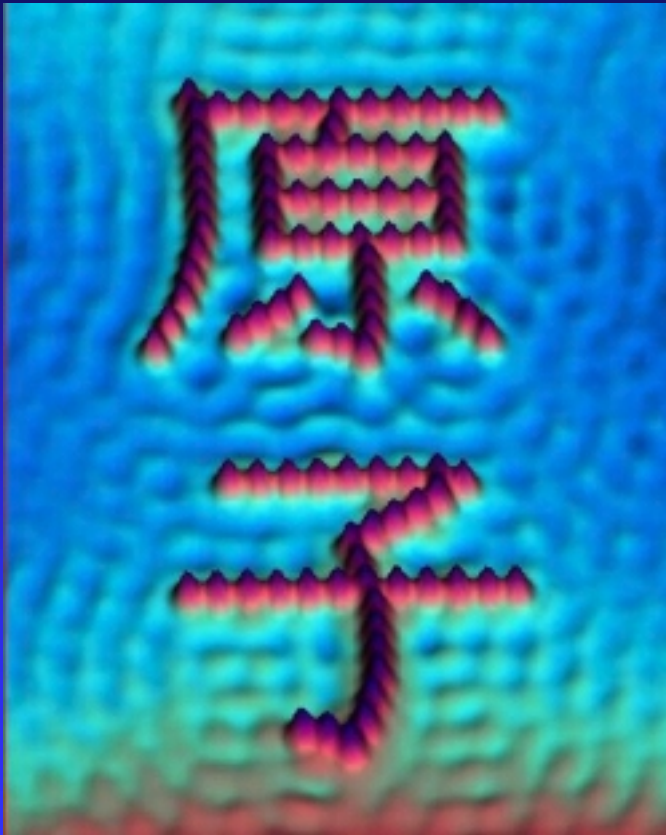


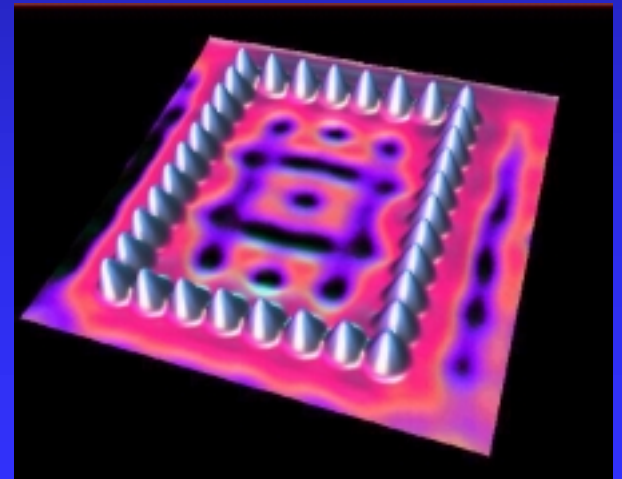
NANOTECNOLOGÍA



- “Los principios de la física, como yo lo veo, no hablan sobre la posibilidad de maniobrar cosas átomo por átomo. Esto no es un intento de violar alguna ley; es algo que en principio se puede hacer; pero en la práctica, no se ha hecho porque somos demasiado grandes.” - Richard Feynman. (1959) (Nóbel de física)

¿Qué es NANO?

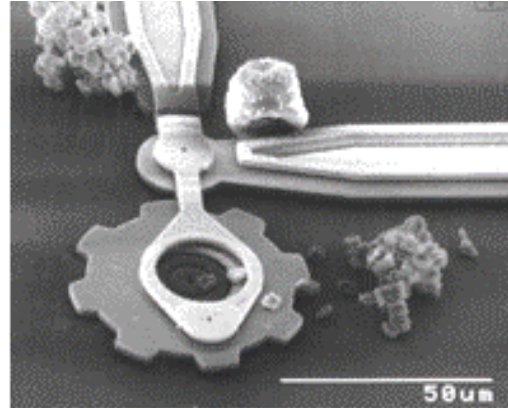
- Nano = 1 millonésima parte del milímetro.
- Una persona = alrededor de 2 m.
- Una hormiga = aproximadamente 1 cm. (10^{-2} m).
- Una célula = 20 micrómetros (10^{-6} m).
- Un ribosoma = 25 nanómetros.
- Un nanómetro = (10^{-9} m).
- Un nanómetro cúbico =
aprox. 258 átomos de carbono.



Minimizando la Fabricación

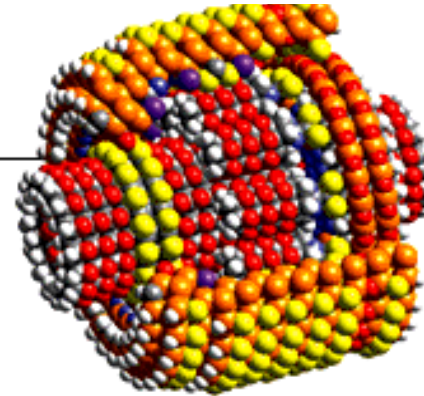
Minimáquinas

Éstas constan de billones de átomos y partes pequeñas, tienden a caber dentro de un clip, se miden en milímetros



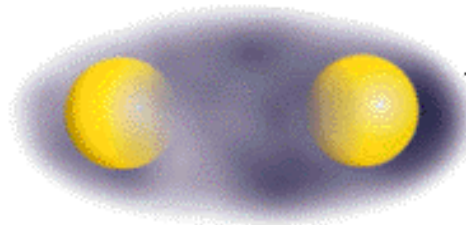
Micromáquinas

Éstas constan de millones de átomos. Las partes terminadas se muestran aquí entre células de sangre coagulada (izquierda y abajo a la derecha) y un grano de polen (centro) se mide en micrómetros.



Nanomáquinas

Sus partes constan de cientos de átomos. Máquinas completas controladas por computadoras serán medidas en nanómetros.



Máquinas Cuánticas

Éstas constarán de partes estrechas de átomos simples y serán medidas en Angstroms.

Micromáquinas - Construcción



La miniaturización: un enfoque totalmente distinto.

- Leyes distintas gobiernan el mundo de lo diminuto.
- Necesidad de abstracción.
- Por naturaleza las grandes soluciones provienen de ideas sumamente sencillas.

Construyendo un micromotor de 0.1 mm de diámetro.



Otros desarrollos.



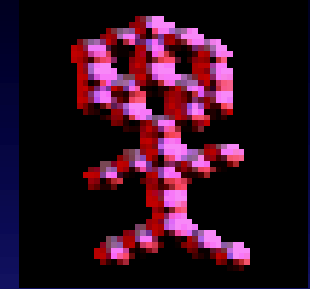
Robot de 1.5 mm.



Más allá de las micromáquinas:



Fabricación Molecular I



- “Los productos manufacturados se hacen de átomos. Las propiedades de esos productos dependen de cómo esos átomos se ubiquen”.
- “Si reubicamos los átomos del grafito (como por ej. de un lápiz) podemos hacer diamantes. Si reubicamos los átomos de arena (y agregamos algunos elementos extras) podemos hacer chips de computadoras. Si reacomodamos los átomos de la tierra, agua y aire podemos hacer plantas.”

Ralph Merkle – <http://www.xerox.com/nano>

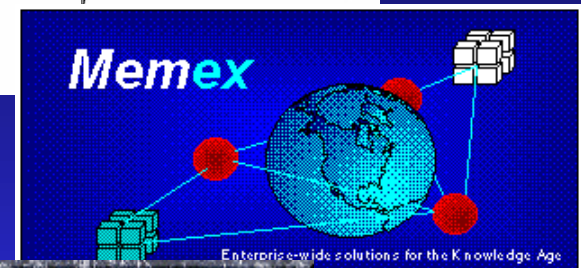
Fabricación Molecular II

- Los métodos de fabricación actuales son muy imperfectos a nivel molecular. Son tan buenos como si tratáramos de armar bloques de ladrillos de plástico con guantes de box en nuestras manos. Podemos apilarlos unos con otros pero no podemos colocarlos como realmente quisiéramos.
- La nanotecnología nos permitirá liberarnos de los guantes de box. Nos permitirá colocar los ladrillos como queremos sin esfuerzo y de todas las maneras posibles.

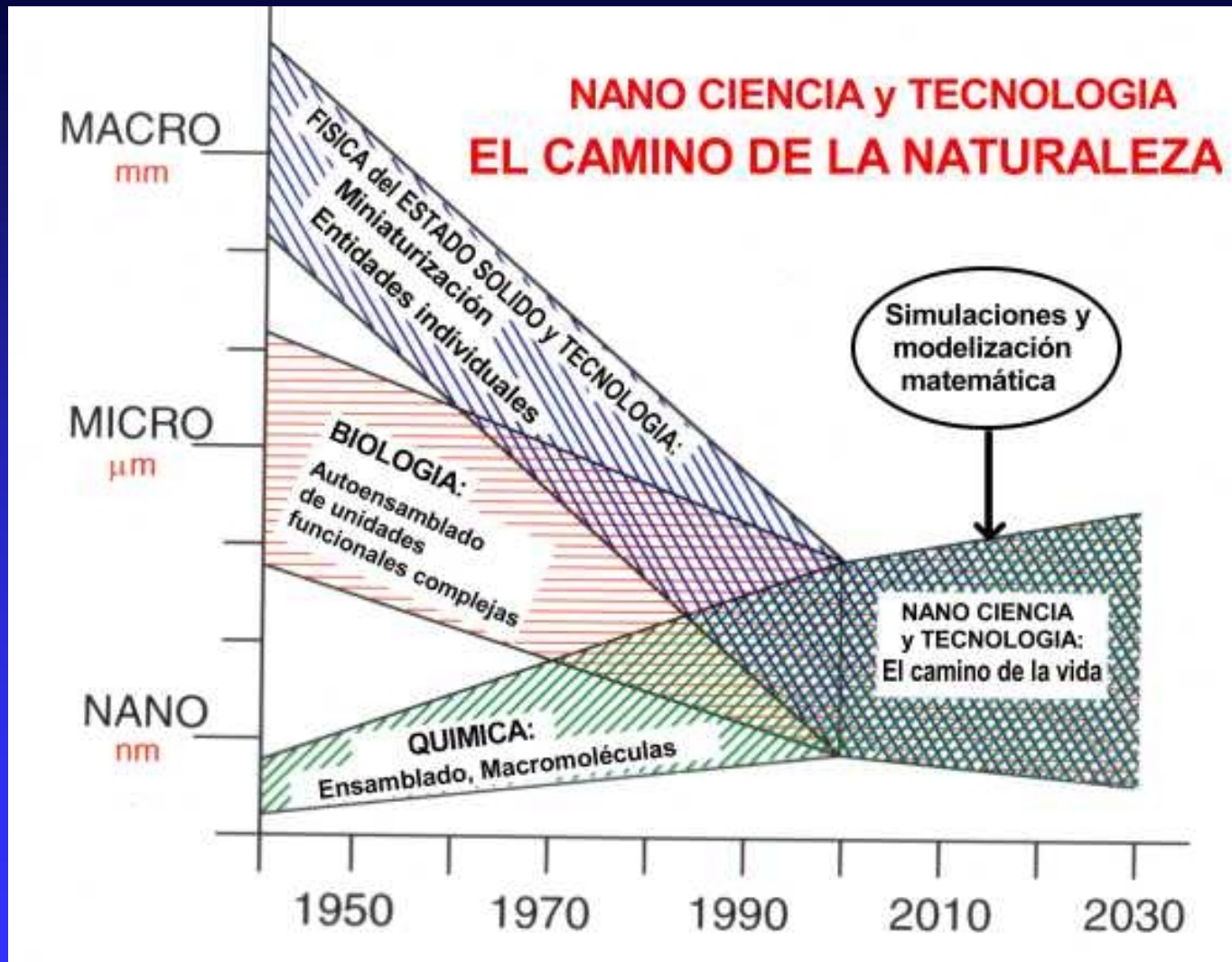


Esfuerzo Multidisciplinario

- La nanotecnología involucra a las ciencias Química y Bioquímica, Biología Molecular y Física y a las tecnologías de la Ingeniería Electrónica y de Proteínas, microscopios y pruebas de proximidad, imágenes electrónicas y posicionamiento molecular electrónico, materiales científicos, química supramolecular y química computacional.
- Los esfuerzos de hoy son descubrir áreas nuevas y trabajar en conjunto.



Ciencias comprometidas



La mejor opción: el potencial de la Nanotecnología.

- ¿De las enfermedades qué sabemos?
- ¿La eliminación (o reversión) del proceso de envejecimiento?
- ¿La erradicación de la contaminación del agua y aire?
- ¿El agotamiento de los combustibles fósiles?
- ¿La provisión de nuevas e ilimitadas fuentes de energía?
- ¿El descubrimiento de nuevas y desconocidas fuentes de riquezas?

Premisas Básicas:

- Feynman (1959) dijo “hay infinidad de posibilidades en lo más profundo de la materia”
- Drexler (1986) fue por un “control completo y económico de la estructura de la materia”.
- Una tecnología industrial capaz de fabricar con precisión molecular el mayor número de estructuras compatibles con las leyes de la física.



Herramientas Básicas:

- Ensamblador Nanotecnológico.
- Microscopio atómico.



Herramientas Básicas:



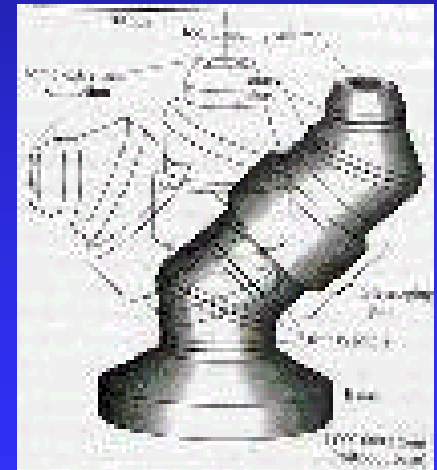
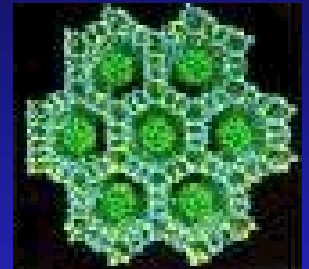
Ramas de investigación del desarrollo de la nanotecnología molecular.

- Tres campos independientes e interdependientes.¹
- La nanotecnología seca.
- La nanotecnología húmeda.
- La nanotecnología computacional.

¹ Premio Nobel Laureate Richard Smalley

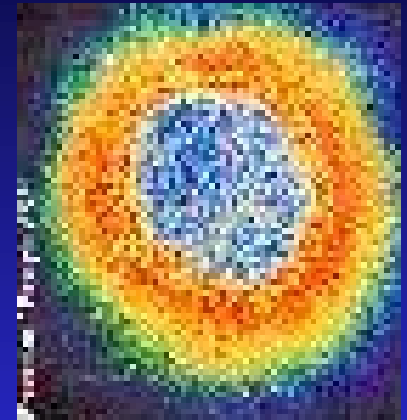
Nanotecnología seca.

- Fabricación de estructuras en carbón (Ej: nanotubos), silicio, materiales inorgánicos, metales y semiconductores.
- Electrónica, magnetismo y dispositivos ópticos.
- Autoensamblaje controlado por computadora.
- Confundida con la microminiaturización.



Nanotecnología húmeda.

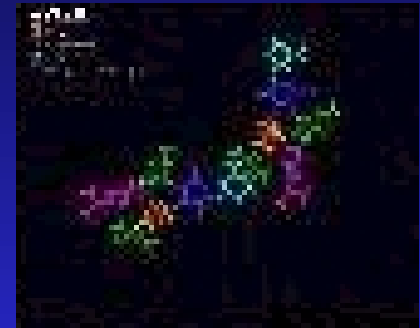
- Sistemas biológicos que existen en un entorno acuoso incluyendo material genético, membranas, enzimas y otros componentes celulares.



- Organismos vivientes cuyas formas, funciones y evolución son gobernados por las interacciones de estructuras de escalas nanométricas.

Nanotecnología seca y húmeda.

- Las últimas propuestas tienden a usar una combinación de la “nanotecnología húmeda” y la “nanotecnología seca”.
- Una cadena de ADN se programa para forzar moléculas en áreas muy específicas dejando que uniones covalentes se formen sólo en áreas muy específicas.
- Las formas resultantes se pueden manipular para permitir el control posicional y la fabricación de nanoestructuras.



Nanotecnología Computacional

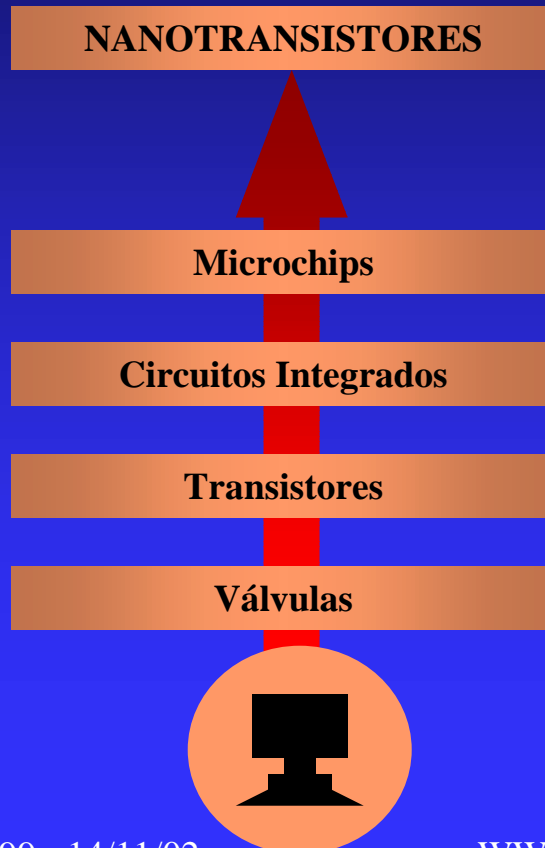
- **Modelado y simulación de estructuras complejas de escala nanométrica.**
- **Se puede manipular átomos utilizando los nanomanipuladores controlados por computadoras.**

© Peter Menzel

Teoría de la evolución

La bioelectrónica copia las propiedades de los sistemas biológicos para aplicarlas a herramientas tecnológicas más evolucionadas; pero a la inversa de lo que ocurre con los sistemas vivos, las computadoras parecen aumentar su inteligencia a medida que disminuye su tamaño.

Sistemas Electrónicos



Sistemas Biológicos



Auto-reproducción.

- La nanotecnología molecular requiere de la auto-reproducción (de otro modo cualquier cosa será demasiado pequeña).
- Uno de los sistemas de auto-reproducción más simple es la siguiente línea de código en C que se imprime a sí misma:
“main(){char q=34,n=10,*a="main(){char q=34,n=10,*a=%c%s%c; printf(a,q,a,q,n);}%c";printf(a,q,a,q,n);}”
- Si el programa puede hacer esto podría hacer algo parecido: “Haga otro igual a mi, entonces todo el mundo haga mas de sí mismo, haga esto un millón de veces y luego finalice”.
- La parte “y luego finalice” es importante.

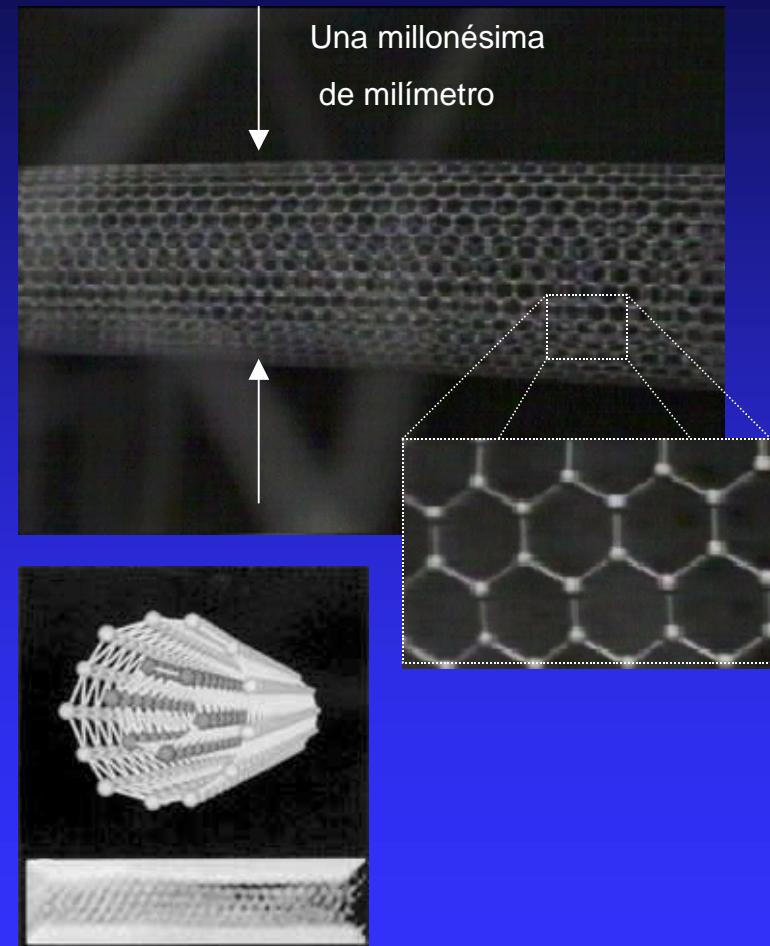
Picture from Harvard Professor George Whitesides at
http://www.nanothinc.com/nanosci/what/whitesides/selfassembling_materials.html



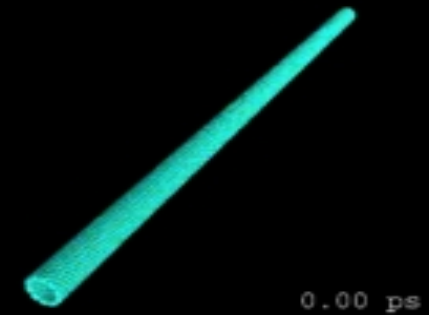
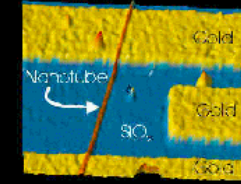


NANOTUBOS DE CARBÓN

- Los primeros nanotubos fueron observados por Iijima en 1991 y eran de pared múltiple.
- Posteriormente se desarrolló el nanotubo de pared única.
- Fibras nanoscópicas constituidas por carbono y de forma regular y simétrica.

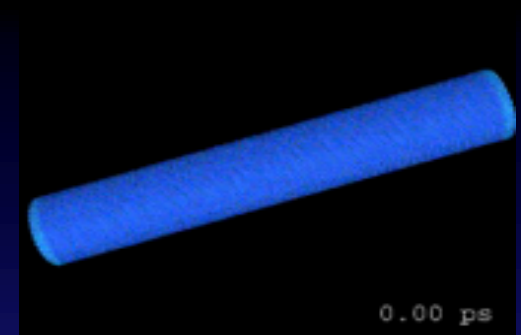


PROPIEDADES



PROPIEDAD	NANOTUBOS	EN COMPARACIÓN
TAMAÑO	0,6 a 1,8 nm diámetro	La litografía por haz electrónico puede crear líneas de 50 nm de ancho por 7 nm de espesor.
DENSIDAD	1,33 a 1,44 g/cm ³	El aluminio: 2,7 g/cm ³
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	45x10 ⁹ pascal	Aleaciones de acero de alta resistencia < 2x10 ⁹ pascal
ELASTICIDAD	Se pueden doblar hasta grandes ángulos y recuperarse sin sufrir daño.	Los metales y las fibras de carbono se rompen o no recuperan su forma original tan rápidamente.

Propiedades



PROPIEDAD	NANOTUBOS	EN COMPARACIÓN
CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE CORRIENTE	Estimada en 10^9 A/cm ²	Los hilos de cobre se funden a un millón de A/cm ² aproximadamente.
EMISIÓN DE CAMPO	Pueden activar fósforos a un voltaje de 1 a 3 V si media una micra entre electrodos	Las puntas de molibdeno necesitan campos de 50 a 100 V por micrón y tienen períodos de vida muy limitados.
TRANSMISIÓN DE CALOR	6000 W/m-°K	El diamante casi puro transmite 3320 W/m-°K.
ESTABILIDAD TÉRMICA	Estables hasta 2800°C en vacío, 750 °C en el aire.	Los filamentos metálicos en microchips se funden de 600 a 1000 °C.

Propiedades:



CONSTRUCCIÓN

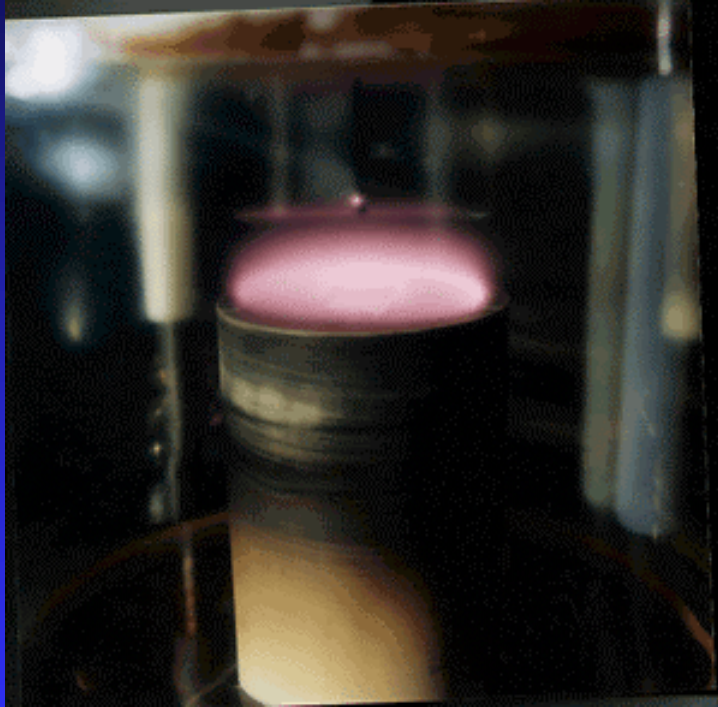
- En el hollín encontramos nanotubos (glóbulos amorfos, "nanoesferas" y "nanotubos").
- Se producen en amplia gama de longitudes y variedad de torsiones (defectos).

Técnicas actuales:

- Volatilizar.
- Hornear.
- Bombardear.



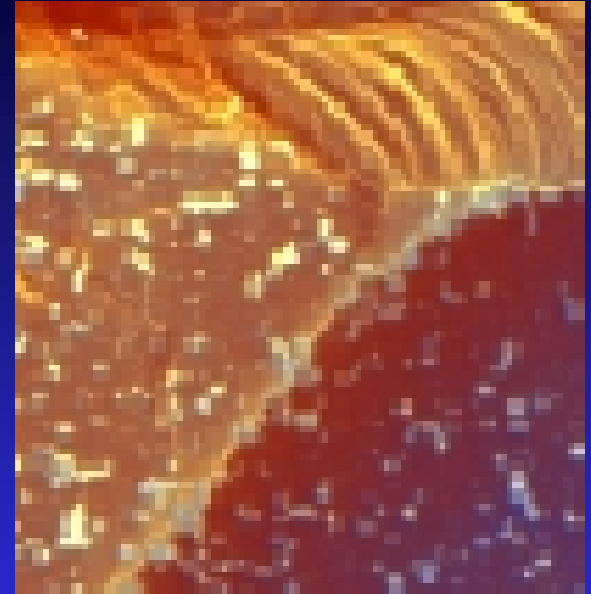
Volatilización:



- Primer método de fabricación.
- Dos barras de grafito separadas unos milímetros.
- Se hace saltar una chispa de 100 A.
- El carbono se evapora en un plasma caliente.
- Parte del mismo se vuelve a condensar en forma de nanotubos.
- Nanotubos de pared única.
- Pocos defectos.
- Tienden a ser cortos.

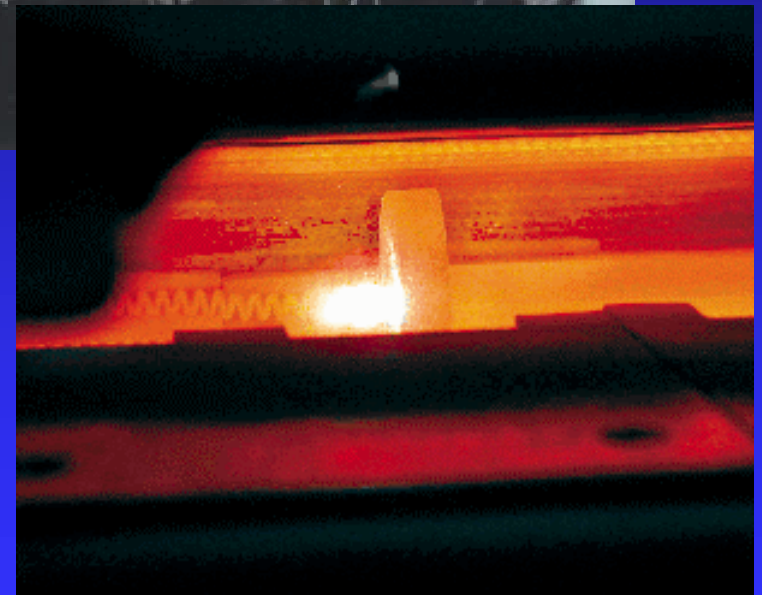
Horneado:

- Se calienta un sustrato a 600 °C y lentamente se añade metano con carbono.
- El gas se descompone y libera átomos de carbono algunos de los cuales se recombinan como nanotubos.
- Imprimiendo diagramas de partículas de catalizador sobre un sustrato controlan las posiciones donde éstos se forman.
- El crecimiento controlado lo están combinando con la técnica estándar del silicio.
- Más sencillo. (industrial).
- Nanotubos largos.
- Suelen ser de pared múltiple (1/10 de la resistencia).



Bombardeo:

- Bombardean barras de grafito con pulsos intensos de láser.
- Se utilizan catalizadores que producen nanotubos de pared única.
- Se puede controlar el diámetro de los nanotubos variando la temperatura de reacción.
- Utiliza láseres muy caros.



Bombardeo



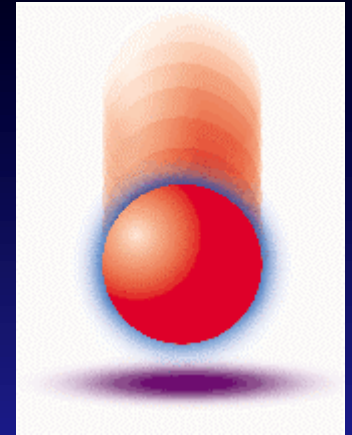
01/09/99 - 14/11/02

WWW.SPISTONE.COM.AR

34

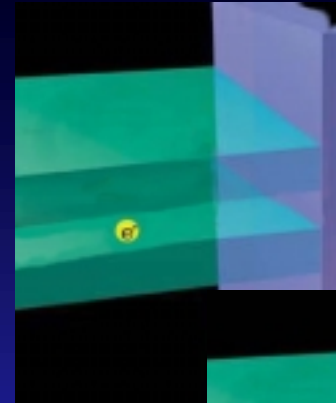
MUNDO CUÁNTICO

- Según la teoría cuántica los electrones se comportan como ondas y como partículas.
- Las ondas electrónicas se amplifican o cancelan entre sí.
- Un electrón que se distribuye alrededor de un nanotubo puede auto-cancelarse por completo.
- Sólo quedarán los electrones con idéntica longitud de onda o estado cuántico correcto.
- De todas las longitudes de onda electrónicas, o estados cuánticos, que haya en una lámina plana de grafito, sólo un pequeño conjunto estará permitido cuando se enrolle para formar un nanotubo.



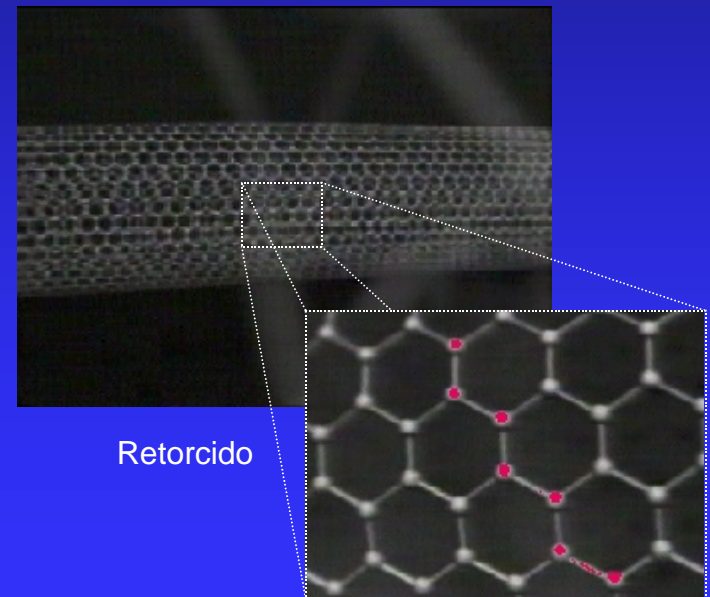
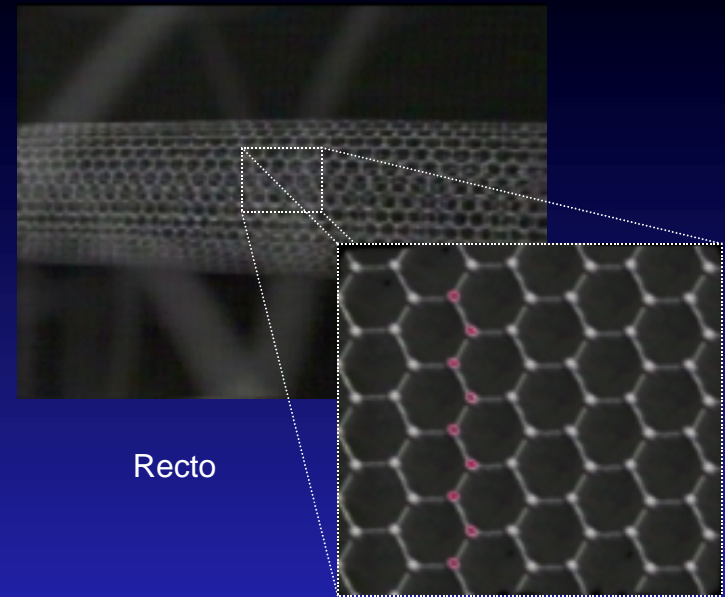
SEMIMETALES

- Las propiedades eléctricas de un material dependen de la separación entre los estados de energía ocupados por los electrones (valencia) y los estados de energía libre (conducción).
- En los aislantes ningún electrón puede pasar a la banda de conducción.
- En los semiconductores los electrones pueden pasar a la banda de conducción con un simple estímulo energético con luz o un campo eléctrico.
- En los metales hay una gran cantidad de electrones con fácil acceso a los estados de conducción adyacentes.



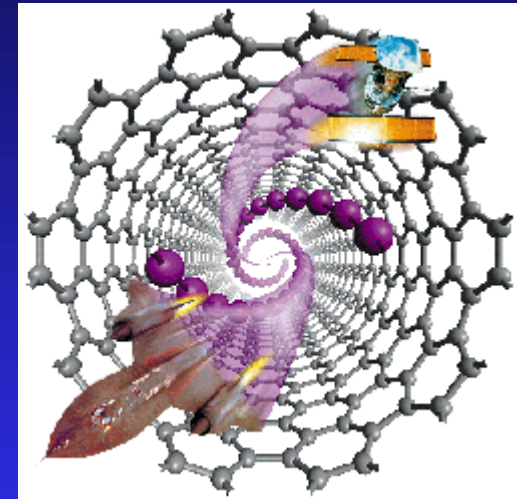
DOS CLASES:

- METALES O SEMICONDUCTORES.
Su geometría limita a los electrones a una zona específica de estados de energía.
Dependiendo del diámetro del tubo las bandas de valencia y de conducción pueden aparecer unidas por el punto de Fermi. Tenemos entonces un metal, caso contrario tendremos un semiconductor.
- NANOTUBOS RECTOS.
Dos tercios de los nanotubos con esta geometría son metálicos.
- NANOTUBOS RETORCIDOS.
Dos tercios de los nanotubos con esta geometría pertenecen a la familia de los semiconductores.



MUCHOS MATERIALES EN UNO SOLO

- Actualmente la variedad de dispositivos electrónicos se logró utilizando un amplio repertorio de materiales con diferentes intervalos de banda.
- Nanotubos de diferente tamaño pueden tener intervalos de banda nulos (cero, igual que un metal), de la magnitud del intervalo de banda del silicio o de casi cualquier valor entre ambos extremos.



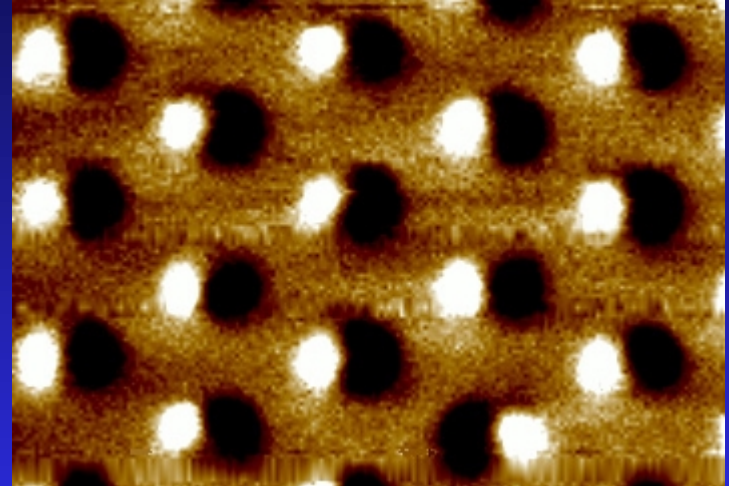
Algunas de las aplicaciones en desarrollo.



01/09/99 - 14/11/02

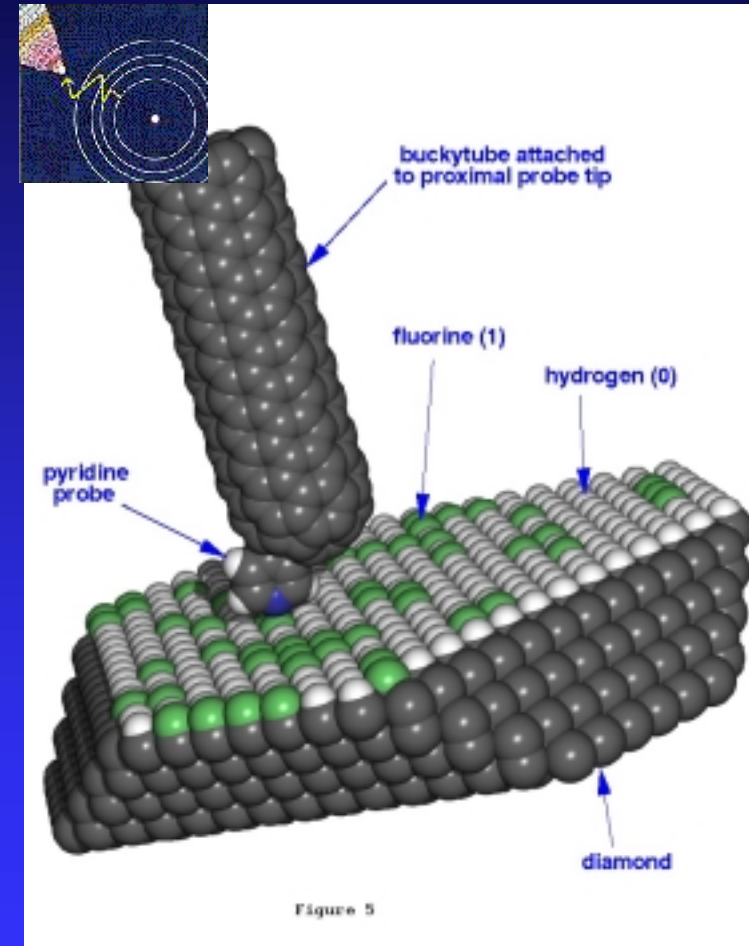
Sistema de almacenamiento ultrapequeño

- Son nanoimanes (miden menos de 25 nanómetros)
- Su tamaño es inferior al punto del final de esta frase.
- Posibilitarán la construcción de un ordenador mucho más pequeño que los que tenemos en la actualidad.
- Dispositivos de almacenamiento magnético del mañana, cuya capacidad será 100 veces superior a los actuales.



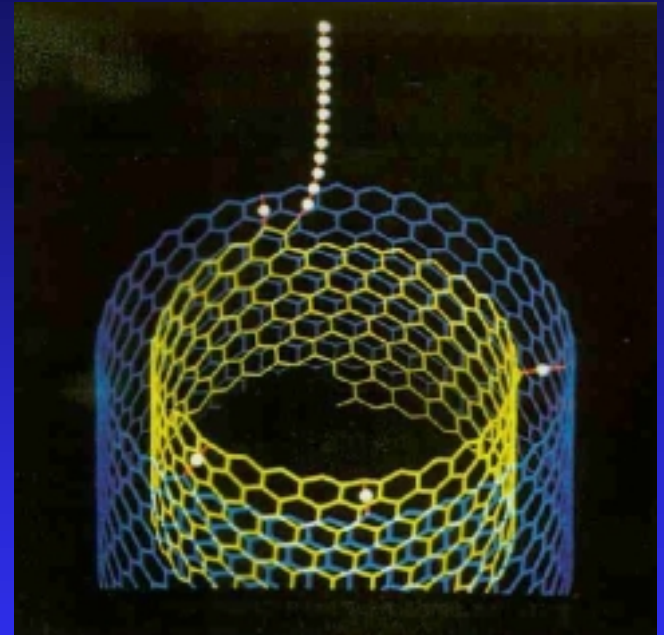
Potenciales aplicaciones en informática.

- Proyecto de la NASA de almacenamiento de datos de alta densidad.
- 10^{15} bytes por cm^2 .
- Usa átomos de Hidrógeno para los “1” y átomos de Fluor para los “0”.
- Una sonda de nitrógeno al final de un tubo de carbón en un microscopio de fuerza atómica.
- Ésta es una descripción muy parecida a la realidad.



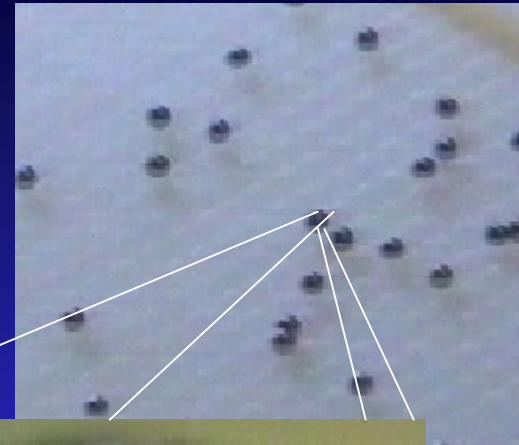
Un láser de materia

- Láser que emite un haz constante de ondas de materia en vez de luz.
- Se empleará para depositar átomos en superficies con una gran precisión, permitiendo la producción de pequeñísimas nanoestructuras
- Posibilitarán la construcción de relojes atómicos muy exactos para navegación y sistemas de comunicaciones.
- Es posible "enfocar" el láser de átomos en un punto de no más de un nanómetro, mil veces más pequeño que el foco de un rayo láser de luz.

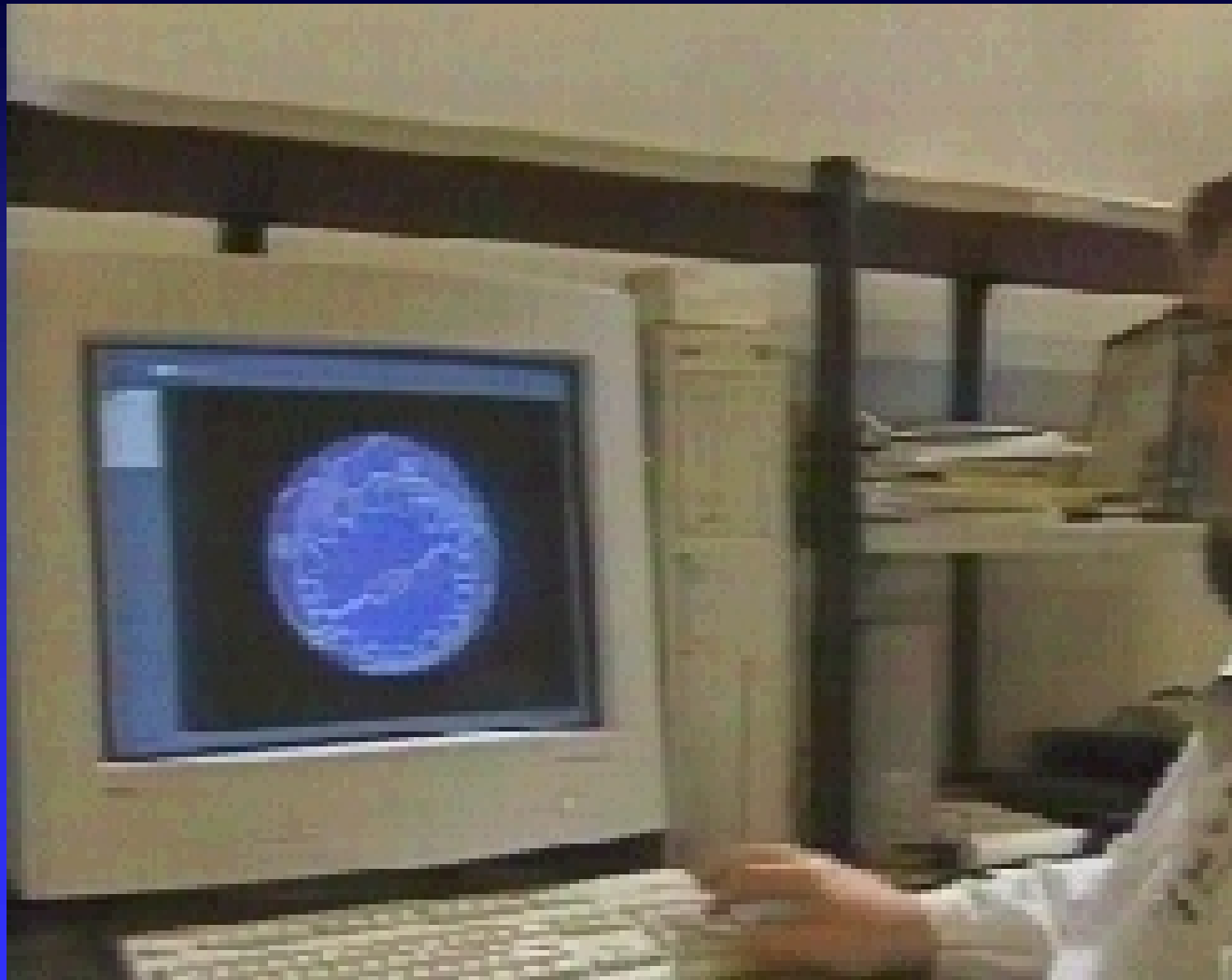


Esferas milagrosas

- Su diámetro va de 2 a 50 nanómetros.
- Pueden absorber sustancias orgánicas e inorgánicas y liberar sus contenidos en función de las necesidades.
- Podrían ser asimismo aplicadas como una película sobre chips de silicio que necesiten un medio que almacene menos calor y tenga una menor constante dieléctrica.
- Su porosidad y fácil adaptación al volumen las hace también útiles para proteger objetos delicados o peligrosos.

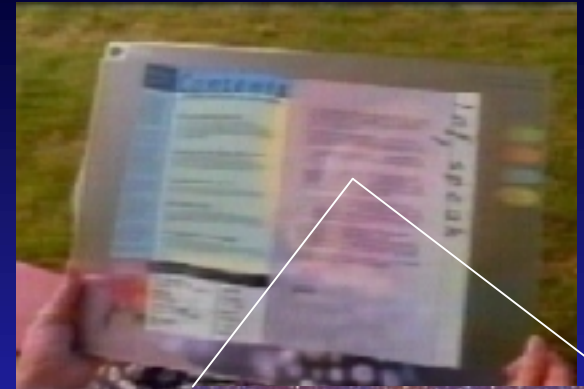


Microchips esféricos:

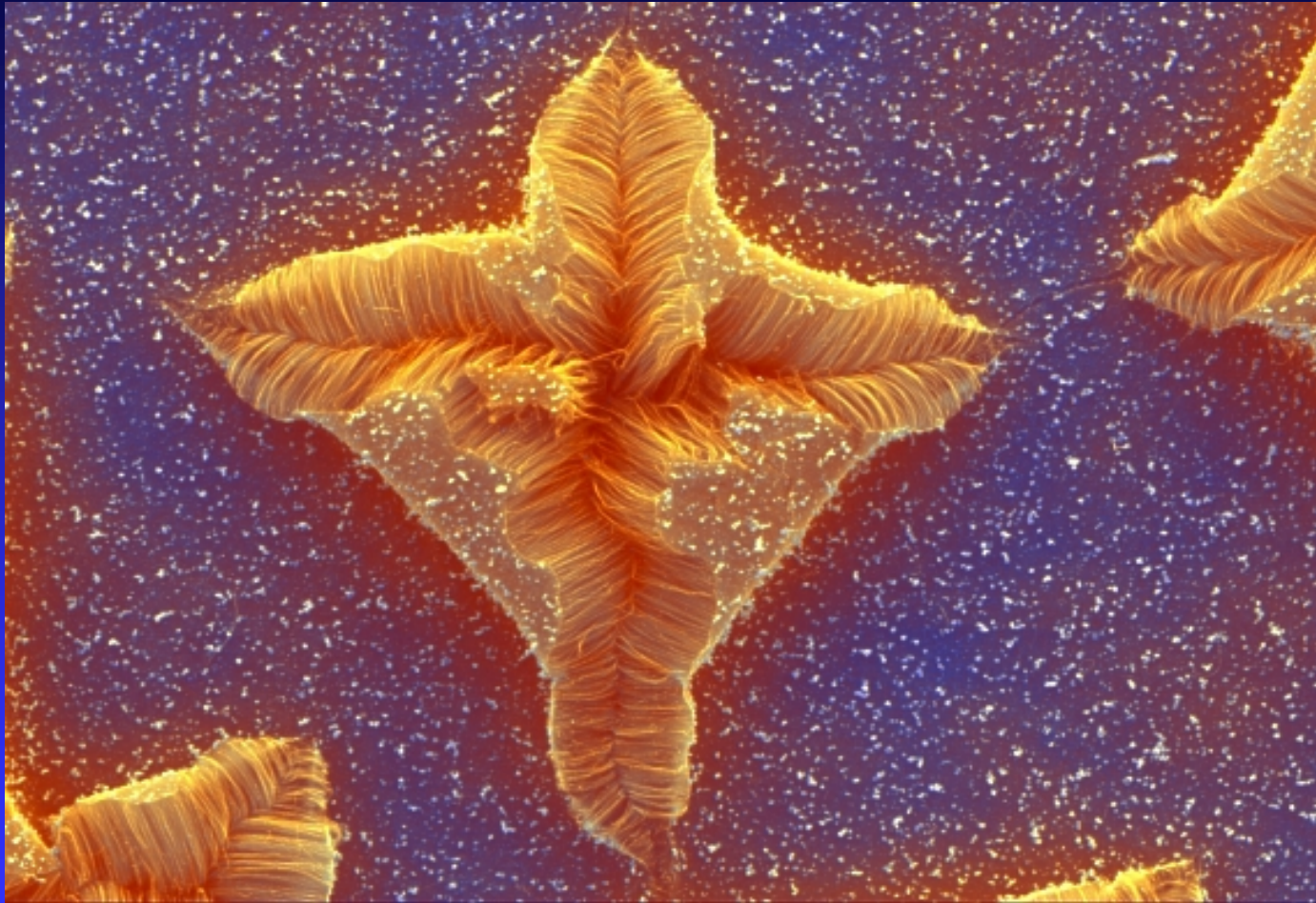


Pantallas flexibles con nanotubos

- Los nanotubos abren las puertas hacia un nuevo tipo de pantallas de televisión y monitores totalmente planos.
- En la pantalla de un televisor funcionan enfocando los electrones sobre una superficie donde reaccionarán con un material fluorescente para producir luz.
- Pantallas serán extraordinariamente planas y delgadas, además de flexibles.



Pantallas flexibles con nanotubos

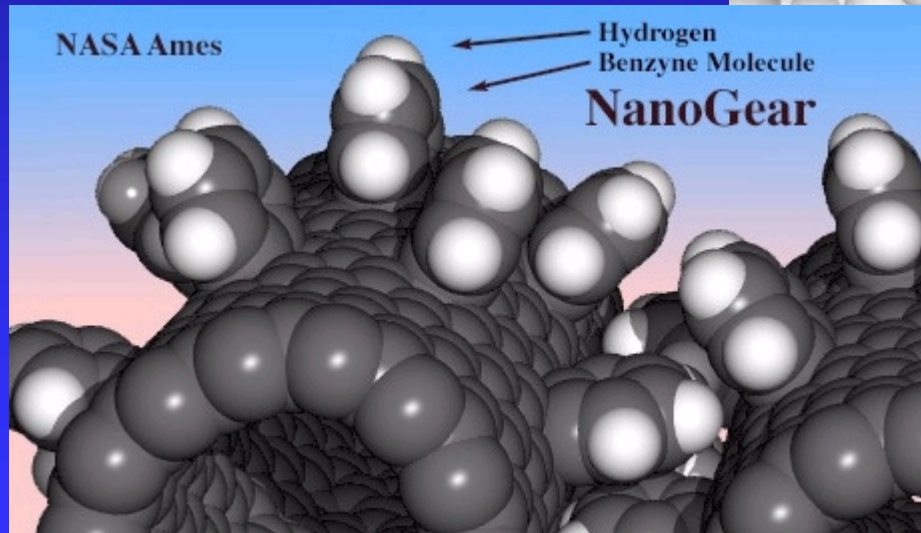
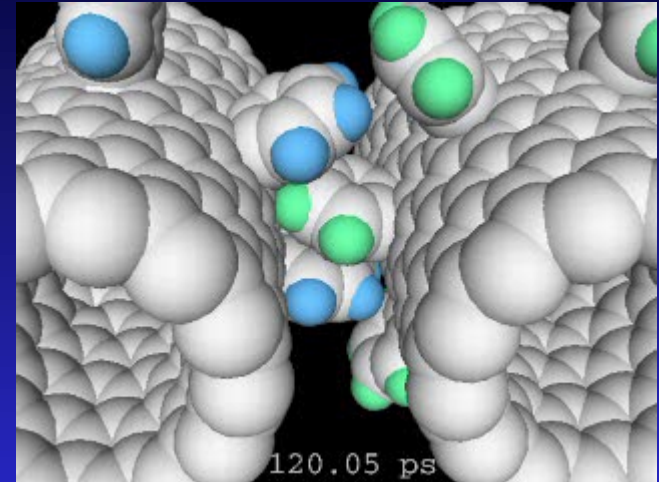


Pantallas flexibles con nanotubos



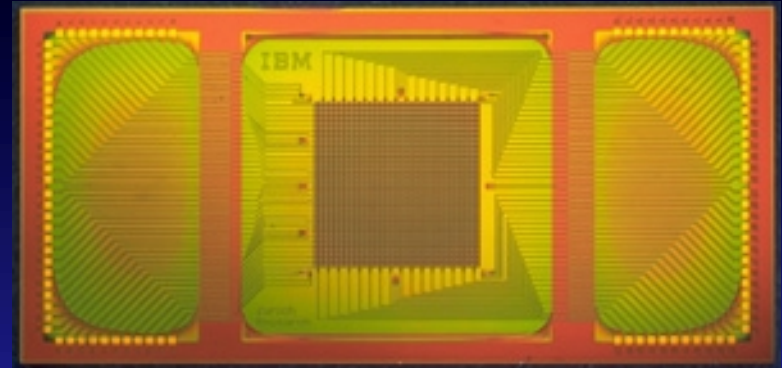
Nanoengranajes

- Se fabrican sobre la base de nanotubos de pared única.
- Las moléculas de bencina pueden "adherirse al nanotubo" constituyendo el nanoengranaje.



Milpiés - IBM

- El día 11 de junio de 2002 lograron almacenar el equivalente a 25 DVDs utilizando un pequeño dispositivo de 3mm x 3mm.

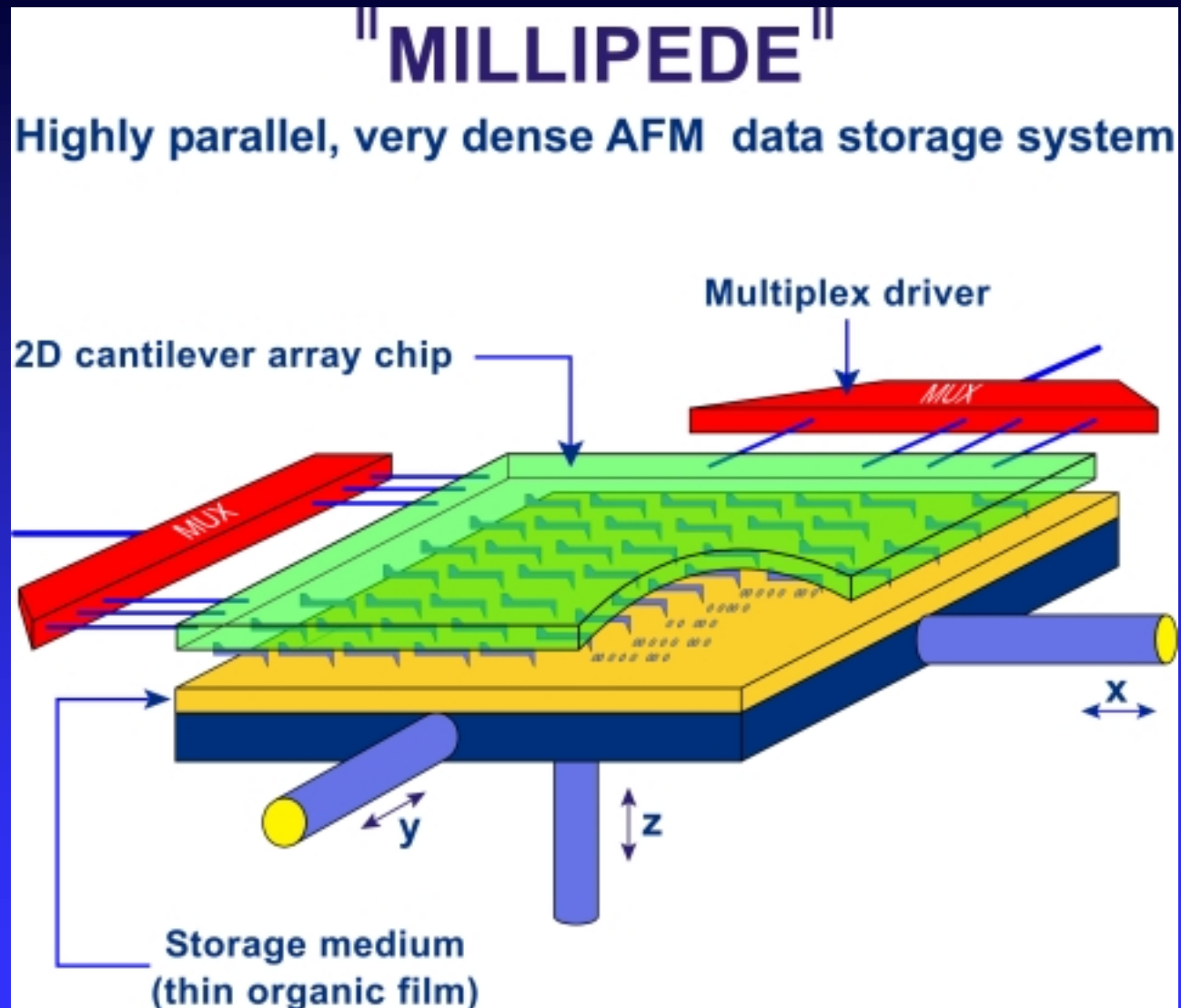


- Usando nanotecnología se puede almacenar datos en un trillón de bits por pulgada, esto es 20 veces más de la densidad de los medios magnéticos existentes en la actualidad. (aprox. 25 millones de páginas de texto en una superficie equivalente a una estampilla).

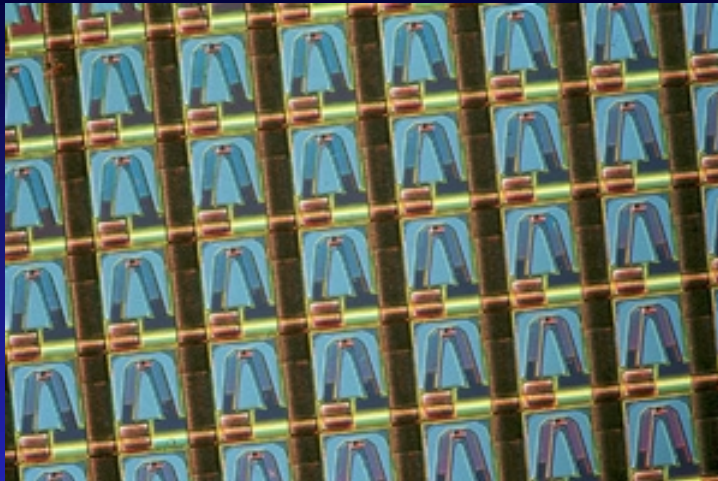
- Estructura similar a la tarjeta de impacto (punch card) desarrollada hace más de 110 años.

- "Mientras las tecnologías de almacenamiento normales se puedan aproximar a sus límites fundamentales, estos aparatos nanomecánicos son potencialmente válidos para incrementar en cientos de veces la densidad de almacenamiento". Premio Nóbel Gerd Binnig.

Milpiés – Concepto.



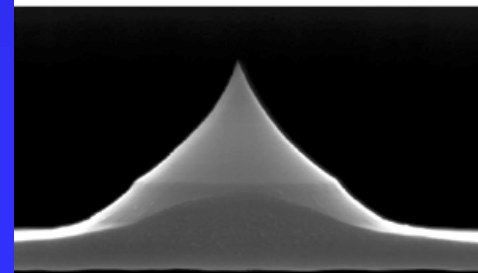
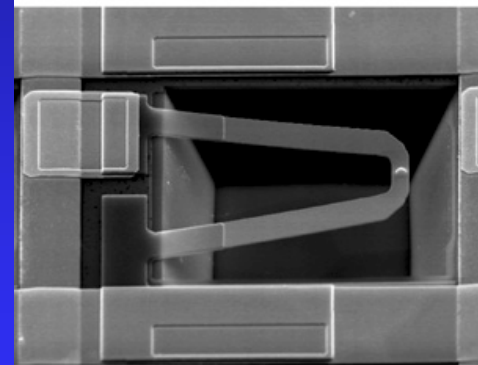
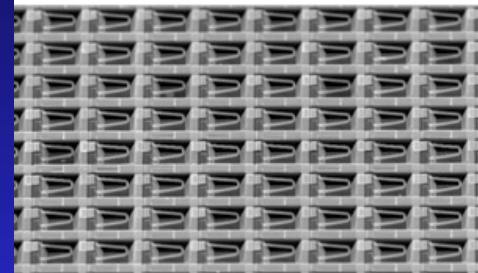
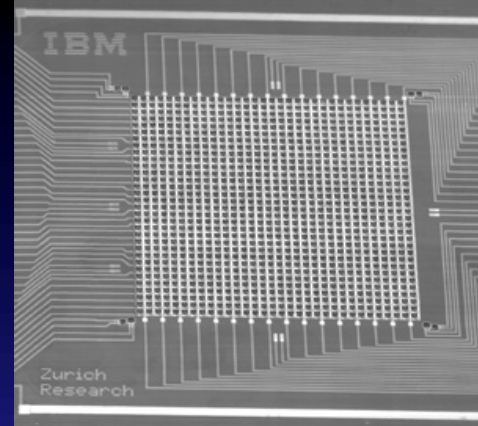
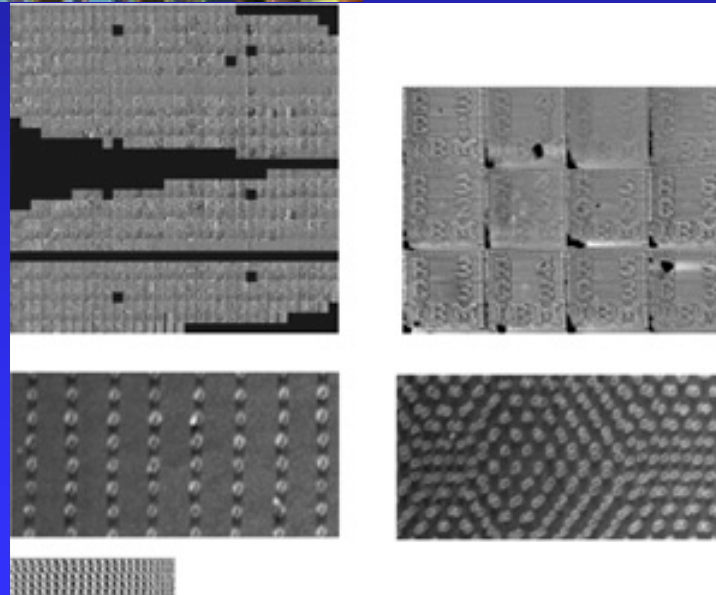
Milpiés – Detalles.



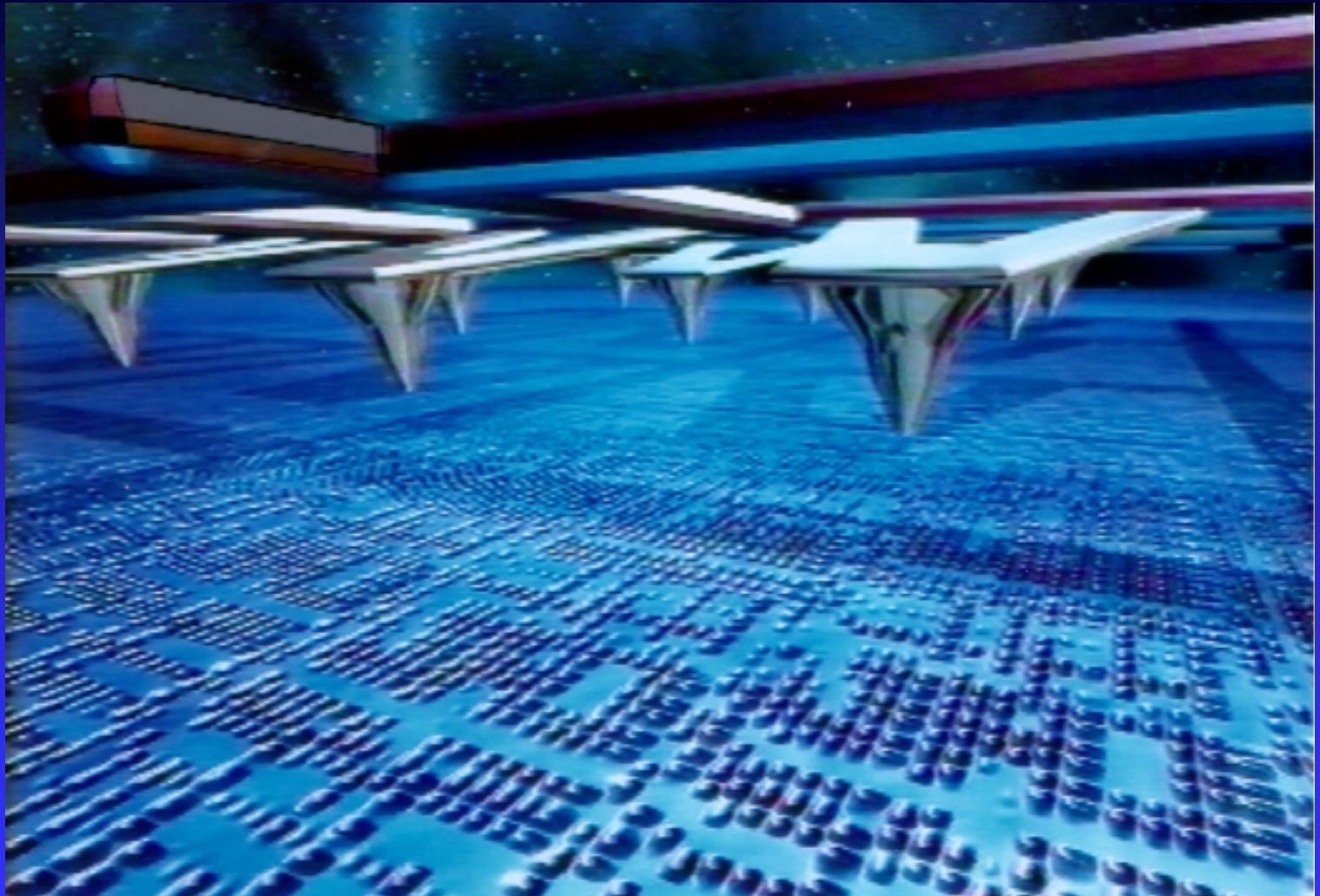
- Un arreglo de 32 x 32 puntas = 1024 puntas = Milpiés.

- Distancia entre puntos:

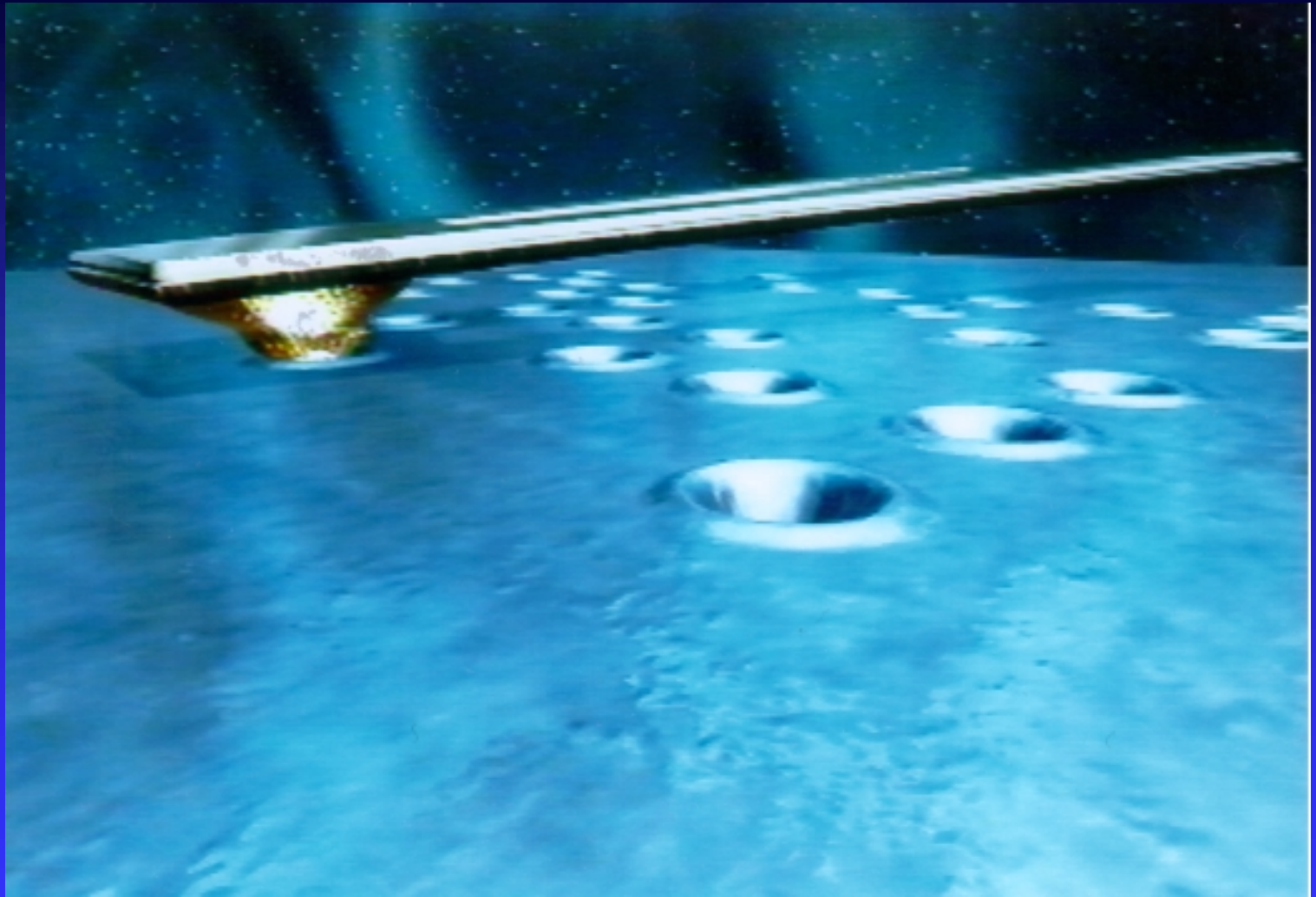
- Izq. 120 nm.
- Der. 60 nm. (400 Gb/pul2)



Milpiés – Lectura.

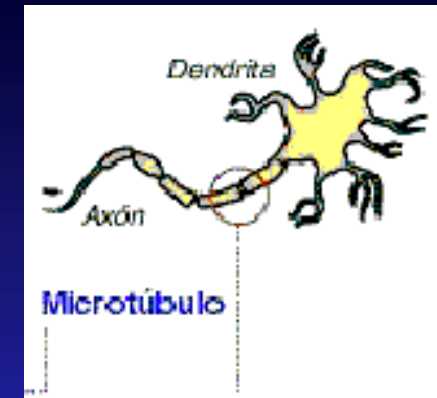
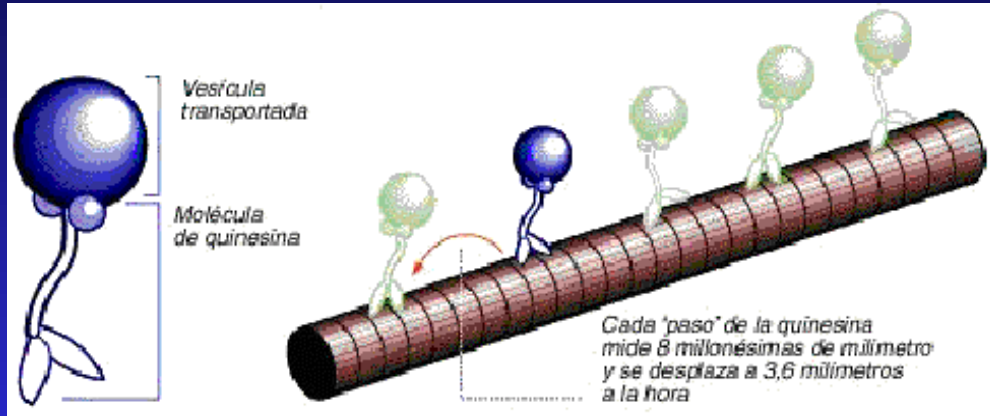


Milpiés – Grabado.

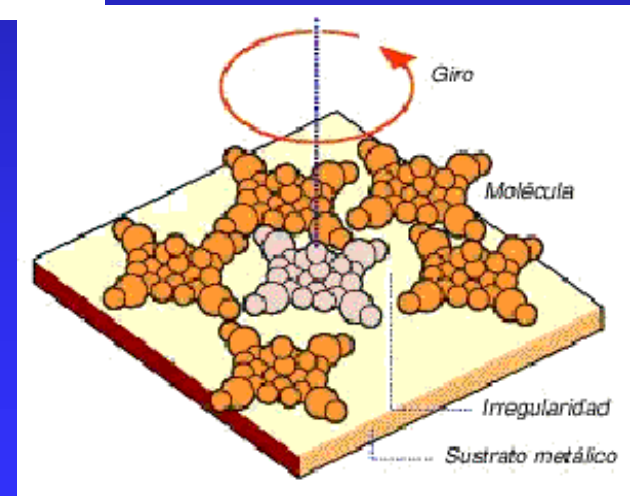


Los nanomotores biológicos

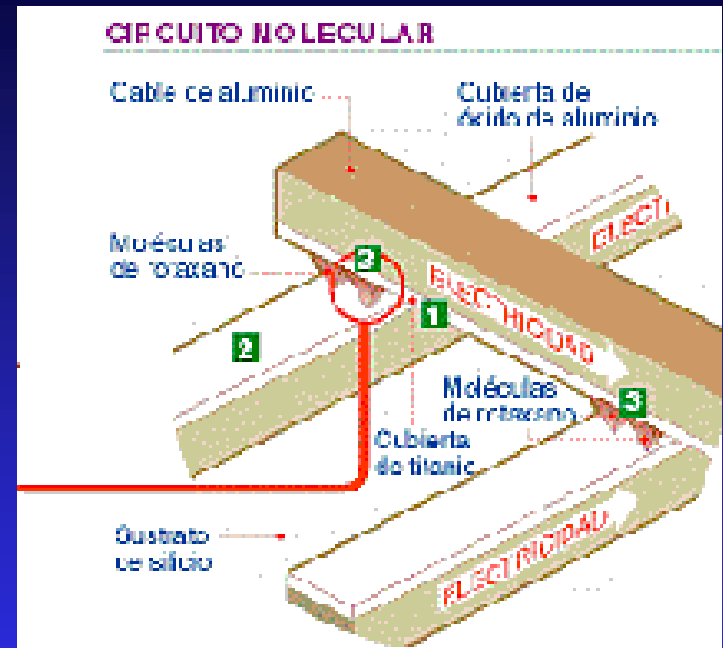
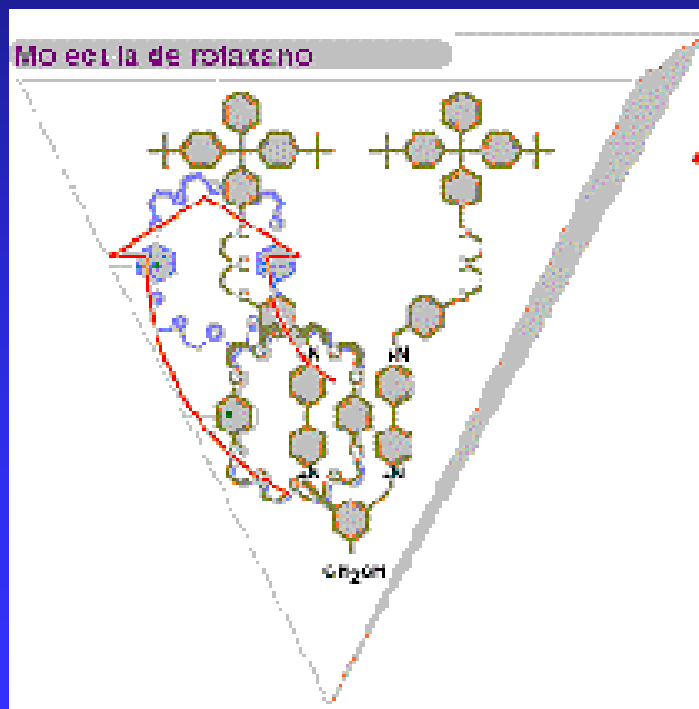
MOTOR BIOLÓGICO NATURAL: LA QUINESINA



MOTOR MOLECULAR SINTÉTICO



El chip molecular



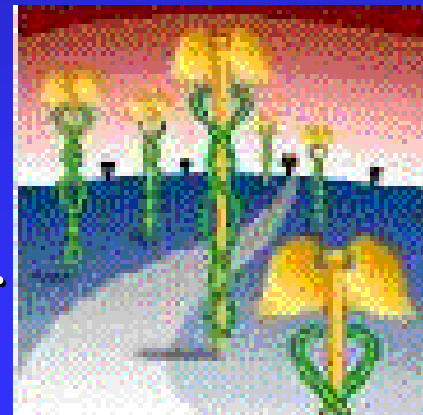
Posee la propiedad de conductor eléctrico ó de aislante según una diferencia de tensión.

El chip molecular



Potenciales aplicaciones médicas

- Máquinas moleculares y computadoras de tamaño subcelular.
- Servir como un sistema autoinmune potenciado.
- Buscar y destruir virus, colesterol, excesos de grasa, células cancerígenas y marcadores genéticos.
- Eliminar la necesidad de cirugía.
- Borrar los procesos de envejecimiento.



Potenciales aplicaciones militares no compartidas.



- Dispositivos inteligentes demasiado pequeños para ser descubiertos.
- Armas biológicas/químicas computarizadas.
- Armas suficientemente “inteligentes” para matar sólo a los soldados y no a personas inocentes.
- Escudos de defensa activos.

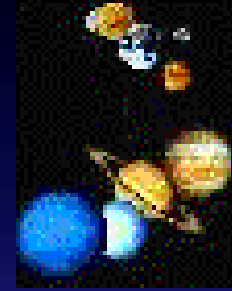


Potenciales aplicaciones energéticas.



- Usamos aproximadamente una diezmilésima parte de la energía solar que llega a la Tierra.
- Usamos combustibles fósiles porque es más conveniente... Pero con la nanotecnología...
- Colectores solares (en órbita alrededor de la Tierra) reemplazarán a los combustibles fósiles.
- Distribución de energía a través de “canales” de energía.

Potenciales aplicaciones espaciales.



- Bases de lanzamiento de gran altitud (baja gravedad).
- Vehículos y estaciones espaciales livianas y superresistentes.



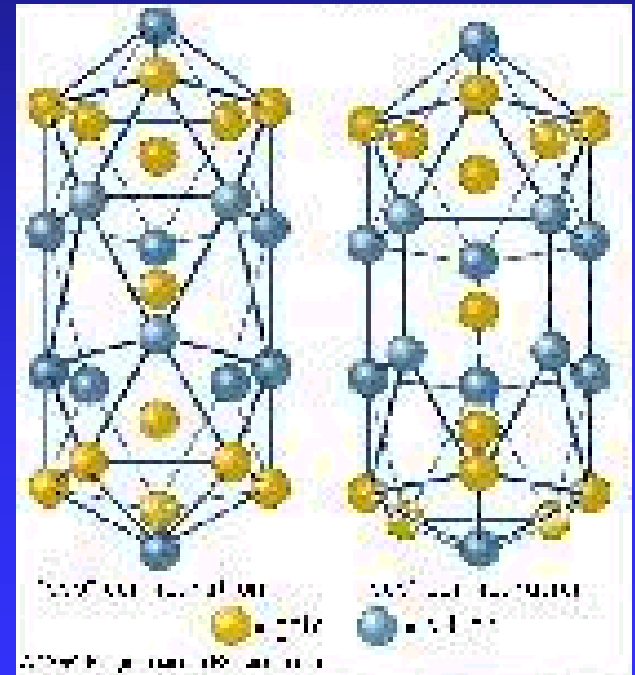
Naves con velas propulsoras posibilitarán los viajes interestelares (probablemente no para individuos pero sí para generaciones).

Potenciales aplicaciones espaciales



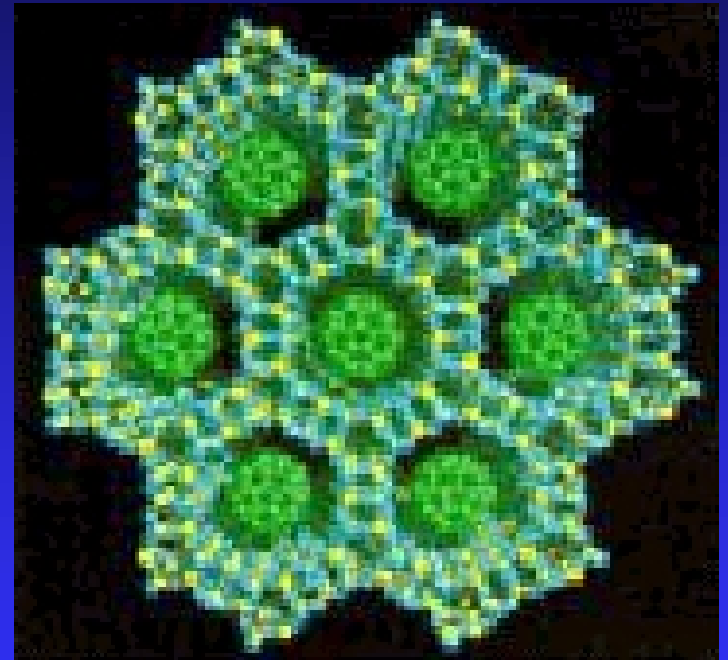
Potenciales aplicaciones ambientales.

- Dietas “normales” sin matar animales.
- Todas las máquinas podrían ser “libres de contaminación ambiental”.
- Materiales con estructura de diamante permitirán reemplazar a los actuales materiales.
- Nanomáquinas que obtengan su energía de la contaminación ambiental (hasta la polución es buena!).



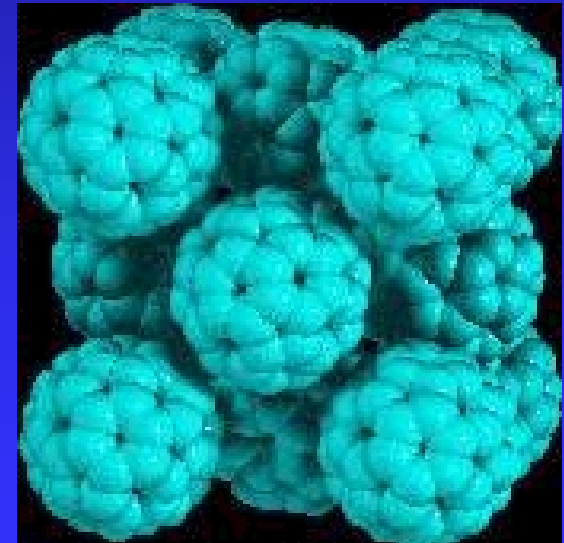
Actuales desarrollos en Nanotecnología.

- NSF.
- Universidades.
- NASA AMES.
- MITRE.
- Gobierno Japonés.
- Desarrollos Privados.



Importante.

- ¿Recuerdas la parte “entonces finalice” del programa?.
- Si tú no paras puedes llegar a ser una esfera azul también.

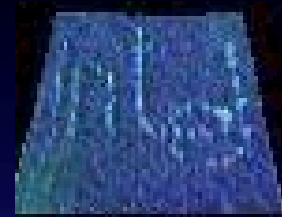
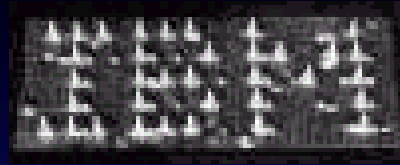


Otras consideraciones.

- Amenaza de nanoterrorismo.
- Necesidad de preparación para enormes cambios sociales.
- (¿Rápida?) reestructuración de todas las economías y estructuras capitales.

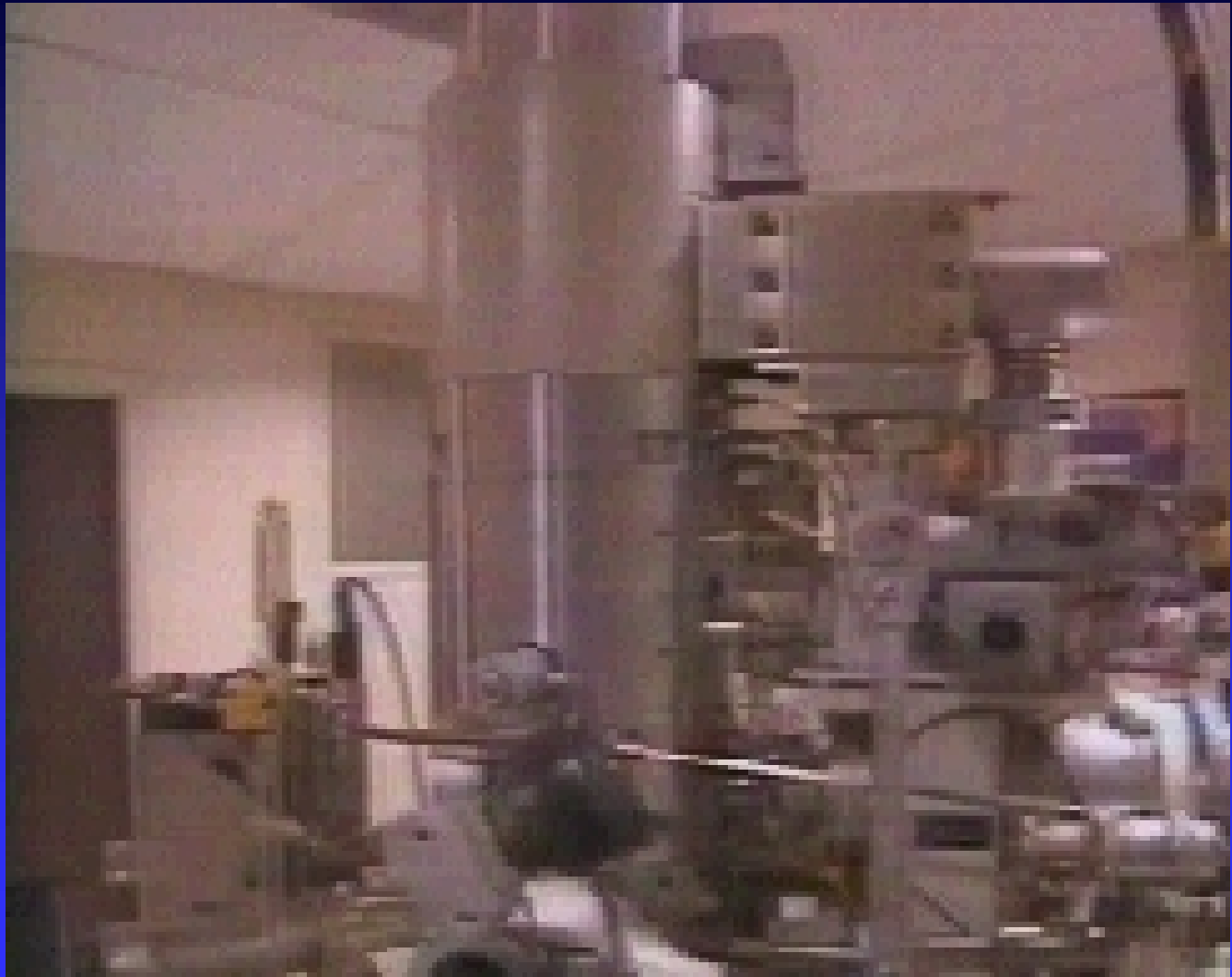


Conclusiones:



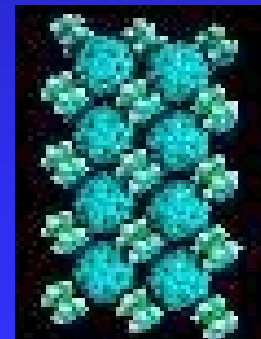
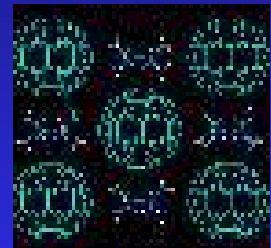
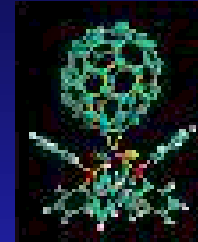
- La producción clásica de computadoras y de robótica actual están condenadas a desaparecer.
- ¿Será el fin del trabajo?.
- Un enfoque totalmente distinto.
- No debe desarrollarse tecnología salvaje, que se produzca a sí misma, sino que debe hacerse de manera sumamente controlada y cuidadosa.
- ¿Pretendemos jugar a ser Dios?...

Conclusiones:



Para más información:

- Engines of creation – Drexler K.E. (1986) New York: Doubleday.
- Unbounding the Future – Drexler K.E. (1991) New York: William Morrow Press.
- Nanosystems - Drexler K.E. (1991) New York: Wiley & Sons.
- Nanotechnology Research and Perspectives – Crandall (1992) Cambridge: M.I.T. Press.



Trabajo Realizado por:

- Pablo Alguacil.
- Santiago Pistone.

EN INTERNET:

- Ud. puede encontrar el trabajo completo en las siguientes direcciones:

- <http://nanotecnologia.pagina.de>

- <http://nanoelectronica.pagina.de>

- <http://www.spistone.com.ar>

- <http://www.geocities.com/sgoep>