



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Flotación de minerales

Laboratorio

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Elija un elemento. Ingeniería en Geociencias
2021
27/06/2025



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina
**Encargada del Despacho de la Secretaría
General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
**Encargado de Despacho de Secretario
General de Planeación**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
IDENTIFICACIÓN	5
<i>Carga Horaria de la asignatura</i>	<i>5</i>
<i>Consignación del Documento</i>	<i>5</i>
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	6
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	7
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	<i>7</i>
<i>Reglamento de uniforme</i>	<i>8</i>
<i>Uso adecuado del equipo y materiales.....</i>	<i>8</i>
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos.....</i>	<i>8</i>
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	<i>8</i>
<i>En caso de lesiones por golpe o caída.....</i>	<i>8</i>
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA..	14
PRÁCTICAS.....	3
FUENTES DE INFORMACIÓN	9
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	10
ANEXOS	3

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se definen manuales de práctica de laboratorio como elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

Señalar en este apartado brevemente los siguientes elementos según corresponda:

- Propósito del manual
- Justificación de su uso en el programa académico
- Competencias por desarrollar
 - **Competencias blandas:** Habilidades transversales que se refuerzan en las prácticas, como la comunicación, el trabajo en equipo, el uso de tecnologías, etc.
 - **Competencias disciplinares:** Conocimientos específicos del área del laboratorio, incluyendo fundamentos teóricos y habilidades técnicas.
 - **Competencias profesionales:** Aplicación de los conocimientos adquiridos en escenarios reales o simulados, en concordancia con el perfil de egreso del programa.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Flotación de minerales	
Clave	072CE011	Créditos	7
Asignaturas Antecedentes	052CP058, 052CP059	Plan de Estudios	2021

Área de Competencia	Competencia del curso
Evaluar la problemática y viabilidad económica de las operaciones de exploración, explotación y procesamiento de minerales, a fin de proponer, con iniciativa, sistemas o proyectos de mejora continua, para el desarrollo estratégico de las actividades de producción o cierre de minas, acordes a la legislación minera, laboral, ambiental y las normas de seguridad industrial.	Aplicar el conocimiento para definir de acuerdo con las características del mineral; granulometría, reactivos y tiempos adecuados para producir concentrados rentables que cumplan las regulaciones del mercado. Inculcar el interés por la investigación en el campo de flotación de minerales y aplicar los cálculos que se deben conocer en el desempeño de la profesión.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
3	1	1	1	90

Consignación del Documento

Unidad Académica
Fecha de elaboración
Responsables del diseño
Validación
Recepción

Unidad Académica Hermosillo

27/06/2025

Ricardo Recio Sánchez, Yezica Jazmín Solis Hernández, Paula Cristina Santos Munguía

Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

Señalar la relación de cada práctica con las competencias del perfil de egreso

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
Pruebas de flotación	Será capaz de aplicar métodos de separación por flotación para concentrar minerales valiosos, con la finalidad de evaluar la eficiencia del proceso, bajo condiciones experimentales controladas en un entorno de laboratorio, demostrando responsabilidad, trabajo en equipo y pensamiento crítico.

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general del laboratorio

1. La entrada al laboratorio debe ser ordenada, conservándose este orden durante el desarrollo de la práctica.
2. El tiempo de tolerancia para llegar y entrar al laboratorio será fijado por el maestro o el encargado del laboratorio.
3. Se prohíbe comer, beber y fumar dentro del laboratorio.
4. Toda persona que trabaje en el laboratorio deberá traer puesta su bata de manga larga, zapato cerrado, así como lentes de seguridad y demás equipo de protección personal que se requiera de acuerdo con las prácticas a realizar.
5. No se recomienda llevar el cabello largo y suelto, usar lentes de contacto, anillos, pulseras, dijes, aretes largos, etc.
6. Los útiles y pertenencias que no cumplan un contenido en la práctica deberán ser colocados en el lugar indicado por el maestro (a) o encargado de laboratorio.
7. Es responsabilidad y obligación del alumno revisar su material al iniciar la práctica, así como su limpieza y buen cuidado, además de la preservación de la mesa y equipo instrumental.
8. Se sancionará a las (s) persona (s) que, por sus actitudes perniciosas, pongan en riesgo o dañen la integridad física y moral de sus compañeros, o dañen instalaciones o equipos, basado en los reglamentos correspondientes internos de esta universidad y el presente reglamento.
9. Cada grupo deberá trabajar en el horario designado.
10. Ubicar donde se encuentran exactamente las instalaciones de seguridad del laboratorio: extinguidores, botiquín, etc.
11. Antes de usar un reactivo químico o una solución, lea primeramente la etiqueta para identificar el contenido; tome exactamente la cantidad necesaria y tape el frasco; no regrese jamás el exceso al frasco original.
12. No se deben oler sustancias directamente, ya que la mayoría son tóxicas, con la ayuda de la mano, abanique, para aproximar las gases o vapores al olfato.
13. Se debe etiquetar todos los frascos que contengan reactivos y sustancias, con el fin de evitar confusiones.
14. Cuando se trabaje con material inflamable: queda estrictamente prohibido el uso de mecheros o cualquier otro tipo de fuente de flama.
15. Jamás se verterá agua sobre ácido, lo correcto es verter el ácido sobre el agua.
16. No se debe prestar ningún material y/o equipo que pertenezca al laboratorio sin previa autorización del jefe de carrera.
17. Cuando algún equipo no funcione o presente alguna anomalía se deberá reportarlo inmediatamente al maestro (a) o encargado del laboratorio.
18. No prender radios, ni usar audífonos, ni celular.
19. Si el maestro no está presente no se puede realizar la práctica a menos que exista una autorización.
20. Cualquier accidente, por irresponsabilidad, en que resulten dañados material o equipo, estos deberán ser recuperados al laboratorio por los integrantes del equipo o por la persona responsable, en un plazo no mayor de 15 días. De no hacerlo, se le suspenderá el acceso al laboratorio en las prácticas posteriores.
21. A los alumnos (as) que se les sorprenda rayando las mesas o bancos, además de limpiarlas serán suspendidos de la práctica o prácticas a criterio del maestro (a) o encargado del laboratorio.
22. Al término de la práctica, cerciorarse que las llaves de gas y agua queden cerradas.

23. Los reactivos químicos y materiales se deberán dejar en el lugar correspondiente al término de la práctica.
24. Al finalizar la práctica, el material, equipo y la mesa de trabajo serán entregados perfectamente limpios.
25. Solo las personas autorizadas podrán estar y hacer uso del laboratorio.
26. Personas ajenas al programa educativo de Ingeniero de Geociencias podrán hacer uso de las instalaciones, solo con la autorización del jefe de carrera.

Reglamento de uniforme

1. Toda persona que trabaje en el laboratorio deberá traer puesta su bata de manga larga, zapato cerrado, así como lentes de seguridad y demás equipo de protección personal que se requiera de acuerdo con las prácticas a realizar.
2. No se recomienda traer el cabello largo y suelto, usar lentes de contacto, anillos, pulseras, dijes, aretes largos, etc.

Uso adecuado del equipo y materiales

1. Es responsabilidad y obligación del alumno revisar su material al iniciar la práctica, así como su limpieza y buen cuidado, además de la preservación de la mesa y equipo instrumental.
2. No se debe prestar ningún material y/o equipo que pertenezca al laboratorio sin previa autorización del jefe de carrera.
3. Cuando algún equipo no funcione o presente alguna anomalía se deberá reportarlo inmediatamente al maestro (a) o encargado del laboratorio.

Manejo y disposición de residuos peligrosos

1. Antes de usar un reactivo químico o una solución, lea primeramente la etiqueta para identificar el contenido; tome exactamente la cantidad necesaria y tape el frasco; no regrese jamás el exceso al frasco original.
2. No se deben oler sustancias directamente, ya que la mayoría son tóxicas, con la ayuda de la mano, abanique, para aproximar las gases o vapores al olfato.
3. Se debe etiquetar todos los frascos que contengan reactivos y sustancias, con el fin de evitar confusiones.
4. Cuando se trabaje con material inflamable: queda estrictamente prohibido el uso de mecheros o cualquier otro tipo de fuente de flama.
5. Jamás se verterá agua sobre ácido, lo correcto es verter el ácido sobre el agua.
6. Los reactivos químicos y materiales se deberán dejar en el lugar correspondiente al término de la práctica.
7. Al término de la práctica, cerciorarse que las llaves de gas y agua queden cerradas.

Procedimientos en caso de emergencia

En caso de lesiones por golpe o caída

- No muevas a la persona lesionada y sugiérele que no se mueva. Avisa al personal de la enfermería o al personal de seguridad. En la medida de lo posible, no dejes solo(a) al(a) lesionado(a).

En caso de cortadura

Antes de...

- Asegúrate de utilizar el equipo de seguridad adecuado y cumple las reglas generales de seguridad.
- Revisa el material de cristalería o equipo a utilizar, evitando usar todo aquel que presente fracturas, esté despostillado, roto o tenga áreas dañadas que provoquen cortes en la piel.

Durante...

- Mantén la calma.
- Lava con agua el área afectada.
- Cubre la herida con gasa y, si es posible, haz compresión directa o indirecta y/o eleva la extremidad afectada para detener el sangrado.
- Si la herida (cortadura) es pequeña y se ha detenido el sangrado, lava el área afectada con agua y jabón antibacterial. Una vez detenido el sangrado, cúbrelo con gasa y cinta Micropore® o un vendaje.
- NO apliques torniquetes, ni trates de sacar trozos de vidrio u otro material involucrado.
- Avisa al personal de la enfermería o al personal de seguridad.

En caso de quemaduras por productos químicos (aun en casos en que el producto reaccione con agua)

Antes de...

- Asegúrate de tener a la mano la información necesaria sobre los productos que se manejan en el laboratorio, es decir, las HOJAS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, las cuales deben contener, al menos, la siguiente información: propiedades físicas y químicas, toxicidad, acciones de primeros auxilios, acciones a realizar en caso de fuga y derrame, equipo de protección personal necesario durante su uso y la atención de emergencias. Si en ellas se indica el uso de algún antídoto o agente neutralizante para los reactivos que van a utilizarse, es necesario tenerlo preparado previamente a su uso y en un lugar de fácil acceso.
- Revisa que el equipo de atención de emergencias se encuentre funcionando correctamente (lavajojos, regadera de emergencia, polvo para control de derrame, almohadillas absorbentes, entre otros).
- Desde tu entrada al laboratorio usa tu equipo de seguridad personal completo (lentes de seguridad, bata, guantes). Sustituye cualquiera de éstos que esté dañado.

Durante...

- Tu seguridad es lo más importante, NO INTENTES ACTOS HEROICOS.
- Si el reactivo cayó en la cara, retira los lentes de seguridad y lava inmediatamente en el lavajojos o al chorro del agua por lo menos durante 20 minutos, verificando que se tengan los párpados abiertos.
- Si el producto cayó en la piel, retira el exceso de producto con un trozo de papel o tela absorbente e inmediatamente lava el área afectada al chorro del agua, por lo menos durante 20 minutos. Recuerda que se debe considerar al papel y tela contaminada como residuo peligroso y no arrojarlos a la basura municipal.
- Si el producto cayó en buena parte del cuerpo y no puedes lavar la zona afectada en la tarja, retira la ropa contaminada y utiliza la regadera de emergencia para eliminar la mayor cantidad de producto posible, al menos durante 20 minutos.
- Si es inhalado, transporta a la víctima a un lugar bien ventilado y solicita inmediatamente

atención médica especializada.

- Si es ingerido, solicita inmediatamente atención médica especializada.
- Si existe un antídoto, como se mencionó arriba, debe tenerse preparado antes de utilizar el reactivo y usarlo como se menciona en la HOJA DE SEGURIDAD de la sustancia química.
- En todos los casos, da aviso inmediato al profesor responsable del laboratorio o área de trabajo, a la Coordinación de Protección Civil y al personal de seguridad. NOTA: es importante que en todos los casos se identifique el producto que provocó el incidente. Si es desconocido, asume un riesgo extremo.

Después de...

- Hacer revisar a la o las personas lesionadas por un médico especialista según el área afectada (dermatólogo, oftalmólogo, otorrinolaringólogo, gastroenterólogo).
- Reportar por escrito, dentro de un período máximo de 48 horas, el accidente a la Coordinación de Protección Civil.

En caso de quemaduras por temperaturas extremas

Se refieren a aquellas quemaduras generadas por fuego y materiales calientes o muy fríos.

Antes de...

- Contar en el laboratorio con el equipo de seguridad necesario, de acuerdo con la actividad que se realice. Revisar su funcionamiento antes de su uso y tomar capacitación específica sobre su correcto manejo.

Durante...

- Mantén la calma.
- Lava con agua a temperatura ambiente el área afectada por lo menos durante 15 minutos.
- Cubre el área con una gasa.
- Avisa al personal de la enfermería, a la Coordinación de Protección Civil de la Facultad y/o al personal de seguridad.
- En caso de que esté involucrada una flama y se prenda la ropa de alguna persona, evita que corra, cúbreala con una manta contra incendios o alguna bata.
- En todos los casos, da aviso al profesor responsable del laboratorio o área de trabajo y a la Coordinación de Protección Civil.

Después de...

- Solicita la revisión de la o las personas lesionadas por un médico especialista, por ejemplo, un dermatólogo.
- Solicita la colaboración de expertos externos para realizar un análisis del accidente para eliminar las posibles causas y evitar que vuelva a ocurrir.

En caso de FUGAS

Por FUGA se entiende cualquier emisión no controlada de gas proveniente de recipientes inadecuados, dañados o de cilindros a presión.

Antes de...

- Revisa que exista en el laboratorio el equipo de seguridad necesario, de acuerdo con la actividad que realizarás.
- Antes de iniciar tu trabajo, revisa el correcto funcionamiento del equipo de seguridad y toma capacitación específica sobre su correcto manejo. En caso necesario, solicita su reparación o mantenimiento.

- Asegúrate de tener a la mano la información necesaria sobre los productos que se manejan en el laboratorio, es decir, las HOJAS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, las cuales deben contener, al menos, la siguiente información: propiedades físicas y químicas, toxicidad, primeros auxilios, acciones en caso de fugas y derrames, y equipo de protección personal necesario durante su uso y la atención de emergencias.
- En su caso, solicita el mantenimiento preventivo o correctivo a los contenedores de sustancias.
- Ejecuta y participa en simulacros de evacuación y de atención de emergencias de manera frecuente.

Durante...

- Mantén la calma.
- Tu seguridad es lo más importante, NO INTENTES ACTOS HEROICOS.
- Si la fuga proviene de un contenedor pequeño (frasco), transpórtalo utilizando el equipo de seguridad adecuado, a una campana extractora de gases o a un lugar seguro y solicita de inmediato ayuda al profesor responsable del laboratorio o a la Coordinación de Protección Civil.
- Si la fuga proviene de un contenedor grande o de un cilindro a presión, apaga mecheros y aparatos eléctricos que estén operando, evacúa el área y da aviso al profesor responsable del laboratorio o área de trabajo, al personal de seguridad y a la Coordinación de Protección Civil.

Después de...

- Sigue las instrucciones del personal de seguridad y/o brigadistas para regresar al laboratorio o área de trabajo cuando el jefe del edificio o la persona a cargo de la atención de la emergencia dé la autorización para ello.

En caso de DERRAME

Por DERRAME se entiende una emisión no controlada de líquidos o sólidos por estar en recipientes inadecuados, mal almacenados, dañados o por rompimiento accidental de ellos.

Antes de...

- Asegúrate de tener a la mano la información necesaria sobre los productos que se manejan en el laboratorio, es decir, las HOJAS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, las cuales deben contener, al menos, la siguiente información: propiedades físicas y químicas, toxicidad, primeros auxilios, acciones en caso de fugas y derrames, y equipo de protección personal necesario durante su uso y la atención de emergencias. Si en ellas se indica el uso de algún material de contención especial o un agente neutralizante para los reactivos que van a utilizarse, es necesario tenerlo preparado previamente a su uso y en un lugar de fácil acceso.
- Asegúrate de tener en un lugar de acceso inmediato recipientes con polvo químico para contención de derrames, así como un bote plástico de boca ancha con tapa para contener el material contaminado (arena para derrame, almohadillas de absorción u otro material usado para contener el derrame).

Durante...

- Mantén la calma.
- Tu seguridad es lo más importante, NO INTENTES ACTOS HEROICOS.
- Si el material es fácilmente volátil, se observan vapores o se perciben olores, apaga el mechero, equipo eléctrico o cualquier fuente de ignición que se esté usando, evacua el área y da aviso al personal de seguridad y a la Coordinación de Protección Civil.

- Si no observas vapores y/o no se perciben olores, delimita (rodea) el área y cubre el material derramado con polvo químico para derrames.
- Avisa de manera inmediata al profesor responsable del laboratorio o área de trabajo, personal de seguridad y a la Coordinación de Protección Civil, indicando el tipo de material derramado y si requieres apoyo para la contención.

Después de...

- Sigue las instrucciones de la Coordinación de Protección Civil para limpiar y descontaminar el lugar

En caso de INCENDIO (FUEGO)

- **FUEGO INCIPIENTE:** es el fuego en su etapa inicial que puede ser controlado o extinguido, mediante extintores portátiles, sistemas fijos contra incendio u otros medios de supresión convencionales, sin la necesidad de utilizar ropa y equipo de protección básica de Bombero.
- **INCENDIO:** es el fuego que se desarrolla sin control en tiempo y espacio. (Referencia: NOM-002-STPS-2010).

Antes de...

- Conoce la localización de los extintores, rutas de evacuación y salidas de emergencia.
- Participa en los cursos de capacitación sobre manejo y uso de extintores ofrecidos por la Facultad.

Durante...

- Mantén la calma y avisa al responsable del laboratorio, al personal de vigilancia o a la Coordinación de Protección Civil.
- En el caso de fuego incipiente, utiliza los extintores SÓLO si conoces su funcionamiento.
- Si el fuego no se controla o es un incendio, evacua el área y avisa a la Central de Atención de Emergencias o a los Bomberos.

Después de...

- Espera las instrucciones del personal de seguridad y/o brigadas

En caso de SISMO

Antes de...

- **Identifica y localiza:**
 - Lugares más seguros del sitio donde te encuentras (zonas de menor riesgo).
 - Rutas de evacuación principales y alternas, salidas de emergencia y puntos de reunión.
 - Extintores, botiquines, interruptores de corriente eléctrica y las llaves de agua y gas.
 - Asegura todos los objetos que puedan caerse o desplazarse (estantes, equipos, cilindros de gas, muebles, cajas, recipientes).

Durante...

- Mantén la calma.
- Retírate de las ventanas, lámparas, anaqueles, fuentes de calor, equipo o maquinaria que no esté debidamente anclado y que pueda caer.
- Las personas ubicadas en planta baja, primer piso, sótano y cerca de las salidas deben dirigirse hacia el punto de reunión más cercano.
- Las personas ubicadas en el segundo piso o superiores o en lugares de difícil acceso

deben replegarse en zonas de menor riesgo (debidamente señalizadas), hasta que el sismo termine. (Un lugar de difícil acceso es aquel en donde tardas más de un minuto y medio en desplazarte hacia el punto de reunión más cercano).

- Sigue las instrucciones del personal de seguridad y/o brigadistas durante el sismo.
- Si te encuentras en el exterior, aléjate de ventanas, cables de luz y de alta tensión, y dirígete al punto de reunión preestablecido más cercano.

QUÉ HACER EN: SISMOS



- Las personas replegadas en las zonas de menor riesgo, una vez que ha transcurrido el sismo, deben evacuar el área y desplazarse hacia el punto de reunión más cercano, siguiendo las instrucciones del personal de seguridad y/o brigadistas. Recuerda no correr, no gritar y no empujar.
- Usa las escaleras para salir del sitio donde te encuentras al punto de reunión. NO utilices elevadores.
- Dirígete a las zonas de seguridad y espera a que el personal de seguridad y/o brigadistas dé indicaciones.
- Si en el momento del sismo o durante el desalojo del edificio observas que se produjeron derrames, fugas, fuegos incipientes, incendios o hay personas lesionadas, comunícalo de inmediato al personal de seguridad, brigadistas o a la Coordinación de Protección Civil. Tu seguridad es lo más importante, NO INTENTES ACTOS HEROICOS.
- Una vez que ha pasado el sismo, la persona responsable del inmueble deberá efectuar la revisión correspondiente al mismo y descartar daños o problemas visibles que impliquen algún riesgo para la comunidad. En caso necesario, se debe solicitar apoyo de personal especialista en el control de daños.
- La persona responsable del inmueble (jefe de edificio) determinará, una vez que concluya el recorrido, si el inmueble está en condiciones para que la comunidad se reintegre a sus actividades o si éstas son suspendidas hasta nuevo aviso.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC2
	Comprender los procesos de logística, muestreo y homogeneización que se utilizan en las plantas metalúrgicas mediante un pensamiento estratégico, para el beneficio y/o concentración de los minerales a través de procesos prácticos en el laboratorio de metalurgia.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Pruebas de flotación	Aplicar métodos de separación por flotación para concentrar minerales valiosos, con la finalidad de evaluar la eficiencia del proceso, bajo condiciones experimentales controladas, en un entorno de laboratorio, demostrando responsabilidad, trabajo en equipo y pensamiento crítico.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Pruebas de flotación
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Ejecutar pruebas en muestras para evaluar la recuperación y selectividad de los minerales valiosos, siguiendo protocolos experimentales establecidos y controlando variables operativas clave, en un laboratorio metalúrgico, desarrollando pensamiento crítico, trabajo en equipo y habilidades de toma de decisiones técnicas.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Es un proceso fisicoquímico ampliamente utilizado en el procesamiento de minerales para separar partículas de valor (como sulfuros metálicos) de la ganga, mediante su adhesión selectiva a burbujas de aire en una suspensión acuosa. El principio fundamental se basa en las diferencias de hidrofobicidad de los minerales, que puede modificarse mediante el uso de reactivos como colectores, espumantes, depresores, modificadores y activadores.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
Equipo de protección personal (EPP): <i>Obligatorio para garantizar la seguridad de cada integrante dentro del laboratorio.</i> • Gafas de seguridad. • Guantes resistentes (de carnaza, látex o nitrilo según el tipo de muestra). • Mascarilla antipolvo (so hay partículas finas). • Bata de laboratorio o ropa de trabajo. • Calzado cerrado o de seguridad con punta reforzada. Equipamiento y utensilios: • Pulverizadora de quijada. • Molino de bolas. • Balanza analítica. • Cronometro. • Celda de flotación • pH-metro. • Charolas. • Pizetas. • Tamices o mallas • Espátula o paleta. Material de trabajo: • Aproximadamente 20 kg de mineral, o menos según la cantidad recibida. • Reactivos: Promotor, modificador, espumante y colector (dosificaciones predeterminadas). • Agua. Material de limpieza post-práctica: • Paños o trapos secos • Recipiente para residuos o muestra sobrante. • Escoba y recogedor (si se trabaja en el piso).

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Para llevar a cabo una prueba de flotación lo primero que se debe hacer es saber si el material que tenemos es apto para este proceso, es decir, definir si se trata de un sulfuro o en su caso de un mineral constituido por no metálicos. La flotación puede ser natural o inversa.

Natural

Se flotan los elementos de interés y se deprime la ganga permaneciendo en la pulpa.

Inversa

Como su nombre lo indica busca flotar la ganga y deprimir los elementos de interés, quedando en la pulpa.

En la primera clasificación se encuentran los sulfuros de plomo, cobre, zinc, oro, plata y otros, así como minerales no metálicos como la barita y la fosforita y un caso especial en óxidos lo constituye el carbonato de plomo. En la inversa se puede mencionar a los minerales de óxidos de hierro.

Para llevar a cabo una prueba de flotación en el laboratorio debemos asegurarnos de que todos los procedimientos o parámetros empleados sean repetitivos o factibles de efectuar en una planta o sea en instalaciones a nivel industrial. *Por ejemplo, no preparar reactivos con agua destilada porque esto sería casi imposible si se tratara de una planta que utiliza grandes cantidades de este.*

Establecidos los parámetros e identificada la muestra, lo que se hace a continuación es mandar a analizar la cabeza para conocer el porcentaje de valores y cuáles son los de interés para extraer.

Procedimiento:

1. Con el ensaye de cabeza conocido, se homogeneiza el mineral y se toman aproximadamente 20 kilos o menos según la cantidad recibida
2. Se tritura el mineral hasta que esté 100 % a menos 10 mallas.
3. Se homogeniza y se preparan cargas de 1030 gramos.
4. Se define el tiempo de molienda (siguiendo los pasos descritos en la práctica correspondiente) que normalmente se trabaja para un 65 % a – 200 mallas salvo algunas excepciones como en los no metálicos donde se evita generar muchos finos o bien cuando información previa o producto de una prueba inicial den la pauta ya sea para moler más grueso o fino.
5. Los reactivos por emplear se preparan en una dilución de 0.1 % para que 1ml sea equivalente a 1 gr/ton.
 - 5.1 Los reactivos se clasifican en:
 - **Promotor:** Predispone a las partículas para la acción del colector.
 - **Colector:** Actúa sobre la superficie de la partícula en forma selectiva (no sobre todas) para darles una cierta hidrofobicidad o forma una película repelente al agua.
 - **Modificador:** Modifica el pH de tal forma que puede alterar la tensión superficial del mineral y lo puede flotar o deprimirlo (humectarlo).
 - **Espumante:** Como su nombre lo indica su función es crear una espuma homogénea y consistente por medio de la cual se extraen los elementos de interés.

En general los reactivos tienen diferentes nombres y nomenclaturas de acuerdo con el fabricante y su composición por lo que al realizar una prueba se debe consultar el diagrama a seguir y los reactivos a aplicar y en algunos casos se pueden indicar las dosificaciones, aunque estas se deben definir para cada mineral en particular.

6. Cargar el molino con el mineral y los 660 ml de agua.

6.1 Se agrega el promotor y el modificador.

7. Se procede a cerrar el molino y colocarlo en los rodillos por el tiempo que se haya calculado para la molienda.

8. Se descarga el molino en un tamiz para separar las bolas de la pulpa recibiendo esta última en un recipiente / charola.

9. Se enjuaga la tapa y pared del molino recibiendo el producto de lavado en el mismo recipiente y se terminan de enjuagar las bolas.

Nota: Para el lavado no se debe usar agua en exceso puesto que la celda de flotación es de capacidad limitada.

10. La pulpa se vacía en una celda de flotación con volumen de 4 litros y se ajusta el nivel hasta una pulgada por debajo del labio de derrame.

11. Se hace funcionar la celda y se regulan las revoluciones a las necesarias para considerar la pulpa estable y con buen burbujeo.

12. Llevar a cabo un chequeo del pH para saber si es necesario modificarlo.

13. Se agrega el colector en la dosificación predeterminada y se deja funcionando la celda para darle un tiempo de acción o de acondicionamiento (normalmente está entre 1 y 5 minutos) y la dosificación es de acuerdo con la ley de la cabeza, pero puede ser desde 1 hasta 30 gramos por tonelada (30 mg/kg).

14. Transcurrido el tiempo de acondicionamiento se agrega el espumante (25 gritón) y se inicia la prueba de flotación puesto que la espuma cargada con mineral empieza a aparecer cuando se inicia la inyección o succión de aire en la celda (puede ser de autoaereación o de aireación forzada).

15. Al aparecer la espuma esta se empieza a retirar con una paleta o espátula procurando arrastrar por toda la superficie de la celda a un ritmo de 20 paladas por minuto hasta que la espuma empieza a aparecer blancuzca (señal de falta de valores) lo que indica que o falta colector o el mineral de interés ya se agotó. En este punto se da por concluida la flotación inicial o primaria.

16. Se toman por separado el concentrado (lo que salió con la espuma) y las colas (lo que quedó en la celda) en charolas.

17. Se filtran ambas muestras.

18. Una vez eliminado el excedente de humedad se procede a secar las muestras.

19. Las muestras ya secas se pesan y se toma este dato con todo cuidado.
20. El concentrado se pasa por la malla 100 (en mortero).
 - 20.1 Se envía al análisis químico.
21. La cola se homogeneiza y se cuartea para tomar una muestra representativa.
 - 21.1 Pasarla por la malla 100.
 - 21.2 Es enviada a análisis químico.
22. Con los datos del peso y análisis se elabora el balance; información que nos sirve para evaluar el resultado de la prueba en cuanto ley de concentrado y recuperación de valores.
23. Se realiza el balance metalúrgico y se definen los pasos a seguir así como la necesidad de darle limpias posteriores al concentrado.
24. Si se decide dar etapas limpiadoras (para limpiar el concentrado primario), se toma una celda de menor tamaño (2 litros) para hacer la primera limpia la cual se hace igual que los pasos anteriores pero la mayoría de las veces sin agregar más reactivos.

Ejemplo en anexos

RESULTADOS ESPERADOS

Recuperación porcentual del o de los minerales valiosos presentes en la muestra.
Evaluación de la ley del concentrado y jales.
Determinación de la eficiencia del proceso para establecer balances metalúrgicos.
Análisis del efecto de los reactivos utilizados y condiciones del proceso.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Cuál fue la recuperación metalúrgica obtenida y qué factores la influenciaron?
¿Cómo varió la ley del concentrado con respecto a las condiciones de flotación?
¿Qué reactivos resultaron más efectivos en la separación selectiva de los minerales?
¿Se alcanzó un equilibrio entre recuperación y ley del concentrado? ¿Por qué es importante?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica demuestra la importancia de controlar variables fisicoquímicas para lograr una flotación eficiente.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Comparativa entre los resultados al variar los tiempos de flotación y reactivos utilizados.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación Rúbrica de [Práctica de laboratorio](#)

Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

Wills, B. A., & Finch, J. (2016). Wills' mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery (8th ed.). Butterworth-Heinemann

Fuerstenau, M. C., Jameson, G. J., & Yoon, R. H. (2007). *Froth flotation: A century of innovation*. SME.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

ASTM International. (2013). *ASTM D5114-90(2013): Standard test method for laboratory froth flotation of coal in a mechanical cell*. <https://doi.org/10.1520/D5114-90R13>

ISO. (2004). *ISO 8858-1:2004. Hard coal — Froth flotation testing — Part 1: Laboratory procedure*. <https://www.iso.org/standard/37369.html>



ANEXOS

Ejemplo.

En este caso citaremos los resultados obtenidos para un mineral de cobre y nos enfocaremos solo a la flotación primaria puesto que para mayor comprensión de este proceso es mejor realizar la práctica asistida por un asesor para diferentes tipos de mineral.

1. Al molino se agregaron 1030 gr de mineral a – 10 mallas con 660 ml de agua, 4 gr de cal (como modificador de pH) para deprimir pirita, 4 ml de promotor (4 gr/ton) y se puso a moler durante 8 minutos (preestablecidos para obtener un 65 % a – 200 mallas).
2. Se sacó la pulpa y se colocó en una celda de flotación a la que se ajustó el volumen. Se acondicionó el pH a 11.
3. Se agregaron 10 ml de colector (xantato 343 a razón de 10 gr/ton) y se acondicionó por un minuto.
4. El espumante es agregado ahora a razón de 25 gr/ton (25 ml) y se permite la acción del aire.
5. Se flotó durante 7 minutos y se filtraron y secaron las muestras. Se registro el peso para cada una y se les dio el tratamiento antes señalado antes de enviarlas para el análisis químico.
6. Se hacen los cálculos para el balance metalúrgico que se presenta a continuación.

Balance de resultados en flotación primaria.

Análisis de cabeza:

Cu = 0.65%

Fe = 2.51%

Producto	Peso (gr)	% en Peso	Análisis (%)		Contenido (%)		Distribución (%)	
			Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
Concentrado	85.36	8.54	7.25	10.32	0.619	0.881	85.97	30.64
Cola	914.64	91.46	0.11	2.18	0.101	1.994	14.03	69.36
Cabeza		100.00			0.720	2.875		



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu