

# GROUND RULES



GEOLOGÍA



**GEOLOGÍA**  
EDAD 15 A 18

# 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: geología

Este tema aborda los conceptos clave de geología que son relevantes en minería. Los estudiantes más jóvenes aprenderán cómo identificar algunos de los minerales más comunes mediante el uso de cinco propiedades. Los estudiantes mayores aprenderán propiedades adicionales de identificación de minerales y cómo utilizar las pruebas de minerales para distinguir entre muestras similares. Los estudiantes más jóvenes aprenderán cómo el proceso de erosión mueve el suelo y la roca, y expone minerales valiosos en los depósitos subyacentes, como el oro o los diamantes. Todos los estudiantes explorarán la estratificación y las estructuras geológicas en la clase de tectónica con plastilina, con una mayor complejidad para cada grupo etario. Los estudiantes descubrirán cómo se forman las rocas sedimentarias y harán sus propias muestras de arenisca, conglomerado y piedra caliza. Los estudiantes mayores también estudiarán la porosidad del suelo, y crearán y medirán el crecimiento de cristales. Los estudiantes de 15 a 18 años de edad explorarán los procesos involucrados en el reciclaje de rocas.

### *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>.



## FORMACIÓN DE CRISTALES A PARTIR DE MINERALES

### Descripción

Los estudiantes observarán el proceso de formación de cristales, medirán el crecimiento de cristales y aprenderán a distinguir entre estalactitas y estalagmitas y cómo estas estructuras se forman naturalmente en cuevas de caliza.

#### VOCABULARIO:

1. Cristal
2. Átomo
3. Molécula
4. Solución
5. Ión
6. Reacción
7. Precipitar
8. Variable dependiente
9. Variable independiente
10. Gráfico lineal
11. Estalactita, estalagmita
12. Caliza, calcita

#### MATERIALES:

- Botella de 1,2 oz (35,5 mL) de silicato de sodio
- Frasco de vidrio de 1,4 oz (41,4 mL) (frasco de alimento para bebés)
- Agua
- 1 ampolla de varios cristales de sulfato (sulfato de cobre azul, sulfato de níquel verde y sulfato de magnesio blanco)
- Gafas y guantes de seguridad
- Pinzas
- Papel cuadriculado
- Lápiz y lápices de color
- Reglas
- Acceso a Internet o libros de referencia

### Introducción (duración: 15 minutos)

Pregunte a los estudiantes qué es un cristal. En cristales de cualquier tipo, los átomos o las moléculas se unen en un patrón que se repite una y otra vez para crear una forma específica. Los cristales crecen a medida que se repite el mismo patrón de manera continua.

Pregunte a los estudiantes si saben lo que son las estalactitas y las estalagmitas. ¿En dónde se las puede encontrar? Generalmente, se encuentran en cuevas de caliza. Las estalactitas se forman en el techo de una cueva y crecen hacia abajo, mientras que las estalagmitas se forman en el suelo y crecen hacia arriba.

Explique que hay varias formas de crear cristales. En esta actividad, crearán cristales a partir de sales metálicas solubles. Cuando las sales se ponen en contacto con la solución de silicato de sodio, el metal reacciona y la reacción crea los cristales precipitantes de color. Estos cristales crecerán hacia arriba para formar estalagmitas.

Advierta a los estudiantes que algunos de los químicos que se usan pueden irritar o corroer la piel, o pueden ser tóxicos. Los cristales no deben manipularse directamente. Se deben usar guantes o pinzas.



## Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es crear estalagmitas de cristal.

1. Colóquese los guantes y las gafas de seguridad.
2. Abra la botella de silicato de sodio y vierta el contenido en el frasco de vidrio.
3. Llene lo que resta del frasco con agua.
4. Coloque la tapa del frasco y asegúrese de que esté apretada de forma segura. Agite el frasco vigorosamente.
5. Abra la ampolla de los cristales y viértalos con cuidado en la solución de silicato de sodio de manera que los cristales caigan al fondo del frasco. Como opción, puede colocar los cristales donde quiera que crezcan con las pinzas. Coloque la tapa y ajústela.
6. Registre el tiempo en la hoja de datos.
7. En intervalos regulares, registre la longitud de una estalagmita de silicato de cobre (verde), una estalagmita de silicato de níquel (azul) y una estalagmita de silicato de magnesio (blanco) en la tabla de datos con la hora de medición. Tendrá que realizar las mediciones desde el exterior del frasco. Siga realizando las mediciones hasta que los cristales dejen de crecer.
8. Cree un gráfico lineal en papel cuadriculado donde se muestre el índice de crecimiento de los cristales en el tiempo. Use tres colores de líneas para representar los tres colores de cristales.

## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es explorar las reacciones químicas que se producen cuando las estalactitas y las estalagmitas crecen en cuevas de caliza. Consulte en Internet o en el libro o la enciclopedia de referencia apropiados y responda las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el tipo más común de mineral que se encuentra en la caliza? ¿Cuáles son los otros dos minerales que a veces encuentran en la caliza?
2. ¿Cuál es la fórmula química del mineral más común?
3. ¿Cómo se forma la caliza?
4. Explique cómo se forman las estalactitas y las estalagmitas en las cuevas de caliza.
5. ¿Qué sustancia química se forma en la solución líquida que gotea en la cueva?
6. ¿Cuál es la fórmula química de la reacción que crea la solución líquida que gotea en la cueva?
7. ¿Cuál es la fórmula química de la reacción que produce los cristales?
8. Por lo general, ¿cuánto crecen los cristales de las cuevas de caliza en un año? ¿Qué controla el índice de crecimiento?

## Análisis (duración: 15 minutos)

### Actividad I:

Analice los resultados del experimento. Mire los gráficos lineales. ¿Qué cristales fueron los que más crecieron? ¿Qué cristales se formaron con mayor rapidez? ¿Qué tipo de cristal fue más abundante? ¿El índice de crecimiento fue constante o varió con el tiempo?

Explique cómo se forman los cristales. Ciertas sales metálicas, especialmente los metales de transición (los grupos 3 a 12 en la tabla periódica), forman precipitaciones en la solución de silicato de sodio. Debido a que la sal metálica se disuelve, la solución resultante es menos densa que el silicato de sodio. La diferencia en densidad hace que el producto, un silicato de ión metálico insoluble, se eleve por encima de la solución. Esta es la razón por la que el cristal crece hacia arriba. A medida que reacciona con el anión de silicato, las estalagmitas se forman desde el fondo del frasco hacia arriba. Las superficies de los silicatos son semipermeables, lo que permite que el agua se desplace a través de ellas. La presión del agua hace que las membranas exploten y así más iones de metal reaccionan. Este proceso se repite hasta que la sal metálica se disuelve por completo y se crea una estructura cristalina.

Si los estudiantes quieren llevar sus jardines de cristal a casa, retire con cuidado la solución de silicato y llene el frasco con agua.

### Actividad II:

Revise las respuestas de las preguntas.

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.

## Actividad II: respuestas

1. La calcita es el mineral más común que se encuentra en la caliza. Con frecuencia, la caliza también contiene dolomita y aragonito.
2.  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de calcio).
3. La caliza se forma a partir de la precipitación de carbonato de calcio en el agua. Se puede formar con o sin la ayuda de organismos vivos. El proceso de formación de las estalactitas y las estalagmitas en las cuevas de caliza se produce sin la ayuda de organismos vivos.
4. El ingrediente clave para hacer estalactitas y estalagmitas es el agua. Cuando el agua de lluvia se escurre a través de las grietas en las rocas, recoge dióxido de carbono y minerales de la caliza y los transporta al interior de la cueva. Una vez que esta solución se pone en contacto con el aire dentro de la cueva, empieza a convertirse en cristales de calcita y se precipita alrededor de la grieta. A medida que el agua sigue goteando, se forman más cristales de calcita encima de los anteriores y la estalactita crece en longitud. Parte del agua gotea sobre el suelo de la cueva y crea estalagmitas.
5. Bicarbonato de calcio o  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .
6.  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
7.  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  (lo opuesto a la ecuación en No. 6)
8. El crecimiento de las estalactitas y las estalagmitas es muy lento. Un índice de crecimiento promedio es de aproximadamente 0,005" (o 0,1 mm) por año. El índice del flujo de agua hacia la cueva controla el índice de crecimiento.



## ELABORACIÓN DE ARENISCA, CONGLOMERADO Y CALIZA

### Descripción

Los estudiantes explorarán los procesos que forman las rocas sedimentarias y modelarán diferentes clases de rocas sedimentarias.

#### VOCABULARIO:

1. Clasificación
2. Rocas sedimentarias
3. Arenisca
4. Conglomerado
5. Caliza
6. Tamaño de grano
7. Porosidad

#### MATERIALES:

- Arena seca, cemento seco y yeso seco
- Solución para cementación (2 partes de agua, 1 parte de sal de Epsom)
- Vasos pequeños de papel y 2 cajas de zapatos
- Varillas para mezclar
- Bolsas de basura y bolsas para emparedado
- Agua
- Rocas pequeñas y pedazos de conchas
- Lupas
- Muestras de diferentes tipos de rocas sedimentarias y algunas rocas ígneas o metamórficas
- Cilindro graduado y vaso de precipitados
- Calculadoras

### Introducción (duración: 15 minutos)

Muestre una variedad de distintos tipos de rocas sedimentarias (y una o dos rocas ígneas o metamórficas) a la clase. Pregunte a los estudiantes qué clase de rocas son. ¿Son todas del mismo tipo? Pídales que encuentren una o dos rocas que sean diferentes a las demás. Hable sobre las diferencias entre las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas.

Haga que los estudiantes observen las rocas sedimentarias. Explique que además de las tres clasificaciones de rocas más importantes, también hay formas de clasificar o agrupar tipos de rocas sedimentarias.

Explique que en esta actividad, elaborarán tres tipos diferentes de rocas sedimentarias. También explorarán las formas en las que se pueden clasificar las rocas sedimentarias.



## Actividad I (duración: 30 minutos + 30 minutos unos días más tarde)

El objetivo de esta actividad es hacer una pieza de arenisca, conglomerado y caliza.

### Arenisca:

1. Llene la mitad de un vaso pequeño de papel con arena.
2. Agregue lentamente la solución de cementación hasta que la arena esté completamente húmeda, pero sin que se concentre el agua en un lugar.
3. Coloque la arenisca en un lugar cálido hasta que la parte superior esté seca (durante una noche).
4. Al día siguiente, dé vuelta el vaso sobre una servilleta de papel. Con cuidado, quite el vaso. Todavía estará húmeda, pero debería estar lo suficientemente seca como para que mantenga la forma. No toque la arenisca hasta que esté seca por completo (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Conglomerado:

1. Forre una caja de zapatos con la bolsa de plástico para basura.
2. Añada un vaso de cemento seco, un vaso de arena seca y un vaso de agua fría. Mezcle rigurosamente con una varilla.
3. Añada varias rocas a la mezcla y mezcle rigurosamente.
4. Vierta en vasos pequeños forrados con bolsas para emparedados, uno por cada estudiante.
5. Coloque los vasos en un área cálida para que se seque (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Caliza:

1. Forre una caja de zapatos con la bolsa de plástico para basura.
2. Añada yeso y agua. Mezcle rigurosamente con una varilla.
3. Agregue las conchas y mézclelas con el yeso.
4. Vierta en vasos pequeños, uno por cada estudiante.
5. Coloque los vasos en un área cálida para que se seque (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Seguimiento (2 a 3 días más tarde):

1. Los estudiantes deben quitar el conglomerado y la caliza de los vasos. Deben colocar la arenisca, el conglomerado y la caliza en una fila frente a ellos.
2. Haga una tabla de datos con tres columnas, una para cada tipo de roca. Cada estudiante debe examinar sus muestras con una lupa, y comparar y contrastar las propiedades de los tres tipos de roca. ¿Cuáles son las semejanzas? ¿Cuáles son las diferencias?
3. Dibuje un diagrama tipo borrador de cada muestra de roca.

---

## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es medir la porosidad de la arena.

1. Mida 50 mL de arena en un cilindro graduado.
2. Coloque la arena seca en un vaso pequeño de precipitado.
3. Mida 100 mL de agua en un cilindro graduado. De a poco, añada el agua a la arena. ¿A dónde se dirige?
4. Siga añadiendo agua a la arena hasta que la arena esté completamente saturada con agua. No deje que la arena rebose de agua.

5. Determine la cantidad de agua que se usó para llenar los espacios de aire entre las partículas de arena. Este es el volumen poroso de la arena.
6. Calcule la porosidad de lo mismo como se indica a continuación:  

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{\text{Volumen poroso de la arena (mL)}}{\text{Volumen total de arena (mL)}} \times 100 \%$$

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

Hable sobre las observaciones que hicieron los estudiantes. ¿Qué propiedades fueron diferentes entre los tipos de roca? ¿Qué propiedades fueron iguales? Explique que, por lo general, los tipos de rocas sedimentarias se clasifican según el tamaño de grano y la composición.

La arenisca es una roca de grano mediano, con granos de tamaños que varían de 1/6 mm a 2 mm de diámetro. Se forma mediante la cementación de granos de arena.

El conglomerado es una roca sedimentaria de grano grueso, con diámetros de grano superiores a los 2 mm. Se forma mediante la cementación de trozos redondos de grava.

¿De dónde proviene el "cemento" en la naturaleza? Las soluciones de minerales disueltos, como el carbonato de calcio, pueden cementar partículas. En el experimento de la arenisca, la sal de Epsom (un tipo de mineral) ocupó el lugar de los depósitos minerales que se encuentran en el agua y que unen el sedimento.

Pregunte a los estudiantes qué diferencia tiene la caliza en comparación con la arenisca y el conglomerado. La caliza no se forma como las otras rocas sedimentarias porque no se cementa. Se une químicamente. Por esta razón, la caliza no se forma en capas. ¿Por qué la muestra de caliza contiene conchas? Explique que la caliza se forma en ambientes acuáticos. A menudo se encuentra en aguas cálidas de mar y es un tipo común de roca para encontrar fósiles.

Hable sobre las demás clasificaciones de rocas sedimentarias: lutita, grava, carbón, till y mantillo.

### Actividad II:

¿A dónde se dirigió el agua cuando se la vertió en la arena? ¿Cuánta agua se usó para llenar los espacios? ¿Cuál fue la porosidad de la arena? Hable sobre la relación entre este experimento y la formación de depósitos sedimentarios. Puede llenarse con agua hasta un 40 % a un 50 % del volumen total de un depósito sedimentario.

¿Qué le ocurre al agua cuando estos depósitos sedimentarios se convierten en rocas? A medida que se acumulan capas de sedimento una arriba de otra, las capas inferiores quedan sujetas a presiones y temperaturas en aumento. Se empuja el agua contenida en los espacios porosos entre los granos de sedimento, y esta transporta lentamente los minerales disueltos a través de la roca a medida que se dirige hacia arriba. A menudo, estos minerales disueltos se precipitan en las capas superiores más frías y actúan como cemento. Es así como unen los granos de sedimento para formar rocas.

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.



## IDENTIFICACIÓN DE MINERALES

### Descripción

Los estudiantes explorarán algunas de las propiedades físicas de los minerales y cómo estas pueden usarse para identificar minerales.

#### VOCABULARIO:

1. Mineral
2. Inorgánico
3. Cristal
4. Elemento
5. Magnetismo
6. Dureza
7. Veta
8. Exfoliación
9. Fractura
10. Efervescencia

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Respuestas de identificación de minerales (proporcionada)
- Escala de dureza de Mohs (proporcionada)
- Tabla de identificación de minerales (proporcionada)
- 5 o más muestras numeradas de minerales (buena calidad)
- Lupas
- Placas de vetas
- Monedas de cobre
- Limas de acero o clavos
- Imanes
- Vinagre/ácido clorhídrico diluido y un gotero
- Portaobjetos de vidrio para microscopio
- Gafas y guantes de seguridad

### Introducción (duración: 20 minutos)

Pregunte a los estudiantes qué es un mineral. Los minerales son sustancias sólidas e inorgánicas que se generan naturalmente, y tienen estructuras y composiciones químicas específicas. Los minerales están presentes en rocas y pueden extraerse mediante la minería para fabricar todas las cosas que usamos en nuestras vidas cotidianas.

Vea el Capítulo 3 "Minería y el mundo moderno" de la película *Reglas del terreno*.

Pregunte a los estudiantes si saben cómo diferenciar un mineral específico de otro mineral. Puede distinguir minerales al buscar ciertas propiedades. Debido a que cada mineral es único en cuanto a la composición química y la estructura, cada uno tiene su propio conjunto de propiedades físicas, ópticas y estructurales, que ayudan a diferenciarlo. La química hace referencia a las unidades estructurales o los elementos básicos que conforman el mineral. Las propiedades ópticas hacen referencia a la apariencia del mineral y lo que ocurre cuando brilla. Las propiedades físicas como la dureza y la veta pueden probarse con facilidad.

Hable sobre algunas de las propiedades físicas comunes de los minerales que pueden analizarse para identificar un mineral. Estas son el color, el brillo, la exfoliación, la veta, la dureza, el magnetismo y la efervescencia.



El color es a menudo la primera propiedad que se nota de un mineral, pero quizás no sea la característica que pueda proporcionar un buen diagnóstico. A menudo, el color puede ser engañoso debido a que algunos minerales tienen una variedad de colores. Por eso, se debe aplicar en conjunto con otras características.

El brillo es una descripción de la forma en que la superficie de un mineral refleja la luz. La distinción más fácil de hacer es si el mineral tiene un brillo metálico o no metálico. Los minerales metálicos tienen un brillo parecido al del papel aluminio o las joyas. Si el mineral es no metálico, su brillo puede describirse en más detalle de las siguientes formas:

- Vítreo (como el vidrio)
- Perlado (como una perla)
- Ceroso (como la cera)
- Resinoso (como la resina)
- Grasoso (como una superficie engrasada)
- Terroso o mate (sin verdadero brillo en la superficie)
- Adamantino (brillante, centelleante, como una gema)

La exfoliación es la tendencia que tiene un cristal a fracturarse a lo largo de superficies planas. La exfoliación se relaciona con planos de fuerza de enlace químico débil dentro del mineral. La exfoliación se caracteriza por la cantidad de planos de exfoliación y ángulos que forman los planos de exfoliación. También se caracteriza por qué tan bien se fractura el mineral (es decir, fractura perfecta, buena, regular o mala). Algunos minerales no tienen exfoliación. Por el contrario, se fracturan en piezas irregulares.

La veta es el color de las partículas de polvo que quedan cuando se raspa un mineral contra una superficie abrasiva. El color de la veta es más confiable que el color de la superficie como un indicador. El color de la veta es constante, pero el color de la superficie puede variar.

La dureza es una medida de la resistencia del mineral a los rayones o la abrasión. Se mide mediante la Escala de dureza de Mohs. Esta es una escala que mide la dureza de los minerales en relación con cada uno. La escala varía de 1 a 10, donde 1 es el más blando y 10 el más duro. Un mineral debe poder rayar cualquier mineral con un número de dureza inferior, y un mineral o material con un número de dureza mayor debe poder rayarlo. Las siguientes herramientas simples con valores conocidos de dureza pueden usarse para determinar la dureza de un mineral:

- Uña: dureza de 2 a 3
- Moneda de cobre: dureza de 4 a 5
- Lima de acero/clavo: dureza de 5 a 6
- Vidrio: dureza de 5 a 6

El magnetismo identifica minerales específicos ricos en hierro. Solo algunos minerales como la magnetita o la pirrotita son magnéticos.

La efervescencia se produce cuando se aplica un ácido débil a algunos minerales que contienen carbonato de calcio. El dióxido de carbono se libera en esta reacción y el ácido burbujea en la superficie del mineral.

Explique que estas son solo algunas de las propiedades que se usan para identificar minerales. Los geólogos usan muchas más propiedades para identificar un mineral definitivamente.

## Actividad I (duración: 50 minutos)

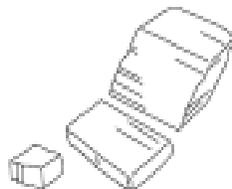
El objetivo de esta actividad es identificar 5 muestras de minerales mediante el análisis de varias propiedades físicas.

### Preparación:

1. Elija 5 muestras de minerales de alta calidad que pueden identificarse con facilidad según el color, el brillo, la exfoliación, la veta, la dureza y el magnetismo. Algunas muestras buenas de minerales para usar son las siguientes: magnetita, hematita, talco (esteatita), cuarzo, chalcopirita, pirita, feldespato.
2. Prepare cinco estaciones de identificación de minerales. Cada estación debe tener un mineral con número, una tabla de identificación de minerales (para registrar las respuestas), una placa para vetas, una lupa, herramientas de dureza, un imán, una botella pequeña con ácido, gafas y guantes de seguridad.
3. Divida la clase en cinco grupos. Debe haber un grupo por estación al inicio.
4. Cada grupo tendrá 10 minutos para determinar las propiedades de los minerales de esa muestra. Luego los grupos rotarán a la siguiente estación y harán lo mismo con el siguiente mineral, y así sucesivamente. La actividad se da por finalizada cuando todos los grupos hayan visitado cada estación.

### Actividad:

1. **Color:** observe el mineral y decida qué colores están presentes en la superficie del mineral. Escriba los colores en el espacio apropiado en la tabla de identificación de minerales.
2. **Brillo:** observe cómo el mineral refleja la luz. Primero determine si el mineral tiene un brillo metálico o no metálico. ¿Brilla cuando la luz se refleja en la superficie? ¿Parece metal? Si la respuesta es sí, entonces tiene un brillo metálico. Si es opaco o brillante, pero no como un metal, entonces tiene un brillo no metálico. Si el brillo es no metálico, trate de clasificarlo en más detalle como mate, terroso, ceroso, perlado, vítreo, resinoso o adamantino. Registre el brillo en la tabla de identificación de minerales.
3. **Exfoliación:** observe las partes fracturadas de la superficie del mineral con una lupa. ¿Cómo se ve el mineral en las partes en las que se fracturó? ¿El mineral se fracturó a lo largo de superficies planas? Si la respuesta es sí, entonces el mineral tiene exfoliación. Si la respuesta es no, entonces el mineral no tiene exfoliación. Escriba "sí" o "no" en la casilla de exfoliación en la tabla de identificación de minerales. Si el mineral no tiene exfoliación, se fracturará en piezas irregulares, como se muestra a continuación. Si el mineral tiene exfoliación, observe detenidamente para ver en cuántas direcciones se fractura y qué tan bien se fractura (fractura perfecta, buena o mala). Añada estas descripciones en la tabla de identificación de minerales.

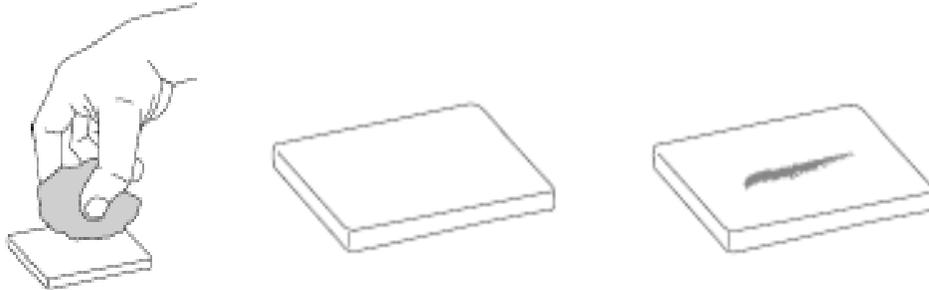


**Exfoliación**



**Fractura**

4. **Veta:** sostenga la placa para vetas en la mesa con una mano. Agarre el mineral con la otra mano, presiónelo firmemente contra la placa de la veta y empújelo hacia usted para hacer una veta como se muestra a continuación. Si lo presiona débilmente, no se veteará correctamente. Registre el color de la veta en la casilla de vetas de la tabla de identificación de minerales. Si no se puede ver una veta en la placa para vetas, registre "ninguna". Pruebe un par de superficies diferentes del mineral para hacer una veta.



5. **Dureza:** lleve a cabo una serie de pruebas con las herramientas de dureza para identificar la gama de dureza del mineral. Empiece con la herramienta más blanda, la uña, y continúe hasta llegar al vidrio. Cada vez, evalúe si el mineral es más duro o más blando que el material que está tratando de rayar. Si la herramienta de dureza raya el mineral, el mineral es más blando que esa herramienta. Si el mineral raya la herramienta de dureza, el mineral es más duro que la herramienta. Quizás tenga que usar una lupa para ver el rayón. Los rayones reales no se quitan al pasar el dedo. Busque los valores de dureza de las herramientas de dureza y registre si la dureza del mineral es superior o inferior a esos valores en la tabla de identificación de minerales.
- Prueba de la uña:** trate de rayar el mineral con la uña. Si la uña raya el mineral, busque la dureza de una uña en la escala de dureza y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número en la casilla de la tabla de identificación de minerales; continúe con el paso 7. Si la uña no raya el mineral, vaya al apartado b.
  - Prueba de la moneda:** intente rayar una moneda de cobre con el mineral. Si no se raya la moneda, esta es más dura que el mineral. Busque la dureza de una moneda de cobre en la escala de dureza y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número en la casilla de la tabla de identificación de minerales; continúe con el paso 7. Si el mineral raya la moneda, vaya al apartado c.
  - Prueba de la lima de acero o el clavo:** intente rayar una lima de acero o clavo con el mineral, O BIEN intente rayar el mineral con la lima o el clavo. Si el mineral no raya la lima o el clavo, O BIEN si la lima o el clavo raya el mineral, el mineral es más blando que el acero. Busque el número de dureza de la lima de acero o el clavo en la escala y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número; continúe con el paso 7. Si el mineral es más duro que la lima de acero o el clavo, vaya al apartado d.
  - Prueba del vidrio:** intente rayar una placa de vidrio con el mineral. Si el mineral raya la placa, registre que el mineral es más duro que el vidrio. Si el mineral no raya la placa de vidrio, registre que su dureza es inferior a la dureza del vidrio.
6. **Magnetismo:** sostenga un imán cerca del mineral. Si el imán se mueve hacia el mineral, escriba "sí" en la casilla "magnético" en la tabla de identificación de minerales. Si no, escriba "no".

7. **Efervescencia:** colóquese las gafas y los guantes de seguridad. Añada una gota de ácido clorhídrico diluido o vinagre al mineral. Examine la reacción con una lupa. Si el mineral burbujea, este es efervescente. Si no se produce ninguna reacción, el mineral no es efervescente. Escriba "sí" o "no" en la casilla de la tabla de identificación de minerales.
8. Vaya a la siguiente estación y repita los pasos 1 a 8. Continúe hasta que se hayan analizado los cinco minerales.
9. Compare los resultados de las pruebas con las respuestas de identificación de minerales y trate de identificar los cinco tipos de minerales.

## Actividad II (duración: 20 minutos)

El propósito de esta actividad es analizar aún más cómo las pruebas de identificación de minerales pueden ayudar a distinguir entre muestras similares y cómo el color no es la mejor característica para realizar el diagnóstico.

- a. Entregue a cada grupo dos muestras numeradas (que no se hayan usado anteriormente) que sean muy parecidas visualmente, pero que puedan distinguirse mediante las pruebas de identificación de minerales. Por ejemplo, calcita y cuarzo, o pirita y chalcopirita. Cada grupo debe completar todas las pruebas descritas en la actividad I y determinar el tipo de mineral de cada muestra. ¿Cuál fue la mejor prueba de diagnóstico para hacer la distinción entre los dos tipos de minerales?

Y/O

- b. Entregue a cada grupo dos muestras numeradas (no usadas anteriormente) del mismo tipo de mineral pero de distinto color. Por ejemplo, muestras de cuarzo de diferente color. Cada grupo debe completar todas las pruebas descritas en la actividad I y determinar el tipo de mineral de cada muestra. Los estudiantes quizás se frustren porque determinaron el mismo tipo de mineral para ambas muestras, pero en realidad parecen muestras diferentes. Recuérdeles que el mismo tipo de mineral puede tener una variedad de colores en la naturaleza.

## Análisis (duración: 20 minutos)

### Actividad I:

Revise las respuestas con la clase y vea cuántas muestras determinó correctamente cada grupo. Si hubo algunas muestras que fueron difíciles de determinar, compare los resultados de las pruebas con las respuestas de identificación de minerales, vea qué propiedades se identificaron incorrectamente y vuelva a analizar esas propiedades. ¿Qué propiedades fueron las más útiles para identificar cada muestra de mineral? ¿Qué propiedad fue la menos útil? ¿Qué mineral fue el más fácil de identificar?

### Actividad II:

¿Cuál fue la mejor prueba de diagnóstico para distinguir entre dos muestras? ¿Por qué es importante realizar las pruebas de diagnóstico para identificar minerales en vez de identificarlos simplemente de manera visual? Haga énfasis en el hecho de que el color de la superficie no es una buena característica de diagnóstico porque muchos minerales diferentes pueden presentar el mismo color y un tipo de mineral determinado puede tener una variedad de colores.

Visite [cat.com/groundrules](http://cat.com/groundrules) para obtener más información, proporcionar comentarios, ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.  
© 2009 Caterpillar Inc.

## Respuestas de identificación de minerales (algunos minerales comunes)

Mineral	Color	Brillo	Exfoliación	Veta	Dureza	Magnético	Efervescencia
Bauxita	rojo, marrón, amarillo	terroso, mate	no	marrón claro, blanco	1-3	no	no
Calcita	varía <sup>(1)</sup>	vítreo, perlado	sí (perfecta, 3 direcciones)	blanco	2,5-3	no	sí
Chalcopyrita	amarillo dorado	metálico	sí (mala, 1 dirección)	negro verdoso	4	no	no
Dolomita	varía <sup>(2)</sup>	vítreo, perlado	sí (perfecta, 3 direcciones)	blanco	3,5-4	no	no
Feldespato	varía <sup>(3)</sup>	vítreo, perlado	sí (ángulo de 90°)	blanco	6	no	no
Fluorita	varía <sup>(4)</sup>	vítreo	sí (perfecta, 4 direcciones)	blanco	4	no	no
Granate	blanco a gris oscuro, rojo	vítreo, perlado	no	ninguna	6,5	no	no
Hematita	marrón rojizo, gris, negro	metálico	no	marrón rojizo	5-6 <sup>(6)</sup>	no	no
Hornblenda	verde oscuro, negro	vítreo, mate	sí (perfecta, 2 direcciones)	ninguna	5-6	no	no
Magnetita	negro	metálico	no	negro	6	sí	no
Pirita	amarillo dorado	metálico	no	negro verdoso	6	no	no
Pirrotita	amarillo dorado	metálico	no	gris oscuro, negro	3,5-4,5	sí	no
Cuarzo	varía <sup>(5)</sup>	vítreo	no	blanco	7	no	no
Talco	gris, blanco	perlado, grasoso	sí (perfecta, 1 dirección)	blanco	1	no	no

- (1) blanco, incoloro, marrón, negro verdusco
- (2) blanco, incoloro, rosa, marrón, gris
- (3) rosa, gris, blanco, rojo, verde, azul, incoloro, negro
- (4) blanco, incoloro, púrpura, rosa, amarillo, marrón
- (5) verde claro, púrpura, amarillo, incoloro

(6) puede parecer más blando

Escala de dureza de Mohs

Tipo de mineral	Dureza	Prueba de la herramienta de dureza
Talco	1	se raya con la uña
Yeso	2	
Calcita	3	se raya con la moneda de cobre
Fluorita	4	se raya con la lima de acero/el clavo
Apatita	5	
Feldespato	6	raya el vidrio
Cuarzo	7	
Topacio	8	
Corindón	9	
Diamante	10	

Tabla de identificación de minerales

Propiedad	Número de muestra				
	1	2	3	4	5
Color					
Brillo					
Exfoliación					
Veta					
Dureza					
Magnético					
Efervescente					
Tipo de mineral					



## TECTÓNICA CON PLASTILINA

### Descripción

Los estudiantes explorarán estructuras geológicas, entre ellas los estratos horizontales, los anticlinales, los sinclinales y las fallas. Obtendrán conocimiento sobre el orden en el que se depositan las capas de roca. Desarrollarán habilidades para dibujar mapas y cortes transversales a escala.

#### VOCABULARIO:

1. Estrato
2. Cañón
3. Erosión
4. Pliegue
5. Sinclinal, anticlinal
6. Falla (normal, inversa, de cabalgamiento, de despegue, de rumbo deslizante)
7. Columna estratigráfica
8. Corte transversal
9. Escala de mapa
10. Fosa tectónica y pilar tectónico

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Plastilina (4 colores)
- Papel encerado
- Cuchillos de plástico
- Lápices de colores (que coincidan con los colores de la plastilina)
- Reglas
- Transportadores
- Palos de amasar
- Hoja de columna estratigráfica (proporcionada)
- Optativo: fotografías del Gran Cañón y estructuras de rocas con pliegues/fallas

### Introducción (duración: 15 minutos)

Pregunte a los estudiantes si alguna vez vieron un corte de roca (el lugar en el que se hizo explotar la roca o se cortó para que se vea el perfil vertical). ¿Qué notaron?

Hable sobre cómo se depositan las capas de roca. La capa más antigua se deposita primero y la más joven se deposita arriba de todo. Las capas se denominan estratos. Los depósitos minerales pueden encontrarse en una o más capas de roca. Si hay capas de roca encima del depósito mineral, deben quitarse antes de poder extraer los minerales. A veces las capas suprayacentes se denominan destape. Este material debe apilarse mientras la mina está en funcionamiento. Cuando se finalizó la extracción, el material se esparce sobre la tierra de nuevo durante la fase de recuperación.

Vea el Capítulo 4 “Retos de ingeniería” de la película *Reglas del terreno*. Concéntrese en la operación de minería a cielo abierto (mina Grasberg) en la cima de la montaña. Pregunte a los estudiantes si saben cómo se forman las montañas. Hable sobre el proceso de pliegue. ¿Cómo llegó el cuerpo mineral a la cima de la montaña? ¿El cuerpo mineral es más joven o más antiguo que la roca en la base de la montaña?

¿Cómo hicieron los mineros para acceder a las capas de depósitos minerales? Hable brevemente sobre el proceso de minería a cielo abierto.



## Actividad I (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es modelar una variedad de estructuras geológicas y preparar mapas y cortes transversales a escala.

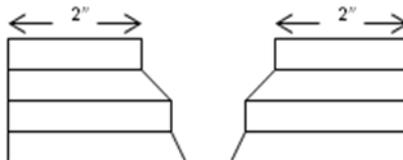
### Estratos horizontales:

1. Estire una hoja de papel encerado (al menos 5" por 10") sobre la mesa.
2. Elija un color de plastilina. Quite aproximadamente 2/3 de la plastilina del recipiente y colóquela sobre el papel encerado. Extienda la plastilina para formar un rectángulo que tenga un espesor de aproximadamente 1/4" y aproximadamente 3" de ancho por 6" de largo.
3. Repita el proceso con los otros tres colores de plastilina.
4. Apile las capas cuidadosamente, una arriba de la otra, y recorte la plastilina para que los bordes queden parejos.
5. Gire el modelo para que el lado de 6" quede frente a usted. Mantenga el modelo en esta orientación en todo momento.
6. Con los lápices de colores, llene los cuadrados en la hoja de columna estratigráfica. Las casillas coloreadas deben coincidir con los colores en el modelo de estratos, con la capa más antigua en la parte inferior y la capa más joven en la parte superior.
7. Dibuje un diagrama de corte transversal del lado de 6" del modelo de estratos. Primero dibuje un rectángulo con las mismas dimensiones del modelo. Dibújelo a una escala de 2:1 (es decir, 2" en el papel equivale a 1" en el modelo). Use una regla para dibujar con precisión la profundidad de las capas. Etiquete el estrato más antiguo y el más joven.

### Erosión:

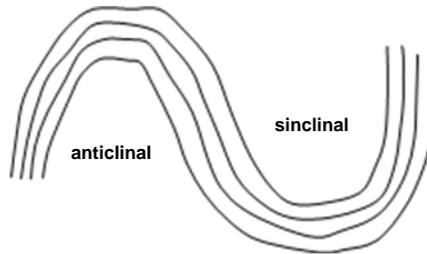
Corte a través de las capas de plastilina para simular la erosión de un cañón, como se explica a continuación:

1. El cañón se colocará en el medio del lado de 6" y se extenderá a lo largo del ancho de 3" del modelo.
2. Con un cuchillo, corte la capa superior verticalmente a 2" de cada extremo. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado (no lo aplaste).
3. Corte la 2<sup>da</sup> capa en una pendiente leve en dirección al centro. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
4. Corte la 3<sup>ra</sup> capa verticalmente. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
5. Corte la 4<sup>ta</sup> capa en una pendiente leve en dirección al centro. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
6. Dibuje un mapa de la topografía que ve si mira hacia abajo desde la parte superior del modelo. Use una regla para medir con precisión el ancho de cada capa expuesta en cada extremo del cañón que creó. Etiquete la capa más joven y la más antigua.
7. Dibuje un corte transversal a lo largo del lado de 6" que muestra el cañón a una escala de 2:1. Etiquete la capa más joven y la más antigua.



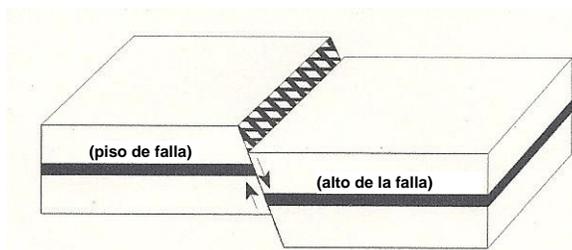
## Pliegues anticlinales y sinclinales:

1. Llene el cañón con los pedazos de plastilina que se quitaron en el modelo de erosión, para que se vea exactamente como la primera vez que se construyó.
2. Coloque las manos en los extremos de 3" del modelo y únalos horizontalmente con cuidado. Deje que el papel encerado se deslice con el modelo. Debe obtener un pliegue anticlinal y uno sinclinal. Modele con las manos según sea necesario.
3. Añada un pedazo adicional de plastilina debajo de la capa inferior de la anticlinal para estabilizar las capas plegadas.
4. Mida los ángulos interlimbos del anticlinal y el sinclinal con un transportador. Describa el ajuste del pliegue como suave ( $170^\circ$  a  $180^\circ$ ), abierto ( $170^\circ$  a  $90^\circ$ ), apretado ( $90^\circ$  a  $10^\circ$ ) o isoclinal ( $10^\circ$  a  $0^\circ$ ).
5. Haga un corte transversal del modelo plegado a una escala de 2:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven. Etiquete el pliegue anticlinal y el sinclinal. Dibuje líneas de puntos para marcar los ejes de los pliegues.
6. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo original?



## Falla normal:

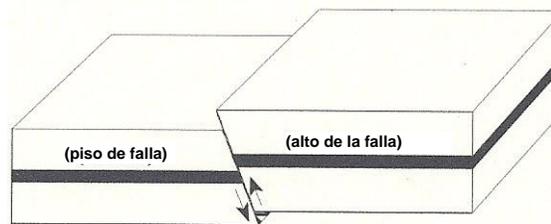
1. Vuelva a colocar el modelo en la posición de estratos horizontales (es decir, deshaga el pliegue).
2. Con un cuchillo, realice un corte inclinado y pronunciado desde la parte superior hasta la parte inferior de la plastilina a través del ancho de 3". Separe las dos partes.
3. Eleve la parte izquierda levemente y coloque algo de plastilina adicional debajo para que se mantenga elevada. Empuje la parte derecha hacia la izquierda hasta que apenas se toquen. Acaba de crear una falla normal.
4. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 2:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven.
5. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo de estratos horizontales?



Falla normal

## Falla inversa:

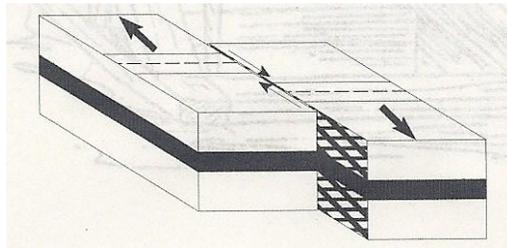
1. Separe las dos partes de la falla normal con cuidado.
2. Quite la plastilina adicional debajo de la parte izquierda y colóquela debajo de la parte derecha, para que la parte derecha sea más alta que la izquierda.
3. Empuje la parte izquierda hacia la parte derecha para que apenas se toquen. Acaba de crear una falla inversa.
4. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 2:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven.
5. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo de la falla normal? ¿Es más corto o más largo que el modelo de los estratos horizontales?



Falla inversa

## Falla de rumbo deslizante:

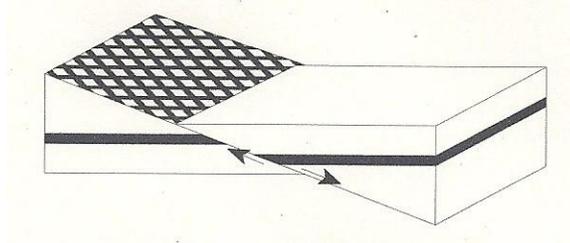
1. Vuelva a unir las mitades de la falla con cuidado para regresar al modelo de estratos horizontales.
2. Con la uña, marque un "camino" en la parte superior del modelo y hacia abajo hasta la línea central paralela al lado más corto.
3. Con un cuchillo, marque una línea de falla a lo largo del modelo, paralela al lado más largo, y deslice las dos mitades de manera horizontal.
4. Gire el modelo para que la línea de falla quede paralela al borde de la mesa en la que está sentado.
5. Observe la mitad del modelo que está más alejada de usted. ¿Está hacia la izquierda o hacia la derecha de la parte más cercana a usted? Si el lado más alejado del modelo se mueve hacia la derecha, tiene una falla de rumbo deslizante de lateral derecho. Si el lado más alejado del modelo se mueve hacia la izquierda, tiene una falla de rumbo deslizante de lateral izquierdo.
6. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 2:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven, e indique si es lateral izquierdo o lateral derecho.



## Actividad II (duración: 30 minutos)

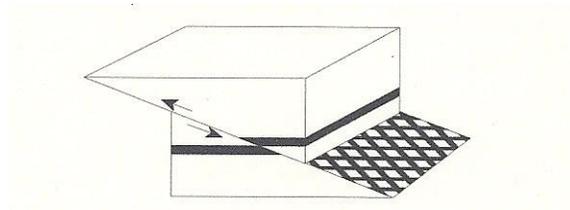
El objetivo de esta actividad es usar el conocimiento obtenido en la actividad I para construir estructuras geológicas más complejas. Los estudiantes deben crear un nuevo modelo de estratos horizontales con tres capas para empezar esta actividad. No les muestre los diagramas de los pasos 1 y 2 hasta que no hayan completado el ejercicio.

1. Cree una falla con una línea de falla poco profunda o con un ángulo bajo. Esto se denomina una falla de despegue. Separe las partes hasta que apenas se toquen. ¿Qué nota sobre la longitud de este modelo en comparación con el modelo de falla normal de la actividad I?



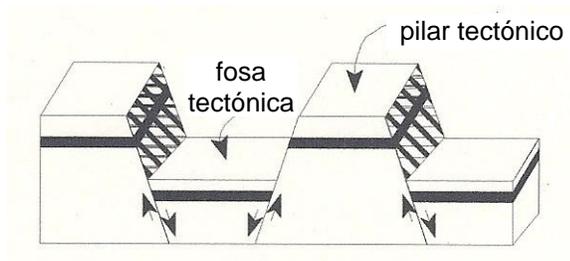
Falla de despegue

2. ¿Cómo puede tomar las dos partes del modelo de falla del paso No. 1 y crear una estructura en la que la capa inferior de roca esté expuesta? Esto se denomina falla de cabalgamiento. ¿Qué puede observar acerca de la longitud de este modelo en comparación con el modelo de falla inversa de la actividad I?



Falla de cabalgamiento

3. Trate de hacer este modelo y explique cómo se crearía en la naturaleza.



4. Cree una estructura geológica plegada con un ajuste isoclinal de  $10^\circ$ . ¿Qué le ocurre a las capas de roca?
5. Cree su propio modelo de 4 capas con una combinación de pliegues y fallas. Dibuje un diagrama de corte transversal del modelo a una escala de 1:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven. ¿Cuántas capas hay expuestas?

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

¿Qué estructuras geológicas producen un aumento en la longitud en comparación con el modelo de estratos horizontales? ¿Cuáles producen una disminución en la longitud?

Hable sobre por qué un cañón tiene una topografía “escalonada”. Algunas capas de roca quizás sean más o menos resistentes a la erosión, así que no todas las capas de rocas se erosionarán de la misma forma que la capa superior. ¿Por qué un cañón tiene una forma en “V”? Las capas superiores tuvieron más tiempo para erosionarse, por lo que el cañón es más ancho en la parte superior que en la base. Muestre algunas fotografías del Gran Cañón para mostrar la topografía escalonada.

Pregunte a los estudiantes cómo hicieron para plegar el modelo de roca. En la naturaleza, ¿de dónde provienen las fuerzas de compresión? Hable sobre cómo chocan las placas. Pregunte cuántos estudiantes pudieron crear un pliegue simétrico perfecto solo mediante la aplicación de presión (sin necesidad de modelar con las manos). Hable sobre el hecho de que las capas de roca que se pliegan en la naturaleza pueden ser simétricas o asimétricas. En un pliegue asimétrico, ¿el eje del pliegue sería vertical? No, estaría en un ángulo.

¿Qué ocurriría si empujara con más fuerza desde una dirección que la otra? Quizás obtenga un pliegue volcado en el que la parte más alta del pliegue se apoya más allá de la dirección perpendicular. ¿Qué pasaría si empujara las capas de roca inferiores con más fuerza que las capas superiores? El plano axial de un pliegue se forma de manera perpendicular cuando se aplica mayor esfuerzo de compresión. Muestre algunas fotografías de rocas plegadas. Los pliegues son una respuesta de deformación ante el esfuerzo de compresión que se aplica a una sección de la roca. Estos esfuerzos de compresión empujan la roca. Debido a que la roca es sólida, esta no se puede deformar como un fluido que se acorta y se torna más espeso. Por el contrario, esta se pliega.

Hable sobre los diferentes tipos de fallas y sobre qué ocurre con las capas de roca en cada una. La falla de San Andrés es una falla de rumbo deslizante que desplazó rocas a cientos de millas de su ubicación original. Como resultado del movimiento horizontal, ahora se pueden encontrar rocas de diferentes edades y distinta composición una al lado de otra.

### Actividad II:

Defina los términos pilar tectónico y fosa tectónica, y cómo estos se aplican en el paso No. 3 de la actividad II. Pida a los estudiantes que describan en términos geológicos lo que ocurre con las capas de roca en este modelo. ¿Cuántas capas de roca se exponen? ¿Dónde están la capa de roca más vieja y la más joven lado a lado?

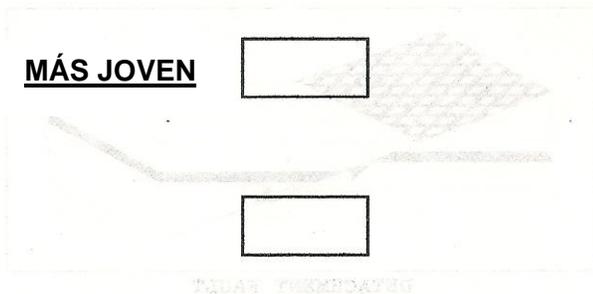
Hable sobre lo que ocurrió con las capas de roca en el paso No. 4 de la actividad II. Las capas de roca se habrían plegado una arriba de otra, de modo que el eje del pliegue habría sido casi horizontal y los dos limbos del pliegue estarían paralelos. Si obtuviera una muestra básica a través del modelo, ¿qué vería?

Pida a los estudiantes que describan en términos geológicos qué ocurrió cuando combinaron pliegues y fallas en el modelo original que crearon en el paso No. 5 de la actividad II.

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.

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

**MÁS JOVEN**

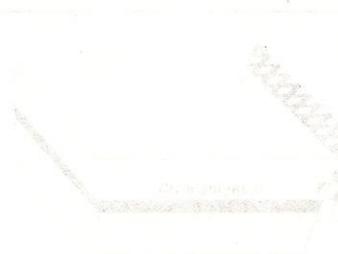


Reverse faults are dip-slip faults in which the hanging wall moves up relative to the footwall. Reverse faults are the result of compression (forces that push rocks together).

**MÁS ANTIGUO**

The Sierra Madre fault in California is an example of a reverse fault. There the rocks of the San Gabriel Mountains are being pushed up

Normal faults are dip-slip faults on which the hanging wall moves down relative to the dip of the fault surface. Normal faults are the result of extension (forces that pull rocks apart).





## SIMULACIÓN DEL CICLO DE LAS ROCAS

### Descripción

Los estudiantes explorarán los procesos implicados en el reciclado de rocas.

#### VOCABULARIO:

1. Sedimentaria
2. Ígnea
3. Metamórfica
4. Erosión
5. Deposición
6. Compactación
7. Cementación
8. Calor y presión
9. Derretimiento y enfriamiento
10. Ciclo de las rocas

#### MATERIALES:

- Un crayón por persona (colores diferentes)
- Moneda
- Cuadrados de papel aluminio
- Papel de cocina
- Velas y fósforos
- 2 losas de cerámica por grupo
- Pinzas
- Hoja de datos (proporcionada)

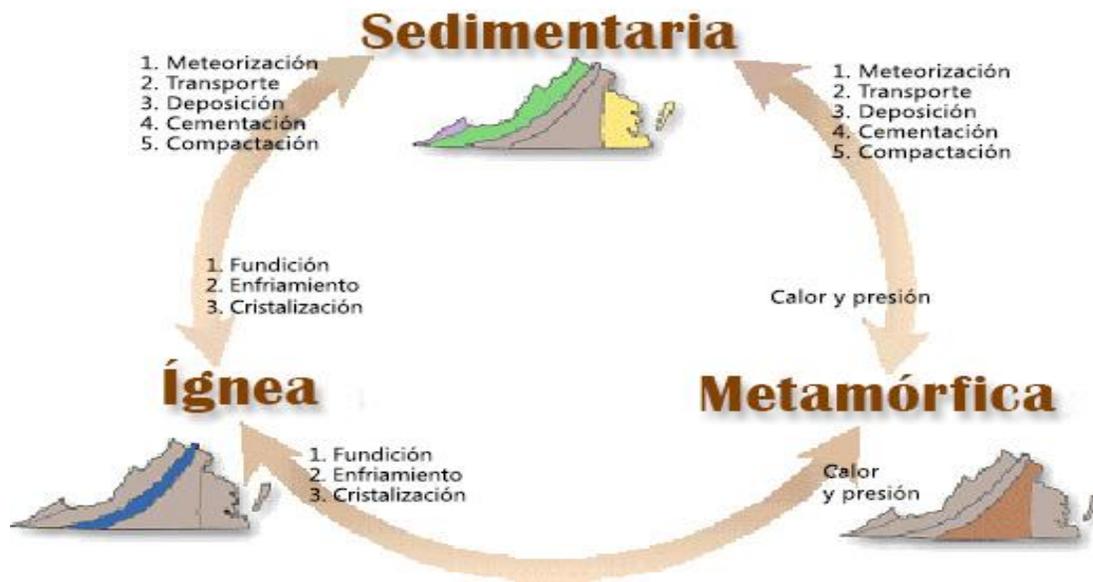
### Introducción (duración: 15 minutos)

Introduzca el concepto del ciclo de las rocas. Use el diagrama a continuación para explicar los procesos implicados en las diferentes etapas del ciclo de las rocas.

Las rocas se forman muy lentamente a medida que la corteza de la Tierra atraviesa cambios. Se forman tres tipos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Hay muchos procesos que continuamente cambian y recrean las rocas. Algunos de estos procesos son la erosión, la deposición, la cementación, la compactación, el calentamiento y el enfriamiento, y el calor y la presión. Cada tipo de roca puede atravesar cualquiera de estos procesos. Son parte de un mayor proceso denominado el ciclo de las rocas.

Medidas de seguridad: advierta a los estudiantes que trabajarán con las llamas de velas durante este ejercicio, de modo que tienen que tener cuidado y evitar acercar la ropa y la piel a la llama. Tan pronto como hayan terminado de usar la vela en el experimento, deben extinguirla inmediatamente.





## Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es simular los procesos que ocurren durante el ciclo de las rocas. Los crayones representan las rocas. Los estudiantes deben trabajar en grupos de dos y usar crayones de dos colores diferentes.

### Parte A: elaboración de una roca sedimentaria:

1. Simule el proceso de erosión. Use una moneda para raspar un crayón hasta que queden trozos pequeños. Recolecte los trozos y colóquelos en un papel de cocina. Responda las preguntas de la parte A que corresponde a la erosión en la hoja de datos.
2. Simule el proceso de deposición. Sus acciones simularán la fuerza deposicional. Cada compañero de laboratorio debe, a su vez, apilar los fragmentos de roca en una pila prolija en el centro del cuadrado de papel aluminio, un color encima del otro. Responda las preguntas de la parte A correspondiente a la deposición en la hoja de datos.
3. Simule el proceso de compactación. Con cuidado, pliegue el papel aluminio sobre las capas sueltas de trozos de crayón para elaborar un paquete. Coloque el paquete de papel aluminio entre dos losas de cerámica y use toda su fuerza para apretar las losas y compactar los trozos de crayones. Con cuidado, abra el paquete de papel aluminio y observe las "rocas sedimentarias". Responda las preguntas de la parte A correspondiente a la compactación en la hoja de datos.
4. Guarde un pedazo de la "roca sedimentaria".

Parte B: elaboración de una roca metamórfica:

1. Vuelva a envolver el paquete de papel aluminio.
2. Arremánguese. Con cuidado, encienda la vela. Tenga cuidado de no acercar la ropa ni la piel a la llama.
3. Agarre el paquete con las pinzas. Sosténgalo cuidadosamente a una o dos pulgadas por encima de la vela encendida durante un período corto para simular el proceso de calentamiento. No derrita el crayón por completo, solo ablándelo un poco. Cuando haya terminado, extinga la llama.
4. Luego, rápidamente coloque el paquete entre dos losas de cerámica y comprima. Use las pinzas para manipular el paquete en todo momento y así evitar quemaduras. Después de que el paquete se haya enfriado, ábralo con cuidado y observe las “rocas metamórficas”.
5. Responda las preguntas de la parte B en la hoja de datos.
6. Guarde una parte de la “roca metamórfica”.

Parte C: elaboración de una roca ígnea:

1. Doble los 4 lados del papel aluminio para hacer una bandeja.
2. Arremánguese. Con cuidado, encienda la vela. Tenga cuidado de no acercar la ropa ni la piel a la llama.
7. Agarre la bandeja de papel aluminio con las pinzas. Sosténgala cuidadosamente sobre la vela encendida para derretir el crayón por completo. Cuando haya terminado, extinga la llama.
3. Coloque con cuidado la bandeja sobre la mesa y deje que se enfríe.
4. Este experimento también se puede llevar a cabo con algunos de los trozos de crayón que sobraron o con un pedazo de la “roca sedimentaria”.
5. Responda las preguntas de la parte C en la hoja de datos.

Aplique lo que aprendió en esta simulación para responder las preguntas de la parte D en la hoja de datos.

## Análisis (duración: 15 minutos)

Hable sobre las respuestas a las preguntas en la hoja de datos.

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

### Parte A: elaboración de una roca sedimentaria

1. Preguntas sobre la erosión:
  - a. ¿Qué representan los crayones de diferentes colores?
  
  - b. ¿Los fragmentos son todos del mismo tamaño o forma? Describa.
  
  - c. ¿Esto ocurre también con los fragmentos de roca en la naturaleza?
  
  - d. ¿Cuáles son algunas de las herramientas de la naturaleza para erosionar las rocas?
  
2. Preguntas sobre la deposición:
  - a. Describa la forma y el tamaño de los espacios entre pedazos de roca (crayón). ¿Son grandes o pequeños? ¿Tienen forma irregular o regular?
  
  - b. ¿Cómo mueve y deposita las rocas la naturaleza?
  
3. Preguntas sobre la compactación:
  - a. ¿Observa alguna capa? ¿Son delgadas o gruesas?
  
  - b. Describa la compactación. ¿Están bien compactadas o apenas compactadas?

## Parte B: elaboración de una roca metamórfica

Preguntas sobre el calor y la presión:

- a. ¿Observa alguna capa? ¿Son delgadas o gruesas?
  
- b. Describa la compactación. ¿Están bien compactadas o apenas compactadas?

## Parte C: elaboración de una roca ígnea

Preguntas sobre el derretimiento y el enfriamiento:

- a. Describa el aspecto de la “roca” derretida (magma).
  
- b. Describa el proceso de enfriamiento y la apariencia final de la “roca ígnea”.

## Parte D: conclusiones

Use las “rocas” de simulación para describir cómo se forman en la naturaleza los siguientes tipos de roca:

- a. Rocas sedimentarias:
  
- b. Rocas metamórficas:
  
- c. Rocas ígneas: