

---

**Una revolución en el diseño y la ingeniería:  
Nanomateriales.**

*A revolution in design and engineering: Nanomaterials.*

---

**DRA. NOELIA BARRUETA GÓMEZ**  
**MSC. ANTONIO BERAZAÍN ITURRALDE**

## Una revolución en el diseño y la ingeniería: Nanomateriales.

*A revolution in design and engineering: Nanomaterials.*

### RESUMEN

En el presente trabajo se presenta una síntesis del surgimiento y desarrollo de los nanomateriales, haciendo énfasis en las posibilidades reales de su aplicación. Se ofrecen algunos ejemplos de su uso en diferentes diseños, en el ahorro de energía y su impacto medioambiental. Se comentan algunas oportunidades que para el país implicaría ampliar su participación en este campo, así como algunas amenazas de las que solo el conocimiento posibilitará tomar las protecciones imprescindibles para la atenuación de sus consecuencias.

Los diseñadores han propuesto diferentes formas, han elaborado objetos, productos y sistemas de productos basándose en las propiedades de estos materiales. Por su parte ingenieros han basado también sus cálculos y diseños de objetos de obra en la características de los materiales disponibles, sin embargo en los años 90 del pasado siglo se crean las condiciones para que la actual civilización, dé uno de los mayores saltos de la historia: el diseño y empleo de los nanomateriales.

Deberán dominar su alcance y limitaciones, sus ventajas y desventajas, así como sus costos. Por el desarrollo vertiginoso que presenta esta novedosa esfera del saber, no hacerlo ahora significará en corto tiempo su obsolescencia como generador de soluciones ingeniosas, duraderas y económicas.

**DRA. NOELIA BARRUETA GÓMEZ**  
**MSc. ANTONIO BERAZAÍN ITURRALDE**

### ABSTRACT

*This paper shows succinctly the emergence and development of nanomaterials, emphasizing the real possibilities of their application. The paper describes some examples of their use in different designs, energy-saving and their environmental impact. Mention has been made of some opportunities our country would have in case of expanding its participation in this field, as well as some of their threats whose consequences could be mitigated if we can know the necessary steps that have to be taken.*

*The designers have proposed different forms, made objects, products and systems of products based on the properties of these materials. On the other hand, engineers have also based their calculations and designs of work objects on the characteristics of the available materials. Nevertheless in the 1990s, they create paved the way so that the present civilization gives one of the major leaps in History: the design and use of nanomaterials.*

*They must master their scope and limitations, their advantages and disadvantages, and their costs. Due to the extremely fast development of this new sphere of knowledge, failing to do so now will result in a short time in its obsolescence as generator of ingenious, lasting and economic solutions.*

### Palabras Claves

Nanotecnología,  
nanomateriales

### Keywords

Nanotechnology,  
nanomaterials

## I. INTRODUCCIÓN

El hombre como transformador del medio que le rodea ha tenido la capacidad durante las últimas décadas del pasado siglo, de medir, manipular y organizar la materia en la nanoescala (intervalo de 1 a 100 nanómetros), ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ) creando las condiciones para la mayor transformación de la sociedad que se conozca hasta la actualidad. La nanotecnología es hoy una de las ramas de la ciencia con más capacidad de revolucionar la vida humana en todas sus vertientes. De alcanzar sus potencialidades, su impacto desencadenaría **una segunda revolución industrial**, de hecho así se llama con frecuencia en la bibliografía cuando del tema se escribe. Son muy diversas las prestaciones en la medicina absolutamente revolucionarias así como impactos difícil de prever en lo militar, en lo económico y en general en toda la sociedad humana y no es un secreto afirmar que los diseñadores e ingenieros son y serán los protagonistas de tan importantes cambios.

Como antecedentes de la nanociencia y la nanotecnología siempre encontramos en cada artículo el nombre de quienes muchos llaman el iniciador de esta ciencia, nos referimos particularmente al físico norteamericano Richard Feynman (1918-1988, Premio Nobel de Física en 1965). En diciembre de 1959 ante la Sociedad Americana de Física vaticinó que era posible escribir la enciclopedia británica en la cabeza de un alfiler y pronunció su célebre frase: "There's Plenty of Room at the Bottom"., cuya traducción sig-

nifica, "hay mucho sitio al fondo", y no se refería en esa conferencia en el instituto de Massachusetts al fondo de la sala a la cual algunos se voltearon a mirar, se refería al fondo de la materia, a lo más pequeño, donde el hombre aún no había llegado, en pocas palabras a poder manipular el átomo.

A inicios de los 80, Eric Drexler, también conocido como el padre de la nanotecnología, insinuó la posibilidad de diseñar sistemas tecnológicos a nivel molecular. En 1986, publicó su libro *Los motores de la creación*, ambiciosa visión de futuro con lo que se ha dado en llamar *nanotecnología molecular*. En él expuso que la fabricación molecular debería ser capaz de diseñar sistemas mecánicos a nanoescala con un rendimiento increíble. Sin embargo, para el ulterior desarrollo de estas posibilidades era necesario contar con otros elementos que fueron apareciendo, tales como:

- Invención del microscopio de barrido de efecto túnel (STM), realizada en 1982 por el suizo Gerd Binnig y el alemán Heinrich Rohrer (Premios Nobel de Física 1986).
- El descubrimiento de los fullerenos, realizado en 1985, por Richard Smalley, Robert Curl y Harold Kroto (Premios Nobel de Química 1995).
- La invención del microscopio de fuerza atómica (AFM) 1985. La resolución del instrumento es de menos de 1 nm, y la pantalla de visualización permite distinguir detalles en la superficie

de la muestra con una amplificación de varios millones de veces.

- El descubrimiento de los nanotubos de carbono por el japonés, Sumio Iijima, en 1991.

A partir de esas premisas se ha despertado un gran interés de países desarrollados en el tema y a inicios del presente siglo, el presupuesto destinado a la investigación y desarrollo, relacionado con las nanotecnologías y los nanomateriales se realiza con un incremento anual de alrededor de un 40%. En 2016 llegó a ser de 12 billones de dólares aproximadamente.

Ningún diseñador o ingeniero puede permanecer al margen de los avances en este campo, cada cual desde su especialidad debe prepararse para la gran transformación que se realiza en el mundo contemporáneo. El objetivo principal de este trabajo es que diseñadores de este centro profundicen en las posibilidades que tienen estos materiales en la vida cotidiana y en nuestro entorno en general.

## II. CARACTERÍSTICAS DE NANOMATERIALES: FULLERENOS, NANOTUBOS DE CARBONO, NANOPARTÍCULAS.

Los nanomateriales surgen porque existe la ciencia llamada nanotecnología, que no es más que el estudio, diseño, creación y síntesis, la manipulación y aplicación de materiales aparatos y sistemas que funcionan a través del control de la materia, la ex-

plotación de fenómenos y propiedades de dicha materia a nanoescala.

Es la ciencia de manipular el átomo a la escala atómico molecular.

Cientos de productos que contienen nanomateriales ya están en uso, y la innovación “nano” se incorporará cada vez a más sectores, como la seguridad en el trabajo y la industria, hasta el medio ambiente y el espacio, según explican desde la Comisaría Europea de Medio Ambiente, ECE.

Este organismo señala que los nanomateriales tienen el potencial de mejorar la calidad de vida y contribuir a la competitividad industrial.

Baterías, revestimientos, ropa antibacteriana... Cientos de productos que contienen nanomateriales ya están en uso, y la innovación “nano” se incorporará cada vez a más sectores, como la seguridad en el trabajo y la industria, hasta el medio ambiente y el espacio, según explican desde la Comisaría Europea de Medio Ambiente, ECE.

¿En qué consisten y para qué sirven estos compuestos? La ECE los define como “sustancias químicas o materiales de escalas hasta 10.000 veces más pequeñas que el diámetro de un cabello humano y dotadas de características novedosas”. Entre ellas estarían el aumento de la fuerza, la reactividad química o la conductividad.

“Un nanómetro (nm) es una unidad de medida muy reducida, un millón de veces más pequeña que un milímetro o mil veces más pequeña que una micra. También la conocemos como micrómetro y equivalente a la millonésima parte del metro”.

Se dice que “al igual que un metro es una unidad útil para medir objetos de nuestro tamaño y un micra es útil para medir células, un nanómetro es una unidad útil para medir objetos como átomos o moléculas”.

“Llamamos nanoescala, nanomundo o nanouniverso al grupo de entidades u objetos de menos de 100 nanómetros. La nanotecnología es el conjunto de conocimientos que permiten conocer las propiedades de la materia cuando la observamos en la nanoescala y que intenta obtener ventajas de este conocimiento haciendo nuevos materiales y dispositivos”, explica el Dr. Serena(19) y agrega que, las entidades del nanomundo o nanoobjetos, incluyen “átomos, moléculas sencillas o más complicadas como el ADN, el grafeno, el fullereno, los nanotubos de carbono, las nanopartículas, los virus, las membranas celulares o los ribosomas. El muestrario es realmente amplio”.

“Un nanomaterial es cualquier objeto formado por entidades tales, que una de sus dimensiones esté por debajo de los 100 nm, como por ejemplo una red de nanotubos de carbono enlazados para formar un tejido, o una mezcla de molécula de ciertos polímeros en las que se insertan nanopartículas, como ocurre en muchos adhesivos”.

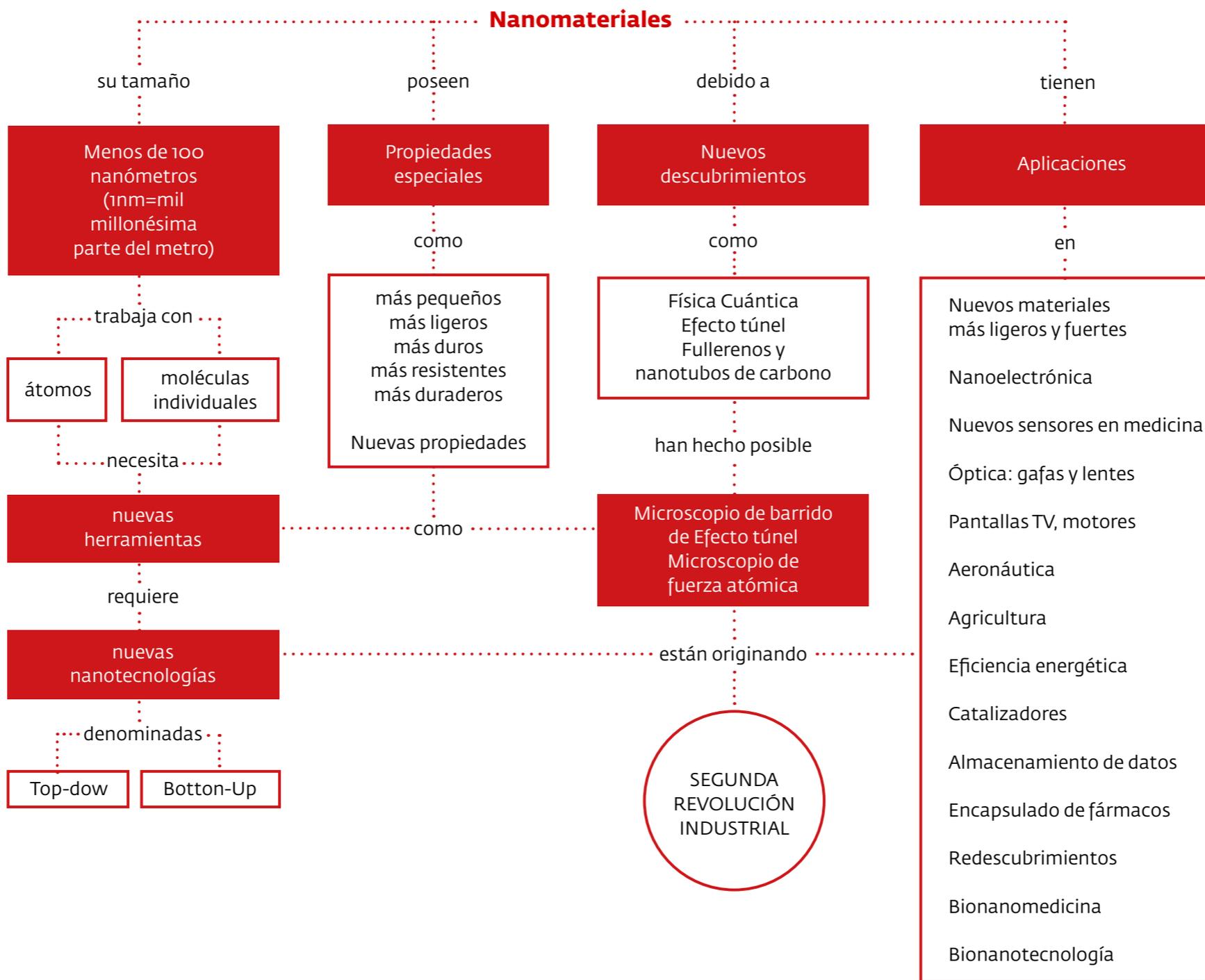
La materia y los objetos, con dimensiones nanométricas exhiben propiedades novedosas y, en algunos casos excepcionales.

“Por ejemplo, una partícula micrométrica de oro tiene color amarillo, pero si es a escala ‘nano’ y le damos la forma adecuada, puede emitir luz de diferentes colores a voluntad; una nanopartícula puede viajar de un lado para otro dentro de un tejido, cosa que no pueden hacer las micropartículas, por lo que puede usarse con fines médicos transportando fármacos o actuando como marcadores”

“Un pedazo de grafito de tamaño de milímetros o micras es un buen conductor eléctrico, opaco y barato, pero si somos capaces de desprender de ese grafito una sola lámina de átomos de carbono, conocida como grafeno, nos encontramos con el material que mejor conduce la electricidad y con unas excelentes propiedades mecánicas. ¡Lo nano es diferente!”

Respecto de las aplicaciones de los nanomateriales en nuestra vida cotidiana actual, hay miles de productos que los contienen y que ya se comercializan, “desde memorias electrónicas, procesadores, pantallas LED, fármacos, productos de belleza y protectores solares, hasta ambientadores, dispensadores de nutrientes, potenciadores de sabor, fluidificadores o insecticidas”. Definiremos a nuestro juicio todo lo anterior como se muestra.

LA DEFINICIÓN DE NANOMATERIALES PUEDE CONCRETARSE A LO QUE A CONTINUACIÓN SE RESUME.



En la nanoescala se crean materiales con nuevas propiedades. Se habla de nanomateriales como aquéllos que presentan componentes estructurados con por lo menos una dimensión menos de 100 nm, poseen una dimensión en nanoescala y en las otras dos dimensiones no, son capas, películas delgadas o capas de la superficie. Otros la presentan en dos dimensiones como los nanoalambres y otros en las tres como las nanopartículas, por ejemplo precipitados, coloides y los puntos cuánticos.

Así las nanopartículas tienen el área de la superficie mucho mayor por masa de la unidad comparada con las partículas más grandes. Como el crecimiento y el efecto catalizador de las reacciones químicas ocurren a las superficies, esto significa que una masa dada de material de nanopartículas, será mucho más reactivo que la misma masa de material de las partículas más grandes.

Para entender mejor este fenómeno, pensemos en un cubo de 1 cm<sup>3</sup> de azúcar por ejemplo o de cualquier material, este posee 6 cm<sup>2</sup> de área de contacto, sin embargo, cortémoslo en 8 partes iguales y sumemos las áreas de contacto que aparecerán ahora, y así sucesivamente podremos ir notando que más pequeño, mayor superficie de contacto, más pequeño mayor reacción.

En el caso de los sólidos cristalinos, cuando el tamaño de sus componentes estructurales disminuye, y la interfase es mayor dentro del material; presen-

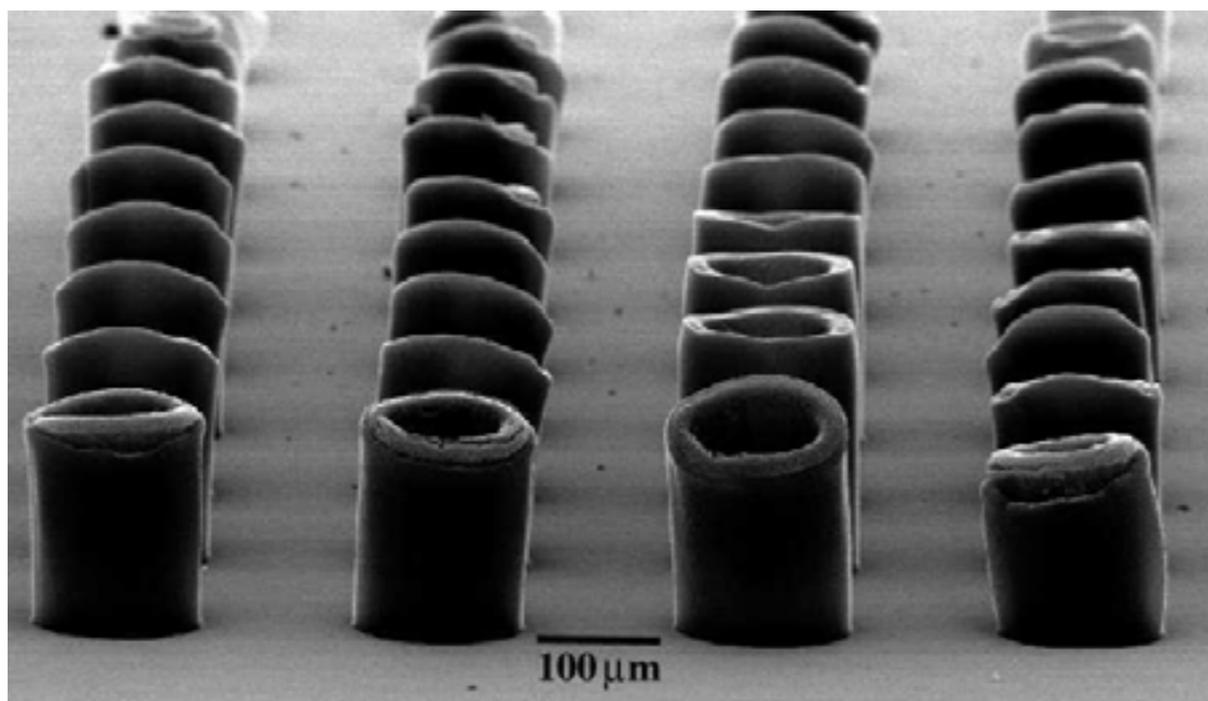
tan diferentes propiedades mecánicas y eléctricas. Por ejemplo, la mayoría de los metales es un hecho que cuando los granos son muy pequeños, varía su comportamiento mecánico y por tanto todas las propiedades con el relacionadas.

En julio del 2015 la Sociedad Real & La Academia Real de Diseño de Nanociencia y Nanotecnología del Reino Unido /2/, presentó un reporte sobre el tema, donde por ejemplo, se refieren a las propiedades resistenciales del níquel nanocristalino comparable con las del acero templado.

Las películas delgadas, capas y superficies se han desarrollado y utilizado durante décadas en los campos como en la fabricación dispositivos electrónicos. En el silicio por ejemplo, industria de circuitos integrados ha empleado este tipo de capa para su funcionamiento.

La nanoescala en dos dimensiones como los nanotubos y los alambres han generado el interés considerable entre la comunidad científica en los recientes años. En particular, la novedad en las propiedades eléctricas y mecánicas es el asunto de intensa investigación. Los nanotubos del carbono (CNTs) fueron observados inicialmente por Sumio Iijima en 1991. Los CNTs están constituidos por una hoja de grafito enrollado. Hay dos tipos de CNT con solo una capa y con multicapas concéntricas. (Fig. 1).

Los nanotubos de carbono son las fibras más fuertes que se conocen. Un solo nanotubo perfecto es de 10 a



**Figura 1.** Nanotubos de carbono (imagen SEM) /3/.

100 veces más fuerte que el acero por peso de unidad y poseen propiedades eléctricas muy interesantes. El grafito es formado por átomos de carbono estructurados en forma de panel. Estas capas tipo-panel se colocan una encima de otra. Una sola capa de grafito es muy estable, fuerte y flexible. Dado que una capa de grafito es tan estable sola, se adhiere de forma débil a las capas al lado, por esto se utiliza en lápices, porque mientras se escribe, se caen pequeñas escamas de grafito.

En fibras de carbón, las capas individuales de grafito son mucho más grandes que en lápices, y forman una estructura larga, ondulada y fina, tipo-espiral. Se pueden pegar estas fibras una a otras y formar así una sustancia muy fuerte, ligera (y cara) utilizada en aviones, raquetas de tenis, bicicletas de carrera etc.

Pero existe otra forma de estructurar las capas que produce un material más fuerte todavía, enrollando la estructura tipo-panel para que forme un tubo de grafito. Este tubo es un nanotubo de carbono. Los nanotubos de carbono, además de ser tremendamente resistentes, poseen propiedades eléctricas interesantes. Una capa de grafito es un semi-metal. Esto quiere decir que tiene propiedades intermedias entre semiconductores (como la silicona en microchips de ordenador, cuando los electrones se muevan con restricciones) y metales (como el cobre utilizado en cables cuando los electrones se mueven sin restricción). Cuando se enrolla una capa de grafito en un nanotubo, además de tener que alinearse los átomos de carbono alrededor de la circunferencia del tubo, también las funciones de onda estilo mecánica cuántica de los electrones deben también ajustarse.

Este ajuste restringe las clases de función de onda que puedan tener los electrones, lo que a su vez afecta el movimiento de éstos. Dependiendo de la forma exacta en la que se enrolla, el nanotubo pueda ser un semiconductor o un metal. /4/. Los Fullerenos (carbono 60). A mitad de los años 80 una nueva clase de material de carbono era descubierto y se le llamó carbono (C<sub>60</sub>) Ver en la Fig. 2. Éstas son moléculas esféricas aproximadamente 1nm en el diámetro, que contiene 60 átomos del carbono colocados como 20 hexágonos y 12 pentágonos: la configuración de un fútbol. La especie de C<sub>60</sub> se nombró el Buckminsterfullerene en reconocimiento del arquitecto Buckminster Fuller, quién era muy conocido por construir



**Figura 2.**

El buckminsterfullerene C<sub>60</sub>.

los domos geodésicos, y el término el fullerenos se dio entonces a cualquier jaula del carbono cerrada. En 1990, fue desarrollada una técnica para producir cantidades más grandes de C<sub>60</sub> por resistividad, las varas de grafito en atmósfera de helio (Krätschmer en 1990). Varias aplicaciones se analizan para el fullereno, como la pelota de 'miniatura', para lubricar las superficies, vehículos de entrega de medicamentos y en los circuitos electrónicos.

Los Nanomateriales en tres dimensiones son las nanopartículas. Están a menudo definidos como las partículas de menos 100nm en el diámetro. Las Nanopartículas existen ampliamente en el mundo natural: por ejemplo como los productos de fotoquímica y la actividad volcánica. Ellas también se han creado para los miles de años como los productos de combustión. Las nanopartículas manufacturadas, como los óxidos de metal, son por comparación la minoría. Las nanopartículas son de interés debido a las nuevas propiedades (como la reactividad química y el comportamiento óptico) que ellas exhiben comparado con las partículas más grandes de los mismos materiales. Por ejemplo, el dióxido de titanio y óxido de cinc se vuelven transparente a nanoescala, sin embargo es capaz de absorber y reflejar UV. Las Nanopartículas tienen un rango de potenciales aplicaciones: a corto plazo en los nuevos cosméticos, textil y pinturas; en el término más largo, en los métodos de entrega de medicamentos en un sitio específico en el cuerpo también se le llama liberación controlada de fármacos.

### III PERSPECTIVAS DE LOS NANOMATERIALES. ALGUNAS APLICACIONES ACTUALES Y FUTURAS.

#### DESARROLLO DE ENVASES SOSTENIBLES.

El centro tecnológico ITENE de Paterna (Valencia) ha comenzado a establecer conexiones con el centro de I+D+i noruego SINTEF para coordinar las acciones que se promueven en torno al proyecto NanoBarrier. El cual, se centra en la investigación de nuevos envases sostenibles con propiedades mejoradas, ya que les incorporarán nanomateriales que resulten asequibles.

La industria alimentaria no cesa el estudio para encontrar el envase perfecto y, por el momento, se buscan recipientes multifuncionales que aporten beneficios dependiendo de los diferentes actores que intervengan en la cadena de valor de los productos. Con la incorporación de nanomateriales a los biopolímeros existentes en el mercado se podrán superar las principales barreras que surgen cuando se habla del uso de materias primas biodegradables a nivel industrial. Estos problemas recaen en la baja resistencia térmica, la alta permeabilidad a oxígeno y vapores, su fragilidad y la compleja gestión de los residuos que se generan.

El proyecto NanoBarrier está financiado por 7<sup>º</sup> Programa Marco de la Unión Europea que se centra en aportar respuestas a las necesidades del mercado. El objetivo del fabricante es conseguir un producto diferenciado al menor coste posible, que además sea



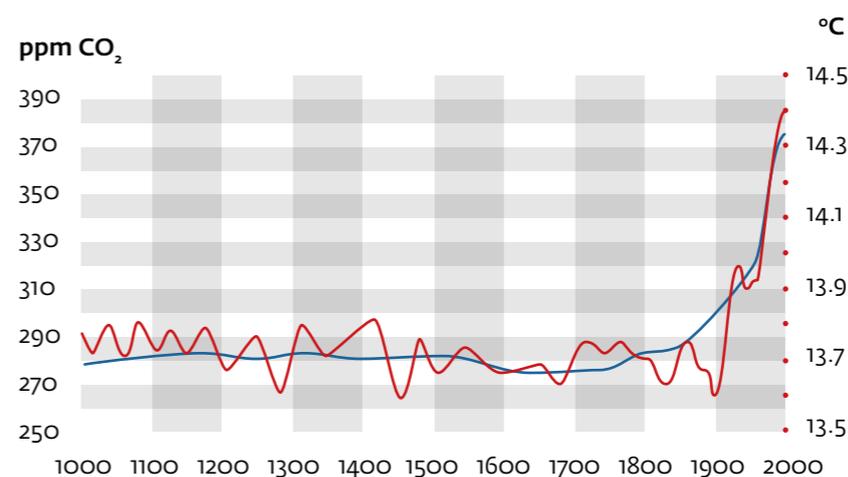
**Figura 3.** Envases sostenibles

atractivo, sostenible y funcional en cuanto a su capacidad de almacenamiento. Por otro lado, el consumidor exige alimentos más seguros, frescos y que respeten el medio ambiente en todo su proceso.

#### CAPTURA DEL CO<sub>2</sub>.

Existe consenso sobre el papel nocivo del dióxido de carbono en la elevación de la temperatura en el planeta. En la Fig. 4 se muestra un gráfico que ilustra su crecimiento vertiginoso en los últimos años. Desde 1750 el CO<sub>2</sub> en la atmósfera se ha incrementado un 31%.

Europa produce un gigatón de dióxido de carbono al año y lo expulsa a la atmósfera. Alrededor de un tercio de éste proviene de centrales eléctricas que



**Figura 4.** Incremento de la temperatura y los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

funcionan con combustibles fósiles. El almacenamiento y la captura de carbono (CCS) podrían reducir estas emisiones hasta un 90%. La idea consiste en almacenar bajo tierra el carbono capturado, por ejemplo, en acuíferos y yacimientos de gas vacíos. Algunos consideran que puede nuevamente servir como fuente de energía. Un proyecto europeo denominado 'Nanomembranes against Global Warming' (NANOGLOWA) está intentando encontrar una nueva forma de capturar las emisiones de CO<sub>2</sub> de las centrales eléctricas con ayuda de la nanotecnología. Unas membranas nanoestructuradas podrían reducir el consumo energético y los costes de la captura de CO<sub>2</sub>, lo que haría que resultase más atractiva que la tecnología actual basada en la vía la absorción caracterizada por un alto consumo energético lo redundaría en altos costos del proceso.

El proyecto NANOGLOWA reúne universidades, operadores de plantas termoenergéticas industrias de 26 organizaciones de 14 países generado por la Co-

misión Europea (CEE) posee la más alta prioridad, sus integrantes suscribieron el contrato: NMP3-CT-2007-026735 Nanoglowa.



**Figura 5 . Proyecto NANOGLOWA.** Obtención de nanomembrana para capturar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

#### PURIFICACIÓN DEL AGUA.

Cada día de 3000 a 6000 personas en el mundo se mueren por enfermedades causadas por agua contaminada. La filtración del agua puede reducir el riesgo de estas enfermedades, pero los filtros tradicionales de bacteria y virus atrapan patógenos dentro de carbón granular, cerámica porosa o materiales polímeros, muchos de los cuales son difíciles de limpiar y deben ser cambiados de forma frecuente. Actualmente los científicos que pretenden mejorar el rendimiento de los filtros estudian las posibilidades de nanotubos. Un equipo de científicos de los Estados Unidos y otro de la India han desarrollado un método que logra recoger millones de las moléculas grandes de carbón en la superficie interior de un tubo de cuarzo que mide 1 centímetro. El resultado es un tubo dentro de otro tubo que consiste en un conjunto

de nanotubos orientados de forma radial, embalados como un puñado de espaguetis y pegados juntos. Esta estructura se puede extraer del cuarzo. Al tapar una de sus puntas y introducir agua a través de la otra, este cilindro actúa como un filtro. Las moléculas de agua pueden salir por huecos nanométricos en las paredes, pero bacteria del tipo E.coli y virus tipo polio se atascan. Las estructuras son resistentes al calor y tan fuerte que pueden ser limpiadas de forma repetido con autoclaves o aparatos de ultrasonido que permite su reutilización múltiple.

Por otro lado existen empresas como Nanoceram que ya ha puesto en el mercado filtros físicos con poros de una escala nanométrica pueden eliminar el 100% de bacterias, virus. En la Fig. 7 se aprecia una muestra.

#### NANOPINTURAS BENEFICIAN EL MEDIOAMBIENTE.

Según un artículo publicado en China Economic Net, las fachadas de los pabellones construidos para la Expo 2010 en China serán pintadas con una pintura fabricada con nanotecnología que purifica el aire. Si resulta eficaz, las autoridades chinas piensan utilizar la pintura en edificios por toda la ciudad de Shanghai para mejorar la calidad del aire y reducir los niveles de contaminación. Esta nueva pintura, desarrollada con los últimos avances nanotecnológicos, es un compuesto basado nanopartículas de óxido de titanio. Cuando está expuesto al sol, bajo los principios de la fotocatalisis consigue eliminar del aire sustancias como monóxido de carbono, formal-



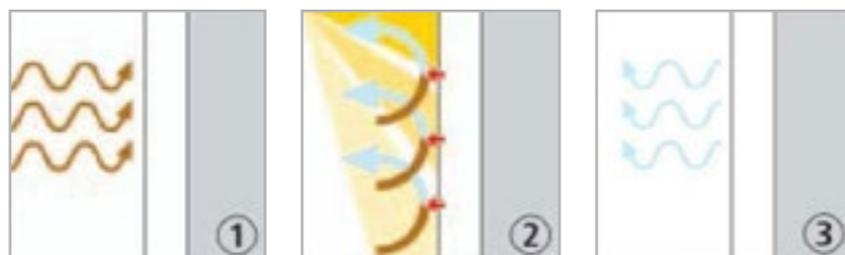
**Figura 6.** Muestra de filtro nanoporoso.

dehído, dicloroetileno y bencol, así como los compuestos nitrogenados, los cuales se descomponen. La fotocatalisis consiste en activación de un semiconductor, generalmente oxido de titanio mediante radiación ultravioleta. Este proceso forma un par hueco/electrón por el paso de un electrón de la banda de valencia a la de conducción. El hueco/ electrón activo puede reaccionar con los compuestos orgánicos, oxidándolos y degradándolos.

En la Fig. no. 7 se muestra esquemáticamente el mecanismo de la reacción. Una lata de 15 litros de esta pintura ofertada por la firma StoClimasan Color, cuesta en Alemania alrededor de 200 dólares y rinde para unos 100 metros cuadrados.

Previsiblemente, la nueva sustancia podría también utilizarse en aceras y otras obras públicas para lograr una mejor limpieza del aire.

**Figura 7.** Esquema del mecanismo de la fotocatalisis.



### 1) Cemento autocatalítico para limpiar el aire.

Se están desarrollando en Suecia nuevas técnicas para reducir la contaminación ambiental de las ciudades. Una de las ideas es la construcción de edificios con materiales que limpien el aire con ayuda de los

elementos atmosféricos. La técnica consiste en el recubrimiento del cemento con dióxido de titanio que se vuelve altamente reactivo en presencia de los rayos ultravioletas del sol. Así estos rayos UV inician una reacción de catálisis en el dióxido de titanio que destruye las moléculas contaminantes.

Además, esta catálisis previene que las bacterias y suciedad se adhieran a la superficie provocando que la lluvia lave fácilmente la misma. Las propiedades catalíticas del dióxido de titanio se dan cuando es aplicado en una capa muy fina de partículas nanométricas. Un experimento de este tipo realizado en una calle de Milán demostró que los niveles de contaminación de óxido de nitrógeno se reducían en un 60% al usar cemento autocatalítico.

En el mercado ya existen ventanas autolimpiables basadas en esta tecnología.

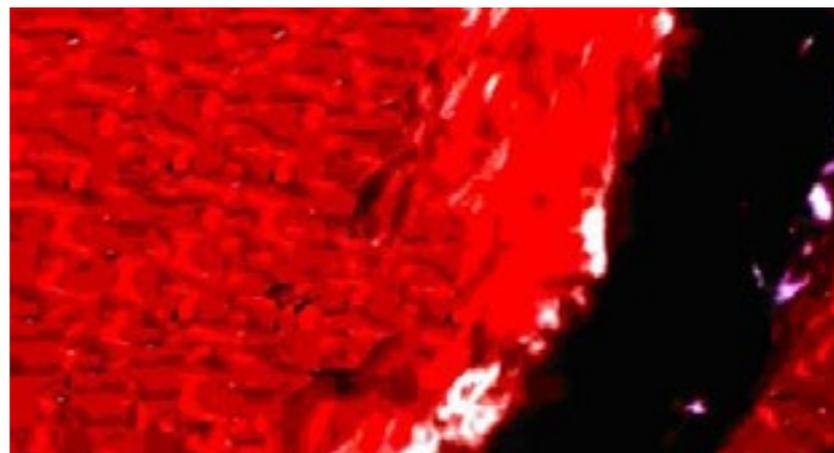


**Figura 8.** Iglesia en Roma construida con cemento autolimpiante.

Cómo ejemplos de esta tecnología se pueden citar una iglesia en Roma construida en cemento autolimpiante.

#### LOS NANOMATERIALES EN LA LIBERACIÓN CONTROLADA DE FÁRMACOS.

La meta final de la nanotecnología farmacéutica es el desarrollo de componentes con funciones individuales que se integran en una arquitectura que cumple funciones múltiples, máquinas biomoleculares revolucionarias que se puedan ensamblar para formar nanodispositivos con múltiples grados de libertad; que sean capaces de, por ejemplo, reconocer células cancerígenas, de diagnosticar las causas del cáncer, de suministrar fármacos a un órgano o tejido específico, de reportar la localización de un tumor y de reportar los resultados de una terapia (muerte de células cancerosas). Estos sistemas serían capaces de transferir información desde el nivel nano hacia un macromundo y serían también capaces de viajar en un nanoambiente. De estos sistemas se espera que sean muy eficientes, económicos en una producción masiva, que sean controlables y capaces de trabajar con poca supervisión. La visión es que estos sistemas ultra miniaturizados así como los dispositivos nanoparticulados se apliquen en los sistemas de producción futuros y que tengan aplicaciones biomédicas e industriales. La figura 1 muestra una representación esquemática de uno de estos dispositivos hipotéticos, aun no desarrollados, adherido a un glóbulo rojo y liberando su carga de moléculas de fármaco.



.....  
**Figura 9.** Nanosistema de suministro de fármacos.

Considerando que los sistemas biológicos interactúan con su medio ambiente a través de moléculas y estructuras multimoleculares que operan en la nanoescala, es fácil comprender porque la nanotecnología tiene tanto potencial en el área de la salud, en los productos farmacéuticos y en la biotecnología. Una gran parte de la maquinaria "superficial" de las células y de los organuelos intracelulares operan al nivel de nanómetros:

#### PURIFICACIÓN DEL AIRE EN HABITACIONES CERRADAS.

Una empresa de Taiwán ha desarrollado y fabrica ya industrialmente lámparas con dióxido de titanio tipo nano que tienen un resultado similar al cemento autocatalítico, los vidrios autolimpiantes. Su nueva oferta le permitió mantenerse en el mercado superando sus anteriores dificultades.

#### CONTROVERSIA SOBRE PRODUCTO NANOTECNOLÓGICO.



.....  
**Figura 10.** Lámparas purificadoras de aire en habitaciones cerradas.



Figura 11. Empleo del SoilSET.

El producto en cuestión es el SoilSET la firma productora Sequoia Pacific Research afirma que SoilSET emplea ingredientes biodegradables orgánicos que sufren una reacción electroquímica cuando se mezclan con agua. El producto puede ser aplicado en forma de aerosol desde helicópteros y aviones sobre suelos de gran inclinación susceptibles de sufrir una gran erosión que de otro modo serían difícilmente accesibles. En presencia de agua, el producto provoca un auto ensamblaje de las partículas de silicatos, formando una matriz cristalina. Esto tiene por efecto la eliminación de la erosión, mientras permite el enrizamiento de las semillas agregadas a la mezcla. Este producto es un derivado agrícola-basado acoplado con un catalizador inorgánico. SoilSET-SS™ se ha diseñado, según sus productores, con la compatibilidad medioambiental.

En marzo del año 2002 la Compañía hizo una prueba de campo de una versión anterior de SoilSET, en un área quemada muy pequeña en el Bosque Nacional Mendocino de California. Las fotografías proporcionadas por el Servicio del Bosque de Mendocino muestran una capa pulida y brillante cubriendo la barranca que, según los informes recibidos, previnieron la erosión. Sin embargo se afirma que el producto afectó también a la biodiversidad local debido a la dureza de la costra, sólo las plantas más robustas pudieron atravesarla, algunas plantas anuales nativas no pudieron crecer. Consideraciones presupuestarias impidieron a las autoridades del Bosque de Mendocino y a Sequoia Pacific Research, emprender

un estudio detallado del suelo, aunque la compañía tenía un acuerdo con la Universidad de Nevada (Reno) para evaluar los efectos del producto. Basándose en las pruebas de campo de Mendocino y otras, Sequoia añadió pulpa de madera y semillas a su producto antes de aplicarlo a la tierra de nuevo México, seguramente para hacerlo más "amistoso" ambientalmente. Existen serios cuestionamientos sobre los resultados de esta modificación probada -en que suelos y en que condiciones- se consideran los resultados inciertos. La comunidad de nativos/americanos de Taos Pueblo (Primera Nación), no parece haber sido informada de que un producto nanotecnológico sería aplicado en su montaña.

Esto ha originado reacciones en diversas comunidades que consideran la única opción sensata presionar para una moratoria y una evaluación independiente de cada nanoproducto.

#### IV. CONCLUSIONES.

Resulta incuestionable que la Nanotecnología llegó para quedarse y en pocos años transformará todas las ramas de del quehacer, desde el diseño, la ingeniería, la medicina, y la defensa. Específicamente para el medioambiente tiene dos grandes virtudes; la reducción de los recursos naturales necesarios para la fabricación y la reducción de sus residuos. Sin embargo no hay que olvidar que se conoce poco sobre el efecto de las nanopartículas en la salud de los seres vivos.

Frente a los cada vez más preocupantes cambios climáticos, la Nanotecnología se presenta como una posibilidad más de atenuarlos en función del bienestar humano.

Como todo lo nuevo la Nanotecnología se abre paso en contradicción con los prejuicios derivado del desconocimiento de sus posibilidades y el temor derivado de la falta de regulación legal que preserve sus virtudes y defienda al ser humano de sus posibles efectos nocivos. Por todo lo anterior se hace necesario:

**a)** La divulgación de los diversos aspectos de la Nanotecnología mediante charlas, conferencias, y cursos que posibilite a los ingenieros de las diferentes ramas el conocimiento de los basamentos de esta nueva rama del saber, así como las características fundamentales de sus productos.

**b)** Los países del sur deberán buscar objetivos comunes que les permita unir los recursos humanos y materiales imprescindibles, para la creación paulatina de la infraestructura requerida para, inicialmente la caracterización de los productos inicialmente la caracterización de los productos nanotecnológicos importados y posteriormente las producciones propias.

**c)** El desconocimiento de las posibilidades de la Nanotecnología en las construcciones ingenieras conllevará a corto plazo a una obsolescencia tecnológica mayor que la que implica hoy el desconocimiento de la informática.

**d)** Los colegios de ingenieros tienen el deber con sus asociados de promover los conocimientos fundamentales de la Nanotecnología asociados con las especialidades de sus miembros. En este aspecto la SIMEI puede modestamente contribuir en el marco de su competencia.

#### BIBLIOGRAFÍA.

1. Armando A.C, José A. G. Calderón. M,(2016) Nanomateriales: su crecimiento, caracterización estructural y tendencias. ISBN 978-607-8164-02-8
2. Bras, W., Y.K. Levine (2015), "Fibres & Textil in Eastern Europe", Soft Condensed Matter Experiments using synchrotron radiation, Vol. 13, No 5(53), pp. 23-26.
3. Begerano.P.G (2017). Diseño de dispositivos para limpiar el medio ambiente. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología.Vol.5.No 7.
4. Byrne, W., T. Michele y P McNamee (2008), "Chemical functionalization of carbon nanotubes for the mechanical reinforcement of polystyrene composites", Nanotechnology 19, pp. 2013-2014.
5. Campell, D, Pethrick, R. A y R. A White (2015), Polymer Characterization. United States of America: Taylor & Francis.

6. Campell, R, A. Pethrick y J. R. White (2009), *Polymer Characterization Physical Techniques*. United States of America: Taylor&Francis.
7. Coleman, J., K.Umar, J. Werner J. Yurii K. Gunko (2016), “Small but strong: A review of the mechanical properties of carbon nanotube–polymer composites”, *Carbon* 44, pp. 1624–1652.
8. Delgado, G. D. (2010), “Economics and governance of nanomaterials: potential and risks”, *Technology in Society* 32, pp.137-144.
9. Dennis, H. R, et al., (2001), “Effect of melt processing conditions on the extent of exfoliation in organo-clay-based nanocomposites”, *Polymer*, 2001, Vol. 42.
10. Eun–Hee Park Cirlin. (2014). “Overview of the Current status of Nanotechnology, Nanomaterials and their Applications”. International Technology Associates. Los Angeles, California UKC
11. Grobert, R (2015). *Nonocince y Nanotecnología*, Royal Society y Royal Academy of Ingenieerinig, Grupo de Trabajo integrado entre otros por: Prof. Ann Dowling CBE FREng FRS -Presidente , Prof. Clift OBE FREng, .
12. Haberzett, A. (2015). *Nanomedicine: Destination or Journey*. C.Nanotecnologia P9-R13.
13. Hans. D., P. Elsner, P. Eyerer y T. Hirth (2005), *Kunststoffe Eigenschaften und Anwendungen*, Berlin: Springer. Frederik C. Krebs (2009), “Fabrication and processing of polymer solar cells: A review of printing and coating techniques”, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 93, pp. 394–412.
14. Kwok, K, K. Wilson K y S. Chiu (2005), “Growth of carbon nanotubes by open-air laser-induced chemical vapor deposition”, *Carbon* 43, pp. 437–446.
15. Kanai.S.(2016). Simulación de nanomateriales para la conversión de energía solar. *Revista Interdisciplinaria de Nanociencia y Nanotecnología*. Vol.2.No2.
16. Lakshmi S. Nair, Cato T. Laurencin (2007), “Biodegradable polymers as biomaterials”, *Prog. Polym. Sci.* 32, pp. 762–798.
10. Peralta.V, Zhao, M.L. Lopez. M., G. de la Rosa, J. Hong, J. L. Gardea-Torresdey (2015), “Nanomaterials and the environment: A review for the biennium 2014–2015”, *Journal of Hazardous Materials* 186, pp. 1–15.
17. Pinault, M., M. Mayne-LHm ermite, C. Reynaud, V. Pichot, P. Launois, D. Ballutaud (2005), “Growth of multiwalled carbon nanotubes during the initial stages of aerosol-assisted CCVD”, *Carbon* 43, pp. 2968–2976.

18. Sebastian, P.J. (2015), “Cancun 2015: The role of nanomaterials in solar energy conversión”, Solar Energy Materials & Solar Cells 81, pp. 291–292. ISBN 978-607-8164-02-8
19. Sebastian, P.J. (2013), “Nanomaterials for solar energy conversión”, Solar Energy Materials & Solar Cells 70, pp. 243–244.
20. Sánchez R. y, María del C. (2015). Evaluación de los impactos ambientales derivados de nanomateriales aplicados al envase y embalaje. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
21. Sandra L. S, Jazmín R. A, Jorge F. M, Lídice S. P(2014). Protegiendo fármacos con nanomateriales inteligentes. Informe Científico. Universidad Autónoma de Méjico.
22. Serena P.(2016). Los nanomateriales y una revolución científica que avanza en la vida cotidiana. Revista Interdisciplinaria de Nanociencia y Nanotecnología. Vol.2.No2.
23. Ortiz.O.(2012). V Congreso de mecánica y Arquitectura. ISPJAE. Palacio de las Convenciones.
1. Nanotechweb.org 05/04/2016
2. Website: <http://otir.nci.nih.gov/index>
3. [www.forrelease.com/D20050927/LMTO3-UK\\_PRNJ1.html](http://www.forrelease.com/D20050927/LMTO3-UK_PRNJ1.html)
4. [robotiker.com/revista\\_noticias/noticia.sp?n=86&id=2](http://robotiker.com/revista_noticias/noticia.sp?n=86&id=2)
5. [euroresidentes.com/futuro/.../enero/nanotecnologia\\_noticias](http://euroresidentes.com/futuro/.../enero/nanotecnologia_noticias)
6. [www.transhumanismo.org/noticias/news\\_2015](http://www.transhumanismo.org/noticias/news_2015)
7. [www.amazings.com/ciencia/noticias/260304c.html](http://www.amazings.com/ciencia/noticias/260304c.html).
8. [neofronteras.com/?p=286](http://neofronteras.com/?p=286).
9. [www.electronicosonline.com/noticias/notas.php?id=1384\\_o\\_1\\_o\\_M51](http://www.electronicosonline.com/noticias/notas.php?id=1384_o_1_o_M51)
10. Las nanotecnologías ecológicas, entre promesas y riesgos, domingo 01 junio 2008, <http://cordis.europa.eu/nanotechnology>.
13. <http://www.fuelcellcontrol.com/evs19.html>
14. <http://www.tecnociencia.es/fecyt/public/>
15. [http://www.mtimicrofuelcells.com /](http://www.mtimicrofuelcells.com/)

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

16. Nanociencias y nanotecnologías: Un plan de acción para Europa. 2005-2009. Comunicación de la Comisión Europea al Consejo del Parlamento Europeo – 6 de septiembre de 2014.
17. E:\NANO\2016\Cambios lob\nanoGLOWA.mht
18. Nanotecnología y purificación del agua.
19. <http://www.Weblog.com>. [http://www.euroresidentes.com/Blogs/avances\\_tecnologicos/2004/12/pinturas-fabricadas-connanotecnologia](http://www.euroresidentes.com/Blogs/avances_tecnologicos/2004/12/pinturas-fabricadas-connanotecnologia).
20. <http://www.arablog.net/blog/archives/nano/index.ph>
21. Nanotecnología para una construcción sostenible. <http://www.revista.nanociencia>.
22. [www.nanoelectronicsplanet.com/glossary](http://www.nanoelectronicsplanet.com/glossary)

---

**RECIBIDO:** 24 mayo 2017

**ACEPTADO:** 20 junio 2017