

Internet Electronic Journal
Nanociencia et Moletrónica
Octubre 2003, Vol. 1; N°1, (2003)

NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA
La nueva revolución científico-tecnológica

Alfred F.K. Zehe
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Ciencias de la Electrónica

<http://www.revista-nanociencia.ece.buap.mx>

NANOTRON²⁰⁰³ 10-12 Noviembre 2003

NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA

La nueva revolución científico-tecnológica



Alfred F.K. Zehe

Benemérita

Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Electrónica

LA REVOLUCIÓN, que catapultó la FÍSICA CLÁSICA A LA FÍSICA MODERNA

14. 12. 1900 **MAX PLANCK**

Reunión de la Deutsche Physikalische Gesellschaft

$$h = 6.6256 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2$$

Nace la Mecánica Cuántica

$$H\psi = E\psi$$

Ecuación de Schrödinger

$$|\psi\rangle = a|\psi_1\rangle + b|\psi_2\rangle$$

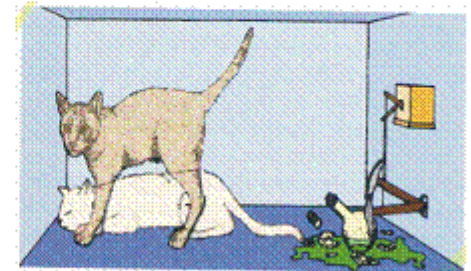
Superposición

$$\Delta X \cdot \Delta q \geq h/4\pi$$

Relación de Incertidumbre

$$P = |\psi\psi^*|$$

Probabilidad



El Gato de Schrödinger

LA REVOLUCIÓN MICROELECTRÓNICA

catapultó la humanidad a una nueva

SOCIEDAD DE INFORMACIÓN

1926 - Lilienfeld registra la Patente del FET en el Deutsches Patentamt

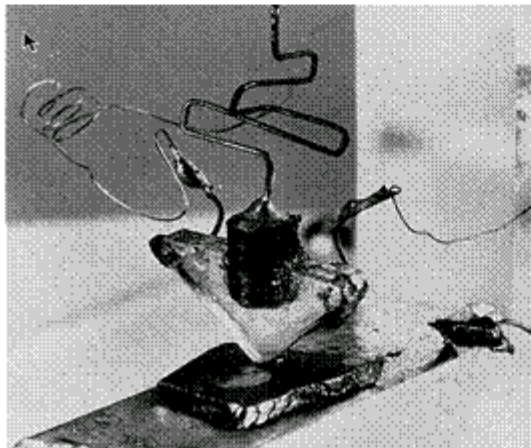
1936 - Karad Zuse construye la primera computadora (Z1)

1948 - Bardeen, Brattain and Shockley realizan el primer transistor bipolar

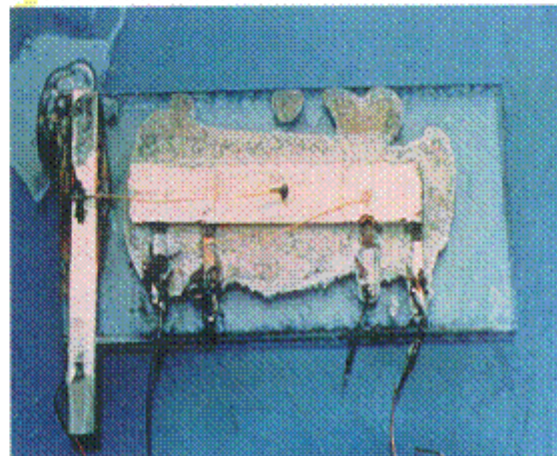
1958 J.S. KILBY; R. NOYCE

registran patentes de la Tecnología Planar, que abren la puerta para la integración microelectrónica

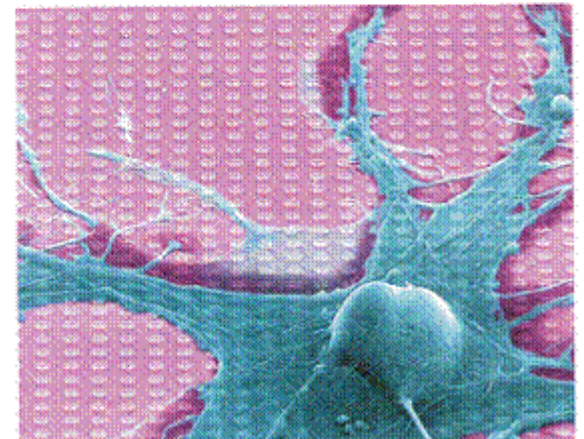
El primer transistor

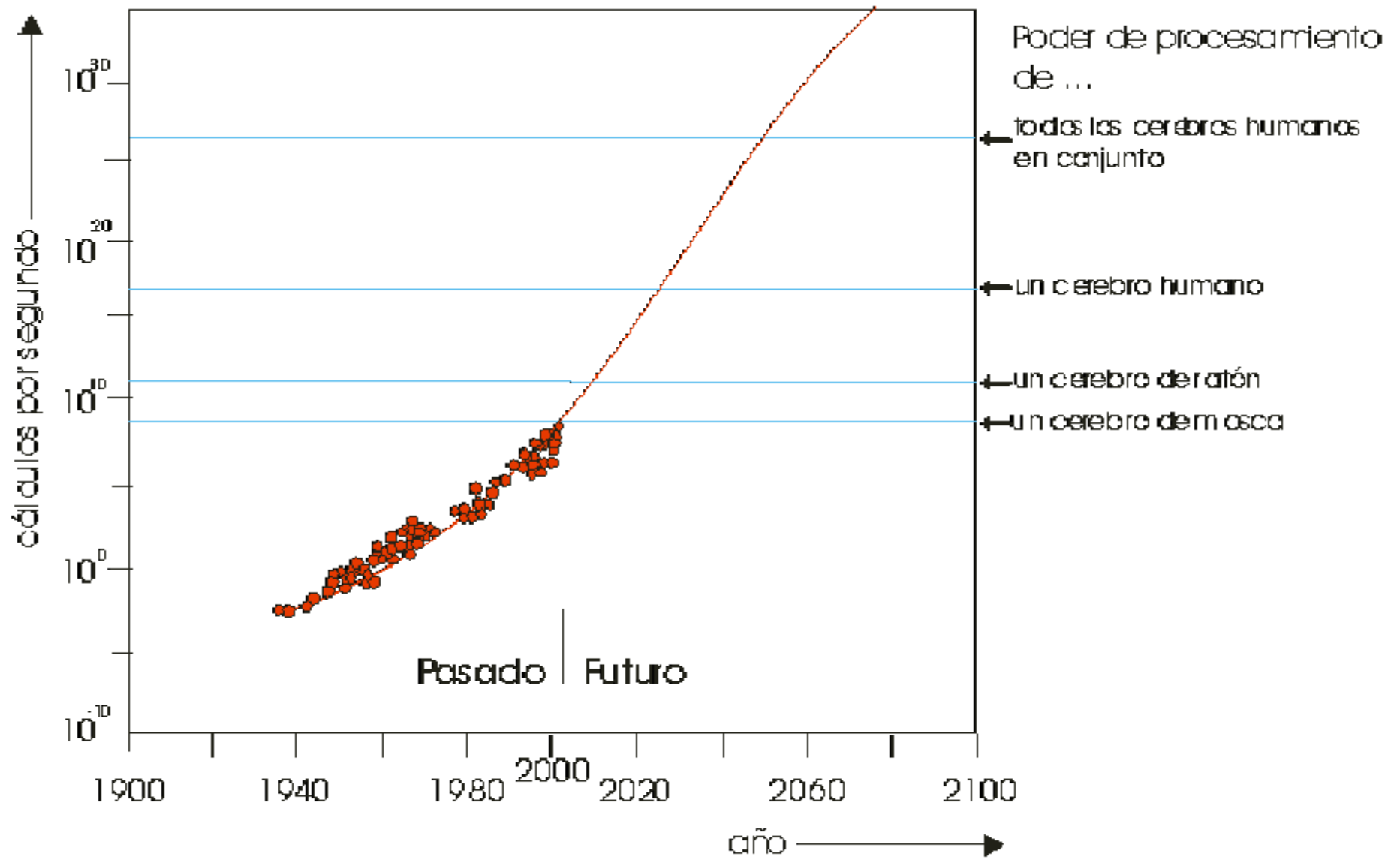


El primer circuito integrado

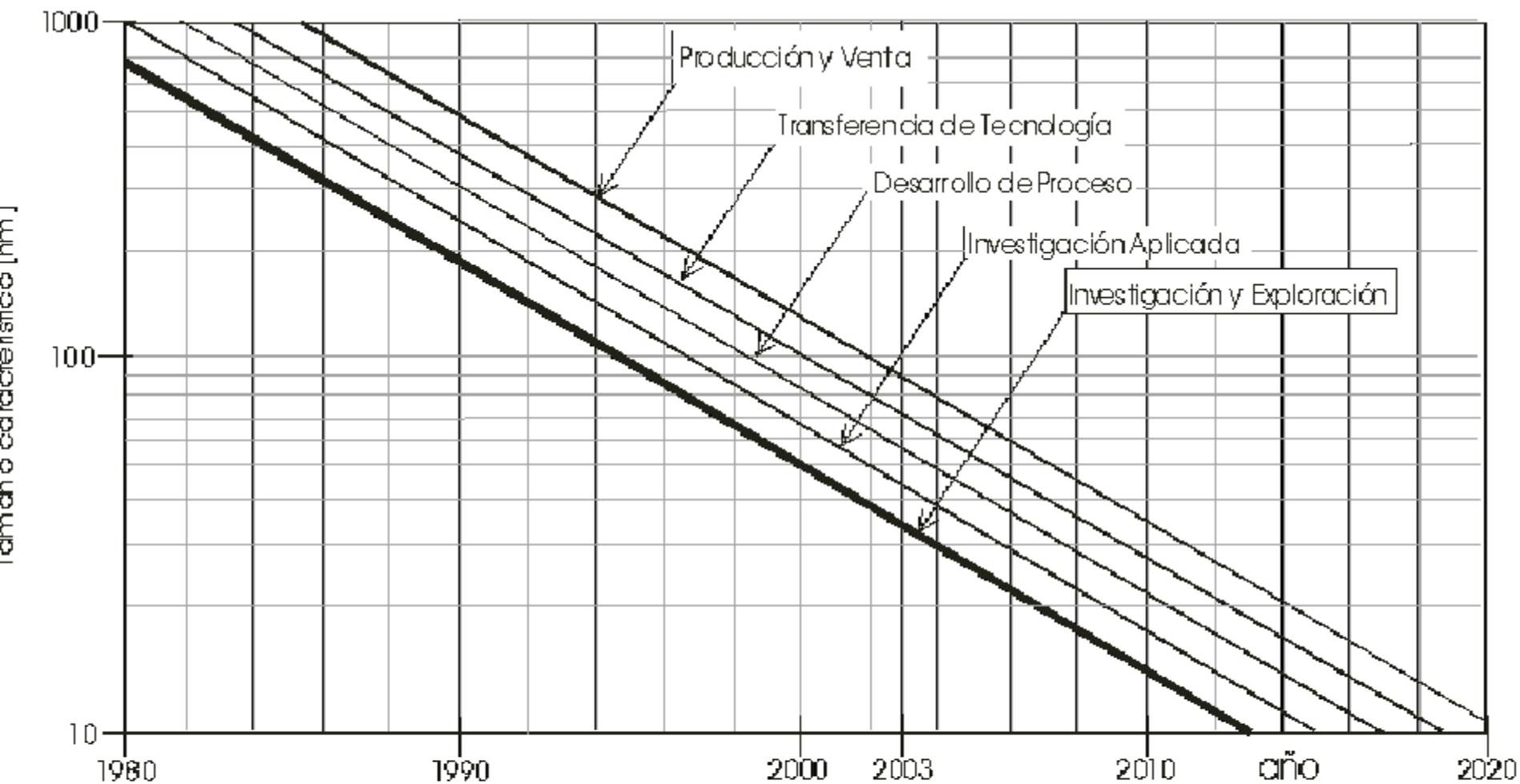


Oblea de Si con alta integración de circuitos

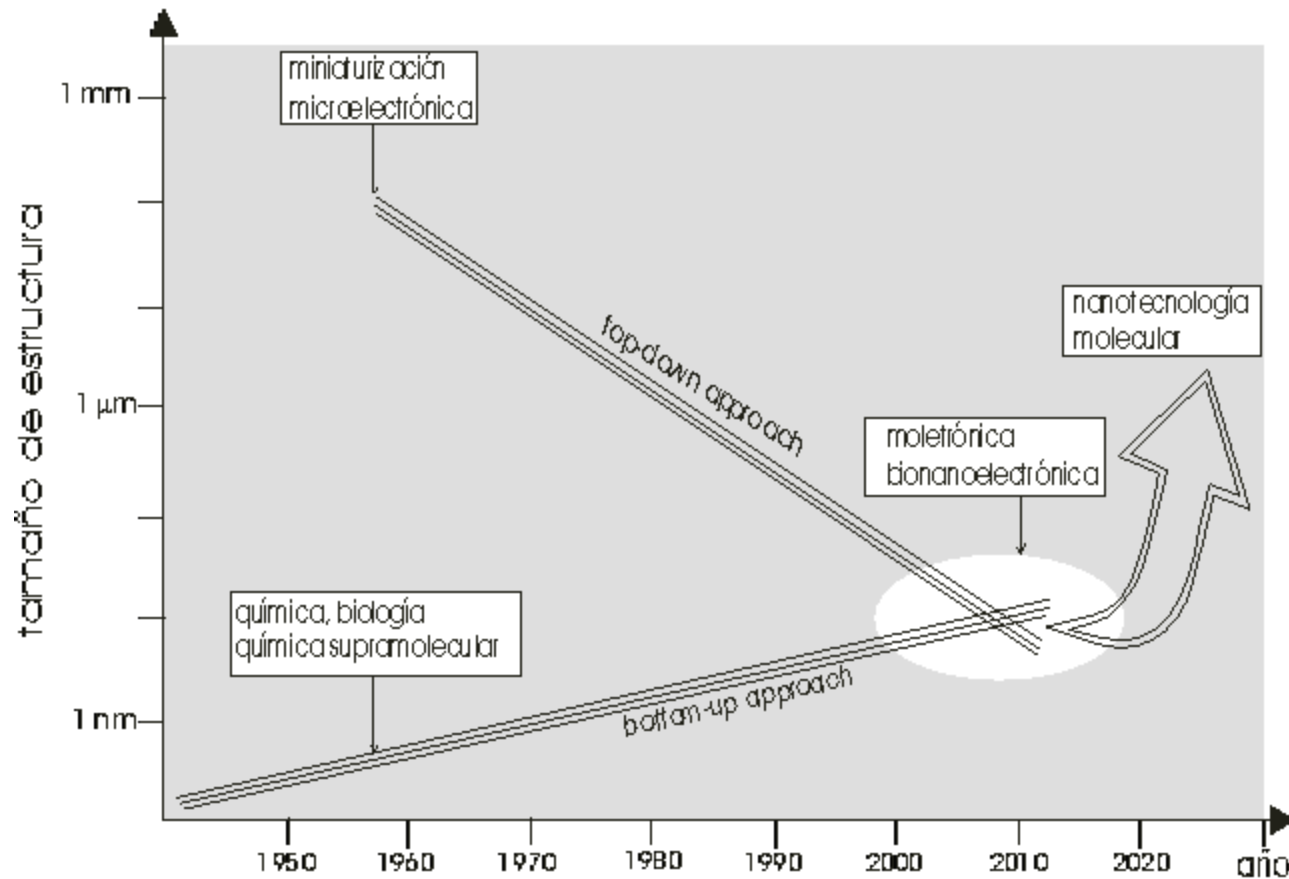




Avance exponencial en velocidad de cálculos, que una computadora personal (PC) tendrá en años venideros



El avance de la tecnología microelectrónica en base a Silicio ha sido estrictamente exponencial. Llegando a límites físicos y económicos, las dificultades para un progreso dentro del mismo concepto crecen también en forma exponencial

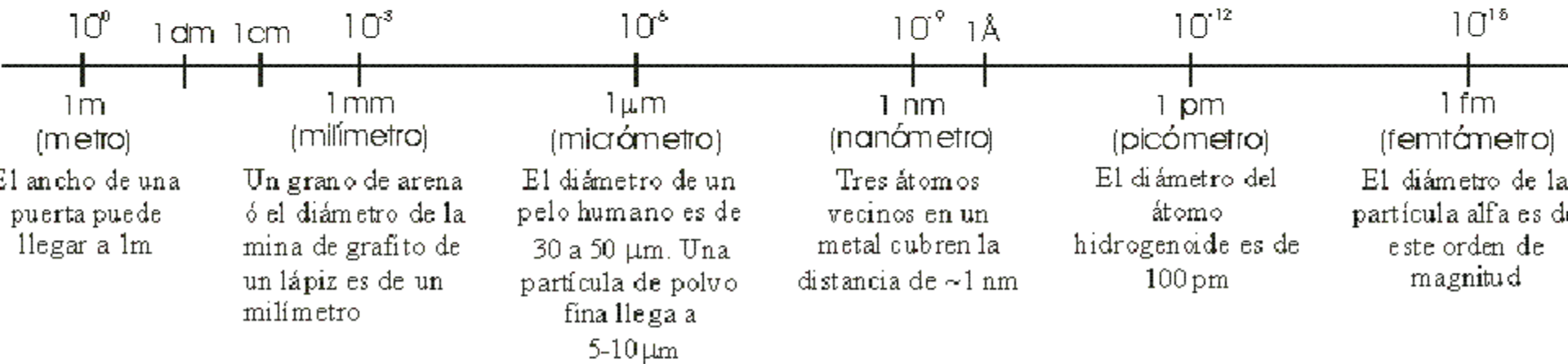


Las tecnologías, que implican dimensiones geométricas mayores y tendencias de desarrollo hacia lo pequeño, se llaman *'top down'*.

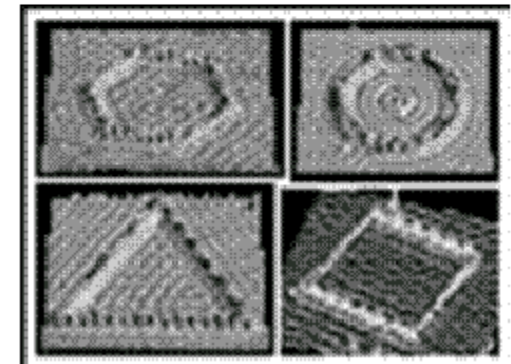
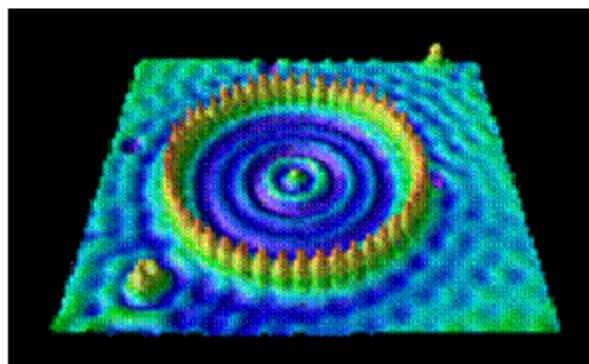
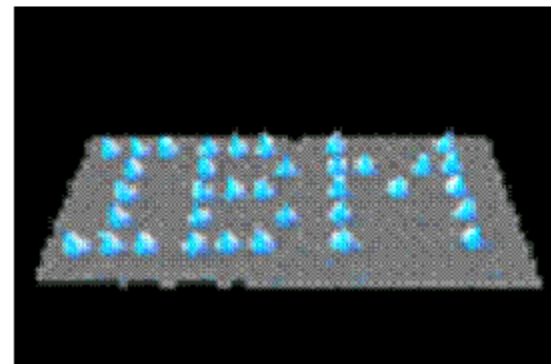
Las tecnologías, que ensamblan estructuras pequeñas para hacer estructuras mayores (supramoléculas, nanorobots) se llaman *'bottom up'*. La tecnología *'bottom up'* en la electrónica lleva el nombre de MOLETRÓNICA

La tecnología de microelectrónica en base a Silicio ha sido desde el inicio una tecnología *'top down'*. La nanotecnología a nivel molecular, y la picotecnología a nivel atómico representan tecnologías *'bottom up'*

¿Qué es Nanotecnología?



El característico de la Nanotecnología es la manipulación de átomos o moléculas **individualmente**, su autoorganización y autoensamble en estructuras mayores.



INSTRUMENTOS, TECNOLOGÍAS Y TÉCNICAS EN LAS NANOCIENCIAS E INGENIERÍA MOLECULAR

- **Manipulación de átomos y moléculas individualmente y observación de su posicionamiento**
 - **STM**
 - **AFM**
 - **Trampa óptica**

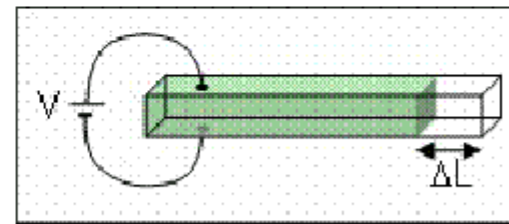
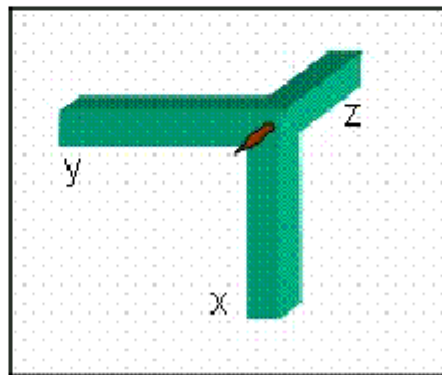
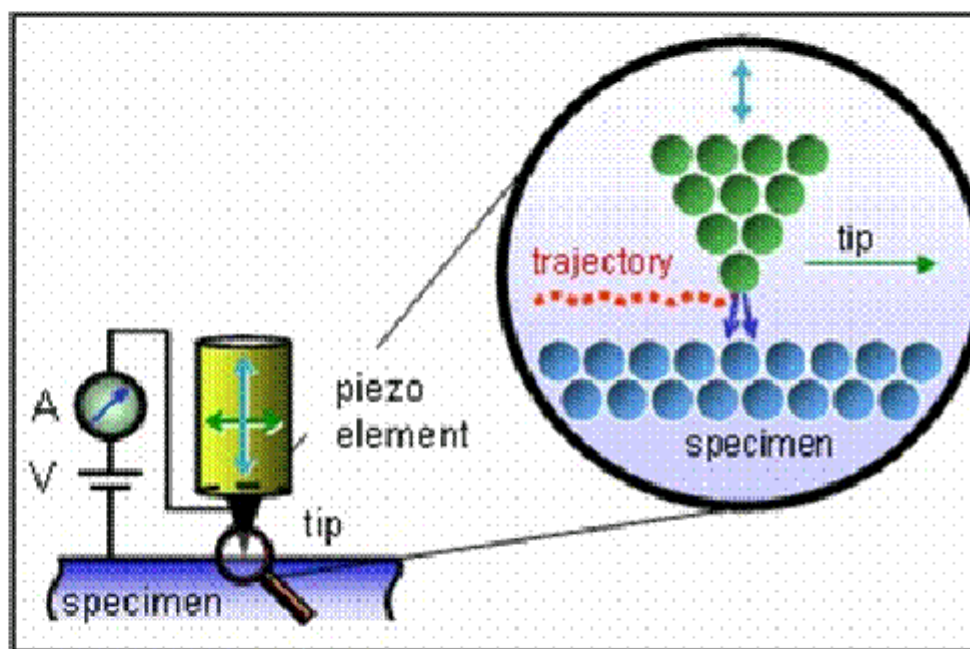
- **Auto-ensamble de estructuras moleculares y conglomerados**
 - **Técnica LANGMUIR-BLODGETT**
 - **PVD (MBE)**
 - **Plantillas de ADN**
 - **Efecto Lotus**

- **Manipulación de poblaciones de partículas con propiedades distintas**
 - **Dielectroforesis**
 - **FFF (field flow fractionation)**
 - **Electro-Rotación**

- **Estructuras laterales**
 - **Litografía por haz de electrones**
 - **Litografía por haz de iones**
 - **Litografía por haz de átomos neutrales**
 - **Litografía uv con ataque químico y por ataque seco (plasma de iones)**

EL MICROSCOPIO DE TUNELAMIENTO POR BARRIDO (Scanning Tunneling Microscope – STM)

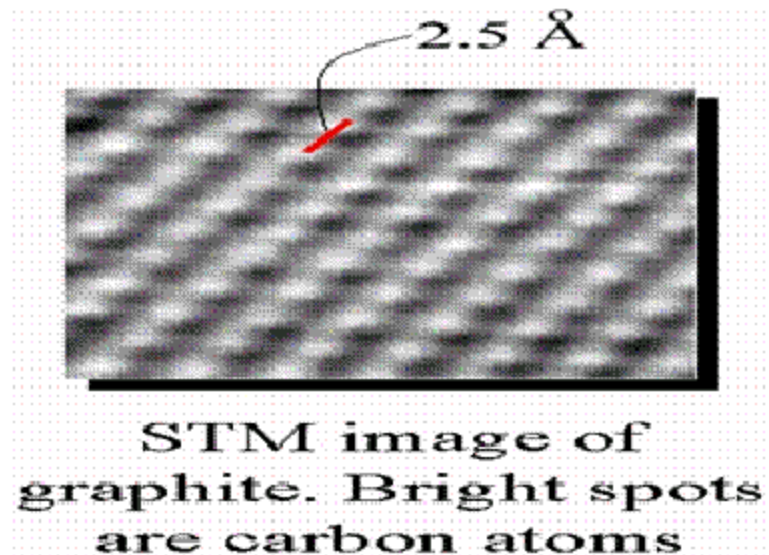
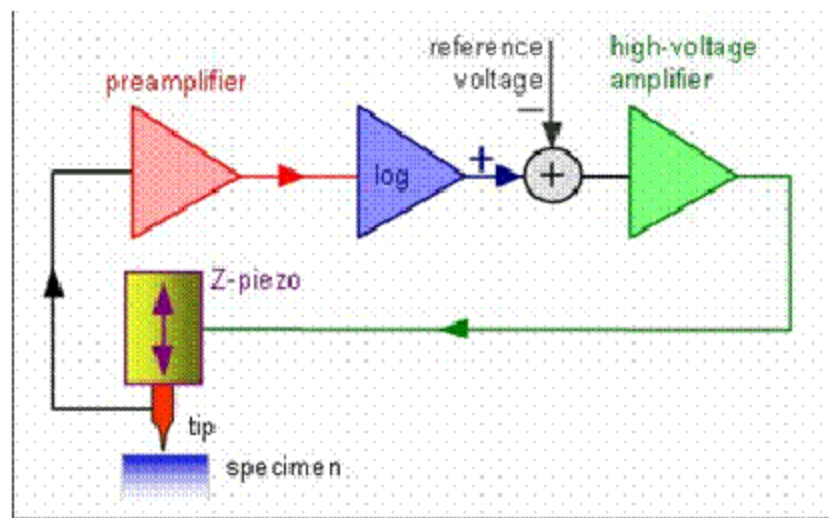
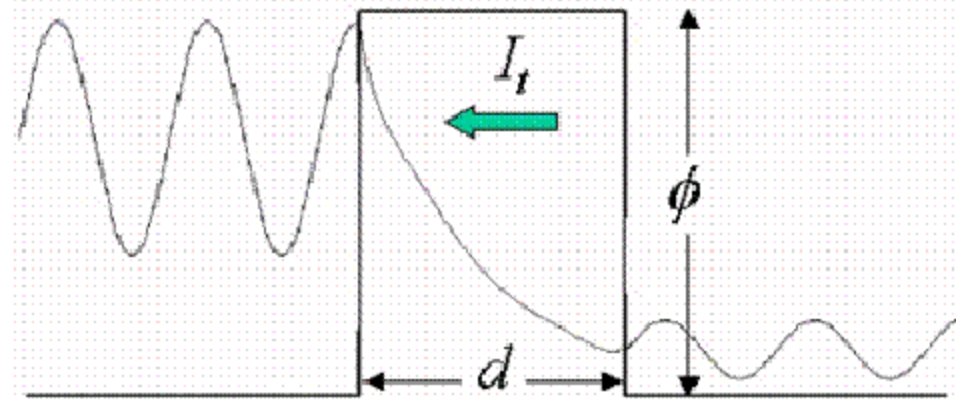
Puede determinar la posición de átomos individuales en la superficie de un material conductor. Una punta conductiva muy fina se mantiene en una distancia de 10...20 Å arriba de la superficie utilizando un transductor piezoeléctrico. Un voltaje entre muestra y punta genera un campo eléctrico y causa el traslape entre las nubes de electrones → corriente de tunelamiento



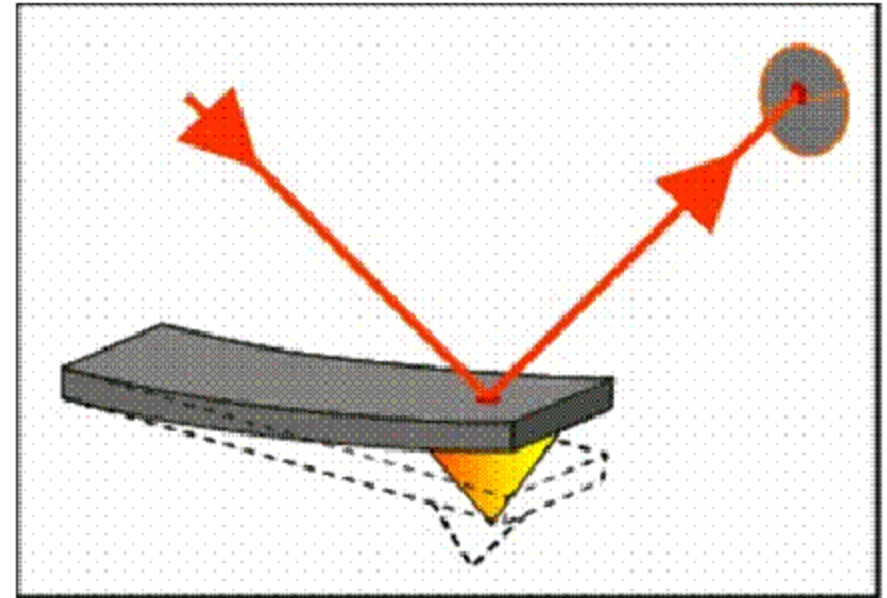
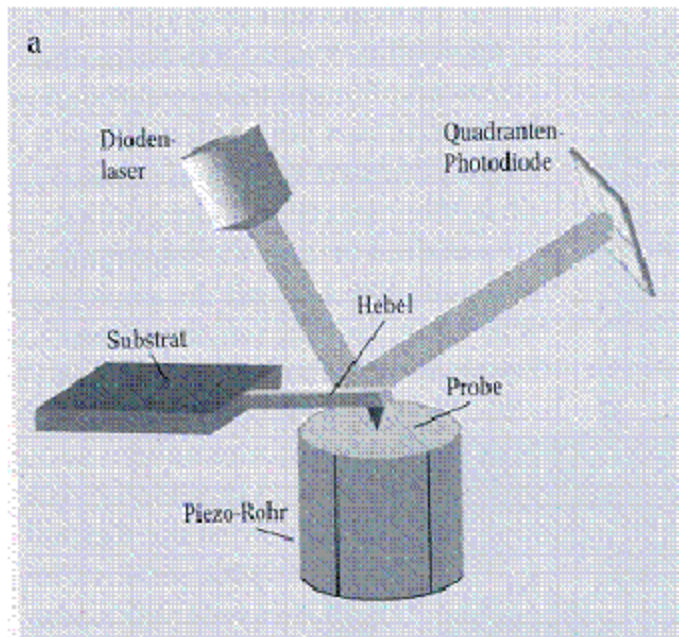
MICROSCOPIO DE TUNELAMIENTO POR BARRIDO (STM)

Su principio físico

El STM aplica el fenómeno de tunelamiento cuántico entre una punta fina metálica y la superficie 'plana' de la muestra, separados por $d \approx 5 \text{ \AA}$ ($=0.5 \text{ nm}$). La corriente de tunelamiento I (típicamente 1 nA) depende sensiblemente de la distancia d : $I \sim \exp(-kd)$; (k -constante de material)



EL MICROSCOPIO DE FUERZA ATÓMICA (AFM)

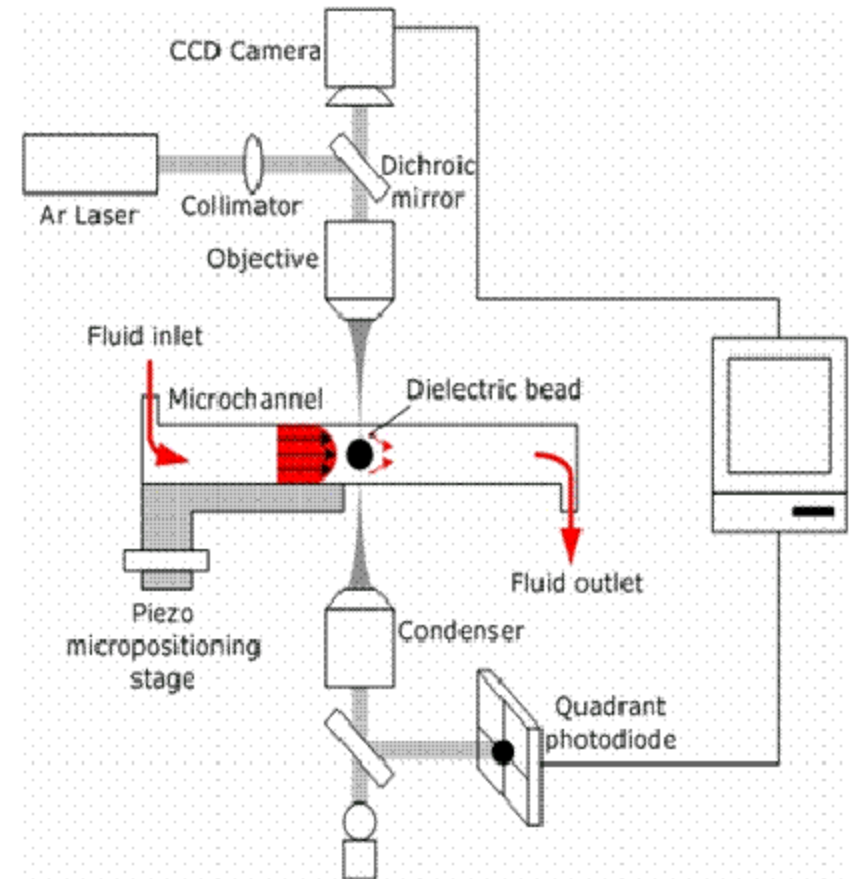
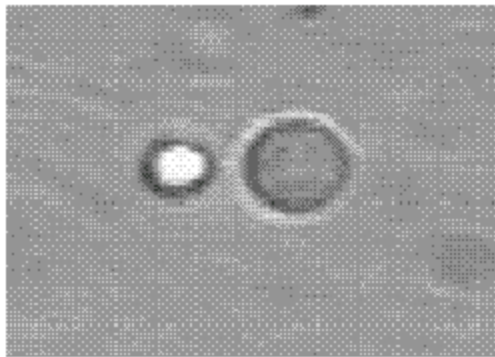
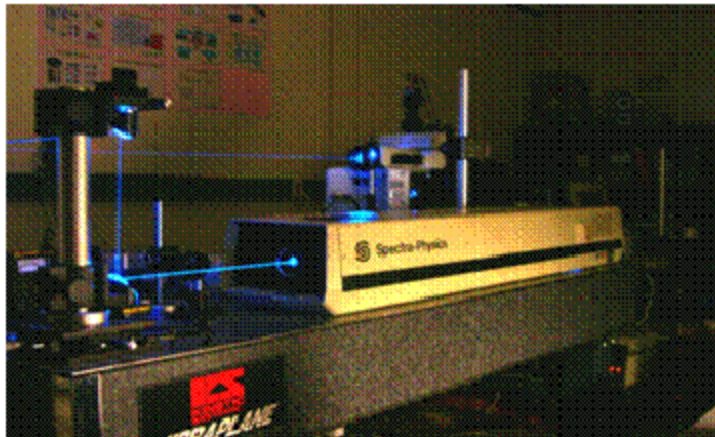


La palanca (Hebel) del AFM es de 50...200 μm de largo (ataque químico a un sustrato). Su espesor es de 500 nm a 1 μm . La Piezocerámica permite el posicionamiento de la muestra (Probe). El movimiento de la palanca debido a una interacción Van der Waals entre los átomos de la superficie y un átomo de la punta en la palanca se mide por la reflexión de la luz de un Laser (diodo) detectado en un fotodiodo.

LA TRAMPA (PINZA) ÓPTICA ('LASER TWEEZER')

para agarrar y maniobrar células biológicas ó macromoléculas

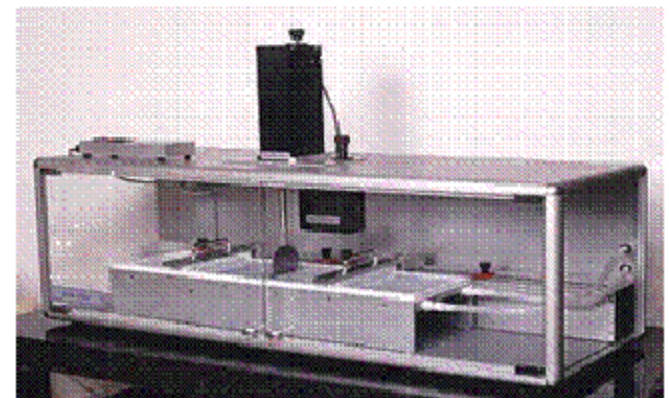
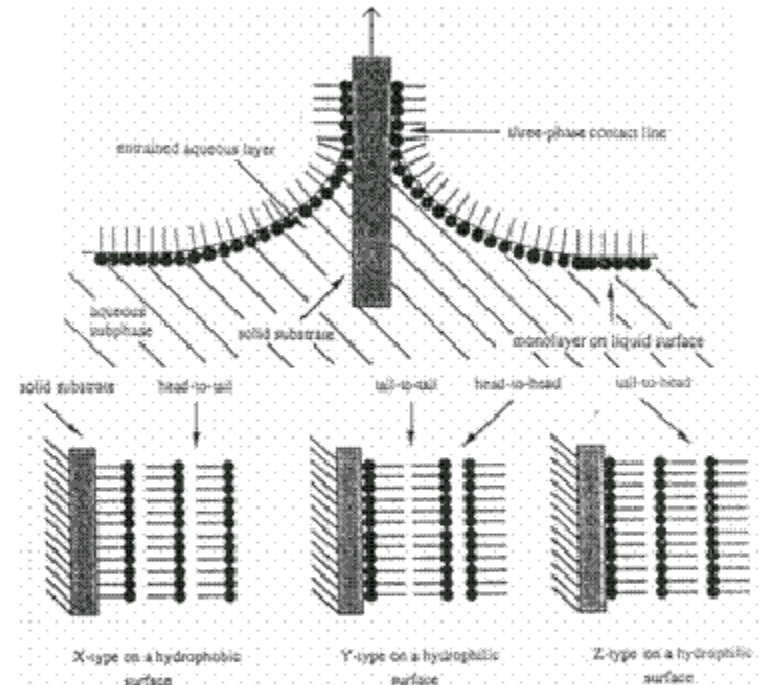
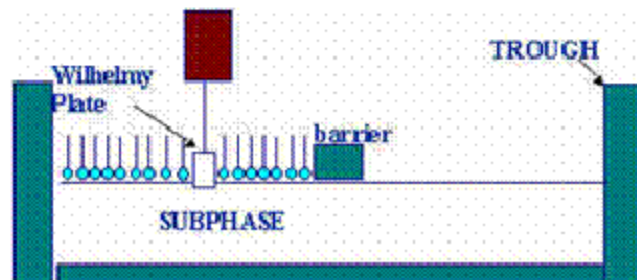
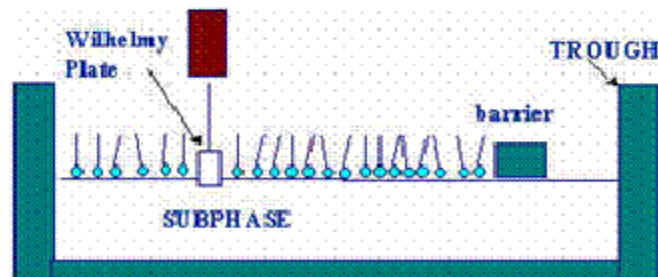
A. Ashkin, Optics Letters 11, 288 (1986)



La fuerza dipolar entre una sonda (muestra) dieléctrica y el campo electromagnético de radiación fijan en el foco de un haz de Laser una esferita con diámetro de unos nm... μm . Su posición con precisión mejor que 1 nm se determina a través de la luz difusa medida.

AUTOENSAMBLE DE ESTRUCTURAS MOLECULARES: LA TÉCNICA LANGMUIR-BLODGETT (TLB)

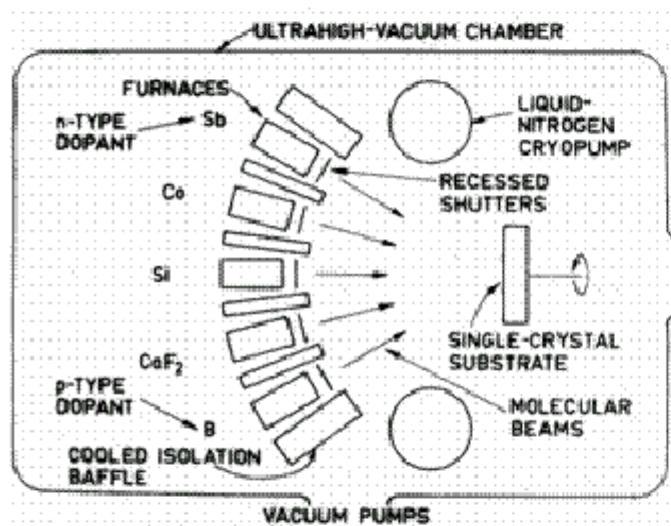
Películas monomoleculares artificiales, que son preformadas en la superficie de un líquido, y transferido por la técnica LANGMUIR (una sola capa) ó la técnica LANGMUIR-BLODGETT (una secuencia de capas monomoleculares) a un sustrato sólido (silicio, oro, vidrio)



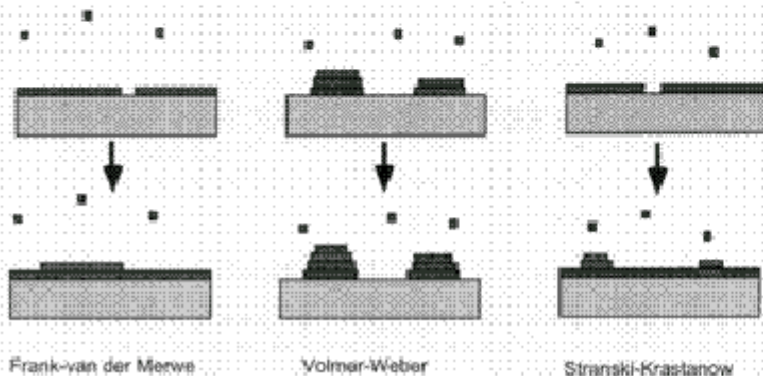
DEPOSICIÓN POR VAPORES FÍSICOS (PVD, MBE) EN VACÍO

LA AUTOORGANIZACIÓN DE PUNTOS CUÁNTICOS

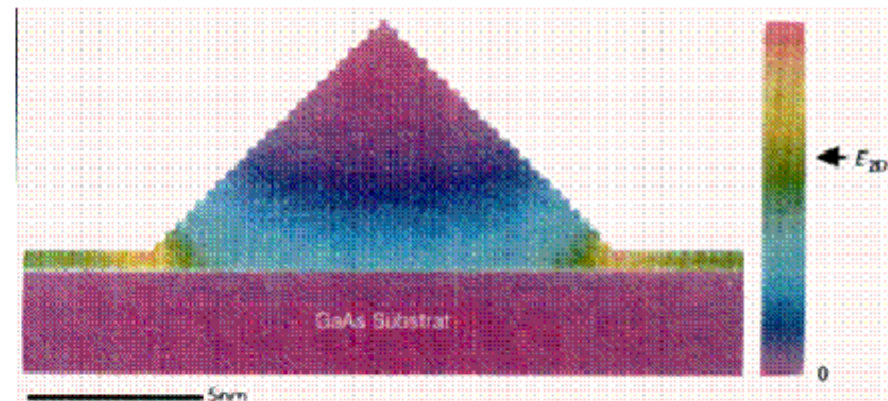
La técnica MBE



Los modos de crecimiento



La autoorganización de puntos cuánticos



Al depositar InAs sobre un sustrato de GaAs se forma inicialmente una delgada capa de InAs seguido por arreglo periódico de islas en forma de pirámide. Debido al misfit de las redes cristalinas, tanto la capa de InAs como las pirámides están tensionadas.

La Nanotecnología del Carbono

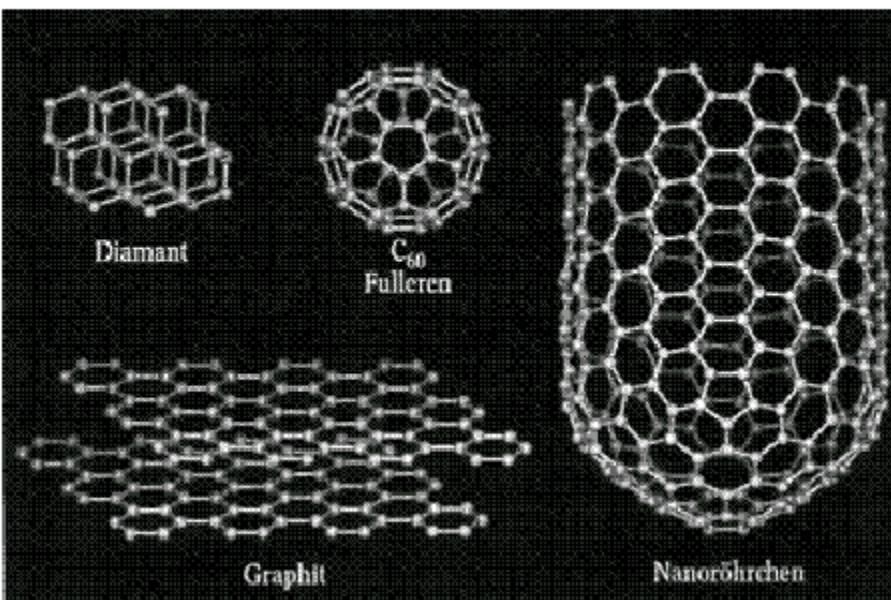
FULLERENOS Y NANOTUBOS

1985 Kroto, Smalley, Curl: Descubrimiento de la molécula C_{60}

1990 Krätschmer et al.: Fabricación en grandes cantidades de C_{60}

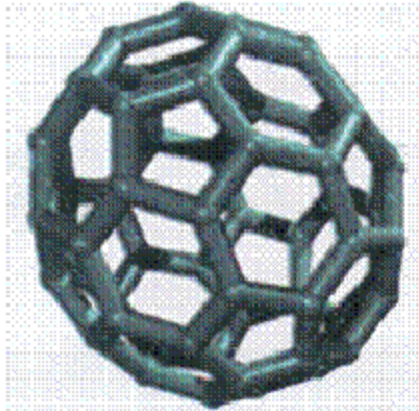
1991 Sumio Iijima: Fabricación de Nanotubitos de Carbono

C_{60} - 700 pm diámetro

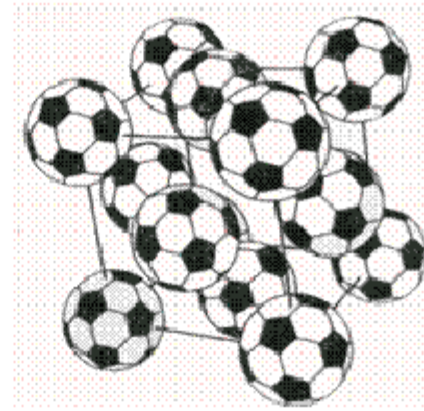


	$1s^1$	s^2p^2				$1s^2$
H						He
			C			
			Si			
			Ge			
			Cuatro electrones de valencia			

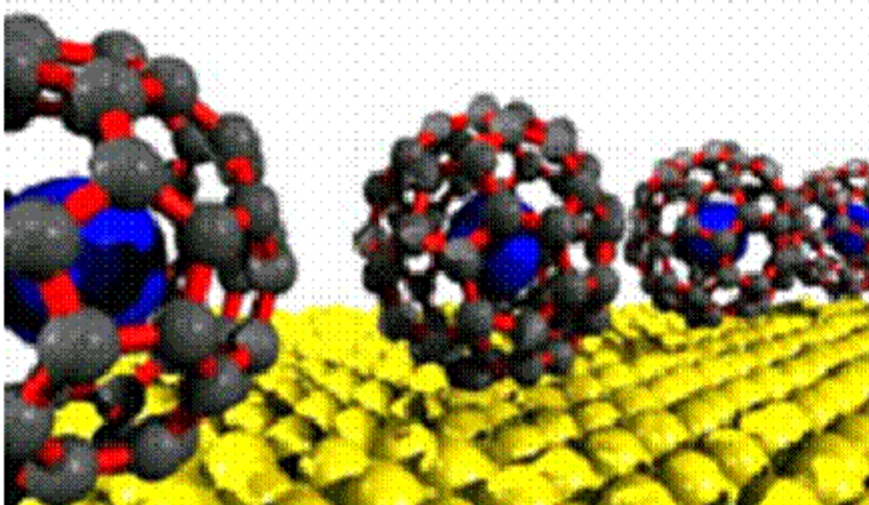
APLICACIONES potenciales de FULLERENOS



- Nanocápsulas para desechos radioactivos

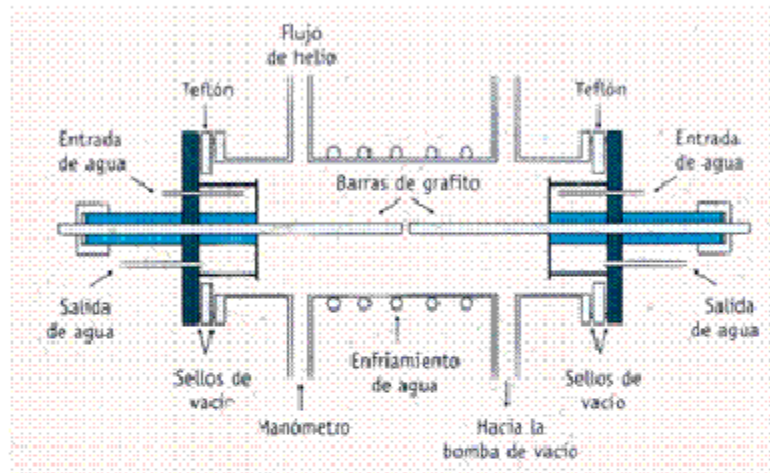


- Nanocristales

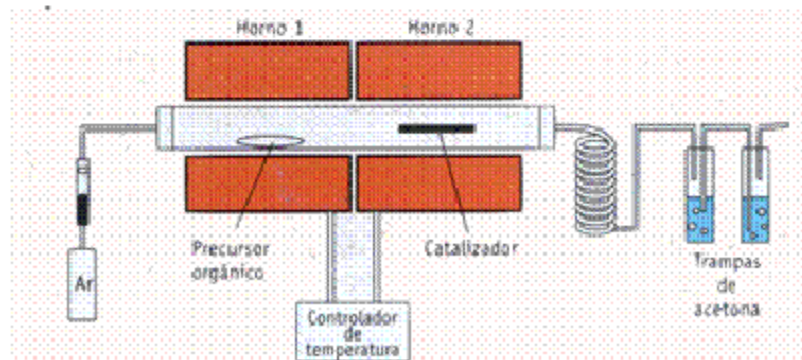


Una computadora cuántica en base a fullerenos en arreglo lineal. Los qubits están almacenados en los espines nucleares de los átomos encerrados, mientras los espines de los electrones aseguran el enredo de estados cuánticos de los átomos vecinos.

TECNICAS DE FABRICACIÓN DE FULLERENOS Y NANOTUBOS



- Arco eléctrico entre dos barras de grafito ($T \sim 4000 \text{ } ^\circ\text{C}$)



- Pirólisis de Hidrocarburos ($T \sim 800 \text{ } ^\circ\text{C}$)

También:

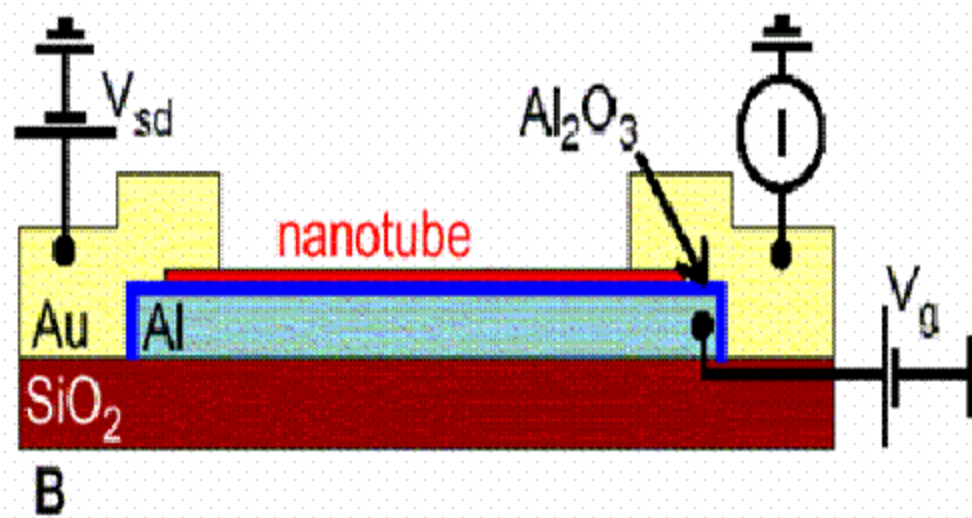
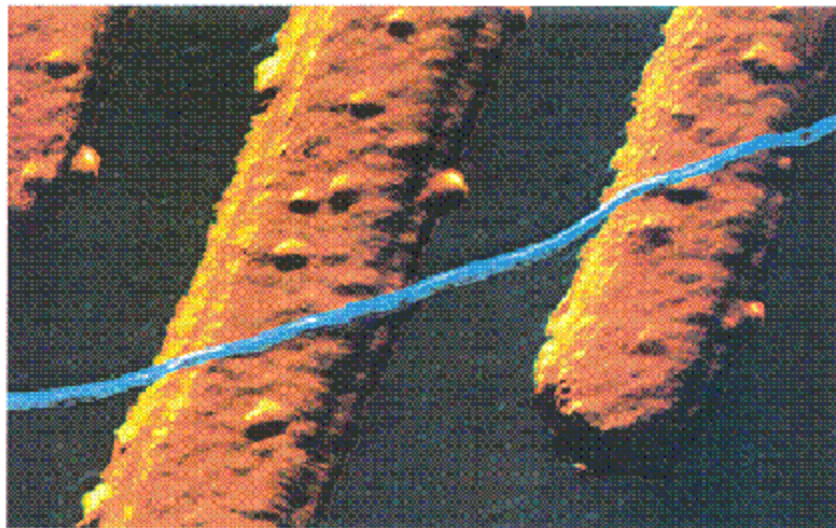
- Evaporación por Laser potente de un blanco de grafito dentro de un horno a $1200 \text{ } ^\circ\text{C}$, agregando Ni, Co, como catalizadores

- Electrólisis ($T \sim 600 \text{ } ^\circ\text{C}$)

- ¡Piense Usted en otras técnicas más!

NANOTUBOS – EL MATERIAL DEL SIGLO 21

Materiales laminares con curvatura (como por ej. los Fullerenos y Nanotubos) aportan una gran variedad de posibilidades debido a diferentes propiedades electrónicas y mecánicas

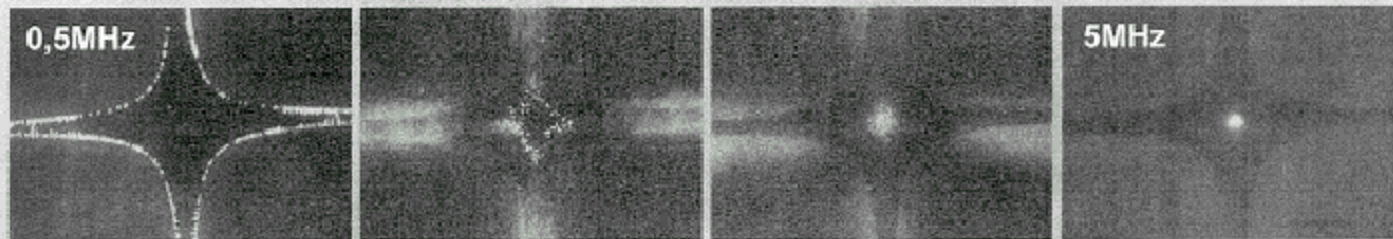
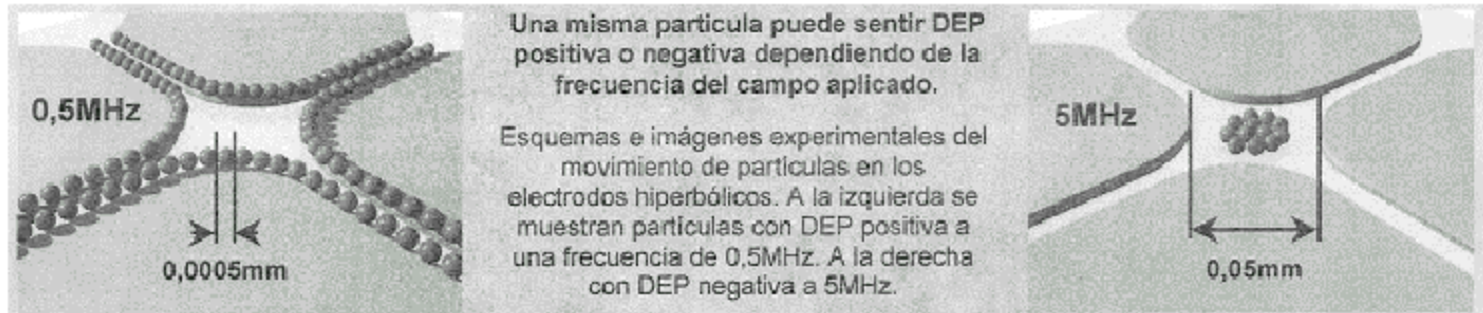


MANIPULACIÓN DE (BIO)PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN POR MEDIO DE CAMPOS ELÉCTRICOS ALTERNOS: TÉCNICAS ELECTROCINÉTICAS

Bajo la acción de un campo eléctrico, partículas en suspensión (por ej. células, virus) adquieren un dipolo eléctrico P . En un campo eléctrico no-uniforme los dipolos sufren una fuerza que origina el movimiento de las partículas (\rightarrow Dielectroforesis, DEP).

$$\vec{P} = \epsilon_0 (\epsilon_p^* - \epsilon_m^*) \vec{E}_i \quad , \quad \text{para } \epsilon_p^* > \epsilon_m^* \quad \cdot \quad \vec{P} \text{ es paralelo a } E_i$$

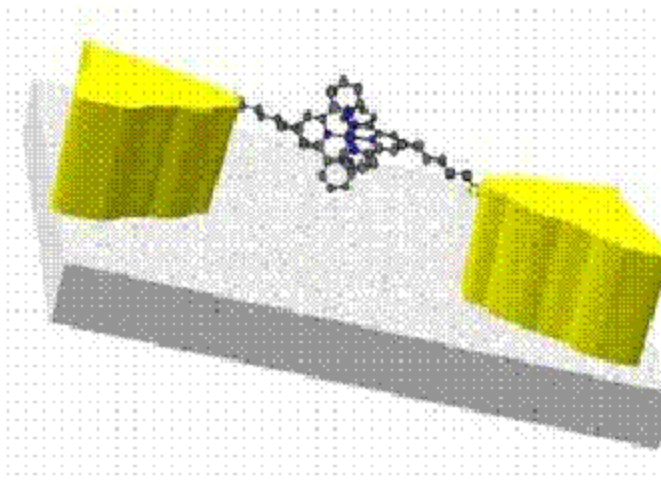
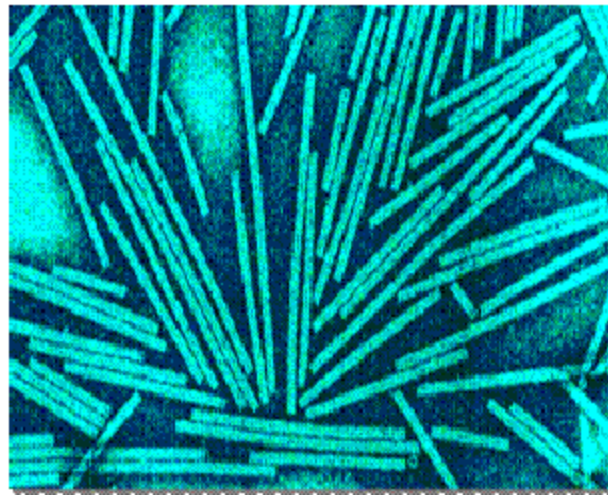
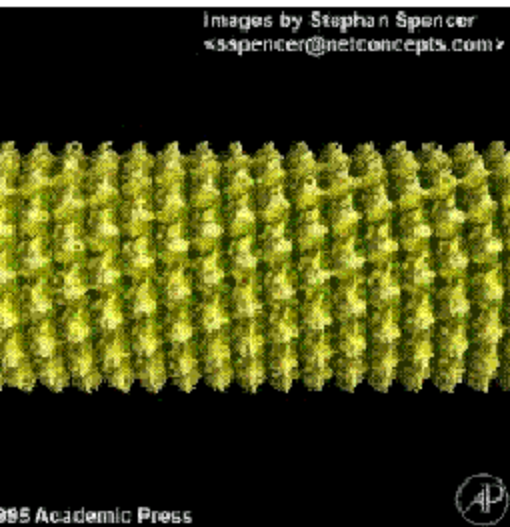
$$\epsilon^* = \epsilon - j(\sigma / \epsilon_0 \omega) \quad \rightarrow \text{Espectroscopía de bajas frecuencias}$$



MOLÉCULAS LINEARES COMO NANOALAMBRES

La transferencia controlada de electrones de un sitio al otro dentro de la estructura de una molécula ó a través de la misma es un problema general de la electrónica a escala molecular.

- ¿Qué efecto tiene la transferencia de carga dentro de una molécula?
- ¿Cómo ocurre el flujo de una corriente eléctrica a través de una molécula?
- ¿Cómo se mide el flujo de corrientes formadas por un solo electrón a la vez?



¡Piensa!

¡Inventa!

EL EFECTO LOTUS®

NANOTECNOLOGÍA DE LA NATURALEZA

1994 W. Barthlott (Botánico Univ. Bonn)

Patente DE 10118352 US 20020150724; *Lotus effect®* es una marca registrada

Las Plantas de Lotus tienen superficies superhidrofóbicas

Razón: Estructura fina con cristales de 1 nm de diámetro.



Bioinspiración & Biomimética

* pinturas y lacas, que al secar generan una nanoestructura en la superficie por auto-ensamble de nanopartículas

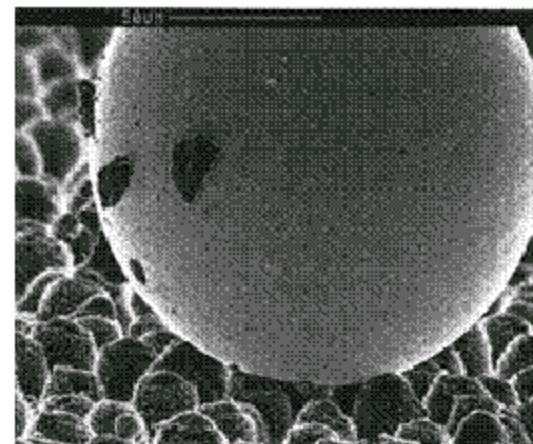
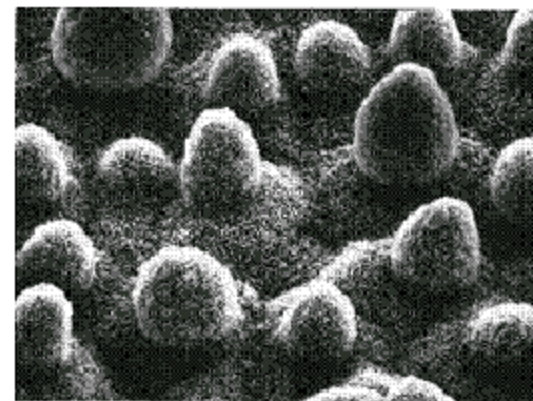
→ Superficie de contacto con una gota de agua es de 1-2 %

* telas khaki para ropa que no se moja y no se ensucia




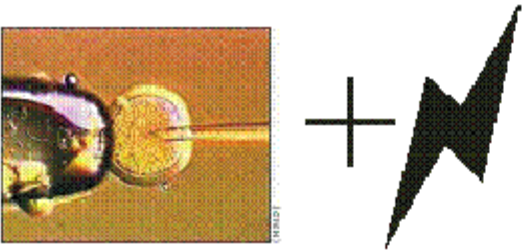
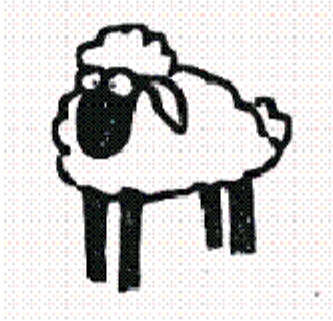

Nanoalambres de 10 nm de longitud son invisibles, pero producen el efecto Lotus

* La cuchara de miel sin que se quede pegada.

* ¡Piense! ¡Invente!



La Naturaleza es maestra de la Picotecnología

Reacción	Reactor	Producto
		
		 <p data-bbox="1392 936 1707 1036">La ovejita Dolly no tenía padre</p>
<p data-bbox="141 1125 548 1333">Nanotecnología Biomimética Bioinspiración Nanobioteología</p>	<p data-bbox="710 1115 1118 1376">autoorganización autoensamblable Autoreproducción y ensambladores (Nanobots)</p>	<p data-bbox="1290 1105 1754 1362">del homo sapiens sapiens al nano sapiens sapiens y mas sapiens</p>

LA NANOBIOLOGÍA DE ADN

ADN es una larga macromolécula elipsoidal, que contiene 4 tipos de bases conectadas a espinazos. El orden de estas bases determina el tipo de código biológico con todas las informaciones, que se requieren para generar formas de vida.

Las bases G, C, A, T

G- guanino

C- citosino

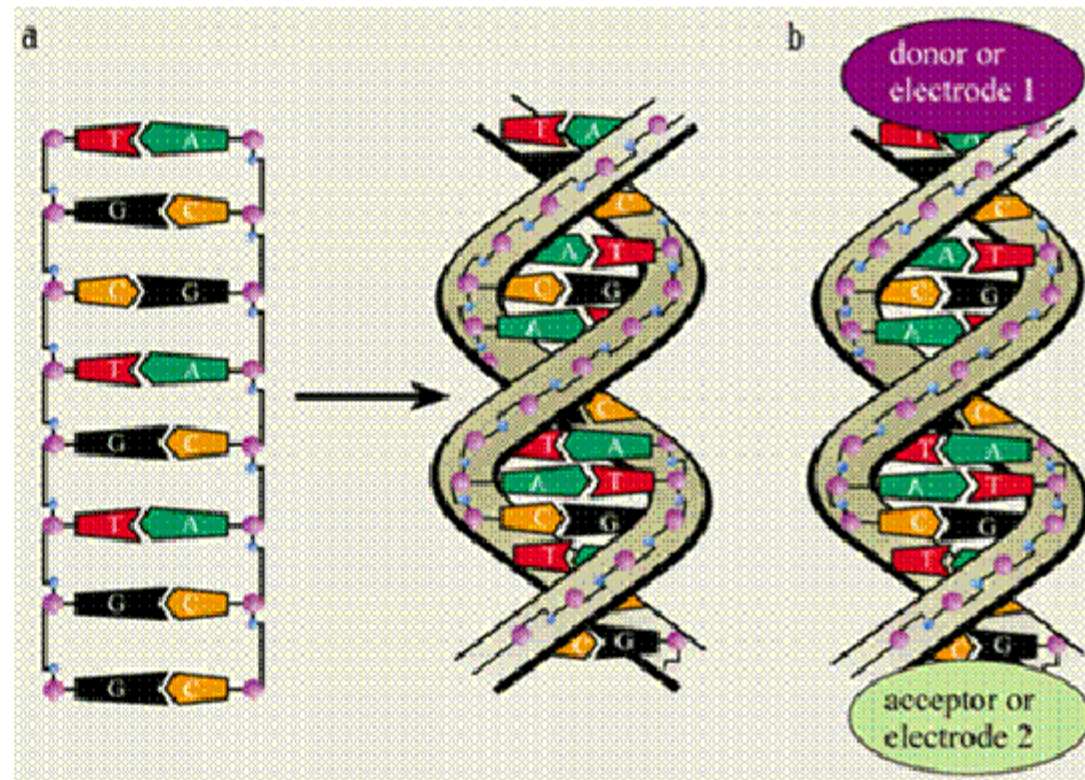
A- adenino

T- timino

Son moléculas orgánicas con
definidas opciones de enlace:

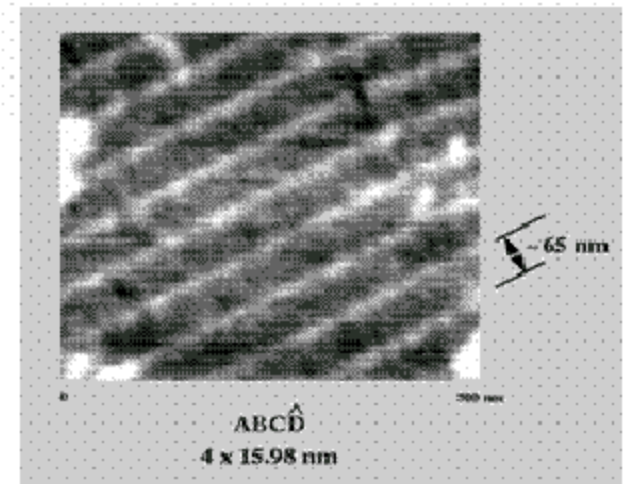
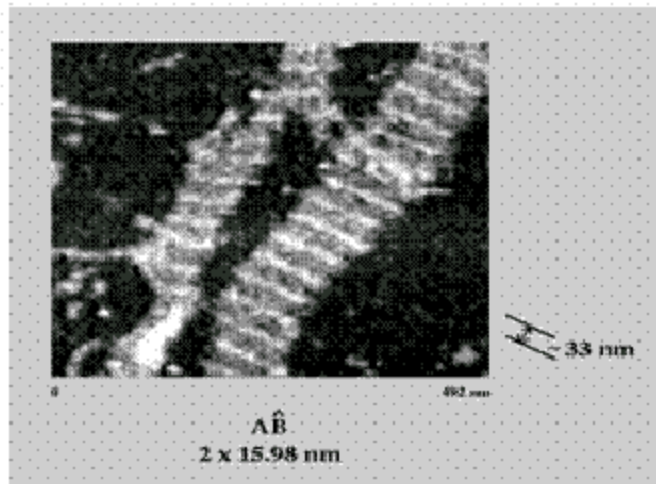
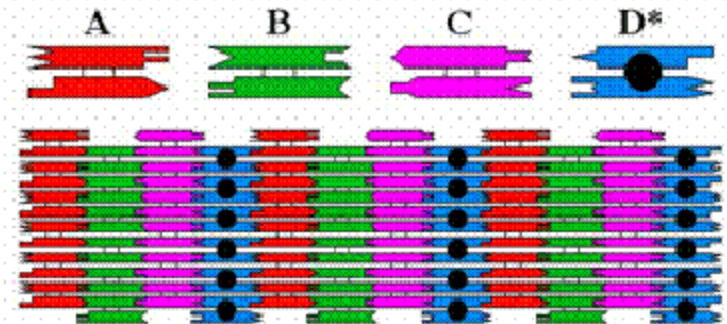
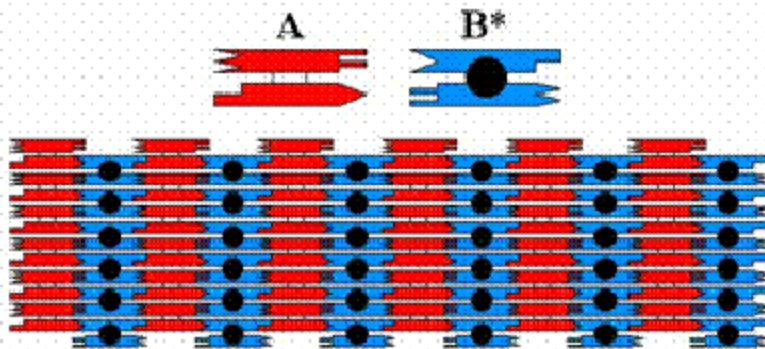
G con C

A con T



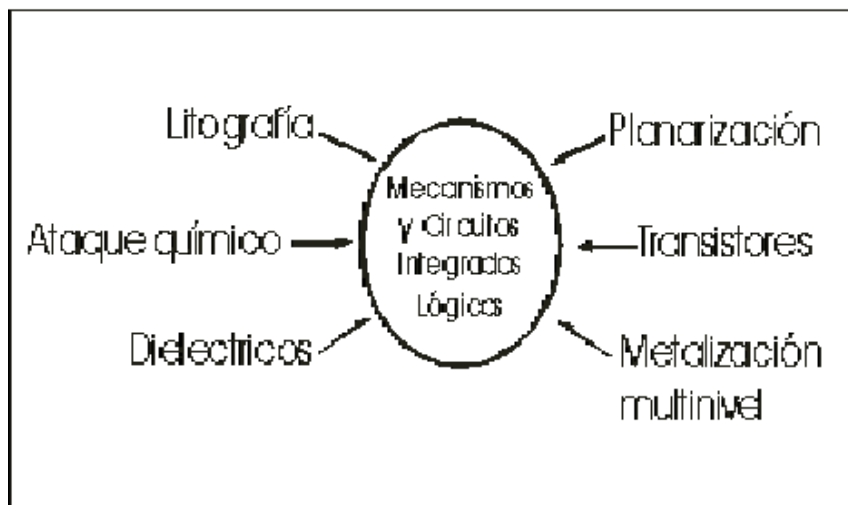
ENSAMBLAJE DE MATERIALES PERIÓDICOS (CRISTALES) CON ADN

Creación de estructuras características a escala nanométrica por el auto-ensamblaje de moléculas ADN modificadas

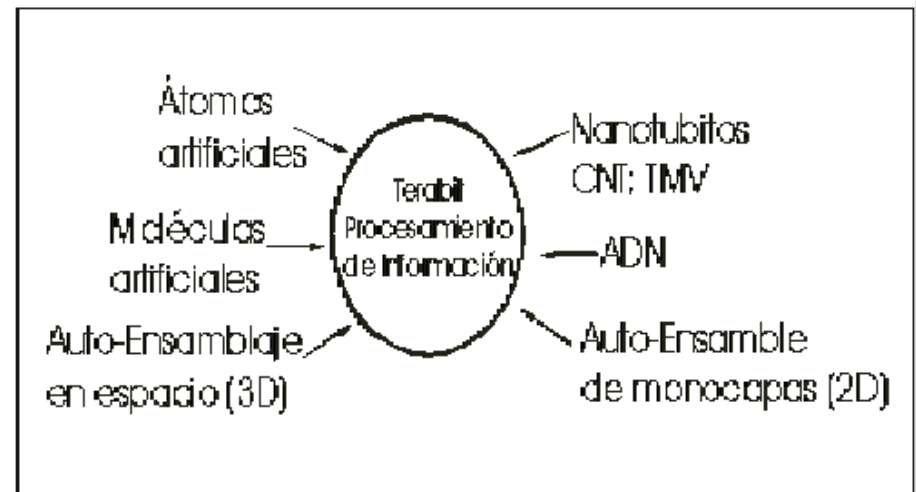


LA MICROELECTRÓNICA EN LA LUZ DE LA MOLETRÓNICA

FABRICACIÓN 'TOP DOWN'



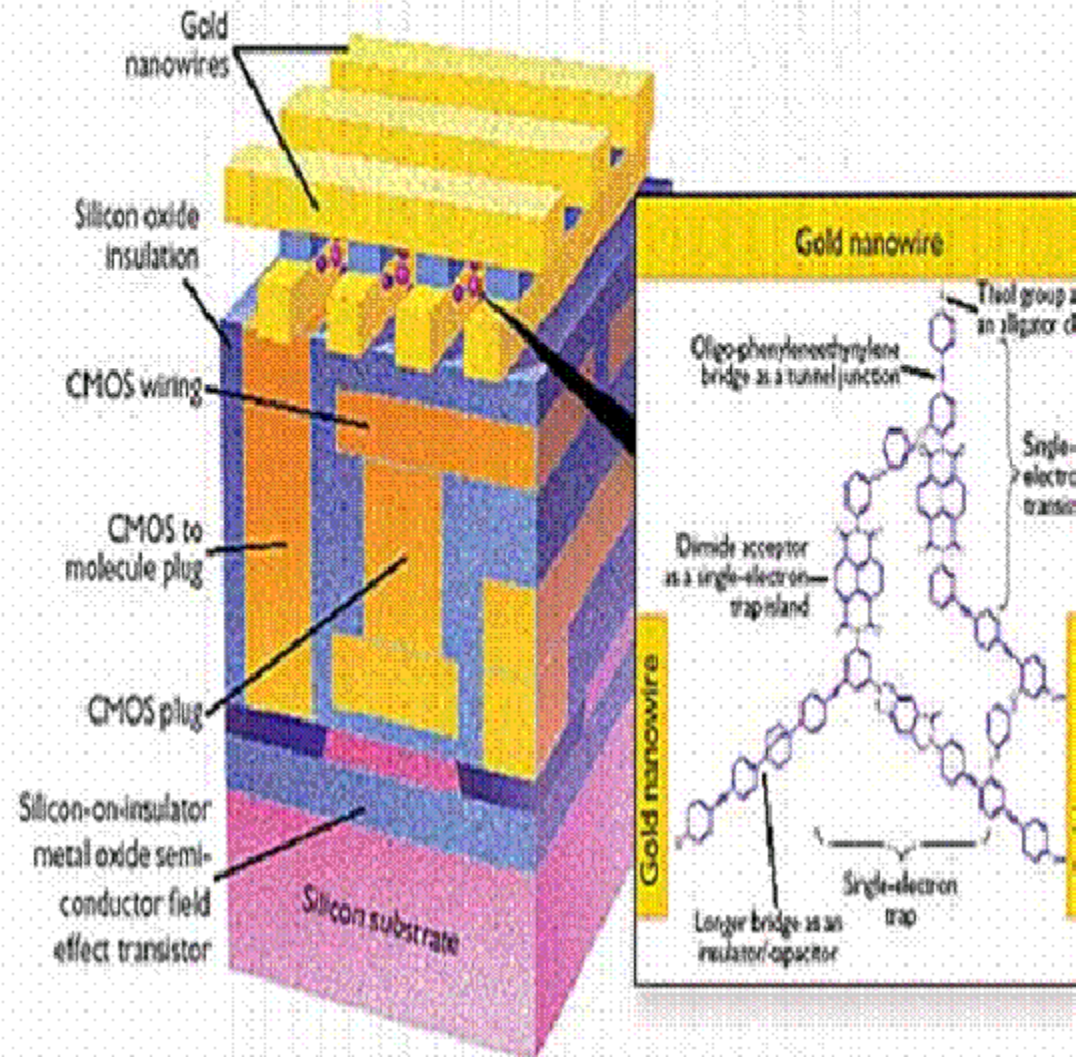
FABRICACIÓN 'BOTTOM UP'

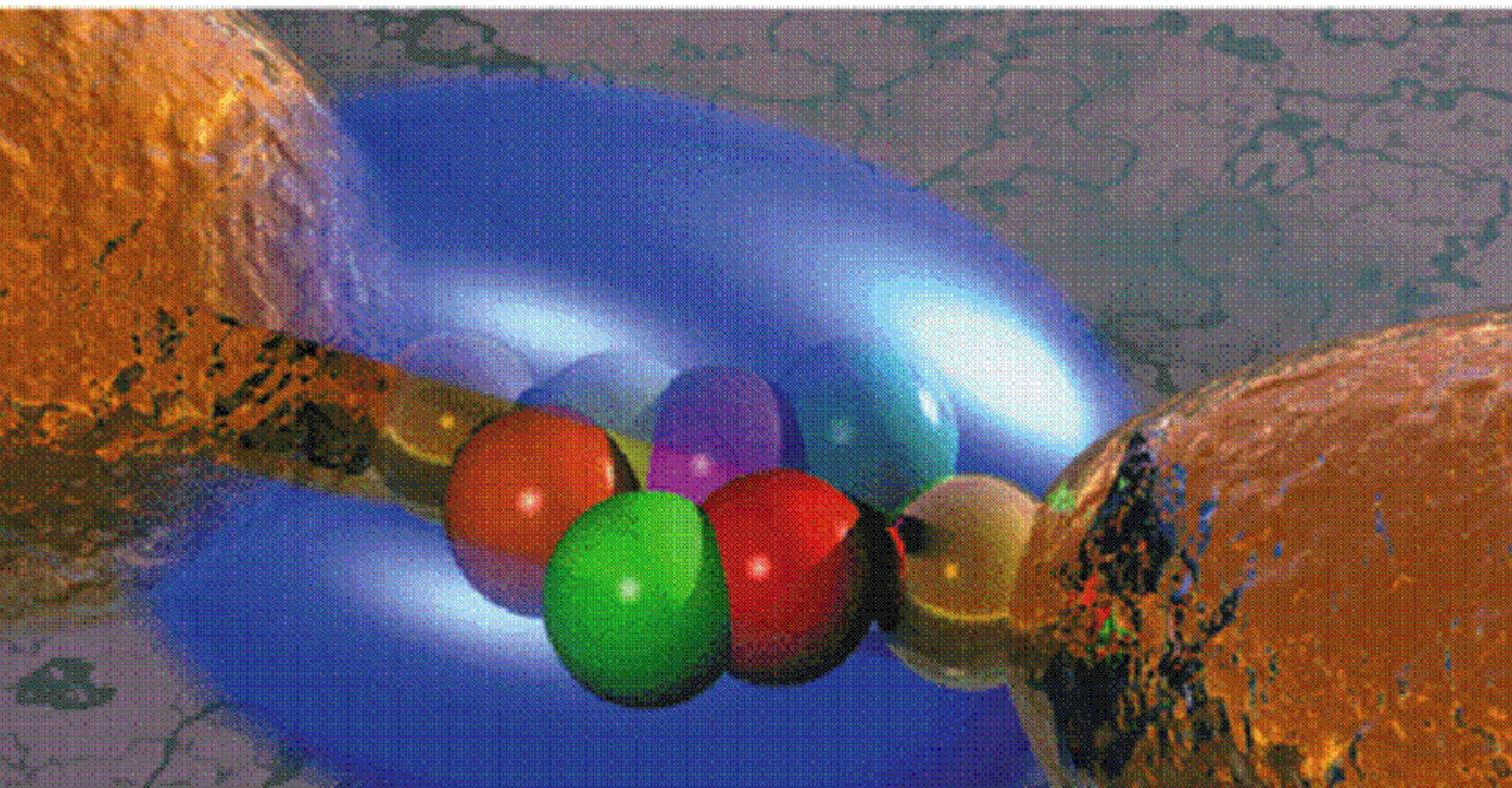


CMOS – CMOL

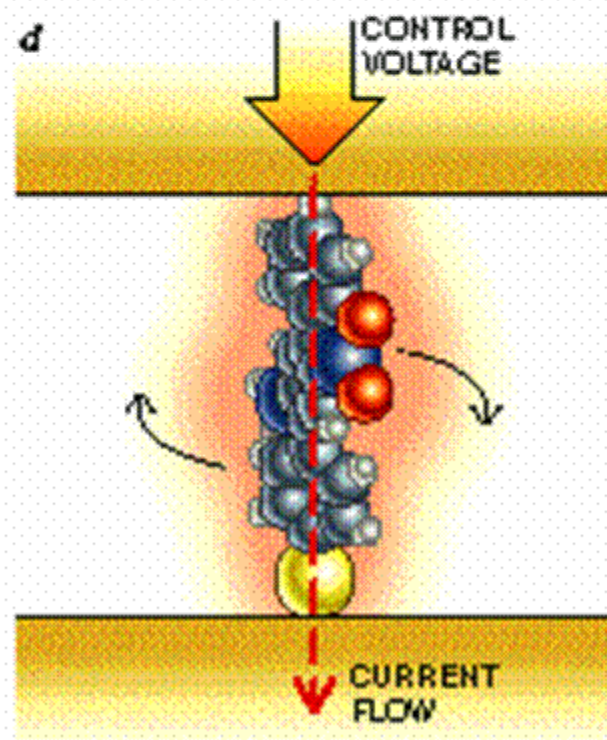
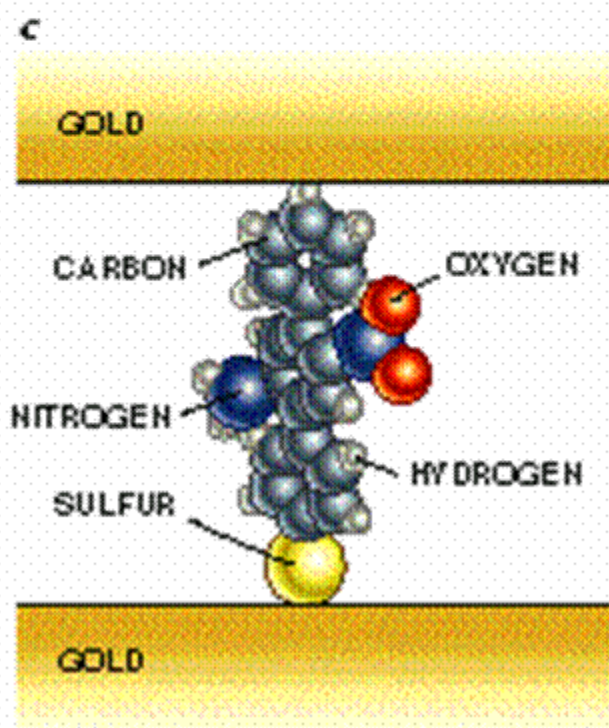
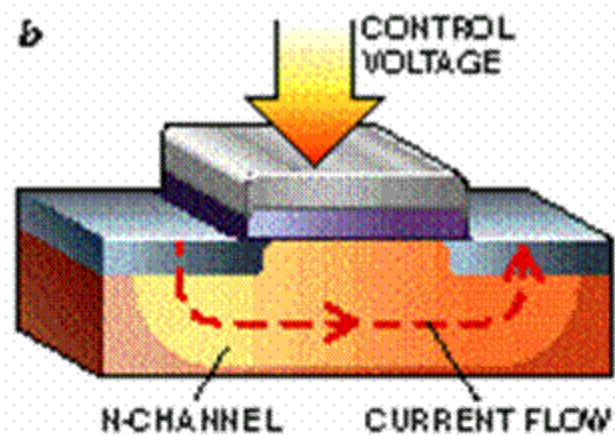
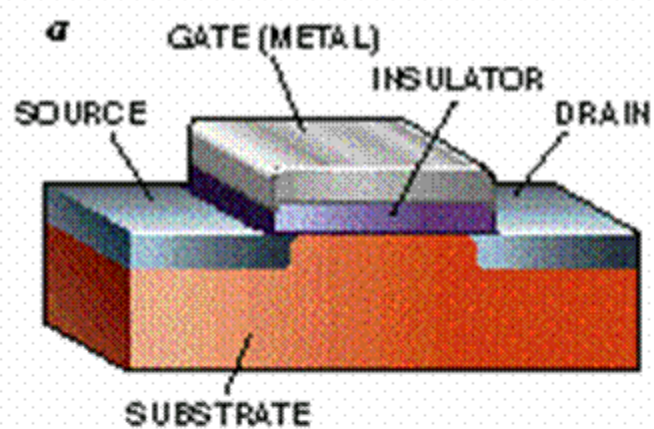
HÍBRIDOS SEMICONDUCTOR MOLÉCULA

- Dispositivo CMOS avanzado (litografía)
- unas capas de nanoalambres paralelos
- dispositivos moleculares que por auto-ensamble desde una solución se forman entre los nanoalambres
- $3 \cdot 10^{12}$ funciones/cm²



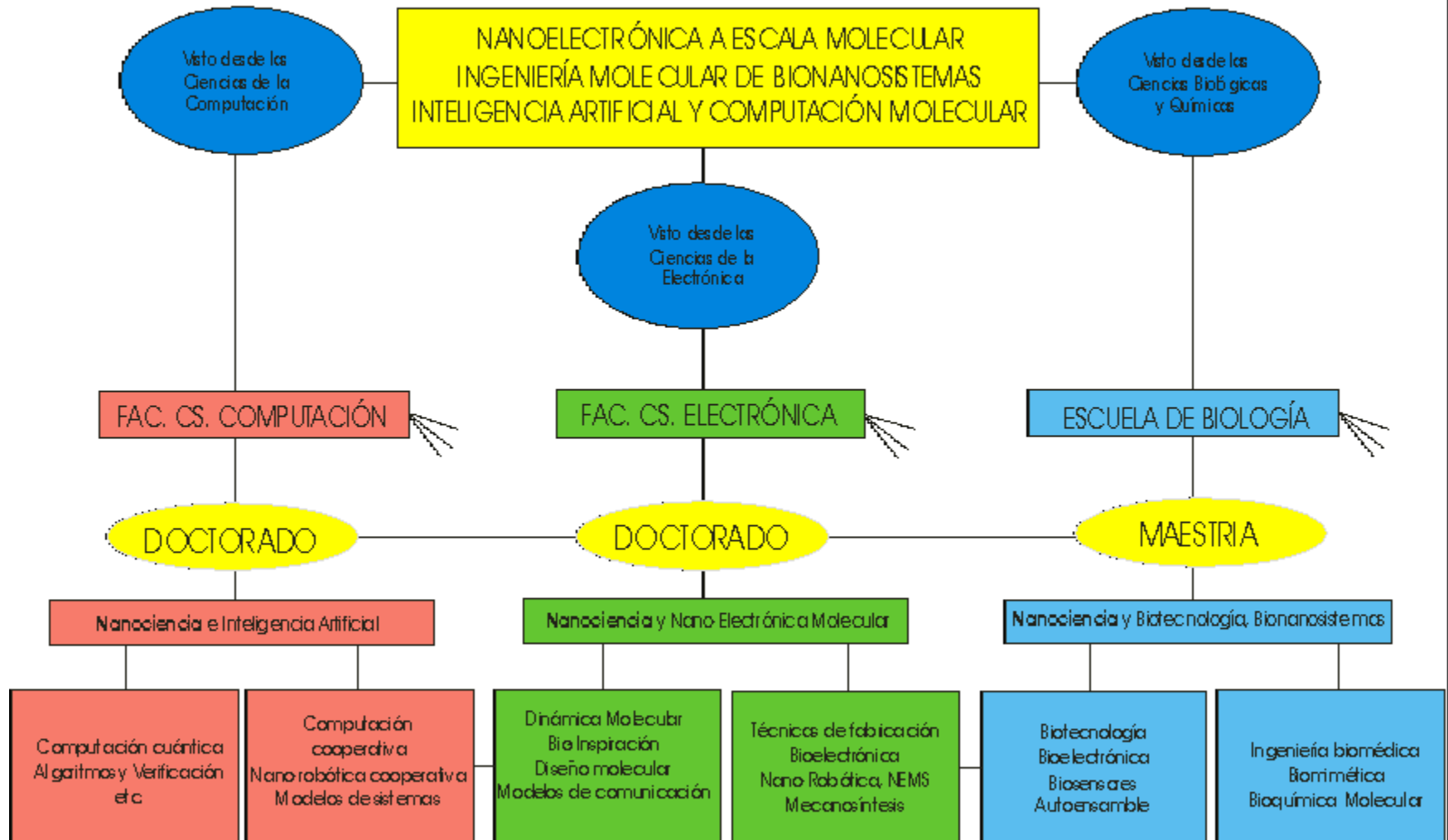


BENZENE DITHIOL molecule, acting as a molecular conductor, was tested between gold tips in the geometry illustrated here. The molecule's current-voltage characteristics (graph, below) closely matched theoretical projections. The relatively large current flow bodes well for the ability of molecular devices to work with more conventional electronics.



PROPOSICIÓN DE

NUEVOS POSGRADOS INTERDISCIPLINARIOS EN LA BUAP



PROFESORADO INTERDISCIPLINARIO

Electrónicos, Biólogos, Computólogos, Físicos, Matemáticos, Químicos, Ingenieros, Médicos

A. E.K. Zehe

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Facultad de Ciencias de la Electrónica, Posgrado
Ciudad Universitaria, Apartado Postal 1505, 72000
Puebla, México
e-mail: azehe@cee.buap.mx

CAMPUS VIRTUAL DE INVESTIGACIÓN EN NANOCIENCIA Y MOLETRÓNICA

www.campusvirtual.fce.buap.mx

NANOTRON²⁰⁰³
10-12 Noviembre 2003
Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla,
Puebla, México

Nanociencia y Nanotecnología molecular serán el contenido de la megatendencia científico-tecnológica del siglo XXI. Una participación en su desarrollo científico es indispensable. El CVI-NM reúne libremente investigadores y estudiantes con el común interés en la investigación básica y aplicada en este amplio campo con particular énfasis en: los nanobiotecnológicos, la química supramolecular, la nanorrobótica por manipulación de moléculas, la computación cuántica, computación molecular, y la nanoelectrónica a escala molecular (MOLETRÓNICA). Por su carácter multidisciplinario e interinstitucional, el CVI-NM no representa una unidad académica formal, pero en el sentido administrativo, se vertebra en los departamentos de investigación y desarrollo de la BUAP y de otras Universidades y Entidades científico-tecnológicas. Criterio para la colaboración reconocida en el CVI-NM constituye la participación activa en una de las diversas líneas de investigación soportada en el apartado "Áreas de Investigación", la generación y publicación de resultados (www.revista-nanociencia.buap.mx), tanto como la formación de recursos humanos y la capacitación de jóvenes investigadores (www.jovenesnanotron.buap.mx).

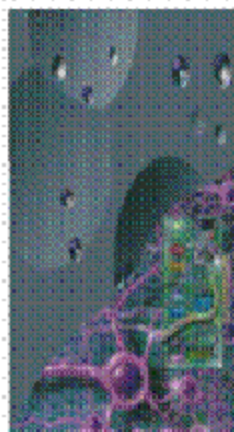


www.campusvirtual.fce.buap.mx



CAMPUS VIRTUAL DE INVESTIGACIÓN EN NANOCIENCIAS-MOLETRÓNICA

- Inicio
- Colaboradores Académicos
- Áreas de Investigación
- Investigación en México
- Publicaciones recientes
- Colaboración Internacional
- Foro NANOTRON²⁰⁰³
- Registros
- Servicio técnico
- Formulario de Contacto



Su evento académico virtual



Su medio informativo

Internet Electronic Journal
Nanociencias y Moletrónica
Noviembre 2003, Vol. 1, N°1

www.revista-nanociencia.fce.buap.mx

Áreas de Investigación, que integran el CVI-NM

Área Nanobiotecnología y Biología Molecular

Investigadores	Docentes
Alfonso López-Cerdá	Alfonso López-Cerdá
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez

Área Computación Cuántica

Investigadores	Docentes
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez

Área Instrumentación Electrónica y Óptica

Investigadores	Docentes
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez

COLABORADORES ACADÉMICOS

Nombre	Institución	País
1. José Luis Hernández	UNAM	México
2. María Elena Flores	UNAM	México
3. María Elena Flores	UNAM	México
4. José Luis Hernández	UNAM	México
5. José Luis Hernández	UNAM	México
6. José Luis Hernández	UNAM	México
7. José Luis Hernández	UNAM	México
8. José Luis Hernández	UNAM	México
9. José Luis Hernández	UNAM	México
10. José Luis Hernández	UNAM	México
11. José Luis Hernández	UNAM	México
12. José Luis Hernández	UNAM	México
13. José Luis Hernández	UNAM	México
14. José Luis Hernández	UNAM	México
15. José Luis Hernández	UNAM	México
16. José Luis Hernández	UNAM	México
17. José Luis Hernández	UNAM	México
18. José Luis Hernández	UNAM	México
19. José Luis Hernández	UNAM	México
20. José Luis Hernández	UNAM	México

Áreas de Investigación, que integran el CVI-NM

Área Nanoelectrónica

Investigadores	Docentes
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez

Área Nanopartículas Óxido Superconductor

Investigadores	Docentes
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez

Área Óptica Molecular

Investigadores	Docentes
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez

Área Superconductores (MOLETRÓNICA)

Investigadores	Docentes
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez
Guillermo Sánchez	Guillermo Sánchez

Áreas de Investigación en México

- 1. Universidad Nacional Autónoma de México
- 2. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente
- 3. Universidad de Colima
- 4. Universidad de Guadalajara
- 5. Universidad de Sonora
- 6. Universidad de Querétaro
- 7. Universidad de Toluca
- 8. Universidad de León
- 9. Universidad de Salamanca
- 10. Universidad de Valladolid
- 11. Universidad de Cantabria
- 12. Universidad de Burgos
- 13. Universidad de Burgos
- 14. Universidad de Burgos
- 15. Universidad de Burgos
- 16. Universidad de Burgos
- 17. Universidad de Burgos
- 18. Universidad de Burgos
- 19. Universidad de Burgos
- 20. Universidad de Burgos

Publicaciones y Actividades de Congreso

La actividad de los investigadores colaboradores en el Campus Virtual del periodo 2000-2003 se publica en el sitio de las publicaciones académicas.
- www.revista-nanociencia.fce.buap.mx
- www.congresos-nanociencia.fce.buap.mx



PROYECTO INAUGURAL



DESARROLLO DE BASES
CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS PARA LA
LÍNEA EMERGENTE DE INVESTIGACIÓN
Y DOCENCIA EN LICENCIATURA Y
POSGRADO

NANOCIENCIA Y NANO ELECTRÓNICA MOLECULAR (MOLETRÓNICA)

Proyecto financiado por el Consejo ACD de
Investigaciones Académicas de la BUAP y el
Instituto de Nanociencia y Moletrónica (INM)

El Instituto Universitario de Puebla,
Facultad de Ciencias de la Electrónica y Posgrado

Puebla, Junio de 2003

1. Resumen

El presente proyecto tiene por objeto el desarrollo de las actividades de la línea de investigación en Nanociencia y Moletrónica.

El presente proyecto tiene por objeto el desarrollo de las actividades de la línea de investigación en Nanociencia y Moletrónica. El desarrollo de esta línea de investigación requiere de un equipo de investigadores que se dediquen a la investigación básica y aplicada en este campo. El presente proyecto tiene por objeto el desarrollo de las actividades de la línea de investigación en Nanociencia y Moletrónica. El desarrollo de esta línea de investigación requiere de un equipo de investigadores que se dediquen a la investigación básica y aplicada en este campo. El presente proyecto tiene por objeto el desarrollo de las actividades de la línea de investigación en Nanociencia y Moletrónica. El desarrollo de esta línea de investigación requiere de un equipo de investigadores que se dediquen a la investigación básica y aplicada en este campo.

El presente proyecto tiene por objeto el desarrollo de las actividades de la línea de investigación en Nanociencia y Moletrónica. El desarrollo de esta línea de investigación requiere de un equipo de investigadores que se dediquen a la investigación básica y aplicada en este campo. El presente proyecto tiene por objeto el desarrollo de las actividades de la línea de investigación en Nanociencia y Moletrónica. El desarrollo de esta línea de investigación requiere de un equipo de investigadores que se dediquen a la investigación básica y aplicada en este campo.