

# NANOOZE

LA EDICIÓN SOBRE AUTOENSAMBLAJE

¿QUÉ ES  
AUTOENSAMBLAJE?

LA CIENCIA PEQUEÑA  
DE LAS BURBUJAS

TODO SOBRE  
LA CAPA-S

LOS CIENTÍFICOS Y  
LAS SIMULACIONES

AISLANTES DE  
MEJOR CALIDAD



## ¡Bienvenidos a Nanooze!

Estarás preguntándote, ¿qué es Nanooze? (suena como nanús). Nanooze no es una cosa. Nanooze es un lugar donde podrás informarte de lo más reciente en el campo de la ciencia y la tecnología. ¿De qué cosas te enterarás? Mayormente conocerás sobre los descubrimientos de un mundo demasiado pequeño que no se puede ver a simple vista. Además, aprenderás

sobre la nanotecnología y la fabricación de cosas muy pequeñas como el chip de la computadora. También, conocerás de lo más reciente en el campo de la moda y cosas importantes como lo son las bicicletas o una raqueta de tenis. Nanooze fue creado para niños y jóvenes. Aquí encontrarás artículos sobre qué es la nanotecnología y su importancia en el futuro. Nanooze está en Internet en la dirección electrónica [www.nanooze.org](http://www.nanooze.org), o lo puedes buscar

en Google "Nanooze". En la página encontrarás entrevistas con científicos, las noticias científicas más recientes, juegos educativos y mucho más.

## ¿CÓMO CONSIGO NANO OZE PARA MI SALÓN DE CLASES?

Las copias de Nanooze son gratuitas para los maestros. Visita la página [www.nanooze.org](http://www.nanooze.org) para más información, o envía una solicitud de copias a [info@nanooze.org](mailto:info@nanooze.org).

© 2009 Centro de Tecnología y Ciencia a la Nanoescala de Cornell. Diseñado por Emily Maletz Graphic Design. Un proyecto de la Red Nacional de Infraestructura a la Nanoescala (NNIN), financiado por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF). Equipo de traducción: Eduardo A. Reyes-Tirado, Brian O. Cruz-Rodríguez, Yamaira Sierra-Sastre y Dra. Yajaira Sierra-Sastre.

# EDICIÓN SOBRE AUTOENSAMBLAJE

## ¿Qué es autoensamblaje?

En la vida pocas cosas son gratuitas. Por lo general, se toman piezas, herramientas y un poco de energía para construir algo. ¿Puedes imaginar un montón de piezas ensamblarse por sí mismas?

Algunas moléculas pueden auto-ensamblarse para hacer estructuras interesantes. Para lograrlo, las moléculas necesitan tener algunas partes que se atraigan unas a otras, y partes que deseen adherirse a algo más. En la escala nanométrica, estas fuerzas de atracción son bastante poderosas. Son tan poderosas que incluso pueden superar la gravedad.

## El autoensamblaje está en todas partes

¿Tendrías que ir a un laboratorio de alta tecnología para ver cosas ensamblarse por sí mismas? ¡No! Tú puedes observar en la naturaleza cosas que se ensamblan por sí mismas. Los copos de nieve son cristales de agua que se autoensamblan en el cielo. Todo empieza con una partícula de polvo y la formación de cristales de hielo a su alrededor. Ellos cambian de forma y tamaño por los cambios en la temperatura y el viento.

Las burbujas de jabón también se autoensamblan. Las moléculas de jabón y de agua se auto-organizan

para formar una capa. Los fulerenos o las *buckyesferas*, esas cosas curiosas hechas solamente de carbono, también se autoensamblan. Todo esto fue descubierto por científicos que buscaban diferentes formas de carbono en estrellas muy lejanas.

## En esta edición...

Conocerás a un científico que estudia el autoensamblaje, aprenderás cómo las burbujas de jabón se autoensamblan y verás cómo algunos de los productos nuevos usan piezas que son hechas por autoensamblaje. También exploraremos la manera en que los científicos predicen cómo las cosas muy pequeñas podrían comportarse sin siquiera haberlas creado.

Aprender sobre lo "nano" es divertido pero puede ser un poco complicado, por eso es bueno tener en mente estos cuatro datos:

### 1. Todas las cosas están hechas de átomos.

¡Es cierto! Tú, tu perro, tu cepillo dental, tu computadora, todo está completamente hecho de átomos. Cosas como la luz, el sonido y la electricidad no están hechas de átomos pero el Sol, la Tierra y la Luna sí están hechos de átomos. ¡Esos son muchos átomos! Y los átomos son extremadamente pequeños. Por cierto, podrías poner un millón de átomos en la punta de un alfiler.

### 2. En la escala de nanómetros, los átomos están en continuo movimiento.

Aún cuando el agua se congela y se convierte en hielo, las moléculas de agua están moviéndose. ¿Por qué no las vemos moverse? Es imposible

imaginar que cada átomo vibra, son tan pequeños que no se pueden ver con nuestros ojos.

### 3. Las moléculas tienen su propio tamaño y forma.

Los átomos se combinan para crear moléculas de distintas formas y tamaños. Por ejemplo, el agua es una molécula pequeña que está compuesta de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno y se llama  $H_2O$ . Todas las moléculas de agua tienen la misma forma debido al ángulo que se forma entre los enlaces de los átomos de hidrógeno con el átomo de oxígeno.

Algunas moléculas pueden estar compuestas de miles y miles de átomos. La insulina es una molécula en nuestros cuerpos que ayuda a controlar la cantidad de azúcar en la sangre.

¡La insulina está hecha de más de mil átomos! Los científicos pueden dibujar la forma de las moléculas, e inclusive construir muchas moléculas en el laboratorio.

### 4. Los materiales a escala nanométrica poseen propiedades inesperadas.

Las propiedades de la materia a escala nanométrica son distintas a las propiedades que exhiben los materiales que observamos a nuestro alrededor. Por ejemplo, la gravedad no cuenta a nivel molecular ya que existen otras fuerzas que son más poderosas que ésta. La estática y la tensión superficial se vuelven muy importantes. Lo más impresionante de la nanotecnología es que podemos hacer que las cosas se comporten de manera inesperada. ¡Las cosas son muy diferentes en el mundo nanométrico!



Aaron añade calcio a una solución con moléculas de proteínas de la capa-S. El calcio es un ingrediente clave para el ensamblaje de la capa-S.

## ¿Dónde creciste y cómo fue tu niñez?

Nací y crecí en Wyoming. Puedo decir que era un niño bastante “normal” con intereses que variaban desde los deportes hasta la caza y la pesca. Mi padre era ecologista, trabajaba para el Departamento de Caza y Pesca de Wyoming y mi madre era maestra de escuela primaria. Tengo un hermano mayor. Asistí a la escuela pública y dediqué mucho tiempo a los deportes competitivos, probablemente no dediqué tiempo suficiente a mi trabajo escolar. Me fue bien en la escuela, pero no diría que sobresalí hasta que llegué a la universidad.

## ¿Qué te interesaba de las ciencias cuando eras niño? ¿Cuál fue tu primer experimento?

De niño, probablemente estaba mayormente interesado en las ciencias naturales, tal vez como resultado de crecer en Wyoming. Wyoming tiene muchísima vida silvestre y formaciones geológicas sorprendentes, las cuales me inspiraron a aprender sobre estas cosas que estaban literalmente frente a mi puerta.

Mi primer experimento “real” fue en la escuela secundaria, en mi clase de ciencias donde expuse plantas en crecimiento al agua ácida, simulando la

lluvia ácida. En ese momento y aún hoy estoy interesado en cómo las personas afectan el medio ambiente que los rodea. Fue muy gratificante para mí diseñar sistemáticamente un experimento que estudia cómo las plantas responden a los contaminantes como la lluvia ácida. De hecho, por este trabajo se me concedió una beca para mis estudios universitarios. Este aspecto competitivo de las ciencias me llamó mucho la atención.

## ¿Siempre pensaste que ibas a trabajar en la investigación?

Definitivamente no. Tenía el típico sueño de ser un astronauta o doctor como muchos niños. Comencé la universidad con el deseo de ejercer una carrera en medicina, rápidamente cambié a ingeniería y luego me decidí por la química.

Antes de finalizar la universidad tuve la oportunidad de trabajar en un proyecto de investigación independiente y fue ahí cuando descubrí que me gustaba la investigación. Con un poco de dirección por parte de mis profesores se me dio la libertad de dedicarme a una idea de investigación que se me ocurrió. Errores y dificultades surgieron en el camino, sin embargo, la investigación integraba pensamiento creativo, aprendizaje intenso

y la habilidad para resolver problemas; todo esto fue motivador para mí.

**¿De dónde provienen tus ideas?** Aunque yo no creo que tenga el tipo de experiencia o conocimiento para desarrollar ideas verdaderamente impactantes, mis intereses son amplios y tengo la capacidad de interconectar la relación entre conceptos y problemas científicos aparentemente no relacionados.

Por ejemplo, leo literatura científica y asisto a discusiones o seminarios fuera de mi campo de la química e intento aplicar mis habilidades como químico para resolver problemas usando un enfoque que posiblemente sea mejor. Puede que lea un artículo científico sobre cómo los sensores de glucosa funcionan para el tratamiento de diabetes, y trate de utilizar mi conocimiento científico para contestar la pregunta: “¿Cómo yo construiría un sensor de glucosa?” La mayoría de mis ideas provienen de mi flujo de ideas en general y después las ideas se refinan llenando las lagunas a través de las discusiones con otros científicos y aprendiendo a través de lo que ya se conoce.

**¿Tú ves moléculas?** Estoy un poco avergonzado de decir que sí “veo” moléculas. Sin embargo, yo las veo como dibujos en un papel, así como los químicos (especialmente los químicos orgánicos como yo) visualizamos la estructura o las interacciones de las moléculas que usamos. Visualizar estas moléculas de esa forma me permite progresar en una idea que puedo tener sin involucrarme físicamente. Es un trabajo arduo, lo sé.

**Un área en la que trabajas es la del autoensamblaje. ¿De qué se trata todo eso?** El autoensamblaje es exactamente eso. El autoensamblaje hace cosas a partir de materiales sin ayuda alguna. Aunque la mayoría de las cosas se arrinan solas, bajo condiciones propicias,

(Continúa en página 6)



# Burbujas de jabón:

## La belleza del autoensamblaje

Ningún ensamblaje es necesario, solo soplala. Eso es todo lo que necesitas para hacer una burbuja de jabón. Por supuesto, necesitas agua con jabón y algún objeto para hacer una capa fina de jabón. Añade un soplo lento y cuidadoso de aire y tendrás todo lo que necesitas para hacer una hermosa burbuja. No necesitas construirla con tus manos. Cuando soplas, las moléculas de agua y jabón se organizan automáticamente en capas muy finas a través del proceso de autoensamblaje.



Las burbujas están compuestas por una capa de moléculas de jabón encima de una capa de moléculas de agua, algo parecido a un emparedado de queso. Solo que este emparedado es tan fino que no se puede ver.

Entonces, ¿por qué un soplo de aire causa que estas capas finas se autoensamblen? ¿Cómo saben las moléculas en qué dirección moverse? ¿Y por qué las moléculas forman burbujas grandes en lugar de esparcirse en el aire? Bueno, las moléculas de jabón tienen dos partes diferentes. A una parte le gusta el agua y a la otra parte no. La parte que le gusta el agua se llama hidrófilo y la parte que no le gusta el agua se llama

hidrófobo (hidro=agua, fobo=horror).

Cuando hay un poco de agua alrededor, las moléculas de jabón forman una capa con la parte que le gusta el agua, entonces la parte que no le gusta el agua queda al otro lado de la capa. Haz eso en ambos lados de la capa fina de agua y listo, formarás una burbuja.

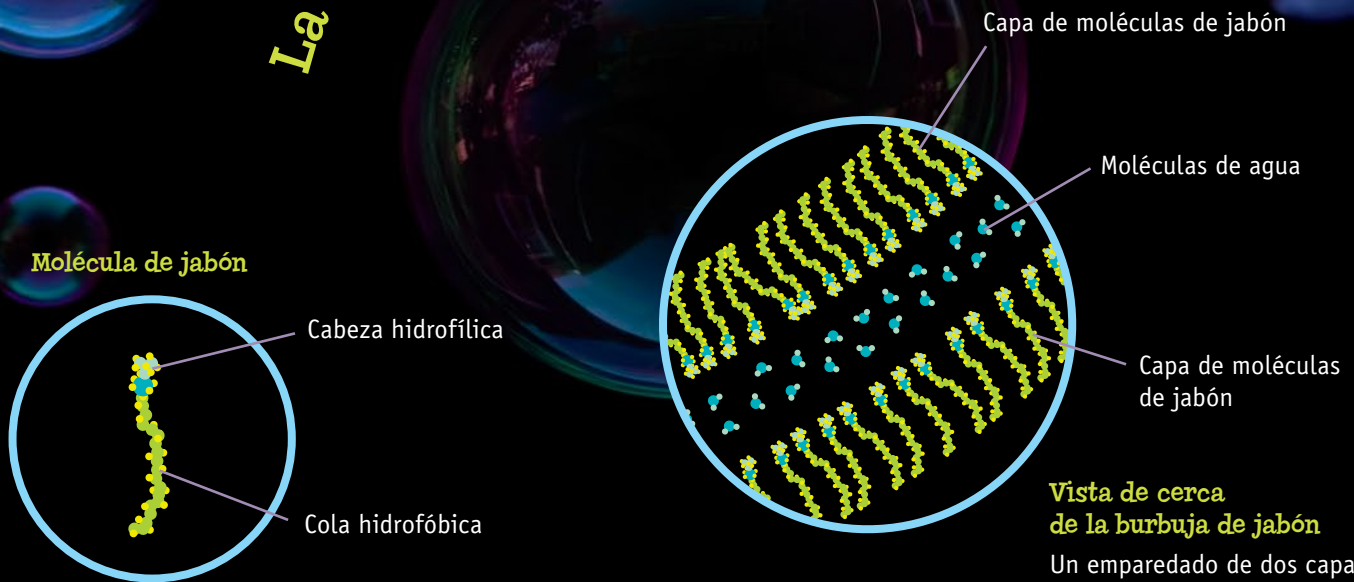
Hay otro fenómeno que ocurre en la nanoescala con las burbujas de jabón. Mira la burbuja de cerca, ¿qué ves? ¡Colores! ¡Todos los colores del arcoíris! Y lo que es interesante es que los colores cambian cuando la burbuja se mueve por la brisa.

En la escala de los nanómetros ocurren cosas inesperadas, incluyendo la difracción de la luz. Las capas finas en una burbuja de jabón desvían la luz, y dependiendo del grosor de la capa, diferentes ondas de luz son desviadas.

Por lo tanto, la superficie de una burbuja de jabón se ve como muchos arcoíris pequeños girando, porque el grosor de la capa está cambiando siempre. Las capas no cambian mucho, solo unos cientos de nanómetros. Esto es quinientas veces más pequeño que el ancho de un cabello.

Los colores del arcoíris en la superficie de la burbuja son creados por pequeñas diferencias en el grosor de las paredes de la burbuja.

## La anatomía de la burbuja de jabón



### Vista de cerca de la burbuja de jabón

Un emparedado de dos capas de moléculas de jabón y en el medio una capa fina de moléculas de agua.

La varita de burbuja ayuda en el proceso de autoensamblaje.

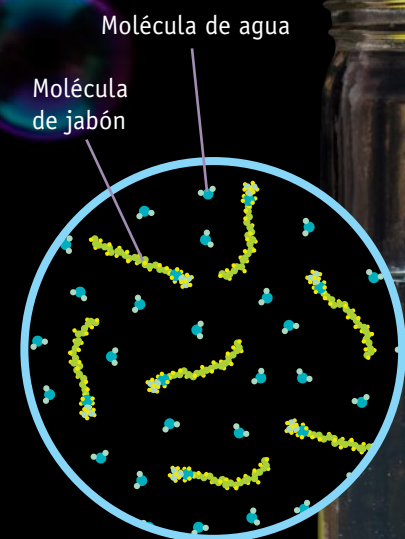
## ¡Inténtalo!

### Grandes burbujas caseras

1 taza de jabón de fregar (marca Dawn o Joy)  
12 tazas de agua (agua destilada funciona mejor)  
¼ taza de glicerina o almíbar ligero (marca Karo)

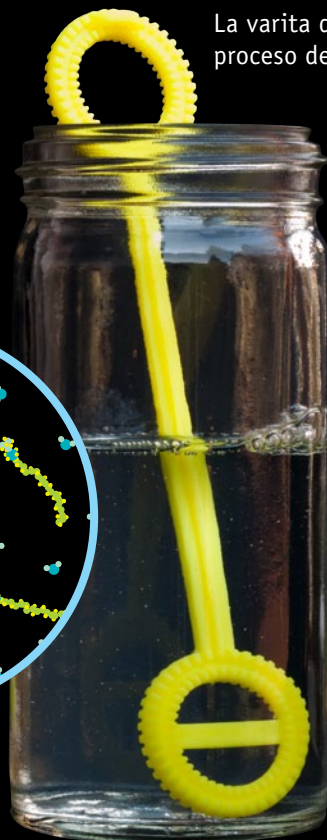
Combine los ingredientes y mezcle suavemente. Deje la mezcla reposar durante la noche. Esto ayudará a que las burbujas sean más grandes y duren más. Mantén tu contenedor de burbujas libre de sucio y polvo. ¡Utiliza una percha o un alambre para crear tu propia varita de burbujas de todos los tamaños!

*Si tienes líquido de fregar regular en lugar del concentrado, utiliza 1 ½ tazas. El agua destilada es mejor, pero el agua del grifo también funciona. Puedes encontrar glicerina en la farmacia.*



### Vista de cerca del agua y jabón

Las moléculas de jabón y de agua están mezcladas.



(Continuación de la página 3)

objetos desordenados como un grupo de moléculas se autoensamblan en estructuras organizadas o patrones. Tal como el proceso de convertir agua en hielo.

Actualmente, estoy estudiando un proceso de autoensamblaje que existe en la naturaleza, en la superficie de muchas bacterias. Si uno observa estas superficies con un microscopio poderoso, verá una estructura y orden impresionante, la cual está hecha de unas proteínas que llamamos capas-S. La capa-S contiene patrones de picos, valles y poros que están ordenados en patrones perfectos, tales como hexágonos diminutos, que se repiten sobre toda la superficie de la bacteria. Estos hexágonos están separados por 20 nanómetros y forman una capa muy estable la cual ayuda a proteger la bacteria.

A nosotros nos gustaría repetir este ensamblaje de la capa-S en el laboratorio para estudiar este proceso natural y hacer uso de este arreglo de la materia sobre áreas relativamente grandes. En el futuro, este proceso puede ser utilizado para construir catalizadores únicos, dispositivos ópticos, sensores y otros materiales que aún no pueden ser construidos utilizando las tecnologías actuales. Por ejemplo, si logramos construir estructuras autoensambladas con nanopartículas conductoras, podríamos poner en marcha los avances en baterías de larga duración o construir chips de computadoras más pequeños.

### **Si todo el mundo descubre que eres de Wyoming, ¿pensarán que eres un vaquero?**

Principalmente, yo tengo que explicarle a ellos que a pesar de tener caballos, yo en realidad conducía el automóvil o me montaba en un autobús para ir a la escuela, y no en un caballo o un vagón tirado por caballos.

Escuche la historia de Aaron en “Chronicles of a Science Experiment”, producido por EarthSky en [www.earthsky.org](http://www.earthsky.org).

## **¿Qué es una capa-S?**

El término “capa-S” es una abreviatura para capa superficial. La capa-S es la capa más externa de una bacteria y está compuesta de proteínas idénticas, las cuales forman una estructura repetitiva autoensamblada. El espesor de una capa-S es entre 5 y 25 nanómetros.

# **Manteniéndose en forma con la capa-S**

## **No todo en la escala de nanómetros se fabrica en un laboratorio.**

La naturaleza está llena de cosas de tamaño nanométrico, algunas de ellas creadas por autoensamblaje. Las enzimas ayudan en la fabricación de ADN y proteínas. Las enzimas son pequeñas herramientas que toman las partes y las ponen juntas, por lo tanto esto no es autoensamblaje. Entonces, ¿qué es?

## **Bueno, en la superficie de algunas bacterias hay un material llamado capa-S.**

La capa-S significa “capa superficial” lo que prueba que los científicos no siempre son muy creativos al asignarle nombres a ciertas cosas. La capa-S está hecha únicamente de un tipo de proteína que tiene la habilidad de autoensamblarse y formar cristales grandes (como una especie de sal). Los cristales son planos, de dos dimensiones y están hechos solamente de una capa de proteína.

Lo interesante de la capa-S es que tiene unos agujeros muy pequeños de tan sólo unos pocos nanómetros de diámetro, separados también por sólo unos pocos nanómetros de distancia. Piensa sobre la malla de metal de una ventana, el tipo de malla que se usa para mantener los insectos fuera de la casa cuando la ventana está abierta. Pero los agujeros en la capa-S son un millón de veces más pequeños. Eso es tan pequeño que muchas moléculas no caben en ellos.

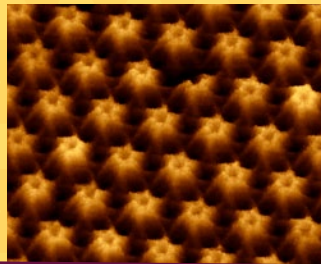


Imagen de la superficie interna de la capa-S tomada con un microscopio de fuerza atómica.

## **¿Por qué las bacterias necesitan una capa-S?**

La capa-S le da forma a la bacteria. Sin ella, muchas bacterias sólo serían una masa amorfa y algunas veces la estructura es importante. La capa-S también podría proteger la bacteria de otras cosas, como de otras bacterias. Pero la capa-S probablemente también ayuda a mantener la mayoría de las moléculas dentro de la célula y otras moléculas fuera de la célula. Es como una barrera que separa lo de adentro de la célula de lo de afuera.

## **¿Es la capa-S útil para nosotros?**

Los científicos están muy interesados en hacer estructuras de escala nanométrica. Ellos están utilizando la capa-S para hacer nanoalambres, alambres realmente finos que son más altos que su espesor. ¿Cuán grueso es un nanoalambre? Es sólo unos pocos nanómetros de ancho y miles de éstos pueden acomodarse en el ancho de un cabello. Una cosa es que los nanoalambres pueden ser utilizados para hacer baterías recargables. Los científicos piensan que con los nanoalambres las baterías durarán más y aguantarán más carga. ¡Y pensar que todo esto es posible a partir de una bacteria y cosas hechas en la naturaleza a través del proceso de autoensamblaje!

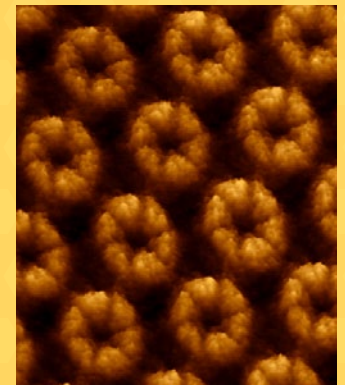


Imagen de la superficie externa de la capa-S tomada con un microscopio de fuerza atómica.



# Simulaciones: Cómo los científicos trabajan con algo que no pueden ver



Todas las cosas están hechas de átomos—el aire que respiramos, la lluvia que cae del cielo, las computadoras que utilizamos hoy en día—hasta nuestro propio cuerpo está compuesto de átomos y moléculas. Aunque están a nuestro alrededor, no podemos ver ni un sólo átomo o molécula con nuestros ojos.

Los nanocientíficos utilizan unos microscopios poderosos, llamados **microscopios de sonda de barrido**, para “ver” átomos y moléculas. En la escuela o quizás hasta en tu casa probablemente utilizas un **microscopio óptico**. Con estos microscopios se pueden ver las células. Los microscopios de sonda de barrido son muy diferentes a los microscopios ópticos. En vez de utilizar lentes y luz para ampliar un espécimen, los microscopios de sonda de barrido utilizan una aguja pequeña para “ver”. Esta aguja especial es utilizada para “sentir” la superficie de un espécimen y envía información de vuelta a la computadora, la cual crea una especie de imagen. Así que, bajo condiciones apropiadas, podrás “ver” átomos y moléculas.

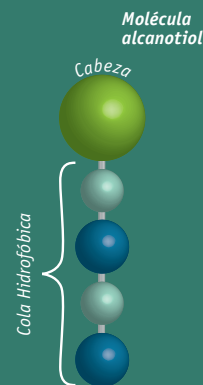
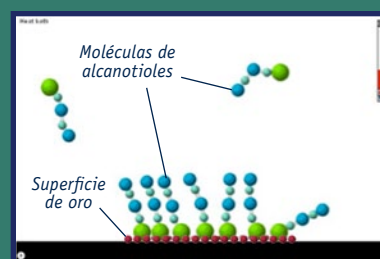
Los microscopios de sonda de barrido son bastante grandes y un poco difíciles de manejar. La parte más difícil es lograr que los átomos y las moléculas se queden inmóviles. Como los átomos y las moléculas están en movimiento constante, la única forma de hacer esto es manteniéndolos a temperaturas muy frías, porque mientras más frío esté, más lento se moverán. ¿Cuán frío? Casi en cero absoluto – cinco grados Kelvin – eso es 450 grados Fahrenheit bajo cero. ¡Brrr! Otro problema es que tienes que deshacerte de la mayoría de los átomos, lo que requiere trabajar en un vacío porque hasta el aire tiene muchos átomos.

Los científicos tienen una manera de ver cómo las moléculas se comportan sin tener que crearlas o probarlas de verdad. Ellos pueden ver cómo las moléculas pueden autoensamblarse utilizando **simulaciones**. Las simulaciones se llevan a cabo en computadoras que puedan descifrar todas las fuerzas que permiten que las moléculas se autoensamben. Es como un video juego, donde tú chocas tu carro con una pared y rebota, simulando lo que sucedería en la vida real. Se ve real porque la computadora descifra cómo debe verse y simula los movimientos del choque.

Los científicos utilizan las simulaciones para descubrir cómo crear mejores moléculas, incluyendo aquellas que se autoensamblan mejor. Las simulaciones ayudan a los científicos a hacer predicciones sin la necesidad de ir a un laboratorio o utilizar un microscopio de sonda.

## Simulación de una monocapa autoensamblada

Esta simulación muestra moléculas de alcanotiol autoensambladas en una superficie de oro. Las moléculas se desplazan de un lugar a otro, y después de un tiempo, las cabezas de las moléculas son atraídas por el oro. Al empezar a atraerse a la superficie, se empaquetan juntas por las interacciones entre las largas colas hidrofóbicas. Cuando terminan de autoensamblarse crean una capa que es solo una molécula de espesor. Esta se conoce como una monocapa autoensamblada.



## Simulación de un autoensamblaje con una interacción débil

En esta simulación tres moléculas de pireno se reúnen y se amontonan una encima de la otra. El mundo es un lugar pegajoso a la nanoescala. Cuando las moléculas se acercan unas a otras se pegan a través de una acción conocida como “interacciones débiles”, otra manera por la cual las moléculas se pueden autoensamblar.



## ¡Échale un vistazo!

Para ver versiones animadas de estas simulaciones y otras visite [www.nanooze.org/selfassembly](http://www.nanooze.org/selfassembly)

# Utilizando el autoensamblaje para construir mejores aislantes

Muchos de los productos que utilizamos, como las computadoras, teléfonos móviles y dispositivos médicos, contienen piezas de tamaño nanométrico. Muchas de estas piezas son circuitos integrados, los cuales tienen capas delgadas de metal separadas por capas delgadas de aislantes. Cuanto más delgadas sean las capas, más pequeñas se pueden hacer las piezas, y mientras más pequeños y delgados sean los circuitos, más rápido operan.

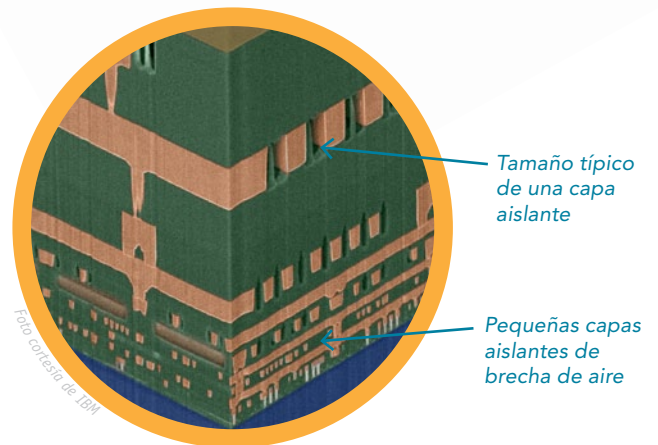
Los aislantes son cosas que no conducen electricidad, como la cubierta de plástico de un cable eléctrico. En los chips de computadoras, los aislantes son importantes porque evitan que los electrones salten de un circuito a otro. Pero, mientras más pequeño haces un chip de computadora, más difícil es crear el aislante.

Los científicos en IBM descubrieron una manera ingeniosa de utilizar el autoensamblaje para crear aislantes muy eficientes para los chips pequeños de computadoras. Ellos descubrieron cómo formar patrones autoensamblados de billones de nanoagujeros en un polímero especial. El polímero fue entonces utilizado como una plantilla para grabar patrones de agujeros pequeños de aire en un material aislante. El aire es un buen aislante. Si llevas un abrigo grande y relleno de plumas, el abrigo te mantiene caliente porque el aire está atrapado en las plumas. Estos pequeños aislantes de brecha de aire o 'airgap' permiten que los chips de computadoras sean 15% más eficientes. Eso no parece suficiente, pero permite que las computadoras no se calienten y funcionen más rápido. ¡Todo gracias al autoensamblaje!



## ¿Qué es un aislante?

Un aislante es una sustancia o dispositivo que no permite el paso del calor o la electricidad con facilidad. La cubierta de plástico en un cable eléctrico es un aislante, manteniendo la electricidad adentro del cable.



## Aislantes "airgap" de IBM

Esta sección transversal de un microprocesador muestra capas aislantes más y más pequeñas. Los científicos de IBM utilizan las técnicas de autoensamblaje para crear los pequeños aislantes de brecha de aire en las capas inferiores. Este proceso reduce la interferencia eléctrica, aumenta el rendimiento del procesador y disminuye el consumo de energía.

## Los científicos detrás de la nanotecnología

El científico de IBM, Dan Edelstein, con una versión experimental del microprocesador de brecha de aire. La técnica de autoensamblaje utilizada para crear este chip se basa en la habilidad de la naturaleza para formar patrones complicados, como esos encontrados en los copos de nieve y en una concha de mar.