

# La nanotecnología se hace líquida

El calor se ha convertido en la bestia negra de cualquier avance tecnológico en el que esté presente. Su gestión eficiente es imprescindible y necesaria tanto en aquellas aplicaciones en las que resulta perentorio deshacerse del exceso de calor, como en aquellas en las que interesa transportarlo para aprovechar su valor energético. Los expertos confían en que los nanofluidos venzan las limitaciones de los actuales sistemas de transferencia de calor

**Hugo Cerdà**

En estas mismas páginas, con ocasión de una entrevista publicada en el número 287 de junio de 2010, el ingeniero de sistemas y computadores de la Universidad Politécnica de Valencia y premio Nacional en Investigación José Duato señalaba la disipación de calor como una de las principales barreras para el avance en la miniaturización de los dispositivos microelectrónicos y el aumento de la velocidad a la que operan: "Eso ha hecho que los procesadores limiten su frecuencia por debajo de los cuatro gigahercios. Se puede llegar más allá pero los procesadores se calientan mucho. En estos momentos, la densidad de producción de calor de un procesador actual es parecida a la de una central nuclear. Y evacuar esa cantidad de calor es difícil".

El calor se ha convertido en la bestia negra de cualquier avance tecnológico en el que esté presente. Su gestión eficiente es necesaria tanto en aquellas aplicaciones en las que resulta perentorio deshacerse del exceso de calor, como en aquellas en las que interesa transportarlo para aprovechar su valor energético.

La refrigeración es indispensable para mantener el rendimiento y la fiabilidad deseados de una amplia variedad de productos, como ordenadores, dispositivos

**Los científicos todavía no conocen con precisión los mecanismos por los cuales la adición de nanopartículas en los fluidos base aumentan su conductividad térmica**

de electrónica de potencia, motores de automóviles y láseres de rayos X de alta potencia. La refrigeración es, sin duda, uno de los principales desafíos técnicos a los que se enfrentan las industrias de alta tecnología. También lo es en equipos desti-

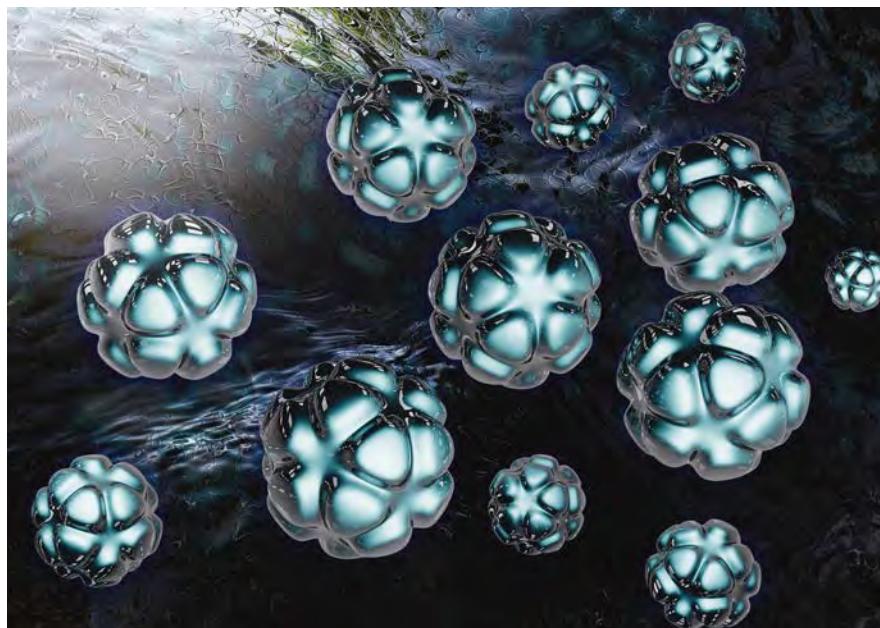


Foto: Xrender / Shutterstock

nados a la producción de energía a partir del calor, como es el caso de las centrales termosolares.

Con la tecnología actual de transferencia de calor, muchas de esas aplicaciones han llegado a un límite infranqueable. Ahora los científicos proponen aprovechar las extraordinarias propiedades de la materia en la escala nanométrica para incrementar la capacidad de transferencia de calor de los actuales fluidos. Nacen los nanofluidos.

## Mayor conductividad térmica

La idea es aumentar la limitada conductividad térmica de los principales fluidos de intercambio térmico (agua, aceites y etilenglicol) mediante la dispersión en ellos de pequeñas cantidades de partículas metálicas de tamaño nanométrico. "Los materiales que se emplean más comúnmente son metales estables (oro, cobre), óxidos metálicos (alúmina, sílice, zirconia) y carbono en diferente formas (nanotubos,

grafeno, nanopartículas de grafito)", señala Cecilia Wolluscheck, consultora industrial en ingeniería térmica y profesora de la Universidad Pública de Navarra.

Con semejante variedad de materiales, los investigadores avanzan por el método de prueba y error, experimentando con diferentes combinaciones hasta encontrar las más eficientes. "Según los resultados experimentales, los nanofluidos permiten incrementar notablemente la conductividad térmica del líquido base; sin embargo, el porcentaje de mejora parece que depende fuertemente del tamaño, forma (nanotubos o esferas) y el material utilizado para las nanopartículas, así como del líquido de base", explica Cecilia Wolluscheck.

Así, los resultados que han ido arrojando los diferentes ensayos con cada una de esas diversas combinaciones posibles proporcionan valores bastante dispares, que se mueven, según Wolluscheck, entre el 15% y el 40% de aumento de la conductividad térmica.

Los científicos todavía no conocen con precisión los mecanismos por los cuales la adición de nanopartículas en los fluidos base aumentan su conductividad térmica. "Depende de a quién le pregunte", admite por correo electrónico Gang Chen, director del NanoEngineering Group del Massachusetts Institute of Technology (MIT), que mantiene una línea de investigación en nanofluidos. Cecilia Wolluscheck habla de "falta de acuerdo entre los resultados experimentales" y "falta de comprensión teórica de los mecanismos".

Parece claro, sin embargo, que son la estructura de las partículas nanométricas y sus interacciones las que determinan las propiedades de los nanofluidos. "Las partículas menores de 100 nanómetros presentan propiedades diferentes de las de los sólidos convencionales. Las propiedades de los nuevos materiales en la nanoescala provienen de su relativamente elevada relación entre superficie y volumen, lo cual se debe a la alta proporción de átomos constituyentes que residen en los límites de grano", explican los autores del libro de referencia *Nanofluids. Sience and technology* (Ed. Wiley-Interscience).

En este sentido, Chen cree que la clave está en las interacciones entre las partículas dentro del nanofluido. "Si se incluye el efecto estructural (agrupación y percolación de nanopartículas, etc.) se puede explicar la elevada conductividad térmica observada, al menos cualitativamente", afirma Chen. Pero eso es solo parte del camino. "Lo que todavía no se conoce bien es cómo se forman esas estructuras y cuál es la relación entre la estructura y la propiedad exhibida por el nanofluido", añade el profesor del MIT. Sin este conocimiento resulta difícil dirigir los esfuerzos hacia el diseño de soluciones eficientes directamente aplicables a nivel industrial.

"Todavía quedan retos por resolver antes de dar ese salto", sentencia Jesús Esarte, investigador del centro multidisciplinar de tecnologías para la industria Cemitec, en Navarra. Esarte dirige un grupo de investigación que lleva diez años trabajando en el campo de la disipación térmica avanzada, tratando de dar respuesta a los cada vez más exigentes requerimientos de la industria de la electrónica. Se estrenaron en el estudio de los nanofluidos hace tres años con la obtención de un nanofluido estable de alta conductividad térmica a nivel experimental.

Uno de los retos que frenan la aplicación industrial de los nanofluidos que ya han demostrado su eficiencia en el labo-

ratorio tiene que ver con la estabilidad de la disolución de nanopartículas. Los científicos necesitan encontrar modos de evitar que, con el tiempo, las nanopartículas sedimenten, perdiéndose con ello la mejora en la conductividad térmica del fluido. Las nanopartículas o cúmulos de nanopartículas se mueven en el interior del nanofluido por movimiento browniano.

### La idea es aumentar la limitada conductividad térmica de los principales fluidos de intercambio térmico (agua, aceites y etilenglicol) mediante la dispersión en ellos de pequeñas cantidades de partículas metálicas de tamaño nanométrico

Para asegurar el correcto funcionamiento de un nanofluido resulta fundamental evitar que las nanopartículas o sus cúmulos se queden adheridos cuando choquen, porque esto haría que aumentara el tamaño de los cúmulos y afectaría a su estabilidad. Los nanofluidos se pueden estabilizar mediante el uso sistemas de repulsión entre nanopartículas. El grupo

de Jesús Esarte en el Cemitec estudia precisamente la estabilidad de las disoluciones en el tiempo y cómo puede afectar la adición de estabilizantes a las propiedades térmicas.

La otra barrera a la aplicación industrial de los nanofluidos es la viscosidad. Al añadir las nanopartículas al fluido base se está incrementando tanto su conductividad térmica como su viscosidad. Para cualquier aplicación práctica, es importante controlar el aumento de viscosidad, pues supone un aumento paralelo en la potencia de bombeo necesaria para mover el nanofluido. Gang Chen pone un ejemplo: "Usando copos de grafito en un volumen cercano al 1% podemos doblar la conductividad térmica del agua y otros líquidos. La mejora es impresionante. Sin embargo, hay que ser conscientes de que el 1% de volumen de nanopartículas hace el fluido base muy viscoso y, por tanto, podría no ser adecuado para aplicaciones de convención", advierte Chen.

A medida que se vayan despejando las principales incógnitas y superando las barreras que todavía separan a esta nueva tecnología de su aplicación industrial, los expertos creen que los nanofluidos pueden representar el cambio de paradigma largamente anhelado para muchas tecnologías que viven constreñidas por la dificultad para tratar con el calor.

## El sueño de Maxwell

**La tecnología de los nanofluidos es joven, pero con una profunda raigambre en el llamado árbol de la ciencia, que le emparenta de manera directa con uno de los físicos más insignes de la historia, James C. Maxwell. Fue él quien propuso en 1873 usar partículas metálicas para aumentar la conductividad térmica y eléctrica de determinadas matrices de materiales y presentó las bases teóricas para predecir la conductividad efectiva de dichas suspensiones coloidales.**

"La idea fue ensayada hace más de 100 años con partículas de tamaño micrométrico y milimétrico", explica Cecilia Wolluscheck, de la Universidad Pública de Navarra. "Pero aunque esta acción aumenta la capacidad térmica del fluido, se requiere un gran número de partículas (superior al 10% en volumen), generando, a menudo, una presión significativa que requiere una bomba más potente para mover el líquido. Además, debido a su tamaño, las partículas rápidamente sedimentan, atascan los canales y causan daños en bombas, álabes y tubos", continúa Wolluscheck.

**La llegada de la nanotecnología y su capacidad para manejar la materia a escala nanométrica hizo posible retomar la vieja idea de Maxwell, superando las limitaciones asociadas al tamaño de las partículas dispersas. Fue el investigador Steve Choi, del Laboratorio Nacional Argonne (Estados Unidos), el primero en abordar esta posibilidad a mediados de la década de 1990. Desde entonces los avances en este campo no han podido abandonar los laboratorios y dar el salto a la industria, pero los expertos confían en que los nanofluidos serán la nueva generación de fluidos de transferencia de calor.**