

Nanociencia, nanotecnología, nanomateriales...

La Revolución Industrial del Siglo XXI.

Faolaín Chaparro Chaparro*

Rodrigo Quintero Reyes**

Resumen

El siguiente trabajo pretende enunciar algunas definiciones “nano” de actualidad como: nanociencia, nanotecnología, nanopartículas, nanomáquinas, nanodispositivos, nanotubos, nanoestructuras, nano... para adentrarse en el grandioso mundo de los nanomateriales, su clasificación, características, propiedades y aplicaciones, por considerarse un tema de gran relevancia que debe ser conocido por los estudiantes de carreras técnicas, tecnológicas y de ingeniería. Es una iniciativa debido a la preocupación como docentes de la asignatura de Materiales de Ingeniería donde se habla de la composición electrónica, estructuras cristalinas, solidificación, etc., de los materiales conocidos como los metales, polímeros, cerámicos, compuestos y otros. Pero el tema de los nanomateriales no se tiene en cuenta por falta de actualización, referencias bibliográficas escritas o apreciación personal de cada docente.

Palabras Claves: Nanómetro, nanociencia, nanotecnología, nanopartículas, nanodispositivos, nanomateriales.

Nanoscience, nanotechnology, nanomaterials... The Industrial Revolution of the 21st century.

Abstract

The following work tries to enunciate some nowadays “nano” definitions such as: nano-science, nano-technology, nano-particles, nano-machines, nano-devices, nano-tubes, nano-structures, nano... To go into the huge world of the nano-materials, its classification, characteristics, properties and applications, considered a subject of great relevance, which must be known by all technical, technological and engineering students. It is an initiative born of our preoccupation like Engineering Materials teachers, in which one works on the electronic composition, crystalline structure, solidification, etc., Of known materials like metals, polymers, ceramics, compounds and others. But the nano-materials subject is not considered by lack of update, lack of written bibliographical references or by appreciation of each educational.

Key Words: Environmental crisis, environment, culture, environmental handling.

Fecha de Recepción: Mayo 2 de 2008

Fecha de Recepción: Mayo 14 de 2008

* Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Ingeniería de Producción, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Especialista en Educación en Tecnología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente Medio Tiempo C.T.P. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Catedrático Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. faolain788@hotmail.com.

** Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Informática Educativa, Universidad Central. Especialista Técnico en Instrumentación Industrial, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Docente Medio Tiempo C.T.P. Escuela Tecnológica. Instituto Técnico Central. Catedrático Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Rquinteroeyes@gmail.com

1. Introducción

Mientras el desarrollo tecnológico avanza a nivel global, se hace más notoria la brecha entre países desarrollados y países en vía de desarrollo, para tratar de ir a la par en el avance del conocimiento (como materia prima) y disminuir esas diferencias, se hace necesario desde ya como iniciativa propia y desde la academia hacer un aporte según el interés de cada persona, por lo cual se invita a inferir en el trabajo acerca de los nanomateriales desde la cátedra de Materiales de Ingeniería y reproducir este conocimiento con colegas y estudiantes para marcar la diferencia. El nanómetro es una dimensión muy pequeña que los científicos e investigadores de países industrializados vienen trabajando en sus laboratorios desde hace varias décadas para obtener nuevos materiales y dispositivos, los cuales llegarán a revolucionar el mundo en este siglo. Se invierte gran cantidad de dinero en investigación y desarrollo en nanomateriales al saber que dicha inversión es muy rentable en un futuro próximo; es preocupante observar docentes que en Colombia no se interesan en este tipo de trabajos a nivel pregrado. Afortunadamente existen algunas líneas de investigación a nivel de maestría o doctorado en varias universidades del país.

Todo lo anterior hace necesario impulsar o dar un primer paso desde la academia incluyendo en la cátedra de materiales industriales un capítulo relacionado con los nanomateriales, consultando todo tipo de información en la red, visitando páginas de investigadores, de asociaciones internacionales de nanomateriales, de empresas dedicadas a la producción de nanopartículas y de personas interesadas en el tema. Nuestra materia prima es el conocimiento y es una forma de disminuir la brecha entre países desarrollados y países en vía de desarrollo. Enseñemos a los niños desde el preescolar el concepto de nano y los resultados llegarán a ser gigantes.

2. Las tecnologías del futuro, antecedentes tecnológicos

Desde la década de los noventa se vislumbraba cómo en el siglo XXI se presentarían grandes cambios en el desarrollo tecnológico mundial; a continuación se nombran estas tecnologías: **Lo inalámbrico, la biometría, los weblog, el PC todo en uno y la Nanotecnología**, es la ciencia de lo más pequeño, el desarrollo de la escala nano posibilitará la creación de nuevos materiales, la teletransportación, el aumento del almacenamiento digital, el desarrollo de técnicas médicas no invasivas y la construcción de dispositivos más diminutos que la punta de un alfiler.

3. Definiciones

Nano: el significado de “nano”, es una dimensión 10 elevado a -9 o 1/1000000000.

Nanómetro: un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro, o millonésima parte de un milímetro. Esto es 1 nanómetro igual a 0,000000001 metros, también 1 milímetro igual a 1.000.000 de nanómetros.

La Nanociencia: es un área emergente de la ciencia que se ocupa del estudio de los materiales de muy pequeñas dimensiones. No puede denominarse química, física o biología dado que los científicos

de este campo estudian un campo dimensional muy pequeño para una mejor comprensión del mundo que nos rodea. Se considera el padre de la nanociencia a Richard Feynman, premio Nóbel de Física, quien en 1959 propuso fabricar productos con base a un reordenamiento de átomos y moléculas.

Nanotecnología: es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano escala. Cuando se manipula la materia a escala tan minúscula de átomos y moléculas, demuestra fenómenos y propiedades totalmente nuevas, por lo tanto los científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos, poco costosos con propiedades únicas.

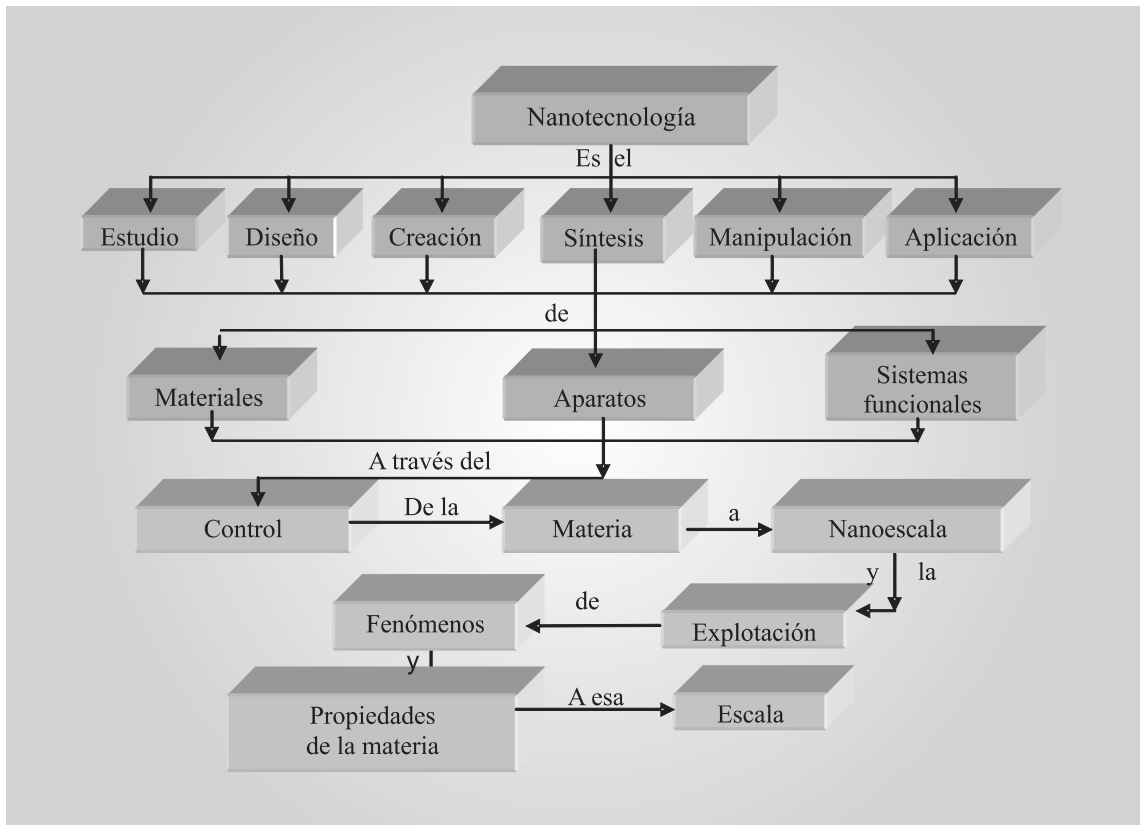


Figura 1. Mapa conceptual definición de nanotecnología.

Nanopartículas (Nanoparticles): estas unidades son más grandes que los átomos y las moléculas, no obedecen a la química cuántica, ni a las leyes de la física clásica, poseen características propias, se sitúan en el corto plazo como una de las aplicaciones más inmediatas de la nanotecnología con productos y en sectores que ya están presentes en el mercado. Es el caso de los biosensores, las nanopartículas con base hierro contra tejidos cancerosos, etc.; en general, la biomedicina y la biotecnología son dos campos muy prometedores de potenciales aplicaciones. Existe un catálogo de nanopartículas en investigación o en comercialización, algunas de ellas como óxidos de zinc adulterado con



Figura 2. Bloqueador solar elaborado con nanopartículas de óxido de zinc.
www.penmedia.org/stock/images.

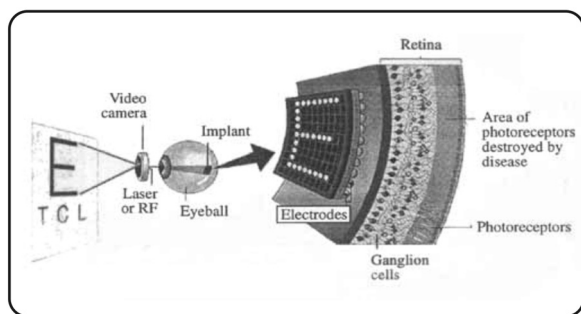


Figura 3. Implantes de retina.
www.penmedia.org/stock/images.

drogas, óxido de Bismuto, óxido Cerium SGH¹, óxido de cobre, óxido de aluminio, óxido de zinc, USP².

Utilizando técnicas que podrían revolucionar la fabricación de ciertos materiales, los investigadores han hecho crecer nanotubos de carbono, son los más largos del mundo, si bien su longitud es todavía ligeramente menor de 2 centímetros, cada nanotubo es 900.000 veces más largo que su diámetro. Las fibras que tienen el potencial de ser más largas, más fuertes y mejores conductoras de la electricidad que el cobre y muchos otros materiales, podrían acabar teniendo usos prácticos en tejidos inteligentes, sensores y muchas otras aplicaciones.

Nanotubos: son estructuras moleculares con formas cilíndricas asociadas a las propiedades de las Buckyballs³. Los nanotubos se componen de una o varias láminas de grafito u otro material enrolladas sobre sí mismas. Algunos nanotubos están cerrados por media esfera de fullerene⁴, y otros no están cerrados. Existen nanotubos monocapa (un sólo tubo) y multicapa (varios tubos metidos uno dentro de otro). Los nanotubos de una sola capa se llaman single wall nanotubes (SWNTS) y los de varias capas, multiple wall nanotubes (MWNT). Los nanotubos tienen un diámetro de unos nanómetros, sin embargo su longitud puede ser de hasta un milímetro, por lo que dispone de una relación longitud anchura tremendamente alta y hasta ahora sin precedentes.



1. La generación óptica de segundo armónico (SHG) es empleada como una sonda no invasiva de interfaces de nanocristales (NC) de Si, embebidos uniformemente en una matriz de SiO₂. <http://em.fis.unam.mx/cgi-bin/public/mochan/papers/articulos.pl?mas=10>

2. la US Pharmacopeia (USP) es una colección de más de 3,800 monografías que establecen los estándares para los fármacos. www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/191.

3. Buckyballs: es una nano-estructura compuesta de 60 átomos de carbono (su nombre químico es C₆₀) estructurados en un espacio cerrado y perfectamente simétrico, tienen propiedades extraordinarias, especialmente como superconductores. <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/diccionario/Buckyballs.htm>.

4. El origen de los términos “buckyball” y “fullerenos”, se remite al ingeniero y arquitecto Buckminster Fuller quien desarrolló un extenso trabajo sobre esferas geodésicas, fue por lo tanto la inspiración detrás de los nombres de estos compuestos de nanotecnología. <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/diccionario/Buckyballs.htm>

Nanotubos de carbono: representan hasta el momento el más importante producto derivado de la investigación en fullerenos ó fulerenos Los nanotubos llevaron a los científicos y premios Nobel Robert Curl, Harold Kroto y Richard Smalley a descubrir el buckyball C60. La investigación sobre nanotubos de carbono es tan apasionante (por sus múltiples aplicaciones y posibilidades) como complejo (por la variedad de sus propiedades electrónicas, termales y estructurales que cambian según el diámetro, la longitud, la forma de enrollar...). Los nanotubos de carbono son las fibras más fuertes que se conocen, un solo nanotubo perfecto es de 10 a 100 veces más fuerte que el acero por peso de unidad y poseen propiedades eléctricas muy interesantes, conduciendo la corriente eléctrica cientos de veces más eficazmente que los tradicionales cables de cobre.

Nanomáquinas: las nanomáquinas constituirían, una segunda revolución industrial para la humanidad y la concepción de una vida muy distinta, en un entorno (ciudad futura) muy diferente. Todo esto sin mencionar otros efectos de la nanotec relacionados con cuestiones militares o de defensa en general. Lo “nano” abriría la puerta a potenciales riesgos o peligros de una entidad desconocida. En todo caso interesa subrayar su significado para la nanociencia en sus múltiples aplicaciones en beneficio de la humanidad, la nanotecnología intenta minimizar la fabricación con un potencial ahorro de costos, materias primas, energía, etc., de aquí que aparezca una nueva generación de máquinas según sus átomos. Esta nueva generación de máquinas tendrá un gran impacto en relación con la salud, prevención de enfermedades, etc. Una arquitectura compleja, pero no imposible de alcanzar para la nanociencia desde una perspectiva teórica (el MIT⁵ señala una vía la Litografía Nano-impresión).

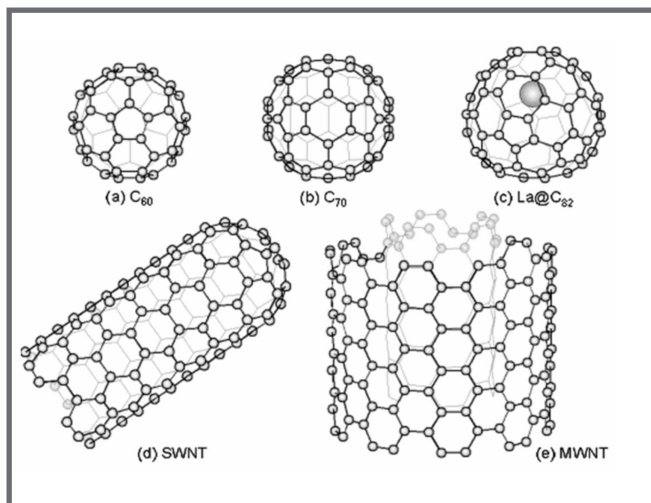


Figura 4. Nanobots de carbono, (Fullerenos) 1985 1996.
http://www.venture-technologies-llc.com/course/part2_files/frame.htm



Figura 5. Implantes cocleares, finos electrodos revestidos para procesar señales.
www.penmedia.org/stock/images



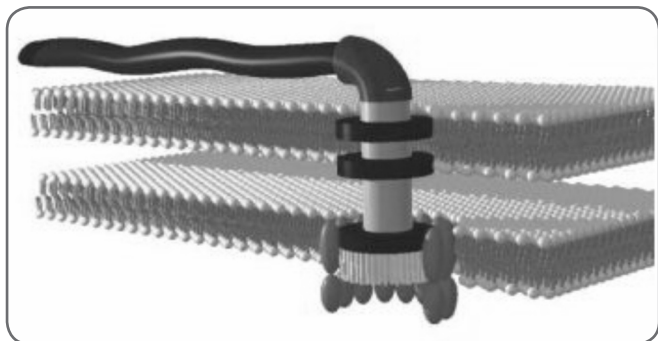


Figura 6. Laboratorio biomimético, para crear nuevas estructuras en un proceso orgánico de fabricación controlada.
www.penmedia.org/stock/images

Nanomateriales: Son una nueva clase de materiales (sean cerámicos, metales, semiconductores, polímeros o bien, una combinación de estos) en donde por lo menos una de sus dimensiones se encuentra entre 1 y 100nm. En los nanomateriales debido a su tamaño reducido a unos cuantos nanómetros, se modifican sus propiedades que finalmente difieren del mismo material con dimensiones de sólido volumétrico, de las moléculas y los átomos.

4. Técnicas de construcción de Nanomateriales⁶

Técnica de arriba hacia abajo: la manufactura típica como la construcción del más pequeño circuito de computadora depende de técnicas de construcción de “arriba hacia abajo”, torneando o

grabando productos partiendo de bloques de materia prima. Por ejemplo una técnica común para hacer un transistor comienza con un bloque de silicio, el cual es grabado para eliminar material no deseado, produciendo un circuito esculpido. Este método de construcción crea el producto deseado más residuos de desecho. Según la Fundación Nacional de la Ciencia de los EE.UU. (U.S. National Science Foundation), la nanotecnología es la piedra angular de la NBIC⁷, la convergencia revolucionaria de la nanotecnología, la biotecnología (manipulación de los genes), la informática (computadoras) y la ciencia cognitiva (función cerebral).

Técnica de abajo hacia arriba: la nanotecnología hace posible la construcción de “abajo hacia arriba” donde los átomos se organizan bajo el control de un programa de computación o en casos ideales se autoensamblarán, de la misma forma que las células vivas se ensamblan a sí mismas en la configuración deseada sin que nada les sobre, sin desechos. En lugar de cortar árboles para obtener la madera para hacer una mesa, ¿por qué no “crecer” una mesa? Así, la nanotecnología parece ofrecer la posibilidad de lograr una producción sin desechos y por lo tanto un medio ambiente más limpio. Además, la nanotecnología puede ayudar a remediar la contaminación pasada. La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) está financiando investigaciones sobre la liberación de nanopartículas en el medio ambiente para eliminar la toxicidad de montañas de desechos tóxicos que quedaron del experimento del siglo veinte con la química del petróleo.

6. Convergencia NBIC 2005: El Desafío de la Convergencia de las Nuevas Tecnologías (Nano-Bio-Info-Cogno).
<http://www.madrimasd.org/revista/revista35/bibliografias/bibliografia2.asp>

7. http://www.ceditec.etsit.upm.es/index.php/component?option=com_docman/task/doc_download/gid,23

4.1 Manipulación de componentes (Nano) a pequeña escala.

Es necesario utilizar tecnologías de deposición basadas tanto en reacciones químicas como en interacciones físicas, con un control átomo a átomo que permita el diseño de las distintas capas del dispositivo mediante procesos litográficos.

CVD: Deposición sobre un sustrato de un compuesto condensado a partir de una reacción gaseosa de los materiales a depositar. Se utiliza para depositar capas delgadas con buena cobertura.

Electrodeposición: Sólo para materiales conductores. Se basa en la deposición electrolítica convencional y es muy utilizado para metalizaciones.

crece el dispositivo con la misma orientación cristalográfica que el sustrato. Permite crecer capas gruesas (100nm) debido a la elevada velocidad de crecimiento que se alcanza.

Oxidación térmica: Proceso más básico consistente en oxidar la superficie del sustrato en una atmósfera rica en oxígeno, es el único proceso que consume sustrato y está limitado a materiales susceptibles de oxidarse.

PVD: Técnica más barata pero menos eficaz que el CVD. Consta de dos procesos, la evaporación y el sputtering⁸ en los que el material a depositar se adhiere al sustrato por evaporación y condensación o por proyección.

Casting: Consiste en el 'pintado' de la superficie con una disolución del material a depositar en un disolvente que se evapora dejando una capa de material sobre el sustrato, se utiliza para sustratos poliméricos.

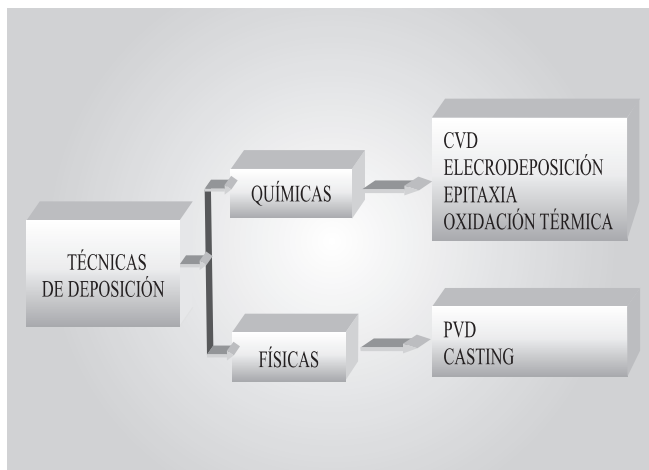


Figura 7. Técnicas de construcción de Nanomateriales

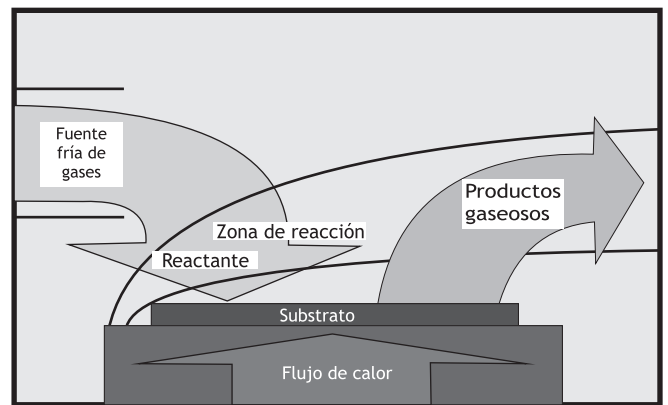


Figura 8. La deposición de material transferido desde su origen hasta la superficie sin cambiar su composición química (CVD). <http://www.glennfishbine.com/part1ppt.htm>

Epitaxia: Muy similar al CVD, pero aquí el sustrato es un cristal semiconductor sobre el que se

8. El proceso de sputtering consiste en la extracción de átomos de la superficie de un electrodo debido al intercambio de momento con iones que bombardean los átomos de la superficie. Sin embargo, como en el proceso de sputtering se produce vapor del material del electrodo, es también un método utilizado en la deposición de películas, similar a la evaporación. <http://www.icmm.csic.es/fis/espa/sputtering.html>

5. Características de los nanomateriales

Las características de los nanomateriales incluyendo las peligrosas, deben ser investigadas de nuevo mediante el experimento directo. La nanotecnología trata del campo en el que un típico grano de arena es enorme (un millón de nanómetros de diámetro). Un cabello humano tiene 200,000 nanómetros de espesor. Un eritrocito tiene 10,000 nanómetros. Un virus mide 100 nanómetros de diámetro, y el átomo más pequeño (hidrógeno) mide 0.1 nanómetros. Los nanotecnólogos prevén una segunda revolución industrial que arrollará el mundo durante nuestras vidas, cuando los átomos individuales sean ensamblados para fabricar miles de productos nuevos y útiles. Pocos niegan que los nuevos productos puedan implicar nuevos peligros, pero la mayoría de los nanotecnólogos dicen que las regulaciones existentes son adecuadas para controlar cualquier peligro que pueda aparecer. Ahora en los Estados Unidos la nanotecnología no está sujeta a ninguna regulación especial y los nanoproductos ni siquiera tienen que estar etiquetados como una nueva manera de manejar la innovación.

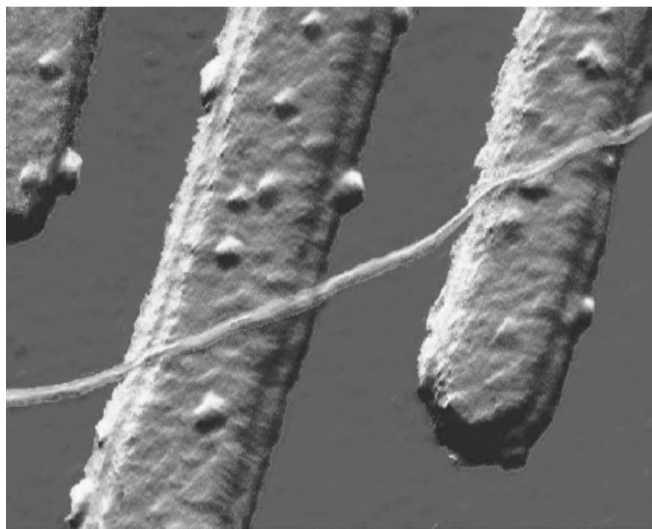


Figura 9. Nanotubo conectando dos electrodos de platino
http://www.madrimasd.org/vigtecnologica/documentos/jornada-nanotubos-cimtan/propiedades_interes_nanotubos_JAAlonso.pdf

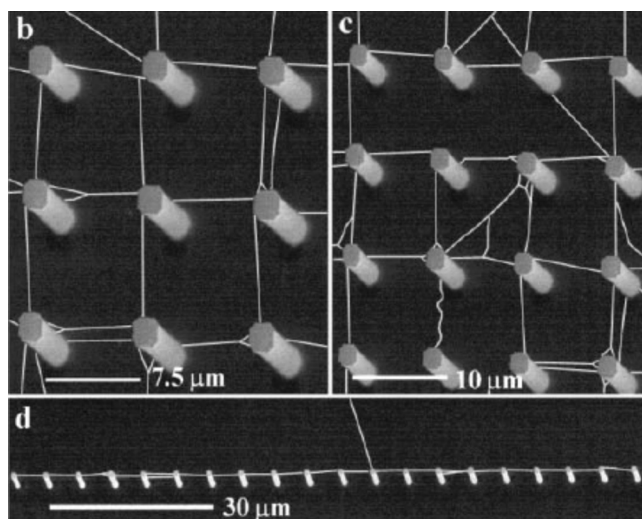


Figura 10. Red de nanotubos sobre torres de silicio
http://www.madrimasd.org/vigtecnologica/documentos/jornada-nanotubos-cimtan/propiedades_interes_nanotubos_JAAlonso.pdf

La fuerza de los enlaces entre los carbonos es enorme, de modo que los nanotubos de carbono son los “hilos” más resistentes que conocemos. El acero es capaz de soportar una tensión de unos 2 GPa antes de romperse. Bien, los experimentos con buckytubos han alcanzado valores de hasta 65 GPa: unas treinta veces más tensión que en el caso del acero. Son más ligeros que el acero (unas seis veces menos denso). Si lo que se compara es la tensión respecto a la densidad de cada uno de ellos (es decir, lo que pueden soportar “kilo por kilo”), entonces el acero soporta 254.000 Nm/kg y un nanotubo de carbono 46.268.000, ¡ciento ochenta veces más!. En el caso del acero se puede conseguir un cable de 26 km, que puede erigirse verticalmente sin que se colapse por su propio peso, en el caso de los buckytubos, 4.700 km. Esta cifra es la que ha puesto a los nanotubos de carbono en el punto de mira como posible material para construir, algún día un ascensor espacial. El radio de la Tierra es de 6.400 Km., e imagina la magnitud de un cable de 4.700 Km. de longitud.

Las propiedades eléctricas y térmicas de los buckytubos son excepcionales. Respecto a la conductividad

térmica, los metales son excelentes conductores: el cobre, por ejemplo, tiene una conductividad de 385 wátios/m ·K. Los modelos teóricos de los nanotubos de carbono predicen conductividades de hasta 6.000 wátios/m ·K . Por otro lado, en el aire pierden su estructura por encima de 750 grados, de modo que no servirían para todos los sistemas de refrigeración.

Eléctricamente tienen, la peculiaridad de que su comportamiento depende de la estructura de los “panales” de carbono. Pueden comportarse como conductores o semiconductores, dependiendo de la geometría, y conducen la corriente sólo a lo largo del eje del tubo, pero con densidades de corriente que pueden llegar a ser mucho mayores que en los metales.

6. Clasificación de los nanomateriales

La Agencia del Medioambiente en los Estados Unidos (EPA) desarrolló la siguiente clasificación de los nanomateriales actuales, basados en carbono, en metal y en dendímetros.

Basados en carbono: son los que están formados con un gran porcentaje de carbono, y donde suelen adoptar formas como esferas huecas, elipsoides o tubos.

Basados en metal: son aquellos nanomateriales que incluyen puntos cuánticos, nanopartículas de oro y plata, y óxidos metálicos como el dióxido de titanio.

Dendímetros: estos nanomateriales tienen la característica de ser polímeros construidos a partir de unidades ramificadas.

6.1 Clasificación de acuerdo al número de dimensiones que se encuentren en el régimen manométrico.

- Nanomateriales de dimensión cero, las tres dimensiones se encuentran en régimen nanométrico, entre ellas están las nanopartículas.
- De una dimensión, teniendo una longitud variable, conservan una dimensión en el rango nanométrico, como es el caso de nanoalambres y nanotubos.
- De dos dimensiones con áreas de tamaño indefinido, mantienen su espesor de 1 a 100 nm como en el caso de películas delgadas.
- De tres dimensiones donde los sólidos tridimensionales están formados por unidades manométricas.

- 0-d nanopartículas de oro
- 1-d fibras poliméricas
- 2-d películas poliméricas
- 3-d Superred obtenida por auto ensamblaje

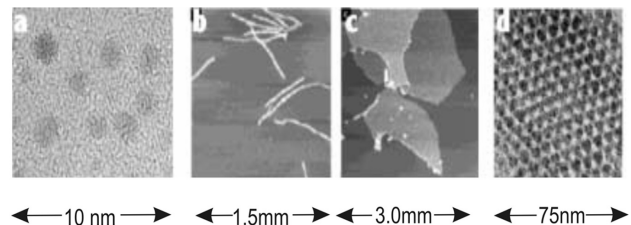


Figura 11. Dimensiones de sólidos tridimensionales formando unidades nanométricas.

<http://omega2uimn.mx/publicaciones/documentospdf/39%20NOPARTICULAS.p>

7. Aplicaciones de los nanomateriales

Las sorprendentes propiedades de los materiales a la nanoescala han abierto un nuevo universo de aplicaciones industriales y sueños empresariales.

En gran parte desapercibidos, cientos de productos que contienen partículas nanométricas ya han llegado al mercado.

7.1 Las aplicaciones de la nanotecnología a mediano y a largo plazo son infinitas.

Los campos donde se están experimentando continuos avances son: energías alternativas, energía del hidrógeno, pilas (células) de combustible, dispositivos de ahorro energético, administración de medicamentos, especialmente para combatir el cáncer y otras enfermedades, computación cuántica, semiconductores, nuevos chips, seguridad, microsensores de altas prestaciones, industria militar, aplicaciones industriales muy diversas: tejidos, deportes, materiales, automóviles, cosméticos, pinturas, construcción, envasados alimentos, pantallas planas, descontaminación medioambiental, prestaciones aeroespaciales, fabricación molecular y nuevos materiales.

7.2 Productos actuales disponibles.

Los productos disponibles beneficiados con las características únicas de los nanomateriales incluyen: pinturas y capas para proteger contra la corrosión, raquetas y pelotas más fuertes ligeras y más duraderas para jugar al tenis, ropa y colchones anti manchas, vendas para quemaduras y heridas, tinta, convertidores catalíticos del automóvil, complementos de camionetas y topes en los coches, nuevos sensores para aplicaciones en la medicina, en el control medioambiental y en la fabricación de productos químicos y farmacéuticos, mejores técnicas fotovoltaicas para fuentes de energía renovable, materiales más ligeros y más fuertes para la defensa y las industrias aeronáutica y automotriz, aplicaciones médicas, nanopartículas de oro en conjunto de partículas magnéticas para la detección de células cancerígenas, VIH y alzheimers, envolturas inteligentes para el mercado de alimentos,

que dan a los productos una apariencia de alimento fresco y de calidad, tecnologías visuales que permiten pantallas mejores, más ligeras, finas y flexibles, las llamadas técnicas de diagnóstico o literalmente los laboratorios en un micro(nano)chip, cremas de protección solar con nanopartículas que absorben los rayos UV, gafas y lentes con capas totalmente resistentes e imposibles de rayar, aparatos tan diversos y comunes como impresoras, reproductores de cds, airbags etc., cuya versiones más modernas contienen componentes logrados a través de la nanotecnología.

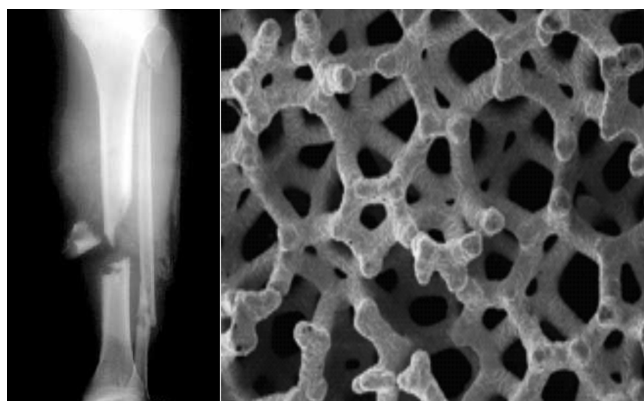


Figura 12. Implantes óseos, estructuras fabricadas por deposición química de vapor.
<http://www.glennfishbine.com/part1ppt.htm>

7.3 Perspectivas de crecimiento de la industria ligada a la nanotecnología

Nanotubos capaces de desplazar nano-cantidades de metales fundidos, uno de los problemas relacionados con la fabricación de nano-máquinas, según una escala de moléculas es cómo colocar cantidades tan pequeñas de materiales en el sitio que les corresponde. Un equipo de investigación de la Universidad de Berkeley ha desarrollado un método que permite trasladar glóbulos de metal fundido de solo 30 nanómetros, consiste en colocar un glóbulo de metal en la punta de un nanotubo, mediante la aplicación de un voltaje se puede desplazar el glóbulo por la parte exterior del tubo. Hasta ahora se han logrado desplazar átomos individuales a través de la punta de microscopios muy

avanzados, un método demasiado complejo para la producción práctica de nanomáquinas. Sin embargo, este nuevo avance tecnológico realizado por los científicos de Berkeley supone otro paso hacia la fabricación masiva de nano-aparatos.

8. Inversión en nanotecnología

La nanotecnología no era posible hasta la década de 1980 y principios de la década de 1990, cuando se descubrió la manera de disponer de átomos individuales bajo el control de un programa de computación, las nanopartículas, los nanotubos y los nanocristales de carbono llamados Bucky Balls (por Buckminster Fuller) están siendo fabricados por toneladas para su uso industrial, actualmente se está trabajando febrilmente para lograr que la nanofábrica más exitosa de la naturaleza, la célula viva, crezca a través de nanoensamblajes nuevos y útiles. No es una exageración decir que el campo de la nanotecnología está dominado por algo parecido a la mentalidad de la fiebre del oro. Los gobiernos de todo el mundo están invirtiendo unos \$3 mil millones al año en investigaciones sobre la nanotecnología, y se piensa que el sector privado está invirtiendo por lo menos la misma cantidad. Pero para algunos destacados proponentes de la nanotecnología, esto se trata de algo más que el dinero, es sobre cómo reinventar el mundo entero, incluyendo los seres humanos, de la manera como existen hoy.

9. Conclusiones

En la actualidad se enseña ciencias y tecnología desde la básica y la media, se debe empezar a escribir sobre la Nanociencia, la Nanotecnología y los Nanomateriales desde la básica, la media, la técnica, la tecnológica y la ingeniería; enseñemos a los niños de la básica el concepto de NANO y los resultados serán Macro.

El desarrollo y manipulación de artefactos a escala atómica ha sido el sueño del hombre desde hace muchos años.

El desarrollo y aplicación de la tecnología a escala nanométrica, se ha convertido en un camino esperanzador para la realización de dicho sueño.

4. Referencias Bibliográficas

Córdova L (2008) *Introducción a la Nanotecnología* Sep. 2006. Extraído el 12 Mayo, sitio Web el planeta: <http://www.el-planeta.com/futur/nano0700tx.htm>.

C.W. White, J.D. Budai, J.G. Zhu, S.P. (1996); Withrow, and M.J. Aziz, “Ion Beam Synthesis and Stability of GaAs Nanoclusters in Silicon”, *Applied Physics Letters*, 68, 2389 addendum 69, 2297 (1996). Formation of Nanoscale Structures. Extraído el 12 Mayo, 2008 del sitio Web School of Engineering and Applied Sciences Harvard: <http://www.seas.harvard.edu/search/searchresults.html?q=nanotechnology&pageno=3>

Restrepo L .(2007). *Conferencia Ciencia 2000*. Museo de la Universidad de Antioquia. Un vistazo al mundo del microcosmos y sus posibilidades tecnológicas. [Noviembre de 2007]. Disponible en la Internet: <http://luisguillermo.com/Ciencia2K.pdf>.

Chang, K (2007) *Lo diminuto es hermoso: Traduciendo “Nano” en práctica*. [Noviembre de 2007]. Disponible en la Internet: http://www.universoanimal.com/lo_diminuto.pdf.

Krassen D (2008) *Fluorescent Nanostring Barcodes Transform Diagnostics*. Extraído el 12 Mayo, 2008 del sitio Web University of Queensland: <http://www.nano.org.uk/news/may2008/latest1393.htm>.

Laguna C (2008) *La nanotecnología y las células solares*, Extraído el 12 Mayo, 2008 del sitio Web Nanotecnología Innovación Tecnológica y Transformación Social en i-Europa: <http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/category/nanomateriales-y-nanonanodispositivos-nanodispositivos/page/3/>

Leconte et al. J. Colloid Interface Science 313, 511 (2007). P. Tartaj et al. J. Colloid Inter. Sci. 309, 68-71 (2007). A.B. Fuertes et al. Adv. Functional Mater. 17, 2321-2327 (2007). Preparación de nanopartículas magnéticas con aplicaciones biomédicas. Extraído el 12 Mayo, 2008 del sitio Web Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid: http://www.icmm.csic.es/lineas/linea_05.htm.

Llavona A (2008). *Fábricas biológicas de nanopartículas*. Extraído el 12 Mayo, 2008 del sitio Web Nanotecnología Innovación Tecnológica y Transformación Social en i-Europa: <http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/>

NanoForum Colombia 2007, *II Simposio Nacional de Nanotecnología*. El Nanomundo. Extraído el 12 Mayo, 2008 del sitio Web <http://www.funlaci.org/temas/nanoforum.html>

Ruiz C (2008) *Nanotecnología: La amenaza de la tecnología enana*. Extraído el 12 Mayo, 2008 del sitio Web Nanotecnología Primer Portal hispano en Nanotecnología y Nanociencia: http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/noticias/2005/julio/nanotecnologia_noticias_25_31.htm

Stewart, S.; Marco, J.F.; Crespo, P.; Romero, J.J.; Martínez, A.; Hernando, A.; Palomares, F.J.; González, J.M., J. Nanosci. Nanotechno. 7, 610-617 (2007). *On the effect of nanocrystallization and disorder on the magnetic properties of Cu-rich, FeMnCu alloys*. Extraído el 12 Mayo, 2008 del sitio Web Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid: http://www.icmm.csic.es/publ/linea_05.htm.

Walsöe de Reza Noemí E. *Aproximación al Mundo Sorprendente de los Nanomateriales* Septiembre 2004. Revista Sam publicación de la asociación argentina de materiales. Extraído el 12 Mayo, 2008 del sitio Web: <http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/revista/Nanomat%20N2.pdf>.