

# *NANOTECNOLOGÍA*

## *en el contexto de la investigación y desarrollo*

**Dra. Agnes Nagy**

**Centro de Investigaciones en Microelectrónica**



**R. P. Feynman; 29.12.1959.**

Annual meeting of the American Physical Society  
at the California Institute of Technology

*“There is plenty of room at the bottom”*

*Es posible escribir la enciclopedia británica sobre la cabeza de un alfiler... No hay impedimentos de principio para fabricar cualquier objeto dada su estructura atómica, siempre que esta sea posible con la leyes de la Física y la Química. ¡Basta colocar cada átomo en su lugar!*



*Feynman: 1965, Nobel Physics*

*"for their fundamental work in quantum electrodynamics, with deep-ploughing consequences for the physics of elementary particles"*

# The Scale of Things – Nanometers and More

## Things Natural



Dust mite  
200  $\mu\text{m}$

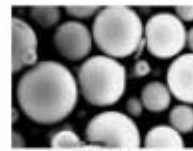


Human hair  
~ 60-120  $\mu\text{m}$  wide

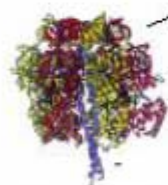
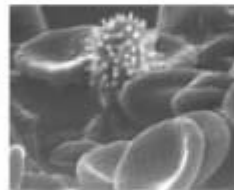
Red blood cells  
with white cell  
~ 2-5  $\mu\text{m}$



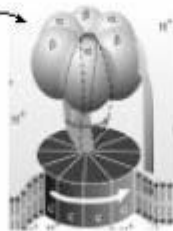
Ant  
~ 5 mm



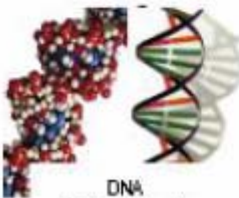
Fly ash  
~ 10-20  $\mu\text{m}$



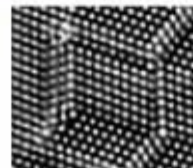
~10 nm diameter



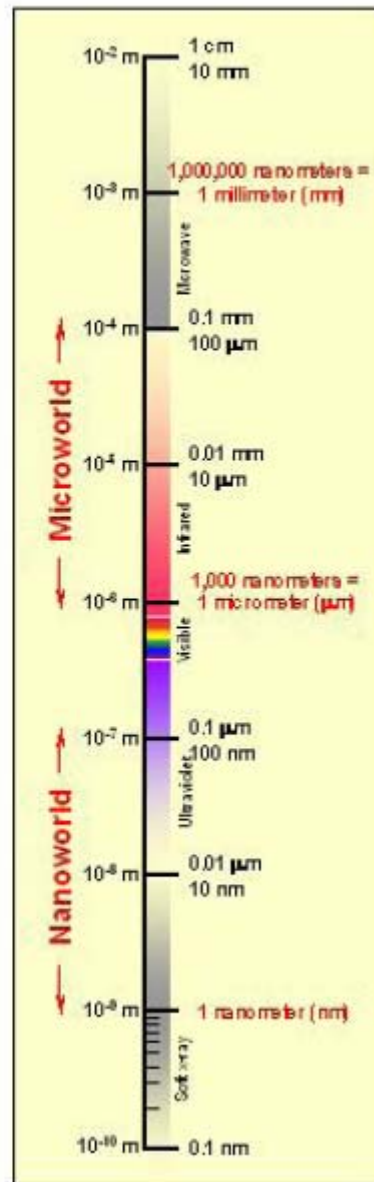
ATP synthase



DNA  
~2-12 nm diameter



Atoms of silicon  
spacing ~tenths of nm



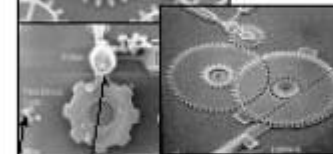
## Things Manmade



Head of a pin  
1-2 mm

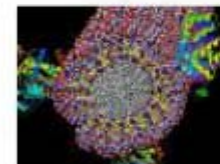
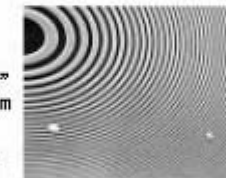


MicroElectroMechanical (MEMS) devices  
10 - 100  $\mu\text{m}$  wide

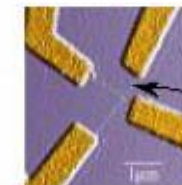


Pollen grain  
Red blood cells

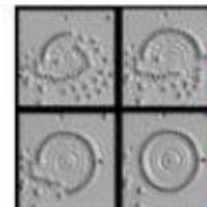
Zone plate x-ray "lens"  
Outer ring spacing ~35 nm



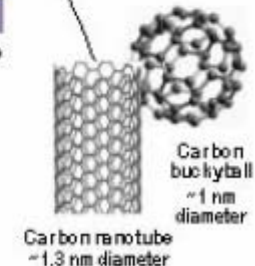
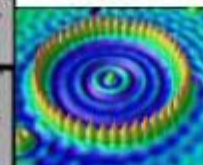
Self-assembled,  
Nature-inspired structure  
Many 10s of nm



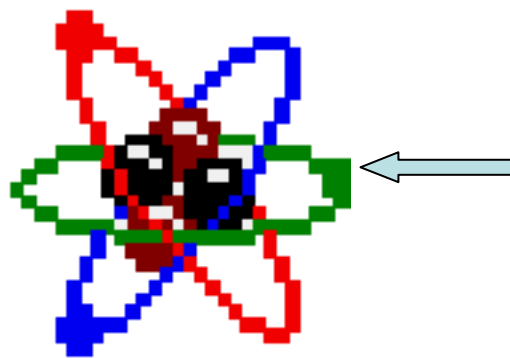
Nanotube electrode



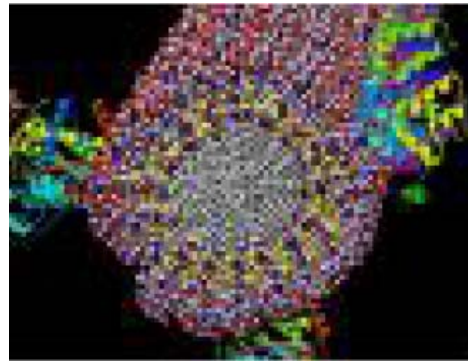
Quantum corral of 48 iron atoms on copper surface  
positioned one at a time with an STM tip  
Conal diameter 14 nm



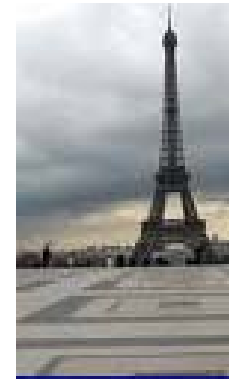
Carbon nanotube  
~1.3 nm diameter



Mundo cuántico



Nanociencia y  
Nanotecnología



Macromundo

Profesor Dr, Fernando Palacios de la Universidad de Zaragoza

1er Taller sobre Nanociencia y Nanotecnología, Centro de Estudios avanzados

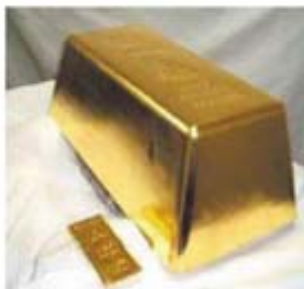
**Nanoscience** is the study of phenomena and manipulation of materials at atomic, molecular and macromolecular scales, where properties differ significantly from those at a larger scale.

**Nanotechnologies** are the design, characterization, production and application of structures, devices and systems by controlling shape and size at nanometer scale.

*From <http://www.nanotec.org.uk/>*

## Nanomateriales

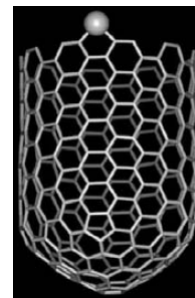
En el rango de nanoescala los materiales pueden tener propiedades diferentes y mejores que la misma materia en tamaño grande. También puede tratarse de materiales nuevos como los nanotubos de carbono.



Au bulk



Au nanoparticles



nanotubo

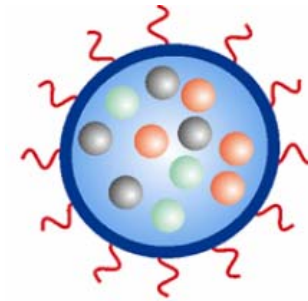
Conductividad eléctrica.  
Emisión termoelectrónica.  
100 veces mas fuertes y 6  
veces mas ligeros que el  
acero.



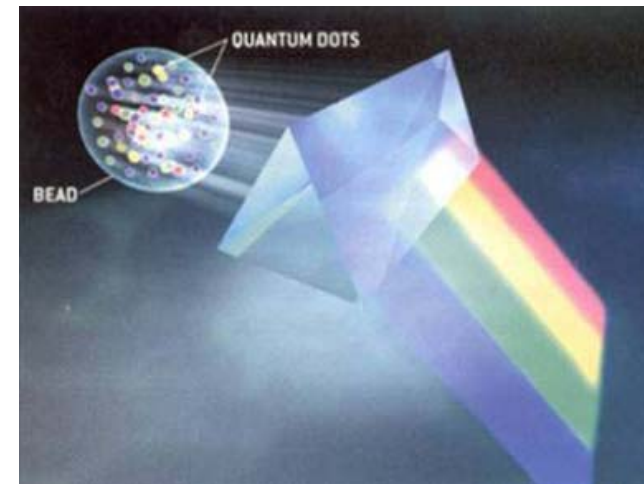
Las dos razones fundamentales son:

- El aumento de la relación superficie/masa, lo cual resulta en un incremento de la reactividad química, resultando en mejores catalizadores, o mejorando la eficiencia de las celdas de combustión

$$\frac{\text{superficie}}{\text{masa}} \propto \frac{\text{area}}{\text{volumen}} \propto \frac{r^2}{r^3} \propto \frac{1}{r}$$

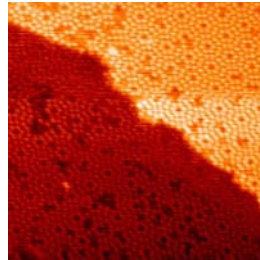


- Al reducirse la materia a decenas de nanómetros, los efectos cuánticos juegan un papel cada vez mayor, modificando las propiedades ópticas, magnéticas y eléctricas.

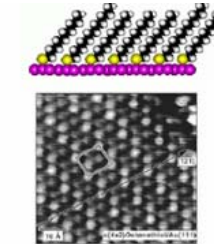


Quantum dots

## Nanomateriales con al menos una dimensión $< 100$ nm

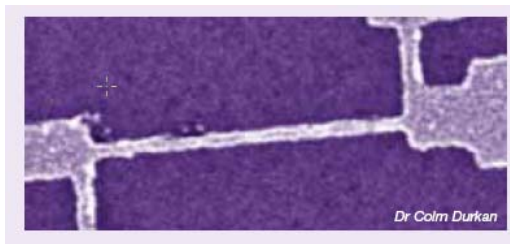


(película o capa)

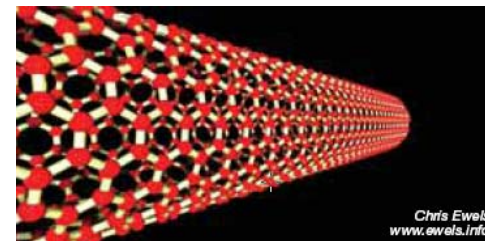


Self-assembled monolayer

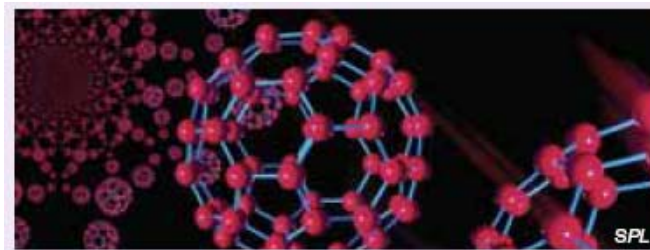
## Nanomateriales con al menos dos dimensiones $< 100$ nm



(nanotubo,  
nano alambre)



## Nanomateriales con tres dimensiones $< 100$ nm



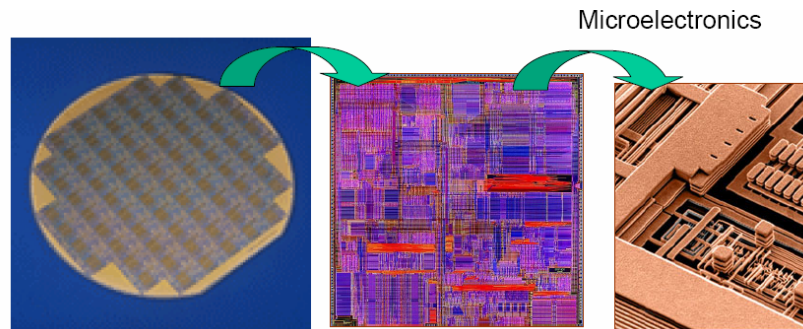
(nanopartícula) fullerenos

## **Implicaciones:**

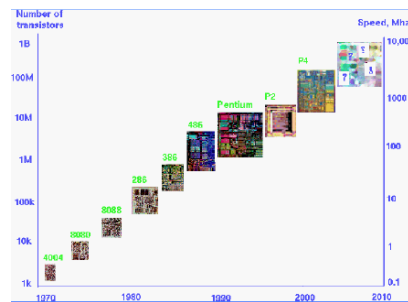
- Nuevos métodos de fabricación
- Propiedades dependientes del tamaño y la forma
  - Ópticas (color, absorción UV, luminiscencia. Emisión)
  - Mecánicas (dureza, resistencia a la fatiga y a la corrosión)
  - Térmicas (punto de fusión, resistencia térmica, intercambio)
  - Eléctricas (conductividad, aislamiento)
  - Magnéticas (magnetismo suave, almacenamiento magnético)
  - Químicas (catálisis, adsorción, reactividad, solubilidad)
- Convergen la Física, la Química, la Biología y las Ingenierías, lo que podría revolucionar la industria



# Fabricación



‘Top-down’ techniques involve starting with a block of material, and etching or milling it down to the desired shape,

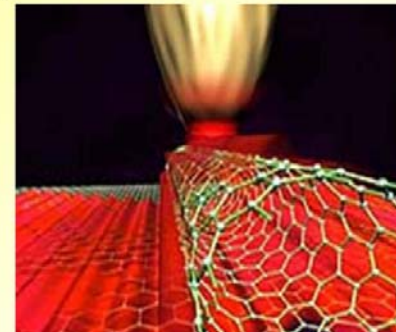


Top-down

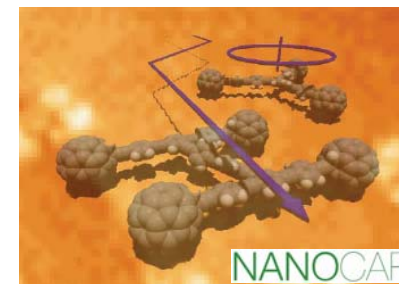
‘Bottom-up’ involves the assembly of smaller sub-units (atoms or molecules) to make a larger structure.

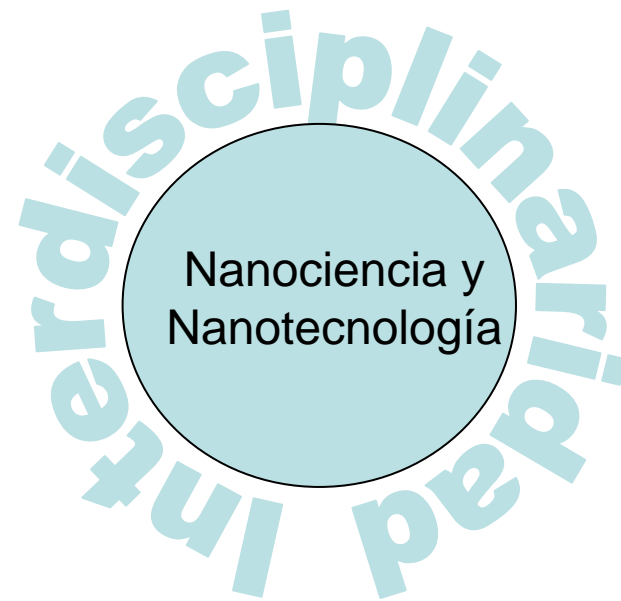
Two most prominent bottom up methods:

- ↳ nanotubes
- ↳ quantum dots



Bottom-up





La comprensión de la física y química de la materia y de los procesos a nano-escala es de vital importancia para todas las disciplinas de la ciencia.

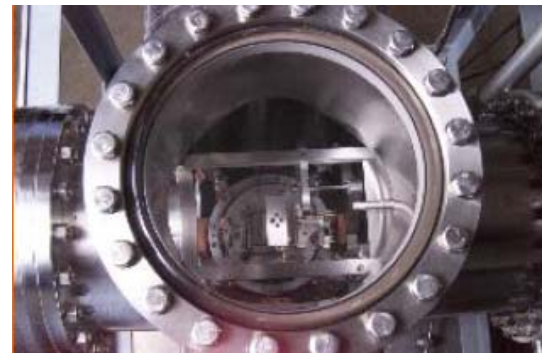


# Herramientas

Fabricación



Visualización, manipulación,  
medición



Modelación



## Microscopios electrónicos

**Transmission Electron Microscope (TEM)** fue desarrollado por Max Knoll y Ernst Ruska en Alemania en 1931.

Permite la caracterización del tamaño, forma y arreglo de las partículas del que está hecho el espécimen, así como la relación entre ellos en la escala de diámetros atómicos. También posibilita la obtención de información cristalográfica.

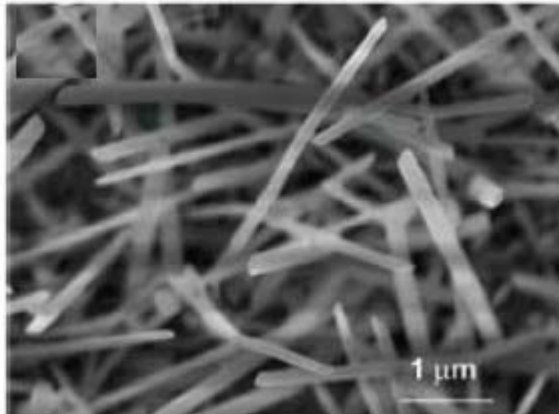
**El Scanning Electron Microscope (SEM)** se obtuvo en 1942 y fue comercializado alrededor de 1965.

Permite observar las características de una superficie, su textura, forma y tamaño de las partículas, elemento y componentes de un objeto.

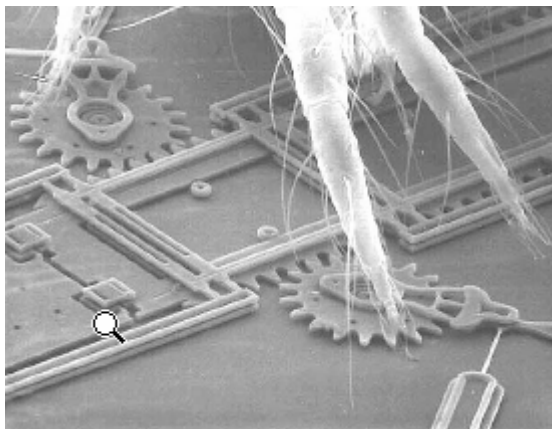


## Imágenes SEM

SEM



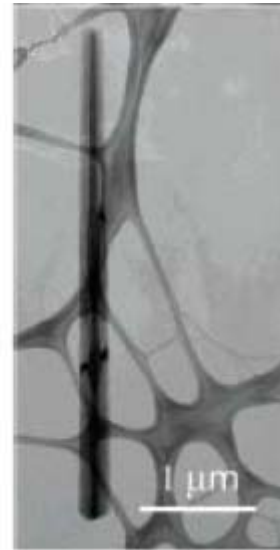
nanoalambres



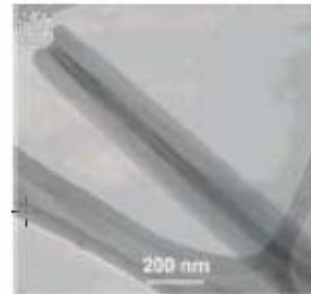
MEMS:  
micro-electro-mechanical systems

## Imágenes TEM

TEM

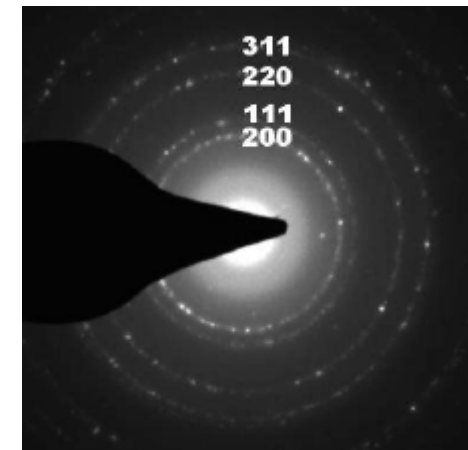


TEM



nanoalambres

EDS (Energy dispersive spectroscopy)



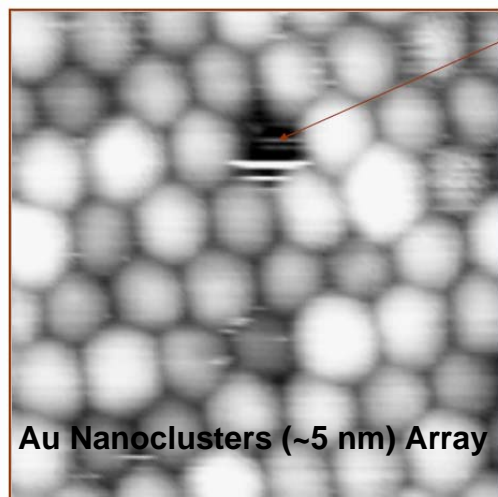
ED pattern of  
polycrystalline platinum



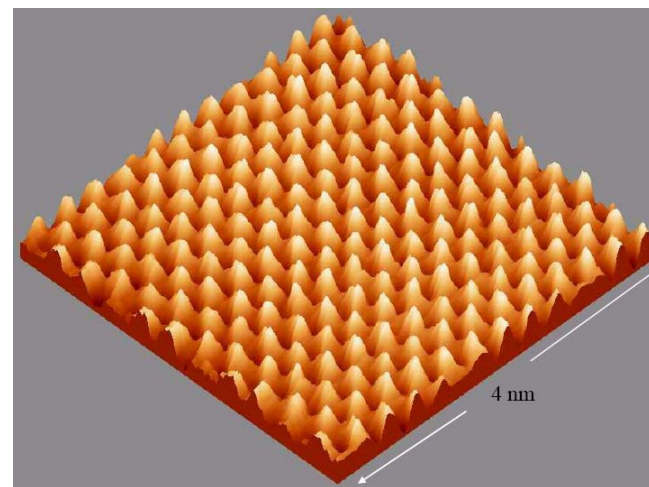
## Scanning tunneling microscope (STM) 1981

Es un instrumento poderoso para obtener la imagen del espacio real de una superficie

### Imágenes STM



El STM y las técnicas relacionadas son ampliamente utilizadas en la física, química, biología y ciencia de los materiales.

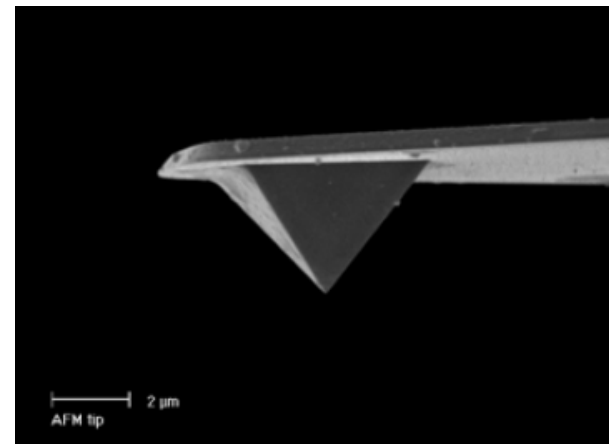
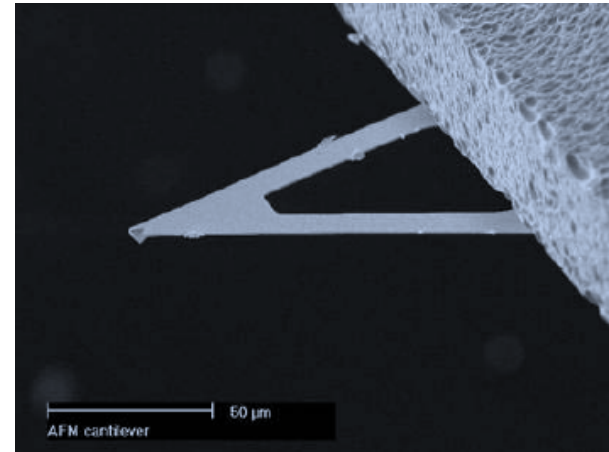


El STM también se utiliza para el estudio de las propiedades eléctricas de los materiales y para modificar la superficie a escala atómica.

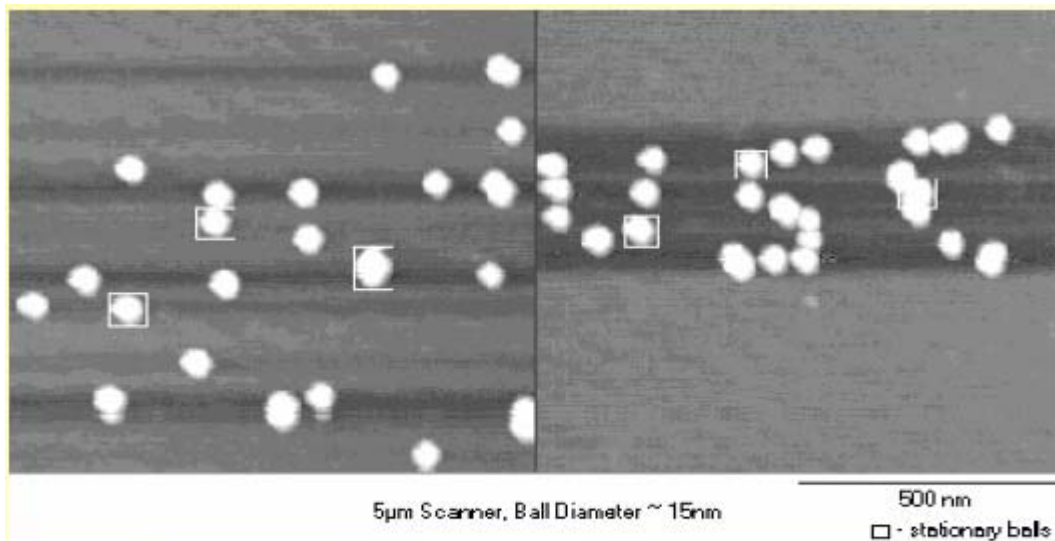
# Atomic Force Microscopy (AFM)

Atomic Force Microscope  
(AFM)

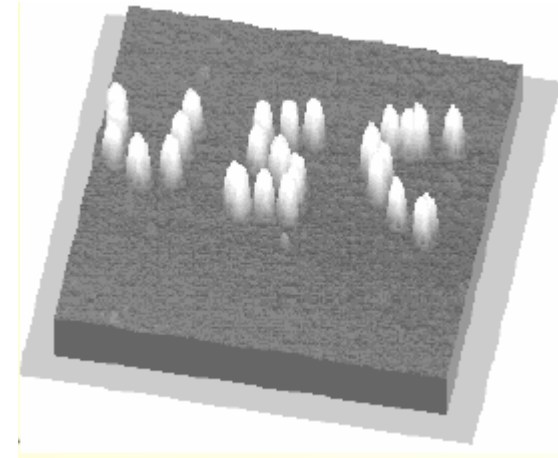
Digital Instruments (DI)  
Multimode /w Nanoscope III  
controller



## Nanomanipulation with the SPM



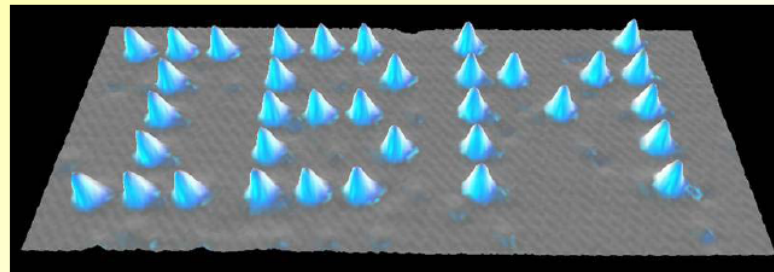
The initial pattern of 15 nm Au balls (left) and the "USC" pattern obtained by nanomanipulation (right).



The "USC" pattern viewed in perspective

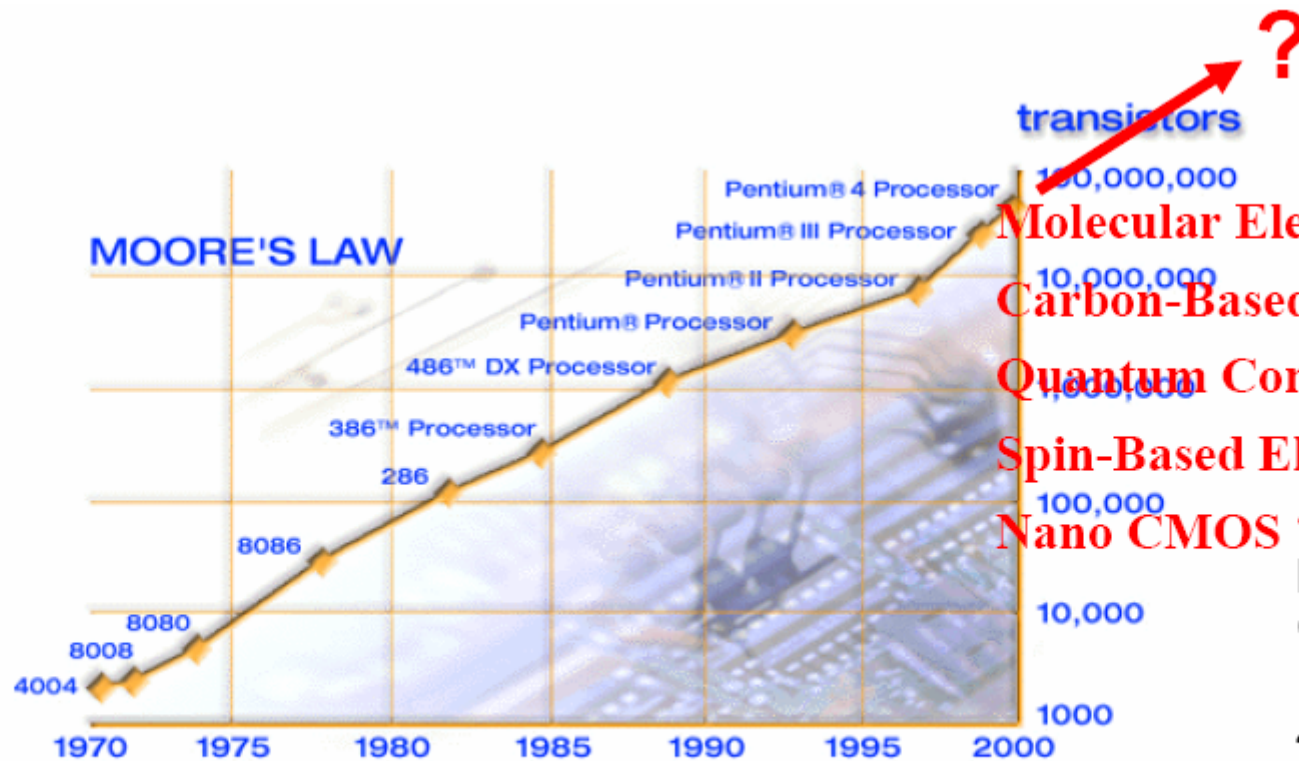
## Positioning single atoms with STM

- The magnitude and direction of the force, which the STM tip exerts on an adsorbate atom, may be tuned by adjusting the position and voltage of the tip → positioning single atoms
- Individual xenon atoms on a single-crystal nickel surface positioned by UHV STM at 4 K



## MAS DE 400 “NANOPRODUCTOS” EN EL MERCADO

- CNT-Composites, telas, puntas de AFM
- QD-Marcadores fluorescentes, Displaysplanos (OLEDs)
- Nanopartículas-Cremas, fotocopias, nanocomposites
- Herramientas –AFM, STM, Litografía
- Nanocapas magnéticas-Lectores de HD, memorias
- Nanodispositivos-Láser de 2 QW
- Nanopartículas magnéticas- Contraste MRI
- Nanorecubrimientos- Pinturas, Gafas de sol



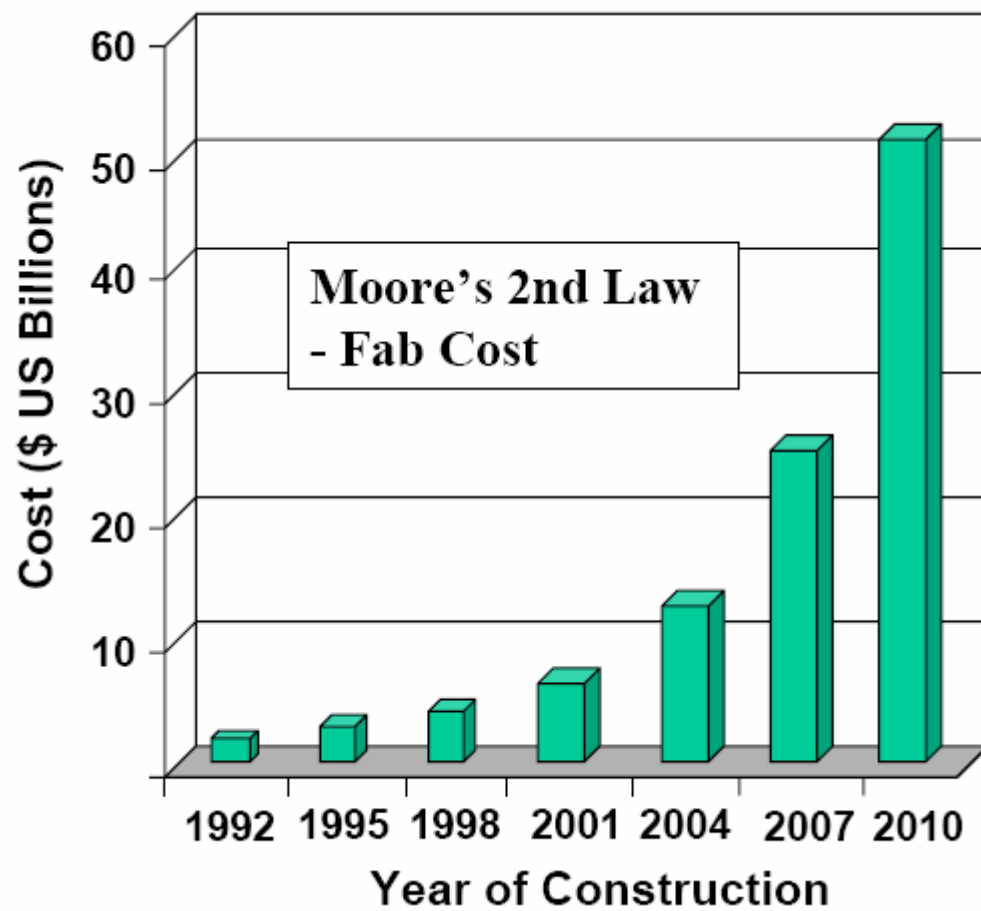
**Molecular Electronics ?**  
**Carbon-Based Electronic**  
**Quantum Computer ?**  
**Spin-Based Electronics ?**  
**Nano CMOS ?**

**Pentium 4**  
**processor**  
 (2000 year)

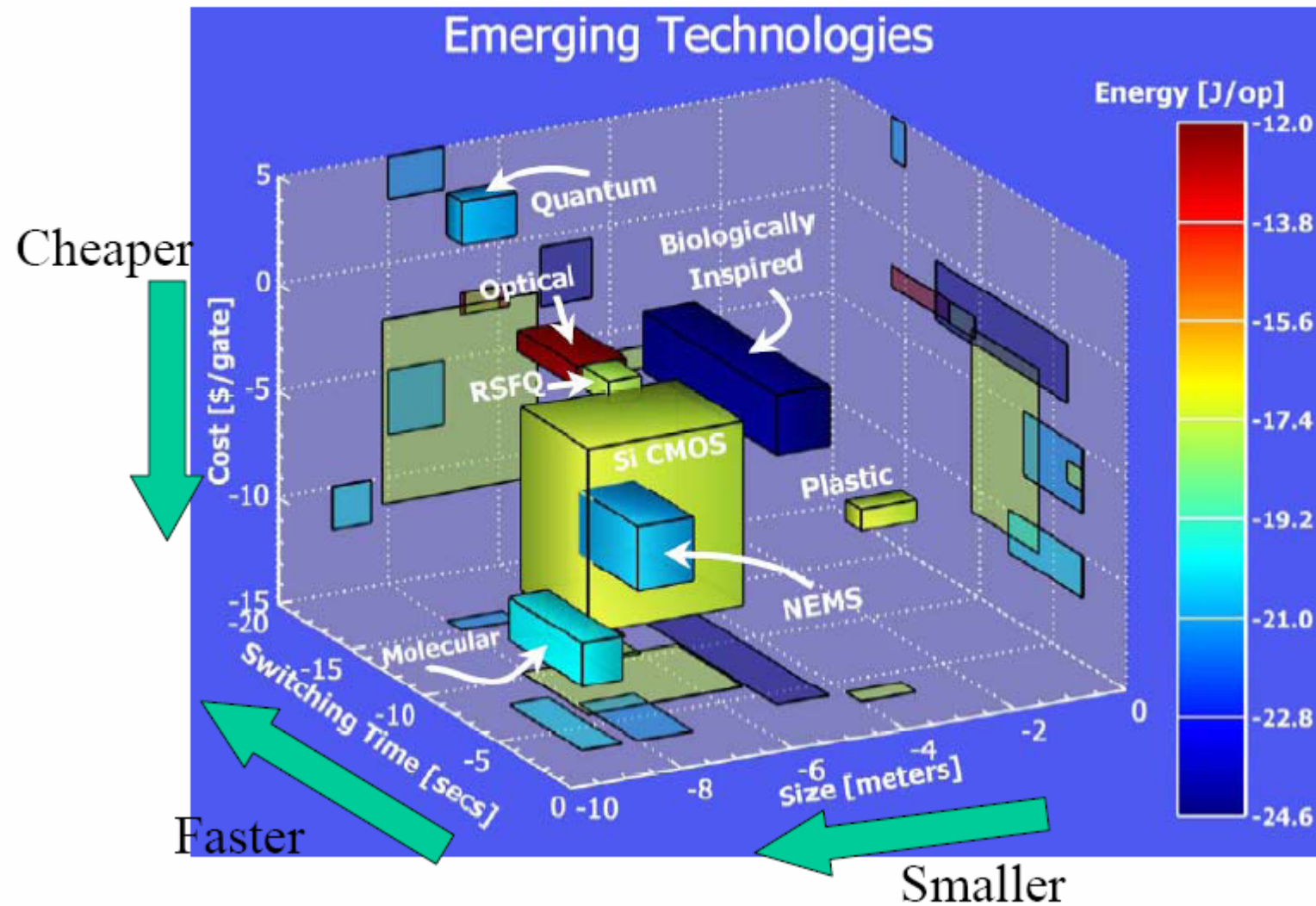
42,000,000  
 transistor

<http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm>





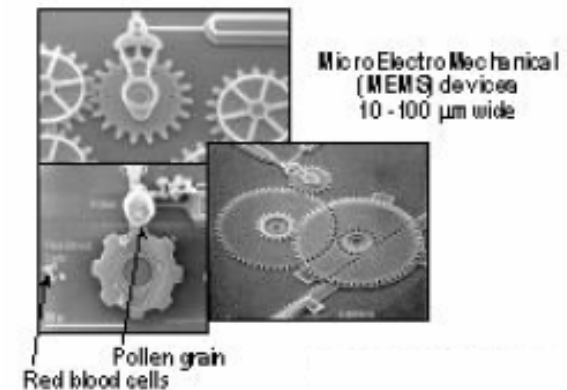
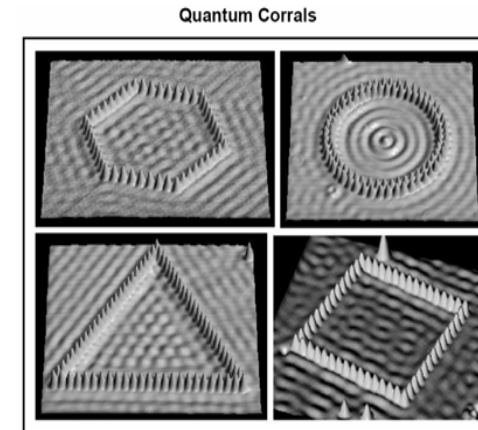
# Emerging Technologies – ITRS 2005



<http://public.itrs.net>  
(International Technology Roadmap for Semiconductor)

## Demandas:

- ❖ Reducción del tamaño de los componentes: de Micro a Nano
- ❖ Construcción de MEMS y NEMS basados en la nanotecnología
- ❖ Mayor precisión en la exactitud del maquinado
- ❖ Materiales nanoestructurados
- ❖ Manipulación 3D y ensamblaje
- ❖ Teorías para explorar el nano-mundo
- ❖ Teorías y métodos para resolver la diferencia entre modelo y práctica
- ❖ Utilización del fenómeno de autoorganización



**Impactos esperados**

## **ELECTRONICA –COMPUTACION –COMUNICACIONES**

- Computadoras mas rápidas y eficientes. Menor consumo energético. Computación cuántica?
- Tecnologías inalámbricas, pantallas planas, Memorias de Tb, Frecuencias de transmisión mas altas y anchos de banda mayores, sensores nanométricos integrados.
- Mercado que crecerá al 30-40 % anual.



## **MEDICINA E INDUSTRIA FARMACEUTICA**

- Rápido secuenciamiento de genomas y proteomas para diagnostico y terapia personalizada.
- Tratamientos con liberación local de medicamentos
- Monitoreo remoto de los pacientes, sensores que detectan la enfermedad emergente.
- Tejidos y órganos artificiales mas duraderos y resistentes al rechazo.

## **ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE**

- Soportes nanoporosos para catalizadores.
- Nanofiltros.
- Nanocomposites.
- Baterías.
- Celdas solares mas eficientes
- Iluminación de alta eficiencia con LEDs.
- Almacenamiento seguro de hidrogeno.
- Fotosíntesis artificial.

## **SECTOR AUTOMOTRIZ**

Se espera

- disminuir el peso, el consumo de combustible y la contaminación producida por los vehículos
- aumentar la seguridad,
- duraderos mediante el uso de nanocomposites de base polimérica, metálica o cerámica, convertidores catalíticos, lubricantes sólidos y mejores sistemas electrónicos.

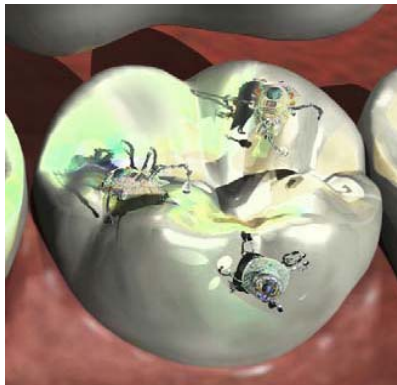
Se cuenta con estudios detallados acerca del uso presente y futuro de Nanomateriales en carrocerías, motores, pinturas y recubrimientos, suspensión y frenos, gomas, escape, etc.

## NANOSUEÑOS:

Fabricar objetos macroscópicos ensamblando moléculas.

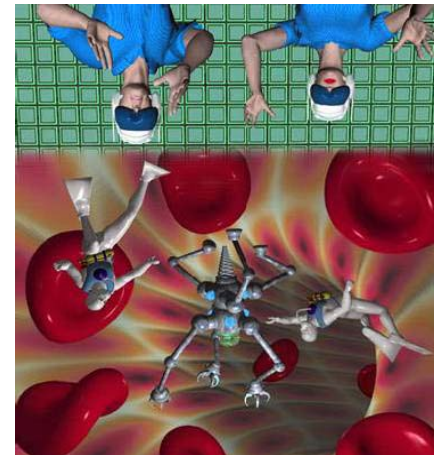


## NANOROBOTS



## NANOAMENAZAS

1. CONTAMINACIÓN.
2. TOXICIDAD.
3. AUTOREPLICACIÓN
4. USO MILITAR.
6. OTROS USOS NO ÉTICOS



# Development of Technologies

