

*** TIPOS DE MATERIALES.**

- Los materiales son sustancias que, a causa de sus propiedades, resultan de utilidad para la fabricación de diversos productos y herramientas.
- Los materiales han marcado desde siempre la vida del hombre, hasta el punto que la evolución humana se divide en periodos de tiempo que se llaman como el material utilizado principalmente en esa época:
- Así podemos tener: edad de piedra, edad de bronce, edad de hierro, etc.
- Existen materiales de muy diversos tipos que se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: Metales y aleaciones, polímeros, cerámicos y vidrios y materiales compuestos.

*** PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.**

- Las propiedades de un material se pueden clasificar en cinco grupos diferentes:
 - * Propiedades químicas.
 - * Propiedades físicas.
 - * Propiedades mecánicas.
 - * Propiedades estéticas y económicas.
 - * Propiedades de fabricación.
- Todas estas propiedades, salvo las estéticas y económicas dependen de su estructura interna.
- Las propiedades de un material condicionan su comportamiento durante el proceso de fabricación, a la vez que confieren utilidad para unas u otras aplicaciones.
- Puesto que la estructura interna de un material define sus propiedades, para modificar estas, habrá que variar de alguna manera su estructura interna.
- Para variar la estructura interna, en el caso de los metales podemos alearlos entre sí o someterlos a tratamientos térmicos.

*** PROPIEDADES QUÍMICAS.**

- La alteración química que puede sufrir un material en los procesos de oxidación o corrosión, limita la vida del mismo.

1.- Oxidación.

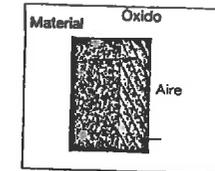
- Se dice que un material experimenta una reacción de oxidación cuando se combina con el oxígeno, transformándose en óxidos más o menos complejos.
- El proceso de oxidación se puede representar de forma esquemática de la siguiente forma:

$$\text{Material} + \text{Oxígeno} \rightarrow \text{Óxido del material} \pm \text{Energía}$$

- El signo + que precede a la energía indica que la reacción es exotérmica y que por tanto, transcurre hacia la formación del óxido.
- Si la reacción es endotérmica (signo - para la energía), puede deducirse que el material será de difícil oxidación.
- En la siguiente tabla se recogen las energías correspondientes a la oxidación de diferentes materiales a una temperatura de 273° K.

ENERGÍA DE OXIDACIÓN DE ALGUNOS MATERIALES A 273° K					
Material	Óxido	Energía	Material	Óxido	Energía
Berilio	BeO	+ 1182	Hierro	FeO	+ 508
Magnesio	MgO	+ 1182	Estaño	SnO	+ 500
Aluminio	Al ₂ O ₃	+ 1045	Níquel	NiO	+ 436
Zinc	ZnO	+ 1028	Cobalto	CoO	+ 422
Titanio	TiO	+ 848	Diamante	CO ₂	+ 383
			Grafito		
Silicio	SiO ₂	+ 836	Carburo de wolframio	WO ₃ +CO ₂	+ 348
Wolframio	WO ₃	+ 510	Plomo	PbO ₂	+ 308
Mercurio	HgO	+ 534	Cobre	CuO	+ 254
Cromo	Cr ₂ O ₃	+ 701	Fibra de vidrio (FRP)	-	-+ 200
Cinc	ZnO	+ 636	Platino	PtO ₂	+ 160
Nitrato de silicio	3SiO ₂ +2N ₂	-+ 629	Plata	Ag ₂ O	+ 5
Carburo de silicio	SiO ₂ +CO ₂	-+ 580	Oro	Au ₂ O ₃	- 80

- Una sustancia, en la realidad, no tiene porque oxidarse más rápidamente cuanto mayor sea la energía que se libera en el proceso.
- Cuando un material se encuentra situado en una atmósfera oxidante su superficie se oxida más o menos rápidamente según la energía de la tabla anterior.



- El óxido que se forma se deposita en la parte exterior del material recubriéndolo por completo.
- Para que el proceso de oxidación continúe, el material o el oxígeno deben atravesar, por difusión la capa de óxido.
- La capa de óxido se comporta oponiéndose tanto al movimiento de los átomos de oxígeno como al movimiento de los átomos del material.
- Hay capas de óxido que presentan mayor oposición al paso de los átomos que otras.

- En la siguiente tabla se muestra el tiempo, en horas, que debe transcurrir para que un determinado material se oxide al aire hasta una profundidad de 0,1 mm., a una temperatura de 0,7 veces la de fusión.

TIEMPOS DE OXIDACIÓN DE ALGUNOS MATERIALES					
Material	Tiempo (horas)	T. fusión (°C)	Material	Tiempo (horas)	T. fusión (°C)
Au	infinito	1336	Ni	600	1726
Ag	muy largo	1234	Cu	25	1356
Al	muy largo	933	Fe	24	1809
Co	muy largo	2173	Co	7	1768
SiC	muy largo	3110	Tl	< 8	1943
Sn	muy largo	505	WC cermet	< 5	1700
Si	2 · 10 ⁶	1683	Ba	< 0,5	963
Ba	10 ⁶	1557	Zr	0,2	2125
Pt	1,6 · 10 ⁷	2042	Ta	muy corto	3250
Mg	> 10 ⁶	923	Nb	muy corto	2740
Zn	> 10 ⁶	982	U	muy corto	1405
Cr	1800	2148	Mo	muy corto	2680
Na	> 1000	371	W	muy corto	3680
K	> 1000	337	-	-	-

- Cuanto mayor sea la temperatura a la que se encuentra sometido un material mayor será la velocidad a la que se produce la oxidación.

- Esto es debido a que el aumento de temperatura activa el proceso de difusión de los átomos del material y del oxígeno en la capa de óxido.

- Un aumento en la presión del oxígeno del exterior se comporta de la misma manera.

- Los aceros dulces (aleaciones de hierro con bajo contenido en carbono) son materiales baratos, resistentes mecánicamente y fáciles de conformar pero se oxidan rápidamente.

- Para aumentar la resistencia a la oxidación el acero dulce se alea con otro material (ejemplo: cromo, aluminio o silicio) que tenga una energía de oxidación mayor y una velocidad de oxidación menor que la suya.

- En ese caso el material añadido se oxida primero debido a su mayor energía de oxidación, pero al formarse una capa de óxido, el proceso de oxidación se frena, transcurriendo, a partir de entonces, a una velocidad muy lenta.

- Para este aspecto el mejor aditivo es el cromo, porque aunque tenga una energía menor y una velocidad de oxidación mayor que el aluminio o el silicio, sus átomos se mezclan con mayor facilidad con el hierro.

2.- Corrosión.

- Cuando la oxidación de un material se produce en un ambiente húmedo o en presencia de otras sustancias agresivas se la llama corrosión.

- La corrosión es mucho más peligrosa para la vida de los materiales que la oxidación simple, porque en un medio húmedo la capa de óxido no se deposita sobre el material, sino que se disuelve y acaba por desprenderse.

- La corrosión no se produce de una manera uniforme, sino que existen ciertos puntos del material donde el ataque es mayor.

- Este hecho da lugar a la formación de fisuras importantes, que pueden llegar a producir una rotura por fatiga o una fractura frágil del material, si este se encuentra soportando una tensión de forma cíclica (cambiando de sentido o de periodicidad cíclicamente) o bien a baja temperatura.

* PROPIEDADES FÍSICAS.

- Las propiedades físicas se deben al ordenamiento en el espacio de los átomos de los materiales.

- Las propiedades físicas más importantes son las siguientes:

1.- Densidad y peso específico.

- Densidad (d) es la relación existente entre la masa de una determinada cantidad de material y el volumen que ocupa. Su unidad es el Kg/m³.

- La magnitud inversa de la densidad se conoce como volumen específico.

- Peso específico (Pe) es la relación existente entre el peso de una determinada cantidad de material y el volumen que ocupa. Su unidad es N/m³.

- Para determinadas aplicaciones (ejemplo: aeronáutica), estas propiedades resultan determinantes para la elección de uno u otro material.

2.- Propiedades eléctricas.

- Todas las sustancias en mayor o menor grado son conductoras de la corriente eléctrica, o dicho de otro modo, todos los materiales presentan una cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica.

- La resistencia eléctrica depende de las características de construcción y de la naturaleza del material.

- En la siguiente tabla se representan los coeficientes de dilatación de algunas sustancias:

Sustancia	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Acero	$11 \cdot 10^{-6}$
Aluminio	$23 \cdot 10^{-6}$
Cinc	$29 \cdot 10^{-6}$
Cobre	$19 \cdot 10^{-6}$
Cuarzo	$0,4 \cdot 10^{-6}$
Estaño	$21 \cdot 10^{-6}$
Hierro	$12 \cdot 10^{-6}$
Latón	$19 \cdot 10^{-6}$
Oro	$14 \cdot 10^{-6}$
Plata	$20 \cdot 10^{-6}$
Platino	$9 \cdot 10^{-6}$
Piomo	$28 \cdot 10^{-6}$
Vidrio ordinario	$9 \cdot 10^{-6}$
Vidrio Pyrex	$0,5 \cdot 10^{-6}$

Sustancia	γ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Alcohol etílico	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Glicerina	$0,5 \cdot 10^{-4}$
Mercurio	$0,18 \cdot 10^{-4}$

b) Calor específico.

- El calor específico (C_e) de una sustancia es la cantidad de energía calorífica que hay que aportar a la unidad de masa de esta sustancia para elevar su temperatura en un grado sin que se produzcan cambios de fase.

- El calor específico se mide en $\text{J}/(\text{Kg} \cdot ^{\circ}\text{K})$ en el S.I. aunque también puede ser expresado en $\text{Cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

- La energía calorífica Q que habrá que comunicar para que una masa m de una determinada sustancia pase de una temperatura T_1 a otra mayor T_2 será:

$$Q = m \cdot C_e \cdot (T_2 - T_1)$$

- En la siguiente tabla se aprecian los calores específicos de algunos materiales.

Sustancia	C [$\text{cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$]
Agua	1
Alcohol etílico	0,59
Glicerina	0,58
Helio	0,55
Vidrio	0,199

c) Temperatura de fusión.

- Al calentar un sólido, el movimiento vibratorio de sus partículas se va haciendo cada vez más amplio, produciéndose la dilatación.

- Si se continúa aumentando la temperatura llega un punto en el que la magnitud de las vibraciones es tal que la estructura del material no se puede mantener y se produce su fusión.

- La temperatura a la que sucede el hecho anterior se la denomina *temperatura de fusión*.

- La temperatura de fusión varía ligeramente con la presión.

- La temperatura de fusión a presión normal se conoce como punto de fusión.

- El *punto de fusión* es una característica de cada sustancia y sirve en muchas ocasiones para identificarla.

- En casi todas las sustancias, salvo unas pocas (entre ellas el agua), la fusión va acompañada de un aumento de volumen.

- El punto de fusión de un sólido será tanto mayor cuanto mayores sean las fuerzas que mantienen unidas a sus partículas constituyentes (fuerzas de cohesión).

- Por tanto, los sólidos con puntos de fusión más altos son los que tienen enlaces entre átomos llamados covalentes, les siguen los que poseen enlaces iónicos, luego los que tienen enlaces metálicos y por último los que tienen enlaces covalentes moleculares.

- Si no se modifica la presión, mientras dura la fusión de una sustancia, la temperatura permanece constante.

- Esto es debido a que toda la energía que suministrada en forma de calor se invierte en romper la estructura interna del sólido.

- Se llama *calor latente de fusión* al calor que es preciso comunicar a la unidad de masa de una sustancia, que se encuentra a la temperatura de fusión, para que se produzca el paso del estado sólido al líquido.

- Se llama *calor latente de solidificación* al calor que la unidad de masa de una sustancia desprende al pasar del estado líquido al sólido.

- Estos calores latentes se expresaban tradicionalmente en Cal/gr .

- Sin embargo, recientemente se ha acordado hacerlo en J/mol o en KJ/mol .

- Las condiciones eléctricas condicionan la elección de uno u otro material:

* Los cables utilizados en la transmisión de energía eléctrica deben presentar una pequeña resistencia para evitar las pérdidas de energía.

* Los materiales de los elementos calefactores deben presentar una gran resistencia para que en ellos se libere una gran cantidad de calor por efecto Joule.

- La resistencia eléctrica de un material conductor depende, entre otros factores, de su naturaleza, es decir de la presencia de electrones móviles en los átomos y de su grado de movilidad ante la acción de un campo eléctrico.

- Se llama resistividad (ρ) a la resistencia que opone al paso de la corriente eléctrica un elemento de ese material de 1 m. de longitud y de 1 m² de sección.

- La resistividad es una constante característica de cada material y se mide en $\Omega \cdot m$.

- Los metales suelen ser, en general, buenos conductores de la corriente eléctrica, ya que su estructura interna es muy ordenada y los electrones no se encuentran sujetos a un determinado átomo.

- La madera, los cerámicos y los polímeros tienen resistividades muy altas, debido a que los electrones de sus átomos carecen prácticamente de movilidad.

- La resistividad de un material no es constante sino que depende de:

* De la temperatura: la resistividad aumenta con la temperatura según la siguiente fórmula:

$$\rho = \rho_0 * (1 + \alpha * (T - T_0))$$

Donde: α = coeficiente de temperatura del material expresado en (1/°K).
Las temperaturas vienen expresadas en °K.

* De la concentración de impurezas del material: cuanto menor sea esta concentración, menor será la resistividad del material.

* De los campos magnéticos: los campos magnéticos intensos producen un leve aumento de la resistividad del material. A este fenómeno se le llama magnetorresistencia.

- Los aislantes sometidos a altas tensiones pueden convertirse en conductores y al saltar a su través una chispa eléctrica se perforan o se queman.

- Se llama rigidez dieléctrica de un aislante a la máxima tensión que puede soportar por unidad de longitud, sin que en él se produzca un salto de chispa o descarga.

3.- Propiedades térmicas.

- Las propiedades térmicas son las que están ligadas con la temperatura.

- Entre las propiedades térmicas podemos destacar las siguientes:

a) Dilatación térmica.

- La mayoría de los materiales aumentan su tamaño (se dilatan) cuando aumenta su temperatura, siempre que no se produzcan cambios de fase.

- La dilatación térmica se debe a que al aumentar la temperatura aumentan las vibraciones de las partículas (moléculas, átomos o iones) del material, lo que da origen a una mayor separación entre ellas.

- En general, el valor final de una magnitud X (longitud, superficie o volumen) de un material al aumentar su temperatura un cierto valor (ΔT) viene dado por:

$$X = X_0 * (1 + K * \Delta T)$$

Donde: X_0 = valor inicial de la magnitud considerada.
 K = coeficiente de dilatación del material.

- Para longitudes (dilatación lineal):

$$L = L_0 * (1 + \alpha * \Delta T)$$

Donde: α = coeficiente de dilatación lineal

- Para superficies (dilatación superficial):

$$S = S_0 * (1 + \beta * \Delta T)$$

Donde: β = coeficiente de dilatación superficial.

- Para volúmenes (dilatación cúbica):

$$V = V_0 * (1 + \gamma * \Delta T)$$

Donde: γ = coeficiente de dilatación cúbico.

- Los coeficientes de dilatación lineal, superficial y cúbica vienen relacionados por las expresiones:

$$\beta = 2\alpha \qquad \gamma = 3\alpha$$

- Los tres coeficientes se miden en (1/°K).

- **Tensión (σ)** es la fuerza aplicada a la probeta por unidad de sección:

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

Donde: S_0 = sección inicial de la probeta

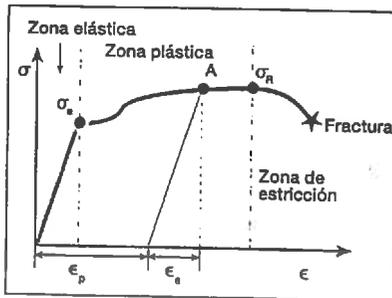
- Las unidades de la tensión son N/m².

- **Alargamiento o deformación unitaria (ϵ)** es el tanto por uno en que se ha incrementado la longitud de la probeta.

- Esto quiere decir, que si la longitud inicial de la probeta es L_0 y en un determinado momento del ensayo es L , el alargamiento valdrá:

$$\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$$

- En la figura siguiente se muestra un diagrama tensión-deformación unitaria típico correspondiente a un ensayo de tracción:



- En el diagrama se pueden apreciar tres zonas:

* **Zona elástica.**

- En esta zona la relación tensión deformación es lineal, cumpliéndose la ley de Hooke:

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

Donde E = módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal (N/m²).

- Si se detiene el ensayo en cualquier punto de esta zona, la probeta recupera su longitud inicial.

- La zona elástica se termina cuando se alcanza el límite elástico (σ_e).

5.- Propiedades ópticas.

- Al incidir la luz sobre la superficie de un cuerpo:

- * Una parte de ella se refleja.
- * Otra parte se transmite a través del cuerpo.
- * Otra parte se difunde (sufre una reflexión no especular en múltiples direcciones).
- * Por último, la luz restante la absorbe el cuerpo.

- El color que presenta un cuerpo depende de la luz reflejada si el cuerpo es opaco o de la luz que pasa a través de él si el cuerpo es transparente o translúcido.

- Cuando la luz incide sobre los cuerpos, éstos se pueden comportar de tres maneras distintas:

- * Los cuerpos opacos absorben o reflejan totalmente la luz, impidiendo que pase a su través.
- * Los cuerpos transparentes transmiten la luz por lo que permiten ver a través de ellos.
- * Los cuerpos translúcidos dejan pasar la luz, pero impiden ver los objetos a su través.

* PROPIEDADES MECÁNICAS.

- Las propiedades mecánicas indican el comportamiento de un material cuando se encuentra sometido a fuerzas exteriores.

1.- Ensayo de tracción.

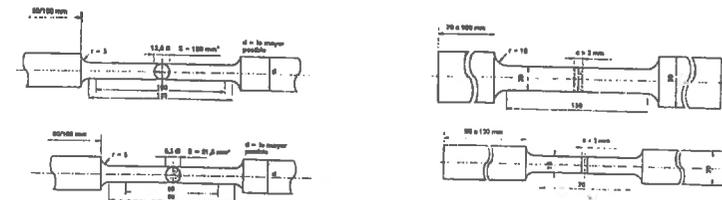
- El ensayo de tracción es uno de los más importantes para determinar las propiedades mecánicas de cualquier material.

- Los datos obtenidos se pueden utilizar para comparar distintos materiales y comprobar si algunos de ellos pueden resistir los esfuerzos a los que van a ser sometidos.

- Este ensayo consiste en estirar una probeta de dimensiones normalizadas por medio de una máquina a una velocidad lenta y constante.

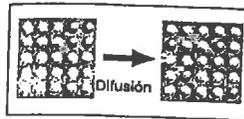
- Las probetas son piezas de material de forma y dimensiones estándar, que se emplean para realizar ensayos mecánicos.

- De esta forma obtenemos la curva tensión-alargamiento.



d) Difusión.

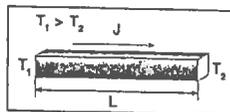
- La agitación térmica de los átomos de un sólido puede provocar desplazamientos de los mismos desde su posición de equilibrio hasta otras posiciones próximas.
- Este tipo de movimiento se llama difusión.



- Si en un sólido hay una zona perfectamente delimitada en la que únicamente se encuentran presentes átomos de impurezas, éstos con el paso del tiempo se reparten por igual por todo el volumen del sólido.
- La difusión se produce más fácilmente al aumentar la temperatura, pues este hecho origina un aumento de la agitación térmica de los átomos que forman el material.

e) Conductividad térmica.

- La transmisión del calor por conducción se realiza a través de los cuerpos desde el punto de mayor al de menor temperatura.
- La **conductividad térmica** (K) es un parámetro que nos indica el comportamiento de cada cuerpo frente a la transmisión del calor por conducción.



- En una barra de longitud (L) de un determinado material, en cuyos extremos existen unas temperaturas T1 y T2, se cumple:

$$J = K \cdot \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Donde: J = densidad de flujo de calor (la energía térmica transmitida por unidad de tiempo y por unidad de superficie).

- Las unidades de la conductividad térmica (K) son W/(m·°K).

- La conductividad térmica depende de:

- * La naturaleza de los cuerpos.
- * La fase en que se encuentran.
- * La composición.
- * La temperatura.

- La conductividad aumenta cuando la distancia intermolecular disminuye.

- La conductividad también aumenta cuanto más ordenada sea la estructura interna del material.

- Por ejemplo, los metales cuya estructura interna es ordenada poseen una conductividad alta, mientras que la fibra de vidrio tiene una conductividad baja (se utiliza como aislante calorífico).

- En los metales puros la conductividad disminuye al aumentar la temperatura, ya que la red cristalina se dilata y las distancias intermoleculares se hacen mayores.

- Por regla general, la conductividad térmica en los metales aleados disminuye, aunque la dependencia de K con respecto a la temperatura puede ser muy distinta de unos casos a otros.

4.- Propiedades magnéticas.

- Teniendo en cuenta su comportamiento frente a un campo magnético exterior, los materiales se pueden clasificar en tres grupos diferentes:

a) Materiales diamagnéticos.

- Se oponen al campo magnético aplicado, de tal forma, que en su interior el campo magnético es más débil.

- Entre los materiales diamagnéticos tenemos: bismuto, mercurio, oro, plata, cobre, sodio, hidrógeno, nitrógeno, etc.

b) Materiales paramagnéticos.

- El campo magnético en el interior de estos materiales es algo mayor que el campo aplicado.

- Los materiales paramagnéticos más conocidos son: aluminio, magnesio, platino, paladio, oxígeno, etc.

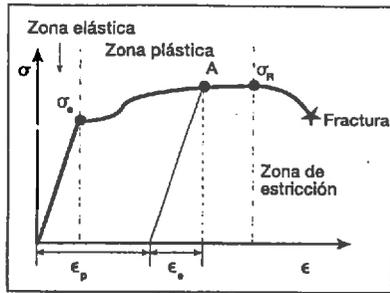
c) Materiales ferromagnéticos.

- En su interior el campo magnético es mucho mayor que en el exterior.

- Estos materiales se utilizan como núcleos magnéticos en transformadores y bobinas en circuitos eléctricos y electrónicos.

- Los materiales ferromagnéticos más importantes son: el hierro, el cobalto, el níquel y sus aleaciones.

- Los óxidos de hierro conocidos como ferritas, también son paramagnéticos y se utilizan mucho en circuitos electrónicos.



*** Zona plástica.**

- En esta zona los alargamientos son permanentes.

- Si el ensayo se detiene, por ejemplo en el punto A, se recupera el alargamiento elástico (εε), quedando un alargamiento remanente o plástico (εp).

- Si se reinicia de nuevo el ensayo, la nueva curva que se obtiene coincidirá prácticamente con la curva de descarga, y el nuevo límite elástico es mayor que el anterior.

- Con esta operación se consigue lo que se llama endurecimiento por deformación.

- La curva en la zona plástica tiene menor pendiente que en la elástica, ya que para conseguir grandes alargamientos no es necesario un incremento de carga elevado.

- Se llama resistencia a la tracción (σR) a la fuerza máxima dividida por la sección inicial de la probeta. Este es el punto en el que se termina la zona plástica.

*** Zona de estricción.**

- A partir de la carga de rotura, la deformación se localiza en una zona determinada de la probeta, la tensión disminuye y la probeta termina por romperse en esa zona.

- En la siguiente tabla se recogen los valores de (σR) y (σε) de algunos materiales.

MATERIAL	σ _R (MPa)	σ _ε (MPa)	MATERIAL	σ _R (MPa)	σ _ε (MPa)
Diamante	50000	-	Aleaciones de Zn	180-421	200-500
Alúmina	5000	-	Hierro	50	200
Carburo de titanio	4000	-	Aleaciones de Mg	80-300	125-380
Cobalto y aleaciones	180-2000	500-2500	GFRP	-	100-300
Acero de bajo contenido en C	500-1950	880-2400	Oro	40	220
Aleaciones de níquel	200-1600	400-2000	PMMA	60-110	110
Níquel	70	1510	Nailon	49-87	100
Titanio y aleaciones	180-1320	300-1400	Poliestireno	34-70	40-70
Hierro dulce	220-1030	400-1200	Plata	55	300
Aleaciones de Cu	80-980	250-1000	Maderas comunes (l. fibras)	-	35-55
Cobre	80	400	PVC	45-48	-
Aleaciones de Al	100-827	300-700	Polipropileno	19-36	33-36
Aluminio	40	200	Maderas comunes (l. fibras)	-	4-10

2.- Ensayos de dureza.

- La propiedad mecánica de la dureza no está definida de manera clara, por lo que no se puede medir de una forma absoluta, sino que es necesario mencionar el método utilizado para su determinación.

- Entre los métodos utilizados podemos mencionar los siguientes:

*** Dureza mineralógica clásica.**

- La dureza de los minerales (resistencia que oponen a ser rayados), se puede medir mediante la escala de Mohs (1822), que consta de 10 grados de dureza, cada uno de los cuales corresponde a un mineral determinado:

- * Talco (1)
- * Yeso (2)
- * Calcita (3)
- * Fluorita (4)
- * Apatito (5)
- * Feldespato (6)
- * Cuarzo (7)
- * Topacio (8)
- * Corindón (9)
- * Diamante (10)

- Los minerales de grado 1 y 2 pueden rayarse con la uña.

- Los minerales de grado 3, 4, 5 y 6 pueden rayarse con un cuchillo.

- Todo mineral raya a los que posean un grado de dureza inferior al suyo y es rayado por los de dureza superior.

- Por ejemplo, un mineral que sea rayado por el topacio y que a su vez raye al cuarzo tiene una dureza comprendida entre 7 y 8.

- El método de la escala de Mohs resulta bastante impreciso por su carácter comparativo.

*** Métodos de retroceso.**

- Mediante estos métodos se mide la llamada dureza dinámica o elástica.

- Para ello se calcula la energía que se consume en el choque de una pieza que se deja caer desde una cierta altura contra el mineral cuya dureza se quiere determinar.

- Cuanto más blando sea el material, menor será la altura que alcanzará la pieza en el rebote, ya que su energía será absorbida en la deformación del material.

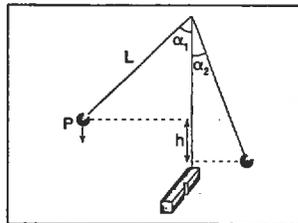
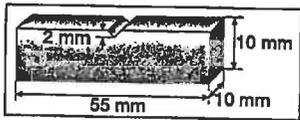
- Un material de dureza elevada apenas se deforma, en consecuencia, la altura alcanzada por la pieza en el rebote será similar a la del punto desde el que se lanzó.

*** Dureza a la penetración.**

- La dureza se mide como la resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado por otro.
- Ésta es la base de los ensayos Brinell, Vickers y Rockwell.
- En cada uno de los ensayos se utiliza un tipo de penetrador que se aprietan con una fuerza determinada contra el material.
- La medida de la dureza se obtiene dividiendo la fuerza con la que se ha empujado el penetrador entre la superficie de la huella que éste deja en el material.
- La dureza es una propiedad de gran importancia práctica, ya que está relacionada con el comportamiento del material frente a la abrasión o al desgaste, así como con la facilidad con que puede mecanizarse.
- Por ejemplo, un material utilizado para moler mineral en una cantera, debe ser muy duro para que apenas sufra desgaste en su trabajo.

3.- Ensayo de resiliencia.

- El ensayo de resiliencia mide la tenacidad de los materiales.
- Tenacidad es la capacidad que tiene un material para almacenar energía, en forma de deformación plástica, antes de romperse.
- La tenacidad es la propiedad inversa a la fragilidad.
- El método más habitual para llevar a cabo la medida de la tenacidad de un material es mediante el ensayo de Charpy (péndulo de Charpy).



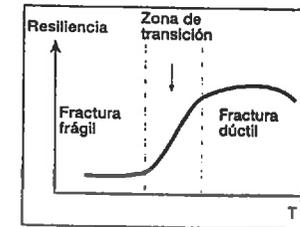
- Se dispone de una probeta de sección cuadrada (10 x 10 mm.) y de 55 mm. de longitud en cuya parte central se ha realizado una entalla en forma de U o de V.
- El ensayo consiste en lanzar una bola sujeta a un hilo desde una cierta altura contra la probeta por el lado opuesto de la entalla.

- La resiliencia KCU o KCV (según como sea la entalla) se calcula dividiendo la energía consumida por el material en la rotura (diferencias de energía potenciales gravitatorias en las posiciones inicial y final de la bola) ente la sección de la probeta en la zona de entalla (80 mm²).

- De esta forma se obtienen las expresiones:

$$W = P * h = P * L * (\cos(\alpha_2) - \cos(\alpha_1)) \quad KVC = \frac{W}{S_0}$$

- En el sistema internacional la resiliencia se expresa en J/m².
- Los péndulos de Charpy están normalizados: disponen de una energía en la posición inicial de 300 J y en el momento del impacto con la probeta se mueven a una velocidad de 5 m/s.
- Un material tenaz o de alta resiliencia se deforma plásticamente de manera importante antes de romperse.
- Un material de baja resiliencia es frágil y apenas experimenta deformación alguna antes de la rotura.
- En muchos metales existe un intervalo de temperaturas, (conocido como zona de transición), en el que se produce una disminución de la resiliencia al disminuir la temperatura.



- Esto da origen a dos tipos diferentes de roturas para un mismo material: la rotura frágil y la dúctil.

4.- Fractura.

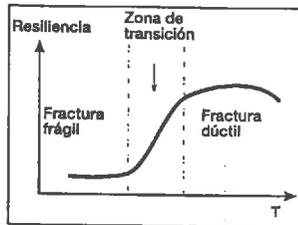
- La fractura de un sólido se puede definir como su separación en dos o más partes como consecuencia de los efectos de una tensión.

- Hay dos tipos diferentes de fractura:

*** Fractura dúctil.**

- Se produce una importante deformación plástica en la zona de rotura.

- Se originan superficies de fractura mates debido a la irregularidad de esta deformación plástica.



*** Fractura frágil o fractura de clivaje.**

- El material se separa según un plano y sin que apenas se produzca deformación plástica.

- Este tipo de fractura origina superficies muy brillantes y es típica de materiales cerámicos, vidrios y metales muy duros.

- La aparición de la fractura frágil se debe a las fisuras de diminuto tamaño existentes en el material, que pueden estar presentes desde su fabricación.

- Esto sucede, por ejemplo, en las uniones de puentes, barcos, etc. que no se pueden construir de una sola pieza.

- Esta fractura también puede generarse a lo largo de la vida del elemento como consecuencia de un proceso de fatiga o de un desgaste.

5.- Fatiga.

- Fatiga es la situación en la que se encuentran algunas piezas sometidas a cargas cíclicas de valor inferior al crítico de rotura del material.

- Los ciclos de carga pueden ser muy diferentes, pero los datos que más interesan son:

* Amplitud de ciclo: $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$

* Tensión media: $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$

- Hay dos tipos de fatiga:

*** Fatiga en elementos sin defectos.**

- El comportamiento de estos elementos frente a la fatiga presenta dos etapas:

* La de nucleación de fisuras.

* La de crecimiento de estas fisuras hasta alcanzar un tamaño crítico que producirá la rotura frágil.

- Esta fatiga tiene lugar en elementos como bielas, ejes, etc.

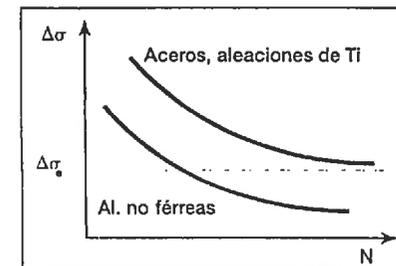
*** Fatiga en elementos con defectos.**

- En este caso no existe fase de nucleación de fisuras y la duración del elemento está limitada por la velocidad de crecimiento de la fisura.

- Por este motivo, es preciso realizar análisis no destructivos periódicos. (líquidos penetrantes, ultrasonidos, gammagrafías, etc.).

- Este tipo de fatiga se produce, por ejemplo, en puentes, barcos, aviones, etc.

- Cuando una pieza se encuentra sometida a un proceso de fatiga, las grietas, de tamaño diminuto existentes en el material, van creciendo progresivamente hasta que la grieta mayor es lo suficientemente grande como para que se produzca la rotura del elemento.



- En la figura anterior se presentan los resultados de un ensayo de fatiga, que indica el número (N) de ciclos de amplitud (Δσ) que se deben producir para que sobrevenga la rotura.

- Sólo se tiene en cuenta la parte del ciclo de carga que produce tracción, la compresión no origina fatiga.

- Se observa que el número de ciclos (N) es tanto menor cuanto mayor sea la amplitud del ciclo de carga.

- En los aceros y en las aleaciones de titanio existe un valor de amplitud ($\Delta\sigma$), por debajo del cual no se produce rotura por fatiga.

- A este valor se le llama límite de fatiga ($\Delta\sigma_e$) y suele estar entre 0,4 y 0,5 veces la resistencia a la tracción del material.

- Las aleaciones no férreas no tienen este límite.

- En componentes no agrietados la fatiga de alto número de ciclos es decir, la que no produce deformaciones plásticas en el material, se rige por la ecuación:

$$\Delta\sigma \cdot N^a = b$$

Donde: a y b = constantes características del material.

6.- Fluencia.

- Se define como fluencia la lenta y continua deformación plástica que sufre un material a alta temperatura bajo la acción de una carga constante.

- Los elementos sometidos a altas temperaturas (turbinas, calderas, reactores, etc.) sufren deformaciones plásticas importantes, a pesar de que a temperatura ambiente y sometidos a las mismas cargas apenas sufren deformación elástica.

- A temperatura ambiente la deformación producida en un elemento sometido a una determinada carga es instantánea.

- A altas temperaturas esta deformación depende tanto del tiempo de actuación de la fuerza, como de la temperatura a la que el elemento se encuentra sometido.

- La deformación por fluencia que presenta un material es mayor cuanto mayor sea la temperatura, o la carga aplicada, o el tiempo que dicha carga ha estado actuando.

- La temperatura a la que se producen los fenómenos de fluencia está relacionada con la temperatura de fusión.

- Los fenómenos de la fluencia comienzan a ser importantes a partir de 0,4 veces la temperatura de fusión expresada en °K.

- Así, por ejemplo, los metales con bajo punto de fusión (estaño, plomo, etc.) sufren fluencia a temperatura ambiente.

- Mientras, los metales refractarios (wolframio, molibdeno, tántalo, etc.) y muchos materiales cerámicos (SiC, MgO, Al₂O₃, etc.) no experimentan fluencia hasta temperaturas superiores a los 700° C.

7.- Fricción.

- Cuando dos piezas de un mismo material, o de materiales diferentes, se encuentran en contacto, para que comiencen a deslizarse entre sí, será preciso aplicar una fuerza de valor:

$$F = \mu_e \cdot N$$

Donde: N = fuerza normal existente entre las dos piezas.
 μ_e = coeficiente de rozamiento estático entre ambos materiales.

- Una vez comenzado el desplazamiento, la fuerza necesaria para que continúe es:

$$F = \mu_d \cdot N$$

Donde: N = fuerza normal existente entre las dos piezas.
 μ_d = coeficiente de rozamiento dinámico entre ambos materiales. ($\mu_d < \mu_e$).

- En algunas ocasiones es necesario que el coeficiente de rozamiento entre los materiales sea bajo (ejemplo: cojinetes, esquís, etc.).

- En otras ocasiones se necesita un coeficiente de rozamiento alto (ejemplo: neumáticos de automóviles, suelas de los zapatos, etc.).

* PROPIEDADES ESTÉTICAS.

- Para que un material sea utilizable en una determinada aplicación, además de poseer unas adecuadas propiedades físicas, químicas y mecánicas, debe tener ciertas propiedades estéticas que agraden a los usuarios.

- Por ejemplo, en el caso de prendas de vestir es imprescindible que el material sea agradable al tacto y posea un color atractivo.

- En el caso de maderas vistosas utilizadas para fabricar muebles tienen importancia otras propiedades estéticas como el brillo, el olor o la textura.

* PROPIEDADES ECONÓMICAS.

- Para la elección de un material también es importante las propiedades económicas, es decir, su precio, el coste del transporte desde el lugar de fabricación al de consumo y la disponibilidad del material en el momento en que se necesite.

- En la siguiente tabla se muestra, de forma aproximada, el valor de diferentes materiales, clasificados según su aplicación.

VALOR ECONÓMICO DE ALGUNOS MATERIALES		
Aplicación	Materiales	Valor aproximado (euros/m ³)
Construcción básica	madera, hormigón, acero estructural	40-360
Ingeniería media y ligera	metales y aleaciones para aviones, automóviles, utensilios, etc.	360-3 600
Materiales especiales	aleaciones para álabes de turbina, compuestos avanzados, etc.	3 600-132000
Metales preciosos	cojinetes de zafiro, contactos de plata, microcircuitos de oro.	132000-1 360000
Diamantes industriales	herramientas de corte y pulido	57 000 000

- Para usos estructurales se usan frecuentemente, la madera, el hormigón y el acero estructural.

- Para estos mismos usos y debido a sus propiedades mecánicas adecuadas se podrían utilizar aleaciones de níquel o de titanio, pero el precio elevado de estos materiales obliga a descartarlos.

- En la actualidad la investigación para la obtención de nuevos materiales se centra en los metales utilizados en ingeniería media y ligera, así como en materiales especiales existiendo una gran competencia entre los distintos tipos.

* PROPIEDADES DE FABRICACIÓN.

- Las propiedades de fabricación informan acerca de la posibilidad de someter un material a una determinada operación industrial.

- Entre las propiedades de fabricación tenemos:

* **Maleabilidad:** indica si un material se puede estirar en láminas sin romperse.

* **Ductilidad:** señala si el material se puede estirar en forma de hilos.

* **Forjabilidad:** da idea de la capacidad que posee un material para ser forjado.

* **Maquinabilidad:** indica si se pueden aplicar procesos de arranque de viruta al material.

* **Otras propiedades:** se refieren a la capacidad para someter al material a procesos de extrusión, soldadura, etc.