

# GROUND RULES



PROCESAMIENTO  
DE MINERALES



PROCESAMIENTO DE MINERALES

EDAD 11 A 13

# INTRODUCCIÓN

A medida que crece la demanda de minerales extraídos, todos, desde los estudiantes a los mineros, los gobiernos y las corporaciones mundiales, deben comprender cómo trabajar en conjunto para satisfacer esas necesidades y, al mismo tiempo, proteger el mundo donde vivimos.

*Reglas del terreno: Minería adecuada para un futuro sustentable* es un documental producido por Caterpillar y Science North. Sigue el desarrollo de minas nuevas y en funcionamiento a medida que geólogos, ingenieros y administradores de minas abordan problemas complejos. La película utiliza las experiencias y los logros de sitios de minas modernos para ilustrar conceptos creativos y principales del desarrollo sostenible y la responsabilidad social.

Science North desarrolló este conjunto de planes de clases encargado por Caterpillar para complementar la película *Reglas del terreno*. Estos planes son una herramienta para que los docentes examinen aún más los temas y conceptos presentados en la película mediante una serie de actividades “interactivas” en el aula. Les presenta a los estudiantes las diversas fases involucradas en la minería, los diferentes tipos de minas, cómo se procesan los minerales, cómo se forman los depósitos de minerales, cómo las minas modernas pueden funcionar de manera segura y sostenible, y por qué los minerales son importantes en nuestra vida cotidiana. Este material también les presenta a los estudiantes una amplia variedad de profesiones mineras.

Los planes de clases se diseñaron para complementar de manera general los objetivos del plan de estudio para Estados Unidos, Canadá y Australia. Sin embargo, los planes de clases no son específicos de una región y los docentes pueden utilizarlos en todo el mundo. Todos los planes de clases tienen un vínculo estrecho con el plan de estudio de ciencias de la tierra, pero muchas de las actividades incorporan vínculos adicionales con matemática, química, administración de datos, trazado, estudios ambientales, electricidad, magnetismo y solución de problemas. Los planes de clases pueden adaptarse fácilmente para lograr los objetivos específicos de los planes de estudio locales.

En cada plan de clase, se encuentra una sección de introducción que proporciona la referencia adecuada por capítulo de la película y describe los conceptos clave de la clase. Luego, se describen una o dos actividades paso por paso. Estas actividades incluyen experimentos, demostraciones, juegos, actividades de construcción y proyectos de investigación. Los planes de clases finalizan con una sección de análisis que proporciona los posibles temas de seguimiento y preguntas para debatir en clase. Cada plan de clase también incluye vínculos con el plan de estudio, una lista de vocabulario, una lista de materiales y un tiempo aproximado para completar cada sección. Se adjuntan hojas de respuesta del docente u hojas de datos, según corresponda.

Los planes de clases están organizados en cinco temas amplios: geología, minería, procesos de minería, procesamiento de minerales, y minerales y la vida cotidiana. Estos planes se subdividen en tres categorías etarias: de 11 a 13 años, de 13 a 15 años y de 15 a 18 años. En muchos casos, se cubren los mismos temas en cada categoría etaria. Sin embargo, los planes de clases para las categorías etarias mayores tienen actividades adicionales, actividades alternativas de acuerdo con la edad o una mayor complejidad.

## Tema: procesamiento de minerales

Este tema aborda los diferentes métodos que pueden utilizarse para extraer y purificar los minerales valiosos producto de la extracción de minerales. Los estudiantes realizarán una serie de experimentos para aprender sobre los procesos de aplastamiento, fresado, extracción, lixiviación, flotación y purificación. Los estudiantes más jóvenes también utilizarán el magnetismo para separar los minerales y utilizarán la flotación por espuma para separar el carbón de la arena. Los estudiantes de 15 a 18 años de edad estudiarán los procesos de fabricación del acero, así como también los tipos de equipos pesados utilizados para transportar los minerales a las instalaciones de procesamiento.

### *Reglas del terreno* - Visualización en línea y recursos de aprendizaje

Como se señaló anteriormente, estos planes de clases están diseñados para utilizarse con *Reglas del terreno: Minería adecuada para un futuro sustentable*. Hay varias opciones disponibles para aplicar la película en su clase:

- **Encargue una copia gratuita de Reglas del terreno en DVD**, que contiene las versiones de la película en inglés, español y francés del sitio web de Caterpillar, <http://www.cat.com/groundrules>.
- **Vea la versión completa de la película en línea** disponible en los idiomas inglés, español y francés, y también en inglés con subtítulos en chino, en <http://www.cat.com/groundrules>.
- **Vea los capítulos individuales de la película** en inglés, español y francés, tal como se hace referencia a ellos en los planes de clases individuales, en nuestro canal de You Tube, <http://youtube.com/catgroundrules>.

El conjunto completo de planes de clases está disponible en <http://www.cat.com/groundrules>, donde se publicará información y actividades adicionales a medida que estén disponibles.

Finalmente, siga las *Reglas del terreno* en línea. Comparta sus experiencias de clases, comentarios e ideas con nosotros. Publique las fotos de sus proyectos y cuéntenos sobre sus logros.

Facebook: <http://tinyurl.com/yzhxrva>

Twitter: <http://twitter.com/catgroundrules>



### Acerca de Caterpillar

Durante más de 80 años, Caterpillar Inc. ha construido una infraestructura mundial y, en asociación con su red de distribuidores a nivel mundial, impulsa un cambio positivo y sostenible en cada uno de los continentes. Con ventas e ingresos en 2008 de \$51.324 millones, Caterpillar es el líder en tecnología y el mayor fabricante de equipos de construcción y minería, motores diesel y de gas natural, y turbinas de gas industriales. Para obtener más información, visite [www.cat.com](http://www.cat.com).



### Acerca de Science North

Science North, que abrió sus puertas en 1984 y está ubicada en Gran Sudbury, es la atracción turística más popular de Ontario del Norte y un recurso educativo para niños y adultos en toda la provincia de Ontario, Canadá. El poder de atracción de Science North radica en su enfoque único en el aprendizaje. El centro de ciencia ha adquirido reconocimiento mundial debido a su estilo único de educación científica interactiva y experiencias de entretenimiento que involucran a las personas en la relación entre la ciencia y la vida cotidiana.

Las atracciones de Science North incluyen un centro de ciencia, el teatro IMAX®, la galería de mariposas, el salón especial de exhibiciones, el planetario digital y Dinamic Earth (Tierra Dinámica), un segundo centro de ciencia que les ofrece a los visitantes una mirada más de cerca a la minería y a las fuerzas geológicas que le dan forma a la Tierra continuamente. Las mismas filosofías utilizadas para enseñar ciencias a los visitantes en Science North se incorporan en cada exhibición en la Tierra Dinámica, que abrió por primera vez en 2003. Este centro de minería y geología combina experiencias de superficie y subterráneas que les permiten a los visitantes trabajar y jugar con equipos y tecnologías de minería reales. Este centro también alberga al famoso Gran Níquel de Sudbury.

Como agencia del gobierno provincial de Ontario, Science North está supervisada por el Ministerio de Cultura provincial. Puede obtener más información en <http://sciencenorth.ca>.



## ELECTRODEPOSICIÓN DE MONEDAS

### Descripción

Los estudiantes llevarán a cabo un experimento para simular el proceso de electroobtención que se utiliza en la etapa de purificación del procesamiento de minerales. En este experimento, electrodepositarán cinc sobre una moneda de cobre.

#### VOCABULARIO:

1. Electroobtención
2. Electrodeposición
3. Ánodo
4. Cátodo
5. Cation
6. Anión
7. Purificación
8. Electrolito

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Batas de laboratorio, gafas de seguridad y guantes
- Moneda de cobre brillante
- Ánodo de cinc (disponibles en comercios de productos de navegación)
- Batería de linterna (1 ½ voltios)
- Cables para conectar la batería
- Vaso de precipitado de 500 mL
- Vinagre, sal de Epsom, azúcar común
- Cepillo de dientes y dentífrico

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae y se procesa el cobre en un gran sitio de mina en Chile.

Revise los pasos para el procesamiento de minerales de cobre, según se mencionan en la película: trituración, extracción, concentración, fundición y purificación (electroobtención). Primero, el mineral se tritura en forma de polvo fino a fin de aumentar el área superficial para continuar con el procesamiento. Luego, el cobre se extrae y se concentra por medio del proceso de flotación por espuma en el que el mineral triturado se mezcla con reactivos en un tanque ventilado lleno de agua. Las partículas sulfuradas de cobre hidrofóbicas se adhieren a las burbujas de aire y flotan hasta la superficie, donde forman una espuma que luego se retira (consulte el plan de clases sobre la extracción de cobre para obtener más detalles sobre este proceso). Luego, el concentrado de cobre se funde a altas temperaturas para formar un líquido denominado mata de cobre, que luego se purifica por medio de la remoción de azufre como dióxido de azufre, lo que resulta en un producto final llamado “cobre blíster” que es un cobre de aproximadamente 98 a 99 %. Finalmente, en el proceso de purificación, el cobre se refina por medio de un proceso denominado electroobtención. Explique a los estudiantes que, en esta actividad, explorarán el proceso de electroobtención.



La electroobtención se basa en el proceso de electrodeposición. Pregunte a los estudiantes si saben en qué consiste la electrodeposición. Revise los términos anión, catión, ánodo y cátodo. Explíqueles que la electrodeposición incluye el movimiento de iones con carga positiva (cationes) desde un ánodo a través de una solución salina. Los cationes de la solución salina son atraídos por el cátodo, sobre el cual se depositan en forma de metal.

En el proceso de purificación del cobre que se muestra en la película, el cobre del ánodo no purificado se electrodeposita sobre una lámina de cobre puro en el cátodo. El cobre (del cátodo) es el producto final del procesamiento del cobre. Generalmente se lo prepara en láminas que tienen un espesor de 1 cm, miden aproximadamente 1 metro cuadrado y pesan aproximadamente 200 libras.

Explique que la electroobtención se puede utilizar para depositar varios metales. En esta actividad, los estudiantes intentarán electrodepositar cinc sobre una moneda de cobre.

---

## Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es explorar el proceso de electrodeposición por medio de cinc y una moneda de cobre. Esta actividad puede realizarse como una demostración para la clase o en grupos de estudiantes.

### Preparación:

1. Llene el vaso de precipitado aproximadamente hasta la mitad con vinagre.
2. Deje en remojo el ánodo de cinc en el vinagre durante varias horas antes de la actividad para disolver parte del cinc.

### Actividad:

1. Póngase una bata de laboratorio, las gafas y los guantes de seguridad.
  2. Con guantes de plástico, friegue cuidadosamente la moneda con un cepillo de dientes y dentífrico. Enjuáguela con agua y séquela suavemente. Utilice guantes para manipular la moneda en todo momento a fin de evitar que el aceite de sus dedos quede en la moneda.
  3. Saque el ánodo de cinc de la solución.
  4. Añada 100 gramos por litro de sales de Epsom y 120 gramos por litro de azúcar común en el vaso de precipitado. Mezcle bien la solución.
  5. Conecte el extremo positivo de la batería al ánodo de cinc y el extremo negativo a la moneda.
  6. Sumerja la moneda y el ánodo de cinc en la solución. No permita que se toquen entre sí. En unos pocos minutos, el cinc debería comenzar a depositarse sobre la moneda.
  7. Deje que la electrodeposición continúe durante el resto de la clase y vuelva a observarla al final de la clase. Si todavía es difícil ver la electrodeposición de cinc, vuelva a limpiar la moneda con dentífrico para hacer brillar el recubrimiento de cinc.
-

### Análisis (duración: 15 minutos)

Pida a los estudiantes que expliquen lo que sucedió en el experimento. ¿Cómo demuestra este experimento el proceso de electroobtención utilizado en los procesos de purificación de metales? ¿Por qué es necesario quitar las impurezas del cinc o el cobre por medio de este proceso (es decir, porqué es insuficiente una pureza de 98 a 99 %)?

Visite [cat.com/groundrules](http://cat.com/groundrules) para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.

© 2009 Caterpillar Inc.



## EXTRACCIÓN DE COBRE DE MINERALES SULFURADOS

### Descripción

Los estudiantes extraerán cobre de minerales sulfurados al simular los procesos de trituración, fresado y flotación.

#### VOCABULARIO:

1. Trituración
2. Fresado
3. Flotación por espuma
4. Minerales sulfurados
5. Cobre
6. Pulpa
7. Residuos
8. Roca estéril

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Martillo
- Recipiente grande
- Medias viejas
- Gafas de seguridad
- Mineral sulfurado
- Recipiente de plástico (tamaño de una caja de zapatos), agua
- 4 vasos de plástico (8 oz), frasco de plástico con tapa
- Granalla de acero (1/2 - 1 cm; 1/4 - 3/8")
- Criba de malla de alambre (1/2 cm; 1/4")
- Botella pequeña de jabón líquido para baño de burbujas
- 2 fichas, laminadas
- Sorbetes, cucharitas, papel de cocina

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae y se procesa el cobre en un gran sitio de mina en Chile.

Haga circular un pedazo de mineral sulfurado. Cuente a la clase que hay cobre en el mineral. Pregunte a los estudiantes cómo consideran que podrían liberar las partículas de cobre del mineral. Analice el proceso de trituración utilizado en minería para extraer minerales valiosos de la roca estéril. El proceso de trituración incluye partir el mineral en pedazos pequeños (de hasta 20 cm u 8" de diámetro) de manera que se lo pueda manipular de manera eficaz en la próxima fase de procesamiento de minerales: fresado.

Pregunte a la clase si conocen qué sucede en el proceso de fresado. El proceso de fresado rompe los pedazos de mineral en partículas finas. En el proceso de fresado, se coloca líquido y el mineral triturado en grandes tambores rotatorios llamados fresadoras. Existe una gran variedad de fresadoras. Comúnmente, se añaden varillas o bolas de acero a estas. ¿Por qué? El acero choca con el mineral y ayuda a romperlo en pedazos más pequeños. Al final del proceso de fresado, se produce una pulpa de partículas finas y agua. En el paso final del proceso de fresado, se añaden productos químicos a la pulpa para preparar los minerales de cobre para la separación de la roca en polvo.



Pregunte a la clase cómo consideran que se podría separar el cobre del resto de la pulpa. En la próxima fase de procesamiento de minerales, los minerales de cobre se pueden quitar por medio de la flotación. Se añaden a la pulpa una sustancia similar a un detergente denominada espumante y agentes químicos llamados colectores. Los colectores se adhieren únicamente a los minerales de cobre, no al resto de las partículas de roca. Cuando el aire pasa a través de la pulpa, la mezcla se adhiere a las burbujas de aire y flota hasta la superficie del líquido. El cobre termina en la espuma que flota en la superficie del tanque y luego se retira de la parte superior. La sustancia que se retira se denomina “concentrado de cobre”. Este concentrado atraviesa un proceso de limpieza, deshidratado, filtrado, secado y fundición.

Explique que los estudiantes llevarán a cabo un experimento para simular los procesos de trituración, fresado y flotación por espuma.

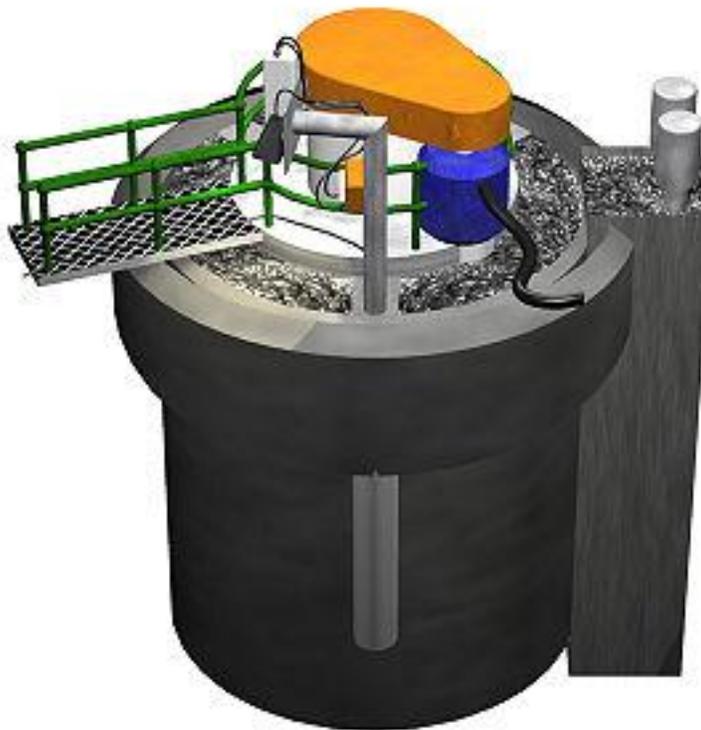


Figura 1: celda de flotación por espuma

## Actividad (duración: 60 minutos)

El objetivo de esta actividad es extraer cobre de un mineral sulfurado al simular los procesos de trituración, fresado y flotación.

Divida la clase en grupos de 3 estudiantes.

## Paso 1: proceso de trituración

1. Colóquese gafas de seguridad para proteger sus ojos en caso de que vuelen pedacitos de roca. Déjeselas puestas en todo momento durante esta actividad.
2. Coloque algunos pedazos de mineral sulfurado dentro de una media vieja.
3. Coloque la media que contiene los pedazos de mineral sulfurado sobre una superficie plana y dura.
4. Utilice un martillo para triturar el mineral sulfurado en pedazos del tamaño de una moneda y más pequeños.
5. Coloque todos los pedazos de mineral que sean del tamaño de una moneda o más pequeños en el recipiente grande.
6. Responda la pregunta de la hoja de datos de la sección “Proceso de trituración”.

## Paso 2: proceso de fresado

1. Con un marcador, etiquete tres vasos de plástico de 8 oz con los números 1, 2 y 3.
2. Llene aproximadamente 1/3 del frasco con mineral sulfurado triturado y granalla de acero. Guarde algunos pedazos de mineral y granalla de acero aparte.
3. Añada agua al frasco hasta que el mineral y la granalla queden sumergidos a aproximadamente 1 cm. Enrosque bien la tapa en el frasco.
4. Envuelva el frasco con papel de cocina y agítelo durante 2 minutos.
5. Coloque la criba de malla de alambre sobre el recipiente del tamaño de una caja de zapatos. Vierta la mezcla del frasco sobre la criba.
6. Vierta el líquido del recipiente del tamaño de una caja de zapatos en el vaso de plástico de 8 oz que tenga el número “1”. Revise para asegurarse de que todo el material fino haya quedado fuera del recipiente. Observe el mineral, la granalla de acero y el agua. Compare el mineral y la granalla de acero con los pedazos que guardó aparte y registre las observaciones en la tabla de datos en el espacio que tiene la etiqueta “Experimento 1”.
7. Vuelva a colocar los pedazos de mineral de gran tamaño en el frasco y repita los pasos 3 a 6 dos veces más. Vierta la pulpa de los experimentos 2 y 3 en los vasos de plástico etiquetados con los números “2” y “3”, respectivamente.
8. Después de cada experimento, compare la granalla de acero reservada, el mineral y el agua de cada vaso. En la tabla de datos de la sección del proceso de fresado de la hoja de datos, registre cualquier cambio perceptible en el tamaño y la forma del mineral y la granalla de acero, como así también cualquier cambio en el agua.
9. Reserve los tres vasos con pulpa para el proceso de flotación.
10. Separe los pedazos grandes restantes de mineral de la granalla de acero. Coloque ambos materiales sobre un papel de cocina para que se sequen.
11. Cuando todos los materiales estén secos, vuelva a colocarlos en los recipientes originales.
12. Limpie el frasco y el contenedor del tamaño de una caja de zapatos y tenga cuidado de no arrojar la pulpa restante por el resumidero.
13. Responda las preguntas de la sección “Proceso de fresado” que se encuentran en la hoja de datos.

## Paso 3: proceso de flotación

1. Cada grupo debe designar a un estudiante como el “registrador”, quien anotará las observaciones del grupo, y a dos estudiantes como los “experimentadores”, que llevarán a cabo el experimento.
2. Reserve el vaso con pulpa “1” proveniente del proceso de fresado para la observación.
3. Añada 4 a 6 cucharaditas de jabón líquido para baño de burbujas en el vaso con pulpa “2” y revuelva el contenido.
4. Coloque un sorbete en cada uno de los vasos con pulpa “2” y “3”. Los dos experimentadores de cada grupo deben soplar de manera suave pero constante durante 30 segundos.

5. Utilice las fichas para raspar las burbujas de la parte superior de la pulpa en cada vaso y colocarlas sobre papeles de cocina por separado para que se sequen. Etiquete las burbujas depositadas como “Experimento 1”.
6. El registrador de cada grupo debe registrar las observaciones del grupo para el “Experimento 1” en la hoja de datos mientras los experimentadores proceden inmediatamente con el paso 7. No deje “reposar” los vasos entre cada experimento.
7. Los experimentadores deben comenzar con el “Experimento 2” al repetir los pasos 4 a 6. Luego repita nuevamente los pasos para el “Experimento 3”. Después de cada experimento, el registrador debe anotar las observaciones del grupo en la hoja de datos.
8. Para desechar las pulpas, colóquelas en un cesto de basura revestido con una bolsa de plástico resistente. No vierta la pulpa en el resumidero.
9. Responda las preguntas de la sección “Proceso de flotación” que se encuentra en la hoja de datos.

## Análisis (duración: 15 minutos)

Revise las observaciones hechas por cada uno de los grupos y las respuestas a las preguntas de la hoja de datos.

¿Qué sucede con los fragmentos de roca restantes que quedaron detrás de la parte inferior del tanque de flotación? Esta mezcla, conocida como residuos, comúnmente se bombea a una represa de decantación de residuos donde se quita y se recicla el agua para que vuelva al proceso de flotación. La roca estéril restante se debe apilar y finalmente incorporar al paisaje recuperado después de que finalicen las operaciones mineras.

Visite [cat.com/groundrules](http://cat.com/groundrules) para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.

## Hoja de datos para la extracción de cobre de un mineral sulfurado

Proceso de trituración:

¿Fue fácil o difícil triturar el mineral sulfurado en pedazos pequeños?

Proceso de fresado:

Experimento	Cambios en el mineral sulfurado	Cambios en la granalla de acero	Cambios en el agua
1			
2			
3			

¿Qué representa el frasco?

¿Cuál es el objetivo de la granalla de acero?

¿Cuál es el objetivo de la criba?

¿Por qué es necesario el proceso de fresado?

**Proceso de flotación:**

Registre el comportamiento de cada vaso con pulpa después de cada experimento en la siguiente tabla:

Experimento	Vaso con pulpa 1 (solo pulpa; patrón de comparación)	Vaso con pulpa 2 (pulpa con aire y jabón líquido de burbujas)	Vaso con pulpa 3 (pulpa con aire)
1			
2			
3			

¿Qué se observó al recolectar las burbujas?

¿Se recolectó todo el cobre presente en la pulpa después de los 4 experimentos?



## FLOTACIÓN DE CARBÓN

### Descripción

Los estudiantes explorarán el proceso de flotación por espuma para separar carbón de una mezcla de carbón y arena.

#### VOCABULARIO:

1. Flotación por espuma
2. Hidrofóbico
3. Hidrofílico
4. Tensión superficial
5. Pulpa
6. Concentrado
7. Residuos
8. Mezclas

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Frasco de vidrio transparente
- Detergente líquido y gotero
- Aceite vegetal y gotero
- Varilla para mezclar
- Arena de sílice (aproximadamente del mismo tamaño que las partículas de carbón)
- Carbón en polvo fino, con algunas escamas más grandes
- Papel de filtro (puede utilizar filtros de café)
- Hoja de datos (proporcionada)

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 8 “Reclamación” (Recuperación) de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae carbón en un sitio de mina en Estados Unidos.

Haga circular una mezcla de arena y carbón. Pregunte a los estudiantes cómo piensan que podrían extraer el carbón de la arena. Sugiera la idea de utilizar una criba para separar las partículas. Pregunte a los estudiantes si eso funcionaría. Explíqueles que una criba no funcionaría porque algunas de las partículas de arena son del mismo tamaño que las partículas de carbón.

Explique que la flotación por espuma es un proceso que se puede utilizar para quitar el carbón de la arena. Este proceso también se puede utilizar para separar metales valiosos del mineral (consulte el plan de clases sobre extracción de cobre para obtener más detalles). Explique que los estudiantes llevarán a cabo un experimento para separar el carbón de una mezcla de arena y carbón por medio del proceso de flotación por espuma.

### Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es separar carbón de una mezcla de carbón y arena por medio del proceso de flotación por espuma.



1. Divida la clase en grupos de dos.
2. Pida a cada grupo que llene aproximadamente 2/3 del frasco de vidrio con agua de grifo, cierre bien la tapa y agite con fuerza. Pare de agitar y deje reposar durante unos segundos. Responda las preguntas de la sección A de la hoja de datos.
3. Añada 2 gotas de detergente al agua de grifo, cierre bien la tapa y agite con fuerza. Pare de agitar y deje reposar durante unos segundos. Responda las preguntas de la sección B de la hoja de datos.
4. Vacíe el frasco y enjuáguelo con agua de grifo.
5. Coloque una cantidad igual de arena y carbón en la parte inferior del frasco. Llene 2/3 del frasco con agua. Agite suavemente para humedecer todas las partículas de carbón y arena.
6. Añada 2 gotas de aceite vegetal y revuelva suavemente con una varilla para mezclar durante 2 a 4 minutos y permitir que se mezcle con las partículas de carbón y arena.
7. Añada 2 gotas de detergente y reemplace la tapa. Agite con fuerza durante 2 a 3 minutos. Pare de agitar y deje reposar durante 1 minuto.
8. Abra el frasco, raspe suavemente parte de la espuma con un papel de filtro y déjelo secar.
9. Responda las preguntas de la sección C que se encuentra en la hoja de datos.

## Análisis (duración: 15 minutos)

Analice las preguntas y las respuestas de la hoja de datos. Explique lo que sucede en cada etapa del experimento.

Recuerde a los estudiantes que, en el primer paso del experimento, no solo hay agua en la botella, sino también aire. Cuando agitan la botella, mezclan el aire y el agua. Sin embargo, la mezcla se separa rápidamente en dos fases (líquido y gas) ni bien termina el proceso de mezcla.

Cuando se añade detergente a la mezcla de aire y agua y se agita esta mezcla, se forma espuma en la superficie. Explique que las moléculas de detergente reducen la tensión superficial y ayudan a estabilizar las burbujas. El detergente tiene un fin hidrofóbico y un fin hidrofílico. Por lo tanto, una parte de la molécula de detergente quiere permanecer en el agua, pero otra parte de esta quiere salir al aire. La espuma representa la parte hidrofóbica de las moléculas de detergente que se mezclan con el aire.

El aceite vegetal es hidrofóbico. Cuando se añade aceite vegetal a una mezcla de arena, carbón y agua, este cubre las partículas de carbón de manera selectiva y hace que la superficie se vuelva hidrofóbica. Debido a que estas partículas ahora son hidrofóbicas, se adhieren a las burbujas de aire y se transportan a la superficie, donde forman una capa de espuma.

Las partículas de carbón grandes no flotan porque son demasiado grandes para que las burbujas las levanten hasta la superficie. Esta es la razón por la que es importante triturar el carbón en partículas muy pequeñas antes de realizar la flotación por espuma.

Las partículas de arena se depositan en la parte inferior del frasco porque no son hidrofóbicas, por lo que no se adhieren a las burbujas de aire. Si algunas partículas de arena alcanzan la fase de espuma al agitarlas, rápidamente vuelven a la fase acuosa cuando se deja de agitar.

Durante el procesamiento de minerales, la capa de espuma se retira de la superficie y el resto de la mezcla se desecha como residuos.

Visite [cat.com/groundrules](http://cat.com/groundrules) para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.

© 2009 Caterpillar Inc.

## Hoja de datos para la flotación de carbón

### A) Mezcla de aire y agua:

1. ¿Qué sucede cuando agita el frasco con agua de grifo y aire?
2. ¿Qué sucede cuando deja de agitar el frasco?

### B) Mezcla de detergente, aire y agua:

1. ¿Qué sucede cuando agita el frasco con agua, detergente y aire?
2. ¿Por qué la capa de espuma se forma en la superficie de la solución?

### C) Mezcla de arena, carbón, agua, aceite vegetal y detergente:

1. ¿Qué se forma en la superficie de la mezcla después de dejar de agitar?
2. ¿A dónde va el carbón? ¿Por qué?
3. ¿A dónde va la arena? ¿Por qué?
4. ¿Qué observó sobre el papel de filtro?
5. ¿Por qué no flotan las partículas de carbón grandes? ¿Qué se puede hacer para que floten?



## LIXIVIACIÓN PARA SEPARAR METALES DE UN MINERAL

### Descripción

Los estudiantes llevarán a cabo un experimento de lixiviación para extraer cobre de un mineral de cobre.

#### VOCABULARIO:

1. Mineral
2. Ión
3. Lixiviación
4. Solución
5. Solvente
6. Hidrometalurgia
7. Ácido
8. Precipitación

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Mineral de cobre finamente triturado
- Taza o vaso de precipitado Pyrex de 100 mL
- Cuchara de plástico
- ½ taza de vinagre blanco
- Placa calentadora
- Cacerola
- Lámina o cable de aluminio
- Cable de cobre
- Gafas de seguridad

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae y se procesa el cobre en un gran sitio de mina en Chile.

Pida a los estudiantes que definan la lixiviación y que expliquen cómo se podría utilizar para procesar minerales.

La lixiviación es un método que se puede utilizar para separar algunos metales del mineral en el que se encuentran. La extracción de los metales por medio del uso de soluciones químicas se denomina hidrometalurgia. La lixiviación es un ejemplo común de la hidrometalurgia.

La lixiviación se utiliza aproximadamente en el 15 % de la producción de cobre mundial. La mayoría de estas operaciones se lleva a cabo en Chile, Arizona y Australia.

La lixiviación utiliza un solvente químico para disolver o separar (lixiviar) el metal del mineral y formar una solución desde la que se pueda recolectar el metal. El mineral se apila en una superficie llamada “pila de lixiviación” y luego se lo rocía con el producto químico para que se disuelva y se drene. La solución concentrada luego puede procesarse para recuperar el metal deseado. El ácido sulfúrico, por ejemplo, se utiliza generalmente para lixiviar mineral de uranio, cobre y cinc. Se utiliza una solución acuosa de sodio o cianuro de potasio para lixiviar algunos minerales de oro y plata.



## Actividad (duración: 20 minutos)

El objetivo de esta actividad es disolver iones de cobre y extraerlos de la solución en un cable de aluminio.

### Preparación del docente:

1. Caliente el vinagre en una cacerola sobre la placa calentadora hasta que hierva. Esto debe realizarse en una campana de extracción antes de la actividad.

### Actividad:

1. Colóquese las gafas de seguridad para evitar que las salpicaduras de la solución de vinagre entren a los ojos. Se recomienda que realice esta actividad en una campana de extracción.
2. Vierta aproximadamente 50 mL de vinagre caliente en la taza o vaso de precipitado Pyrex. Esta es la solución de lixiviación. Observe el color de la solución.
3. Añada una cucharada de mineral de cobre triturado en el recipiente Pyrex (lo suficiente para cubrir la parte inferior).
4. Observe el color de la solución de lixiviación después de añadir el mineral. ¿Qué sucede?
5. Añada un pedazo de lámina o cable de aluminio (3 a 4" de largo) con parte del cable en la solución y parte colgando por el borde del vaso de precipitado.
6. Añada un pedazo de cable de cobre como patrón de comparación para demostrar qué sucede con los materiales que contienen cobre en la reacción.
7. Después de unos minutos, quite el aluminio de la solución. ¿Comenzó a cambiar de color la parte que estaba dentro de la solución? Si es así, ¿por qué?
8. Reemplace el aluminio en la solución y revíselo después de 30 minutos. ¿Se ha producido algún cambio de color? ¿Qué sucede?
9. Deje los materiales en la solución durante unos días y realice observaciones diarias.

## Análisis (duración: 10 minutos)

Pida a los estudiantes que expliquen lo que sucede en el vaso de precipitado. ¿De qué está compuesto el vinagre? El vinagre es una solución débil de ácido acético en agua. ¿Qué efecto tiene el vinagre sobre el mineral de cobre? ¿Qué forma tiene el cobre cuando está en solución? Analice el término "ión".

¿De qué color es la solución? Los iones de acetato de cobre tienen un color verde azulado. ¿Cómo cambia la solución en el tiempo?

¿Por qué se añadió el cable de aluminio en el vaso de precipitado? ¿Cambió de color el cable de aluminio? ¿Por qué? Algunos de los iones de cobre de la solución se precipitaron sobre el cable de aluminio.

Visite [cat.com/groundrules](http://cat.com/groundrules) para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.



## SEPARACIÓN MAGNÉTICA

### Descripción

Los estudiantes explorarán las propiedades de la magnetita y utilizarán un imán para separar magnetita de arena. Calcularán la ley del mineral de magnetita en la muestra.

#### VOCABULARIO:

1. Magnetita
2. Magnetismo
3. Ley del mineral
4. Separación magnética

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Muestra de roca de magnetita
- Muestra de roca diamagnética
- Magnetita molida
- Arena
- Imán fuerte
- Bolsa con cierre hermético
- Balanza
- Papel de filtro o papel de cocina
- Bandeja o molde para torta de poca profundidad
- Guía de identificación de minerales o acceso a Internet
- Calculadoras
- Hoja de datos (proporcionada)

### Introducción (duración: 10 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae y se procesa el cobre en un gran sitio de mina en Chile.

Revise las propiedades de los minerales. Pida a los estudiantes que nombren algunas propiedades que se puedan utilizar para identificar minerales (p. ej., dureza, color, brillo, veta, magnetismo).

Explique a los estudiantes que, después de extraer el mineral, se deben extraer los minerales valiosos del resto del mineral. Esto se puede realizar de diferentes maneras. Explíqueles que, en este experimento, los estudiantes utilizarán la propiedad de magnetismo para separar un mineral magnético de una mezcla de mineral triturado.

### Actividad (duración: 40 minutos)

Los objetivos de esta actividad son examinar las propiedades de la magnetita, separar la magnetita en polvo de la arena y determinar la ley de la magnetita.



## Preparación:

1. Mezcle arena y magnetita molida en un recipiente. No se deben medir las cantidades, pero asegúrese de que la mezcla incluya al menos 50 % de magnetita.

## Actividad:

1. Divida la clase en grupos de dos.
2. Cada grupo debe probar las dos muestras de roca con su imán. ¿Cuál de las muestras de roca es magnética? Utilice una guía de identificación de minerales o acceda a Internet para determinar el nombre del mineral magnético. Responda las preguntas de la sección A de la hoja de datos.
3. Etiquete un pedazo de papel de cocina o un papel de filtro con el nombre “mezcla”. Pese el papel de cocina o papel de filtro en la balanza y registre el peso en la sección B de la hoja de datos.
4. Coloque 5 cucharadas de la mezcla de magnetita y arena sobre el papel de cocina y registre el peso. Reste el peso del papel de cocina del peso que tienen la mezcla y el papel de cocina juntos para obtener el peso de la mezcla. Registre ese peso en la sección B de la hoja de datos.
5. Vierta cuidadosamente el contenido del papel de cocina en una bandeja o molde para torta de poca profundidad.
6. Coloque el imán dentro de una bolsa con cierre hermético y ciérrela bien.
7. Etiquete un pedazo de papel de cocina o un papel de filtro con el nombre “magnetita”. Pese el papel de cocina o papel de filtro en la balanza y registre el peso en la sección C de la hoja de datos.
8. Mueva el imán embolsado arriba de la mezcla de arena y magnetita. ¿Qué sucede?
9. Mueva cuidadosamente el imán embolsado sobre el papel de cocina o papel de filtro. Una persona debe abrir cuidadosamente la bolsa con cierre hermético. La otra persona debe quitar el imán y tener cuidado de que no toque las partículas de magnetita para que no se peguen al imán. Con el imán fuera de la bolsa, las partículas de magnetita deberían desprenderse de la parte externa de la bolsa y caer sobre el papel de cocina.
10. Repita los pasos 8 y 9 hasta que se haya quitado prácticamente toda la magnetita de la muestra.
11. Pese el papel de cocina que contiene la magnetita y registre el peso en la sección C de la hoja de datos. Reste el peso del papel de cocina del peso del papel de cocina que contiene la magnetita para obtener el peso de la magnetita. Registre el peso en la sección C de la hoja de datos.
12. Calcule la “ley” de la magnetita como el porcentaje de magnetita en la mezcla. Regístrelo en la sección C de la hoja de datos.

## **Análisis (duración: 10 minutos)**

Analice las preguntas y respuestas de la hoja de datos. Explique qué sucede en cada etapa del experimento. ¿Qué utilidad tiene la separación magnética? ¿Cuántos minerales tienen propiedades magnéticas?

Utilice este ejemplo para demostrar que los procesos de separación utilizados para extraer minerales valiosos se pueden seleccionar según las propiedades de los minerales. En este caso, la propiedad clave de la magnetita es el magnetismo. La magnetita se extrae y se utiliza en abrasivos, tóner, fertilizantes, pigmentos de pintura y agregados para cemento de alta densidad. La magnetita generalmente se encuentra en minerales que contienen hierro.

Explique que la magnetita a veces se utiliza para separar pirita de carbón. Una pulpa de magnetita y agua es pesada y permite que las partículas más finas de carbón floten hasta la superficie. Las partículas de pirita más pesadas se asientan en la parte inferior. Se utiliza un tambor magnético para extraer magnetita de la pulpa después del uso.

¿Por qué es importante la ley del mineral? Analice las consideraciones técnicas y económicas que se deben tener en cuenta al decidir si explotar un depósito. Si cada una de las muestras evaluadas en el experimento representaran un sitio de mina individual, ¿cuál sería el mejor sitio para explotar?

Visite [cat.com/groundrules](http://cat.com/groundrules) para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.

© 2009 Caterpillar Inc.

## Hoja de datos para la separación magnética

### A) Prueba magnética:

1. ¿Cuál de las muestras de roca es magnética?
  
2. ¿Cuál es el nombre del mineral magnético? ¿Cómo lo determina?

### B) Mezcla de arena y magnetita:

1. Peso del papel de cocina (“mezcla”): \_\_\_\_\_
2. Peso de la mezcla y el papel de cocina: \_\_\_\_\_
3. Peso de la mezcla: \_\_\_\_\_
  
4. Describa la mezcla. ¿Qué son las partículas oscuras? ¿Qué son las partículas más livianas? ¿Qué parte de la mezcla es magnética?

### C) Ley de la magnetita:

1. ¿Qué sucede cuando mueve el imán embolsado arriba de la mezcla? ¿Por qué?
  
2. Peso del papel de cocina (“magnetita”): \_\_\_\_\_
3. Peso de la magnetita y el papel de cocina: \_\_\_\_\_
4. Peso de la magnetita: \_\_\_\_\_
  
5. ¿Cuál es la ley (%) de la magnetita en la muestra? (muestre el cálculo):