

Nuevos Materiales Poliméricos Nanoestructurados

Enrique Giménez Torres

Universidad Politécnica de Valencia

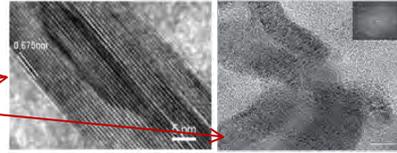
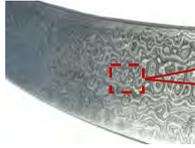
XIII JORNADA DE MATERIALES DE LA
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

INDICE

-  INTRODUCCIÓN
-  POLIMEROS NANOESTRUCTURADOS
-  NANOESTRUCTURAS OBTENIDAS MEDIANTE AUTOENSAMBLADO
-  TIPOS DE NANOPARTÍCULAS
-  POLIMEROS CON MEMORIA DE FORMA
-  APLICACIONES CON GRAFENO



Espada Damasco



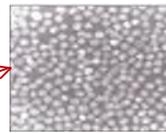
Nanocementita (Fe_3C)

Nanotubos de carbono (MWNT)

NATURE Vol 444/16 November 2006
Cryol. Res. Technol. 40, No. 9, 905 – 916 (2005)



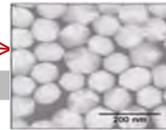
The New York Times; Glass Museum, Britain.



Nanopartículas de oro

Size: 25 nm
Shape: sphere
Color reflected: 

100 nanometers = 0.0001 millimeter



Nanopartículas de plata

Size: 100 nm
Shape: sphere
Color reflected: 

100 nanometers = 0.0001 millimeter

Investigadores da la Universidad de Victoria (Nueva Zelanda) han creado una variedad de colores en la lana variando el contenido de nanopartículas de oro y plata.



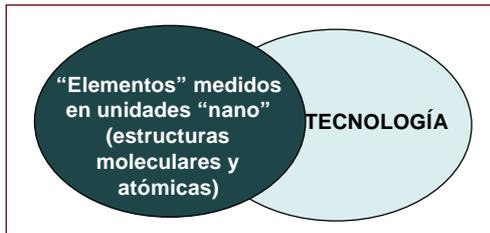
El color de la lana depende del tipo de metal empleado, tamaño de las nanopartículas, y en algunos casos, de su forma



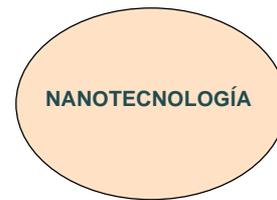
Introducción

La palabra **NANOTECNOLOGIA** hace referencia a la integración de diferentes disciplinas científicas capaces de crear y desarrollar nuevos materiales, estructuras funcionales y aparatos a escala nanométrica.

AHORA



FUTURO



Se espera que sea una de las más importantes tecnologías emergentes del siglo XXI

- El gobierno USA ha gastado 3,7 billones \$ en nanotecnología I+D (2005-2008)
- La UE espera gastar una cantidad igual en nano I+D (2007-2013)

Fuente: Applied Sciences, Inc.



INDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 POLIMEROS NANOESTRUCTURADOS
- 3 NANOESTRUCTURAS OBTENIDAS MEDIANTE AUTOENSAMBLADO
- 4 TIPOS DE NANOPARTÍCULAS
- 5 POLIMEROS CON MEMORIA DE FORMA
- 6 APLICACIONES CON GRAFENO

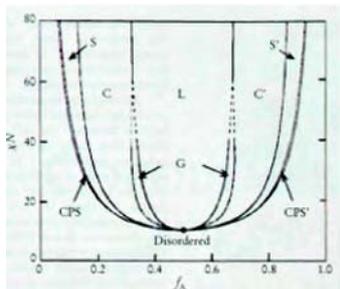


Nos referimos a un material nanoestructurado cuando:

- El material está constituido por partículas primarias nanométricas y presentan una elevada uniformidad (homogeneidad) de tamaños, estructuras, etc.
- Estas nanopartículas primarias dan lugar a estructuras secundarias ordenadas (denominadas nanoestructuras)

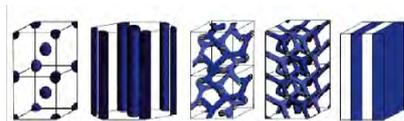
Materiales nanoestructurados con arquitectura controlada:

- copolímeros de bloque e injerto
- micelas de micro- y compuestos macromoleculares
- polímeros funcionales
- materiales con adición de nanopartículas
- estructuras supramoleculares



Copolimerización en bloque ha atraído una gran atención en la fabricación de materiales nanoestructurados, ya que la tecnología de auto-ensamblado permite obtener morfologías bien definidas a escala nanométrica

Matsen y Bates, *Macromolecules* 1996, 29, 1091



Copolimerización en bloque puede dar lugar a nanoestructuras debido a su separación de microfases única

PROYECTO BIOSMART (MAT2010-21494-C03)

PDLLA

- ✓ biocompatible y biodegradable
- ✓ amorfo

PCL

- ✓ biocompatible y biodegradable
- ✓ carácter hidrofóbico
- ✓ alta cristalinidad

Poly(DL-lactide-co-caprolactone)

PDLA-PCL 86-14 mol % - COMM1

- T_m = 31 °C
- T_g = 16 °C

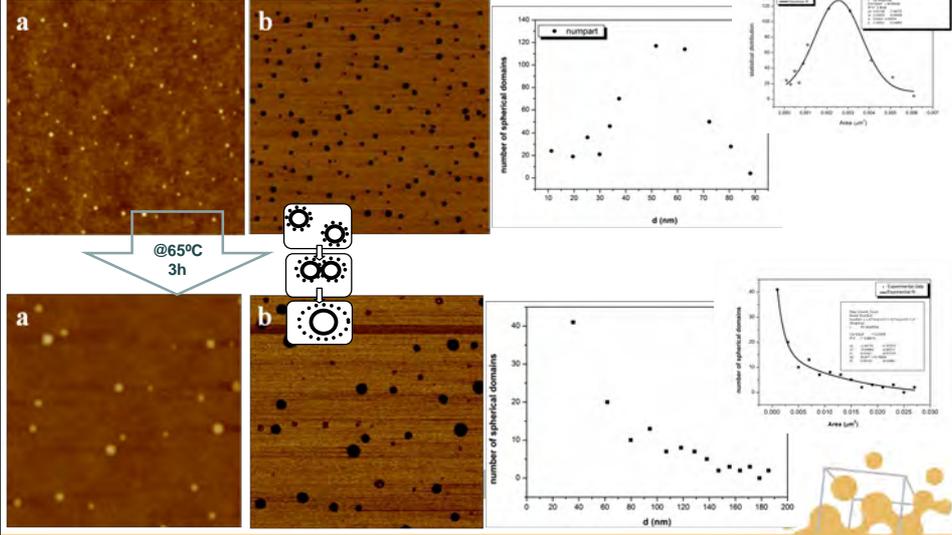
Poly(DL-lactide-co-caprolactone)

PDLA-PCL 40-60 mol % - COMM2

- T_m = 31 °C
- T_g = -39 °C

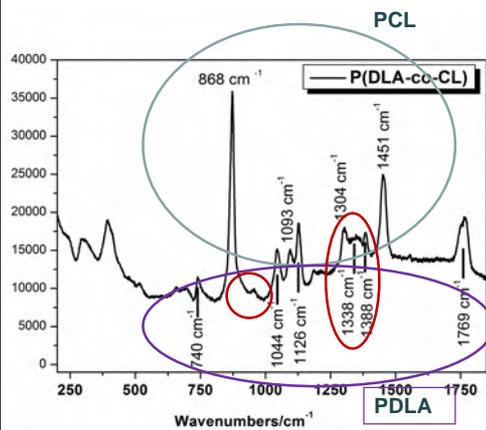
AFM

PDLA-PCL 86-14 mol % - COMM1



PDLA-PCL 86-14 mol % - COMM1

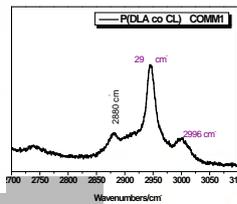
RAMAN

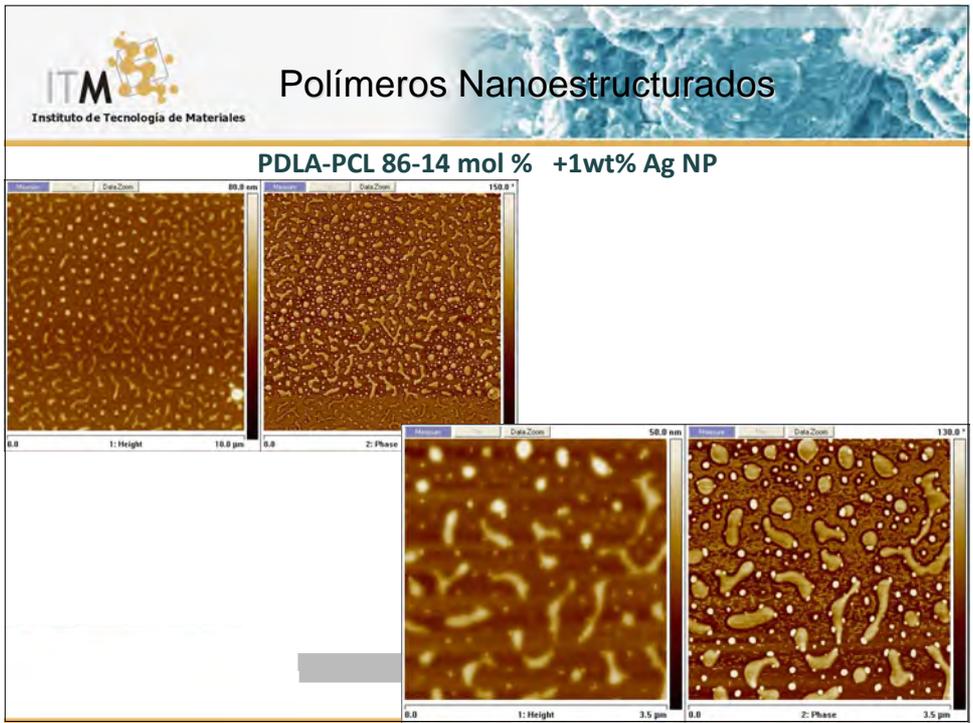
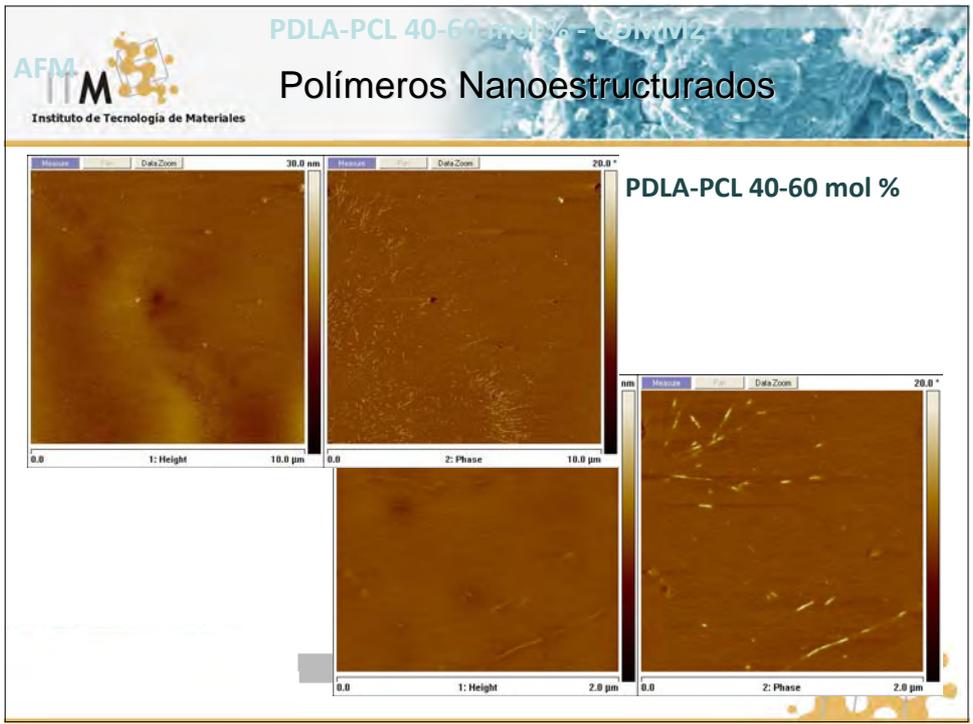


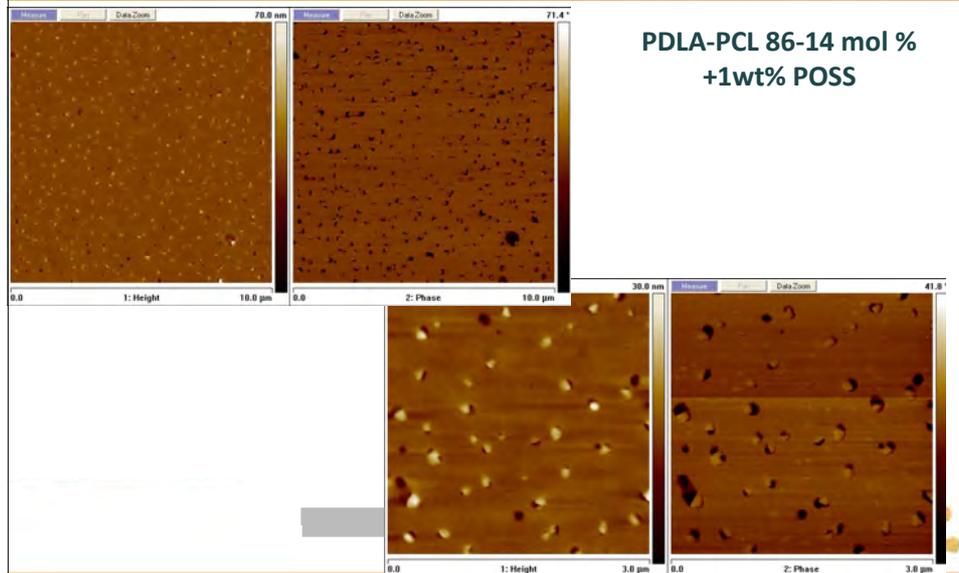
Estado amorfo: presencia de un marcado pico a 868 cm^{-1} , y la ausencia del 1107 y 912 cm^{-1}

Semicristalino PCL: 1720 cm^{-1} ; 1470-1415 cm^{-1} ; 1303-1281 cm^{-1} ; 1107-1033 cm^{-1} ; 956 cm^{-1} ; 912 cm^{-1}

CH stretching region







INDICE

- INTRODUCCIÓN
- POLIMEROS NANOESTRUCTURADOS
- NANOESTRUCTURAS OBTENIDAS MEDIANTE AUTOENSAMBLADO
- TIPOS DE NANOPARTÍCULAS
- POLIMEROS CON MEMORIA DE FORMA
- APLICACIONES CON GRAFENO

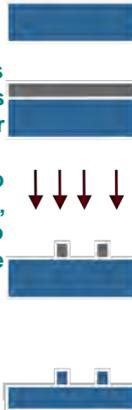


Metodologías de Obtención de Objetos Nanoestructurados

TOP-DOWN

División de objetos micro o macroscópicos en otros de menor dimensión.

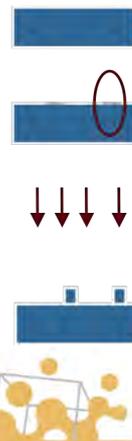
- Grinding (o molido mecánico), litografía, emulsificación, estirado controlado de superficies fluidas



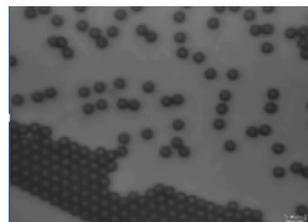
BOTTOM-UP

Los átomos o las moléculas se van ensamblando uno a uno.

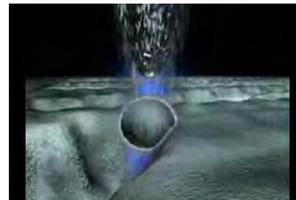
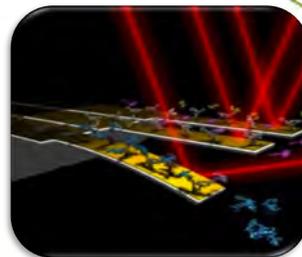
- Combustión, SOL-GEL, CVD (Chemical Vapor Deposition), Self Assembly, Síntesis Química de suspensiones coloidales, Litografía (DPN)



BOTTOM UP



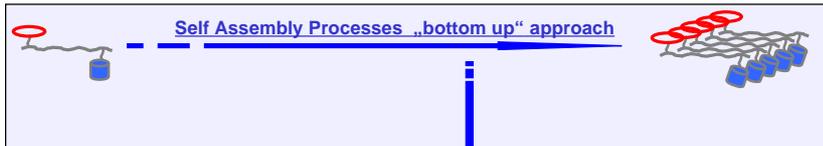
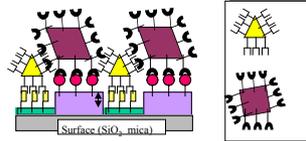
Colloidal particles self-assembling



TOP DOWN

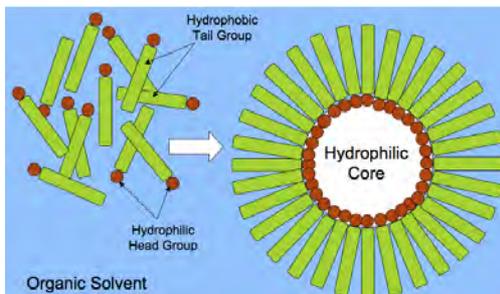
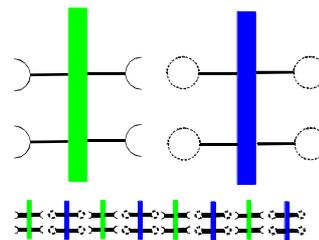
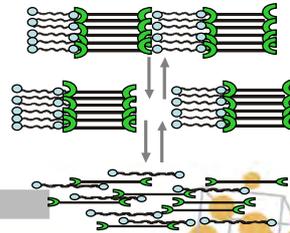
2D

- ordenamiento 2D de estructuras (sub 100 nm)
- Unión selectiva de nanopartículas



3D

- Ordenamiento 3D
- Formación de nanoestructuras controladas

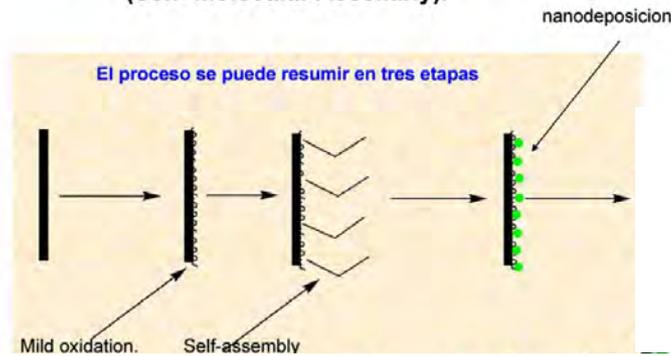


Autoensamblado



Activación y Modificación de superficies mediante autoensamblado

Esquema general del proceso SAM (Self-Molecular Assembly).



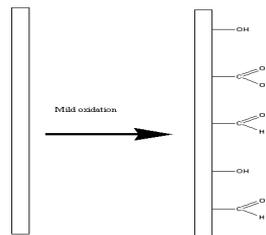
Activación y Modificación de superficies mediante autoensamblado

1ª Etapa: Oxidación

La oxidación suave del polímero produce grupos funcionales en la superficie, como hidroxilos, aldehídos o grupos carboxílicos

Cuando la superficie está funcionalizada es posible activarla mediante tecnología de autoensamblado

Esta etapa es crítica para evitar la degradación de la superficie



nanohole

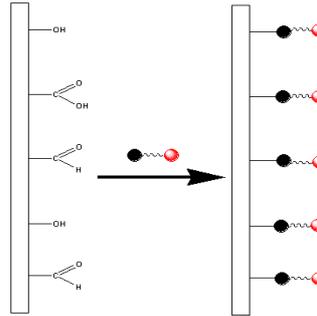
Activación y Modificación de superficies mediante autoensamblado

2ª Etapa: Auto-ensamblado

Durante el proceso de oxidación se han formado grupos que proporcionan sitios activos para el auto-ensamblaje de moléculas que presenten grupos funcionales adecuados

La tecnología se basa en la formación enlaces covalentes

Las moléculas bifuncionales son compuestos organo-metálicos con grupos funcionales adecuados



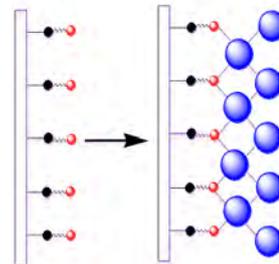
Activación y Modificación de superficies mediante autoensamblado

3ª Etapa: Nanomodificación

Las nanopartículas se depositan formando una monocapa sobre la superficie del polímero. El espesor de esta capa es de 5 a 20nm similar al de las partículas

Parámetros importantes:

- Disolvente, concentración del baño, tipo de molécula bifuncional, tiempo, temperatura, etc.





❖ Resistencia al rayado en barnices

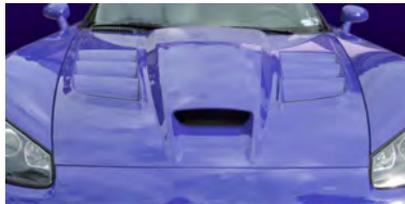
Composición	Dureza Pezoz	Taber Lineal	%
IRL4869	86	Raya 350	
8.0% II-CaCO ₃	81	Raya 500	-6
0.25% n-SiO ₂	162.5	Raya 1250	89
0.1% n-SiC	210	Raya 1250	144



TABER LINEAR ABRASER
MODEL 5750



Coatings para superficies poliméricas con **resistencia al rayado** mejorada basados en nano-óxidos mediante tecnología de *auto-ensamblaje molecular* (*molecular self-assembly*)



nanoSCRATCH



1990-2010
20
ANIVERSARIO

AIMPLAS
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DEL PLÁSTICO

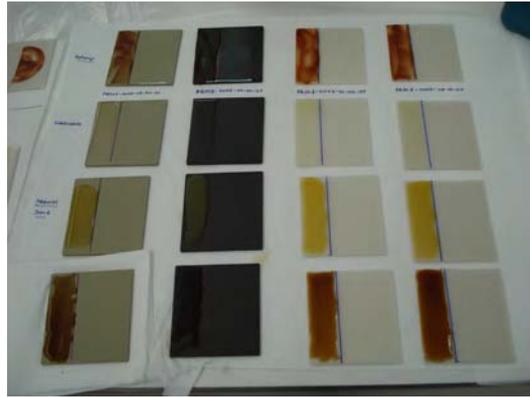
<http://www.aimplas.es/proyectos/nanoscratch>

avanzare

nanomaterials ... part of our everyday life



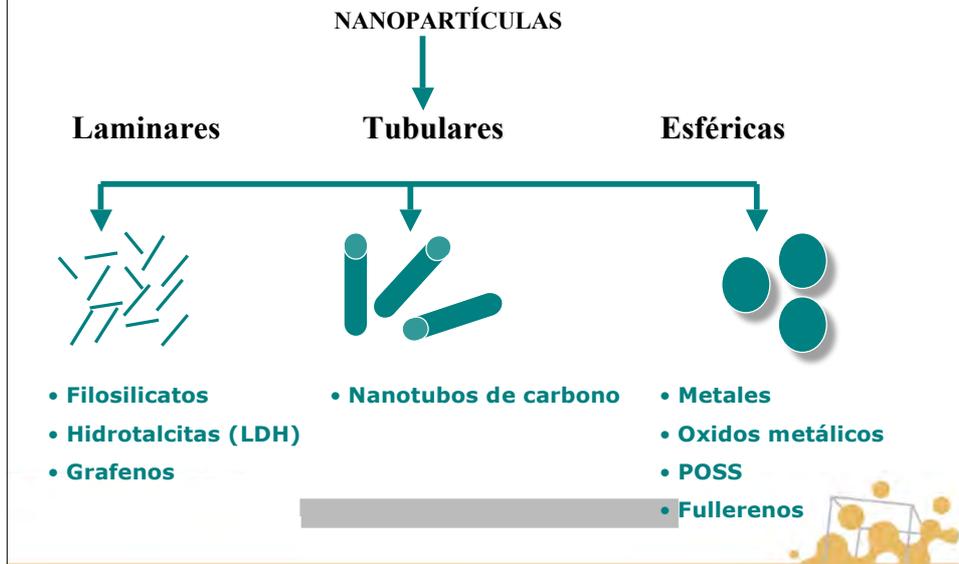
❖ Superficies antimanchas



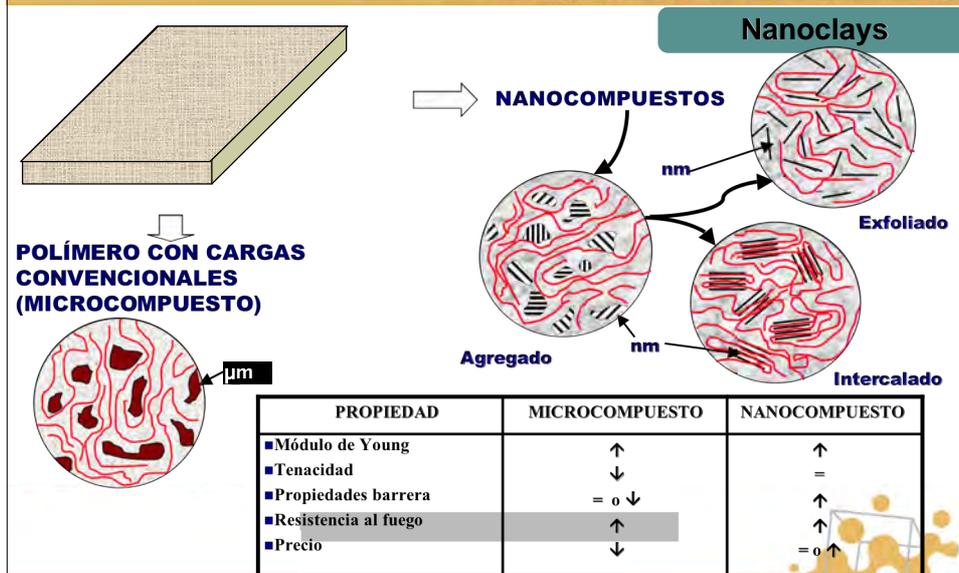
INDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 POLIMEROS NANOESTRUCTURADOS
- 3 NANOESTRUCTURAS OBTENIDAS MEDIANTE AUTOENSAMBLADO
- 4 TIPOS DE NANOPARTÍCULAS
- 5 POLIMEROS CON MEMORIA DE FORMA
- 6 APLICACIONES CON GRAFENO

Tipos de Nanopartículas



Tipos de Nanopartículas



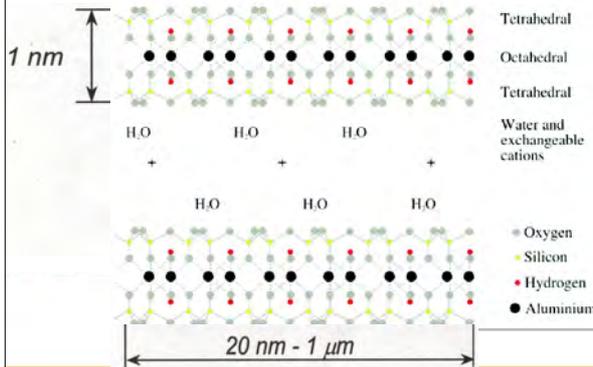
Tipos de Nanopartículas

Montmorillonita, hectorita y saponita son los silicatos laminares (2:1) más comúnmente empleados. La fórmula química de cada filossilicato aparece en la siguiente tabla:

M = catión monovalente
 x = grado de sustitución isomórfico
 (entre 0,5 y 1,3).

2:1 Phyllosilicate	General formula
Montmorillonite	$M_x(Al_{4-x}Mg_x)Si_8O_{20}(OH)_4$
Hectorite	$M_x(Mg_{6-x}Li_x)Si_8O_{20}(OH)_4$
Saponite	$M_xMg_6(Si_8-xAl_x)O_{20}(OH)_4$

Nanoclays



Fuente Southern Clay

Tipos de Nanopartículas

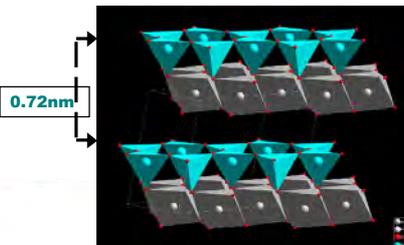
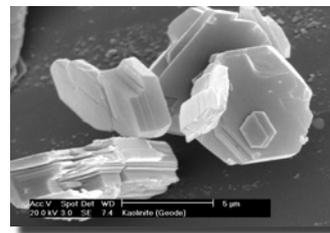
Caolinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$)

- Filossilicato (1:1)
- Muy común en la naturaleza
- Bilaminares: Capa octaédrica de Gibbsita + Capa tetraédrica de SiO_4
- Estructura asimétrica. Puentes de hidrógeno → Alta interacción
- Precisa tratamiento superficial

TETRAEDRICA

OCTAEDRICA

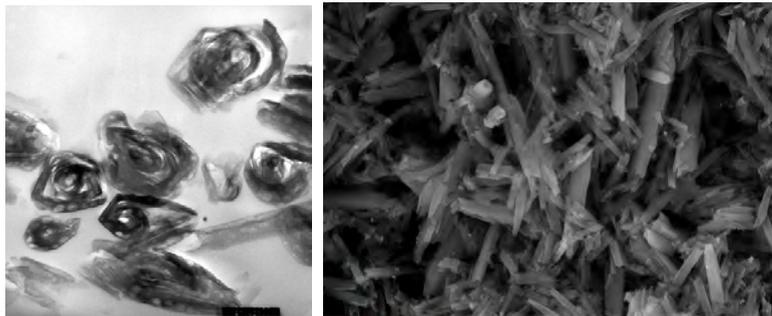
Nanoclays



Las capas están ordenadas formando un apilamiento de laminillas con una separación regular entre ellas denominada "galería interlaminares".

Nanoclays

Halloisita filossilicato en forma tubular que tiene un diámetro típico entre 40-200 nm y una longitud de 0,5-10 μm



Fuente

naturalnano

Resumen de características de algunas arcillas laminares

Mineral	Tipo	Características de la galería interlaminares	CEC [cmol/kg]	Hinchamiento potencial	Superficie específica [m ² /g]	Espaciado basal [nm]
Caolinita	1 : 1 (no expande)	Fuerte adhesión	3 - 15	Casi nada	5 - 20	0.72
Montmorillonita	2 : 1 (expande)	Adhesión muy débil, gran expansión	80 - 150	Alta	700 - 800	0.98 - 1.8
Vermiculita	2 : 1 (expande)	Débil adhesión, gran expansión	100 - 150	Alta	500 - 700	1.0 - 1.5
Mica	2 : 1 (no expande)	Fuerte adhesión	10 - 40	baja	50 - 200	1.0
Halloisita	1:1	Fuerte adhesión	10-40	Casi nada	6-60	

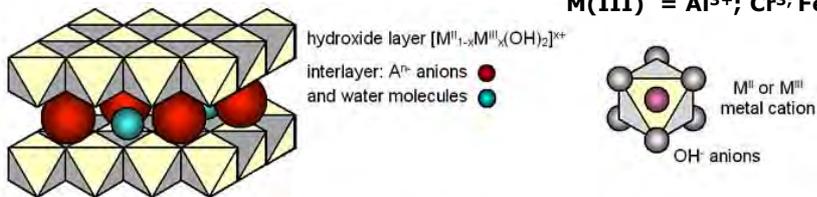
Estructura laminar (tipo brucita):

Hidróxidos Dobles Laminares

Iones de metales M(II) y M(III) rodeados por iones OH⁻ dando lugar a octaedros que forman innumerables capas apiladas unidas entre sí por enlaces iónicos y/o fuerzas de Van der Waals. La estructura global está compuesta por el apilamiento de estas capas, intercalando especies aniónicas y moléculas de agua.

M(II) = Mg²⁺; Ni²⁺; etc.

M(III) = Al³⁺; Cr³⁺; Fe³⁺; etc.



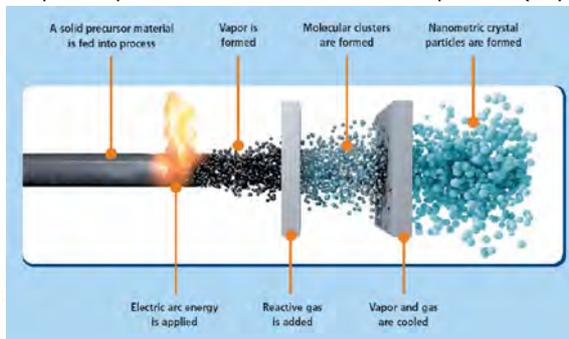
Hidrotalcita: $[M^{II}_{1-x}M^{III}_x(OH)_2]^{x+} [A^{n-} \cdot nH_2O]$ intercalada

Uno de los métodos más empleado para la síntesis de LDHs se basa en la **precipitación** de soluciones que contienen las mezclas de sales de M(II) y M(III)

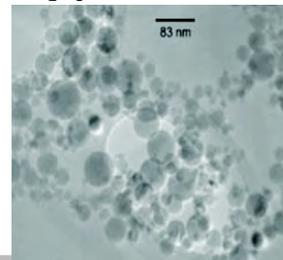
Metales, Oxidos Metálicos

Nanopartículas de óxidos metálicos son actualmente aisladas en forma de aglomerados, normalmente con tamaños de 1.000 nanómetros y comportamiento similar a los polvos convencionales.

Esquema proceso de síntesis mediante plasma (*Physical Vapor Synthesis*)



Al₂O₃; ZnO; MgO; TiO₂
Fe₂O₃

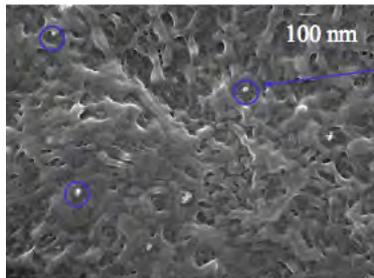


Fuente Nanophase Technologies

Tipos de Nanopartículas

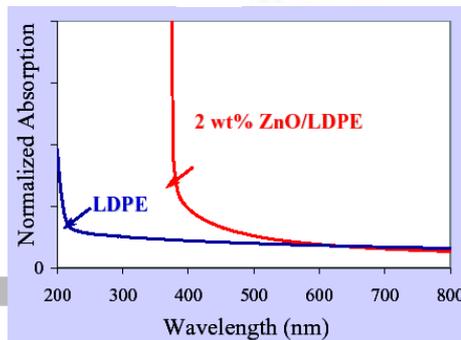
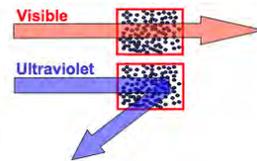
Metales, Oxidos Metálicos

Nanopartículas pueden actuar bloqueando la radiación UV sin afectar a la radiación visible



2 % peso de nanopartículas ZnO en LDPE

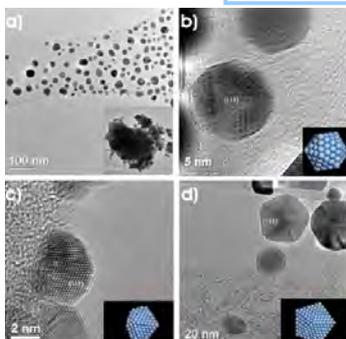
Nanopartículas ZnO
Tamaño medio = 38 nm



Tipos de Nanopartículas

Nanopartículas de Plata han sido ampliamente investigadas debido a su potencial aplicación en catálisis, bioquímica y medicina

Los compuestos que desprenden iones Plata, y en particular nanopartículas de plata, han recibido un gran interés en los últimos años debido a su capacidad para **desprender iones de plata** de una manera controlada. Potente **actividad antibacteriana** contra una amplio espectro de bacterias



Imágenes deTEM de diferentes morfologías de nanopartículas de plata

- (b) partícula icosaédrica
- (c) Partícula girada
- (d) Partícula decaédrica vista en la dirección [100]

(*Nanotechnology* 16 (2005) 2346–2353)

Metales, Oxidos Metálicos

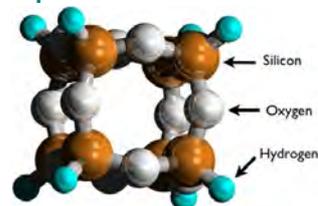
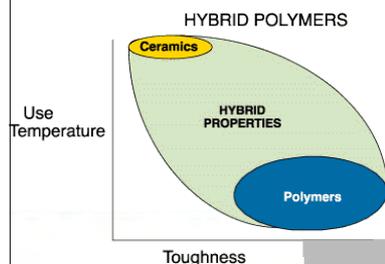
Nanocompuesto PP-Antimicrobiano:
Nano-Ag



Polyhedral oligomeric silsesquioxanes

POSS

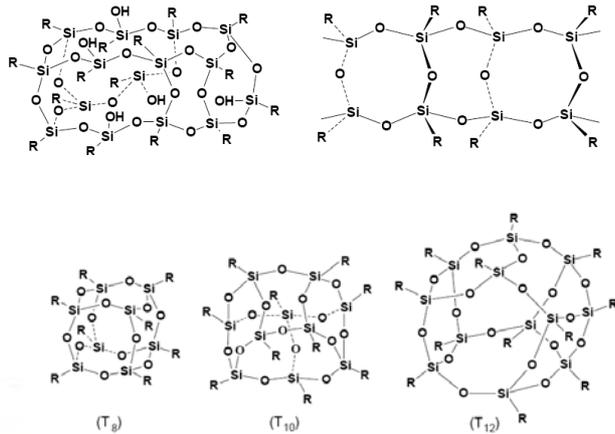
- El nombre de silsesquioxane proviene de “sesqui”, que significa uno y un medio
- La fórmula general: $(\text{RSiO}_{1.5})_n$ - 1.5 oxígenos por cada átomo de silicio
- El sufijo “ane” representa un grupo (hidrocarbono), R
- El término polyhedral indica la naturaleza poliédrica del núcleo $(\text{RSiO}_{1.5})$



La composición química del híbrido POSS $(\text{RSiO}_{1.5})$ es intermedia entre la de la sílice (SiO_2) y la de la silicona (R_2SiO) .

Polyhedral oligomeric silsesquioxanes

POSS



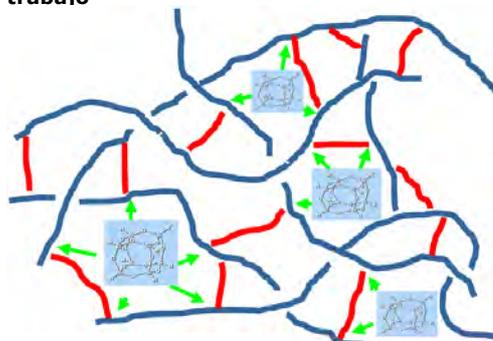
- Estructura híbrida robusta (térmica y químicamente)
- Tamaño nanométrico con distancias Si-Si de 0,5 nm
- Posibilidad de incorporar grupos reactivos afines al polímero matriz

Polyhedral oligomeric silsesquioxanes

POSS

- La incorporación de partículas de POSS en redes poliméricas para formar nanocompuestos a menudo conduce a un dramático incremento en las propiedades del polímero:

- Incremento de la temperatura de trabajo
- Resistencia a la oxidación
- Endurecimiento superficial
- Incremento resistencia mecánica
- Mejora de las propiedades de resistencia al fuego



Tipos de Nanopartículas

Configuraciones de grafeno

2D
Grafeno

- ❑ Disposición hexagonal (2D) de átomos de carbono
- ❑ Configuración de átomos base para C-60 (buckyballs), nanotubos, y grafito
- ❑ Enlace con mayor resistencia en la naturaleza

0D
Fulereno

1D
Nanotubo

3D
Grafito

A K Geim & K S Novoselov The rise of graphene *Nature Materials Vol 6* 183-191 (March 2007)

Tipos de Nanopartículas

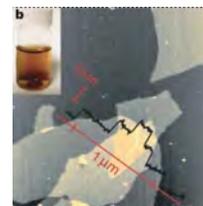
2004.- Primera vez que se logró aislar una lámina de grafeno (grupo Prof. Geim Universidad Manchester)



Andre Geim Konstantin Novoselov

Premio Nobel en Física 2010

A pesar de que la adhesión sobre la cinta deja varias capas juntas, las atracciones de van der Waals permiten delaminar una única lámina



Observación láminas individuales de grafeno mediante AFM

Espesor: 0,34 ~100nm

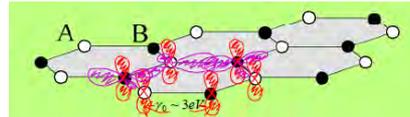
Longitud/anchura (promedio): 0,3 ~10μm

K.S. Novoselov, et al; *Science* 306, 666 (2004)

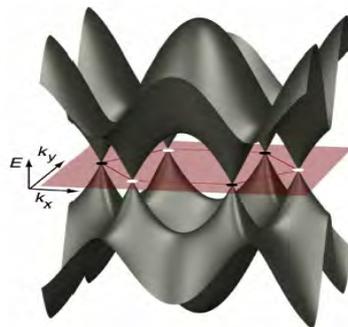
Geim & Novoselov - *Nature Materials* 6, 183 (2007)

Grafeno

- ✓ El carbono tiene 4 electrones en su capa más externa
- ✓ Los fuertes enlaces direccionales con hibridación sp^2 determinan su estructura laminar en forma de celdillas hexagonales



**Banda
Conducción**



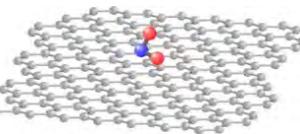
**Banda
Valencia**

Grafeno es un semiconductor bidimensional (cuyo barrera energética tiende a cero) con dispersión lineal de electrones en la banda de conducción y de valencia

Grafeno

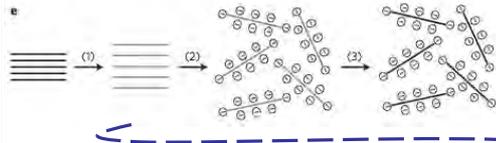
Propiedades del Grafeno

- ✓ Alto módulo de Young ~ 1,000 GPa
- ✓ Barrera efectiva a gases
- ✓ Grafeno se comporta como un semimetal, puede conducir tan bien como los mejores metales, aunque sus propiedades eléctricas pueden modularse (ON -OFF)
- ✓ Conductividad eléctrica similar al cobre
- ✓ Densidad es 4 veces menor que para el cobre
- ✓ Conductividad térmica es 5 veces mayor que la del cobre
- ✓ Esencialmente se identifica como un nanotubo de carbono extendido. Área superficial elevada ~2500m²/g
- ✓ Tiene una densidad menor que el acero pero puede llegar a ser 50 veces más resistente



Rutas de Obtención de Grafeno

➤ Reducción a partir de derivados del grafeno

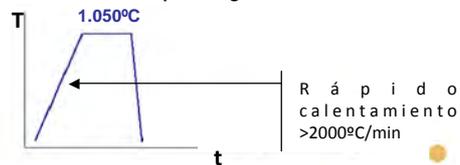


✓ Ruta química para producir una suspensión acuosa de óxido de grafeno reducido (*)

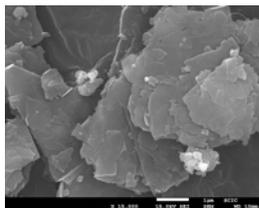
* S. Stankovich, et al; *Nature* 442, 282 (2006)

1. Oxidación del grafito para sintetizar óxido de grafeno en presencia de ácidos fuertes y oxidantes (métodos Hummer, Brodie, Staudenmaier)
2. Exfoliación del óxido de grafeno en agua mediante aplicación de ultrasonidos sobre el óxido de grafeno
3. Reducción controlada de las láminas de óxido de grafeno mediante hidrazina para obtener una suspensión coloidal

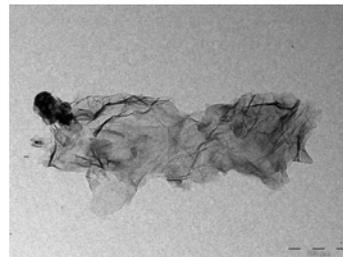
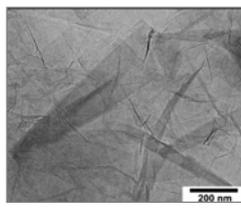
✓ Ruta tratamiento térmico: produce la exfoliación y reduce el óxido de grafeno, dando lugar a un polvo negro



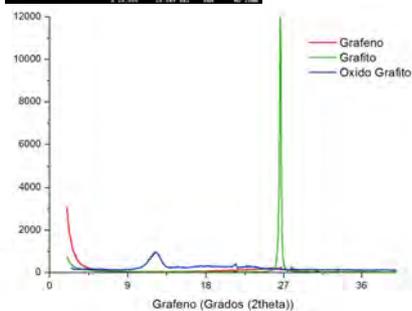
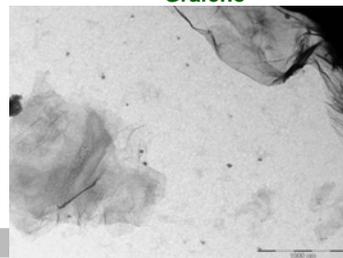
Grafito



Oxido Grafito



Grafeno



❖ Resumen de características de nanocargas carbonosas versus arcillas

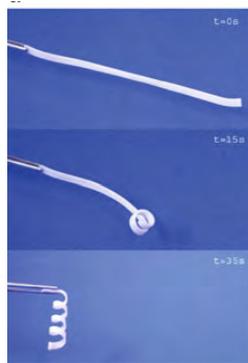
	Arcilla exfoliada	Nanotubos de Carbono	Nanoláminas de grafeno
Estructura Física	Laminar ~1nm x100nm	Tubular ~1nm x100nm	Laminar ~1nm x100nm
Estructura Química	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO K ₂ O, Fe ₂ O ₃	Grafeno	Grafeno
Módulo de Young	~0,17 TPa	1,0 ~ 1,7 TPa	~ 1,0 TPa
Resistencia a Tracción	~1GPa	~180GPa	10 ~ 20GPa
Resistividad Eléctrica	10 ¹⁰ – 10 ¹⁶ Ω cm	~ 50x10 ⁻⁶ Ω cm	~ 50x10 ⁻⁶ Ω cm
Conductividad Térmica	6,7x10 ⁻¹ W/mK	Conductor 3000 W/m K	Conductor 3000 ~5000 W/m K
Coefficiente de Expansión Térmica	8 ~ 16x10 ⁻⁶	-1x10 ⁻⁶	-1x10 ⁻⁶
Densidad (g/cm ³)	2,8 ~ 3,0	1,2 ~ 1,4	~2,0
Coste	10~ 20 \$ /Kg	SWCNT ~ 100 \$ / g MWCNT ~ 300\$/Kg	18~ 22 \$ /Kg

INDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 POLIMEROS NANOESTRUCTURADOS
- 3 NANOESTRUCTURAS OBTENIDAS MEDIANTE AUTOENSAMBLADO
- 4 TIPOS DE NANOPARTÍCULAS
- 5 POLIMEROS CON MEMORIA DE FORMA
- 6 APLICACIONES CON GRAFENO

¿Efecto de memoria de forma (SME)?

Capacidad de un material de recuperar su forma original a partir de una deformación aparentemente plástica al aplicar un estímulo determinado



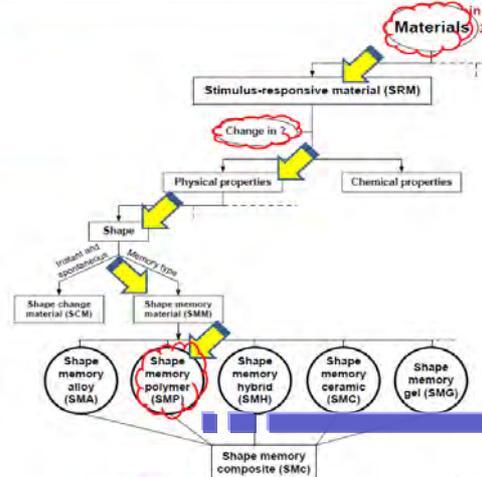
Estado deformado fijado. "forma temporal"

Aplicación de un estímulo externo

Recuperación de la "forma permanente"



Pueden deformarse y quedar fijos con una "forma temporal", pudiendo recuperar su "forma permanente" (inicial) al ser expuestos a un determinado estímulo externo.



Los SMPs pueden clasificarse según

Tipo de estímulo externo

- Temperatura
- pH
- Luz (fotosensibles)
- Campo eléctrico
- Campo magnético



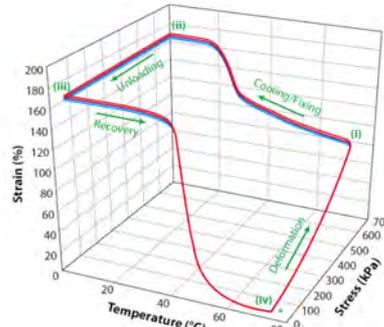
Mecanismo para el SME en SMPs

Sistema de dominios o “fases” con dos tipos de segmentos.

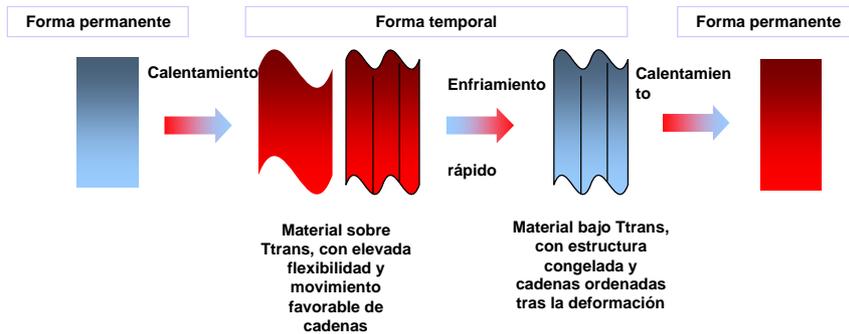
1. Segmento elástico → Duro y elástico
2. Segmento de transición; → Blando y dúctil

Estimulo de activación del SME más habitual es el Térmico;

Existe una **temperatura de transición** (T_{trans}) que activa el efecto y puede ajustarse a voluntad siendo habitualmente T_g o T_m .

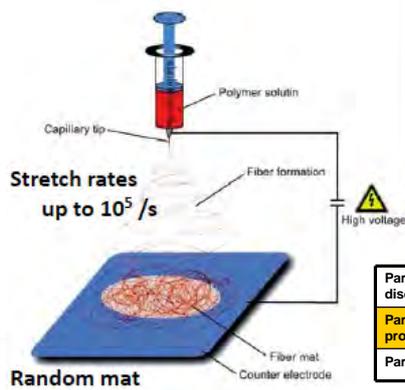


P. T. Mather et al.; *Annu. Rev. Mater. Res.* (2009) 39:445–71



Obtención de nanofibras con SME mediante Electrospinning

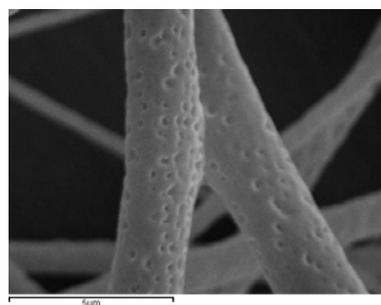
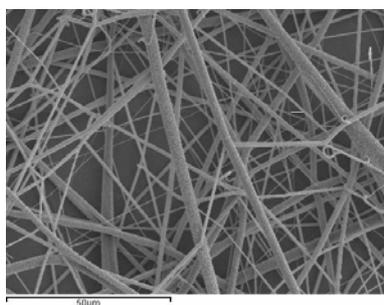
La aplicación de un voltaje elevado produce una inestabilidad “cono Taylor” y se genera una nanofibra cuando se supera la tensión superficial en la punta del capilar.



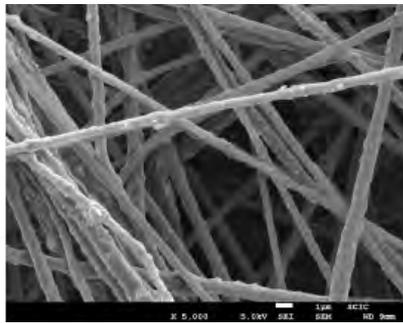
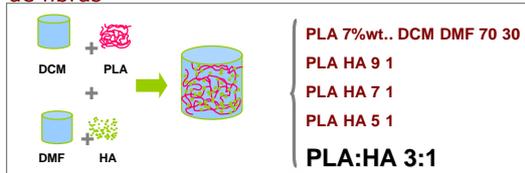
Parámetros de la disolución	Concentración, viscosidad, peso molecular, conductividad y tensión superficial
Parámetros de procesado	Voltaje, distancia boquilla-colector, ratio de alimentación
Parámetros ambientales	Humedad, temperatura

Nanofibras de PLA

Dificultad con la elección del disolvente

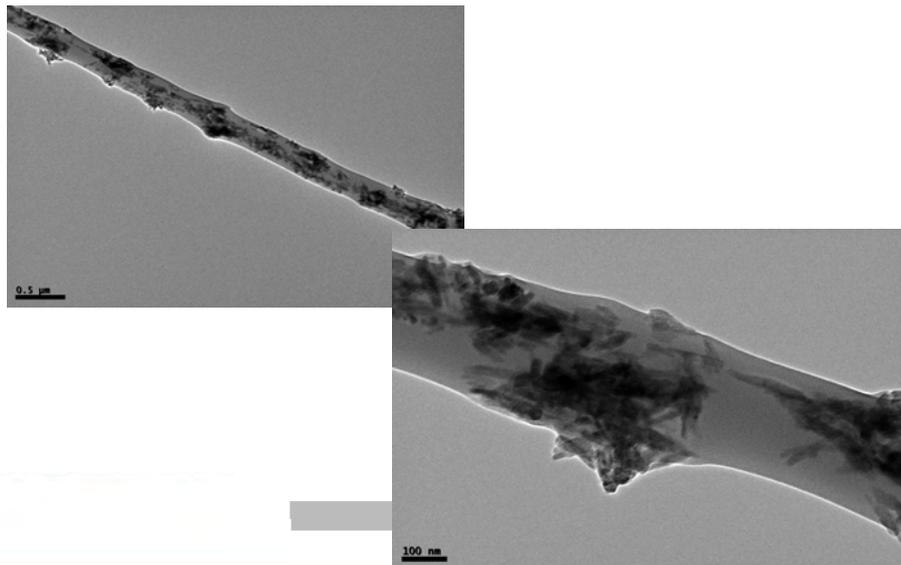


❖ Sistemas biodegradables con memoria de forma basados en la incorporación de fibras



SEM

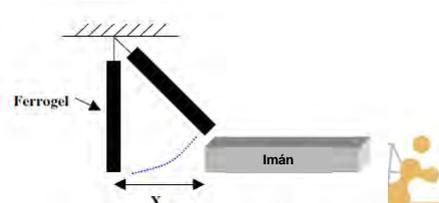
Condiciones
0.6mL/h, 13cm, 13.8 kV



❖ Hidrogeles de respuesta a estímulos



Poli(N-isopropil acrilamida) PNIPA



INDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 POLIMEROS NANOESTRUCTURADOS
- 3 NANOESTRUCTURAS OBTENIDAS MEDIANTE AUTOENSAMBLADO
- 4 TIPOS DE NANOPARTÍCULAS
- 5 POLIMEROS CON MEMORIA DE FORMA
- 6 APLICACIONES CON GRAFENO

Aplicaciones en Energía

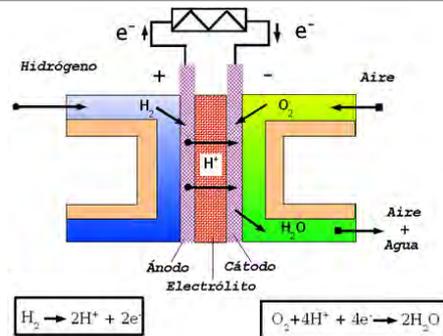
➤ Pilas de combustible: Placa bipolar

Una pila o celda de combustible es un dispositivo electroquímico que convierte la energía química de reacción directamente en energía eléctrica mientras se suministra combustible y oxidante a sus electrodos.

Los elementos básicos de una pila de combustible son el **electrolito**, emparedado entre los **electrodos** (un ánodo y un cátodo porosos), la **matriz**, que contiene el electrolito, la **placa bipolar**, que actúa como colector de corriente y distribuidor de gas.

La cantidad de electricidad producida por una pila de combustible depende:

- tamaño de la pila
- flujo de hidrógeno



Aplicaciones en Energía

➤ Pilas de combustible: Placa bipolar

- La placa bipolar es uno de los componentes más caros en una pila de combustible (por lo general se aproxima al 35% coste de la pila)
- Las placas bipolares representan más del 80% del peso y 9% del volumen de la pila
- Encargado de producir la densidad de potencia gravimétrica y volumétrica de una pila
- Deben proporcionar soporte mecánico a la membrana y contribuir a la disipación de calor.

Tecnología convencional:

- bloque de grafito mecanizado
- lámina metálica estampada



Placa bipolar flexible basada en grafeno



Aplicaciones en Energía

Aire acondicionado



Industria química



Radiadores -automoción



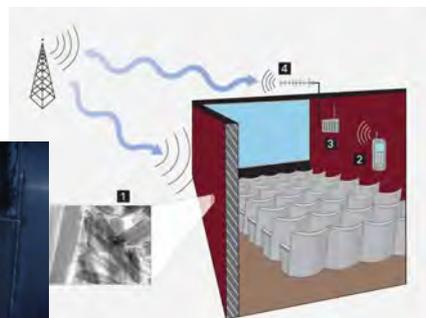
❖ Apantallamiento electromagnético

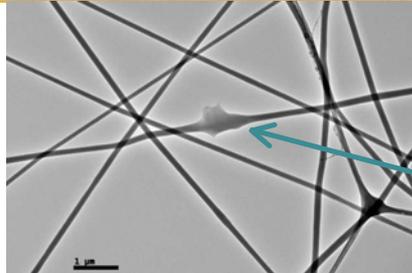
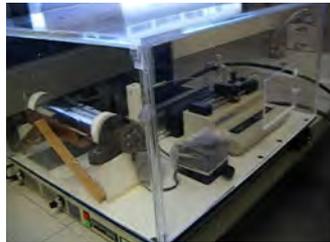


El material puede emplearse para apantallamiento de ondas electromagnéticas (EMI) o de radiofrecuencia

Ejemplo de aplicaciones:

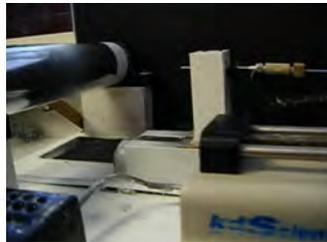
- Apantallamiento de cables de potencia situados en zonas sensibles
- Apantallamiento de salas de RMN, Rayos X y de control
- Apantallamiento de oficinas y salas de cine



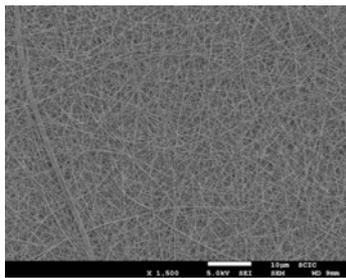


Láminas de grafeno

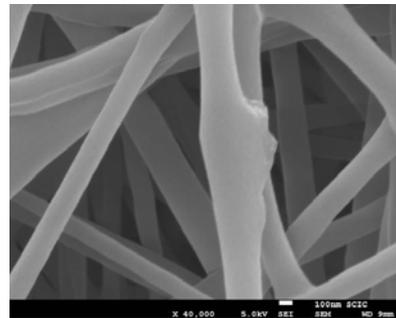
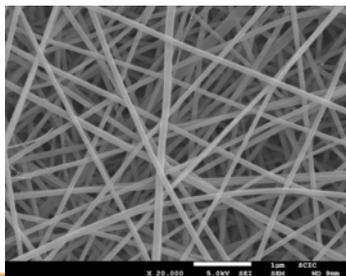
PAN + 7wt% Grafeno



Tratamiento térmico de combustión

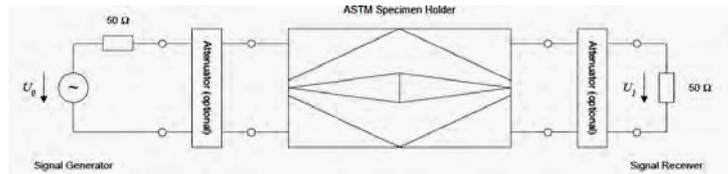


PAN (7wt% grafeno) + DMF
20KV, 18cm, 0,1ml/h



Ensayos normalizados de apantallamiento

ASTM D 4935-99



$$\alpha_S = 20 \cdot \log_{10} (U_1 / U_2)$$

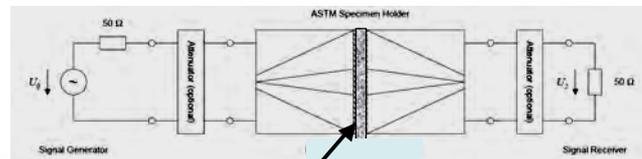
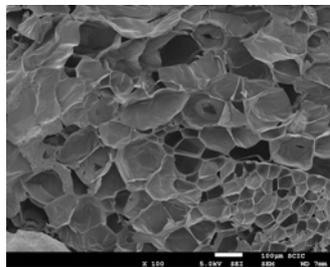


Lámina grafeno

❖ Desarrollo de espumas poliméricas con control de la morfología:

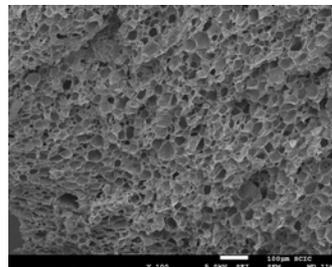
Incorporación de nano-grafeno como agente nucleante con el objetivo de reducir el tamaño celular e incrementar la densidad de la espuma

PLA



Cell size: 20 μm
Cell density: 8,23 x 10⁷ cells/cm³

PLA/Grapheno(1%)



Cell size: 6 μm
Cell density: 1,73 x 10⁹ cells/cm³

¿Cuestiones?

Universidad Politécnica de Valencia

XIII Jornada de Materiales, marzo 2011

