrado y secado de productos
- Potenciómetro o papel medidor de pH
- Agitador magnético
- Materiales menores (charolas, cubetas, probetas, alimentadores de reactivos)
- Reactivos de flotación
 - Xxantato amílico de potasio (x-350) colector Aeroprometer 404
 - colector Teutón 100 espumante

- Mineral:

La muestra de mineral es típica de vetas de cuarzo y feldespatos con valores de oro y plata que se localizan en yacimientos minerales de la Sierra Madre Occidental.

El oro se presenta como eletrum (aleación natural de oro y plata) y la plata en forma de sulfuros, estos valores están asociados a piritas y escasa galena calcopirita y esfalerita.

Los concentrados de flotación con los valores de oro y plata tradicionalmente se venden a fundiciones de plomo y de cobre.

Procedimiento:**1. Preparación de reactivos.**

El xantato amílico de potasio y el aeroprometer 404 se preparan en soluciones de 1% de concentración en peso, es decir 1 gr en 100 ml de agua.

El espumante (teutón 100) es un líquido de baja viscosidad y se agrega directamente (sin diluir), a través de un gotero o jeringa, cuya gota tiene que ser previamente pesada, (en nuestro caso cada gota pesa 20 mg).

2. Molienda del mineral

- Pesar 1 kg del mineral triturado a - 8 mallas y colocarlo en el interior del molino
- Adicionar 600 ml de agua para tener entre 62 y 65% de sólidos en la pulpa
- Agregar 3 ml de la solución de xantato y 3 ml de la solución aeroprometer 404
- Accionar el molino y proporcionar un tiempo de molienda de 15 minutos para tener una molienda de mineral a 55% - 200 mallas, el tiempo de molienda se determina previamente siguiendo el procedimiento de la práctica número 3

3. Flotación

- Descargar el molino recuperando la pulpa de mineral molido en el recipiente de la celda de flotación con volumen útil de 4.3 L (para tener aproximadamente un 20% de sólidos de flotación).
- Colocar la celda en la máquina de flotación

Nota: El impulsor de la máquina para ésta capacidad de celda debe trabajar a 1300 rpm que equivale a 1275 pies por minuto de velocidad periférica

- Accionar la maquina con la válvula del aire cerrada y agitar por un minuto y luego medir el pH

El valor del pH debe estar en el rango de 6.5 a 7.5, la pirita flota mejor a pH ligeramente ácidos (valores entre 6 y 7); en la industria se procura trabajar con pulpas de pH neutras o ligeramente alcalinas para evitar la corrosión del metal de los equipos.

- Agregar 1 gota de espumante del frasco - gotero y agitar (acondicionar) por 2 minutos manteniendo la válvula de aire cerrada
- Flotación.- Abrir la válvula del aire, se observa la formación de una cama de espuma compuesta por burbujas de aire cargadas con los minerales que se quieren separar (concentrado).

Recoger el concentrado en una charola y utilizar el plato de tentaduras para observar la calidad del concentrado.

Se debe tomar el tiempo desde que inicia hasta que se agote o termine la flotación.

4. Filtrado y secado de productos

Los productos obtenidos de la flotación: Concentrado, colas y medios en su caso, son filtrados en el filtro de vacío.

Si los productos presentan difícil asentamiento, es conveniente utilizar floculante y decantar el líquido claro antes de filtrar.

Cuando las colas (producto de mayor peso), presenten serios problemas de asentamiento, aun con floculante se puede tomar una muestra que contenga entre 50 y 100 gr de sólidos, cantidad suficiente para el análisis químico.

El peso de las colas se obtiene por diferencia con el peso del concentrado.

Los productos después de filtrados se colocan en charolas y se introducen a la estufa para secarlos a una temperatura máxima de 90°C

5. Peso de productos y preparación para análisis químicos:

Se pesan los productos, se disgregan y se colocan en bolsas debidamente identificadas para enviarlas a un laboratorio de análisis químico (si se requiere).

Nota: Por lo general, el instructor proporciona para las prácticas muestras de mineral de composición química conocida, y en consecuencia el instructor proporciona también análisis aproximados de los productos.

Resultados:

El alumno debe desarrollar un breve reporte de la práctica que debe incluir:

- Un balance metalúrgico a partir de los pesos de los productos y de los análisis químicos proporcionados por el instructor.
- Comentarios y observaciones sobre el proceso en el laboratorio y si es posible relacionarlo con el proceso a nivel industrial.

El aeroflat 238 y el xantato isopropilico de sodio se preparan por separado en una solución al 1% de concentración en peso (1 gr en 100 ml. de agua)

El espumante se dosifica con gotero (1 gota igual a 20 mg).

La cal hidratada se agrega directamente, la cantidad es previamente pesada.

2. Molienda del mineral

- Pesar 1 kg del mineral triturado a -8 mallas y colocarlo en el interior del molino
- Adicionar 600 ml de agua para tener entre 62 y 65% de sólidos en la pulpa
- Agregar 2 gr de cal hidratada para que desde la molienda inicie la acción depresora de las piritas
- Accionar el molino y proporcionar un tiempo de molienda de 15 minutos para tener una molienda de mineral a 55% - 200 mallas, el tiempo de molienda se determina previamente siguiendo el procedimiento de la práctica número 3

3. Flotación

- Descargar el molino recuperando la pulpa de mineral molido en el recipiente de la celda de flotación con volumen útil de 4.3 L (para tener aproximadamente un 20% de sólidos en la flotación)
- Colocar la celda en la máquina de flotación

Nota: El impulsor debe de trabajar a 1300 rpm que equivale a 1275 pies por minuto de velocidad periférica

- Accionar la máquina con la válvula del aire cerrada y agitar por un minuto y luego medir el pH

El valor de pH debe estar entre 10 y 10.5 si es necesario ajustar agregando cal hidratada

- Adicionar a la celda 3 ml de aerofloat 238 y 1 ml de xantato y agitar (adicionar) por 2 minutos.
- Agregar 1 gota de espumante del frasco - gotero y agitar (acondicionar) por 2 minutos manteniendo la válvula de aire cerrada
- Flotación.- Abrir la válvula del aire, se observa la formación de una cama de espuma compuesta por burbujas de aire cargadas con los minerales que se quieren separar (concentrado).

Recoger el concentrado en una charola y utilizar el plato de tentaduras para observar la calidad del concentrado.

Se debe tomar el tiempo desde que inicia hasta que se agote o termine la flotación.

4. Filtrado y secado de productos

Los productos obtenidos de la flotación: concentrado colas y medios en su caso, son filtrados en el filtro de vacío.

Si los productos presentan difícil asentamiento es conveniente utilizar floculante y decantar el líquido claro antes de filtrar.

Cuando las colas (producto de mayo peso), presenten serios problemas de asentamiento aun con floculante se puede tomar una muestra que contenga entre 50 y 100 gr de sólidos, cantidad suficiente para el análisis químico.

El peso de las colas se obtiene por diferencia con el peso del concentrado.

Los productos después de filtrados se colocan en charolas y se introducen a la estufa para secarlos a una temperatura máxima de 90°C.

5. Peso de productos y preparación para análisis químicos

Se pesan los productos, se disgregan y se colocan en bolsas debidamente identificadas para enviarlas a un laboratorio de análisis químico (si se requiere).

Nota: Por lo general, el instructor proporciona para las prácticas muestras de mineral de composición química conocida, y en consecuencia el instructor proporciona también análisis aproximados de los productos.

Resultados:

El alumno debe desarrollar un breve reporte de la práctica que debe incluir:

- Un balance metalúrgico a partir de los pesos de los productos y de los análisis químicos proporcionados por el instructor.
- Comentarios y observaciones sobre el proceso en el laboratorio y si es posible relacionarlo con el proceso a nivel industrial.

Procedimiento:

1. Preparación de reactivos

El xantato isopropilico de sodio se prepara en una solución de 1% de concentración en peso (1 gr en 100 ml de agua).

El aerofloat 25 y el espumante se dosifican con gotero (1 gota aerofloat 25 igual a 25 mg) 1 gota de espumante igual a 20 mg

2. Molienda del mineral

- Pesar 1 kg del mineral triturado a - 8 mallas y colocarlo en el interior del molino
- Adicionar 600 ml de agua para tener entre 62 y 65% de sólidos en la pulpa
- Agregar 1 gota de aerofloat 25 y 2 ml de solución de xantato.
- Accionar el molino y proporcionar un tiempo de molienda de 15 minutos para tener una molienda de mineral a 55% - 200 mallas, el tiempo de molienda se determina previamente siguiendo el procedimiento de la práctica 3

3. Flotación

- Descargar el molino recuperando la pulpa de mineral molido en el recipiente de la celda de flotación con volumen útil de 4.3 L (para tener aproximadamente un 20% de sólidos en la flotación).
- Colocar una celda en la máquina de flotación.

Nota: El impulsor de la máquina para esta capacidad de celda debe trabajar a 1300 rpm que equivale a 1275 pies por minuto de velocidad periférica

- Accionar la máquina con la válvula del aire cerrada y agitar por un minuto y luego medir el pH.

El rango de pH debe estar entre valores de 6.8 a 8

- Agregar 1 gota de espumante del frasco - gotero y agitar (acondicionar) por 2 minutos manteniendo la válvula de aire cerrada.
- Flotación.- Abrir la válvula del aire, se observa la formación de una cama de espuma compuesta por burbujas de aire cargada por con los minerales que se quieren separar (concentrado).

Recoger el concentrado en una charola y utilizar el plato de tentaduras para observar la calidad del concentrado.

Se debe tomar el tiempo desde que inicia hasta que se agote o termine la flotación.

4. Filtrado y secado de productos

Los productos obtenidos de la flotación: Concentrado, colas y medios en su caso, son filtrados en el filtro de vacío.

Si los productos presentan difícil asentamiento es conveniente utilizar floculante y decantar el líquido claro antes de filtrar.

Cuando las colas (producto de mayor peso), presenten serios problemas de asentamiento aun con floculante se puede tomar una muestra que contenga entre 50 y 100 gr de sólidos, cantidad suficiente para el análisis químico.

El peso de colas se obtiene por diferencia con el peso del concentrado

Los productos después de filtrados se colocan en charolas y se introducen a la estufa para secarlos a una temperatura máxima de 90°C.

5. Peso de productos y preparación para análisis químicos

Se pesan los productos, se disgregan y se colocan en bolsas debidamente identificadas para enviarlas a un laboratorio de análisis químico (si se requiere).

Nota: Por lo general, el instructor proporciona para las prácticas muestras de mineral de composición química conocida, y en consecuencia el instructor, proporciona también análisis aproximados de los productos.

Resultados:

El alumno debe desarrollar un breve reporte de la práctica que debe incluir:

- Un balance metalúrgico a partir de los pesos de los productos y de los análisis químicos proporcionados por el instructor.
- Comentarios y observaciones sobre el proceso en el laboratorio y si es posible relacionarlo con el proceso a nivel industrial.

PRÁCTICA 9 FLOTACIÓN DIFERENCIAL PLOMO - ZINC

Introducción: Las empresas mineras con yacimientos minerales polimetálicos (plomo, plata, cobre, zinc), emplean este proceso para la concentración de los minerales que contienen estos metales; los concentrados que obtienen los venden por separado a fundiciones de plomo - plata y a refinerías electrolíticas de zinc; en donde se obtienen los diferentes metales y aleaciones que requieren otras ramas de la industria.

En la flotación diferencial plomo - zinc es una práctica común flotar primeramente los sulfuros de plomo (galena) utilizando como depresor de los sulfuros de zinc (esfalerita) el sulfato de zinc (ZnSO_4) y como depresor de la pirita el cianuro de sodio (NaCN); en la flotación de sulfuros de plomo no es recomendable utilizar cal para deprimir la pirita porque la cal también tiende a deprimir la galena.

Después de producir el concentrado de plomo se ajustan las condiciones de flotación para recuperar los sulfuros de zinc, primeramente se agrega cal para deprimir la pirita y enseguida se agrega sulfato de cobre (CuSO_4) para activar los sulfuros de zinc y flotarlos con colectores tipo xantato.

Objetivo: A partir del mismo mineral que contiene sulfuros de plomo y plata y sulfuros de zinc obtener 2 concentrados, el primero con valores de plomo y plata y el segundo con valores de zinc.

Equipo y material que se utiliza:

- Balanza granataria
- Balanza analítica
- Molino de bolas tamaño 8 pulg. de diámetro y 7.5 pulg. de longitud
- Celda de flotación de laboratorio marca Denver tipo sub-A modelo D-12
- Plato de tentaduras
- Filtro de vacío y estufa para filtrado y secado de productos
- Potenciómetro o papel medidor de pH
- Agitador magnético
- Materiales menores (charolas, cubetas, probetas, alimentadores de reactivos)
- Reactivos de flotación
 - Sulfato de monohidratado
 - Cianuro de sodio
 - Sulfato de cobre pentahidratado
 - Cal hidratada
 - Espumante (teutón 100)
 - Aeroflat 25
 - Xantato isoprobilico de sodio x-343
- Mineral: Mineral de plomo - zinc conteniendo galena y esfalerita con pirita como un mineral accesorio.

Procedimiento:**1. Preparación de reactivos**

Los siguientes reactivos se preparan en una solución al 1% de concentración en peso (1 gr en 100 ml de agua), sulfato de zinc, cianuro de sodio, sulfato de cobre y xantato isopropilico de sodio.

El aerofloat 25 y el espumante se dosifican con gotero

La cal hidratada se agrega directamente hasta alcanzar un pH entre 10.5 y 11, la cantidad es previamente pesada.

2. Molienda del mineral

- Pesar 1 kilo del mineral triturado a - 8 mallas y colocarlo en el interior del molino
- Adicionar 600 ml de agua para tener entre 62 y 65% de sólidos en la pulpa
- Agregar 20 ml de solución de sulfato de zinc y 5mL de solución de cianuro de sodio
- Accionar el molino y proporcionar un tiempo de molienda de 15 minutos para tener una molienda de mineral a 55% - 200 mallas, en el tiempo de molienda se determina previamente siguiendo el procedimiento de la práctica número 3

3. Flotación de plomo (galena)

- Descargar el molino recuperando la pulpa del mineral molido en el recipiente de la celda de flotación con volumen útil de 4.3 lts (para tener aproximadamente un 20% de sólidos en la flotación)
- Colocar la celda en la máquina de flotación

Nota: El impulsor de la máquina para esta capacidad de celda debe trabajar a 1300 rpm que equivale a 1275 pies por minuto de velocidad periférica

- Accionar la maquina con la válvula del aire cerrada y agitar por un minuto y luego medir el pH, anotar este valor.
- Agregar 1 gota de aerofloat 25 (que pesa 25 mg) y mililitros de la solución de xantato y agitar (acondicionar) por 2 minutos, con la válvula del aire cerrada.
- Agregar 1 gota de espumante del frasco - gotero y agitar (acondicionar) por 2 minutos manteniendo la válvula cerrada
- Flotación: Abrir la válvula del aire se observa la formación de una cama de espuma compuesta por burbujas de aire cargada con los minerales que quieren separar.

Recoger el concentrado en una charola y utilizar el plato de tentaduras para observar la calidad del concentrado.

Se debe tomar el tiempo desde que inicia hasta que se agote o termine la flotación.

4. Flotación de zinc (esfalerita)

En la pulpa de la flotación (colas de flotación de plomo), preparar las condiciones para recuperar la esfalerita agregando primeramente cal hidratada hasta alcanzar un pH entre 10.5 y 11, agitando por 2 minutos.

- Enseguida agregar 20 ml. de solución de sulfato de cobre y acondicionar por 2 minutos
- Agregar 3 ml de solución de xantato isopropílico de sodio y 1 gota de espumante y acondicionar por 2 minutos
- Flotación: Abrir la válvula del aire y flotar la esfalerita recogiendo el producto en una charola, tomar el tiempo de flotación.

5. Filtrado y secado de productos

Los productos obtenidos de la flotación: Concentrados colas y medios en su caso, son filtrados en el filtro de vacío.

Si los productos presentan difícil asentamiento es conveniente utilizar floculante y decantar el líquido claro antes de filtrar.

Cuando las colas (producto de mayor peso), presenten serios problemas de asentamiento aun con floculante, se puede tomar una muestra que contenga entre 50 y 100 gr de sólidos, cantidad suficiente para el análisis químico.

El peso de colas se obtiene por diferencia con el peso del concentrado.

Los productos después de filtrados se colocan en charolas y se introducen a la estufa para secarlos a una temperatura máxima de 90°C

6. Peso de productos y preparación para análisis químicos

Se pesan los productos, se disgregan y se colocan en bolsas debidamente identificadas para enviarlas a un laboratorio de análisis químicos (si se requiere).

Nota: Por lo general, el instructor proporciona para las prácticas muestras de mineral de composición química conocida, y en consecuencia el instructor proporciona también análisis aproximados de los productos.

Resultados:

El alumno debe desarrollar un breve reporte de la práctica que debe incluir:

- Un balance metalúrgico a partir de los pesos de los productos y de los análisis químicos proporcionados por el instructor.
- Comentarios y observaciones sobre el proceso en el laboratorio y si es posible relacionarlo con el proceso a nivel industrial.

PRÁCTICA 10 FLOTACIÓN ANIÓNICA DE MINERALES NO METÁLICOS

Introducción: La concentración por flotación de minerales no metálicos es más complicados que la de minerales metálicos (sulfuros); la dificultad se debe a que los sulfuros son cristales densos y bien definidos y de composición química también definida, los minerales no metálicos por otra parte son a menudo cristales porosos con impurezas incluidas y con grandes áreas de superficie que en consecuencia consumen mayor cantidad de reactivos, en muchas ocasiones es preferible eliminar, previo a la flotación, las partículas finas de mineral y ganga denominadas lamas, mediante clasificación con agua (deslamado), ésta operación reduce el consumo de reactivos y facilita la obtención de concentrados de buena calidad.

La aplicación en el Estado de Chihuahua se puede observar en el proceso de beneficio de los minerales de hierro de Hércules, donde las impurezas constituidas principalmente por fosfato de calcio (apatita) son flotados, quedando en la cola el mineral de hierro como producto de buena calidad (a este proceso se le ha denominado flotación inversa).

Las otras aplicaciones importantes de esta tipo de flotación es con la fluorita y la barita, el aumento de temperatura de la pulpa de flotación juega un papel muy importante en la eficiencia del proceso, particularmente en la fluorita donde la especificación de los compradores de concentrados de fluorita grado ácido establecen un mínimo de 98% de fluorita (CaF_2).

Objetivo: Observar y conocer los principales conceptos aplicables en la flotación de minerales no metálicos, tales como la barita, fluorita, fosfatos de calcio, óxidos de hierro, óxidos y carbonatos de manganeso, tungstatos de calcio y otros minerales, utilizando colectores tipo de ácido graso y sulfonatos de petróleo.

Equipo y material que se utiliza:

- Balanza granataria
- Balanza analítica
- Molino de bolas tamaño pulg. de diámetro y 7.5 pulg. de longitud
- Celda de flotación de laboratorio marca Denver tipo sub-A modelo D-12
- Plato de tentaduras
- Filtro de vacío y estufa para filtrado y secado de productos
- Potenciómetro o papel medidor de pH
- Agitador de magnético
- Materiales menores (charolas, cubetas, probetas, alimentador de reactivos).
- Reactivos de flotación
 - Carbonato de sodio (soda Ash)
 - Flotapol 2r eqm-96352 (ácido graso) o sulfonato de petróleo
 - Aceite diésel (si se requiere)
 - Metil isobutil carbinol MIBC (si se requiere)

- Mineral: Alternativas
Barita Fluorita
Óxidos de manganeso
Fosfatos de calcio (fosforita)

Procedimiento:

1. Preparación de reactivos

- Carbonato de sodio.- preparar una solución al 5% de concentración en peso (50 gr/L)
- Flotapol 2r (ácido graso). - dosificar con gotero
- En caso de utilizar sulfonato de petróleo diluir 3 gr en 300 ml de agua y calentar con agitación a 60°C (solución al 1% en peso)
- El diésel y el espumante MIBC dosificarlos con gotero, si se requieren

2. Molienda del mineral (la prueba se realizara con 2 kg de mineral)

- Pesar 1 kilo del mineral triturado a - 8 mallas y colocarlo en el interior del molino
- Adicionar 600 ml de agua para tener entre 62 y 65% de sólidos en la pulpa.
- Accionar el molino y proporcionar un tiempo de molienda de mineral a 55% - 200 malla, el tiempo de molienda se determina previamente siguiendo el procedimiento de la práctica 3
- Moler el otro kilo de mineral en forma semejante

3. Flotación

- Descargar el molino recuperando la pulpa de mineral molido en el recipiente de la caída de flotación con volumen útil de 4.3 L (para tener aproximadamente un)

3. Deslamado

Colocar la pulpa de los 2 kg de mineral molido en una bandeja de 10 a 12 L de capacidad y adicionar agua hasta tener un volumen de aproximadamente 8 L, con minerales arcillosos, el peso de este producto tiene que obtenerse ya que forma parte del balance metalúrgico

4. Acondicionamiento para flotación

- Colocar el mineral deslamado en la celda de flotación con volumen útil de 4.3 L utilizando el agua indispensable para tener un volumen de pulpa de 2.5 L aproximadamente (en este tipo de flotación el acondicionamiento de los reactivos es recomendable realizando con un mínimo de 50% de sólidos en la pulpa), y recordar que el acondicionamiento se realiza con la válvula del aire cerrada.
- Agregar solución de carbonato de sodio hasta alcanzar un pH de 9.0 (medir el volumen de solución empleado).

Agregar colector en la cantidad que el instructor especifique ya que depende del tipo y calidad del mineral con el que se practique.

Proporcionar tiempo de acondicionamiento de 2 minutos.

5. Flotación

Adicionar agua alcalinizada ($\text{pH}=9$) con carbonato de sodio al nivel de flotación y abrir la válvula del aire.

Observar la espuma, en este momento se determina si es necesario agregar espumante y/o diésel, si es el caso, cerrar el aire y acondicionar por un tiempo de 2 minutos.

Realizar la flotación tomando el tiempo.

Con frecuencia es necesario realizar hasta cuatro adiciones para tener una buena recuperación; el número de adiciones se determina mediante observación de la tentadora de una muestra de la cola que toma introduciendo en la celda un pequeño recipiente.

6. Filtrado y secado de productos.

Las lamas y los productos de la flotación se filtran y secan conforme a los procedimientos indicados en las prácticas anteriores

7. Peso de productos

Con el peso de los productos y los análisis aproximados que el instructor proporcione el alumno puede elaborar un balance metalúrgico.

Resultados:

Además del balance metalúrgico el alumno debe incluir en su reporte comentarios sobre el balance, el proceso y el cálculo de la cantidad de los recursos utilizados expresados en gramos por tonelada de mineral.

