



El buque *Okeanos Explorer* de NOAA: El barco estadounidense para la exploración del océano. Imagen: NOAA. Para más información, diríjase a la siguiente página web:  
<http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/welcome.html>

## Tema clave-Energía

### ¿Cuál es el problema?

[adaptado de la exploración *Windows to the Deep* de 2003]

#### Foco

Importancia de los hidratos de metano

#### Grado

9-12 (Ciencias de la tierra)

#### Pregunta para analizar

¿Por qué debería una expedición de la Ocean Exploration de NOAA, centrar sus investigaciones en los hidratos de metano?

#### Objetivos educativos

- Los estudiantes definirán los hidratos de metano, describirán donde se encuentran típicamente estas sustancias, y explicarán cómo se cree que estas se forman.
- Los estudiantes describirán por lo menos tres maneras en que los hidratos de metano podrían tener un impacto directo en sus propias vidas.
- Los estudiantes describirán como el conocimiento adicional acerca de los hidratos de metano que esperamos obtener durante las expediciones oceánicas y expediciones de investigación, podría proporcionar beneficios humanos.

#### Materiales

- Copias de *Guía para la investigación de los hidratos de metano*, una para cada grupo de estudiantes
- Copias de *Guía para la construcción de un modelo de hidrato de metano*, una para cada grupo de estudiantes
- Materiales para la construcción de un modelo de hidrato de metano:

*Para construir un pentágono:*

- Papel, sin líneas 8-1/2" X 11"
- Lápiz
- Compás

*Para construir la mitad del dodecaedro, las estructuras o "jaulas" de clatrato, la molécula de metano y el modelo hidrato de metano:*

- Tijeras
- Cartón o cartulina (suficiente para hacer 7 pentágonos)
- Regla, 12 pulgadas
- 11 –Brochetas de bamboo, 12" largo
- 20 – Bolas de poliestireno extruido, 1/2" to 1" diámetro
- 4 - Bolas de poliestireno extruido, 1" diámetro
- 1 - Bola de poliestireno extruido, 1-1/2" diámetro

- Cinta adhesiva o de embalaje
- Pintura en aerosol, latex a base de agua; azul oscuro, azul claro, rojo, y negro
- Sedal de pesca para 8 libras; o hilo de color claro

### Materiales audiovisuales

- Ninguno

### Tiempo de enseñanza

Uno o dos períodos de clase de 45 minutos más tiempo para dedicar a la investigación

### Asignación de asientos

Cinco grupos de 3-6 estudiantes

### Máximo número de estudiantes

32

### Palabras y conceptos claves

Rezumaderos fríos  
Hidratos de metano  
Arqueas metanogénicas  
Clatrato  
Gas de efecto invernadero  
Extinción del paleoceno  
Explosión Cámbrica  
Energía alternativa  
Peligros naturales

### Información de fondo

*NOTA: Las explicaciones y los procedimientos de esta lección están escritos en un nivel apropiado para educadores y profesionales. Al presentar y discutir este material con los estudiantes, es posible que los educadores necesiten adaptar el lenguaje y el enfoque didáctico a otros estilos más adecuados de acuerdo a cada grupo específico de estudiantes.*

*Al oceanógrafo William P. Dillon le gusta sorprender a los visitantes de su laboratorio. Una de sus prácticas es tomar bolas de hielo y prenderlas fuego. 'Son fáciles de encender. Solo debes acercar un fósforo y ya está,' dice Dillon, un investigador del Servicio Geológico de EE.UU. (USGS) en Woods Hole, Mass. A decir verdad, el hielo en cuestión no es hielo común y corriente. El accesorio del show de Dillon es una estructura peculiar y poco conocida llamada hidrato de metano.*

*de "The Mother Lode of Natural Gas"  
por Rich Monastersky*

El hidrato de metano es un tipo de clatrato, una sustancia química en la que las moléculas de un material (agua, en este caso) forman una red abierta que encierra moléculas de otro material (metano) sin formar realmente enlaces químicos entre los dos materiales. El metano es producido en varios medio ambientes por un grupo de arqueas conocido como arqueas metanogénicas. Estas arqueas obtienen energía a través de su metabolismo anaeróbico mediante el cual descomponen el material orgánico contenido en plantas y animales que alguna vez estuvieron vivos. Cuando



El hidrato de metano se parece al hielo, pero a medida que el "hielo" se derrite, libera gas metano que puede ser una fuente de combustible. Imagen: Gary Klinkhammer, OSU-COAS



Gusanos de Hielo (*Hesiocaea methanicola*) infectan un pedazo de hidrato de metano naranja a 540 m de profundidad en el Golfo de México. Durante el Paleoceno, los niveles inferiores del mar podrían haber provocado grandes emisiones de metano de los hidratos congelados y de esta manera podrían haber contribuido al calentamiento global. Hoy en día, los hidratos de metano podrían estar cada vez más inestables debido a que las temperaturas del océano son más cálidas. Imagen: Ian MacDonald.  
[http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/06mexico/background/plan/media/iceworms\\_600.jpg](http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/06mexico/background/plan/media/iceworms_600.jpg)

este proceso ocurre en sedimentos oceánicos profundos, las moléculas de metano están rodeadas por moléculas de agua y las condiciones de baja temperatura y alta presión permiten la formación de hidratos de metano similares al hielo. Además de proporcionar entretenimiento para los oceanógrafos, los depósitos de hidratos de metano son importantes por varias otras razones. Un interés importante es la posibilidad de utilizar hidratos de metano como fuente de energía. El Servicio Geológico de los Estados Unidos ha estimado que, a escala mundial, los hidratos de metano pueden contener aproximadamente el doble del carbono contenido en todas las reservas de carbón, petróleo y gas natural combinado. Además de su importancia como una posible fuente de energía, los científicos han descubierto que los hidratos de metano están asociados con comunidades biológicas inusuales y posiblemente únicas. En septiembre de 2001, la Expedición Deep East de la Ocean Exploration, exploró la cresta de Blake Ridge a una profundidad de 2.154 m y encontró comunidades asociadas a hidratos de metano habitadas por especies previamente desconocidas que podrían ser fuentes de materiales farmacéuticos beneficiosos.

Si bien estos posibles beneficios son emocionantes, los hidratos de metano también pueden causar grandes problemas. Los hidratos de metano permanecen estables en sedimentos de aguas profundas durante largos períodos de tiempo, pero a medida que los sedimentos se hacen cada vez más profundos, son calentados por el núcleo de la Tierra. Eventualmente, la temperatura dentro de los sedimentos se eleva hasta un punto en el que los clatratos ya no son estables y liberan gas metano libre (a una profundidad de agua de 2 km, se llega a este punto a una profundidad de sedimento de unos 500 m). El gas presurizado permanece atrapado bajo cientos de metros de sedimentos que se cementan juntos con hidratos de metano congelados. Si un terremoto o un deslizamiento submarino afectara a los sedimentos superpuestos, el metano presurizado podría escapar repentinamente, produciendo una explosión submarina violenta que podría resultar en tsunamis desastrosos.

La liberación de grandes cantidades de gas metano puede tener también otras consecuencias. El metano es uno de los gases de efecto invernadero. En la atmósfera, estos gases permiten que la radiación solar pase a través de la superficie de la Tierra, pero absorben la radiación de calor que se refleja desde la superficie de la Tierra, calentando así la atmósfera. Una liberación repentina de metano de los sedimentos de aguas profundas podría aumentar este efecto, ya que el metano tiene una capacidad de captura de calor 30 veces más grande que el dióxido de carbono.

En 1995, el paleoceanógrafo australiano Gerald Dickens sugirió que una liberación repentina de metano de sedimentos submarinos durante la época paleocena (al final del período terciario, hace unos 55 millones de años) causó un efecto invernadero que elevó las temperaturas del océano profundo alrededor de 6° C. El resultado fue la extinción de muchos organismos de aguas profundas. El evento se conoce como la extinción del Paleoceno. Más recientemente, otros científicos (por ejemplo, Kirschvink y Raub, 2003, Simpson, 2000) han sugerido que eventos similares podrían haber contribuido a extinciones masivas durante el período jurásico (hace 183 millones de años), así como a la aparición repentina de muchas nuevas phyla de animales durante el período cámbrico (la explosión cámbrica, hace unos 520 millones de años).

Esta lección guía a los estudiantes a investigar la importancia de los hidratos de metano.

## Procedimiento de aprendizaje

1. Preparativos para esta lección:
  - Revise la información introductoria acerca del buque *Okeanos Explorer* de NOAA en <http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/welcome.html>. Considere la posibilidad de que los estudiantes completen algunas o todas las lecciones, *Para ir con valentía...*
  - Visite <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/deepeast01/logs/oct1/oct1.html> y <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/03windows/welcome.html> para obtener información acerca de la expedición Deep East a Blake Ridge de 2001 y la expedición Windows to the Deep de 2003.
  - Repase las preguntas de la *Guía para la Investigación de los hidratos de metano*.
  - Repase los procedimientos de la *Guía para la construcción de un modelo de hidrato de metano*, y reúna los materiales necesarios. Esta actividad puede realizarse como una lección interdisciplinaria de matemáticas utilizando los pentágonos y dodecaedros construidos por los estudiantes. Las correlaciones con los Estándares estatales de Common Core para las matemáticas se proporcionan en el apéndice A en la página 13.
2. Si no lo ha hecho previamente, introduzca brevemente al buque *Okeanos Explorer* de NOAA, recalcando que ésta es la primera embarcación federal específicamente dedicada a explorar el océano, en gran parte desconocido de la Tierra. Dirija una discusión acerca de las razones por las cuales la exploración del océano es importante. Esta debería incluir un mejor entendimiento de los recursos energéticos del océano.

Dirija una discusión introductoria acerca de las expediciones Deep East del 2001 a la cresta de Blake Ridge y Windows to the Deep del 2003. Describa brevemente los hidratos de metano y por qué estas sustancias son potencialmente importantes para las poblaciones humanas. También puede visitar <http://www.pmel.noaa.gov/vents/> para obtener más información y actividades sobre las comunidades de ventilación hidrotérmica.

3. Dele a cada grupo de estudiantes una copia de la *Guía para la investigación de los hidratos de metano* y la *Guía para la construcción de un modelo de hidrato de metano*. Dígale a los estudiantes que usted espera que presenten un informe grupal, que incluya un modelo de hidrato de metano, y que respondan a estas preguntas. También deberán participar de una discusión en clase acerca de sus resultados.
4. Dirija una discusión acerca de los resultados de la investigación de los estudiantes. Usando como referencia los modelos de los estudiantes, comience una discusión acerca de lo que son los hidratos de metano, dónde se los encuentra y cómo se forman. Luego, pídale a un grupo que explique una razón por la cual los hidratos de metano son importantes para los seres humanos. Continúe este proceso hasta que los cinco grupos hayan tenido la oportunidad de presentar una pieza de toda la historia. Ahora, pregúntele a los estudiantes qué prioridades de investigación científica y políticas públicas deben establecerse con respecto a los hidratos de metano. Aliente a los estudiantes a comentar sobre la importancia potencial del calentamiento global, las fuentes de energía alternativas, los productos biológicos útiles y los peligros naturales.





Asegúrese de incluir los siguientes puntos en la discusión:

- Un clatrato es una sustancia química en la cual moléculas de un material (*p.ej.*, agua) forman una red sólida abierta que encierra, sin unión química, moléculas de otro material (*p.ej.*, metano).
- El hidrato de metano es un clatrato en el que una red de moléculas de agua encierra una molécula de metano.
- En general, los hidratos de metano se forman en condiciones de baja temperatura y alta presión, como las que se encuentran en ambientes oceánicos profundos. Vea [http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/03windows/background/hydrates/media/fig1\\_phase\\_diagram.html](http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/03windows/background/hydrates/media/fig1_phase_diagram.html) para un diagrama de fase que ilustra las combinaciones de presión y temperatura que son adecuadas para la formación de hidratos de metano.
- Sabemos, desde el siglo XIX que los clatratos son un tipo de sustancia química, pero comenzamos a prestarle atención a los hidratos de metano por primera vez cuando se descubrió que estaban obstruyendo tuberías de gas natural, particularmente tuberías ubicadas en ambientes fríos. A finales de la década del 60, se observaron hidratos de metano naturales en los sedimentos subterráneos de Siberia Occidental y Alaska. Los depósitos marinos de hidratos de metano se encontraron por primera vez en el Mar Negro y posteriormente en núcleos de sedimentos del fondo oceánico recogidos por el R/V *Glomar Challenger* de muchas áreas del océano de la Tierra.
- El metano es un gas de efecto invernadero, diez veces más capaz de causar el calentamiento del clima que el dióxido de carbono. Las variaciones de los isótopos de carbono en las rocas carbonatadas y en los sedimentos indican que las emisiones de metano de los hidratos oceánicos a gran escala, podrían haber ocurrido en diversos momentos de la historia de la Tierra, incluidos los períodos pre-cambriano y cretácico. Estas emisiones podrían haber causado un cambio climático significativo que podría estar relacionado con eventos de extinción, así como con la rápida evolución de nuevas especies durante el período cámbrico.
- El metano puede liberarse de los hidratos de metano cuando los depósitos son interrumpidos por terremotos o deslizamientos de tierra; cuando la presión sobre los hidratos se reduce debido a una caída del nivel del mar, como ocurrió durante los períodos glaciales; o cuando los clatratos se vuelven inestables debido al calentamiento.
- El metano es un combustible fósil que podría usarse en muchas de las mismas maneras en que se utilizan otros combustibles fósiles (por ejemplo, carbón y petróleo). Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos, la cantidad de metano potencialmente disponible es enorme. Por ejemplo, el recurso recuperable de gas natural doméstico de EE.UU. es de aproximadamente 2,300 billones de pies cúbicos (Bpc). En el caso de los hidratos de metano, la base de recursos internos potencialmente recuperable podría ser del orden de 5,000 Bpc.
- Las actividades de perforación y producción de petróleo y gas pueden alterar los depósitos de hidratos de metano que están cerca de la superficie del fondo marino. Tal interrupción representa un peligro para el personal y el equipo. Los

fenómenos naturales en desarrollo (*p. ej.*, el hundimiento y el levantamiento del fondo marino, los ciclos climáticos globales, los cambios en los patrones de circulación oceánica, los cambios en el nivel global del mar) alteran continuamente las condiciones de temperatura y presión en los sedimentos del fondo marino. Estos procesos afectan la estabilidad de los hidratos de metano naturales y pueden dar lugar a una desestabilización potencialmente masiva de estos hidratos. Si una gran cantidad de metano entra en la atmósfera, residirá allí aproximadamente de 10 a 20 años, durante los cuales actuará como un gas de efecto invernadero muy eficiente. A largo plazo, el impacto atmosférico del metano continuará a niveles menores a medida que el metano se disipe lentamente a través de la oxidación en agua y dióxido de carbono.

- En septiembre de 2001, la Expedición Deep East exploró Blake Ridge a una profundidad de 2154 m y encontró comunidades asociadas a hidratos de metano que contienen especies previamente desconocidas que pueden ser fuentes de materiales farmacéuticos beneficiosos.

### La conexión BRIDGE

[www.vims.edu/bridge/](http://www.vims.edu/bridge/) – Deslice el cursor sobre “Ocean Science Topics,” luego haga clic en “Habitats,” “Deep Sea” para ver enlaces relacionados con recursos acerca de respiraderos hidrotermales y comunidades quimiosintéticas.

### La conexión personal

Pídale a los alumnos que escriban un ensayo describiendo por qué las expediciones de exploración oceánica son o no personalmente relevantes e importantes.

### Conexiones con otros temas

Arte del idioma inglés (ELA), biología, química, matemáticas

### Evaluación

Las respuestas de los estudiantes a las preguntas de la *Guía de investigación* y las discusiones en clase brindan oportunidades para la evaluación.

### Extensiones

1. Siga de cerca los eventos a bordo del *Okeanos Explorer* en <http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/welcome.html>.
2. Aliente a los estudiantes a investigar eventos en la historia de la Tierra que pueden haber sido influenciados de alguna manera por hidratos de metano. El siguiente párrafo de la sección “Información de fondo” se refiere a algunos de ellos.

### Misiones de descubrimiento multimedia

<http://www.oceanexplorer.noaa.gov/edu/learning/welcome.html> Haga clic en los enlaces a las lecciones 5 y 11 para acceder a presentaciones multimedia interactivas y actividades de aprendizaje sobre la quimiosíntesis y la vida en un respiradero hidrotermal, y la energía de los océanos.

### Nueva generación de estándares científicos

Los planes de estudio desarrollados para el Volumen 1 se correlacionan con *Los principios esenciales y los conceptos fundamentales de la alfabetización oceánica* como se indica al final de este libro. Además, un documento adicional disponible en línea, proporciona apoyo en lecciones individuales para las Expectativas de rendimiento y las tres dimensiones de los Estándares científicos de





la próxima generación y los respectivos Estándares estatales de Common Core para matemáticas, la alfabetización y el arte del idioma inglés (ELA). Esta información existe para que los educadores la utilicen como un contexto o punto de partida para abordar normas particulares, lo cual no significa necesariamente que cualquier lección desarrolle completamente un estándar, principio o concepto particular. Por favor vea: [http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/edu/collection/wdwe\\_ngss.pdf](http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/edu/collection/wdwe_ngss.pdf).

#### Envíenos sus comentarios

Valoramos sus comentarios acerca de esta lección, incluyendo cómo la usa usted en su propia configuración educativa, formal o informal. Por favor, envíe sus comentarios a: [oceaneducation@noaa.gov](mailto:oceaneducation@noaa.gov)

#### Para más información

Paula Keener, Directora de los Programas Educativos de la Oficina de Exploración e Investigación Marina de NOAA Hollings Marine Laboratory  
331 Fort Johnson Road, Charleston SC 29412  
843.762.8818 843.762.8737 (fax)  
[paula.keener-chavis@noaa.gov](mailto:paula.keener-chavis@noaa.gov)

#### Agradecimientos

Producido por Mel Goodwin, PhD, biólogo marino y escritor científico, Charleston, SC. Diseño Gráfico: Coastal Images Graphic Design, Charleston, SC. Si reproduce esta lección, por favor cite a NOAA como su fuente, y proporcione la siguiente URL: <http://oceanexplorer.noaa.gov>



## Guía para la investigación de los hidratos de metano

### Preguntas de investigación

1. ¿Qué es un clatrato?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. ¿Qué es un hidrato de metano? Incluya un modelo de hidrato de metano con su informe escrito (consulte *la Guía de construcción del modelo de hidrato de metano*)

---

---

---

3. ¿Cómo se forman los hidratos de metano?

---

---

---

---

---

4. ¿Dónde se encuentran los hidratos de metano?

---

---

---

---

---

5. ¿Cuál es el efecto del metano en la atmósfera? ¿Hay alguna evidencia de un efecto directo sobre la vida en la Tierra en tiempo geológico?

---

---

---

---

---



El hidrato de metano se parece al hielo, pero a medida que el "hielo" se derrite, libera gas metano que puede ser una fuente de combustible. Imagen: Gary Klinkhammer, OSU-COAS



6. ¿De qué manera puede el metano salir de los hidratos de metano?

---

---

---

---

---

7. ¿Hay algún uso práctico para los hidratos de metano?

---

---

---

---

---

8. ¿Los hidratos de metano representan un peligro inmediato para las zonas costeras?

---

---

---

---

---

9. ¿Existen organismos biológicos inusuales o comunidades asociadas con hidratos de metano? Si es así, ¿tienen estas comunidades algún significado conocido o potencial para los humanos?

---

---

---

---

---

### Consejos para la investigación

1. Intente buscar una palabra clave utilizando los siguientes términos, solos o en combinación: rezumaderos fríos, hidratos de metano, clatratos, arqueas metanogénicas, extinción del Paleoceno, peligros relacionados con la energía

*Nota: Utilice comillas o espacios subrayados para indicarle a su motor de búsqueda que busque frases de dos palabras como un solo término.*

2. Explore las siguientes páginas web:

<http://oceanexplorer.noaa.gov>

<http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/FutureSupply/MethaneHydrates/maincontent.htm>



## Guía para la construcción de un modelo de hidrato metano

### Materiales

#### Materiales para construir un modelo de hidrato de metano:

*Para construir un pentágono:*

- Papel, sin líneas 8-1/2" X 11"
- Lápiz
- Transportador o compás

*Para construir la mitad del dodecaedro, jaula de clatrato, molécula de metano y modelo de hidrato de metano:*

- Tijeras
- Cartón o cartulina (suficiente para hacer 7 pentágonos)
- Regla, 12-inch
- 11 – Brochetas de bambú, 12" de largo
- 20 – Bolas de poliestireno extruido, 1/2" to 1" de diámetro
- 4 - Bolas de poliestireno extruido, 1 1/2" diámetro
- 1 - Bola de poliestireno extruido, 1" diámetro
- Cinta adhesiva o de embalaje
- Pintura en aerosol, latex a base de agua; azul oscuro, azul claro, rojo, y negro
- Sedal de pesca, para 8 libras; o hilo de color claro

### Procedimiento

#### 1. Notas generales:

- Use pintura spray de látex de buena calidad; las pinturas a base de aceite que contienen solventes orgánicos tienden a fundir el poliestireno extruido.
- Asegúrese de que los pinchos/brochetas estén insertados en el centro de las bolas de espuma de poliestireno.

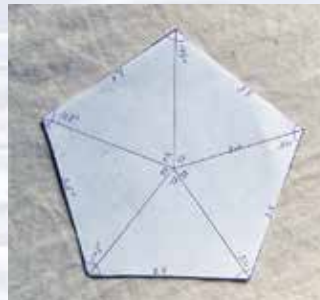
#### Parte 1 – Construir un dodecahedro pentagonal

1. Dibuje un pentágono sobre el papel y recórtelo. Cada lado del pentágono debe tener cuatro pulgadas de largo.
2. Trace el pentágono de papel sobre cartulina y recórtelo. Cada grupo cortará 13 pentágonos.
3. Coloque un pentágono sobre una superficie plana y rodéelo de cinco pentágonos asegurándose que los lados se toquen. Pegue los cinco pentágonos exteriores al pentágono central.
4. Cuidadosamente levante un par de pentágonos y pegue los lados que ellos comparten. Repita hasta que los cinco pentágonos hayan sido pegados, formando un recipiente de cinco lados. Esta es la mitad de un dodecaedro pentagonal.

#### Parte 2 – Construir los modelos de moléculas

1. Pinte los pinchos y las bolas de poliestireno con pintura en aerosol:
  - a. Pinte diez pinchos de color azul claro. Estos representan enlaces de hidrógeno entre moléculas de agua
  - b. Pinte un pincho de color rojo. Estos representan los enlaces covalentes en la molécula de metano

#### Paso 1



#### Paso 2



#### Paso 3





- c. Pinte veinte bolas de poliestireno de 1/2" de color azul oscuro. Estas representan moléculas de agua
- d. Pinte una bola de poliestireno de 1" de color negro. Estas representan el átomo de carbono
- e. Nota: las 4 bolas de poliestireno de 1 1/2" deben permanecer blancas. Estas representan los átomos de hidrógeno

2. Corte los pinchos azul claros en pedazos de treinta 3-3/4" de longitud. Corte el pincho rojo en pedazos de 2" de largo. Córtelos en un ángulo para que los extremos estén afilados.

**Construir la jaula clatrato:**

3. Coloque el séptimo pentágono en una superficie plana. Coloque un pincho azul en un lado y dos bolas azules en cada extremo. Inserte cuidadosamente el extremo del pincho azul en el centro de cada bola. Repita con tres bolas más y cuatro pinchos más para formar un pentágono bola y palo.

**Paso 3a**



**Paso 3b**



**Paso 3c**



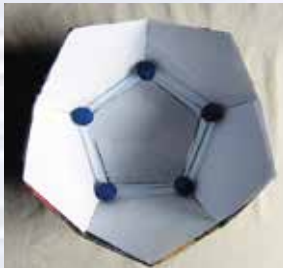
**Paso 3d**



**Paso 3e**



**Paso 4**



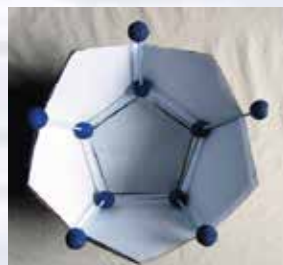
4. Coloque el pentágono bola-y-palo en la mitad del dodecaedro- tenga cuidado, ya que se asentará aproximadamente una pulgada arriba de la parte inferior. La mitad del dodecaedro (tazón) se utiliza como una plantilla para construir el dodecaedro bola y pincho con el ángulo correcto del pincho.

**Paso 5**



5. Coloque cinco pinchos de color azul claro en el centro de cada una de las bolas de color azul oscuro usando la mitad de dodecaedro como guía para el ángulo correcto del pincho. Es muy importante insertar los pinchos en el centro de la bola en el mismo ángulo que el lado de la mitad de dodecaedro.

**Paso 6**



6. Inserte una bola azul oscuro en la parte superior de cada pincho azul claro. Retire cuidadosamente la jaula incompleta del recipiente y colóquela sobre una superficie plana.

- Use el séptimo pentágono para completar la mitad inferior de la jaula. Gire el modelo de bola y pinchos en uno de sus lados y, usando el pentágono para determinar el ángulo correcto, inserte un pincho azul claro en el centro de las dos bolas de color azul oscuro. A continuación, conecte otra bola de color azul oscuro para conectar los dos pinchos de color azul claro que acaba de conectar. Esto finaliza la segunda cara y el segundo pentágono de la jaula. La primera cara era la parte inferior.
- Repita el paso 7 cuatro veces más para formar las faces restantes para la mitad inferior de la jaula.
- Repita los pasos 3, 4 y 5 para construir la mitad superior de la jaula.
- Coloque cuidadosamente la mitad inferior de la jaula en la parte inferior del recipiente de cartón. Conecte las dos mitades de la jaula juntas. Trabajando con sus compañeros, mantenga la mitad superior de la jaula sobre la mitad inferior. Las dos mitades sólo encajan en una sola dirección. Gire la mitad superior hasta que todos los pinchos se alineen con una pelota. Inserte cada pincho azul claro en el centro de la correspondiente bola azul oscura.

#### Construir la molécula de metano

- Inserte cuatro palos rojos en la bola de espuma de poliestireno negra para que estén uniformemente espaciados (cuando el modelo se coloca sobre una superficie plana, tres de los palos y la bola negra y tres de los pinchos deben parecer un trípode con el cuarto pincho apuntando hacia arriba). Adjunte una bola de espuma de poliestireno blanco al otro extremo de cada uno de los pinchos rojos.

#### Montar el modelo de hidrato de metano

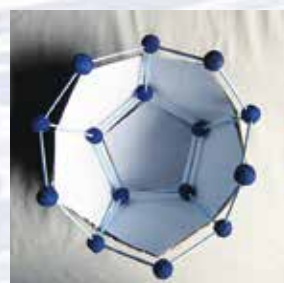
- Suspenda la molécula de metano en el centro de la jaula de clatratos uniendo la línea de pesca de uno de sus enlaces covalentes (barras rojas) a dos enlaces de hidrógeno opuestos (pinchos de color azul claro) en la parte superior de la jaula. ¡Su modelo de hidrato de metano está terminado!

Nota: Cada una de las bolas de espuma de poliestireno azul oscuro representa una molécula de agua que consta de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. Para mantener el modelo simple, no mostramos todos estos átomos por separado.

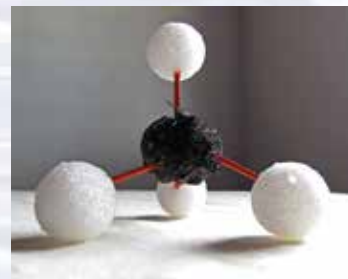
#### Paso 7



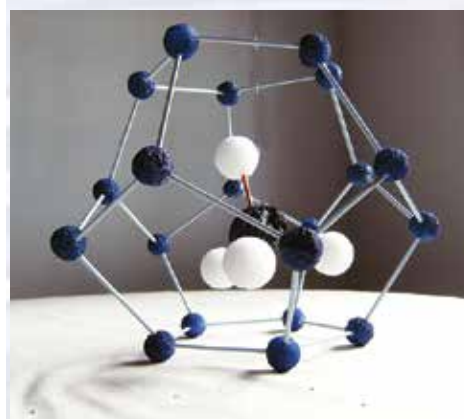
#### Paso 8



#### Paso 11



#### Paso 12



## Apéndice A

### Adaptar la actividad de construcción del modelo de hidrato de metano a una lección de matemáticas interdisciplinaria

#### Objetivos de aprendizaje

- Los estudiantes demostrarán propiedades geométricas a través de la manipulación de formas geométricas.
- Los estudiantes podrán construir un dodecaedro pentagonal.
- Los estudiantes podrán construir un modelo de hidrato de metano.

#### Tiempo de instrucción

Tres o cuatro períodos de clase de 50 minutos. También pueden ser enviados a casa como una actividad de enriquecimiento

#### Definiciones

- Polígono - una forma geométrica formada por vértices que están conectados con segmentos de línea
- Vértice - un punto donde los lados de un ángulo se encuentran
- Pentágono - forma geométrica con cinco lados iguales y cinco ángulos de  $108^\circ$
- Dodecaedro - una forma geométrica tridimensional que tiene 12 caras (pentágonos regulares), 20 vértices y 30 aristas

#### Habilidades previas

Los estudiantes deben tener conocimientos básicos de formas geométricas y saber cómo dibujar un pentágono. Si no, pueden encontrar direcciones para dibujar un pentágono usando una compás o un transportador en libros de texto de matemáticas de la escuela intermedia o en los enlaces de aquí abajo.

#### Procedimiento

1. Dirija una discusión introductoria acerca de cómo los modelos matemáticos nos ayudan a entender los conceptos científicos.
2. Dígale a los estudiantes que usarán los conceptos y habilidades que han aprendido en la clase de matemáticas para construir un dodecaedro pentagonal, una jaula de clatratos y un modelo de hidrato de metano.
3. Dele a los estudiantes, copias de la *Guía de construcción de hidratos de metano* así como los materiales necesarios.

#### Recursos

[http://wiki.answers.com/Q/How\\_would\\_you\\_draw\\_a\\_regular\\_pentagon](http://wiki.answers.com/Q/How_would_you_draw_a_regular_pentagon)  
<http://www.barryscientific.com/lessons/polygon.html>

#### Estándares estatales de Common Core para matemáticas

*Escuela secundaria:*

**HSG.MG.A.1.** Use formas geométricas, sus medidas, y sus propiedades para describir objetos.



Notas: