



---

# Curso MT-1113

## Ciencia de los Materiales

### TEMA 1

---

#### Aleaciones Metálicas

- Clasificación General
- Algunas Aleaciones de importancia industrial
- Aplicaciones

#### Cerámicas y Vidrios

- Clasificación General
- Aplicaciones



# Ciencia e Ingeniería de los Materiales

- Composición: elementos que componen al material.
- Estructura: ¿Cómo están organizados estos elementos?, átomos, grupos de átomos, fases, distribución de precipitados, partículas.
- Propiedades: Características de los materiales como respuesta a una acción física y/o química.
- Desempeño (comportamiento): ¿Cómo responde el material en un entorno de aplicación dada?
- Procesamiento: Técnicas de transformación de la materia prima en un producto elaborado o semi-elaborado.



# Ciencia e Ingeniería de los Materiales

## Propiedades

Mecánicas: deformación a una carga o fuerza aplicada

Eléctricas: conductividad eléctrica, constante dieléctrica, sensibilidad a campos eléctricos

Térmicas: capacidad calorífica, conductividad térmica

Magnéticas: respuestas a campos magnéticos

Ópticas: refracción, reflectividad

Deteriorativas: reactividad química

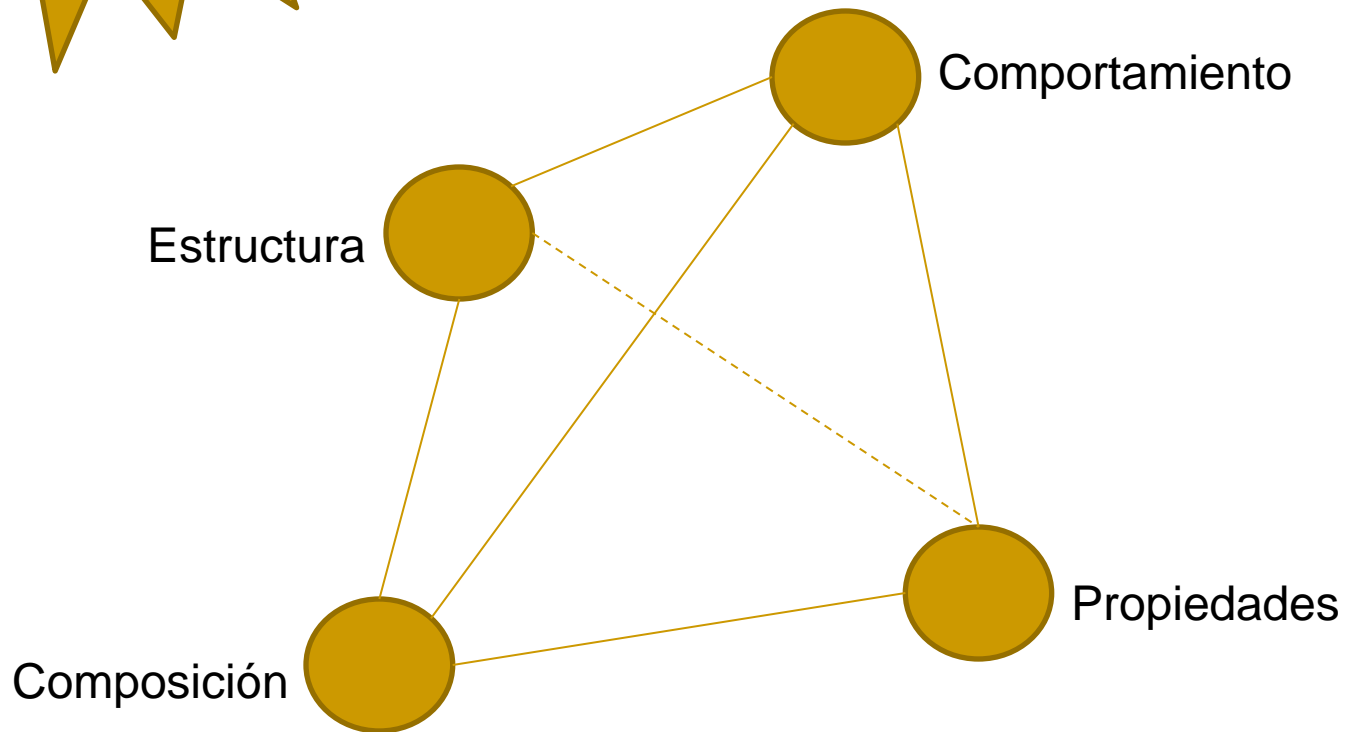


# Ciencia e Ingeniería de los Materiales



Condiciones  
Externas

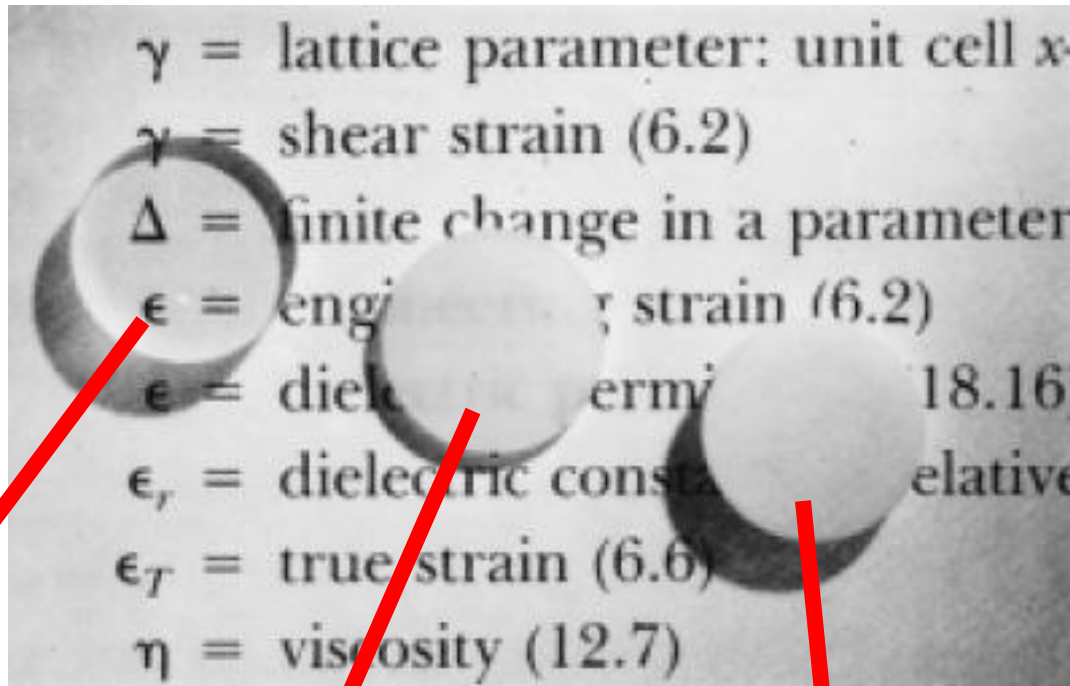
## Procesamiento





# Procesamiento-Estructura—Propiedades-Desempeño

Propiedad afectada: óptica (transmitancia de la luz)



Zafiro: Monocristal

Policristalino y  
denso (no-poroso)

Policristalino con  
5% de porosidad



# Ciencia e Ingeniería de los Materiales y las Artes Culinarias





# Clasificación de los materiales





# Aleaciones Metálicas

- ❑ Aleaciones de Hierro, Aluminio, Cobre, Níquel Titanio
- ❑ Clasificación General
- ❑ Aplicaciones

## Metales

Cobre

Alambre conductor eléctrico

Alta conductividad eléctrica, buena formabilidad

Hierro fundido gris

Bloques para motor de automóvil

Moldeable, maquinable, absorbe vibraciones

Aleación de aceros

Llaves

Endurecidas de manera significativa mediante tratamientos térmicos





Incluyen el acero, aluminio, magnesio, zinc, hierro fundido, titanio, cobre y níquel)

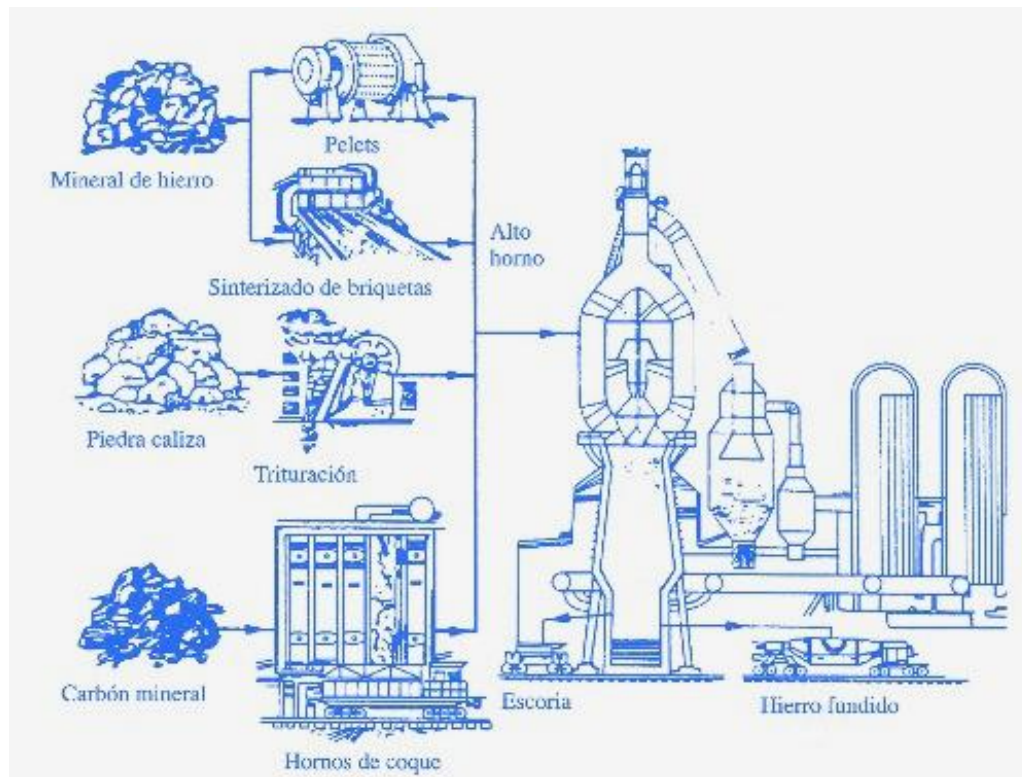
- Elementos puros o combinación de elementos metálicos (aleaciones)
- Enlace metálico
- Propiedades:
  - Buenos conductores eléctricos
  - Buenos conductores térmicos
  - Apariencia brillante - No transparentes
  - Fuertes - resistentes
  - Deformables
  - Algunos magnéticos





# Aleaciones de Hierro

- Se basan en aleaciones de hierro y carbono. Incluyen los aceros bajo carbono, aceros aleados y de herramientas y aceros inoxidables y los hierros fundidos.



El carbono del coque reduce el óxido de hierro en hierro líquido, produciendo monóxido de carbono y bióxido de carbono. La piedra caliza forma la escoria que elimina las impurezas, luego al hierro líquido se le inyecta oxígeno eliminando carbono excedente produciendo acero líquido.



## Aceros al Carbono

Número AISI-SAE	% C	% Mn	% Si	% Ni	% Cr	Otros
1020	0.18-0.23	0.30-0.60				
1040	0.37-0.44	0.60-0.90				
1060	0.55-0.65	0.60-0.90				
1080	0.75-0.88	0.60-0.90				
1095	0.90-1.03	0.30-0.50				
1140	0.37-0.44	0.70-1.00				0.08-0.13% S
4140	0.38-0.43	0.75-1.00	0.15-0.30		0.80-1.10	0.15-0.25% Mo
4340	0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.30	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30% Mo
4620	0.17-0.22	0.45-0.65	0.15-0.30	1.65-2.00		0.20-0.30% Mo
52100	0.98-1.10	0.25-0.45	0.15-0.30		1.30-1.60	
8620	0.18-0.23	0.70-0.90	0.15-0.30	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25% V
9260	0.56-0.64	0.75-1.00	1.80-2.20			

AISI American iron and steel Institute

SAE Society of Automotive Engineers



## Aceros Especiales

### ❑ Aceros de baja aleación y alta resistencia (HSLA):

Aceros al bajo carbono que contienen pequeñas cantidades de elementos de aleación. Estos presentan un procesamiento cuidadoso que permiten la precipitación de carburos y nitruros de V y Ti entre otros, que permiten un endurecimiento por dispersión y un tamaño de grano fino.

### ❑ Aceros inoxidables:

Contienen un mínimo de 12% Cr, lo que permite la formación de una capa de óxido de cromo al exponerlo al oxígeno.

**Aceros ferríticos** contienen hasta 30%Cr y menos de 0,12% C

**Aceros martensíticos** 17%Cr y 0,5% C son tratados a 1200C y templados en aceite para formar martensita luego revenidos.

**Aceros austeníticos** Mas de un 17% Cr y menos del 0,1% C.



## Aceros Especiales

**Aceros para herramienta** : Aceros con alto contenido de carbono y tratados térmicamente.

**Aceros inoxidables endurecidos por precipitación (PH)**: Estos aceros contienen Al, Nb o Ta y deben sus propiedades a los endurecimientos por solución sólida, por deformación, por envejecimiento y por transformación martensítica.

**Aceros inoxidables dúplex**: Aceros con una mezcla de fases equivalentes al 50% de ferrita y de austenita.





## Hierros fundidos

Aleaciones hierro carbono silicio que tienen 2 a 4% C y de 0,5 a 3% Si y que durante su solidificación experimentan reacción eutéctica.

**Fundición Gris** Contiene grafito en forma de hojuelas que causan baja resistencia y ductilidad.

**Fundición Blanco** Es una aleación dura y frágil con cantidades de  $Fe_3C$ .

**Fundición Maleable** Es tratada térmicamente con el fin de producir nódulos de grafito.







## Aluminio

- Posee una densidad de  $2,70 \text{ g/cm}^3$ .
- Una buena relación resistencia-peso.
- Alta conductividad térmica y eléctrica.
- No magnético
- Excelente resistencia a la corrosión y a la oxidación.
- No trabaja a temperaturas elevadas.
- Su utilización abarca la industria aeronáutica y automotriz.

Material	Resistencia a la tensión (psi)	Esfuerzo de cedencia (psi)	% de elongación	Limite elástico (aleación) límite elástico (puro)
Aluminio puro	6,500	2,500	60	
Aluminio puro comercial	13,000	5,000	45	2.0
Aleación de aluminio endurecida por solución sólida	16,000	6,000	35	2.4
Aluminio trabajado en frío	24,000	22,000	15	8.8
Aleación de aluminio endurecida por dispersión	42,000	22,000	35	8.8
Aleación de aluminio endurecida por envejecimiento	83,000	73,000	11	29.2

## Sistema de Clasificación

### Aleaciones para forja:

1xxx Aluminio comercialmente puro (>99% Al)	No es endurecible por envejecimiento
2xxx Al-Cu y Al-Cu-Li	Endurecibles por envejecimiento
3xxx Al-Mn	No es endurecible por envejecimiento
4xxx Al-Si y Al-Mg-Si	Endurecible por envejecimiento si está presente el magnesio
5xxx Al-Mg	No es endurecible por envejecimiento
6xxx Al-Mg-Si	Endurecible por envejecimiento
7xxx Al-Mg-Zn	Endurecible por envejecimiento
8xxx Al-Li, Sn, Zr o B	Endurecible por envejecimiento

### Aleaciones para fundición:

1xx Aluminio comercialmente puro	No endurecible por envejecimiento
2xx Al-Cu	Endurecible por envejecimiento
3xx Al-Si-Cu o Al-Mg-Si	Algunos son endurecibles por envejecimiento
4xx Al-Si	No endurecibles por envejecimiento
5xx Al-Mg	No endurecibles por envejecimiento
7xx Al-Mg-Zn	Endurecibles por envejecimiento
8xx Al-Sn	Endurecible por envejecimiento





# Aleaciones No Ferrosas

Aleación		Resistencia a la tensión (psi)	Esfuerzo de cedencia (psi)	% de elongación	Aplicaciones
<b>Aleaciones para forja no tratables térmicamente:</b>					
1100-O	> 99% Al	13,000	5,000	40	Componentes eléctricos, forja, procesamiento de alimentos
1100-H18		24,000	22,000	10	
3004-O	1.2% Mn-1.0% Mg	26,000	10,000	25	Cuerpos de latas de bebidas, usos arquitectónicos
3004-H18		41,000	36,000	9	
4043-O	5.2% Si	21,000	10,000	22	Metal de relleno para soldadura
4043-H18		41,000	39,000	1	
5182-O	4.5% Mg	42,000	19,000	25	Tapas de las latas de bebidas, componentes marinos
5182-H19		61,000	57,000	4	
<b>Aleaciones para forja tratables térmicamente</b>					
2024-T4	4.4% Cu	68,000	47,000	20	Ruedas de camión
2090-T6	2.4% Li-2.7% Cu	80,000	75,000	6	Lámina externa de aeronaves
4032-T6	12% Si-1% Mg	55,000	46,000	9	Pistones
6061-T6	1% MG-0.6% Si	45,000	40,000	15	Canoas, carros de ferrocarril
7075-T6	5.6% Zn-2.5% Mg	83,000	73,000	11	Bastidores de aeronaves
<b>Aleaciones para fundición:</b>					
201-T6	4.5% Cu	70,000	63,000	7	Carcasas de transmisiones
319-F	6% Si-3.5% Cu	27,000	18,000	2	Fundiciones de uso general
356-T6	7% Si-0.3% Mg	33,000	24,000	3	Acoplamiento para aeronaves
380-F	8.5% Si-3.5% Cu	46,000	23,000	3	Carcasas para motor
390-F	17% Si-4.5% Cu	41,000	35,000	1	Motores automotrices
443-F	5.2% Si (fundición de arena) (molde permanente)	19,000	8,000	8	Equipo para manejo de alimentos acoplamiento marinos
		23,000	9,000	10	
		(fundición de a presión) 33,000	16,000	9	

## Propiedades Mecánicas de las aleaciones de aluminio



## Aleaciones de Cobre

- Límite elástico alto. Alta ductilidad.
- Resistencia mecánica menor que la del aluminio.
- Posee una menor resistencia a la fatiga, a la termofluencia y al desgaste.
- La mayoría presentan una excelente ductilidad y resistencia a la corrosión.
- Buena soldabilidad
- Su aplicación incluye alambres, bombas, válvulas componentes de plomería y aplicaciones eléctricas.

Material	Resistencia a la tensión (psi)	Esfuerzo de cedencia (psi)	% de elongación	Mecanismo de endurecimiento
Cu puro, recocido	30,300	4,800	60	
Cu comercialmente puro, recocido a tamaño de grano grueso	32,000	10,000	55	
Cu puro comercial recocido a tamaño de grano fino	34,000	11,000	55	Tamaño de grano
Cu comercial puro, trabajado en frío 70%	57,000	53,000	4	Endurecimiento por deformación
Cu-35% Zn recocido	47,000	15,000	62	Solución sólida
Cu-10% Sn recocido	66,000	28,000	68	Solución sólida
Cu-35% Zn trabajado en frío	98,000	63,000	3	Solución sólida + endurecimiento por deformación
Cu-2% Be endurecido	190,000	175,000	4	Endurecimiento por envejecimiento
Cu-Al templado y revenido	10,000	60,000	5	Reacción martensítica
Bronce al manganeso fundido	71,000	28,000	30	Reacción eutécticoide



## Níquel y Cobalto

- Se utilizan para la protección contra la corrosión y tolerancias a altas temperaturas.
- El níquel posee buena conformabilidad .
- Las aleaciones de Cu-Ni (Monel) ofrecen una alta resistencia a la corrosión particularmente en agua salada y a temperaturas elevadas.
- Otras aleaciones de Ni presentan un comportamiento ferromagnético.
- Las aleaciones de cobalto ofrecen excelentes resistencia al desgaste.
- Entre algunas aplicaciones se destacan aletas y aspas de motores y turbinas, intercambiadores de calor, partes de recipientes para reacciones químicas entre otros.

TABLA 13-8 Composiciones, propiedades y aplicaciones de aleaciones seleccionadas de níquel y cobalto.

Material	Resistencia a la tensión (psi)	Esfuerzo de cedencia (psi)	% de elongación	Mecanismo de endurecimiento	Aplicaciones
Ni puro (99.9% Ni)	50,000	16,000	45	Recocido	Resistencia a la corrosión
	95,000	90,000	4	Trabajo en frío	Resistencia a la corrosión
<b>Aleaciones Ni Cu:</b>					
Monel 400 (Ni-31.5% Cu)	78,000	39,000	37	Recocido	Válvulas, bombas, intercambiadores de calor
Monel K - 500 (Ni-29% Cu-2.7% Al-0.6% Ti)	150,000	110,000	30	Envejecido	Flechas, resortes, impulsores
<b>Superalaciones Ni:</b>					
Inconel 600 (Ni-15.5% Cr-8% Fe)	90,000	29,000	49	Carburos	Equipo de tratamiento térmico
Hastelloy B-2 (Ni-28% Mo)	130,000	60,000	61	Carburos	Resistencia a la corrosión
DS-Ni (Ni-2% ThO <sub>2</sub> )	71,000	48,000	14	Dispersión	Turbinas de gas
<b>Fe-Ni superaleaciones:</b>					
Incoloy 800 (Ni-46% Fe-21% Cr)	89,000	41,000	37	Carburos	Intercambiadores de calor
<b>Co superaleaciones:</b>					
Stelly 6B (60% Co-30% Cr-4.5% W)	177,000	103,000	4	Carburos	Resistencia al desgaste abrasivo

Composiciones, propiedades y aplicaciones del níquel y cobalto.



# Aleaciones No Ferrosas

## Titanio

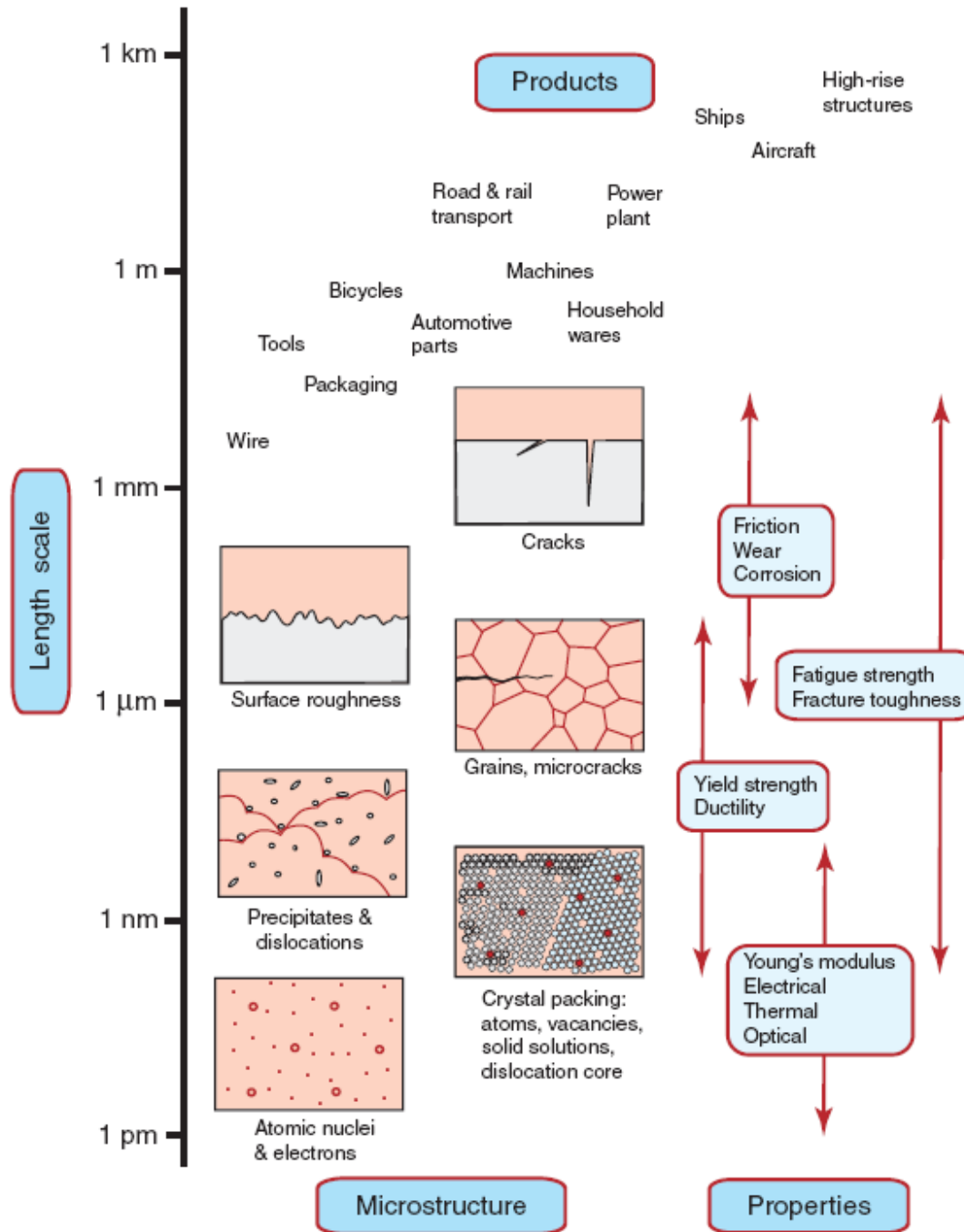
- Posee una alta resistencia a la corrosión.
- Resistencia mecánica específica alta y buenas propiedades a altas temperaturas.
- Una película de  $\text{TiO}_2$  proporciona por debajo de  $535^\circ\text{C}$  excelente resistencia a la corrosión.
- Entre algunas aplicaciones destacan los equipos de procesamiento químico y componentes marinos e implantes biomédicos.

Material	Resistencia a la tensión (psi)	Esfuerzo de cedencia (psi)	% de elongación
<b>Ti comercialmente puro:</b>			
99.5% Ti	35,000	25,000	24
90.0% Ti	80,000	70,000	15
<b>Aleaciones Ti Alfa:</b>			
5% Al-2.5% Sn	125,000	113,000	15
<b>Aleaciones Ti Beta:</b>			
13% V-11% Cr-3% Al	187,000	176,000	5
<b>Aleaciones Ti Alfa-Beta:</b>			
6% Al-4% V	150,000	140,000	8

Composiciones y propiedades del Titanio



# Metales





Ladrillo, Vidrio, Porcelana, Refractarios y Abrasivos.

- Compuestos entre elementos metálicos y no metálicos
- Enlaces iónicos o covalentes
- Propiedades:
  - Duros
  - Frágiles
  - Aislantes eléctricos (Baja conductividad Eléctrica)
  - Pobres conductores térmicos
  - Pueden ser transparentes u opacos
  - Resistencia al calor
  - Resistentes a la corrosión



ELEMENTOS METALICOS  
(SOMBREADO CLARO) CON  
ELEMENTOS NO METALICOS  
(SOMBREADO OSCURO)

IA 1 H	II A 2 He																	O 2 He													
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne								
11 Na	12 Mg	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII					IB	II B	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar												
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr														
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe														
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn														
87 Fr	88 Ra	89 Ac																													
																		58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
																		90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lw

EL OXIDO DE ALUMINIO ( $Al_2O_3$ ) ES CARACTERISTICOS DE LA FAMILIA DE LOS MATERIALES CERAMICOS, EL OXIDO PRESENTA LA VENTAJA:

- ✓ EL  $Al_2O_3$  ES QUIMICAMENTE ESTABLE EN UNA VARIEDAD DE AMBIENTES SEVEROS.
- ✓ TIENE UNA TEMPERATURA DE FUSION SIGNIFICATIVAMENTE MAYOR 2020 °C QUE EL ALUMINIO METALICO °C DUCTILIDAD:CAPACIDAD DE DEFORMACION PERMANENTE.
- ✓ ALTA RESISTENCIA Y ALTA FRAGILIDAD.

OTRO EJEMPLO ES EL OXIDO DE MAGNESIO ( $MgO$ ) y la Sílice ( $SiO_2$ ) ESTA CONSTITUYEN LOS SILICATOS QUE INCLUYEN LAS ARCILLAS Y LOS MATERIALES ARCILLOSOS.

✓ EN GENERAL LOS CERAMICOS SON COMPUESTOS QUIMICOS CONSTITUIDOS AL MENOS UN ELEMENTO METALICO Y UNO DE LOS CINCO ELEMENTOS NO METALICOS (C,N,O,P ,S)



# Cerámicos

## Cerámicos

$\text{SiO}_2$ - $\text{Na}_2\text{O}$ - $\text{CaO}$

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$

Titanato de bario

Vidrio para ventana

Refractarios para contener metal fundido

Transductores para equipo de audio

Ópticamente útil, aislante térmico

Aislantes térmicos, se funden a alta temperatura, relativamente inertes ante metal fundido

Convierten sonido en electricidad (comportamiento piezoeléctrico)





# MATERIALES CERAMICOS: CRISTALINOS

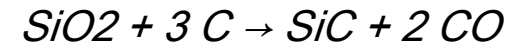
*Han sido materiales corrientes en la industria desde hace varias décadas.*

*Cerámicos no óxidos* →

Composición	Nombre común
SiC	Carburo de silicio
SiN	Nitruro de silicio
TiC	Carburo de titanio
TaC	Carburo de tantalio
WC	Carburo de wolframio
B <sub>4</sub> C	Carburo de boro
BN	Nitruro de boro
C	Grafito

<sup>a</sup> Algunos productos puede presentar distintos porcentajes en peso de aditivos o impurezas.

*Carburo de Silicio (SiC) Utilizados en elementos de hornos de calentamiento y como material abrasivo. Se obtiene de arenas o cuarzo de alta pureza y coke de petróleo fusionados en horno eléctrico a más de 2000 °C con la siguiente composición:*



*Carburo de wolframio o carburo de tungsteno es un compuesto por wolframio y carbono. Con composición química de W<sub>3</sub>C hasta W<sub>6</sub>C.*

**Cerámicos no óxidos**



*Se utiliza fundamentalmente, debido a su elevada dureza, en la fabricación de maquinarias y utensilios para trabajar el acero así como también se construyen algunas piezas que requieren elevada resistencia térmica o mecánica, como cojinetes de ejes, etc.*

*También recibe el nombre de Widia.*



# MATERIALES CERAMICOS: NO CRISTALINOS

**Vidrio**



*El vidrio es un material sólido que se ha endurecido sin cristalizar.  
El vidrio se obtiene por fusión a unos 1.500 °C de arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y caliza ( $\text{CaCO}_3$ ).*

*El sustantivo cristal es utilizado muy frecuentemente como sinónimo de vidrio, aunque es incorrecto debido a que el vidrio es un sólido amorfo y no un cristal propiamente dicho.*

**Vitrocerámicas**



*Materiales más sofisticados, pues combinan la naturaleza de los cerámicos cristalinos y los vidrios.*

*Esta caracterizado por una resistencia al impacto mecánico y al choque térmico muy superior a los cerámicos convencionales (eliminación de poros).*

*Resistencia al choque térmico resultado de los bajos coeficientes de dilatación*

Composición de algunas vitrocerámicas.

Vitrocerámicas	Composición (wt %)							
	$\text{SiO}_2$	$\text{Li}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{ZnO}$	$\text{B}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2^a$	$\text{P}_2\text{O}_5^a$
Sistema $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$	74	4	16				6	
Sistema $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$	65		19	9			7	
Sistema $\text{Li}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{SiO}_2$	73	11		7		6		3
Sistema $\text{Li}_2\text{O}-\text{ZnO}-\text{SiO}_2$	58	23			16			3

Fuente: Datos de P. W. McMillan, *Glass-Ceramics*, 2nd ed., Academic Press, Inc., New York, 1979.

<sup>a</sup> Agentes nucleantes.





# Cerámicas y Vidrios

