



FACULTAD DE INGENIERIA  
en acción continua...

Universidad Nacional de Cuyo  
Facultad de Ingeniería

## **CIENCIA DE LOS MATERIALES**

### **Unidad N°1: MATERIALES PARA INGENIERÍA**

**Año 2021**

**Dra. Ana María Furlani**

**PLANIFICACIÓN DE CÁTEDRA**
**Asignatura:** Ciencia de los Materiales

**Año:** 2021

**Carrera:** Ingeniería de Petróleo, Industrial y en Mecatrónica

CLAS	FECHA	UNIDAD	TEMA	HOR
1	LUN 29 de marzo	1	Ciencia e Ingeniería de Materiales. Definición y alcances	14-16 hs
1	LUN 29 de marzo	1	Clasificación de los materiales - Normas	16-17 hs
VIE	2 de abril	<b>Feriado</b>		
2	LUN 5 de abril	2	Estructura de los Sólidos cristalinos	14-16 hs
2	LUN 5 de abril	3	Concepto de esfuerzo, tensión, resistencia y deformación. Ensayo de tracción. Diagrama de tracción	16-17 hs
3	LUN 5 de abril	3	Máquina Universal de ensayos	17-18 hs
4	VIE 9 de abril	2	Ductilidad, Resiliencia, Tenacidad. Fracturas por tracción. Diagramas convencionales y reales. Probetas para tracción	14-16 hs
5	LUN 12 de abril	2	Ejercitación de sólidos cristalinos	14-16 hs
5	LUN 12 de abril	3	Ensayo compresión - Ensayo Dureza	16-17 hs
6	LUN 12 de abril	3	Ensayo de Compresión	17-18 hs
7	VIE 16 de abril	3	Ensayo de Fatiga	14-15 hs
7	VIE 16 de abril	3	Ensayo de Flexión	15-16 hs
8	LUN 19 de abril	3	Ensayo de Fluencia Lenta (Creep)	14-15 hs
8	LUN 19 de abril	3	Ensayos no Destructivos	15-16 hs
8	LUN 19 de abril	3	Ejercitación de Propiedades Mecánicas	16-17 hs
9	LUN 19 de abril	3	Ensayo de Choque	17-18 hs
10	VIE 23 de abril	3	Ejercitación de Propiedades Mecánicas	14-15 hs
11	LUN 26 de abril	4	Solidificación de Metales. Mecánica de Solidificación. Nucleación homogénea y heterogénea	15-16 hs
11	LUN 26 de abril	4	Defectos en estructuras coladas	16-17 hs
12	LUN 26 de abril	3	Ensayo de Tracción	17-18 hs
13	VIE 30 de abril	1,2,3	<b>PRIMER PARCIAL</b>	14-16 hs
14	LUN 3 de mayo	4	Imperfecciones cristalinas. Deformación plástica	14-15 hs
14	LUN 03 de mayo	4	Recuperación, recristalización y crecimiento térmico de metales deformados.	15-16 hs
14	LUN 03 de mayo	4	Cuestionario Solidificación Metálica e Imperfecciones Cristalinas	16-17 hs
15	LUN 03 de mayo	3	Ensayos de Flexión	17-18 hs
16	VIE 07 de mayo	5	Teoría de las Aleaciones-Diagramas de equilibrio	14-16 hs
17	LUN 10 de mayo	5	Diagrama hierro-carbono-Clasificación de Aceros	14-16 hs
17	LUN 10 de mayo	5	Ejercitación Diagramas de equilibrio	16-17 hs
18	LUN 10 de mayo	3	Ensayo de Dureza	17-18 hs
19	VIE 14 de mayo	1,2,3	<b>PRIMER RECUPERATORIO</b>	14-16 hs
20	LUN 17 de mayo	5	Ejercitación Diagramas de equilibrio	14-15 hs
20	LUN 17 de mayo	5	Fundiciones	15-16 hs
20	LUN 17 de mayo	6	Fundamentos de los tratamientos térmicos	16-17 hs
21	LUN 17 de mayo	3	Ensayos Límite 0,2 y Ensayos de Maderas	17-18 hs
22	VIE 21 de mayo	6	Diagramas TTT	14-16 hs
LUN	24 de mayo	<b>Feriado</b>		
23	VIE 28 de mayo	6	Tratamientos térmicos volumétricos	14-16 hs
24	LUN 31 de mayo	6	Templabilidad. Ensayo Jominy	15-16 hs
24	LUN 31 de mayo	6	Ejercitación de Tratamientos térmicos y Curvas TTT	16-17 hs
25	LUN 31 de mayo	3	Ensayos no destructivos	17-18 hs
26	VIE 04 de junio	4,5	<b>Segundo Parcial</b>	14-16 hs
27	LUN 07 de junio	7	Aleaciones No Ferrosas	14-15 hs
27	LUN 07 de junio	7	Corrosión	15-16hs
27	LUN 07 de junio	6	Ejercitación de Tratamientos térmicos y Curvas TTT	16-17 hs
28	LUN 07 de junio	5	Metalografía y Trata. Térmicos	17-18 hs
29	VIE 11 de junio	8	Polímeros	14-16 hs
30	LUN 14 de junio	8	Ejercitación Polímeros	14-15 hs
30	LUN 14 de junio	9	Materiales Cerámicos Estructura	15-16 hs
30	LUN 14 de junio	9	Cerámicos Propiedades	16-17 hs
31	LUN 14 de junio	3	Otros ensayos de laboratorio	17-18 hs
32	VIE 18 de junio	4,5	<b>Recuperatorio 2ºParcial</b>	14-16 hs
LUN	21 de junio	<b>Feriado</b>		
33	VIE 25 de junio	6,7,8,9	<b>Tercer Parcial</b>	14-16 hs
34	LUN 28 de junio	10	Materiales Compuestos	14-16 hs
34	LUN 28 de junio	10	Integración de conocimientos adquiridos en la materia	16-17 hs
34	LUN 28 de junio	10	Estudio de Materiales con el uso de softw are-Selección de Materiales	16-17 hs
35	VIE 02 de julio	6,7,8,9	<b>Recuperatorio Tercer Parcial</b>	14-16 hs
36	LUN 05 de julio	Global		14-16 hs

## **Bibliografía básica**

Título	Autor(es)	Editorial	Año de edición	Ejemplares disponibles
La Ciencia e Ingeniería de los Materiales	<b>ASKELAND, D.R.</b>	Thomson	1987-2004	2-5
Ciencia e Ingeniería de Materiales	<b>ASKELAND, D.R., FULAY P.P., WRIGHT W.J.</b>	CENGAGE Learning	2011	1
Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales	<b>CALLISTER, W.D. Tomos I y II</b>	Reverté S. A.	1995	11-7
Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales	<b>CALLISTER</b>	Limusa	2009	1
Laboratorio de Ensayos Industriales	<b>GONZALEZ ARIAS, A.</b>	Nueva Librería	2008	1
Ensayo de los Materiales	<b>HELGOT, A.</b>	Kapelusz	1979	19
La Estructura de los Metales	<b>LINDENVALD, N.</b>	Géminis	1980	17
Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales	<b>SMITH, W.F.</b>	Mc Graw Hill	1998-1993-2006	4-4-3
Ciencia e Ingeniería de los Materiales	<b>MONTES J.M., CUEVAS F.G., CINTAS J.</b>	PARANINFO	2014	3



# **“Ciencia e Ingeniería de los materiales”**

## ***PLAN DE LA EXPOSICIÓN:***

- ✓ Introducción
- ✓ Clasificación de Materiales
- ✓ Selección de Material Óptimo
- ✓ Competencia entre materiales
- ✓ Selección entre sustitutos de un metal

# **UTILIZACIÓN DE LOS MATERIALES**

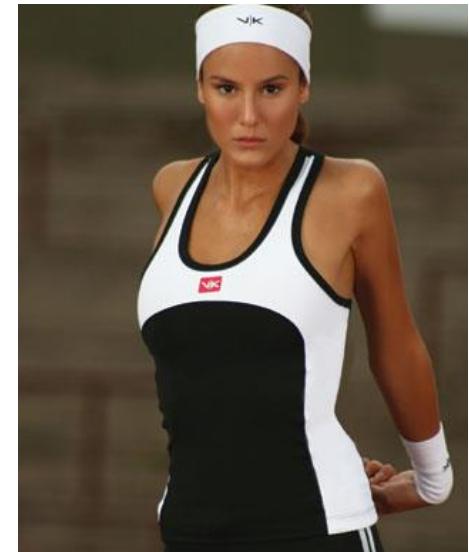
**Transportes**  
*(autos, aviones, cohetes  
espaciales, trenes,  
barcos, bicicletas, autos  
de carreras)*



**Construcción**  
*(casas, edificios,  
carreteras, túneles)*



**Vestuario**  
*(tejidos impermeables,  
tejidos de alto desempeño  
para prácticas deportivas,  
calzados)*



# **UTILIZACIÓN DE LOS MATERIALES**



**Comunicaciones**  
**(TV, teléfonos, teléfonos celulares, microcomputadores, fibras ópticas, hilos de cobre, CD, Tablet)**

**Alimentación**  
**(embalajes, tanques de almacenamiento de alimentos, sistemas de procesamiento de alimentos)**



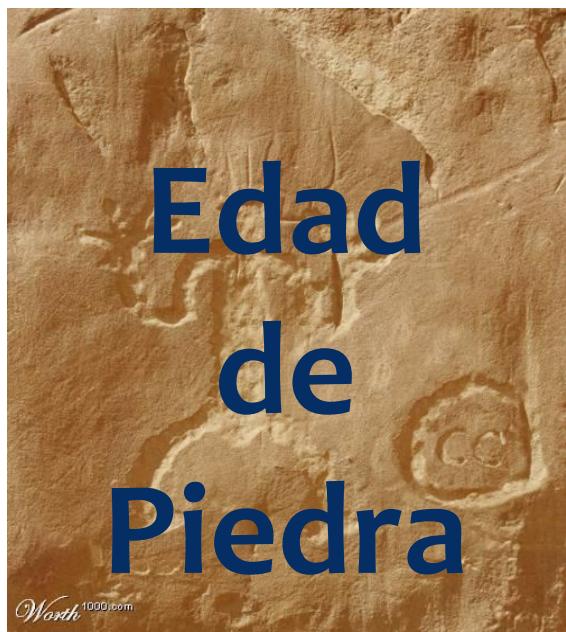
# *PERSPECTIVA HISTORICA*

*Inicialmente se utilizaron solamente materiales naturales.*

*Nuevos procesos permitieron modificar las propiedades*

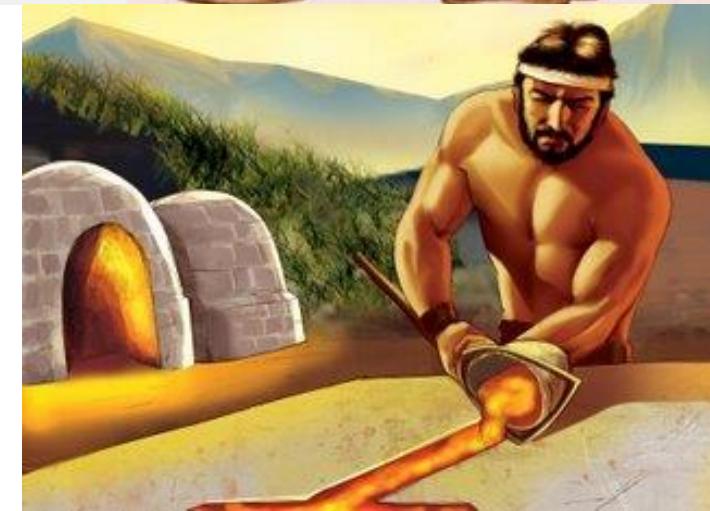
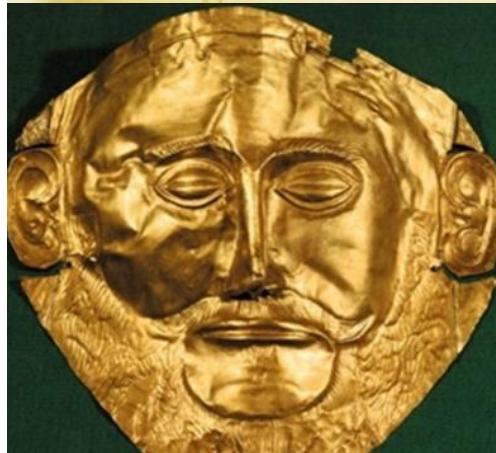
*Las etapas de la evolución de la historia de la humanidad se nombraron según los materiales más usados por los hombres en cada época.*

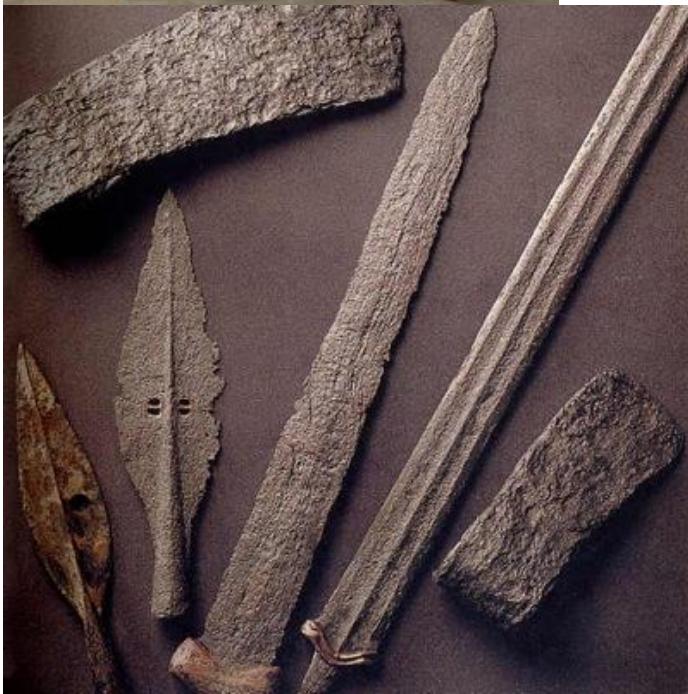






# Edad de Bronce





# Edad de Hierro



# AVANCES DE LOS MATERIALES

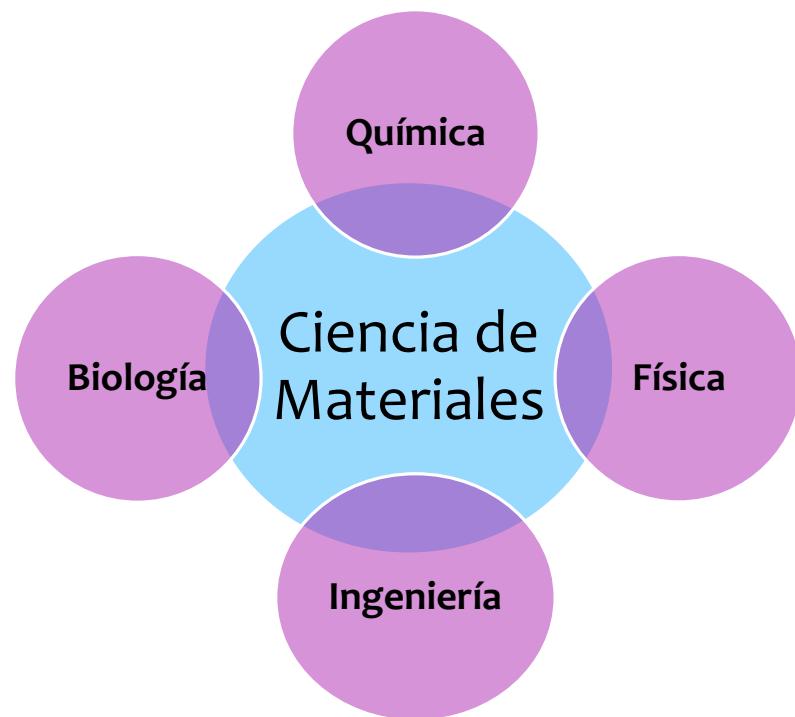
En los últimos sesenta años nuevas tecnologías en energía nuclear, electrónica, vuelos aeroespaciales, han impulsado el desarrollo de la Ciencia y de la Ingeniería de los Materiales.

Se ha observado la expansión de las computadoras personales (PC), de los láseres, la aparición de los iPhones y Tablets.

Por otro lado, el creciente reemplazo de fibras naturales, como la lana o el algodón, por otras sintéticas permite fabricar tejidos impermeables que permitan transpirar y conservar una temperatura constante (tecnología Dry-Fit).

# CIENCIA DE LOS MATERIALES

**Convergencia de disciplinas en relación con el diseño y la producción de nuevos materiales.**

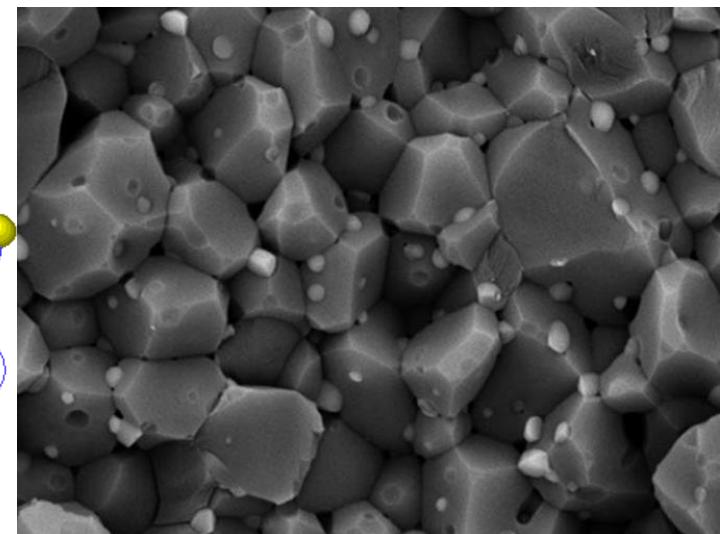
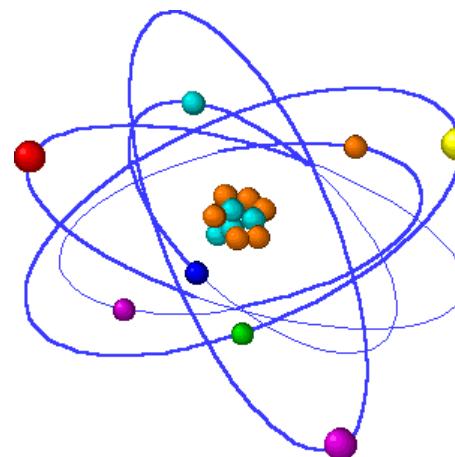


El término ciencia de materiales se emplea en un sentido amplio para describir el comportamiento de los sólidos desde un punto de vista que combina la mirada de la química, de la física, de la ingeniería y de la biología.

# **ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES**

**Está asociada al arreglo de los componentes del material en escala:**

- ✓ **Subatómica**
- ✓ **Atómica (átomos o moléculas)**
- ✓ **Microscópica (microestructura)**
- ✓ **Macroscópica (macroestructura)**



## **PROPIEDADES DE UN MATERIAL**

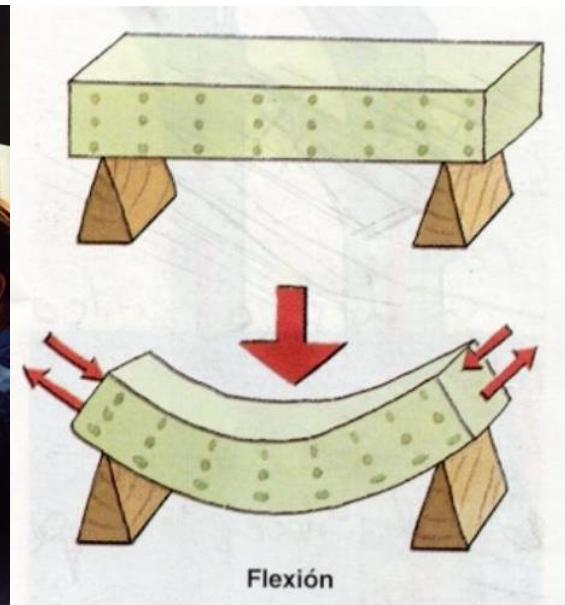
*Todo material expuesto a un estímulo ejerce una respuesta.*

*Las principales propiedades de los sólidos pueden ser agrupadas en:*

1. MECÁNICAS
2. FÍSICAS
3. QUÍMICAS

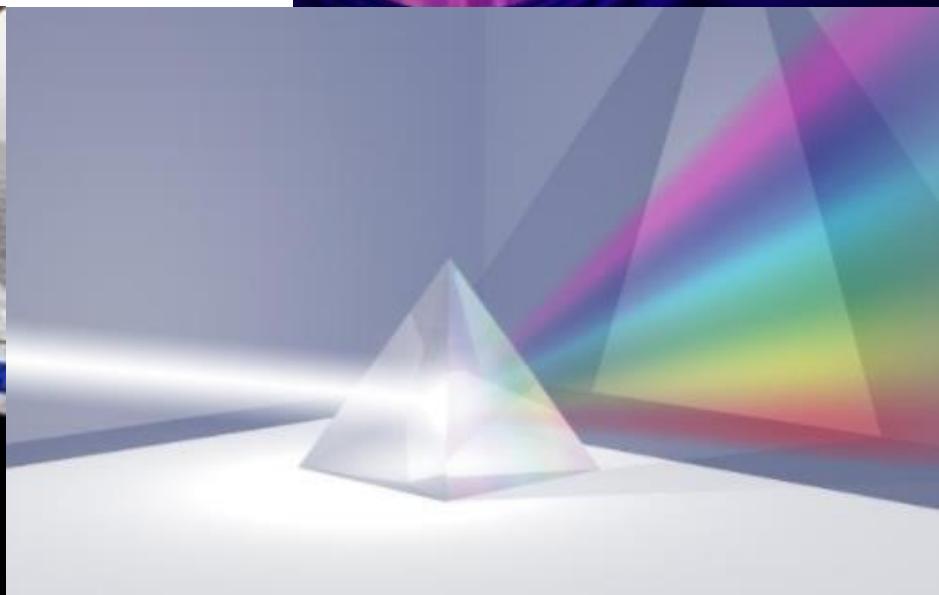
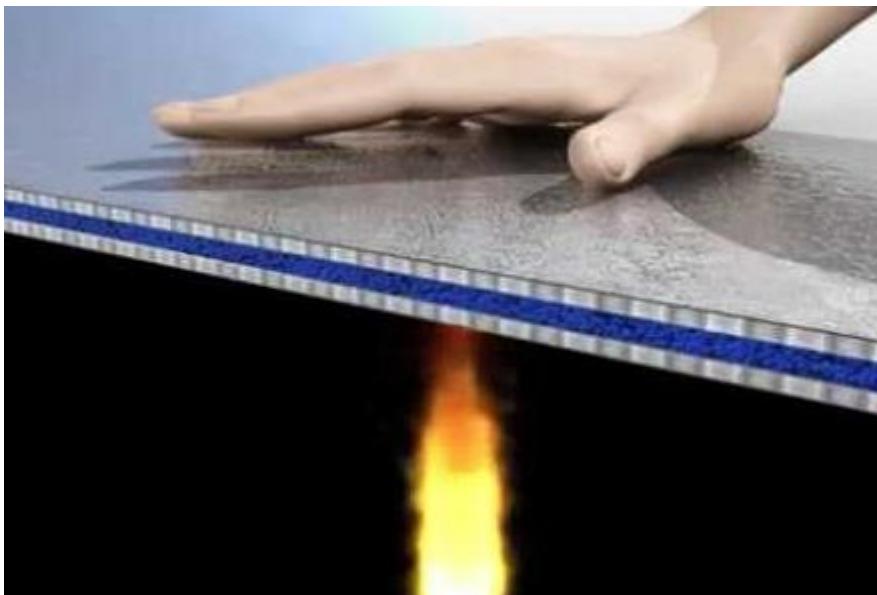
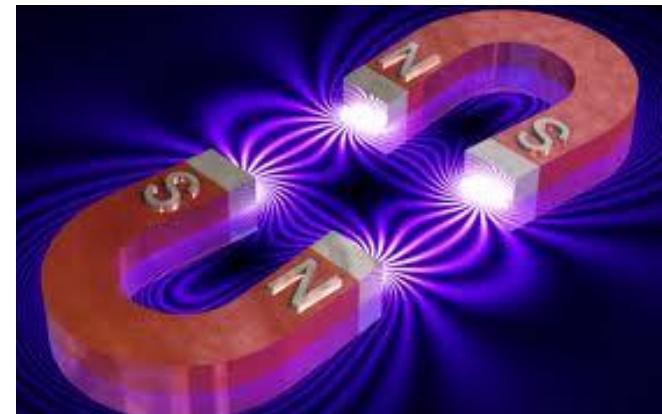
## **PROPIEDADES DE UN MATERIAL MECÁNICAS:**

- ✓ **Resistencia (R.)**
- ✓ **Ductilidad**
- ✓ **R. Impacto**
- ✓ **R. Fatiga**
- ✓ **R. Termofluencia**



# **PROPIEDADES DE UN MATERIAL FÍSICAS**

- ✓ *Eléctricas*
- ✓ *Térmicas*
- ✓ *Magnéticas*
- ✓ *Ópticas*

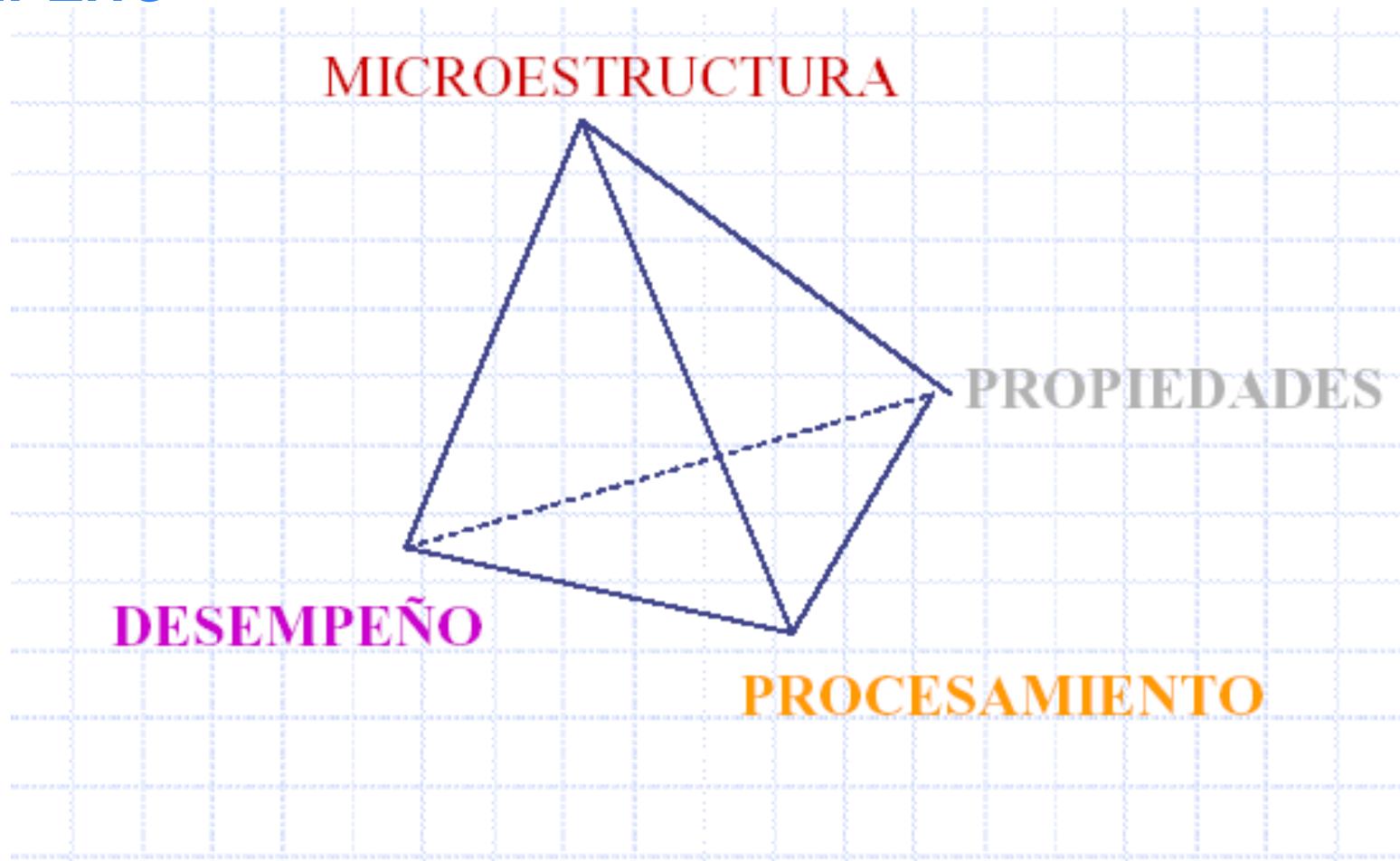


## **PROPIEDADES DE UN MATERIAL QUÍMICAS**

- ✓ *De degradación  
(corrosión, oxidación, desgaste)*



# **RELACIÓN ENTRE MICROESTRUCTURA, PROCESAMIENTO, PROPIEDADES Y DESEMPEÑO**



Se ha logrado obtener nuevos materiales tales como:

- ✓ Aleaciones metálicas ligeras
- ✓ Cerámicas de alta tecnología para la generación de energía
- ✓ Polímeros tenaces que sustituyen a los metales
- ✓ Compuestos avanzados para aplicaciones aeroespaciales
- ✓ Semiconductores
- ✓ Biomateriales.

Los avances de la ciencia y de la ingeniería influyen en el crecimiento de muchos sectores de la economía, por lo que resulta muy importante un correcto análisis.

# Propiedades mecánicas

Describen la forma en que un material soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, impacto, cíclicas o de fatiga, o fuerzas a altas temperaturas.

# Propiedades mecánicas

Consideramos:

- Tenacidad: propiedad que tienen ciertos materiales de soportar, sin deformarse ni romperse, los esfuerzos bruscos que se les apliquen.
- Elasticidad: Capacidad de algunos materiales para recobrar su forma y dimensiones primitivas cuando cesa el esfuerzo que había determinado su deformación.
- Dureza: resistencia que un material opone a la penetración.

# Propiedades mecánicas

- Fragilidad: Un material es frágil cuando se rompe fácilmente por la acción de un choque.
- Plasticidad: Aptitud de algunos materiales sólidos de adquirir deformaciones permanentes, bajo la acción de una presión o fuerza exterior, sin que se produzca rotura.
- Ductibilidad: propiedad que poseen ciertos metales para poder estirarse en forma de hilos finos. (Considerada una variante de la plasticidad)
- Maleabilidad: consiste en la posibilidad de transformar algunos metales en láminas delgadas.(Otra variante de la plasticidad)

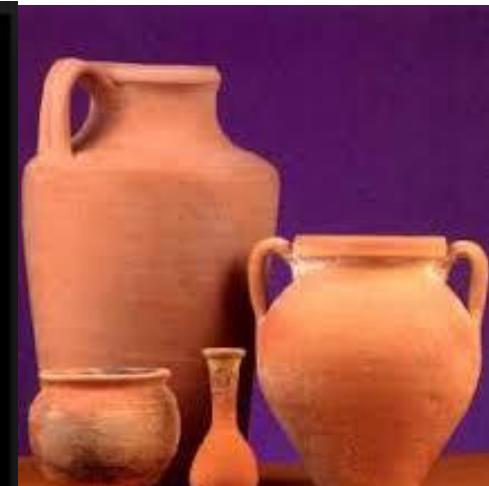
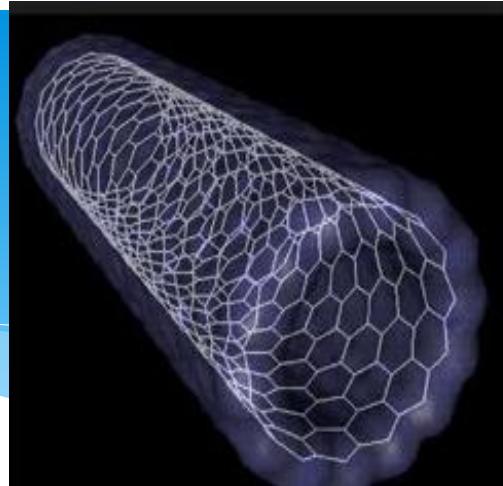
# Ensayos mecánicos

Se utilizan para medir las propiedades mecánicas:

- Ensayo de tracción: Ofrece una idea aproximada de la tenacidad y elasticidad de un material.
- Ensayos de dureza: Permiten conocer el grado de dureza del material.
- Ensayos al choque: Permite conocer la fragilidad y tenacidad de un material.
- Ensayos tecnológicos: Ponen de manifiesto las características de plasticidad que posee un material para proceder a su forja, doblado, embutido, etc

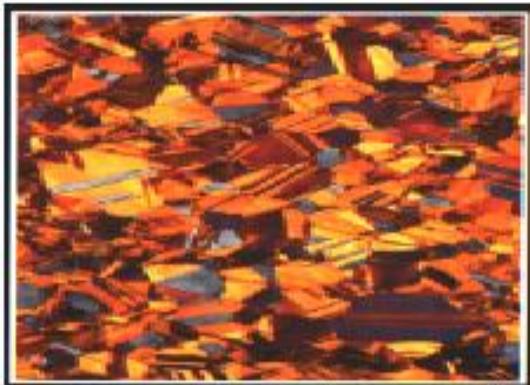
# **CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES**

- **Metales**
- **Cerámicas**
- **Polímeros**
- **Materiales Compuestos**
- **Semiconductores**
- **Biomateriales**
- **Nanomateriales**

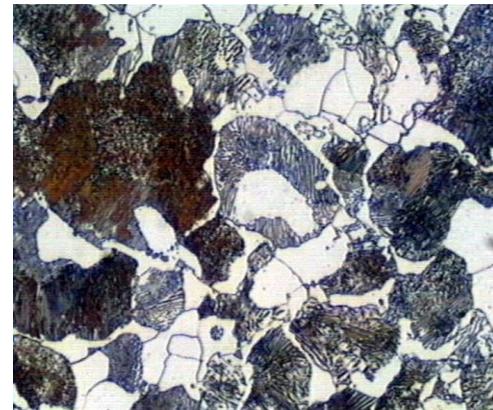


# **MATERIALES METALICOS**

- \* Combinación de elementos metálicos
- \* Gran número de electrones libres
- \* Muchas propiedades están relacionadas a esos electrones



**Micrografía óptica de un latón policristalino. 100X.**



**Micrografía óptica de un acero con 0,35 % C recocido**

# **MATERIALES METALICOS**

Los elementos que constituyen los metales se sitúan en la parte izquierda de la tabla periódica y tienen un tipo de enlace, en el que **los e<sup>-</sup> de valencia no pertenecen a ningún átomo y son libres para circular por todo el metal.** Este modelo de enlace les proporciona una serie de propiedades:

- \* Conductores de electricidad y calor.
- \* Dúctiles
- \* Maleables.
- \* Brillo metálico.
- \* Son tenaces (resistencia a la rotura)
- \* Elevados puntos de fusión.

# **MATERIALES METALICOS**

- \* Aleaciones: Envases de aluminio aleados con magnesio  
Bronce= cobre + estaño  
Latón= cobre + zinc
- \* Se encuentran en la naturaleza formando parte de minerales. (Bauxita= mineral del que se extrae casi todo el aluminio)
- \* Algunos como oro y plata (metales nobles) se encuentran en estado puro.
- \* Son sensibles a la corrosión: Galvanizado.

# **MATERIALES METALICOS**

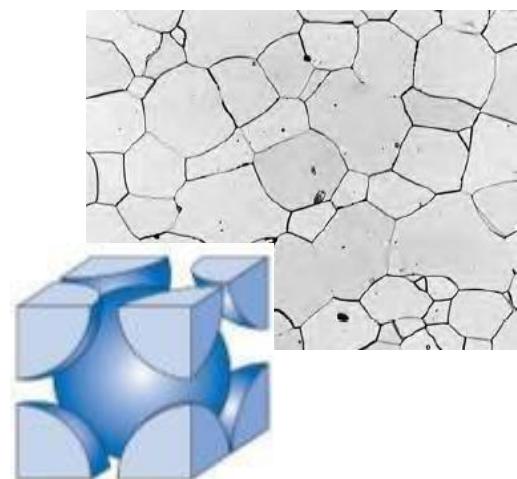
## Clasificación

- \* Férreos: configuran la mayor utilización de materiales que hoy se conocen. Son los productos siderúrgicos o aleaciones que tienen un alto contenido de hierro. Entre ellos se encuentran los *aceros* y las *fundiciones*.
- \* Materiales no férreos, a su vez, se clasifican en:
  - \* Aleaciones ligeras: tienen como metal base a elementos de baja densidad, como son el aluminio, magnesio, titanio u otros.
  - \* Aleaciones pesadas: por el contrario, alean metales de alta densidad, cobre, cinc, estaño, plomo, etc.

# **MATERIALES METALICOS**



## **Cristalinos**



# **MATERIALES METALICOS**

## **Aceros**

Son **aleaciones de hierro-carbono**, donde el carbono no supera el 2.1%, porcentajes mayores dan lugar a fundiciones (aleaciones quebradizas que no se pueden forjar a diferencia de los aceros).

- \* Debido a la abundancia tanto de Fe como de C, su producción se lleva a cabo a nivel industrial.
- \* Aplicaciones: construcción de maquinaria, edificios, herramientas y obras públicas.
- \* Su coeficiente de dilatación es similar al del hormigón, por lo que resulta muy útil en la construcción (hormigón armado).
- \* Por su alta densidad 7.850 Kg/m<sup>3</sup> no tienen aplicación en aeronáutica.
- \* La corrosión es la mayor desventaja de los aceros.

# **MATERIALES METALICOS**

## **Aceros**



### **Fotos de la Torre Taipei**

La torre de mayor altura del mundo (508 m) está construida con, al menos, cinco tipos diferentes de aceros y a partir de la planta 62 sólo con aceros de alta resistencia. Hay más de 107 mil toneladas de acero y 242 000 metros cúbicos de hormigón utilizados en la construcción. Taiwán

# **MATERIALES METALICOS**

## **Acero inoxidable**

Son una aleación de Fe-C con un mínimo de 10% de cromo contenido en masa. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

Es resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado.

Usos del acero inoxidable: tubos de escape, depósitos de combustible, menaje del hogar, mobiliario urbano, etc.



# metales avanzados

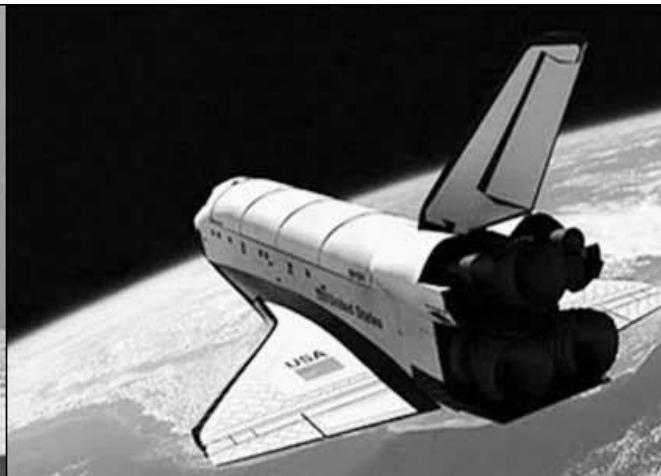
- \* En el caso de los metales, el principal objetivo es obtener materiales con excelentes propiedades mecánicas entre las cuales se pueden mencionar: elevada resistencia a la tracción, alto límite elástico, dureza, resistencia a la fatiga y al desgaste, elevada resistencia a la corrosión y a la oxidación a altas temperaturas.
- \* Las superaleaciones a base de níquel y cromo se usan principalmente para la obtención de aceros inoxidables, se han desarrollado aleaciones que pueden trabajar sin problema en rangos de temperatura que van desde 1200 °C hasta 1600 °C durante cerca de 35000 horas de trabajo. Estas superaleaciones contienen rutenio, rodio e iridio, elementos que aumentan la resistencia de estos materiales a la fluencia lenta.

# metales avanzados

- \* Los materiales metálicos se usan en aplicaciones estructurales. Entonces, durante su diseño y formulación siempre se busca obtener un material con un buen comportamiento mecánico. A su vez, es importante que su peso no sea tan alto, la resistencia mecánica no debe verse afectada.
- \* Por ello el aluminio y sus aleaciones forman parte de nuestra vida cotidiana. Se conoce que el aluminio viene usándose en grandes cantidades a nivel mundial, siendo incluso considerado como el principal competidor del acero.
- \* Muchas de las nuevas aleaciones de aluminio han sustituido al acero. Un típico ejemplo es el sector aeroespacial.
- \* Las innovaciones en este campo se han dado gracias al aluminio y sus aleaciones, principalmente por la reducción de peso en ciertos componentes mecánicos.

# metales avanzados

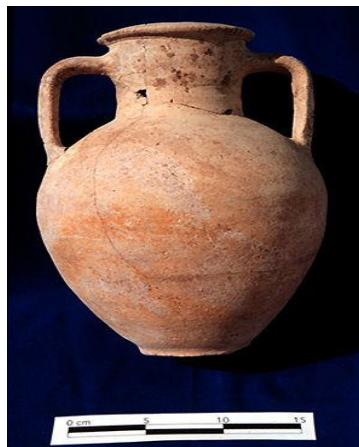
- \* Las superaleaciones de titanio constituyen un grupo importante en aplicaciones biomédicas, electrónicas, en la industria química o en aplicaciones a altas temperaturas.
- \* Aplicaciones:



# CERÁMICOS

Son compuestos formados por elementos metálicos y no metálicos (carburos, óxidos y nitruros) cuyos enlaces son iónicos o predominantemente iónicos. Sus estructuras pueden ser cristalinas o no cristalina (vidrio).

Cerámica → Keramikos = cosa quemada → cocción  
( $t^a > 800 \text{ } ^\circ\text{C}$ )



# CERÁMICOS

- ✓ En la cerámica tradicional el material de partida es la arcilla. Dentro de este grupo se encuentra: porcelana fina, ladrillos, baldosa, vidrio y cerámica refractarias.
- ✓ Aislantes térmicos y eléctricos; refractarios; resistentes a medios químicamente agresivos; muy duras y muy frágiles



**Micrografía óptica  
de transmisión del  
nitruro de silicio  
(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>). 750X.**

# **CERÁMICOS**

- ✓ Son muy resistentes al calor, la corrosión y el desgaste, no se deforman fácilmente cuando se someten a esfuerzos y son menos densos que algunos metales empleados en aplicaciones de alta temperatura.
- ✓ A pesar de tantas ventajas, el empleo de productos cerámicos como materiales de ingeniería ha estado limitado por su naturaleza extremadamente quebradiza. Una pieza cerámica por lo regular se hace pedazos porque los enlaces impiden que los átomos se deslicen unos sobre otros.
- ✓ Es difícil fabricar componentes cerámicos sin defectos.

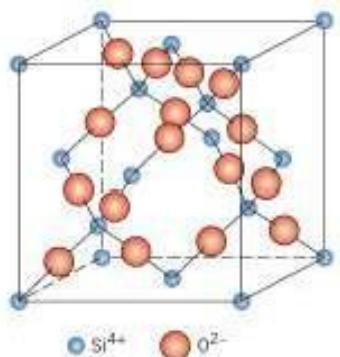
# **CERÁMICOS**

Son frágiles. Debido a que las cerámicas tienen muy poca (o ninguna) ductilidad, tienen poca tolerancia a los concentradores de esfuerzos (poros o grietas).

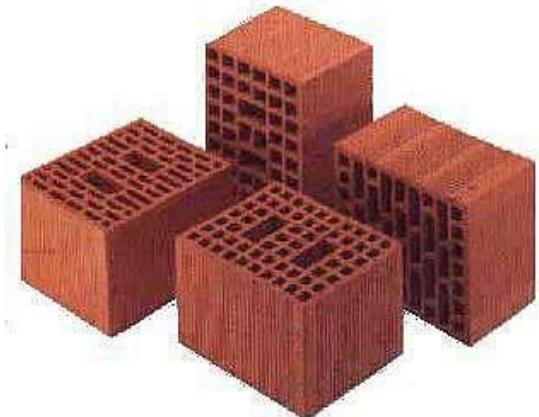
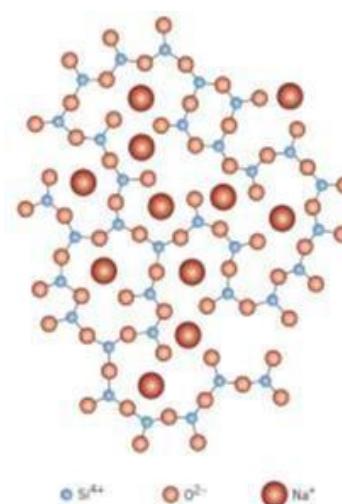
Son rígidas, resistentes a la abrasión, mantienen sus propiedades a altas temperaturas y son resistentes a la corrosión.



## **Cristalinos**



## **Amorfos**



# **VIDRIOS**

Son sólidos no cristalinos (amorfos). Los vidrios mas comunes son los silicatos y los borosilicatos, los cuales se utilizan en la fabricación de botellas y utensilios para hornos, pero hay muchos más. La falta de cristalinidad en estos materiales suprime su plasticidad. Al igual que las cerámicas, son duros, frágiles y vulnerables a los concentradores de esfuerzos



# Cerámicos avanzados

- \* Los enlaces iónicos y covalentes son extremadamente fuertes, por lo cual los cerámicos son muy duros y por ende tienden a fracturarse frágilmente. Esta fragilidad limita sus aplicaciones estructurales. Pero, la incorporación de fibras cerámicas en matrices poliméricas y en matrices cerámicas, así como métodos de prensado y sinterizado, pueden mejorar notablemente la resistencia mecánica.
- \* Mediante la molienda se pueden obtener polvos cerámicos muy finos, los mismos que al ser prensados y posteriormente sinterizados pueden conformar un material con mejores características y propiedades mecánicas, ya que se reduce la cantidad de poros y las grietas presentes en el material cerámico inicial. Además, al trabajar con polvos finos se pueden añadir otros componentes en la matriz cerámica.
- \* PROPIEDADES:
  - \* Alto grado de dureza
  - \* Constante dieléctrica “a la medida”.
  - \* Alto coeficiente piezoelectrónico
  - \* Resistencias mecánicas a altas temperaturas.
  - \* Bajo peso por volumen.
  - \* Alta permeabilidad magnética.
  - \* Transparencia óptica.
  - \* Alto punto de fusión.
  - \* Resistencia a la corrosión

- \* Por esto, tienen aplicación en:
  - \* Electrónica y electricidad (micrófonos, semiconductores, circuitos integrados, chips, materiales piezoelectricos, piroeléctricos)
  - \* Construcción (concreto reforzado, tuberías)
  - \* Industria aeroespacial (hélices de aviones, cohetes, fuselajes de avión)
  - \* Óptica (anteojos de protección, disipadores para cámaras, impresoras ópticas)
  - \* Biomedicina (prótesis dentales y óseas)

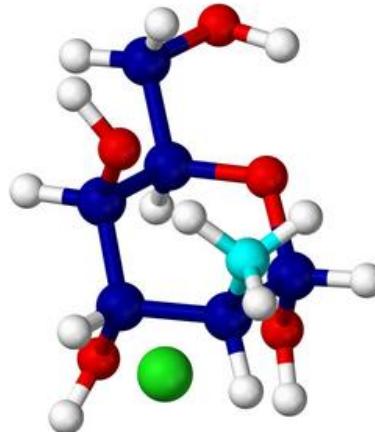


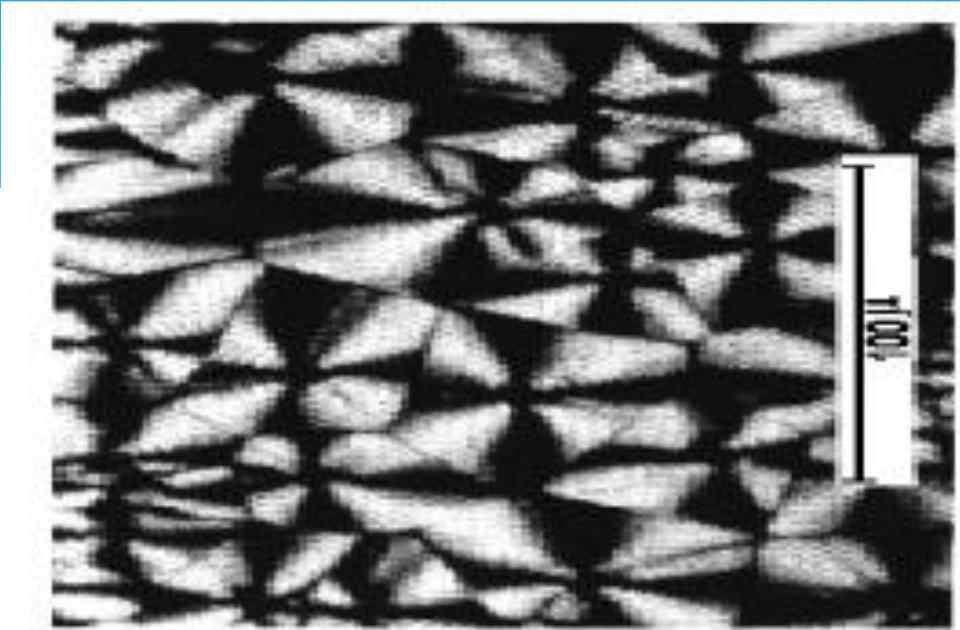
- \* Para motores de combustión interna:

- \* El principal objetivo del diseño de motores de combustión interna es incrementar su eficiencia, de tal forma que se reduzcan los costos de utilización de combustibles.
- \* Los materiales cerámicos son los indicados para cumplir con dicho objetivo, ya que estos pueden hacer que un motor trabaje a mayores temperaturas optimizando así su funcionamiento. Además de aumentar el rendimiento del combustible.
- \* Los componentes cerámicos avanzados mejoran la resistencia al desgaste y a la corrosión.
- \* Reducen las pérdidas por fricción y en ciertos casos permiten operar sin sistema de refrigeración. Todo esto converge también en una disminución del peso del motor.
- \* Nitruro de silicio, Carburo de silicio, Óxido de circonio y Alúmina.

# **POLÍMEROS**

- \* Compuestos orgánicos a base de carbono, hidrógeno y otros elementos.
- \* Estructuras moleculares muy grandes (macro-moléculas).
- \* Poseen baja densidad; materiales bastante flexibles, fácilmente conformables y poco resistentes a las altas temperaturas.
- \* Hay progreso en el desarrollo de polímeros para ingeniería, con resistencia y rigidez altas como para sustituir a ciertos metales tradicionalmente estructurales. Panel de la carrocería de un automóvil, guardabarros trasero.

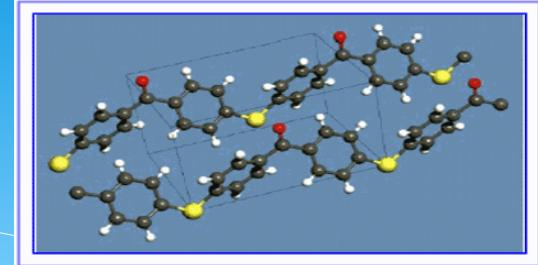




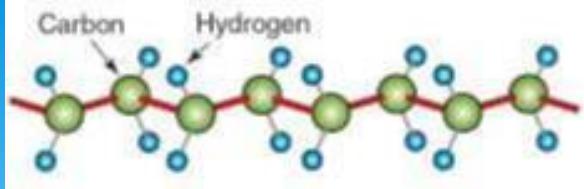
**Micrografía óptica de  
transmisión de un  
polietileno de  
estructura  
esferulítica. 525X.**



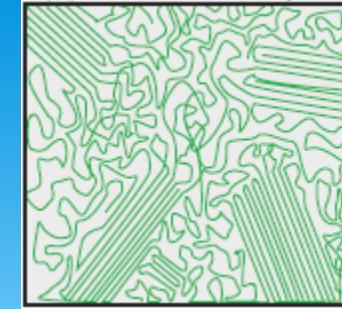
# Polímeros



- ✓ Son conocidos como plásticos y cauchos.
- ✓ La palabra polímero se deriva de los términos griegos "polí" que significa mucho y "mero" que significa unidad, por lo que literalmente significa "muchas unidades".
- ✓ Con el nombre de polímeros se agrupa un conjunto de materiales caracterizados por estar compuestos de largas cadenas formadas por la unión de pequeñas moléculas que se repiten, llamadas monómeros que se unen mediante enlaces fuertemente covalentes que les confiere ciertas propiedades.



# Polímeros



Tienen bajo módulo de Young, alrededor de 50 veces menor módulo que los aceros, aunque pueden ser duros.

Pueden ser deformados permanentemente bajo la aplicación de esfuerzos. Sus propiedades son dependientes de la temperatura: un polímero que es dúctil a 20°C, puede ser frágil a 4°C (por ejemplo, cuando es colocado en un refrigerador). Muy pocos polímeros tienen utilidad por encima de los 200°C. Los polímeros pueden ser semicristalinos, amorfos o una mezcla de fases cristalinas-amorfas (la transparencia del polímero está asociada a la fase amorfa). Pueden ser moldeados, lo que permite conformar piezas de geometría compleja. Son resistentes a la corrosión (pinturas) y tienen bajo coeficiente de fricción.

# TIPOS DE POLÍMEROS

- \* La **goma natural** es un sólido opaco, blando y fácilmente deformable que se vuelve pegajoso al calentarla y quebradizo al enfriarla. Derivado del monómero isopreno, que es un líquido volátil.
- \* El **polietileno de alta densidad (PAD)** es un sólido rígido translúcido que se ablanda por calentamiento y puede ser moldeado en formas diversas, incluyendo películas delgadas y envases. A temperatura ambiente no se deforma ni estira con facilidad. Se vuelve quebradizo a -80 °C. Es insoluble en agua y en la mayoría de los solventes orgánicos.

\* El **polietileno de baja densidad (PBD)** es un sólido blando translúcido que se deforma completamente por calentamiento. Sus películas se estiran con facilidad, por lo que se usan para envoltorios (de comida, por ejemplo). Es insoluble en agua, pero se ablanda e hincha en presencia de solventes hidrocarbonados. También se vuelve quebradizo a -80 °C.

## DIFERENCIAS ENTRE POLÍMEROS

- \* **El PAD** está compuesto por cadenas muy largas y poco ramificadas que se acomodan fácilmente en dominios cristalinos, alternados con segmentos amorfos. Esto hace que el material sea duro pero con cierto grado de flexibilidad.
- \* **El PBD** está formado por cadenas más cortas y ramificadas, las que no adoptan estructuras cristalinas con facilidad. El material resultante es más blando, menos denso y más fácilmente deformable que el PAD. Estos polímeros pertenecen a los termoplásticos.

**La goma**, es un polímero completamente amorfo ya que sus cadenas hidrocarbonadas adoptan formas "enrolladas". Sin embargo, si las cadenas se unen covalentemente entre sí por puentes -S-S (vulcanización, proceso desarrollado por Charles Goodyear en 1839), se obtiene un elastómero.

**Los elastómeros** poseen un grado alto de elasticidad: pueden ser estirados hasta diez veces su longitud y vuelven a su forma original.

Cuando las cadenas se encuentran unidas por muchos enlaces transversales (entre cruzados), los polímeros forman estructuras tridimensionales rígidas que no se ablandan por calentamiento, por lo cual se denominan **termorrígidos**



Baquelita, un material para confeccionar los antiguos teléfonos analógicos y los modernos interruptores trifásicos



# Polímeros: identificación para facilitar su reciclado



Politereftalato de etilenglicol  
(PET)



Polietileno de alta densidad  
(HDPE)



Policloruro de vinilo  
(PVC)



Polietileno de baja densidad  
(LDPE)



Polipropileno  
(PP)



Poliestireno  
(PS)



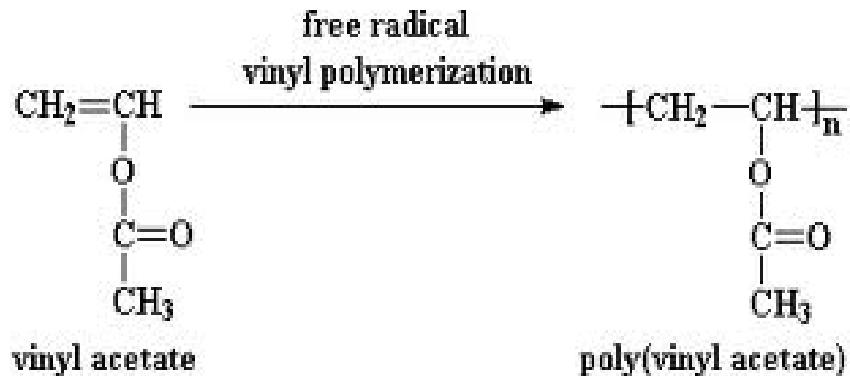
Otros plásticos

Otros

Polímero	nombre	Unidad Repetitiva	Monómero
PE HD,LD	Polietileno	$[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ GP $\approx 1200$
PP	Polipropileno	$[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-]$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$
PS	Poliestireno	$[-\text{CH}_2-\text{CH}\phi-]$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\phi$ GP 600-6000
PVC	Cloruro de polivinilo	$[-\text{CH}_2-\text{CHCl-}]$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$ GP $\approx 1100$
PAN	Poliacrilonitrilo	$[-\text{CH}_2-\text{CHCN-}]$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$
PMMA	Polimetil metacrilato	$[-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)-]$ $\text{COOCH}_3$	$\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_3$ $\text{COOCH}_3$

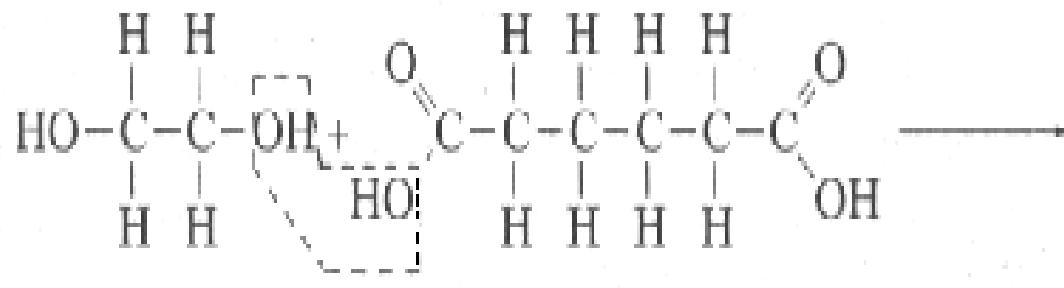
# 1) POLIMERIZACION POR ADICION

Monómeros insaturados se unen uno a uno para formar una cadena lineal. La molécula resultante es un múltiplo de la cadena original.

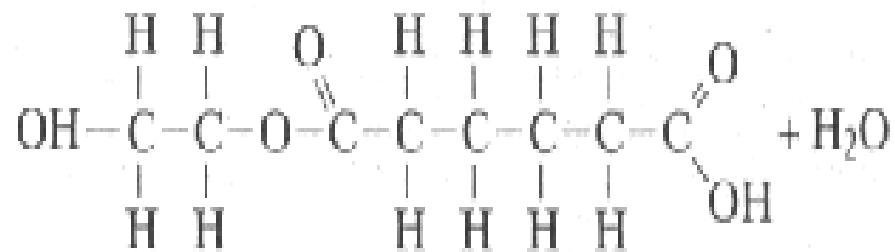


Ethylene has two carbon atoms and four carbon atoms, and the polyethylene repeat structure has two carbon atoms and four hydrogen atoms. None gained, none lost.

## **2) POLIMERIZACION POR CONDENSACION**



Reacciones intermoleculares que implican más de un monómero y originan un subproducto de bajo peso molecular, como el agua.



# ***PROPIEDADES DE LOS POLIMEROS***

- \* Buenos aislantes eléctricos.
- \* Baja densidad.
- \* Resistentes a la corrosión y diferentes agentes químicos.
- \* Son biocompatibles con el tejido humano.
- \* Degradación frente a la radiación UV.
- \* Algunos son difícilmente reciclables, termoestables.
- \* Fácilmente combustibles, la mayoría no suelen soportar temperaturas superiores a los cien grados, aunque algunos de uso industrial, como el Teflón pueden usarse a temperaturas de hasta 260°C
- \* Se conforman fácilmente y son relativamente baratos.
- \* Las propiedades pueden modificarse añadiendo "aditivos" físicos o químicos que las van a mejorar o cambiar.

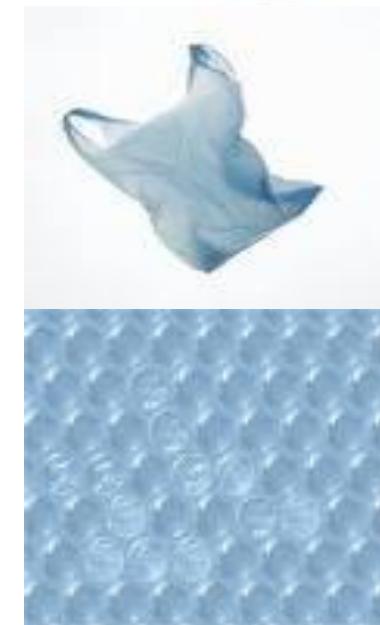
# ***USOS DE LOS POLIMEROS***



- \* Los mayores consumidores de materiales poliméricos son los sectores de: envase y embalaje, industria del automóvil, construcción, electricidad y electrónica.
- \* Su baja densidad, lo que los hace muy adecuados para el sector del transporte.
- \* Debido a su biocompatibilidad, se utiliza en implantes quirúrgicos y otras aplicaciones biomédicas.
- \* El progresivo y cada vez más amplio uso de los polímeros ha llevado al desarrollo de nuevos polímeros, por modificación de los ya existentes, y una gran investigación en la mejora de las propiedades macroscópicas.

# **USOS DE LOS POLIMEROS**

- \* Recubrimientos: pinturas, barnices, esmaltes, lacas y goma-laca. Tienen diversas funciones: proteger el material de la degradación y la corrosión, mejorar la apariencia y proporcionar aislamiento eléctrico.
- \* Adhesivos: capacidad de unir de forma temporal o permanente todo tipo de materiales.
- \* Películas: capas de espesor muy fino de PE, Celofán y acetato de celulosa. Bolsas de plástico.
- \* Espumas: materiales plásticos muy porosos. Cojines automóvil, embalaje y aislamiento térmico.



## ***Clasificación en función de su comportamiento ante el calor:***

### Termoplásticos

Se ablandan al calentarse y se endurecen al enfriarse. (son procesos reversibles).

Se fabrican con aplicación simultánea de calor y presión. Son blandos y dúctiles.

Polímeros lineales y ramificados con cadenas flexibles.

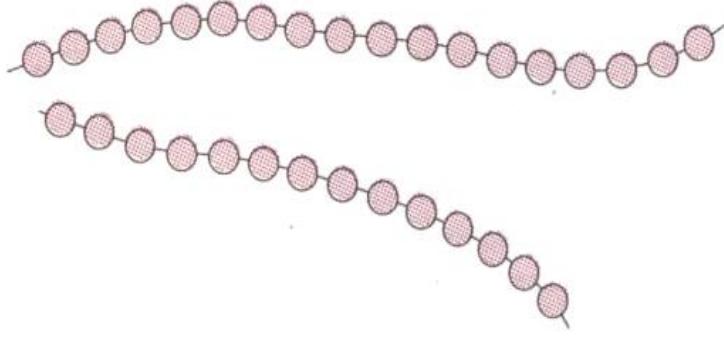
Ej: nailon, polipropileno, poliestireno, etc.

### Termoestables

Se endurecen al calentarse y no se ablandan al continuar calentando.

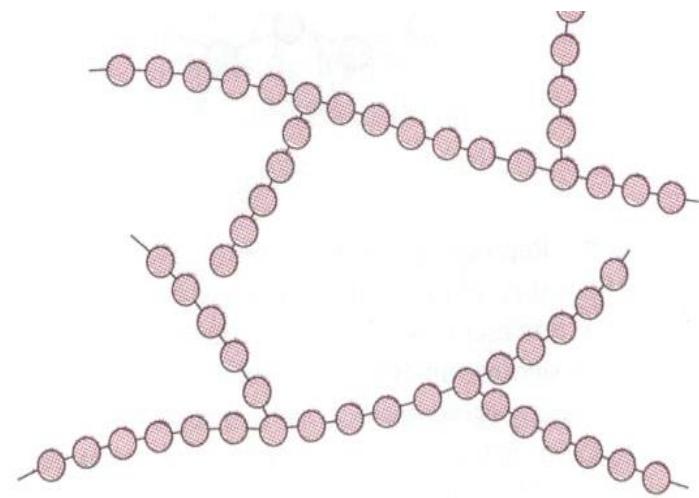
Son más duros, más resistentes y más frágiles. Polímeros entrecruzados y reticulados.

Ej: teflón, silicona, baquelita, poliuretano, etc.



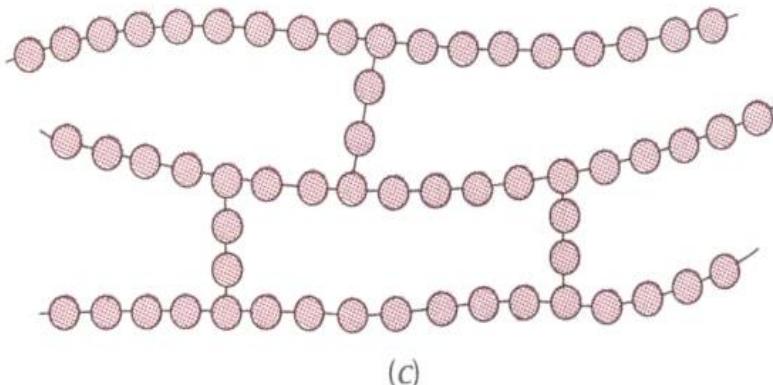
(a)

Polímero lineal



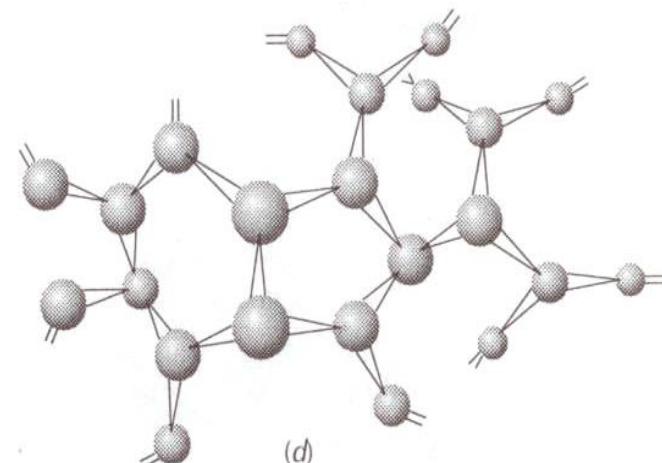
(b)

Polímero ramificado



(c)

Polímero entrecruzado



(d)

Polímero reticulado

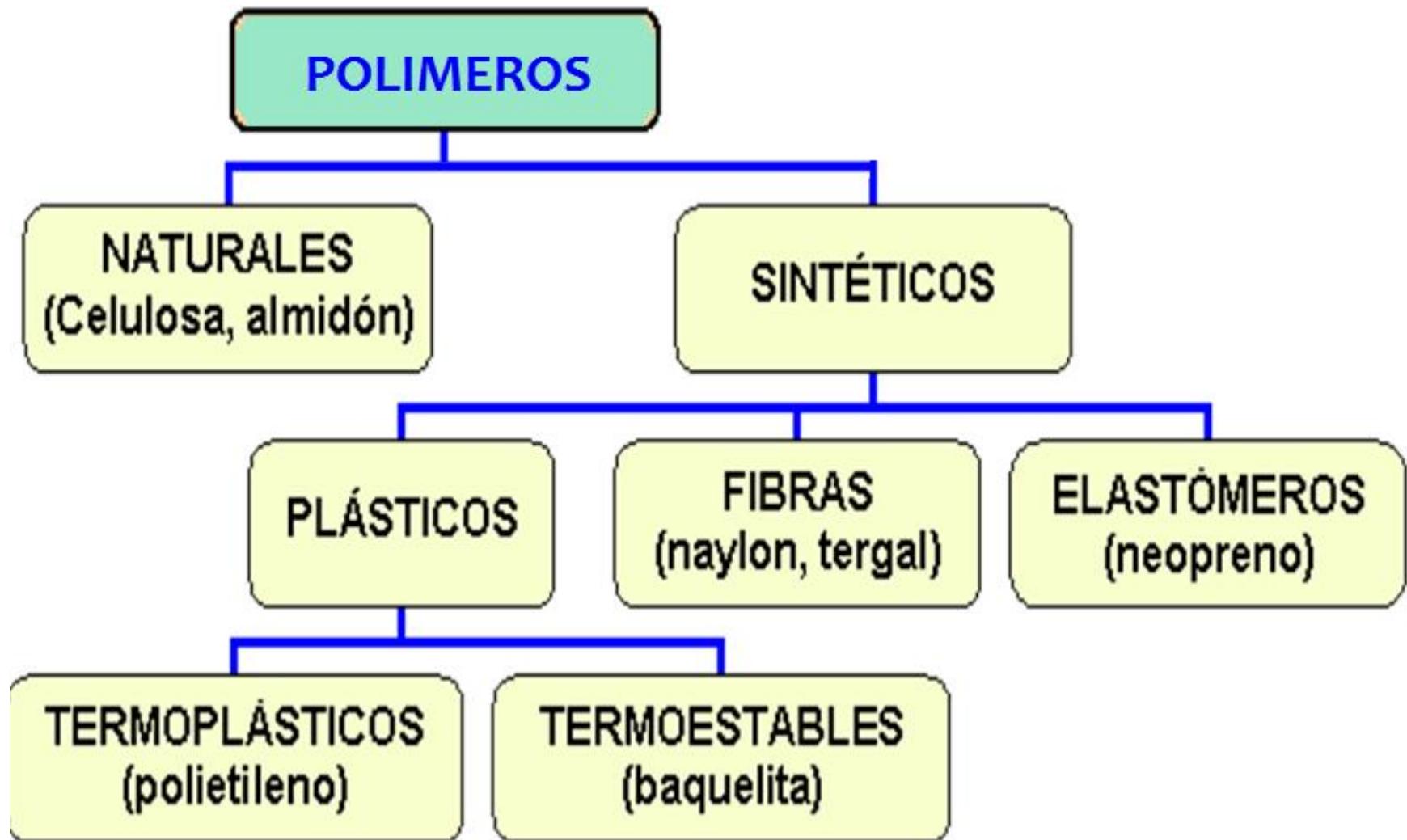
# POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
ABS	Gran resistencia y tenacidad. Inflamable. Soluble en disolventes orgánicos. Resistente a la distorsión térmica.	Recubrimiento interiores de frigoríficos. Dispositivos de seguridad en carreteras.
Poliéster (PET)	Resistente a la fatiga, torsión, humedad, a los ácidos, aceites y disolventes	Cintas magnetofónicas, neumáticos.
PVC	Rígido, susceptible a la distorsión térmica.	Recubrimiento de suelos, tuberías e hilos eléctricos.
Poliestireno PS	Excelentes propiedades eléctricas y claridad óptica, buena estabilidad térmica. Económico.	Tejados, electrodomésticos, carcasa pilas, juguetes.
Polipropileno PP	Poca resistencia a la radiación ultravioleta. Barato. Excelentes propiedades eléctricas y resistencia a la fatiga.	Televisores, maletas, botellas.
Polietileno PE	Aislante eléctrico, poca resistencia a la degradación ambiental, blandos.	Botellas flexibles, vasos, juguetes, cubiteras, juguetes.

# POLÍMEROS TREMOESTABLES

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
Epoxis	Excelentes propiedades mecánicas. Resistente a la corrosión. Buenas propiedades eléctricas. Buena adherencia.	Enchufes, adhesivos, láminas reforzadas con fibra de vidrio.
Fenólicos	Excelente estabilidad térmica hasta los 150 °C. Susceptibles de formar materiales compuestos con resinas.	Carcasa de motores, teléfonos, accesorios eléctricos.
Poliésteres	Excelentes propiedades eléctricas. Se puede utilizar a temperatura ambiente o elevada. Se suele reforzar con fibras.	Cascos, barcos, paneles de automóvil, ventiladores.
Siliconas	Químicamente inerte, pero atacable por el vapor. Buena resistencia al calor. Excelentes propiedades eléctricas	Láminas y cintas aislantes a elevadas temperaturas.

# CLASIFICACIÓN GENERAL POLÍMEROS



# Polímeros avanzados

- \* Los polímeros avanzados o polímeros ingenieriles están específicamente diseñados con mejores resistencias mecánicas o mejores desempeños a temperaturas elevadas. Algunos de los polímeros avanzados pueden llegar a temperaturas de trabajo de 350°C mientras que otros usualmente en forma de fibra, tienen resistencias mecánicas superiores a las del acero.
- \* Según el método de polimerización y los monómeros utilizados, adquieren diferentes propiedades

# **ELASTOMEROS**

## Caucho:

Sin vulcanizar: blando y pegajoso. Poca resistencia a la abrasión. Se extrae de la savia de un árbol que crece en zonas tropicales.

-Vulcanizado: aumenta su módulo de elasticidad, resistencia a la tracción y resistencia a la degradación por oxidación. Aplicación: neumáticos coches.

Elastómeros: a temperatura ambiente se alargan mucho elásticamente bajo una pequeña tensión y recuperan su forma original cuando cesa el esfuerzo.  
Ejemplos: poliisopreno, cauchos y siliconas.

Su estructura molecular es entrecruzada → vulcanización (recocción con derivados de azufre).

# **APLICACIONES ELASTOMEROS**

\* **Médicas:** prótesis, órganos artificiales, catéteres, lentes de contacto y piel artificial.

\* **No médicas (mayoritarias):**

- ✓ En estado líquido: fluidos dieléctricos, fluidos hidráulicos y fluidos para transferencia de calor.
- ✓ En estado semisólido: sellado o aislante eléctrico (placas de ordenadores).
- ✓ En forma de resinas adhesivas: repelentes de agua, agentes anti-espumantes y recubrimientos.



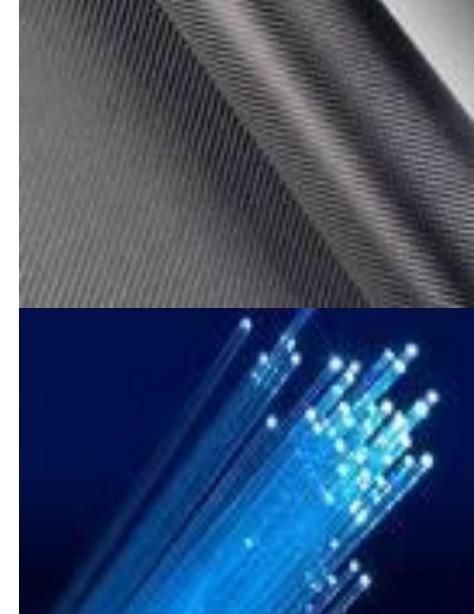
# **FIBRAS**

El hilado es la transformación de la masa polimérica en fibras (relación longitud-diámetro 100:1).

La cristalinidad de una fibra depende de la velocidad de enfriamiento durante el hilado.

Su resistencia mecánica aumenta con el trefilado.

Uso en industria textil y para reforzar materiales.



Tipos:

-De origen mineral:

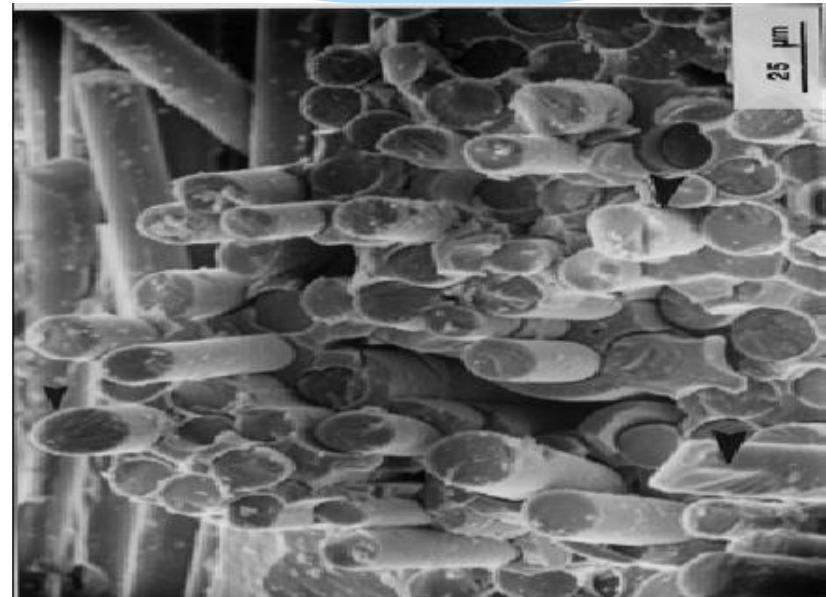
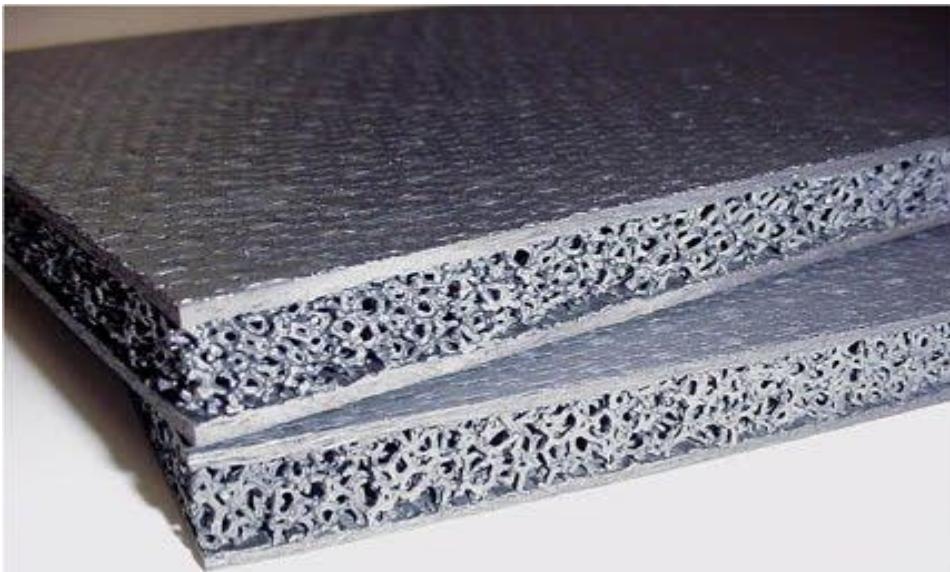
- Fibra de vidrio: aislantes térmicos y acústicos.
- Fibra de metales: como oro y plata en textil.

-De origen vegetal: algodón, lino y esparto.

-De origen animal: lana y seda.

# **MATERIALES COMPUESTOS**

- \* Constituídos por más de un tipo de material.
- \* Diseñados para presentar las mejores características de cada uno de los materiales involucrados.



**Micrografía óptica de un compuesto reforzado con fibras de vidrio. 1000X**

# **MATERIALES COMPUESTOS**



La combinación de las propiedades de los materiales dan lugar al desarrollo de los materiales compuestos.

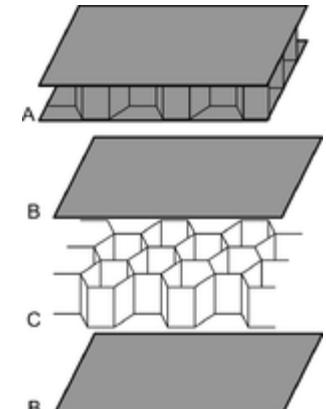
**Los materiales compuestos** son aquellos que se forman por la unión de dos materiales para conseguir la combinación de propiedades que no es posible obtener en materiales originales.

COMPOSITE	FASE DISPERSA	MATRIZ
Adobe	Paja	Barro
Madera	Fibras celulosa	Lignina
Hueso	Fibras de colágeno	Apatito
Acero perlítico	Ferrita	Cementita
Hormigón armado	Armadura de acero	Hormigón

# **MATERIALES COMPUESTOS**

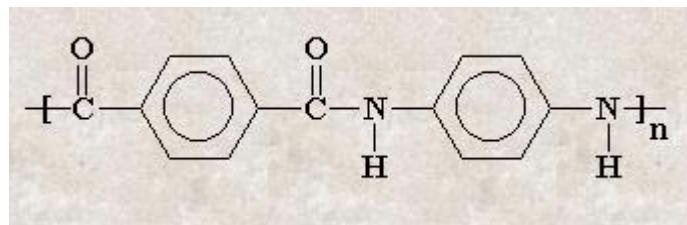
Los composites son materiales multifase obtenidos artificialmente, que cumplen las siguientes características:

- \* Están formados de 2 o más componentes distinguibles físicamente y separables mecánicamente.
- \* Presentan varias fases químicamente distintas, completamente insolubles entre sí y separadas por una interfase.
- \* Sus propiedades mecánicas son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes (sinergia).
- \* Se distinguen dos fases:
  - \* Fibrosa: polímeros o cerámicas.
  - \* Matriz (tiene diversas funciones): polímeros o metales



# APLICACIONES: MATERIALES COMPUUESTOS

- \* Kevlar 49; poliamida con matriz de resina. (Chalecos antibalas, material deportivo)



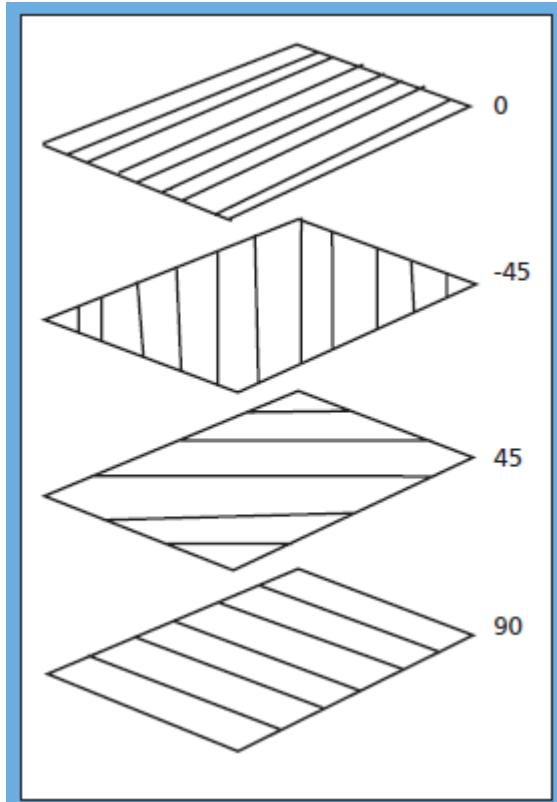
- \* Fibra de carbono: 3 veces más resistente que el acero y más ligera. No se oxida. (aeronáutica, automoción,material deportivo)



- \* Fibra de vidrio: Propiedades similares a la fibra de carbono pero menos resistente. (cables de fibra óptica para telecomunicaciones. Automoción y material deportivo).



# **APLICACIONES: MATERIALES COMPUESTOS**



Los materiales compuestos con mejores propiedades son los constituidos por fibras de alto módulo, que se aplican en forma de tejidos con diferentes orientaciones de la fibra, para garantizar sus propiedades en diferentes direcciones y un sistema entrecruzable (generalmente una resina epoxídica) que impregna las fibras, las mantiene unidas y da tenacidad al conjunto.

# MATERIALES COMPUESTOS REFORZADOS

## HORMIGÓN

### HORMIGÓN PORTLAND

Fino (arena)

Grueso  
(grava)

Agua

Cemento  
portland

Los ingredientes se deben añadir en proporciones correctas, la deficiencia de agua se traduce en una unión incompleta y el exceso favorece la porosidad, en ambos casos la resistencia es menor que al optima.

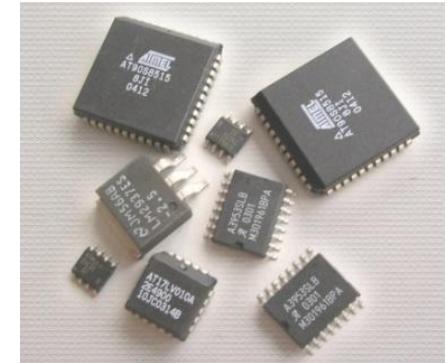
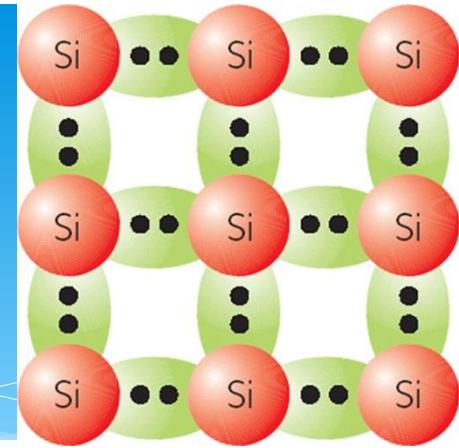
# HORMIGÓN

- En construcción se puede introducir en el encofrado y se endurece a temperatura ambiente.
- Su resistencia aumenta mediante el reforzado con acero → **hormigón armado**.
- Es un material idóneo en construcción, por ser resistente, durable, incombustible, casi impermeable, y requerir escaso mantenimiento.



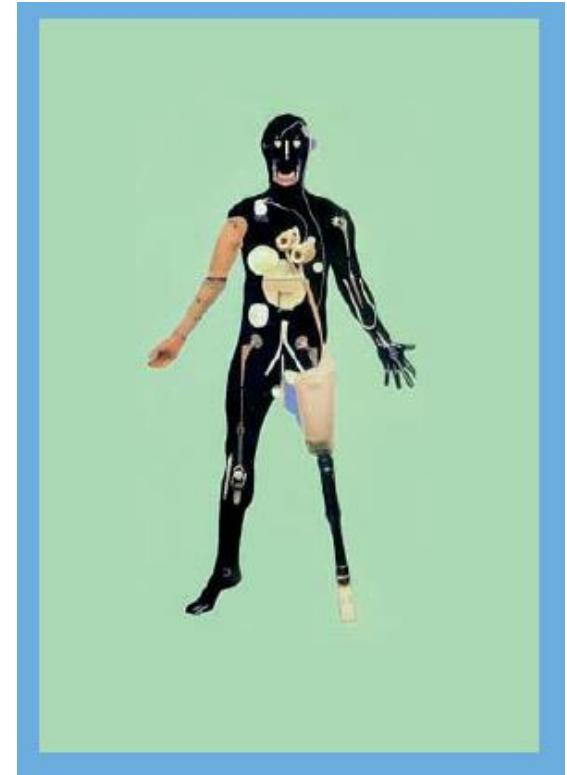
# SEMICONDUCTORES

- \* Poseen propiedades eléctricas intermedias de un material conductor y un aislante.
- \* Sus propiedades eléctricas son extremadamente sensibles a la presencia de impurezas.
- \* Utilizados en la industria electrónica para fabricar circuitos integrados.
- \* Arseniuro de galio, sulfuro de Cd



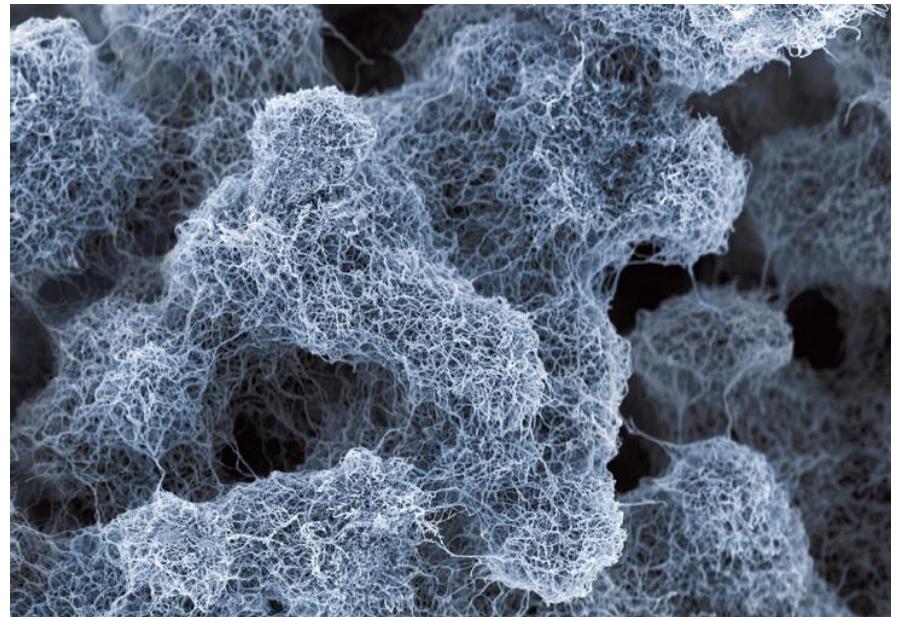
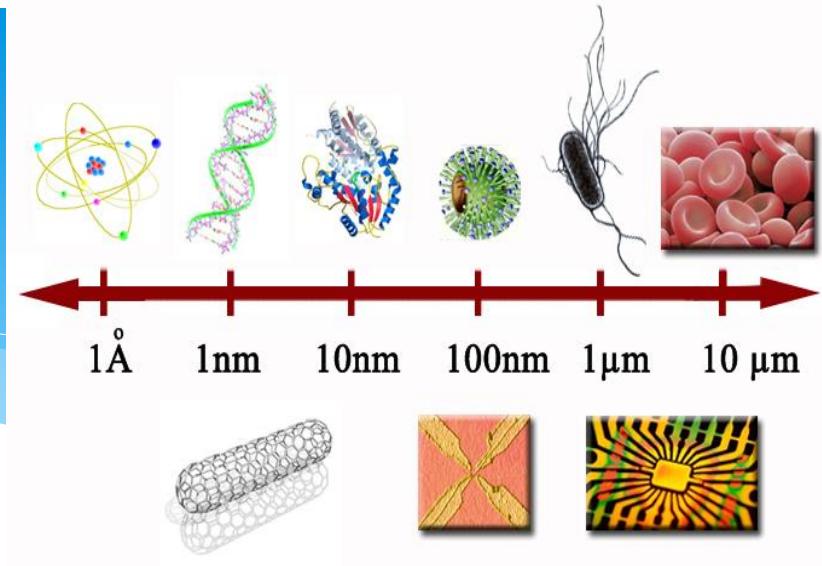
# **BIOMATERIALES**

- \* Utilizados para recomponer partes del cuerpo humano que fueron dañadas por enfermedades o accidentes.
- \* Deben ser compatibles con los tejidos humanos, es decir, no pueden liberar sustancias tóxicas cuando están en contacto con fluidos o tejidos del cuerpo humano.



# Nanomateriales

- \* Los **nanomateriales** son materiales con propiedades morfológicas más pequeñas que un micrómetro en al menos una dimensión.



# GRAFENO

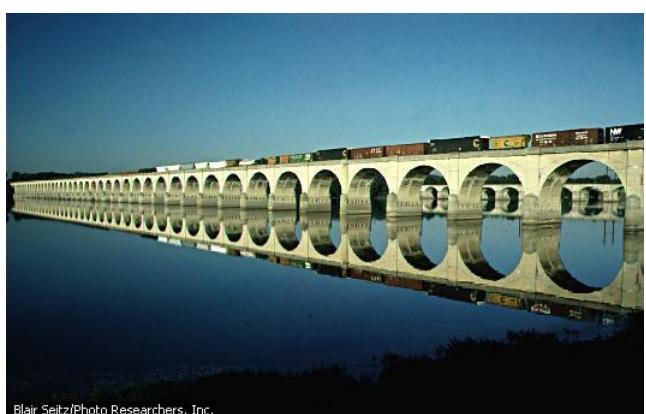
- \* NANOMATERIAL BIDIMENSIONAL, CON UNA SOLA CAPA DE ATOMOS DE CARBONO.
- \* ES FINO Y LIGERO PERO ES EL MAS FUERTE CON UNA RESISTENCIA 200VECES SUPERIOR AL ACERO ESTRUCTURAL CON EL MISMO ESPESOR.
- \* ES ELASTICO, CASI TRANSPARENTE Y POSEE ALTA CONDUCTIVIDAD TERMICA Y ELECTRICA.
- \* LOS ATOMOS DE CARBONO SE ENCUENTRAN ORDENADOS EN FORMA DE HEXAGONOS PLANOS, FUERTEMENTE ENLAZADOS, COMO UN PANEL DE ABEJAS.
- \* ES DAÑINO PARA LA SALUD, POR LOS RESIDUOS DERIVADOS DE SU PRODUCCION.

- \* EL GRAFENO ES MAS DURO QUE EL GRAFITO, PORQUE EL PRIMERO TIENE LAMINAS UNIDAS CON ENLACES COVALENTES.
- \* EL GRAFITO TIENE ENLACES DEBILES ENTRE LAMINAS.
- \* En 2D, SI LAS CAPAS TIENEN SIMETRIA DE BALÓN DE FOOTBALL, SE LLAMAN FULLERENOS.
- \* SI SE ENRROLLAN LAS CAPAS CILINDRICAMENTE, SON NANOTUBOS.
- \* SI SUPERPONEMOS MAS DE 10 CAPAS 3D, SE OBTIENE GRAFITO.

- \* El grafeno es una sustancia con unas características muy interesantes, algunas asombrosas. Estas propiedades junto a la abundancia de carbono en la naturaleza han hecho al grafeno ganarse el adjetivo de «material del futuro». Algunas de las características más destacadas del grafeno son:
  - \* • Alta conductividad térmica.
  - \* • Alta conductividad eléctrica.
  - \* • Alta elasticidad (deformable).
  - \* • Alta dureza (resistencia a ser rayado).
  - \* • Alta resistencia. El grafeno es aproximadamente 200 veces más resistente que el acero, similar a la resistencia del diamante, pero es más ligero.

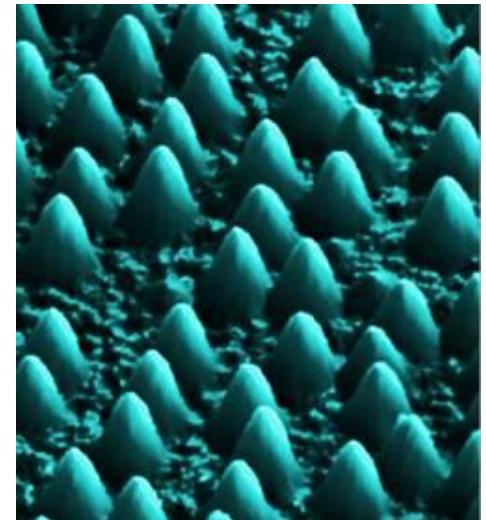


**“Como ingenieros, en  
alguna ocasión se  
encontrarán con problemas  
de diseño en el cual  
intervengan materiales”**





El avance tecnológico esta creando nuevos tipos de materiales con propiedades que superan ampliamente las de los materiales tradicionales





Cojinetes fabricados de compuestos polímeros son resistentes al calor y químicamente estables. Tienen la ventaja de no necesitar lubricación y pueden trabajar a temperaturas que van desde los -40°C a 200°C.

Los frenos del nuevo Porsche 911  
están fabricados de  
materiales cerámicos



La carrocería  
del Lamborghini  
Murciélagos está  
construida de fibra de  
carbono en una matriz  
epoxi

Nuevos tipos de pastas cerámicas biocompatibles son utilizadas para rellenar huesos rotos. Las cuales son disueltas por el organismo y transformadas en hueso real

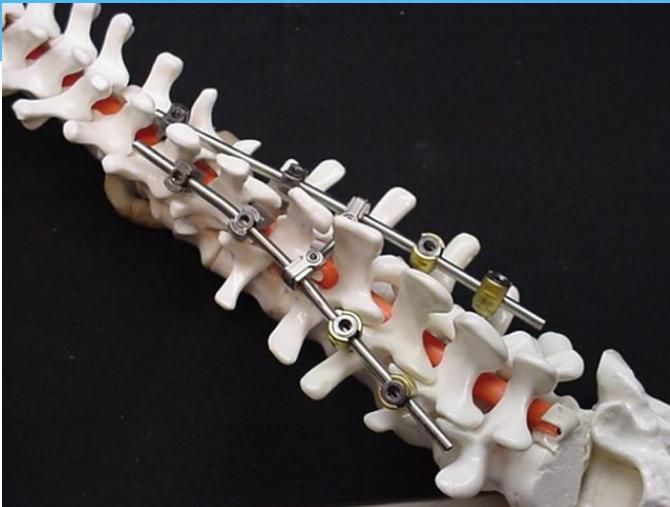


Revestimientos Compuestos permiten reemplazar las articulaciones de las caderas

Se utilizan implantes de metal hueco (inox.-Ti)-vástago femoral revestidos por biocerámicas que facilitan el rápido crecimiento del hueso nuevo entre el implante y el antiguo hueso. Cabeza femoral: cerámica – óx. de Al. Cavidad Acetabular: PE de PM ultra alto.

# Biomateriales

## DESARROLLO Y AREAS DE TRABAJO



**Implantes y dispositivos ortopédicos,  
vertebroplastia, etc.**



# Grupo de Investigaciones en Biomateriales

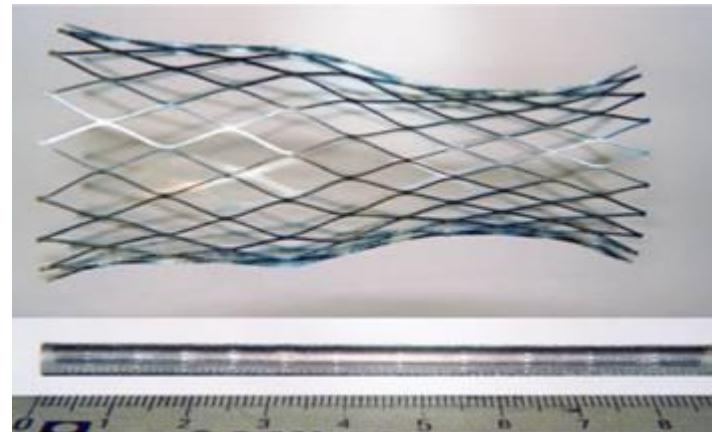
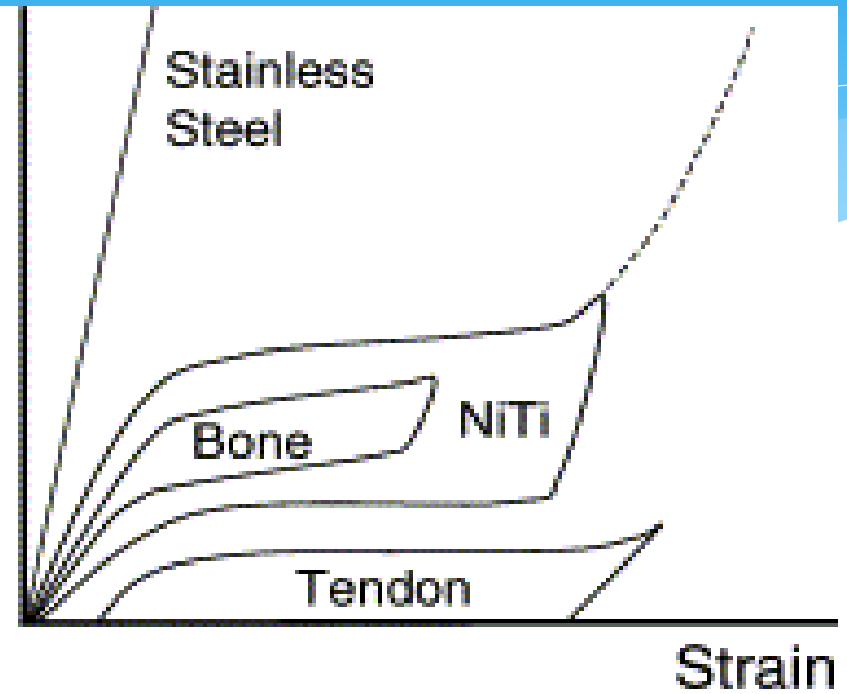
## IMPLANTES DENTALES



- Diseño y fabricación de implantes dentales
- Selección y estudio de una aleación base Ti para la sustitución de la aleación Ti-6Al-4V

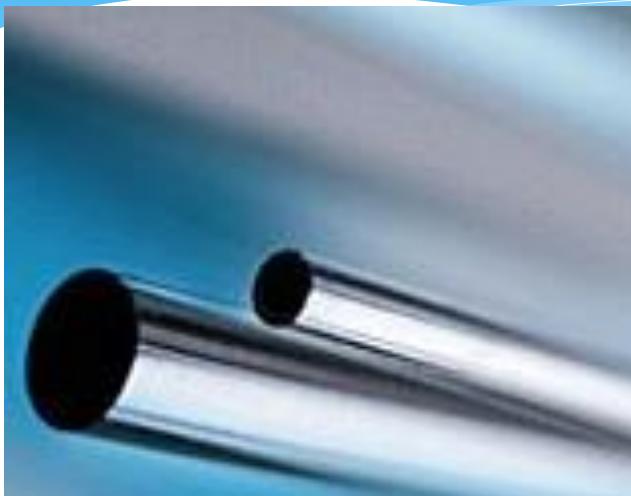


# Superelasticidad y memoria de forma del NITINOL



# Biomateriales

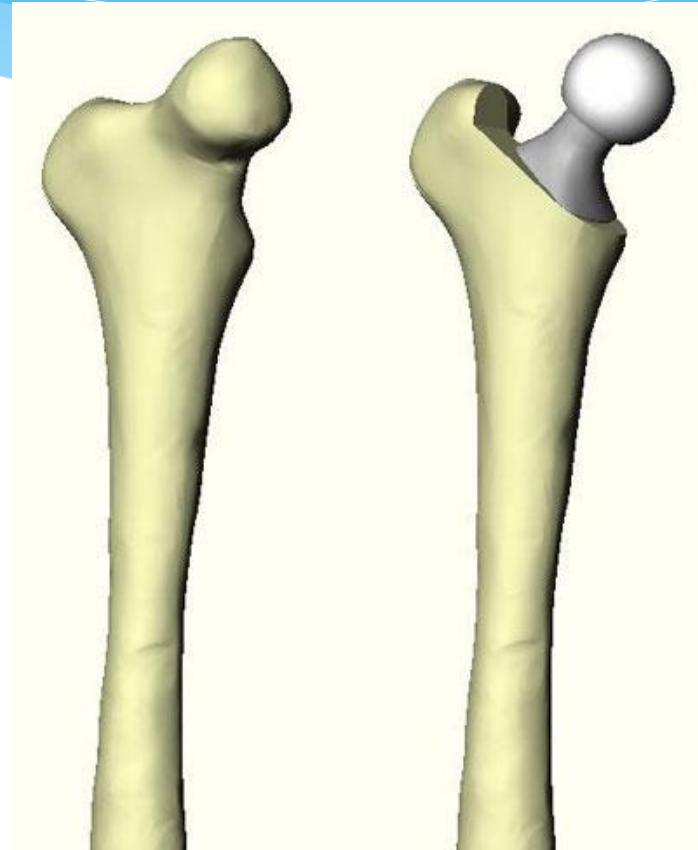
Microtubos

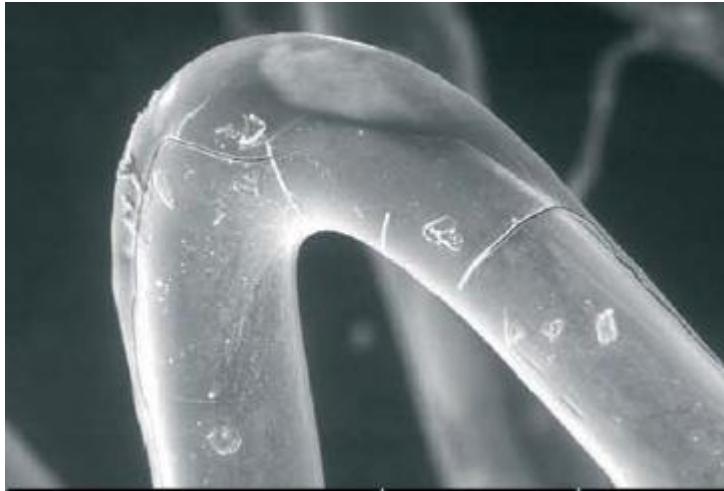


Stents



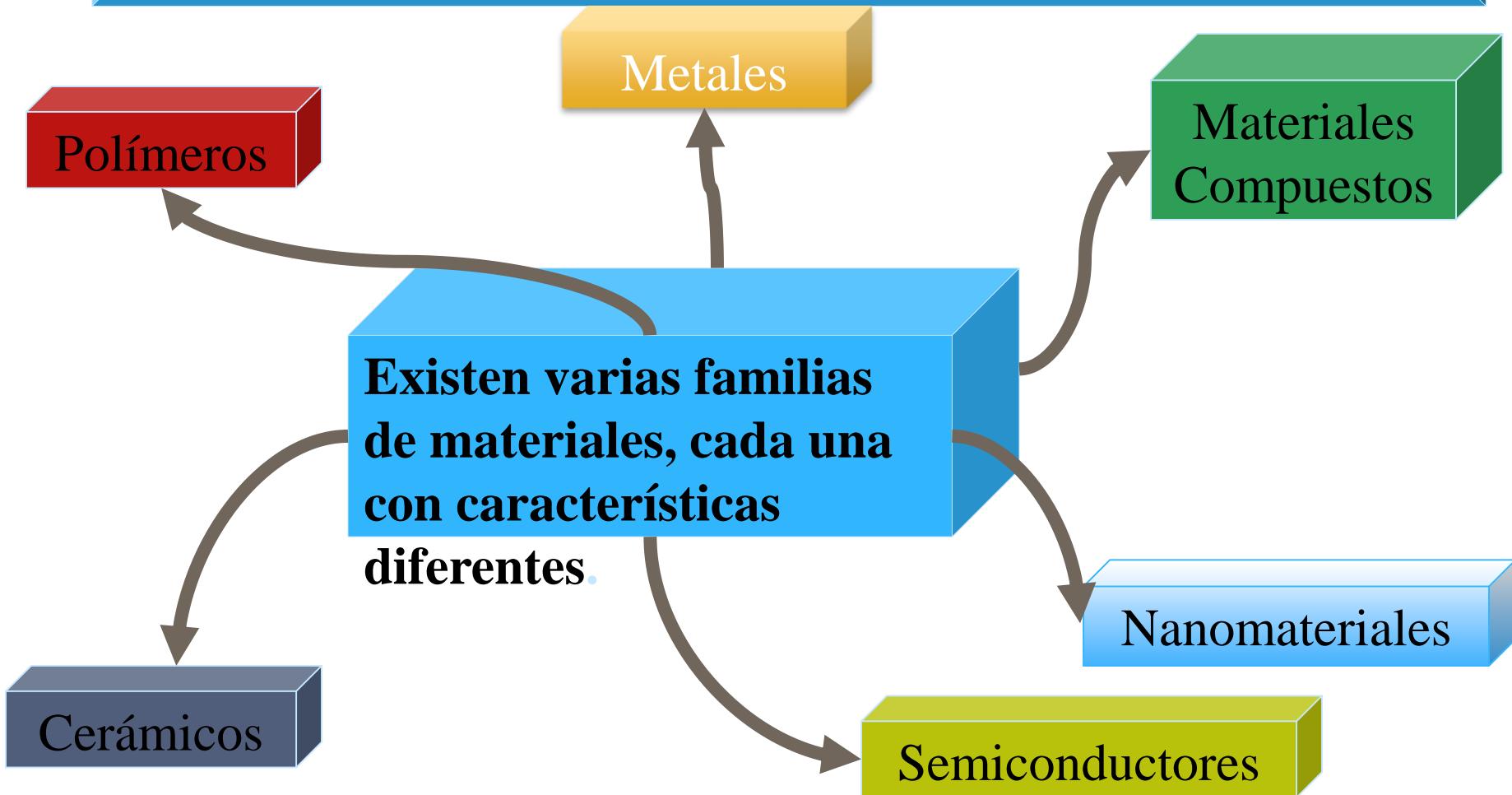
Prótesis





Micrografías de nuevos “stents” coronarios recubiertos con polímeros activos de carácter antitrombogénico, y que actúan como sistemas de liberación controlada de fármacos antiproliferativos.

**“Es de vital importancia en los problemas de diseño elegir el material adecuado para cada tipo de aplicación”**



Metálico



Existen varias familias de materiales, cada una con características diferentes.

Cerámico



Polimérico

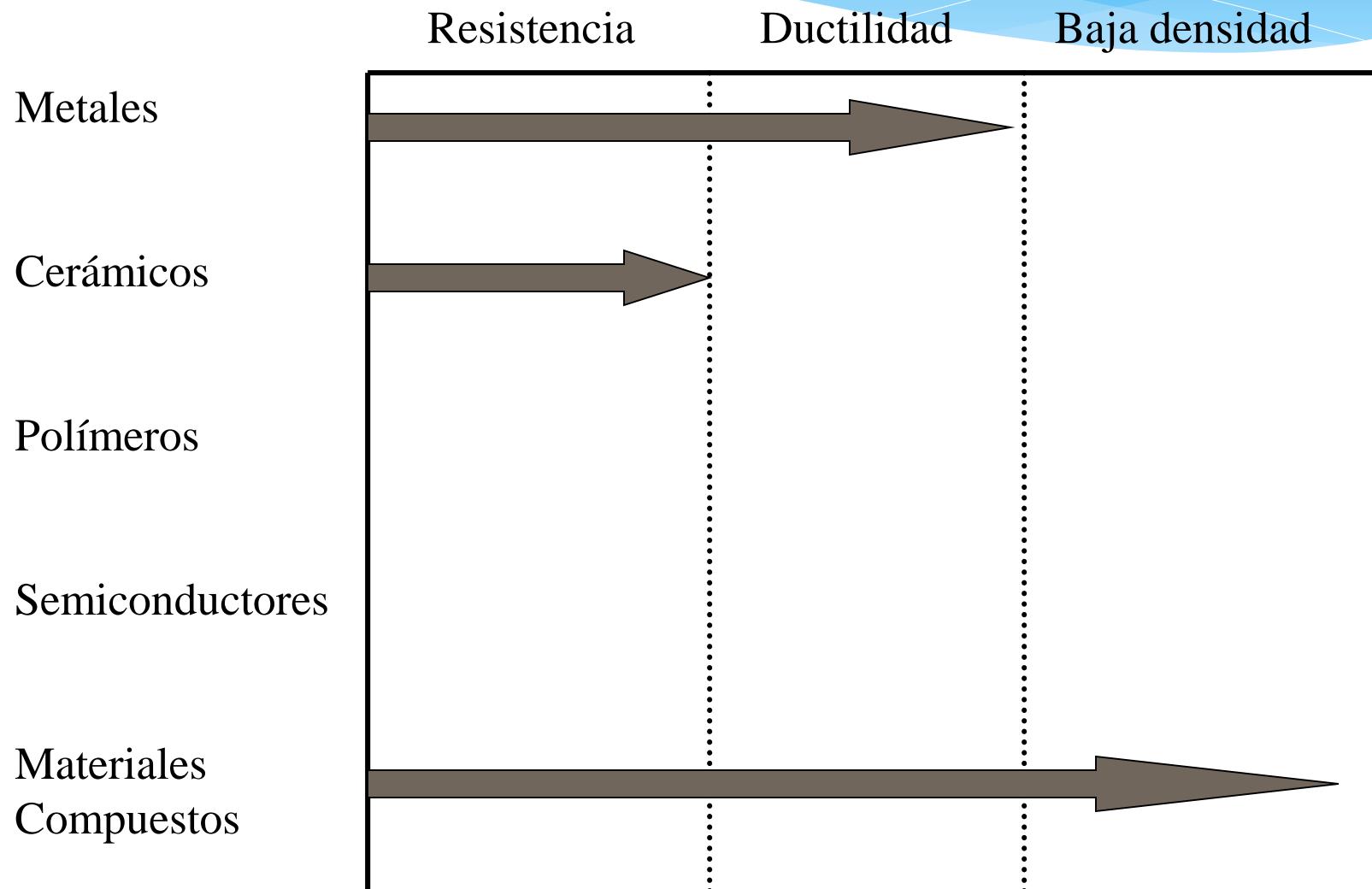
## PASOS GENERALES PARA SELECCIONAR UN MATERIAL

- En primer lugar, deben caracterizarse las condiciones en que el material prestará servicio, y se anotarán las propiedades requeridas por el material para dicho servicio.
- La segunda consideración se refiere a la degradación que el material experimenta en servicio.
- Finalmente, la consideración más convincente, es probablemente la más económica. ¿Cuál es el costo del producto acabado?.

CHECKLIST



# Competencia entre los cinco tipos de materiales



Recipientе a presión de aplicación aeroespacial

# Materiales Compuestos

Reforzado con fibras

Fibras Naturales

Fibras Sintéticas

Fibras de aramida (poliamida aromática) Kevlar 49 devanada en una matriz epoxy

Reforzado con partículas

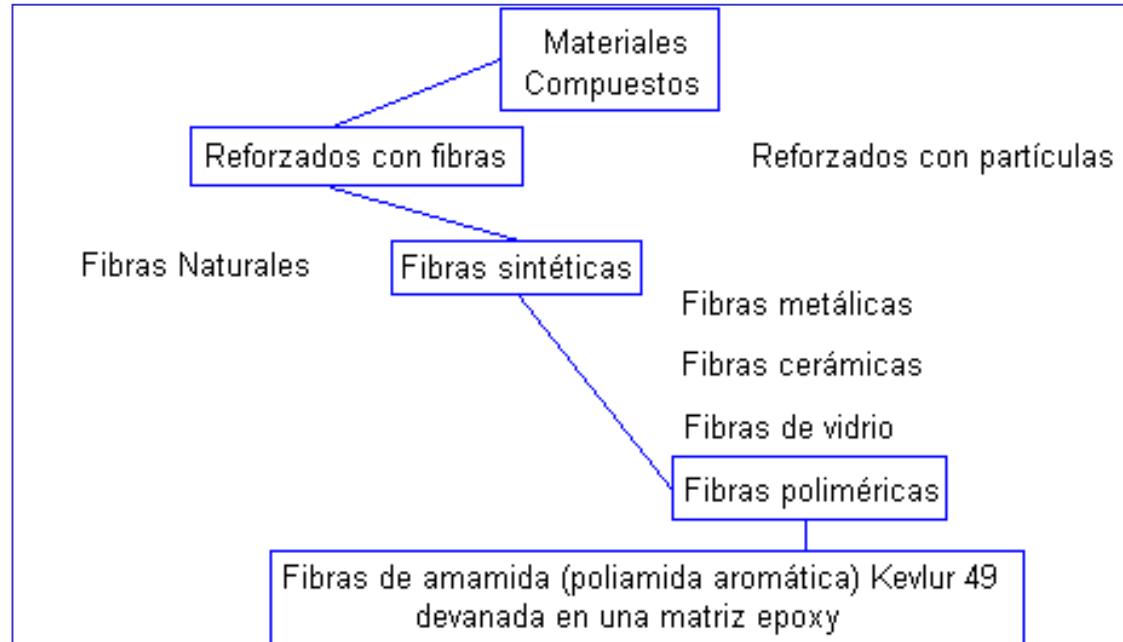
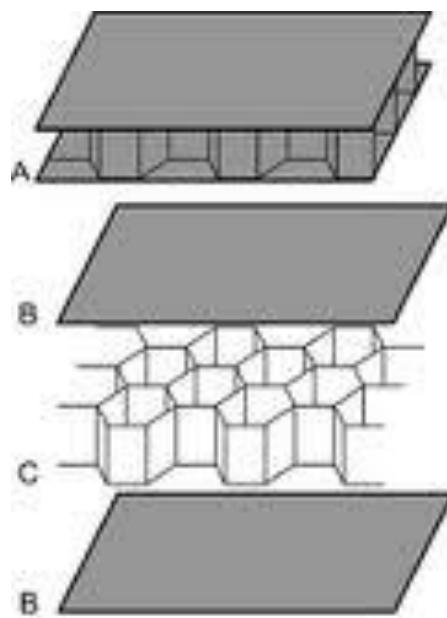
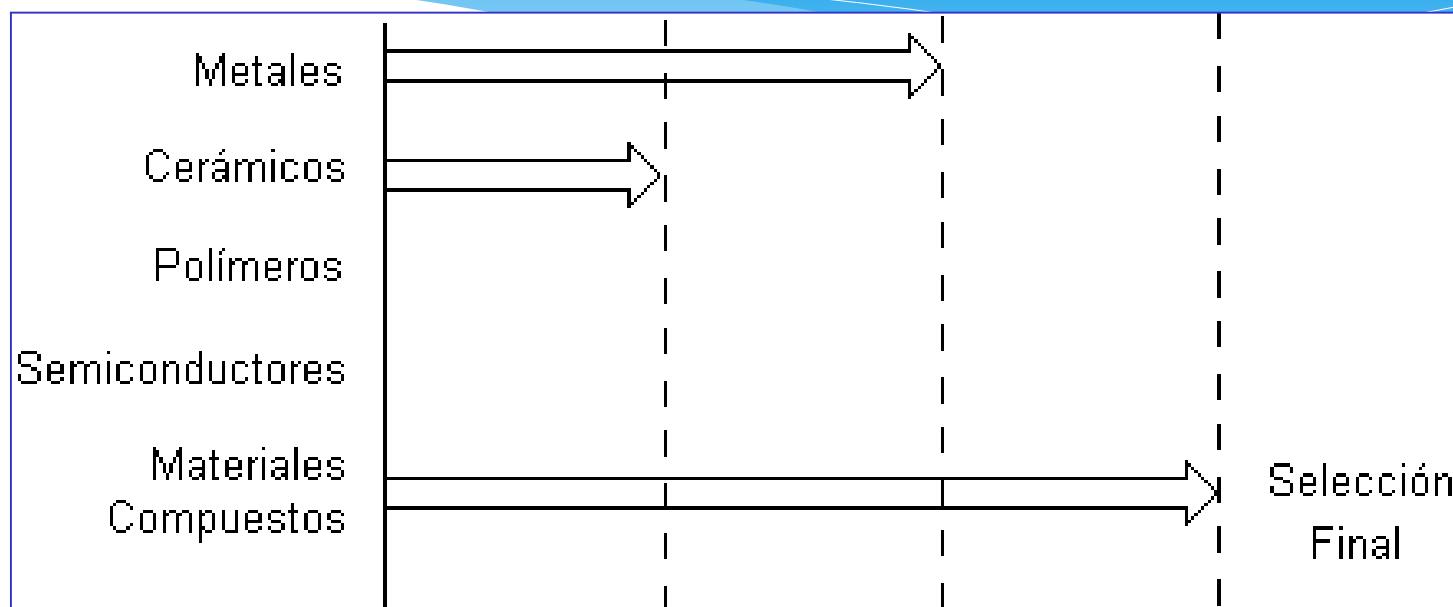
Fibras metálicas

Fibras cerámicas

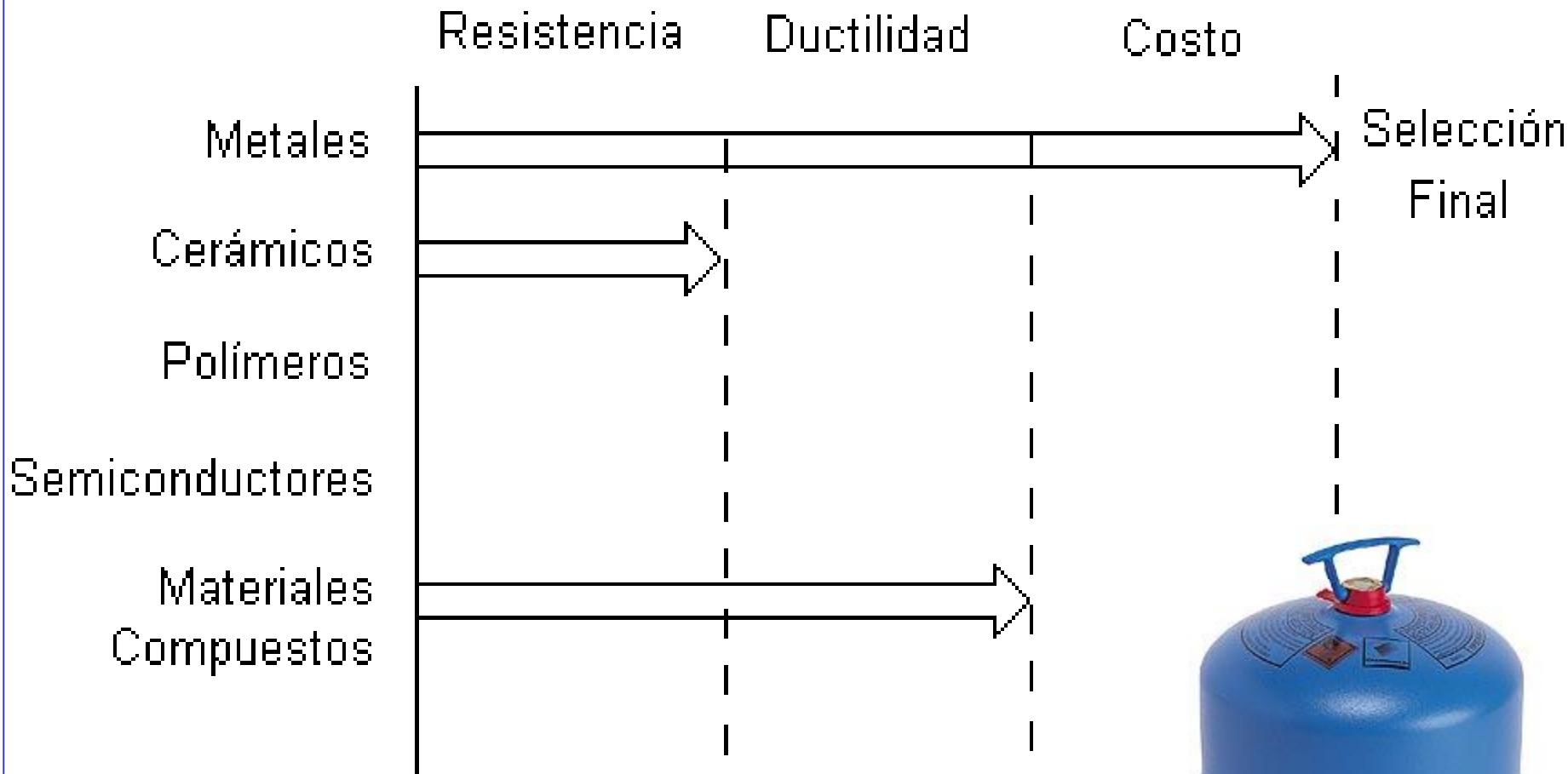
Fibras de vidrio

Fibras poliméricas

# Selección del sustituto de un metal



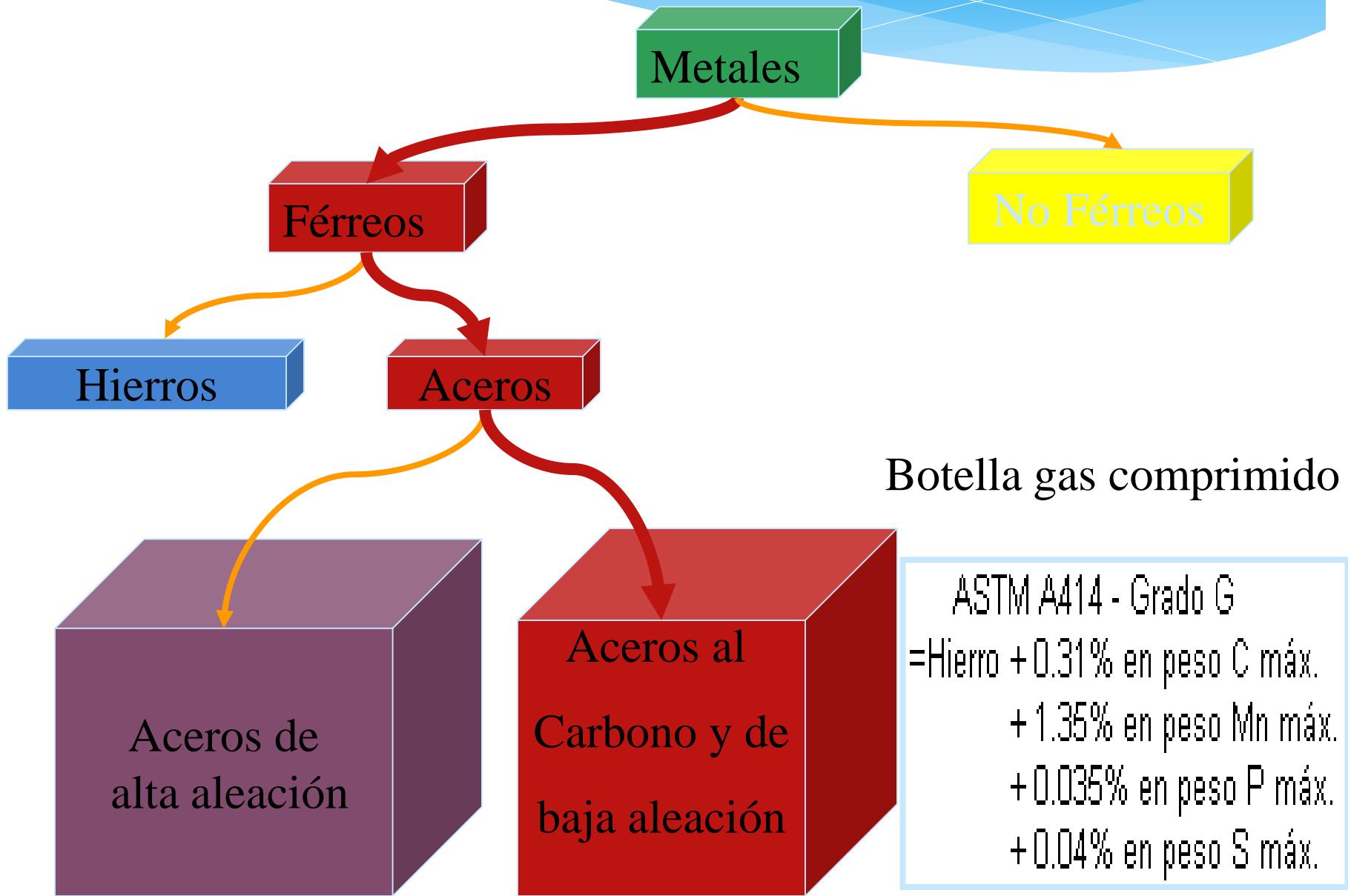
# Competencia entre los Cinco Tipos de Materiales



Botella gas comprimido



# Selección de un material óptimo



# Materiales Compuestos



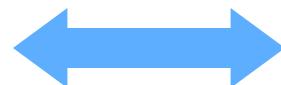
Nanocomposites de matriz orgánica y composites de matriz metálica  
Reducen el peso, las vibraciones, mayor resist. Impacto (para montaña)

# MOTIVACION

NUEVOS  
DISPOSITIVOS

NUEVAS  
TECNOLOGIAS

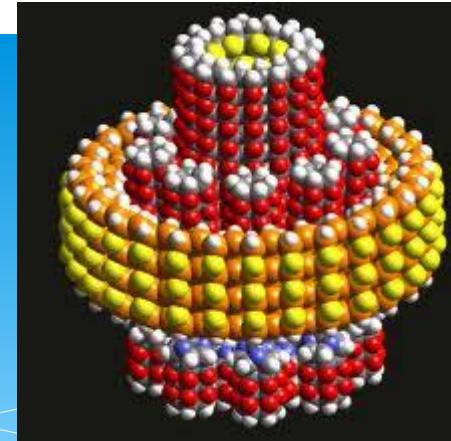
INNOVACION PARA  
LA VIDA



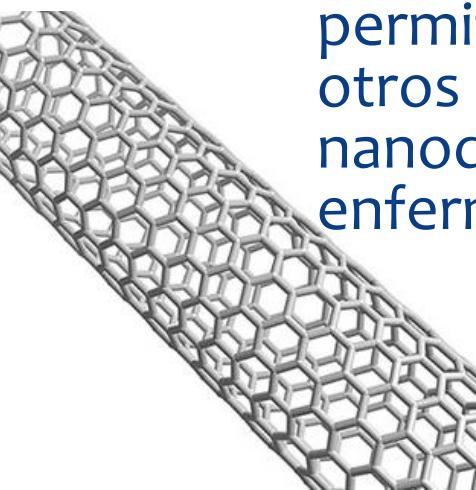
NUEVOS  
MATERIALES



# Nanotecnología

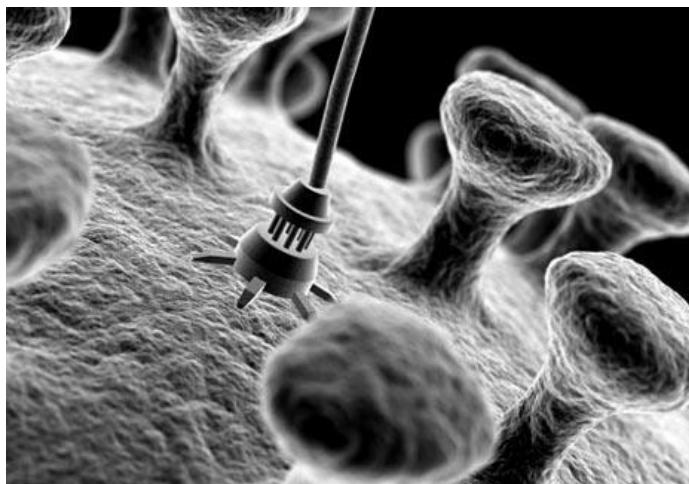


- \* Es una revolución científica y tecnológica basada en la capacidad desarrollada de medir, manipular y organizar la materia a la escala del nanómetro, es decir, a nivel de los átomos.
- \* La miniaturización ha permitido ya acelerar los análisis biológicos. Los biochips de tamaño nanométrico permitirán analizar rápidamente el ADN, proteínas u otros parámetros celulares. De esta manera, el nanodiagnóstico permitirá detectar precozmente enfermedades a nivel celular.



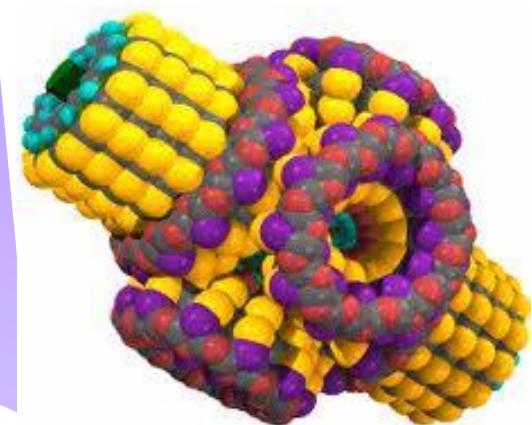
# Tipos de materiales nanostructurados

Desde clusters de átomos de dimensión zero hasta granos equiaxiales tridimensionales en la escala nanométrica.



# Que son Materiales nanofásicos o nanoestructurados?

- \* Comprenden una amplia gama de materiales con microestructuras moduladas en escalas menores a los 100 nm
- \* Materiales con tamaño de grano del orden de los nanometros.
- \* Cualquier material con al menos una dimension en la escala de 1-100nm.



# Por qué son interesantes?

- \* Nanopartículas son de interés desde varias perspectivas:
  - \* Fundamental
    - \* Permite el estudio de las transiciones de las propiedades del volumen hasta las de cluster moleculares
  - \* Práctica
    - \* Posible aplicación en materiales avanzados
    - \* Aplicaciones Catalíticas, Magnéticas, electrónicas, estructurales



