MATERIALES DE INGENIERÍA QUÍMICA

INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES
ORGANIZACIÓN ATÓMICA

DEFECTOS E IMPERFECCIONES

DIFUSIÓN

PROPIEDADES MECÁNICAS

MATERIALES FERROSOS
MATERIALES NO FERROSOS
MATERIALES COMPUESTOS

CORROSIÓN

SELECCIÓN DE MATERIALES

PROF. RONALD MÁRQUEZ
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DPTO. DE QUÍMICA INDUSTRIAL Y APLICADA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Introducción a los Materiales.....6

1.1. Clasificación de los Materiales.....6

1.1.1. Tabla periódica de elementos..... **¡Error! Marcador no definido.**

1.1.2. Clasificación de los materiales ..... **¡Error! Marcador no definido.**

1.1.3. Relación Propiedades – Estructura - Procesamiento 13

Organización Atómica.....21

1.2. Celdas Unitarias – Parámetros Reticulares..... 21

1.2.1. Celdas Unitarias..... 21

1.2.2. Sitios instersticiales 36

1.2.3. Celdas unitarias de materiales cerámicos y poliméricos..... 37

1.2.4. Ley de Bragg..... 41

Defectos e imperfecciones.....42

1.3. Defectos puntuales, defectos lineales y defectos de superficie..... 42

1.3.1. Defectos puntuales 42

1.3.2. Defectos lineales 43

1. Dislocación de borde 43

2. Dislocación de tornillo 44

1.3.3. Ley de Schmidt..... 44

1.3.4. Defectos de superficie: Límites de grano 45

Difusión 46

1.4. Difusión en Sólidos 46

1.4.1. Difusión en Estado Estacionario..... 46

1.4.2. Difusión en Estado no Estacionario – 2da ley de Fick 48

1.4.3. Difusión y procesamiento de materiales 49

Propiedades Mecánicas 50

1.5. Ensayos mecánicos..... 50

1.5.1. Prueba Tensil 50

1.5.1.1. Relación de Poisson 53

1.5.1.2. Efecto del tamaño de grano sobre la resistencia de aleaciones 53

1.5.1.3. Relación entre ductilidad y fragilidad 54

1.5.1.4. Relación entre resistencia y módulo de elasticidad 54

1.5.1.5. Curva esfuerzo real – deformación real..... 58

1.5.2. Prueba Flexural 58

1.5.3. Prueba de Impacto..... 59

1.5.4. Prueba de Escurrimiento (Termofluencia) 60

1.5.5. Prueba de Fatiga 61

1.5.6. Prueba de dureza..... 62

Aleaciones..... 64

1.6. Aleaciones Ferrosas y No Ferrosas..... 64

1.6.1. Reglas de Hume-Rotery 64

1.6.2. Diagramas de fases..... 64

1.6.3. Endurecimiento por solución sólida 66

1.6.4. Diagrama eutéctico con solución sólida limitada 66

1.6.5. Formación de compuestos 67

1.6.6. Solidificación y formación de compuestos en diagramas de fases binarios ... 68

Aleaciones Ferrosas..... 76

1.7. Acero al carbono y fundiciones 76

1.7.1. Clasificación de las aleaciones ferrosas 76

1.7.2. Diagrama de fases hierro - carbono 76

1.7.3. Acero al carbono y fundiciones 78

1.7.4. Diagramas Temperatura – Tiempo - Transformación (TTT) 82

1.7.5. Propiedades mecánicas del acero al carbono 86

1.7.6. Endurecimiento por precipitación 88

1.7.7. Fundiciones 89

1.7.8. Aleaciones no ferrosas 90

1.7.8.1. Aceros Inoxidables 90

1.7.8.2. Aleaciones de Cobre 91

1.7.8.3. Aleaciones de Aluminio 92

1.7.8.4. Aleaciones de Magnesio 92

1.7.8.5. Aleaciones de Titanio 93

Materiales Compuestos 94

1.8. Materiales compuestos reforzados con partículas, fibras y láminas 94

1.8.1. Clasificación de los materiales compuestos 94

1.8.2. Compuestos reforzados por dispersión 95

1.8.3. Materiales compuestos reforzados con fibras 96

1.8.4. Materiales compuestos reforzados con láminas 100

Corrosión 102

1.9. Corrosión química y electroquímica 102

1.9.1. Serie de potenciales de reducción estándar 102

1.9.2. Diagramas de Pourbaix 103

1.9.2.1. Construcción del diagrama de Pourbaix del hierro 103

1.9.3. Pasivasión de metales 107

1.9.4. Tipos de corrosión..... 108

1.9.5. Importancia de la protección contra la corrosión 110

1.9.6. Control y prevención de la corrosión 111

1.9.7. Corrosión en una Refinería de Petróleo 116

1.9.8. Descripción de aleaciones utilizadas para la prevención de corrosión 127

Selección de Materiales 132

1.10. Selección de materiales en plantas químicas y para diseño de productos.... 132

1.10.1. Falla mecánica de materiales en plantas químicas 132

1.10.2. El diseño de procesos 132

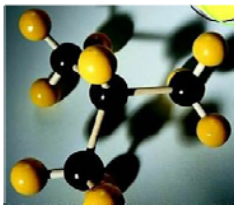
1.10.3. Diseño de recipientes a presión 135

1.10.4. Selección del material de una tubería 139

1.10.5. Selección del material para intercambiadores de calor y aislamiento térmico 141

1.11. Bibliografía..... 142

Capítulo 1



Introducción a los Materiales

El objetivo primordial de la materia es conocer los tipos de materiales de que dispone un ingeniero y la forma de emplearlos en múltiples situaciones.

Para utilizar un material determinado un ingeniero debe conocer la estructura microscópica y submicroscopica puesto que de ambas dependen las características del material y su comportamiento bajo situaciones específicas. De ahí que la importancia de este tipo de conocimiento en el momento de seleccionar un material para un diseño determinado.

1.1. Clasificación de los Materiales

Examinando el área de los materiales para la ingeniería, encontramos que la multiplicidad de materiales disponibles para los ingenieros en la vida profesional puede clasificarse en los siguientes grupos:

a) Metales:

Cerca de tres cuartas partes de los elementos en la naturaleza son metálicos, aunque difieren en varias propiedades físicas y químicas tienen en común:

- Elevada conductividad calorífica y eléctrica
- Un brillo característico llamado brillo metálico en su superficie (por lo menos recién cortada)
- Elasticidad y resistencia a la ruptura.

Existen otras propiedades que están acentuadas en algunos metales:

La dureza y resistencia a la deformación que caracteriza al: Al, Fe, Cr, Ni, Pd, W, entre otros.
Otros son menos duros como Sn, Pb.
Otros son tan blandos que pueden cortarse con un cuchillo como Na, K.
La ductilidad o capacidad para estirarse es notoria en el Cu y la Ag así como la maleabilidad y capacidad de laminado como el oro.

En la naturaleza, muy pocos metales Au, Ag, Pt, se encuentran en estado nativo, es decir, en estado de sustancia simple. Los demás deben ser extraídos de los minerales que los contienen y para esto son necesarios procesos de beneficio del mineral (separación del mineral de la ganga) y luego la metalurgia propiamente dicha para obtener el metal puro. En la figura 2 se muestran los elementos metálicos en la tabla periódica.

Entre los compuestos metálicos se encuentran también las aleaciones (metal compuesto por más de un elemento), estas incluyen:

- Aceros o aleaciones basadas en hierro
- Aleaciones de aluminio, magnesio, titanio, niquel, cinc y de cobre
- Aleaciones de cobre: latones Cu-Zn, bronces Cu-Sn

Figura 1 Tabla Periódica de los Elementos

Group	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period																			
1	1 H																		2 He
2	3 Li	4 Be												5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg												13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	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
6	55 Cs	56 Ba	*	71 Lu	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
7	87 Fr	88 Ra	**	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Uuu	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
*Lanthanoids			*	57 La	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		
**Actinoids			**	89 Ac	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		

b) Cerámicas y Vidrios

La palabra cerámica proviene del griego “material sometido al fuego” entre ellos se incluyen óxidos, silicatos, carbonos duros y grafito.

El Al es un metal común pero el óxido de aluminios: Al2O3 es otro material característico que pertenece a la familia de las cerámicas.

El Al2O3 presenta ventajas sobre el Al. La primera de ellas es la estabilidad química y la segunda es que funde a más de 2620 C (en comparación con el Al que lo hace a 660 C). Pero es un material frágil sin la ductilidad ni la resistencia para soportar cargas de impacto como los metales sin fracturarse o romperse. Algunos avances tecnológicos permiten la fabricación de materiales cerámicos con una resistencia a la fractura superior como el Si3N4 (nitruro de silicio) cerámica sin oxígeno.

La mayoría de las cerámicas comerciales están compuestas por un elemento metálico y uno de los 5 elementos no metálicos resaltados como se muestra en la figura 3.

Las cerámicas tienen una estructura cristalina es decir los átomos están agrupados de forma regular y repetitiva, en contraposición un material cerámico con estructura no cristalina se conoce como vidrio.

La composición de los vidrios es químicamente igual a la de las cerámicas cristalinas pero sus átomos están agrupados de manera aleatoria formando conjuntos irregulares. Los vidrios son, al igual que las cerámicas frágiles pero poseen propiedades como la capacidad de transmitir la luz (visible, ultravioleta e infrarroja) así como su inercia química.

c) Materiales Poliméricos:

Los polímeros o macromoléculas están constituidos por una unidad repetitiva conocida como monomero. Estas unidades pueden disponerse con una sola dirección dando lugar a polímeros lineales;

Figura 2 Tabla Periódica de los Elementos en Materiales Metálicos (Shackelford, 2001)

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 -----	9 VIII	10 -----	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIA
3 Li	4 Be											5 B					
11 Na	12 Mg											13 Al					
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					
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			
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi			
87 Fr	88 Ra																

57 La	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
89 Ac	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

Figura 3 Tabla Periódica de los Elementos en Materiales Cerámicos

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 -----	9 VIII	10 -----	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIA
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O		
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S		
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				
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			
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi			
87 Fr	88 Ra																

57 La	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
89 Ac	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

o bien formando ramificaciones para dar polímeros reticulados o en tres direcciones para indicar polímeros tridimensionales.

Clasificación: termoplásticos, termoestables, elastómeros.

Algunos polímeros o plásticos importantes están compuestos por heteroátomos (O, N, F, Si) además de C e H, mostrados en la figura 4.

El polietileno contiene sólo (C, H), los acrílicos contienen (C, O), los naylons (C, N), los plásticos fluorados contienen (C, F) y las siliconas Si.

Los polímeros poseen la propiedad de la ductilidad, baja densidad y bajo costo.

En comparación con los metales poseen menos resistencia y menor punto de fusión.

Respecto a las cerámicas y vidrios, presentan mayor reactividad química.

Avances tecnológicos proporcionan materiales poliméricos para fabricar carrocerías automotrices.

d) Materiales compuestos:

Representan un conjunto de materiales fabricados por la combinación de los tres tipos de materiales recientemente citados. Un ejemplo es el plástico reforzado con fibras de vidrio, este material compuesto por fibras de vidrio embebidas en una matriz polimérica presenta lo mejor de las propiedades de los materiales individuales que lo conforman. Posee la resistencia del vidrio aunada a la ductilidad del plástico.

La madera y el concreto son dos ejemplos más.

e) Semiconductores

Son compuestos con conductividad eléctrica intermedia, es decir, sus propiedades eléctricas están entre las cerámicas y los metales. Los tres elementos semiconductores son el Si, Ge, Sn y se ubican en la frontera entre los metales y no metales.

El control de la pureza química de estos materiales permite regular las propiedades electrónicas. A medida que se varia la pureza química en pequeñas zonas, se logran producir complicados circuitos electrónicos en superficies diminutas.

Los compuestos semiconductores se preparan con elementos del grupo III-A y V-A como el GaAs (Arseniuro de galio) material de cristales láser o con pares de elementos del grupo II-B con VI-A como CdS usado en celdas solares.

Algunas cerámicas con impurezas adecuadas les confieren propiedades semiconductoras. Los elementos que conforman los materiales semiconductores y superconductores se muestran en las figuras 5 y 6.

Figura 4 Tabla Periódica de los Elementos en Materiales Poliméricos

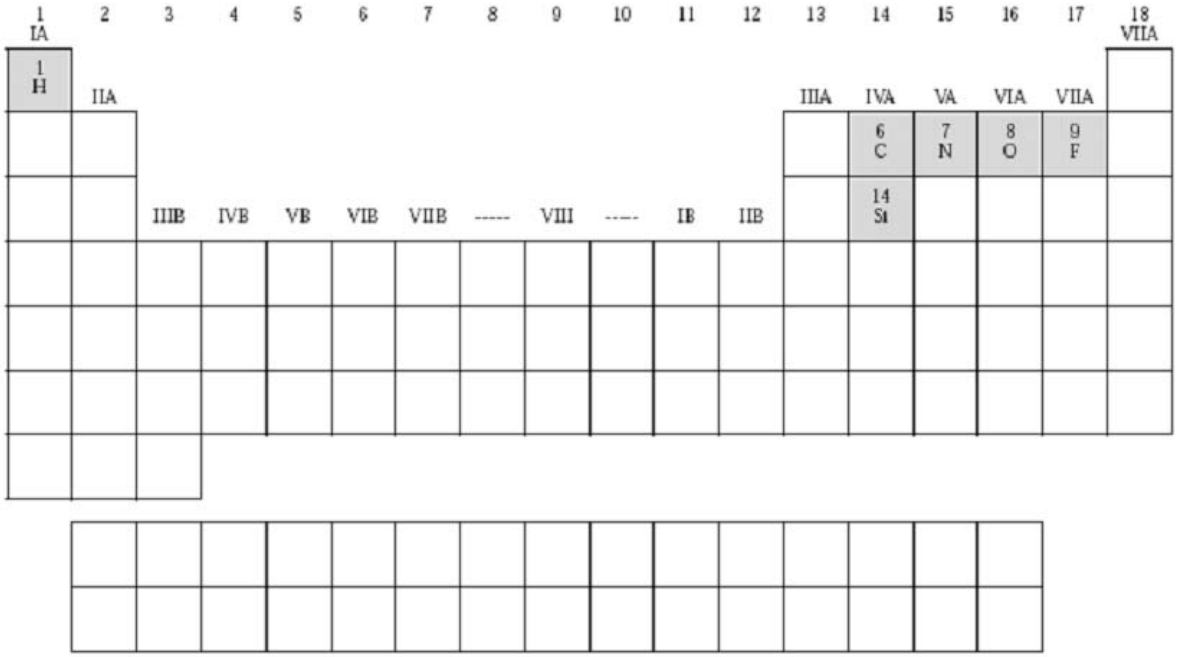


Figura 5 Tabla Periódica de los Elementos en Materiales Semiconductores

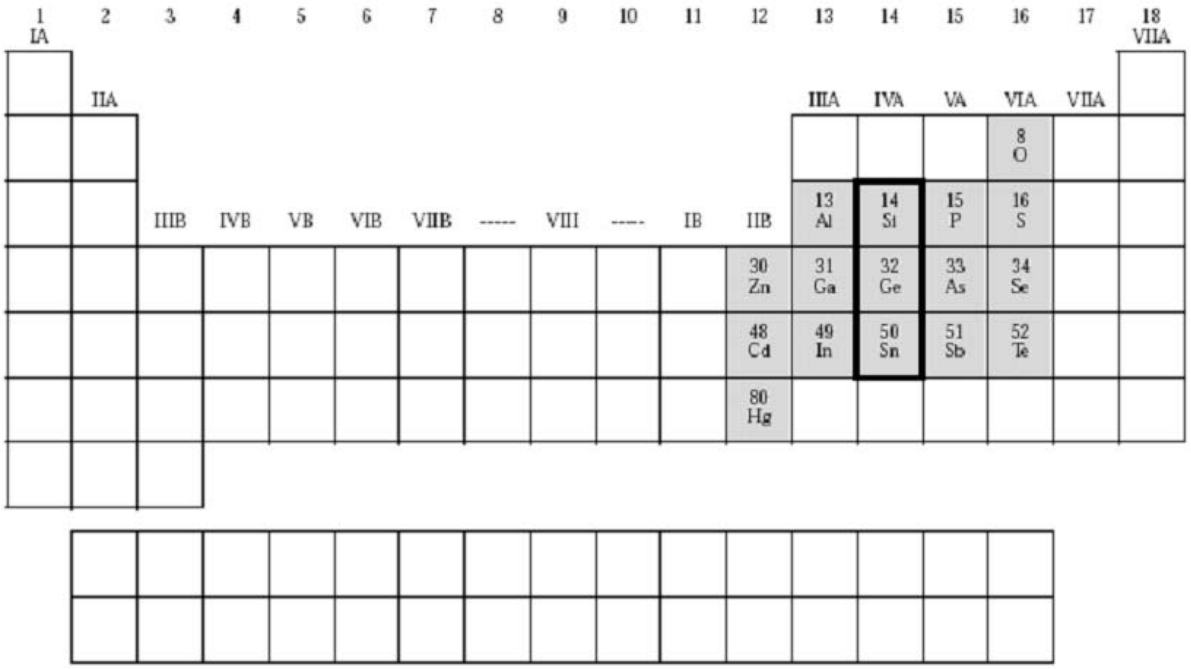


Figura 6 Tabla Periódica de los Elementos en Materiales Superconductores

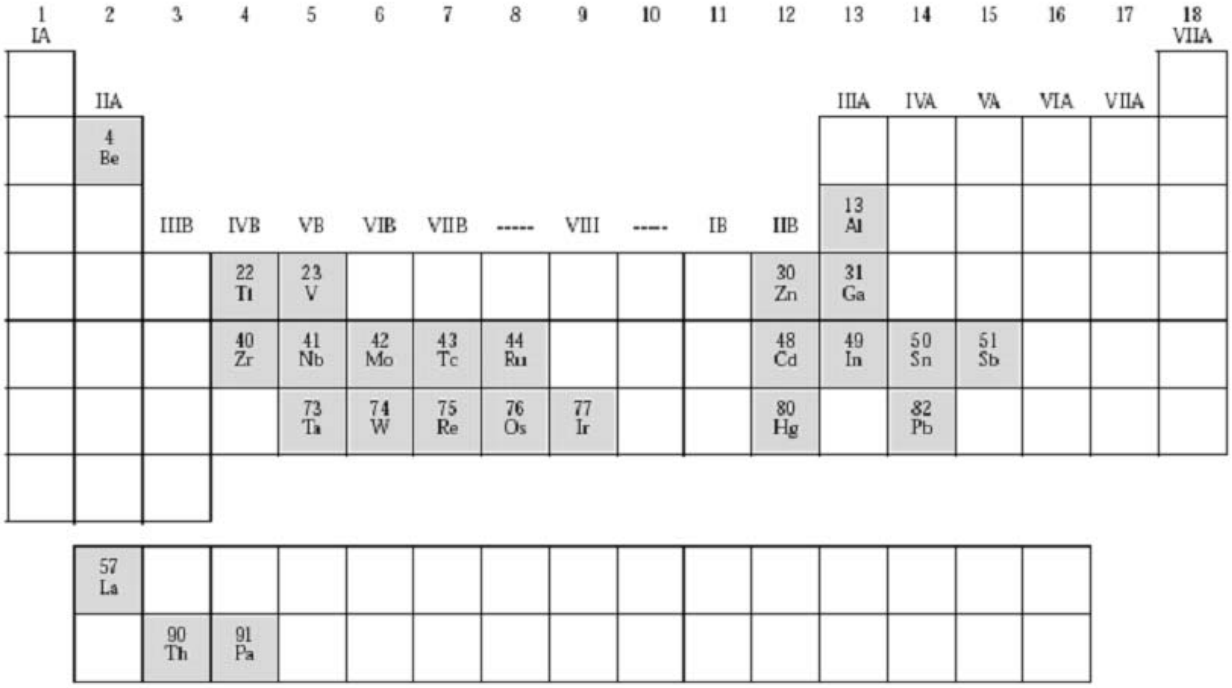


Tabla 1 Abundancia relativa de los elementos en el universo (Mitchell, 2004)

Element	Relative Abundance (Si = 1)
Hydrogen (H)	12,000
Helium (He)	2,800
Oxygen (O)	16
Nitrogen (N)	8
Carbon (C)	3
Iron (Fe)	2.6
Silicon (Si)	1
Magnesium (Mg)	0.89
Sulfur (S)	0.33
Nickel (Ni)	0.21
Aluminum (Al)	0.09
Calcium (Ca)	0.07
Sodium (Na)	0.045
Chlorine (Cl)	0.025

Tabla 2 Abundancia relativa de los elementos en la tierra

Element	Relative Abundance (ppm)	Element	Relative Abundance (ppm)
Oxygen (O)	466,000	Fluorine (F)	300
Silicon (Si)	277,200	Strontium (Sr)	300
Aluminum (Al)	81,300	Barium (Ba)	250
Iron (Fe)	50,000	Zirconium (Zr)	220
Calcium (Ca)	36,300	Chromium (Cr)	200
Sodium (Na)	28,300	Vanadium (V)	150
Potassium (K)	25,900	Zinc (Zn)	132
Magnesium (Mg)	20,900	Nickel (Ni)	80
Titanium (Ti)	4,400	Molybdenum (Mo)	15
Hydrogen (H)	1,400	Uranium (U)	4
Phosphorus (P)	1,180	Mercury (Hg)	0.5
Manganese (Mn)	1,000	Silver (Ag)	0.1
Sulfur (S)	520	Platinum (Pt)	0.005
Carbon (C)	320	Gold (Au)	0.005
Chlorine (Cl)	314	Helium (He)	0.003

Tabla 3 Tipos de materiales (Ashby, 2002)

Metals and alloys
- Iron and steels
- Aluminium and its alloys
- Copper and its alloys
- Nickel and its alloys
- Titanium and its alloys

Polymers
- Polyethylene (PE)
- Polymethylmethacrylate (Acrylic and PMMA)
- Nylon, alias Polyamide (PA)
- Polystyrene (PS)
- Polyurethane (PU)
- Polyvinylchloride (PVC)
- Polyethylene tetraphthalate (PET)
- Polyethylether Ketone (PEEK)
- Epoxies (EP)
- Elastomers, such as natural rubber (NR)

*Ceramics and glasses**
- Alumina (Al_2O_3, emery, sapphire)
- Magnesia (MgO)
- Silica (SiO_2) glasses and silicates
- Silicon carbide (SiC)
- Silicon nitride (Si_3N_4)
- Cement and concrete

Composites
- Fibreglass (GFRP)
- Carbon-fibre reinforced polymers (CFRP)
- Filled polymers
- Cermets

Natural materials
- Wood
- Leather
- Cotton/wool/silk
- Bone

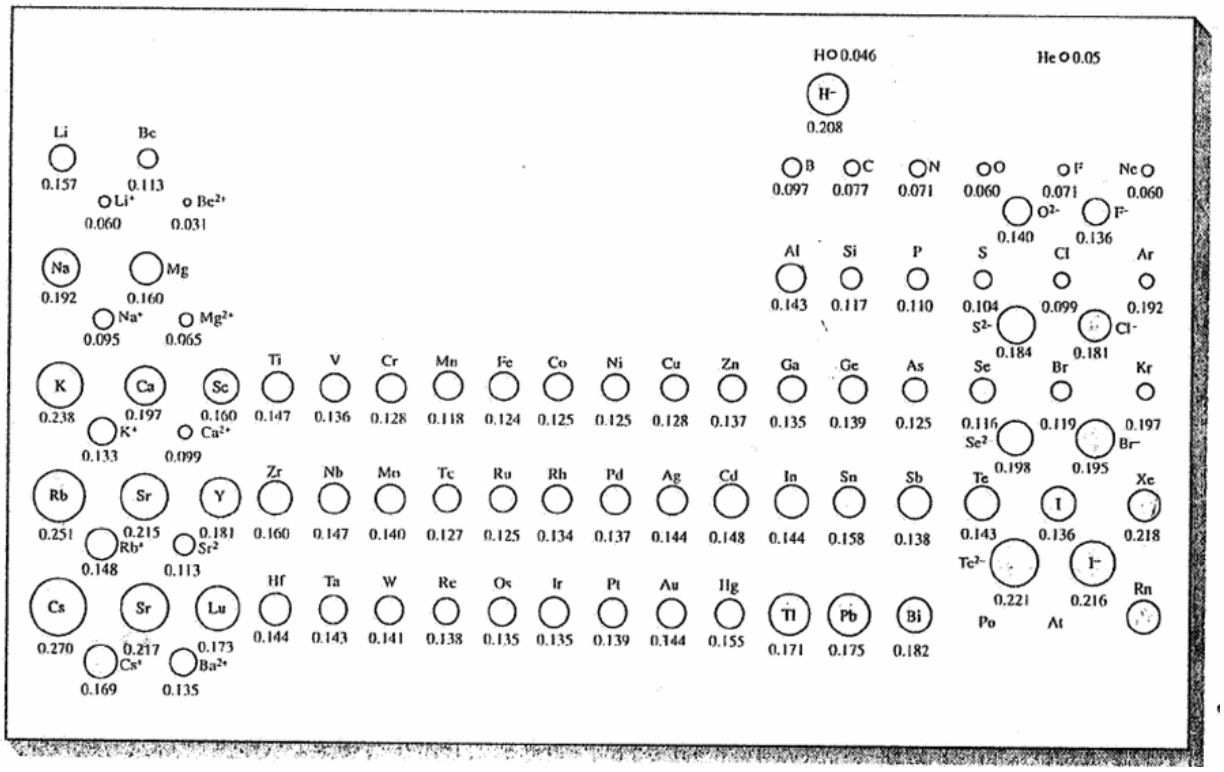


Figura 7 Radio atómico o iónico de los elementos (Smith, 1993)

1.1.1. Relación Propiedades – Estructura - Procesamiento

El aspecto más importante de un componente o pieza es que tenga la forma y propiedades esperadas y que cumpla su función por el tiempo estipulado. Para cumplir con lo anterior, el ingeniero de materiales debe conocer la relación entre: la estructura interna del material, el procesamiento del mismo y las propiedades finales del producto obtenido. Si uno de estos tres aspectos es modificado cualquiera de los restantes o ambos cambiaran también.

En la figura se muestra la relación tripartita entre estructura, propiedades y método de procesamiento. Cuando el aluminio es laminado en hojas el proceso de laminado modifica la estructura del metal e incrementa su resistencia.

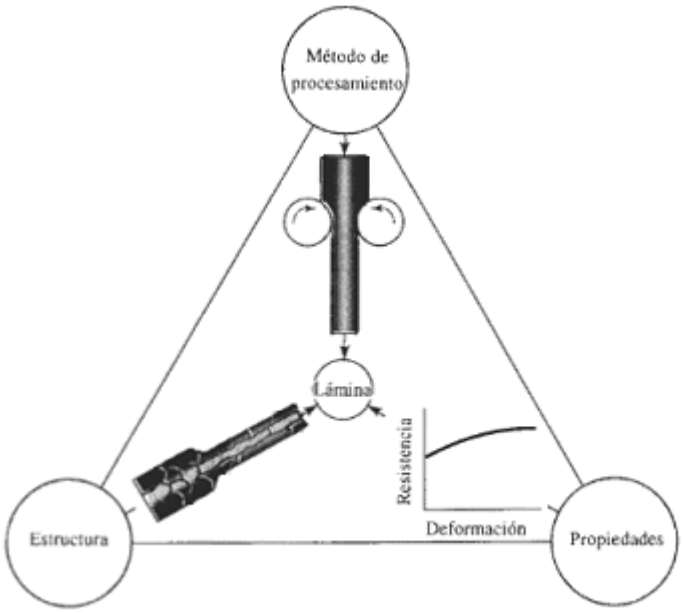


Figura 9 Relación tripartita entre estructura, propiedades y método de procesamiento. Cuando el aluminio es laminado en hojas, el proceso de laminado modifica la estructura del metal e incrementa su resistencia.

Propiedades:

Se clasifican en mecánicas y físicas.

Propiedades Mecánicas: describen el comportamiento de un material al aplicar un esfuerzo. Los más comunes son:

- Resistencia
- Ductilidad
- Elasticidad.

Además es importante también el comportamiento ante un golpe intenso y repentino (impacto); una fuerza continua alternante (fatiga); exposición a altas temperaturas (termofluencia) y condiciones abrasivas.
Las propiedades mecánicas definen también la facilidad con que los materiales son moldeados a formas específicas. Una parte metálica fabricada por forjamiento puede resistir eficientemente una fuerza sin romperse y poseer al mismo tiempo ductilidad suficiente. Frecuentemente pequeños cambios en la estructura tienen profundos efectos sobre las propiedades mecánicas del material.

Propiedades Físicas: pueden ser:

- Eléctricas
- Ópticas
- Térmicas
- Magnéticas

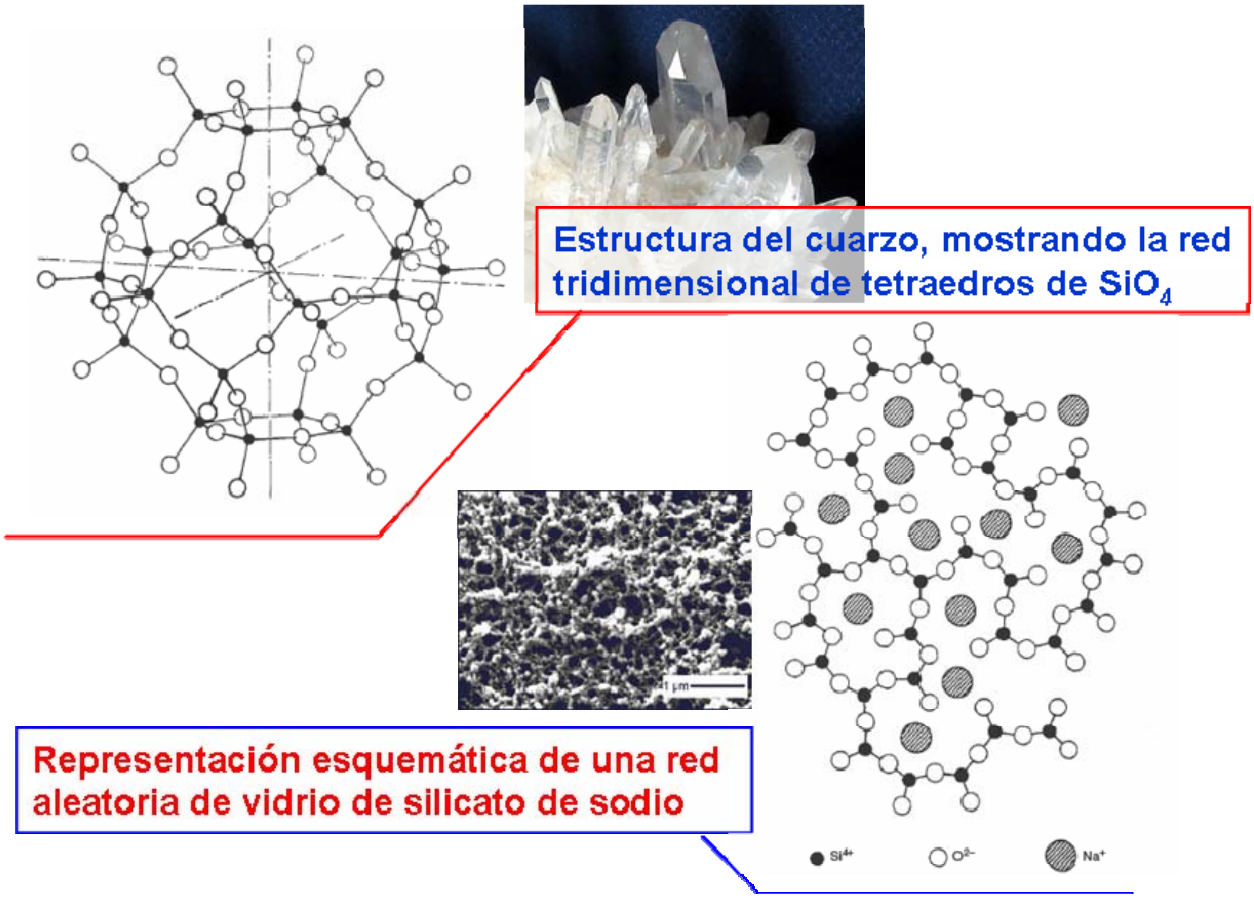


Figura 7 Diferencia entre materiales cerámicos y vitreos

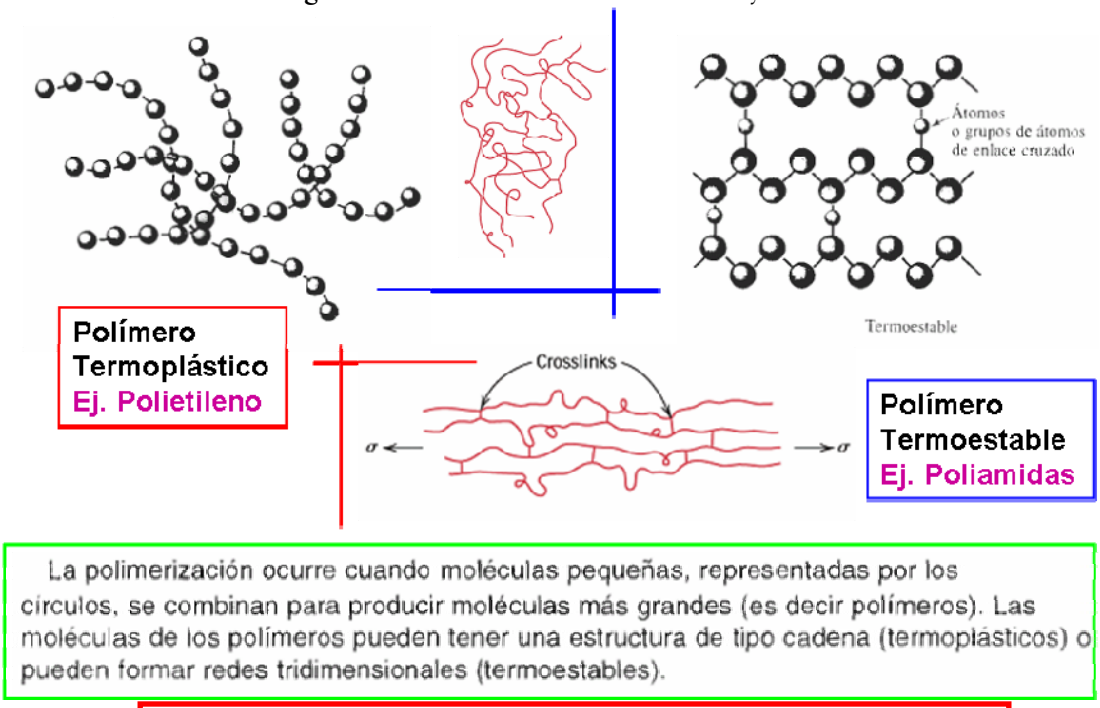


Figura 8 Materiales poliméricos: Termoplásticos, Termoestables, Elastómeros

Tabla 4 Ejemplos, aplicaciones y propiedades representativas de cada familia de materiales (Askeland, 1998)

	Aplicaciones	Propiedades
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
Cerámicos		
SiO_2-Na_2O-CaO	Vidrio para ventana	Ópticamente útil, aislante térmico
Al_2O_3, MgO, SiO_2	Refractarios para contener metal fundido	Aislantes térmicos, se funden a alta temperatura, relativamente inertes ante metal fundido
Titanato de bario	Transductores para equipo de audio	Convierten sonido en electricidad (comportamiento piezoeléctrico)
Polímeros		
Polietileno	Empacado de alimentos	Fácilmente conformable en delgadas películas flexibles e impermeables
Epóxicos	Encapsulado de circuitos integrados	Eléctricamente aislante y resistente a la humedad
Fenólicos	Adhesivos para unir capas de madera laminada	Fuertes, resistentes a la humedad
Semiconductores		
Silicio	Transistores y circuitos integrados	Comportamiento eléctrico único
GaAs	Sistemas de fibras ópticas	Convierte señales eléctricas en luz
Compuestos		
Grafito en matriz epóxica	Componentes para aeronaves	Relación elevada resistencia-peso
Carburo de tungsteno-cobalto	Herramientas de corte de carburo para maquinado	Alta dureza, y de una buena resistencia al impacto
Acero recubierto de titanio	Recipientes para reactores	Tiene el bajo costo y la alta resistencia del acero, con la resistencia a la corrosión del titanio

Ellas dependen tanto de la estructura como del método de procesamiento del material. Por ejemplo, tratamiento a altas temperaturas pueden reducir considerablemente las propiedades aislantes de las cerámicas; pequeñas cantidades de impurezas cambian el color de un vidrio o de un polímero.

Propiedades mecánicas:

Escurrimiento: deformación plástica a altas temperaturas.

- Velocidad de escurrimiento: elongación en función del tiempo, a temperatura y esfuerzo constante. $\Delta E/\Delta t$. T, σ: ctes.
- Esfuerzo-ruptura: permite obtener el tiempo de vida de un componente sometido a una combinación específica de esfuerzo y temperatura.

Ductilidad: habilidad de un material para ser permanentemente deformado por efecto de una fuerza aplicada sin llegar a romperse.

- % de elongación: % total de incremento de la longitud de una pieza durante una prueba tensil
- % de reducción de área: % total de reducción de la sección transversal de una pieza durante la prueba tensil.

Fatiga: es la forma de falla que sufre un material por efecto de un esfuerzo cíclico (inferior al límite elástico).

- Límite de endurecimiento: esfuerzo por debajo del cual, en una prueba de fatiga un material no falla.
- Vida de fatiga: mínimo de ciclos a un esfuerzo determinado después del cual un material falla por fatiga.

Dureza: se mide como la resistencia de la superficie de un material a la penetración por un objeto duro.
Impacto: mide la capacidad de un material para absorber un golpe repentino sin romperse.
Resistencia tensil: mide la respuesta de un material a una fuerza aplicada: suave y unidireccionalmente. Con esta prueba se pueden obtener parámetros como:

- Límite elástico: esfuerzo aplicado a partir del cual se produce deformación plástica.
- Módulo de elasticidad: relación constante σ/ε que caracteriza a la región elástica.

Propiedades Físicas

Densidad

Eléctricas

- Conductividad
- Semiconductividad
- Ferroelectricidad: capacidad para mantener una polarización completa después de que el campo eléctrico es retirado.
- Piezoelectricidad: capacidad de un material para cambiar sus dimensiones cuando cambia la magnitud de su polarización.

Magnéticas

- Ferrimagnetismo: magnetización de un material que permanezca cuando se retira el campo.
- Ferromagnetismo: magnetismo inducido por alineación bipolar resultado de un momento magnético neto.

Ópticas

Térmicas

Propiedades Químicas:

Corrosión Química: el material se disuelve en un líquido corrosivo hasta la consunción completa del metal o hasta que el líquido esté saturado. Corrosión electroquímica se caracteriza por poseer un circuito eléctrico formado.

Estructura:

La estructura de un material se puede considerar a diferentes niveles:

a) Atómico: incluye la distribución de los electrones que rodean al núcleo de cada átomo individual, de esta disposición dependen el comportamiento magnético, eléctrico, térmico del material. Además, la configuración electrónica determina la forma de unión de los átomos.
b) Cristalino: considera la forma en que se arreglan los átomos en el material. En los metales, semiconductores, muchos cerámicos y algunos polímeros los átomos se distribuyen de forma ordenada siguiendo un patrón, es decir, una estructura cristalina. Otros materiales como algunos cerámicos y muchos polímeros se caracterizan por una disposición desordenada de los átomos, estos materiales amorfos o vítreos se comportan de manera diferente a los cristalinos. Los

materiales vítreos tienden a ser transparentes mientras que los cristalinos son opacos o translúcidos.

c) Granular: la mayor parte de los metales, los semiconductores y los cerámicos (materiales cristalinos) muestran también una estructura granular. El comportamiento del material depende del tamaño, forma y número de granos.
d) Multifásica: en la mayoría de los materiales sobre todo si constan de elementos diferentes se presentan más de una fase, teniendo cada una de ellas arreglo atómico y propiedades únicas. El tipo, tamaño y distribución de estas fases dentro del material influye en las propiedades del mismo.

Procesamiento:

Produce la forma deseada de un componente a partir de un material inicialmente sin forma definida.

a) Los metales pueden procesarse vertiendo el metal líquido en un molde (fundición); uniendo piezas individuales del metal (soldadura); conformado del metal en piezas duras mediante alta presión (forja, trefilado, extrusión, laminado, doblado); compactando pequeñas partículas de polvo metálico en una masa sólida (metalurgia de polvos) o eliminando el material excedente (maquinado).
b) Los cerámicos pueden conformarse mediante procesos como colada, formado, extrusión o compactación mientras están húmedos, seguido de un tratamiento térmico a altas temperaturas.
c) Los polímeros se producen mediante la inyección de plástico blando en moldes similar a la fundición, también por extrusión.

Otro tipo común de tratamiento es calentar el material por debajo de su temperatura de fusión, para modificar su estructura. El tipo de procesamiento aplicado dependerá de la estructura del material y de las propiedades del mismo.

Efectos ambientales sobre el comportamiento de materiales.

La relación Estructura-Propiedades-Procesamiento antes descrita puede verse afectada por la interacción del medio ambiente con el material. Las variables externas o medioambientales más importantes son la temperatura y la corrosión.

Temperatura: los cambios de temperatura afectan considerablemente las propiedades. Los materiales que han sido endurecidos por tratamientos térmicos o ciertas técnicas de conformado pueden perder súbitamente su resistencia al ser calentados. Las altas temperaturas cambian la estructura de las cerámicas y hacen que los polímeros se carbonicen, mientras que una temperatura baja hace que el metal o polímero fallen por fragilidad aún cuando la carga sea baja.

Corrosión: la mayoría de los metales y polímeros reaccionan con el oxígeno y otros gases a altas temperaturas. Los metálicos y cerámicos pueden desintegrarse, los polímeros pueden fragilizarse. Los líquidos corrosivos atacan a los materiales provocando fallas prematuras.

Propiedades de los Materiales

Se pueden clasificar como propiedades insensibles y sensibles a la microestructura. Ambos tipos de propiedad tienen su origen en la fuerza de los enlaces atómicos (energía de enlace) y en la disposición atómica y empaquetamiento de los enlaces en los sólidos. Con microestructura nos referimos a detalles en los cristales como soluto, partículas, tamaño de grano, imperfecciones.

Insensibles a la microestructura:

- Densidad, ρ
- Módulo elástico, E
- Conductividad térmica, k
- Coeficiente de expansión lineal
- Punto de fusión, Tf
- Temperatura de transición vitrea, Tv
- Corrosión y degradación

Sensibles a la microestructura:

- Resistencia
- Ductilidad
- Tenacidad
- Fatiga
- Termofluencia
- Impacto
- Dureza

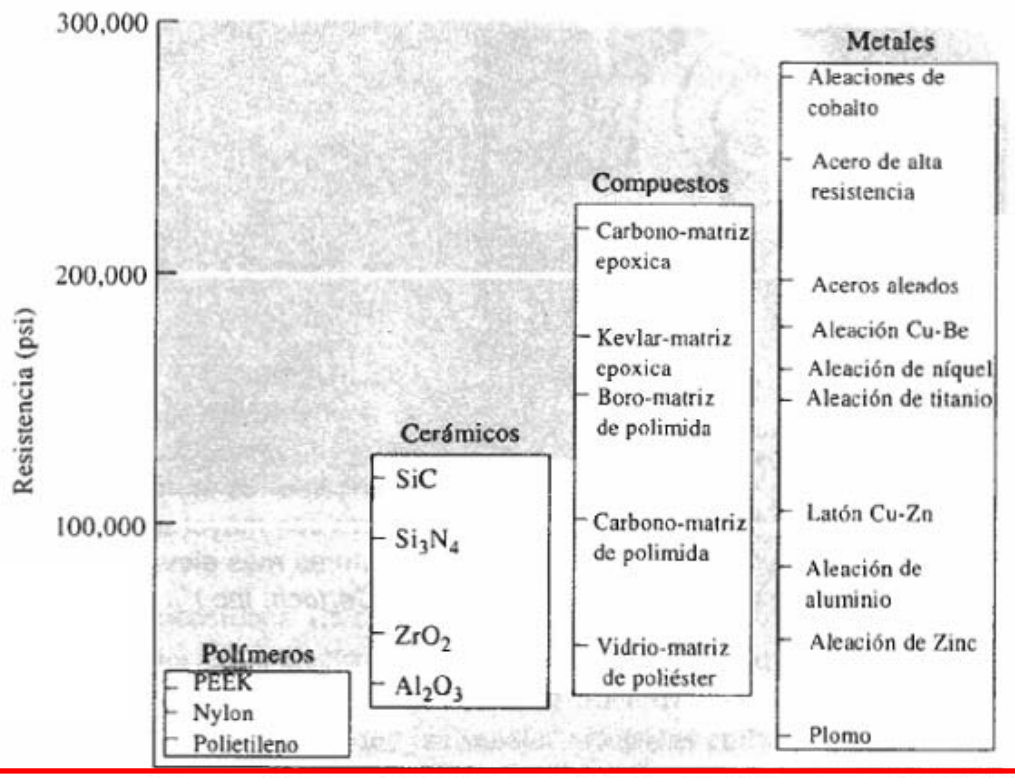


Figura 10 Resistencias representativas de diversas categorías de materiales.

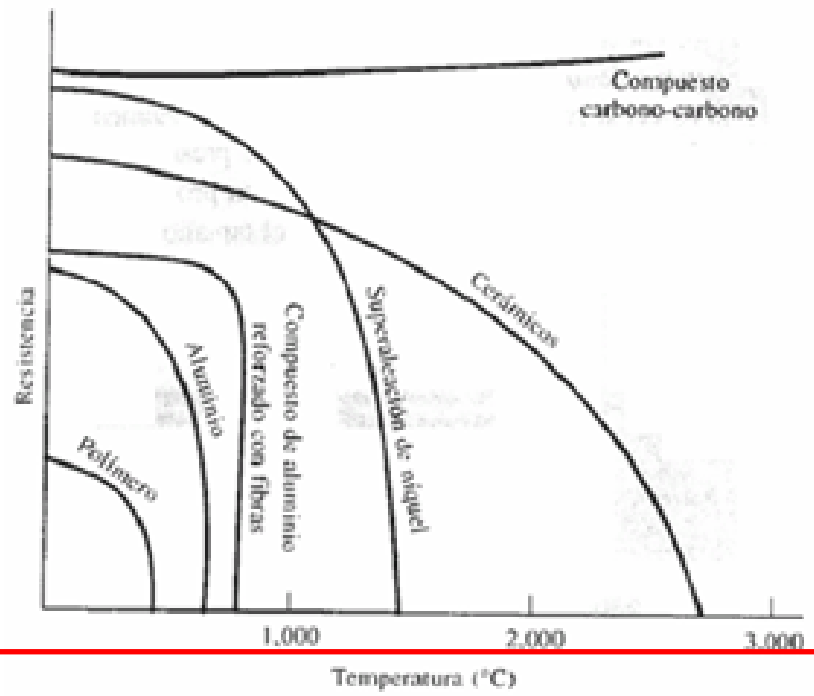


Figura 11

Al incrementarse la temperatura, normalmente se reduce la resistencia de un material. Los polímeros son adecuados sólo a bajas temperaturas. Algunos compuestos, como los de carbono-carbono, las aleaciones especiales y los cerámicos, tienen excelentes propiedades a altas temperaturas.

Tabla 5 Relación Resistencia – Densidad de diversos materiales (Askeland, 1998)

Material	Resistencia (lb/plg^2)	Densidad (lb/plg^3)	Relaciónresistencia-peso (plg)
Polietileno	1,000	0.03	0.03×10^6
Aluminio puro	6,500	0.098	0.07×10^6
Al_2O_3	30,000	0.114	0.26×10^6
Epóxicos	15,000	0.05	0.30×10^6
Aleación de acero con tratamiento térmico	240,000	0.28	0.86×10^6
Aleación de aluminio con tratamiento térmico	86,000	0.098	0.88×10^6
Compuesto carbono-carbono	60,000	0.065	0.92×10^6
Aleación de titanio con tratamiento térmico	170,000	0.16	1.06×10^6
Compuesto Kevlar-epóxico	65,000	0.05	1.30×10^6
Compuesto carbono epóxico	80,000	0.05	1.60×10^6