

---

# Nanotecnología aplicada a la arquitectura

---

PID\_00267764

Blanca Guasch Balcells

---

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 2 horas

---



**Blanca Guasch Balcells**

El encargo y la creación de este recurso de aprendizaje UOC han sido coordinados por los profesores: Albertina Saseta Naranjo, Marta Gonzalez Colominas, Pierre Bourdin Kreitz (2019)

Primera edición: octubre 2019  
© Blanca Guasch Balcells  
Todos los derechos reservados  
© de esta edición, FUOC, 2019  
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona  
Realización editorial: FUOC

*Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea este eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares de los derechos.*

# Índice

<b>1. ¿Qué es la nanotecnología?</b> .....	5
<b>2. El desarrollo de la nanotecnología</b> .....	9
<b>3. Nanoproductos</b> .....	12
<b>4. Ecología y economía</b> .....	15
<b>5. Funciones y aplicaciones</b> .....	17
5.1. Limpieza y mantenimiento .....	18
5.2. Protección .....	21
5.3. Función añadida .....	24
5.4. Control de temperatura .....	25
<b>6. La aplicación holística de nanoestructuras en interiores</b> .....	28

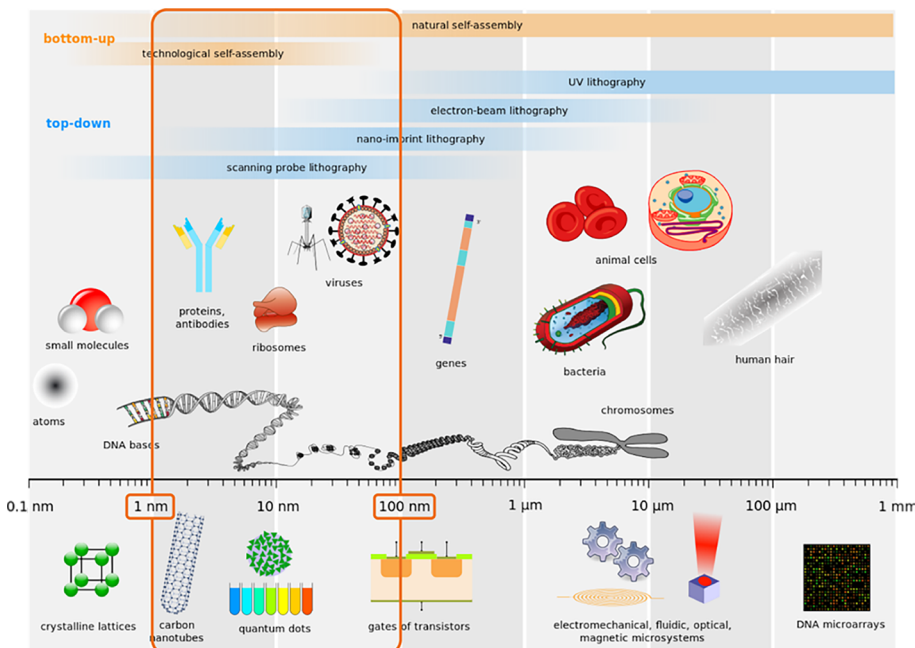


## 1. ¿Qué es la nanotecnología?

*Nano* deriva de la palabra griega *nanos* (*nanus* en latín), que significa 'enano'. Un nanómetro (nm) equivale a la milésima parte de un milímetro ( $1/1.000.000 \text{ mm}=10^{-6} \text{ mm}$ ) o lo que es lo mismo, a la billonésima parte de un metro ( $1/1.000.000.000 \text{ m}=10^{-9} \text{ m}$ ).

Un nanómetro es la 80.000 parte del diámetro de un pelo humano, y se corresponde con la medida que ocupan entre cinco y diez átomos. Estamos hablando, pues, de la medida más pequeña con la que el hombre ha podido trabajar jamás.

Figura 1. La nanoescala, escalas biológica y tecnológica comparadas



La longitud de onda de la luz visible es aproximadamente de 400-800nm. Las partículas en este rango son tan pequeñas que resultan invisibles al ojo humano. Resulta difícil entender bien una escala tan alejada de nuestra realidad. En esto, los ejemplos pueden ser de gran utilidad. Una comparación corriente es que la proporción de un nanómetro con relación a una pelota de fútbol es la misma que la del diámetro de esa pelota con relación al diámetro de la Tierra. Otra similitud es que, si extendemos una sola gota de agua en un área de  $1\text{m}^2$ , esta gota tendría 1nm de grosor.

Aunque resulte difícil encontrar una definición estándar del término *nanotecnología*, generalmente hablando, la nanotecnología se refiere a cualquier actividad realizada en magnitudes inferiores a 100nm.

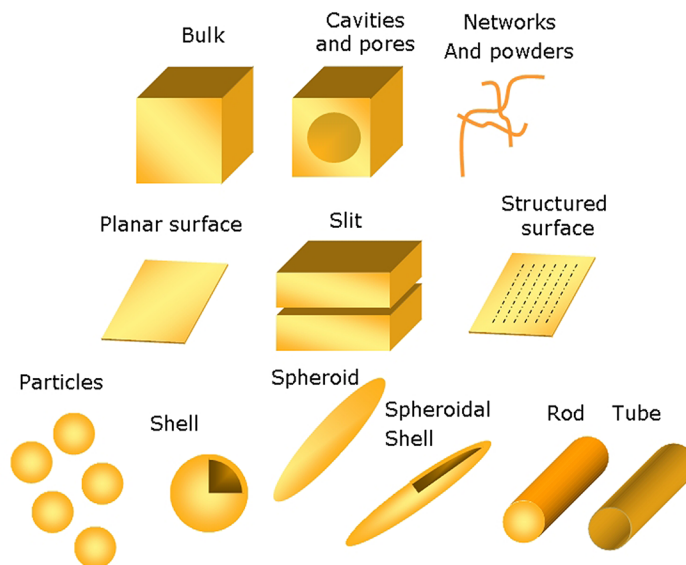
La diferencia con la nanociencia es que esta segunda se basa en la observación y el estudio de lo que ocurre en la nanoescala. En cambio, la nanotecnología es el arte de modificar la materia en esta escala; es decir, implica acción.

Ahora bien, ¿por qué ponemos el límite en 100nm? ¿Por qué no llegamos a los 1.000nm, que es cuando se da un cambio de escala real (1.000nm=1µm)? Este límite revela que algo pasa a los 100nm; que hay un cambio importante en la naturaleza de los materiales a partir de este número. Es en esta medida en la que se da un cambio en las propiedades de los materiales sólidos. Por ejemplo, el oro cambia su color a rojo. Y esta es solo una propiedad óptica, pero los cambios se dan en la totalidad de propiedades de los materiales. A partir de los 100nm, y en dimensiones inferiores, las cosas empiezan a ponerse interesantes.

La definición dada por el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania (BMBF) da la siguiente definición de nanotecnología:

«La nanotecnología se refiere a la creación, investigación y aplicación de estructuras, materiales moleculares e interfaces internas o superficiales con al menos una de sus dimensiones críticas o con tolerancias de fabricación típicas de menos de 100 nanómetros. El factor decisivo para hablar de nanotecnología es que la nanoescala de los componentes del sistema resulte en nuevas funcionalidades y propiedades para mejorar productos existentes o para desarrollar nuevos productos y aplicaciones».

Figura 2. Estructuras nanoscópicas usadas en aplicaciones nanotecnológicas



En el sector de la construcción, la nanotecnología es un «factor habilitador», es decir, una tecnología fundamental que ayuda a hacer posibles ciertos desarrollos tecnológicos. En la mayoría de innovaciones tecnológicas, distintas disci-

plinas científicas se suelen entrecruzar o superponer para conseguir la innovación. El trabajo interdisciplinar se está volviendo cada vez más común, involucrando biología, física y química junto con habilidades propias de la ingeniería.

En el proceso de desarrollo arquitectónico es necesario juntar el conocimiento de distintos especialistas en las fases iniciales de diseño y conceptualización. El uso de nanotecnologías en las disciplinas del diseño y la construcción generalmente implica la optimización de productos o materiales existentes comunes. Es pues de particular interés el desarrollo de nuevas funcionalidades y/o propiedades que no se pueden conseguir sin la ayuda de la nanotecnología y, de hecho, de la multifuncionalidad.

Al introducir nuevas tecnologías en un campo como puede ser el de la construcción, hay que tener en cuenta los principales beneficios que estas pueden aportar. En el caso de la nanotecnología, hablamos de valor añadido a través de funcionalidades añadidas. Las principales contribuciones de la nanotecnología en el sector de la construcción son:

- Optimización de productos existentes
- Protección contra daños
- Reducción de peso y/o volumen
- Reducción de la cantidad de etapas de producción
- Un uso más eficiente de los materiales
- Menor necesidad de mantenimiento (ej. fácil limpieza)

Y, como resultado directo:

- Reducción en el consumo de materias primas y energía
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>
- Conservación de recursos
- Mejor economía
- Confort

La nanotecnología nos lleva un paso más cerca de los llamados materiales «a medida», con propiedades específicas personalizadas; lo cual representa un cambio radical respecto a los catálogos de materiales estándar. La nanotecnología ofrece la posibilidad de añadir nanopartículas a materiales ya existentes o a recubrirlos con una capa muy fina con nuevas funcionalidades. Así, la personalización es posible.

Un objetivo central de la nanotecnología es usar la mínima cantidad posible de material y energía. Por este motivo, desde un punto de vista tanto económico como ecológico, «nano» es un factor ganador en el largo plazo. No obstante, no hay que hacerse ilusiones: la fuerza que guía y conduce al desarrollo no

es la innovación en sí, sino el factor coste. En la práctica, no se trata tanto de escoger entre «lo nano o lo no-nano», sino de ver si las cosas realmente funcionan y tienen un beneficio económico en condiciones reales.

Los estándares industriales, métodos de testeo, testeo a largo plazo, indicadores de calidad, etc., ayudan a asegurar que las nanotecnologías sean realmente beneficiosas en todos los aspectos. Por otro lado, desde el punto de vista del cliente o usuario, hay que satisfacer también aspectos como la estética, la funcionalidad, el confort, los factores económicos y la sostenibilidad. Todo esto configura el marco de actuación de la nanotecnología en la arquitectura y el diseño.



## 2. El desarrollo de la nanotecnología

Las nanopartículas son un fenómeno natural, con lo cual, no resulta una sorpresa que sus propiedades hayan sido usadas a lo largo de la historia.

### Ejemplos de aplicación de las nanopartículas

Entre las aplicaciones más tempranas en las que la «nano» juega un papel importante destaca el color rojo de los vitrales en las iglesias góticas medievales. Otro ejemplo es la Copa de Licurgo, hecha en tiempos romanos. Actualmente está expuesta en el Museo Británico de Londres, y se caracteriza porque cambia de color rojo a verde en función del ángulo de incidencia de la luz. Las espadas samuráis, caracterizadas por su extrema dureza, son otro prominente ejemplo de la aplicación de la nanotecnología en épocas tempranas.

En esos tiempos, claramente, nadie sabía de la existencia de la nanotecnología, sino que simplemente se explotaba el cambio de propiedades de los materiales sin saber qué provocaba ese cambio. El famoso físico y químico inglés Lord Faraday fue el primero en investigar los efectos de color del oro a principios del siglo XIX. En 1926, el químico austríaco Richard Zsigmondy obtuvo el Premio Nobel de Química por su investigación en el mismo ámbito. A inicios del siglo XX examinó el vidrio rubino oro y, en 1913, desarrolló un microscopio con el que era posible ver partículas del tamaño de 1nm.

La historia de los avances más recientes en nanotecnología tiene su inicio en el invierno de 1959. El 29 de diciembre de ese año se celebraba la convención anual de la American Physical Society en el *California Institute of Technology* (Pasadena, California). Fue en esa convención donde Richard P. Feynman, a quien más adelante se le otorgaría el Premio Nobel de Física, anunció su ahora famosa cita

«*There's plenty of room at the bottom*» ('Hay mucho espacio en el fondo'/ 'Hay mucho sitio ahí abajo').

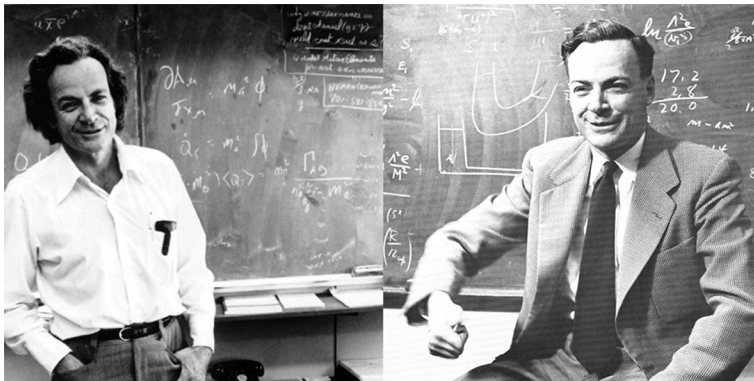
En esa charla señaló que

«[e]s un mundo asombrosamente pequeño lo que hay ahí abajo. En el año 2000, cuando la gente mire atrás hacia esta época, se preguntarán por qué no fue hasta el año 1960 cuando nadie empezó a moverse seriamente en esta dirección».

Su charla estuvo llena de ideas pioneras, como la directa manipulación y control de los átomos, el convencimiento de que todo el contenido de la Enciclopedia Británica se podría guardar en un espacio tan pequeño como la cabeza de una aguja, la continua reducción de tamaño, la miniaturización de ordenadores y más. Con su elección del título *There's plenty of room at the bottom*, Feynman trató de enfatizar no solo que existía espacio «ahí abajo», sino tam-

bién la envergadura que suponía poder usar ese espacio. Por lo que dijo en esa charla y por sus avances científicos, Richard Feynman es considerado el «padre» de la nanotecnología.

Figura 3. Richard Feynman



Con respecto al desarrollo de nuevos materiales, Feynman plantea una cuestión fundamental sobre las cualidades que los materiales ganarían sobre la base de la manipulación controlada de sus átomos. Sus deliberaciones marcaron el inicio de una gran ola de innovación en el mundo de los átomos y moléculas y, en consecuencia, abrieron nuevas posibilidades para el mundo de los materiales, del diseño, y del diseño de materiales.

El término *nanotecnología* fue acuñado en 1974 por Norio Taniguchi en la Universidad de Tokio, Japón. Taniguchi usó la palabra para describir métodos de fabricación con una tolerancia inferior a  $1\mu\text{m}$ , que en comparación a la tecnología actual parece un tamaño más bien grueso. El término fue recuperado unos veinte años después por K. Eric Drexler, fundador del Foresight Institute.

En 1981 se desarrolló el *Scanning Tunnelling Microscope* (STM), en el laboratorio suizo de IBM en Rüşchlikon, con el que se pueden distinguir átomos individuales. El STM no solamente permite ver tales átomos, sino que, gracias a futuros desarrollos, permite también moverlos individualmente. Desde la creación de este microscopio, se han desarrollado más y más herramientas de visualización y manipulación de la escala nano a lo largo de los años. Un ejemplo es el *Atomic Force Microscope* (AFM), construido en 1986.

Otro hecho destacable de la época es que en 1985 se descubrieron los llamados *Buckminster Fullerenes*, o *Buckyballs*; unas moléculas esféricas formadas de átomos de carbono y parecidas a un tradicional balón de fútbol (con patrones pentagonales y hexagonales). Por otro lado, en 1989, IBM escribió sus siglas en átomos, concretamente 35 átomos. Este curioso acontecimiento dio la vuelta al mundo en los titulares de muchos periódicos. Sin embargo, y sin duda alguna, las estrellas de la nanotecnología moderna no llegarían hasta dos años más tarde, en 1991, cuando el físico japonés Sumio Iijima descubrió los Nanotubos de carbono (*Carbon Nano-Tubes*, CNT).

Desde finales de los años ochenta hasta el día de hoy, la investigación en nanotecnología ha aumentado rápidamente. Aparte de los laboratorios universitarios, grandes y pequeñas empresas dedicadas al sector de la tecnología están invirtiendo tiempo y recursos a investigar e innovar con nanotecnologías. La investigación y el desarrollo forman la base para la creación de nuevos productos para el mercado, y estos están ganando presencia en el mercado.

### 3. Nanoproductos

Año tras año, la expectativa que recae en el mundo «nano» sigue creciendo. No obstante, el tiempo es un factor importante cuando hablamos de nuevas tecnologías. Igual que un pastel necesita su tiempo de cocción, una tecnología que nace cuando las demás tecnologías existentes llevan siglos o incluso milenios existiendo, necesita su tiempo para asentar bien sus raíces, su regulación y su producción y aplicación optimizadas.

En estos primeros años de adopción de la nanotecnología, se han hecho ya aplicaciones en múltiples sectores. Aunque en un futuro estas aplicaciones se verán ya desfasadas, en este apartado se han recopilado algunas y se muestran distribuidas por sectores:

- **Industria cosmética:** productos de cuidado de cabello y cuidado de la piel. Por ejemplo, las partículas de  $\text{TiO}_2$  pueden alcanzar una alta protección de los rayos UV. Debido a la escala nanométrica de las partículas, estas son invisibles sobre la piel incluso en grandes cantidades.
- **Transporte aéreo y espacial, y fórmula 1:** estos tres sectores se guían por la innovación por encima de todo; normalmente con hojas de ruta extensivas para el desarrollo de nuevas áreas de aplicación, como por ejemplo, materiales ultraligeros a la vez que extremadamente estables, que en el caso de los transportes espaciales reducen el consumo de queroseno y, en el caso de la fórmula 1, incrementan la velocidad. Añadiendo nanotubos de carbono a materiales plásticos se pueden crear materiales muy ligeros y a la vez estables y resistentes, así como los aerogeles aislantes (extremadamente ligeros) permiten proteger los cohetes de las temperaturas extremas (tanto frías como calientes).
- **Turismos:** los coches modernos ya usan pinturas resistentes al rayado que mantienen el brillo durante más tiempo y evitan la abrasión en los procesos de limpieza del automóvil. Esta funcionalidad se puede obtener con polvo de cuarzo nanoscópico. Por otro lado, los vidrios se oscurecen fotocómicamente a medida que la luz exterior varía a lo largo del día, y las carcasas de los faros se pueden hacer autolavables con la ayuda de la fotocatalisis.
- **Medicina, farmacia y ciencias de la vida:** la nanotecnología ayuda y/o puede ayudar a mejorar la recepción de implantes en el cuerpo. Se han realizado avances en el tratamiento del cáncer permitiendo la detección de células cancerígenas de forma directa y sin dañar al organismo entero en el proceso. Por otro lado, en el campo de los audífonos, se ha reducido la incidencia de la inflamación en distintas partes de la oreja gracias a

la creación de ayudas auditivas antibacterianas por el efecto de nanopartículas de plata. También se han generado espejos antivaho para estomatoscopios, para ayudar a los dentistas a ver más fácilmente. Los catéteres antibacterianos contribuyen a la reducción de infecciones en hospitales.

- **Tecnología de la información y electrónica:** la nanotecnología contribuye a la mejora en el rendimiento de ordenadores mientras que a la vez permite reducir el tamaño de los componentes. Los llamados sistemas embebidos (empotrados/integrados/incrustados) o «*embedded systems*», la implementación de los cuales es básicamente un proceso de miniaturización, se pueden encontrar en todas partes; desde la máquina del café hasta el cajero automático. Los transistores de minuto se fabrican con la ayuda de los nanotubos de carbono.
- **Industria de la imprenta/impresión:** el recubrimiento antiadherente de los rodillos de impresión reduce las interrupciones para la limpieza, aumentando la eficiencia y, por lo tanto, la rentabilidad.
- **Industria alimentaria:** el film adhesivo ayuda a mantener frescos los alimentos al evitar que el oxígeno llegue a ellos y que la humedad se escape. La nanotecnología también ayuda a que el ketchup se dosifique perfectamente y los aditivos basados en nanopartículas ayudan a los alimentos a mantenerse frescos durante más tiempo o a transportar vitaminas vía microcápsulas en la llamada «comida funcional».
- **Tecnología medioambiental:** se trata de un campo de elevada importancia, y cada vez más. Incluye todo lo relacionado con la energía, la protección del clima, el agua (limpia y residual) y el reciclaje. Un aspecto central es la conservación del agua como el recurso más preciado del planeta y la provisión de agua potable a escala mundial. Con la ayuda de la nanotecnología, el agua sucia se puede purificar usando la fotocatalisis, que contribuye a la obtención de agua potable. Por otro lado, los recubrimientos antirreflectantes mejoran la eficiencia de las placas fotovoltaicas, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los procesos de reciclaje se pueden simplificar mediante el uso de sistemas de «desunión a demanda», los cuales facilitan la separación de materiales para el reprocesado.
- **Aplicaciones militares:** los departamentos de defensa de numerosos países están particularmente interesados en las ventajas que ofrece la nanotecnología para aplicaciones de guerra. Desde ropa de alta tecnología para los soldados o cambio del color de camuflaje en cualquier equipamiento militar (tiendas, tanques, etc.) hasta los posibles desarrollos en armamento.
- **Óptica e iluminación:** los sistemas de iluminación energéticamente eficientes están en constante desarrollo y mejora. Los diodos orgánicos de emisión de luz (*Organic Light-Emitting Diodes*, OLED) producen luz a par-

tir de una fuente de baja energía. Algunas soluciones como la emisión de luz a partir de láminas ultra finas serán probablemente, en el futuro, una realidad de amplia aplicación.

- **Industria textil:** existen los llamados tejidos inteligentes (*smart textiles*), que se ven equipados con funcionalidades adicionales. Un ejemplo son las membranas autolavables hechas por fotocátalisis, que cada vez son más usadas en arquitectura; por ejemplo, en aeropuertos y estadios deportivos. Se han desarrollado también trajes autolavables y repelentes de suciedad, así como chaquetas y calzado que repele el agua. Algunos tejidos incluyen microcápsulas con perfume, que se va liberando progresivamente. Un ejemplo son los perfumes seductores incluidos en lencería, o los calcetines antibacterianos con reducción de olores.
- **Deportes y recreación:** se han desarrollado raquetas ultraligeras con elevada resistencia o esquís de alto rendimiento y suavidad. También cascos de moto con visores antivaho para mejorar la seguridad en la carretera, así como gafas de natación y de *snowboard* con la misma funcionalidad para mejorar la visibilidad.

Esta lista de aplicaciones se podría alargar indefinidamente. Como se puede observar, la nanotecnología se encuentra y/o se podría encontrar en todas partes. Así pues, ¿qué hay del sector de la construcción?

En comparación con otras tecnologías, la «nano» se ha introducido en el mercado en una fase relativamente temprana de su desarrollo. Esto ha demostrado que posteriormente está necesitando un largo tiempo para establecerse como algo definitivo, regulado y generalizado. En el campo de la electrónica se espera que las nanotecnologías tengan un impacto mucho más extendido y relevante a largo plazo. Bien sabemos que en IT (*Information Technology*, tecnología de la información) cuesta mucho más introducir nuevos avances, pero que, una vez se hacen, se expanden mucho más rápido. Así pues, dado que todavía nos encontramos en el inicio del desarrollo completo de lo «nano», el verdadero cambio estructural en alta tecnología nos espera en el futuro. Sin duda, un periodo excitante nos espera.

#### Aplicaciones de la nanotecnología

En los siguientes apartados veremos qué aplicaciones tiene la nanotecnología en el sector de la arquitectura. Desde lacas resistentes al rayado y pinturas antibacterianas hasta tejidos que repelen la suciedad y vidrios autolavables. Veremos cemento que purifica el aire, materiales aislantes altamente eficientes, y cerámicas sanitarias fáciles de limpiar.

## 4. Ecología y economía

El uso de la nanotecnología ofrece ventajas ecológicas y económicas relacionadas con la eficiencia energética y la conservación de recursos. Las tecnologías que ayudan a frenar el cambio climático están bajo demanda, ahora más que nunca. Se prevé que en el futuro estos dos campos estarán tan conectados que serán inseparables, dado que las medidas preventivas serán más baratas a largo plazo que las que tratarán de remediar el daño causado *a posteriori*.

La ecología se amortiza, siempre y cuando esté abierta a las posibilidades tecnológicas y a las condiciones que estas implican. Sin embargo, la etiqueta «nano» por sí sola no es garantía de innovación. Muchas innovaciones tecnológicas sólidas han fracasado en estrategias de mercado mal orientadas y en el desinterés del consumidor. De hecho, es bien sabido que en el sector de la construcción las innovaciones tienen dificultades para penetrar, puesto que se trata de un ámbito notoriamente conservador: la disposición a arriesgarse por algo nuevo es costosa.

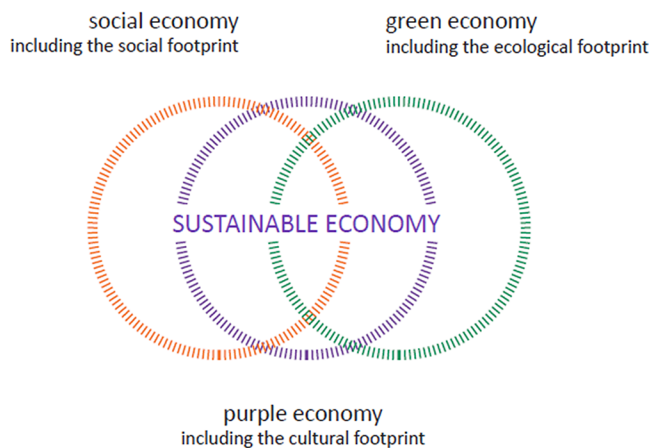
A largo plazo, la sostenibilidad es esencial. Los edificios a menudo se planifican con ciclos de 20-30 años, lo que puede dificultar la incorporación de recubrimientos con una durabilidad de 2-3 años. Sin embargo, hay algunas empresas que ofrecen una garantía de 10 años para sus productos basados en nanotecnología. Los procesos de producción también pueden hacerse más eficientes y más rentables con la ayuda de la nanotecnología, al reducir al mínimo la cantidad de energía y materias primas requeridas, ya sea directa o indirectamente.

### **Ejemplos directos e indirectos del uso de la nanotecnología**

Las reducciones directas pueden resultar, por ejemplo, del uso de lacas ultradelgadas resistentes a rayadas, reduciendo tanto el número de etapas de producción como el uso de material. Los ahorros indirectos pueden resultar, por ejemplo, del uso de un aislamiento altamente eficiente, que no solo ayuda activamente a ahorrar energía, sino que también necesita menos material en su fabricación, lo cual reduce los costes de transporte.

Como vemos en estos ejemplos directos e indirectos, economía y ecología se pueden unir en una misma dirección. Cuando esto pasa, estamos más cerca de alcanzar un modelo de economía circular y, por lo tanto, de incrementar la sostenibilidad.

Figura 4. Economía circular, economía sostenible



Idealmente, se debe hacer hincapié en el equilibrio ecológico general en todo el ciclo de vida de un producto o edificio en lugar de un aspecto individual. Los riesgos del impacto ambiental en el aire, el agua y el organismo humano son parte de esto. Hasta cierto punto, siempre hay cierta aprensión cuando se introducen nuevas tecnologías; esta es una reacción emocional normal. ¿Por qué debería ser diferente para la nanotecnología cuando la seguridad, los empleos, el medio ambiente y la salud pueden estar en (mayor o menor) riesgo? Entonces, ¿nano o no-nano? Lo que es más importante es que seamos conscientes de los riesgos.

Un posible criterio para la aplicación de la nanotecnología en el futuro podría ser que las ventajas de su uso deberían superar significativamente los posibles riesgos asociados. Del mismo modo, no todas las nanotecnologías deberían ser juzgadas por igual. Por norma general, la nanotecnología ofrece la oportunidad de mejorar el medio ambiente e, independientemente de si aplicamos la «nano» o no, el medio ambiente sigue y seguirá estando en peligro. Así pues, una apertura hacia las nuevas posibilidades tecnológicas podría ofrecer un rayo de luz en esta dirección.



## 5. Funciones y aplicaciones

Claramente, el argumento más convincente para usar la nanotecnología en la arquitectura es lograr una mayor eficiencia energética. La nanotecnología ofrece un nuevo medio tecnológico con el que abordar el cambio climático y ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El uso de la nanotecnología en la construcción está, pues, fuertemente vinculado a la sostenibilidad. El uso de nanomateriales ofrece a la arquitectura y al diseño un medio para lograr una mayor eficiencia energética y una construcción sostenible a través de la innovación.

Hay que tener en mente, pues, que el uso de la nanotecnología no debe fundamentarse en el propósito de mantenerse al día con las últimas tendencias y sumarse al carro de la «nano moda». El uso de la nanotecnología es duradero, adecuado e independiente de las modas arbitrarias cuando su uso se fundamenta en la optimización y en maximizar funcionalidades para obtener innovación.

Para comprender las implicaciones y el potencial del diseño con nanotecnología, es esencial un conocimiento básico de las diferentes posibilidades funcionales. Por lo tanto, en los siguientes apartados veremos las propiedades principales que ofrecen los nanomateriales y recubrimientos superficiales nanométricos. Los hemos distribuido en cuatro grupos temáticos, según su aportación:

- **Limpieza y mantenimiento**
  - Autolimpieza: el efecto Loto
  - Autolimpieza: fotocatalisis
  - Fácil limpieza (*Easy-To-Clean*, ETC)
  - Tratamiento antigrafitis
  - Tratamiento antihuellas
  
- **Protección**
  - Protección solar
  - Protección UV
  - Resistencia al fuego
  - Antivaho/ antiempañamiento
  - Resistencia al rayado y a la abrasión
  
- **Función añadida**
  - Purificación del aire
  - Función anti-reflectante
  - Función antibacteriana
  
- **Control de temperatura**

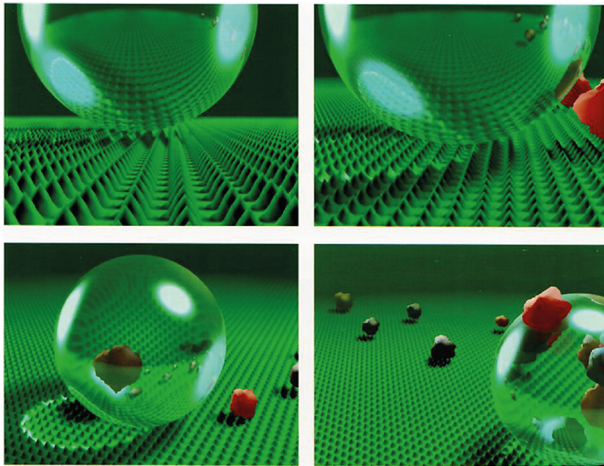
- Aislamiento térmico: VIP
- Aislamiento térmico: Aerogel
- Regulación de temperatura: PCM

## 5.1. Limpieza y mantenimiento

### Autolimpieza: el efecto Loto

Microscópicamente rugoso, no liso

Hidrofobia; el agua se escurre por la superficie



Fuente: S. Leydecker (2008). Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

La visualización ilustra el funcionamiento básico del efecto Loto: la estructura rugosa de la superficie genera un contacto superficial muy reducido y una adhesión muy baja. Esto hace que las gotas de agua puedan deslizarse rápidamente por la superficie, retirando a su paso cualquier partícula que se encuentre tocando al material.

### Autolimpieza: fotocatalisis

Superficies hidrofílicas; una película de agua arrastra la suciedad

La suciedad depositada se rompe quedando suelta sobre la superficie

Tanto el agua como los rayos UV son necesarios en el proceso

Reducción de necesidad de mantenimiento

### Autolimpieza: fotocatalisis



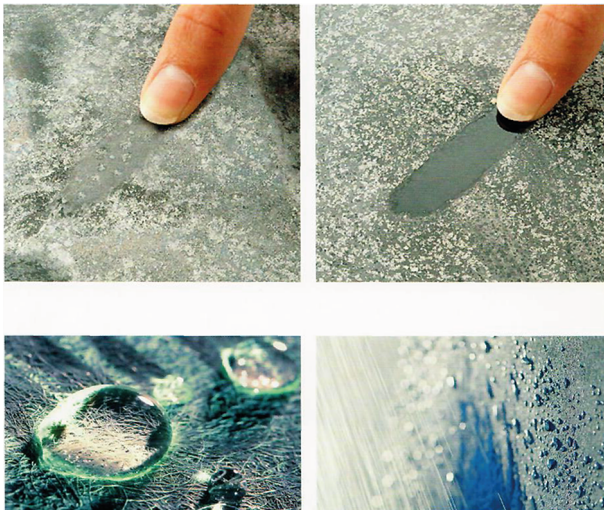
Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

En los azulejos convencionales, el agua forma gotas que se secan, dejando atrás depósitos de suciedad. En las superficies hidrofílicas de azulejos fotocatalíticos, el agua forma una película que se desliza por la superficie arrastrando cualquier elemento de suciedad que se encuentre sobre ella.

### Fácil limpieza (*Easy-To-Clean, ETC*)

Superficies lisas con baja atracción superficial

Repelencia superficial sin usar el efecto Loto



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

### Fácil limpieza (*Easy-To-Clean*, ETC)

La visualización muestra una comparación de superficies cerámicas. En la izquierda se muestra una superficie sin recubrimiento ETC, y en la derecha, con recubrimiento ETC. Los revestimientos de paredes de cerámica ETC flexibles, similares al empapelado de paredes, pueden soportar la exposición directa al agua (y ser usados en duchas, por ejemplo), gracias a su superficie altamente repelente al agua.

### Tratamiento antigrafitis

Superficies permeables con recubrimientos permanentes antigrafiti

Hidrofobia y resistencia a la suciedad



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

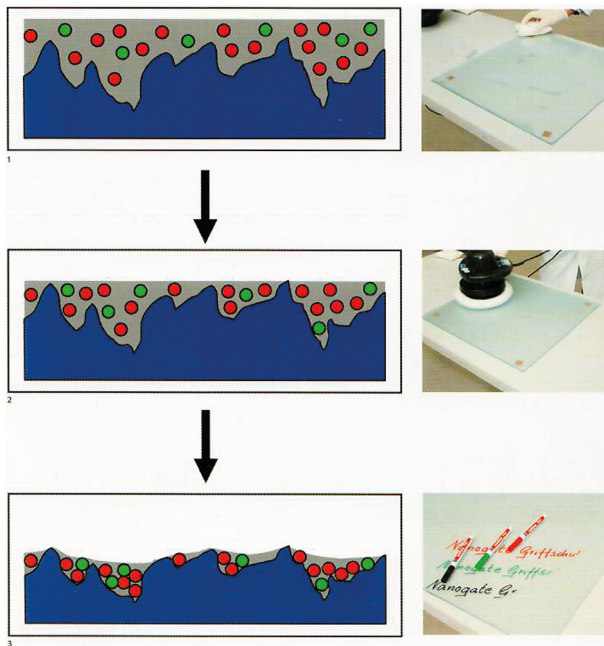
Algunos monumentos históricos, como la puerta de Brandeburgo de Berlín, están protegidos con un recubrimiento antigrafiti. Las barreras de sonido en carreteras son también unas candidatas ideales para el uso de esta nanotecnología.

### Tratamiento antihuellas

Acaba con las huellas en los cristales y otras superficies

Rellena las pequeñas rugosidades de la superficie de otro material

### Tratamiento antihuellas



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

Las imágenes muestran el principio funcional de un recubrimiento protector antihuellas adaptado a una superficie de vidrio: (1) El material de recubrimiento se aplica con un ligero exceso al vidrio. Los pigmentos de color y los estabilizadores están contenidos dentro de la matriz del recubrimiento. (2) Se elimina el exceso de material y (3) Conseguimos un recubrimiento protector completamente endurecido.

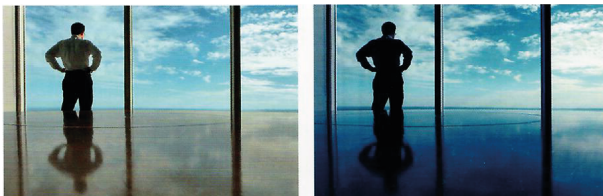
## 5.2. Protección

### Protección solar

Vidrio que se oscurece automáticamente o accionando un botón

Eliminación de la necesidad de persianas

Eliminación de la necesidad de corriente eléctrica (efecto memoria)



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

Un vidrio electrocrómico con un nanorrecubrimiento ultra fino solo necesita activarse una vez para variar su estado, cambiando gradualmente a un color más oscuro, aunque todavía transparente. Actualmente la dimensión máxima de los paneles de acristalamiento es limitada.

### Protección UV

Protección duradera y altamente transparente

### Protección UV



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

La visualización muestra una imagen de microscopio electrónico de partículas de óxido de zinc absorbentes de UV contenidas en un barniz transparente. Para que el material permanezca transparente, las partículas deben ser lo suficientemente pequeñas y no agruparse. La distribución uniforme se puede ver claramente en la imagen.

### Resistencia al fuego

Protección contra el fuego altamente eficiente

Protección ligera y transparente



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

### Resistencia al fuego

El material de relleno de gel en la cavidad de acristalamiento (aquí defectuoso y por eso claramente visible) se convierte en espuma cuando se expone al fuego durante un período prolongado.

### Antivaho/Antiempañamiento

Claridad en superficies empañadas



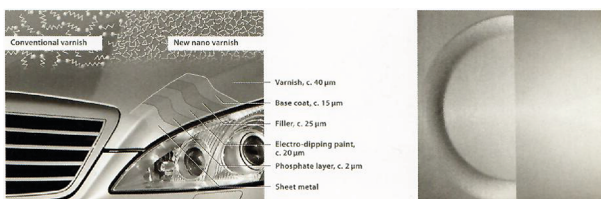
Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

Los espejos que son tratados con este nanorrecubrimiento nunca se empañan, a pesar del vapor de agua que haya en el ambiente.

### Resistencia al rayado y a la abrasión

Mejora de la resistencia a rayaduras, rasguños y abrasiones

Transparente y perdurable



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

### Resistencia al rayado y a la abrasión

Los barnices a prueba de rayones no pueden soportar daños mayores, como por ejemplo los arañazos de una llave, pero pueden proteger a un automóvil de los arañazos causados en el lavado o de la suciedad y el polvo en tránsito. La imagen muestra las capas del barniz protector y, a la derecha, un ejemplo de prueba de abrasión en un material no tratado y tratado.

## 5.3. Función añadida

### Purificación del aire

Los agentes contaminantes y los olores se descomponen

No sustituye a la ventilación, pero mejora la calidad del aire



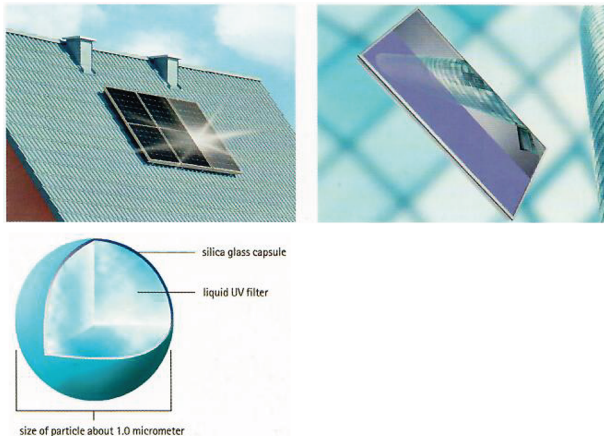
Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

Existen cortinas y otros elementos con tejido que purifican el aire en interiores. Estos tejidos pueden equiparse simultáneamente con propiedades antibacterianas. Existen también paneles de yeso y de otros materiales que realizan la misma función purificante.

### Función antirreflectante

Mejora de la transmisión solar

Recubrimiento transparente



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.



### **Función antirreflectante**

Un módulo fotovoltaico con y sin revestimiento de vidrio solar antirreflectante (AR). Las cápsulas de vidrio de sílice se utilizan en recubrimientos antirreflectantes nanoporosos con un espesor de unos 150nm, que también pueden reflejar el espectro invisible de la luz.

### **Función antibacteriana**

Las bacterias son atacadas y destruidas

Posible reducción del uso de desinfectantes

Funcionalidad usada sobre todo en entornos sanitarios y de higiene



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

Las instalaciones sanitarias y médicas son áreas particularmente susceptibles a la transmisión de gérmenes. Esto se puede contrarrestar mediante el uso de recubrimientos antibacterianos que reaccionan contra muchos de los patógenos más importantes. El agente antibacteriano es una parte constitutiva del propio material.

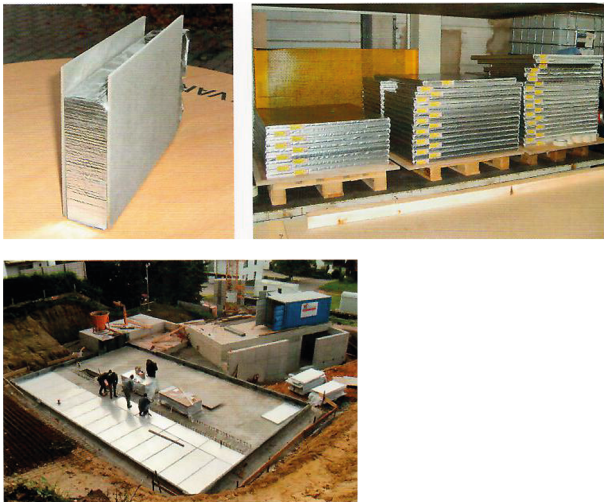
## **5.4. Control de temperatura**

### **Aislamiento térmico: VIP**

VIP = *Vacuum Insulation Panels*, paneles de aislamiento al vacío

Máximo aislamiento térmico con el mínimo espesor

### Aislamiento térmico: VIP



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

La imagen muestra paneles de aislamiento al vacío con un revestimiento protector de diferentes tamaños. Los paneles de aislamiento al vacío deben fabricarse a medida para encajar en el lugar de instalación.

### Aislamiento térmico: aerogel

Aislamiento térmico de alto rendimiento

Nanoespuma ligera de densidad similar al aire



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

El aerogel normalmente se sitúa entre paneles de vidrio, y puede ser opaco o translúcido, pero siempre con un tono blanquecino. Se utiliza sobre todo en aislamiento para aviación aérea y espacial, aunque también en almacenes, estadios deportivos, invernaderos y otros.

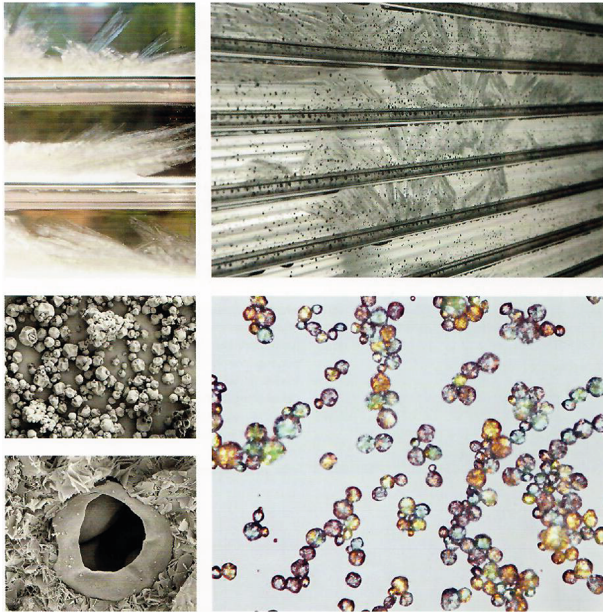
### Regulación de temperatura: PCM

PCM = *Phase Change Material*, material de cambio de fase

Regulación pasiva de la temperatura

## Regulación de temperatura: PCM

Reducción de la demanda de calefacción y refrigeración



Fuente: S. Leydecker (2008). *Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

Las imágenes muestran:

- 1) Primer plano de un material de cambio de fase incrustado en un acristalamiento.
- 2) Cristalización de un material de cambio de fase salina.
- 3) Gotitas de cera con un revestimiento de vidrio acrílico que las hace prácticamente indestructibles.
- 4) Una microcápsula abierta incrustada en una matriz de cemento.
- 5) Diminutas cápsulas llenas de parafina en su estado sólido. Exhiben una capacidad térmica excepcionalmente alta y tras un cambio de fase pasan a estado líquido.

## **6. La aplicación holística de nanoestructuras en interiores**

Las funcionalidades «nano» se han empleado en el diseño de interiores solo ocasionalmente, y más o menos por casualidad. Una habitación de hotel, las instalaciones de una clínica y una sucursal bancaria son ejemplos de proyectos que han logrado un enfoque estratégico general para el uso de funcionalidades de las nanotecnologías en el diseño de interiores.

El objetivo de su aplicación varía según las necesidades respectivas de los diferentes usos. Los espacios se optimizan mediante el uso estratégico de nanosuperficies con respecto a propósitos y necesidades estéticas, económicas y ecológicas. En todos los casos, la mejora de la comodidad y la rentabilidad van de la mano, pues incluso los costes de mantenimiento se reducen considerablemente. A pesar de que la aplicación de nanotecnología de manera holística en interiores parece un concepto visionario y lejano, la tecnología ya existe; así que solo falta aplicarla de la mejor manera para conseguir una ergonomía holística en los espacios interiores de los edificios. Quizá el tiempo también demostrará esta posibilidad en el futuro.