



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

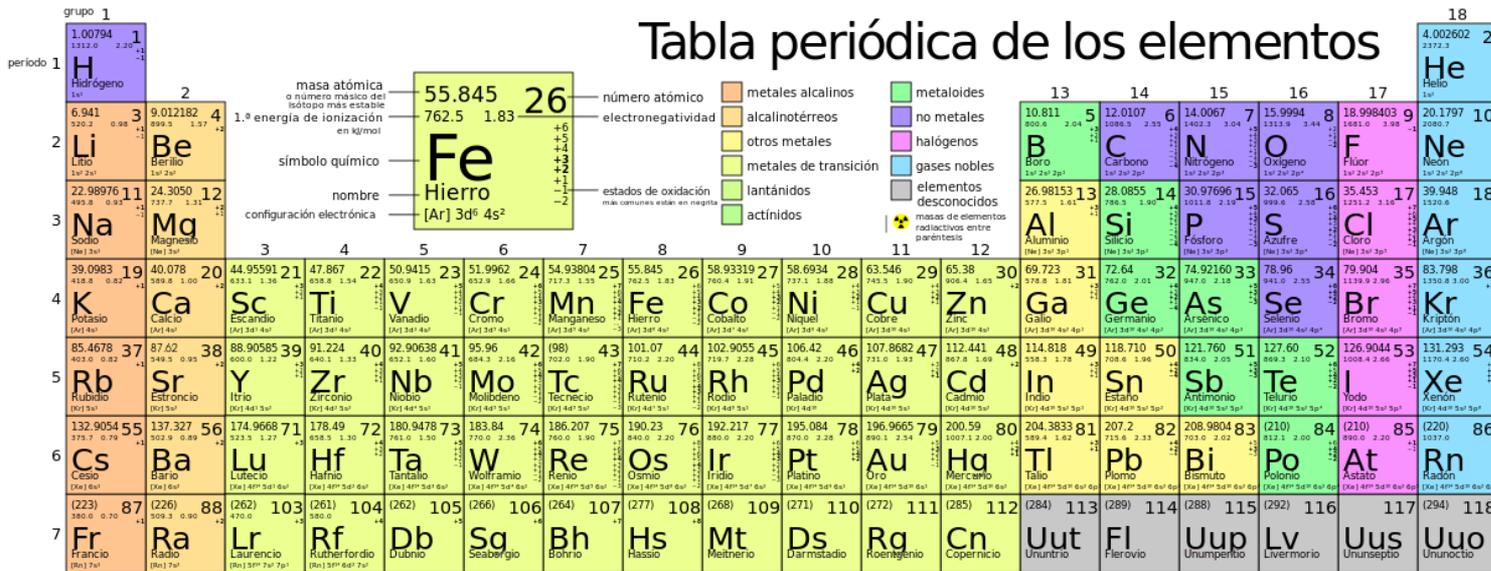
# **“ALEACIONES NO FERROSAS”**

**CIENCIA DE LOS MATERIALES**

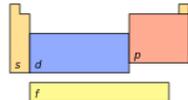
**Dr. Claudio Careglio**

# INTRODUCCIÓN

Hay cerca de 70 elementos de metales no ferrosos



bloques de configuración electrónica



**notas**

- por ahora, los elementos 113, 115, 117 y 118 no tienen nombre oficial designado por la IUPAC.
- 1 kg/mo = 98.463 eV.
- todos los elementos tienen un estado de oxidación implícito cero.

138.9054	57	140.116	58	140.9076	59	144.242	60	(145)	61	150.36	62	151.964	63	157.25	64	158.9253	65	162.500	66	164.9303	67	167.259	68	168.9342	69	173.054	70
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb														
(227)	89	232.0380	90	231.0358	91	238.0289	92	(237)	93	(244)	94	(243)	95	(247)	96	(251)	97	(252)	98	(257)	100	(258)	101	(259)	102		
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No														

Elemento	Al	Fe	Mg	Ti	Mn	Zn	Ni	Cu	Pb
%	7.5	4.7	1.9	0.58	0.1	0.02	0.018	0.01	0.002

# *INTRODUCCIÓN*

---

- El Al es uno de los elementos de mayor disponibilidad en la Tierra, pero no se utiliza tan extensamente como el Fe.
- La principal industria de metal en el mundo son las aleaciones ferrosas. Sin embargo estas tienen varias desventajas:
  - Alta densidad
  - Baja conductividad eléctrica
  - Susceptibilidad a la corrosión en algunos medio ambientes comunes
- Debido a las limitaciones / desventajas de aleaciones ferrosas anteriormente, los metales no ferrosos son una alternativa.
- Los metales no ferrosos son cada vez más importante en la ingeniería, ya que pueden proporcionar una gama ilimitada de propiedades.

# INTRODUCCIÓN

---

- Metales o aleaciones no férreas:
  - Se definen como metales o aleaciones para las que el principal constituyente no es el hierro
  - Ejemplos: aluminio (Al), cobre (Cu), magnesio (Mg), zinc (Zn), titáneo (Ti), etc.
- No ferrosos generalmente tienen alto costo, ya que se requiere de mayor costo de producción y en algunos casos hay baja disponibilidad.
- No ferrosos se pueden clasificar en:
  - Metales ligeros: Densidad ( $\rho$ ) < 4.5 g cm<sup>-3</sup>; por ejemplo Li, Be, Al, Mg
  - Metales pesados: Densidad ( $\rho$ ) > 4.5 g cm<sup>-3</sup>; por ejemplo Cu, Pb, Mn, Co

# *INTRODUCCIÓN*

---

- Los metales puros no ferrosos son mejores si se combinan con una pequeña cantidad de otros elementos: esto se denomina aleaciones
  
- Aleaciones no ferrosas pueden ser:
  - Aleaciones de fundición: aleaciones que generalmente son frágiles, donde la conformación y formación no es posible
  - Aleaciones forjadas - aleaciones que pueden ser modificadas por deformación mecánica

# INTRODUCCIÓN

---

- Comentarios adicionales:
  - Aleaciones
    - Moldeadas: sólo se conforman por moldeo dada su fragilidad.
    - Hechuradas: aquellas que soportan deformaciones plásticas.
  - Aleaciones “tratables térmicamente”.
  - Resistencia específica a la tensión
    - Relación entre resistencia a la **tracción** y **densidad** (aunque una aleación de estos metales tenga una resistencia inferior a la de un material más denso, como por ej. el acero, para un peso determinado puede soportar una carga mayor )

# INTRODUCCIÓN

---

- **Proceso de fabricación:**
  - Los procesos de fabricación de metales no ferrosos son similares a los aleaciones ferrosas
  - **Procesos de fabricación / manufactura de metales:**
    - Trabajo en caliente  
*Ej: forjado, laminación (en caliente), extrusión*
    - Trabajo en frío  
*Ej.: laminación (en frío), trefilado, estampado*
    - Fundición

# *COBRE Y SUS ALEACIONES*

---

- En su estado puro, es la columna vertebral de la industria eléctrica.
- Latón y bronce: son aleaciones de cobre
- 3 factores principales para la aplicación del cobre:
  - Alta conductividad eléctrica y térmica
  - Alta ductilidad
  - Resistencia a la corrosión

## Clasificación de las aleaciones de Cu <sup>(1)</sup>

Aleaciones forjadas	
C1xxxx	Cobres* y aleaciones con alto contenido de cobre†
C2xxxx	Aleaciones de cobre-zinc (latones)
C3xxxx	Aleaciones de cobre-zinc-plomo (latones plomados)
C4xxxx	Aleaciones de cobre-zinc-estaño (latones de estaño)
C5xxxx	Aleaciones de cobre-estaño (bronces de fósforo)
C6xxxx	Aleaciones de cobre-aluminio (bronces de aluminio), aleaciones de cobre-silicio (bronces de silicio) y aleaciones diversas de cobre-zinc
C7xxxx	Aleaciones de cobre-níquel y de cobre-níquel-zinc (níquelados plateados)
Aleaciones fundidas	
C8xxxx	Cobres forjados, aleaciones con alto contenido de cobre, latones fundidos de diversos tipos, aleaciones fundidas de manganeso-bronce y aleaciones fundidas de cobre-zinc-silicio
C9xxxx	Aleaciones fundidas de cobre-estaño, aleaciones de cobre-estaño-plomo, aleaciones de cobre-estaño-níquel, aleaciones de cobre-aluminio-hierro y aleaciones de cobre-níquel-hierro y de cobre-níquel-zinc

\*Los "cobres" tienen un contenido mínimo de 99.3 por ciento o más de cobre.

†Las aleaciones de alto contenido de cobre tienen menos de 99.3 por ciento de Cu, pero más del 96 por ciento y no encajan en los otros grupos de aleaciones de cobre.

(1) Sistema de la "Copper Development Association"

## Propiedades mecánicas características y aplicaciones

Número de aleación	Composición química (% en peso)	Estado	Resistencia a la tensión		Límite elástico		Elongación en 2 pulg (%)	Aplicaciones típicas
			ksi	MPa	ksi	MPa		
<b>Aleaciones forjadas</b>								
C10100	99.99 Cu	Recocido Trabajado en frío	32 50	220 345	10 45	69 310	45 6	Conductores comunes, guías de ondas, conductores huecos, alambre de acometida y ánodos para tubos de vacío, sellos al vacío, componentes de transistores, sellos de vidrio a metal, cables y tubos coaxiales, klistrones, tubos de microondas, rectificadores
C11000 (ETP)	99.9 Cu, 0.04 O	Recocido Trabajado en frío	32 50	220 345	10 45	69 310	45 6	Canalones, techos, juntas, radiadores de automóvil, barras colectoras, clavos, cilindros de impresión, remaches, partes para equipo de radio
C26000	70 Cu, 30 Zn	Recocido Trabajado en frío	47 76	325 525	15 63	105 435	62 8	Elementos y tanques de radiador, cuerpos cilíndricos de lámparas de mano, accesorios de iluminación, sujetadores, cerraduras, bisagras, componentes de munición, accesorios de plomería, goznes, remaches
C28000	60 Cu, 40 Zn	Recocido Trabajado en frío	54 70	370 485	21 50	145 345	45 10	Tuercas y pernos grandes para arquitectura, varillas de soldadura, placas de condensador, tuberías de intercambiadores de calor y condensadores, forjas en caliente
C17000	99.5 Cu, 1.7 Be, 0.20 Co	SHT* SHT, CW, PH*	60 180	410 1240	28 155	190 1070	60 4	Fuelles, tubos Bourdon, diafragmas, sujetafusibles, retenes, arandelas de presión, resortes, partes de interruptor, pasadores de rodillos, válvulas, equipo para soldar
C61400	95 Cu, 7 Al, 2 Fe	Recocido Trabajado en frío	80 89	550 615	40 60	275 415	40 32	Tuercas, pernos, riostras y miembros roscados, recipientes y tanques resistentes a la corrosión, componentes estructurales, partes de máquinas, tubos y sistemas de tubería para condensadores, revestimientos de protección y sujetadores marítimos
C71500	70 Cu, 30 Ni	Recocido Trabajado en frío	55 84	380 580	18 79	125 545	36 3	Relés de comunicaciones, condensadores, placas de condensador, resortes eléctricos, tubos de evaporadores e intercambiadores de calor, casquillos, resistores

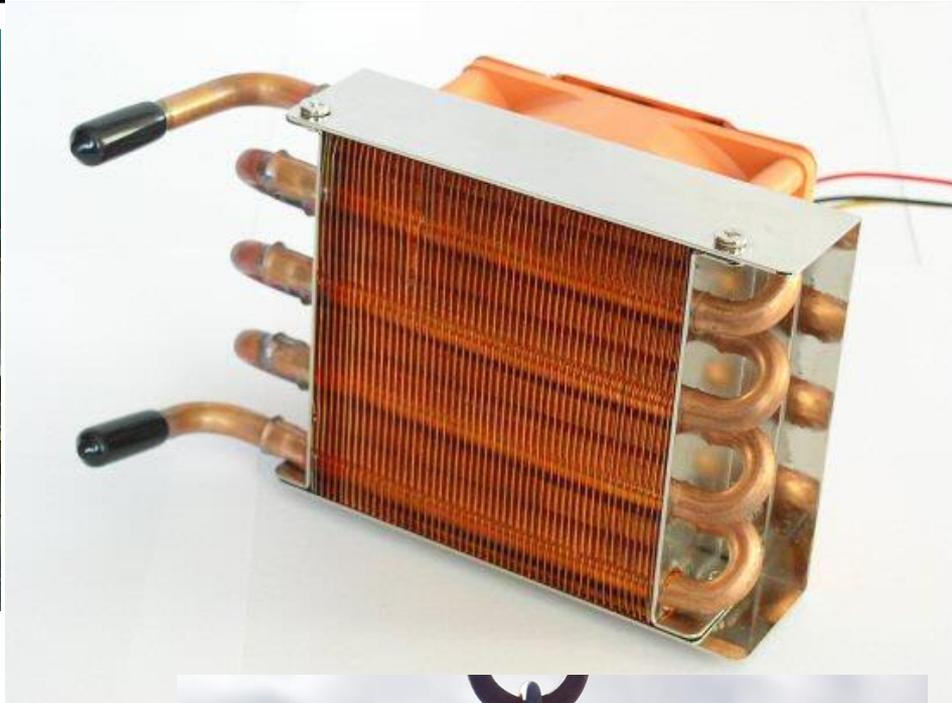
\*SHT = solución térmicamente tratada; CW = trabajado en frío; PH = endurecido por precipitación.

## Propiedades mecánicas características y aplicaciones (...continuación)

		Aleaciones fundidas						
C80500	99.75 Cu	Fundido tosco	25	172	9	62	40	Conductores eléctricos y térmicos; aplicaciones resistentes a la corrosión y a la oxidación
C82400	96.4 Cu, 1.70 Be, 0.25 Co	Fundido tosco	72	497	37	255	20	Herramientas de seguridad, moldes para partes de plástico, levas, boquillas, cojinetes, válvulas, partes de bomba, engranajes
		Tratamiento térmico	150	1035	140	966	1	
C83600	85 Cu, 5 Sn, 5 Pb, 5 Zn	Fundido tosco	37	255	17	117	30	Válvulas, bridas, accesorios de cañería, productos de plomería, fundiciones de bombas, ruedas de paletas y carcasas de bombas, accesorios ornamentales, engranajes pequeños
C87200	89 Cu, 4 Si	Fundido tosco	55	379	25	172	30	Cojinetes, cinturones, ruedas de paletas para bombas y componentes de válvulas, anillos de cerrado, codos que favorecen la resistencia a la corrosión
C90300	93 Cu, 8 Sn, 4 Zn	Fundido tosco	45	310	21	145	30	Cojinetes, boquillas, ruedas de paletas para bombas, anillos de pistón, componentes de válvulas, anillos de sellado, conectores para vapor, engranajes
C95400	85 Cu, 4 Fe, 11 Al	Fundido tosco	85	586	35	242	18	Cojinetes, engranajes, tornillos sin fin, asientos y guías de válvula, ganchos de decapado
		Tratamiento térmico	105	725	54	373	8	
C96400	69 Cu, 30 Ni, 0.9 Fe	Fundido tosco	68	469	37	255	28	Válvulas, carcasas de bomba, bridas, codos que favorecen la resistencia a la corrosión por agua de mar

\*SHT = solución térmicamente tratada; CW = trabajado en frío; PH = endurecido por precipitación.

# COBRE Y SUS ALEACIONES



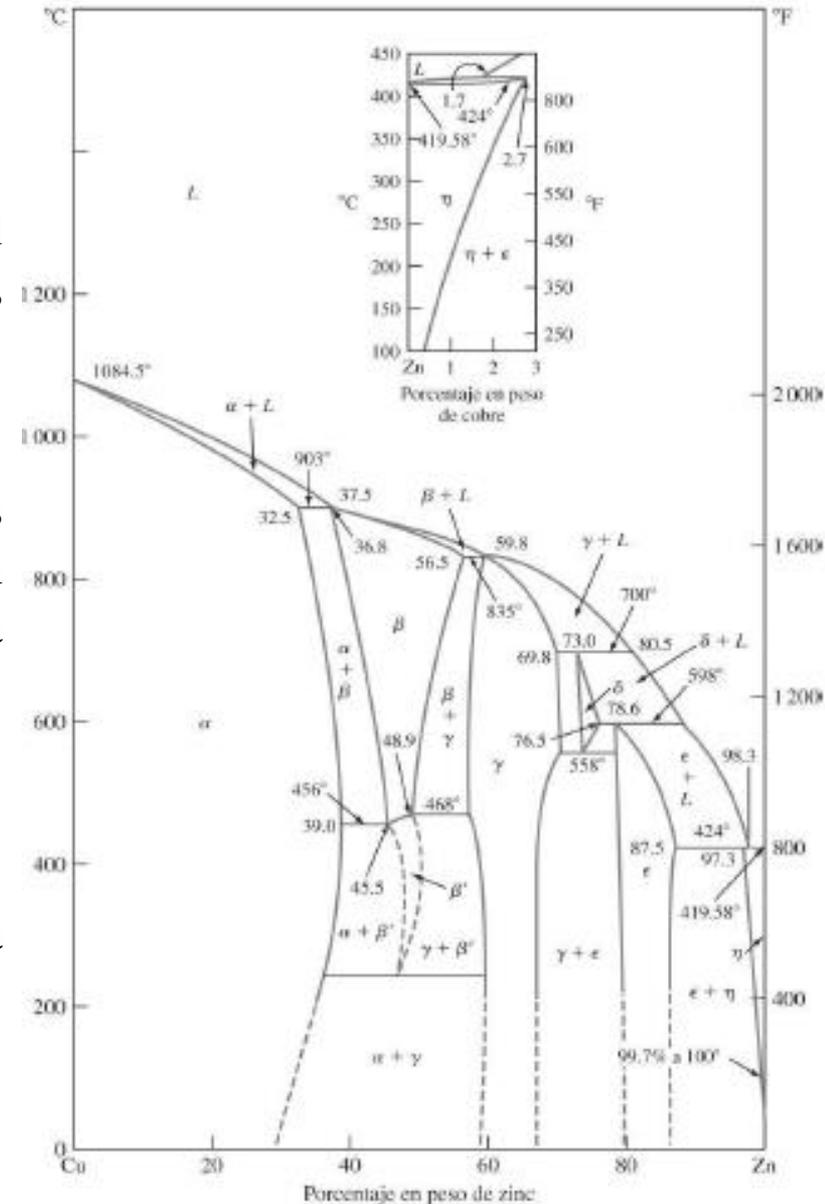
# *COBRE Y SUS ALEACIONES: Latón*

- cobre + cinc = latón
- Características
  - Aleaciones con 5 a 40% de Zn
  - Buena moldeabilidad
  - Resistencia a la corrosión
  - Capacidad de endurecimiento en frío
- En la mayoría de los casos el latón aumenta su dureza con el aumento en el contenido de zinc
- Aplicaciones
  - joyería de fantasía, radiadores de automóviles, monedas, etc.



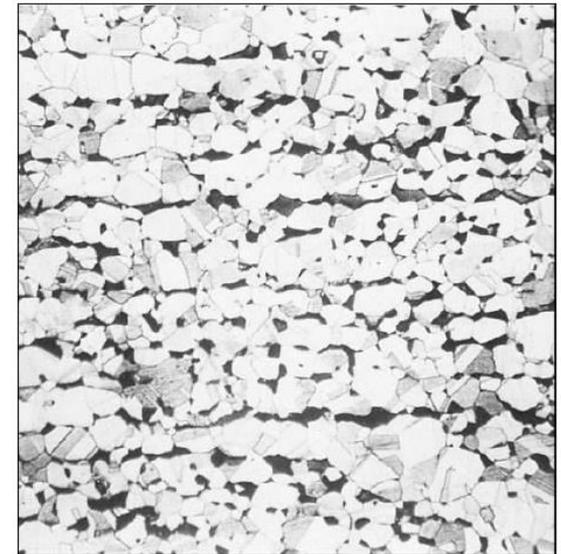
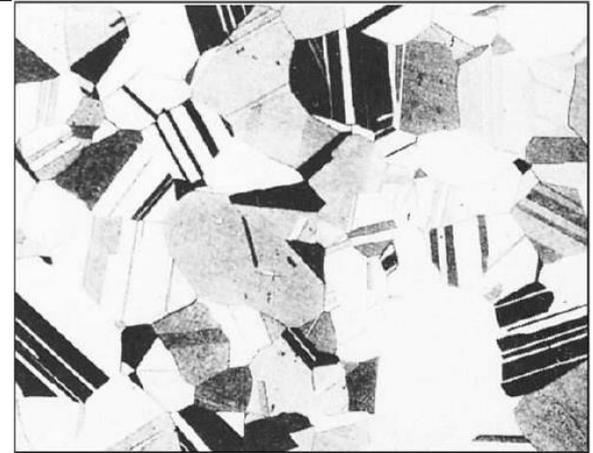
# COBRE Y SUS ALEACIONES: Latón

- Diagrama fases
  - $\alpha$  y  $\eta$ : fases terminales  
(fases en solución sólida que se presentan al final de los diagramas de fases, en los límites de los componentes puros)
  - $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  y  $\epsilon$ : fases intermedias  
(se presentan en un rango de composiciones dentro del diagrama de fases y están separadas de otras fases en un diagrama binario, por regiones de dos fases)
  - 5 puntos peritéticos
  - 1 punto eutectoide  
(en el punto más bajo de la región de la fase intermedia  $\delta$ )



# *COBRE Y SUS ALEACIONES: Latón*

- Ejemplos de microestructuras
  - Microestructuras de cartuchos de latón  
70%Cu-30%Zn  
Estructura (una fase):  $\alpha$
  - Plancha de metal Muntz laminado en caliente  
60%Cu-40%Zn  
Estructura: fases  $\beta$  (oscura) y  $\alpha$  (clara)



- cobre + estaño = bronce
- Más resistente que el latón.
- Aumenta la resistencia si el estaño contenido es de hasta el 20% en peso (aunque la aleación se vuelva frágil para determinado % de Sn).
- Otras características:
  - Buena resistencia y tenacidad
  - Resistencia al desgaste
  - Resistencia a la corrosión (aunque desarrollan pátina que es la capa de sales de cobre que se produce sobre la superficie de dicho metal tras el proceso de la corrosión del cobre)
  - Bajo coeficiente de fricción
- Aplicaciones
  - cojinetes, engranajes y accesorios sometidos a carga de compresión alta, etc.



# *COBRE Y SUS ALEACIONES: cobre-berilio*

---

- Características
  - 0.6 a 2% de Be
  - Estas aleaciones endurecen por precipitación y pueden ser tratadas en caliente y trabajadas en frío para obtener alta resistencia (1463 MPa)
  - Resistencia a la corrosión, buenas propiedades de dureza y a la fatiga.
  - Relativamente costosos.
  
- Aplicaciones
  - herramientas que requieren dureza y no desprenden chispas.

# *ALUMINIO Y SUS ALEACIONES*

---

- Características del aluminio y de sus aleaciones
  - Relativamente baja densidad ( $2.7 \text{ g cm}^{-3}$ ), en comparación con la del acero ( $7,9 \text{ g cm}^{-3}$ )
  - Alta conductividad eléctrica y térmica
  - Resistencia a la corrosión (debido a la película de óxido tenaz que se forma en su superficie)
  - Alta ductilidad, el Al puro se puede laminar y es fácil de conformar
  
- Principales elementos de aleación en aleaciones de Al:  
Cu, Mg, Si, Mn y Zn
  
- Aplicaciones
  - transporte, construcción, , embalaje (debido a sus características no tóxicas), productos del hogar, producto, piezas de máquinas, etc.

## Clasificación de aleaciones de Al

### Para forja

Familia de aluminio	Designación
Aluminio puro, 99% mínimo	1xxx
Aluminio-Cobre	2xxx
Aluminio-Manganeso	3xxx
Aluminio-Silicio	4xxx
Aluminio-Magnesio	5xxx
Aluminio-Magnesio-Silicio	6xxx
Aluminio-Zinc	7xxx
Otros elementos, Al-Sn, etc.	8xxx

### Para fundición

Aluminio, 99.00% como mínimo o más	1xx.x
Aleaciones de aluminio agrupadas según los principales elementos aleados:	
Cobre	2xx.x
Silicio con cobre y/o magnesio agregado	3xx.x
Silicio	4xx.x
Magnesio	5xx.x
Zinc	7xx.x
Estaño	8xx.x
Otros elementos	9xx.x
Series no utilizadas	6xx.x

# ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

## Designación por grado de endurecimiento

Designación	Subdivisión	Tratamiento
F		Material tal como se ha fabricado. Sin control en el endurecimiento por deformación.
O		Recocida y recristalizada. Endurecimiento con mínima resistencia y máxima ductilidad.
H		Endurecimiento por deformación, trabajada en frío.
	H1	Endurecido sólo por deformación. El grado de endurecimiento se indica mediante un segundo dígito, H12, hasta el endurecimiento total, H18, que proporciona aproximadamente una reducción del 75%.
	H2	Endurecido por deformación y recocido parcial. Igualmente se indica con un segundo dígito el nivel de trabajado en frío.
	H3	Endurecido por deformación y estabilizado a bajas temperaturas para evitar el endurecimiento por envejecimiento.

## Designación por tratamiento térmico

T1 : Producto enfriado desde la temperatura de fabricación, y luego envejecido naturalmente

T3 : Solución, trabajada en frío y envejecimiento natural

T4 : Solución y envejecimiento natural

T5 : igual a T1, pero envejecimiento artificial

T6 : igual a T4, pero envejecimiento artificial

T7 : Solución y estabilizado

T8 : Solución, trabajado en frío y envejecimiento artificial

# ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

## Propiedades mecánicas características y aplicaciones

	Composición química, % peso	Tratamiento	Resistencia a tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Aplicaciones típicas
<b>Aleaciones para forja</b>						
1100	>99Al, 0.12Cu	Recocido (O) Trab. en frío (H14)	89 124	24 97	25 4	Componentes eléctricos, hojas metálicas finas (papel).
3003	1.2Mn	Recocido (O) Trab. en frío (H14)	117 159	34 149	23 7	Recipientes a presión, resistencia a corrosión, hojas metálicas finas.
5052	2.5Mg, 0.25Cr	Recocido (O) Trab. en frío (H34)	193 262	65 179	18 4	Transportes, metal de relleno en soldadura, recipientes, componentes marinos.
2024	4.4Cu, 1.5Mg, 0.6Mn	Recocido (O) Tratamiento T6	220 442	97 345	12 5	Estructuras aeronáuticas.
6061	1.0Mg, 0.6Si, 0.27Cu, 0.2Cr	Recocido (O) Tratamiento T6	152 290	82 345	16 10	Transportes, estructuras aeronáuticas y marinas y otras de alta resistencia.
7075	5.6Zn, 2.5Mg, 1.6Cu, 0.23Cr	Recocido (O) Tratamiento T6	276 504	145 428	10 8	Estructuras aeronáuticas y aeroespaciales.
<b>Aleaciones para fundición</b>						
355,0	5Si, 1.2Cu	Arena (T6) Molde metálico (T6)	220 285	138 -	2.0 1.5	Bombas domésticas, accesorios aeronáutica, cárter aviación.
356,0	7Si, 0.3Mg	Arena (T6), Molde metálico (T6)	207 229	138 152	3.0 3.0	Fundiciones de gran complejidad, ejes portadores de las motoras, ruedas de camiones.
332,0	9.5Si, 3Cu, 1.0Mg	Molde metálico (T5)	214			Pistones de automóviles.
413,0	12Si, 2Fe	Fundición en coquilla	297	145	2.5	Fundiciones complicadas.

- Endurecimiento por precipitación
  - Endurecimiento por precipitación de una aleación binaria en general
    - En una aleación tratada térmicamente crear dispersión de partículas precipitadas en una matriz de metal deformable.
    - Estas partículas obstaculizan el movimiento de las dislocaciones.

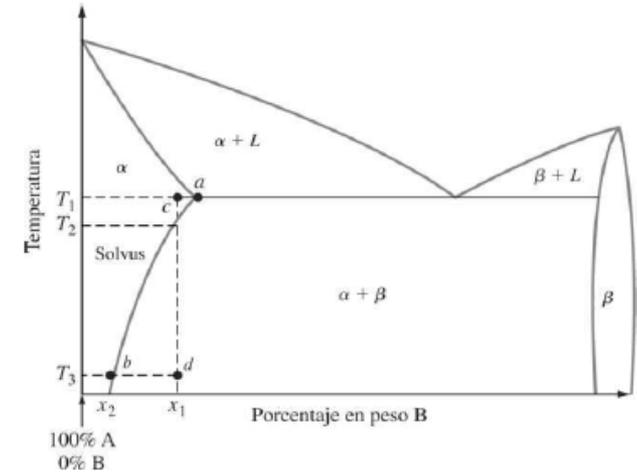
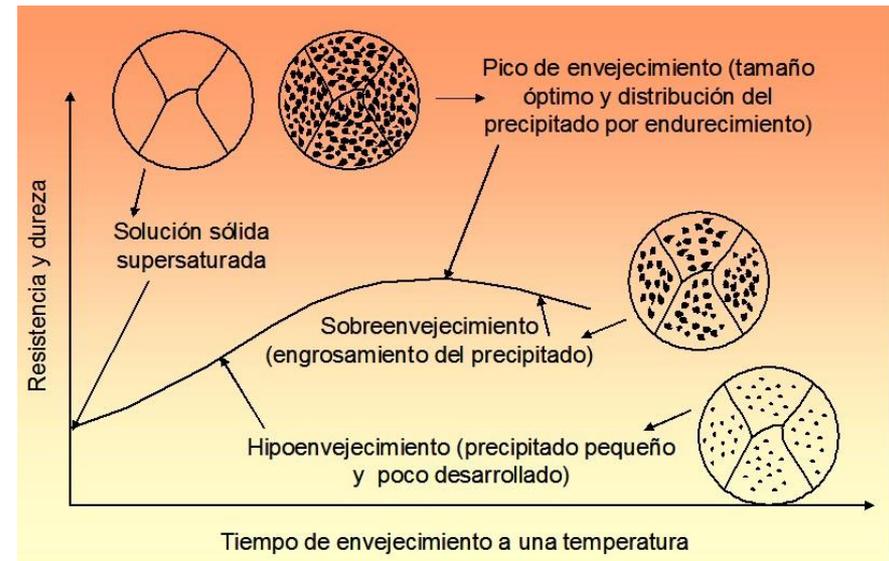
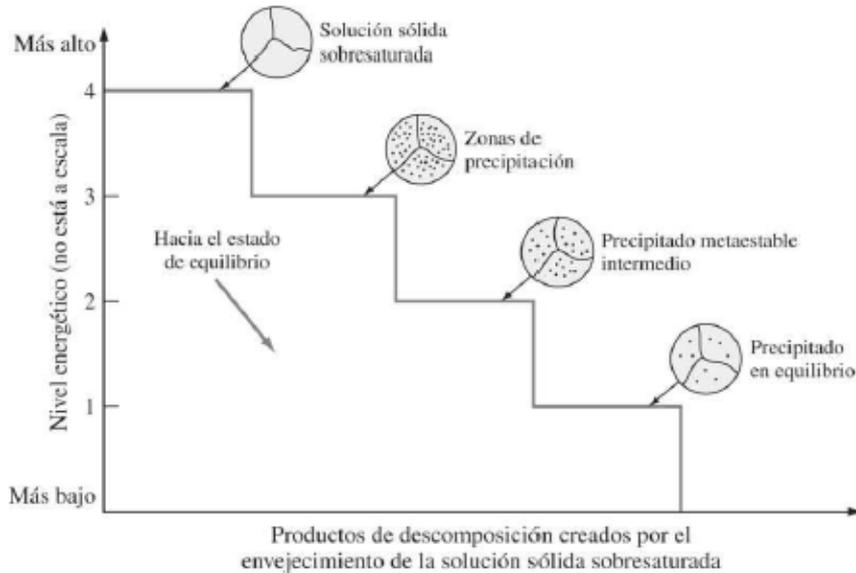


Diagrama de fases binario para dos metales A y B que tienen una solución sólida terminal  $\alpha$  que tiene una solubilidad sólida decreciente de B en A conforme baja la temperatura.

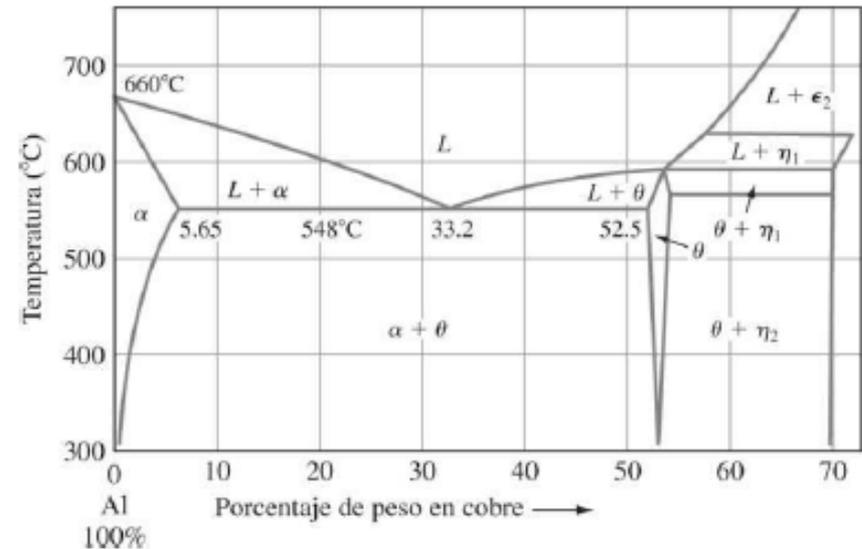
- Etapas del endurecimiento por precipitación
  - Tratamiento térmico
  - Templado
  - Envejecimiento
    - Natural:
      - Envejecimiento de la aleación a temperatura ambiente
    - Artificial:
      - Envejecimiento de la aleación a temperatura entre 15% a 25% de la diferencia de temperatura entre la temperatura ambiente y la del tratamiento térmico de la solución

## Endurecimiento por precipitación en aleaciones de Al:

- Zonas de precipitación o GP (Guinier y Preston).



- Endurecimiento por precipitación
  - **Serie 2XXX (Al-Cu)**. Ejemplo: Endurecimiento por precipitación de una aleación Al – 4%Cu
  - Diagrama de fases Al-Cu

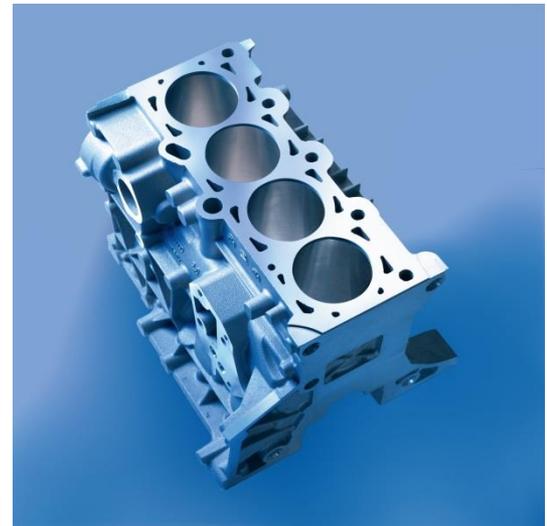


- Tratamiento térmico de precipitación
  - 1. Tratamiento térmico por solución: Solubilización a 515°C
  - 2. Templado: enfriado en agua a temperatura ambiente
  - 3. Envejecimiento: envejecido artificial (rango 130 a 190°C)
- Otras aleaciones endurecibles por precipitación
  - **Serie 6XXX, Al-Mg-Si**
  - **Serie 7XXX, Al- Zn-Mg**

# ALUMINIO Y SUS ALEACIONES



# ALUMINIO Y SUS ALEACIONES



# ***MAGNESIO Y SUS ALEACIONES***

- Características del magnesio y sus aleaciones
  - Pobre resistencia a termofluencia, fatiga y desgaste.
  - Aleaciones de difícil colabilidad y que en estado fundido arde en contacto con el aire.
  - Ductilidad limitada: su transformación en frío resulta difícil al cristalizar el Mg en una estructura hexagonal densa que no favorece su deformación.
  - Baja resistencia a la corrosión
  - Fractura frágil
  - Alta resistencia respecto a su peso (o alta relación resistencia/peso)
- Propiedades:
  - El más ligero de los metales de importancia comercial (densidad  $1.75 \text{ g cm}^{-3}$ )
  - Relativamente débil en estado puro
  - Punto de fusión  $651^\circ\text{C}$

# *MAGNESIO Y SUS ALEACIONES*

---

- Tipos de aleaciones de Mg

- Aleaciones de forja
- Aleaciones de fundición.

En ambos tipos las aleaciones pueden mejorarse mecánicamente por tratamientos de deformación y tratamientos térmicos de envejecimiento.

- Elementos comunes de aleación

- Al, Cu, Cd, Zr, Mn, Pb, Zn, Fe, Ni, Cr, Sn, Li
- Al, Zn, Zr: promueve el endurecimiento por precipitación
- Mn: aumento de la resistencia a la corrosión
- Sn: aumenta la moldeabilidad

# MAGNESIO Y SUS ALEACIONES

- Propiedades mecánicas características y aplicaciones

UNE	Composición química, % peso	Tratamiento	Resistencia a tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Aplicaciones típicas
<b>Aleaciones para forja</b>						
AZ31B	3Al, 1Zn, 0.2Mn	Recocido Trab. frío (H24)	228 248		11 7	Equipos de cargas en aviones, estantes y armarios metálicos.
HM21A	2Th, 0.8Mn	Tratamiento T8	228	138	6	Láminas y chapas de misiles, hasta 425°C.
Zk60	6Zn, 0.5Zr	Tratamiento T5	310	235	5	Usos espaciales en situaciones de elevadas deformaciones; extrusiones piezas forjadas.
<b>Aleaciones para fundición</b>						
AZ63A	6Zn, 3Al, 0.15Mn	Molde metálico Tratamiento T6	179 235	76 110	4 3	Fundiciones en arena que requieren buena resistencia a temperatura ambiente.
EZ33A	3TR, 3Zn, 0.7Zr	Tratamiento T5	138	97	2	Fundiciones en molde metálico utilizados a 150-160°C.

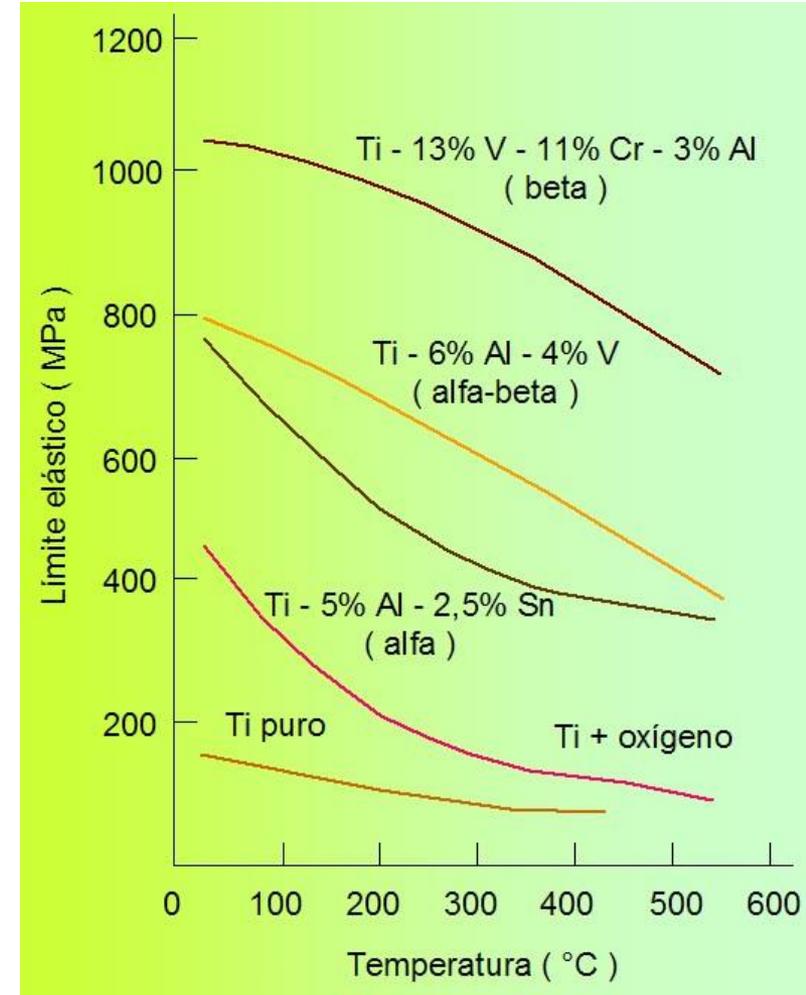
TR = Tierras raras.

# ***MAGNESIO Y SUS ALEACIONES***



# TITANIO Y SUS ALEACIONES

- Características del titanio y sus aleaciones
  - Resistente
  - Liviano
  - Resistencia a la corrosión
  - Densidad:  $4.54 \text{ g/cm}^3$
  - Punto de fusión  $1668^\circ\text{C}$
  - Límite elástico que puede ser elevado por elementos de aleación y tratamiento térmico, comparable a aleación de acero, pero la densidad es menor que la del acero ( $7,9 \text{ g cm}^{-3}$ ).
  - Puede ser empleado en aplicaciones en condiciones de alta temperatura (ver “Superalaciones”)



# *TITANIO Y SUS ALEACIONES*

---

- Desventajas
  - Alto costo
  - Dificultades de fabricación
  - Alta reactividad a elevadas temperatura
  
- Aplicaciones
  - industria química, aeroespacial, náutica, equipamientos varios, etc.

# TITANIO Y SUS ALEACIONES

- Propiedades mecánicas características y aplicaciones

Material	Resistencia a tracción (MPa)	Límite Elástico (MPa)	Alargamiento %
Titanio puro comercial			
99,5% Ti	241	172	24
99,0% Ti	552	483	15
Aleaciones Ti $\alpha$ 5% Al, 2,5% Sn	862	779	15
Aleaciones Ti $\beta$ 13% V, 11% Cr, 3% Al	1290	1214	5
Aleaciones Ti casi $\alpha$ 8% Al, 1% Mo, 1% V	966	828	14
6% Al, 4% Zr, 2% Sn, 2% Mo,	1007	993	3
Aleaciones Ti $\alpha + \beta$ 8% Mn	966	862	15
6% Al, 4% V	1034	966	8
7% Al, 4% Mo	1172	1034	10
6% Al, 6% V, 2% Sn	1103	1034	12

# TITANIO Y SUS ALEACIONES



# ***METALES REFRACTARIOS***

---

- Metales que tienen muy alta temperatura de fusión
- Ejemplos: niobio (Nb), molibdeno (Mo), tungsteno (W), tantalio (Ta)
- Temperatura de fusión entre 2468-3410°C
- Propiedades
  - Gran módulo elástico
  - Alta resistencia y dureza a temperatura ambiente

# ***METALES REFRACTARIOS***

---

- Aplicaciones
  - Ta y Mb son elementos utilizados en aceros inoxidable para mejorar la resistencia a la corrosión.
  - Mb utilizado en moldes (o matrices) de extrusión y en partes estructurales en vehículos espaciales, filamentos de luces incandescentes y tubos de rayos x
  - W utilizado en electrodos de soldadura
  - Ta para mejorar la resistencia química en todo medio ambiente por debajo de 150 ° C, usado para materiales resistentes a la corrosión

# ***SUPERALIACIONES***

---

- Se utilizan especialmente para componentes que tienen que soportar exposición a ambientes severamente oxidantes y altas temperaturas por períodos de tiempo razonables
- Se clasifican de acuerdo al componente principal de la aleación, que pueden ser: Co, Ni, Fe.
- Otros elementos incluidos son: metales refractarios (Nb, Mo, W, Ta), Cr y Ti
- Aplicaciones
  - reactores nucleares, equipos petroquímicos, componentes de las turbinas de los aviones, etc.

# ***SUPERALIACIONES***

---



# ***METALES NOBLES***

---

- Metales nobles son: plata, oro, platino, paladio, rodio, rutenio, iridio y osmio
- Tienen características físicas similares
- Costosos
- Superiores en sus propiedades. Por ejemplo: ductilidad, resistencia al calor, estabilidad química, altamente resistentes a la corrosión y oxidación.

# ***METALES NOBLES***

---

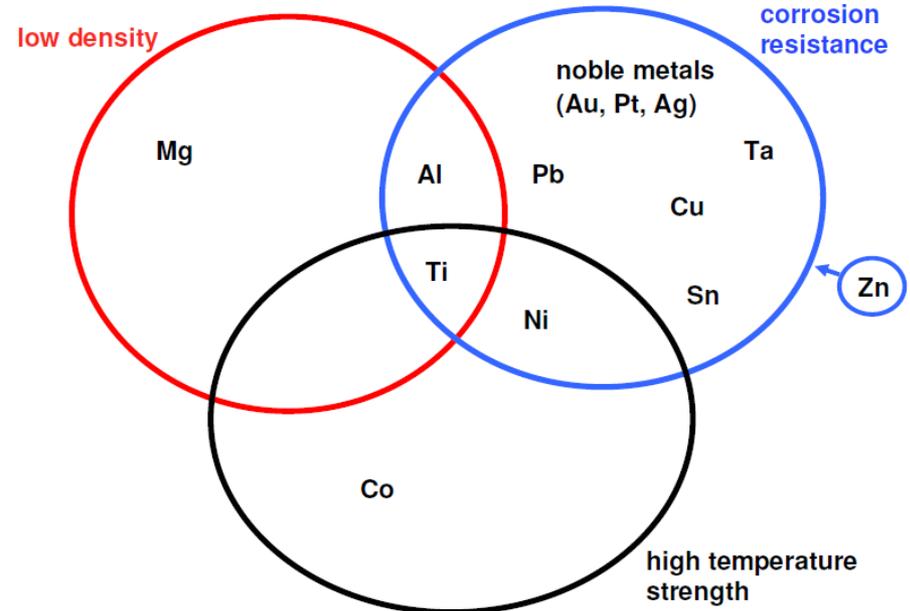
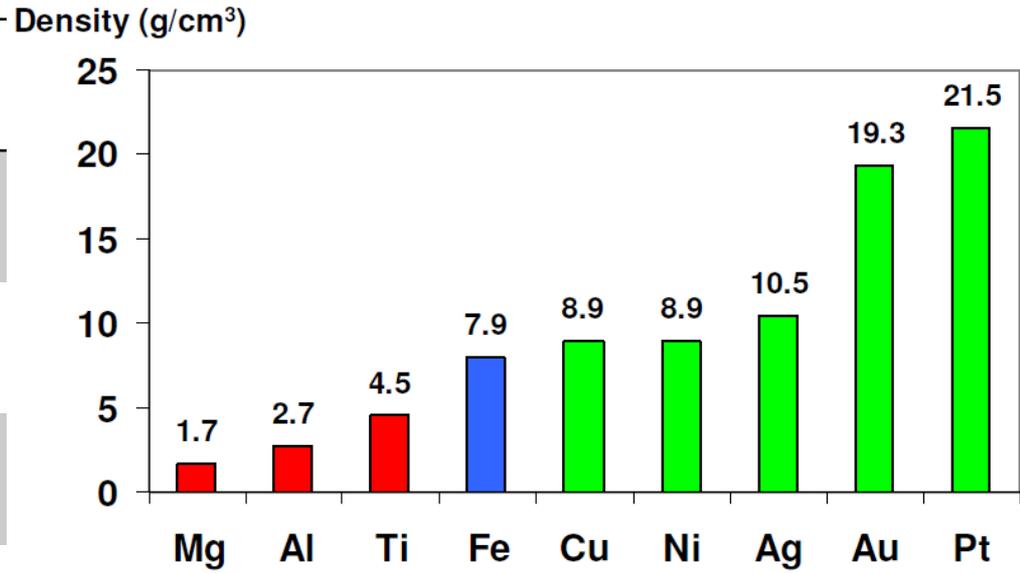
- Aplicaciones
  - Joyas
  - Monedas. Por ejemplo la plata esterlina o “sterling silver” (“plata de ley” ) también llamada “Plata .925” tiene 92.5% de plata (la cual es blanda) y 7.5% de otro metal (generalmente cobre) para darle resistencia y conservar la ductilidad conservando la belleza del metal precioso. Es una de las más usadas para joyería y monedas de plata
  - Aleación de oro y plata se utiliza en la restauración dental
  - Oro se utiliza como contactos de circuitos integrados
  - Platino en equipos químicos de laboratorio como catalizador y como termocupla para medir elevadas temperaturas

# *OTROS*

---

- También debe considerarse
  - Niquel y sus aleaciones
  - Plomo y sus aleaciones
  - Estaño y sus aleaciones

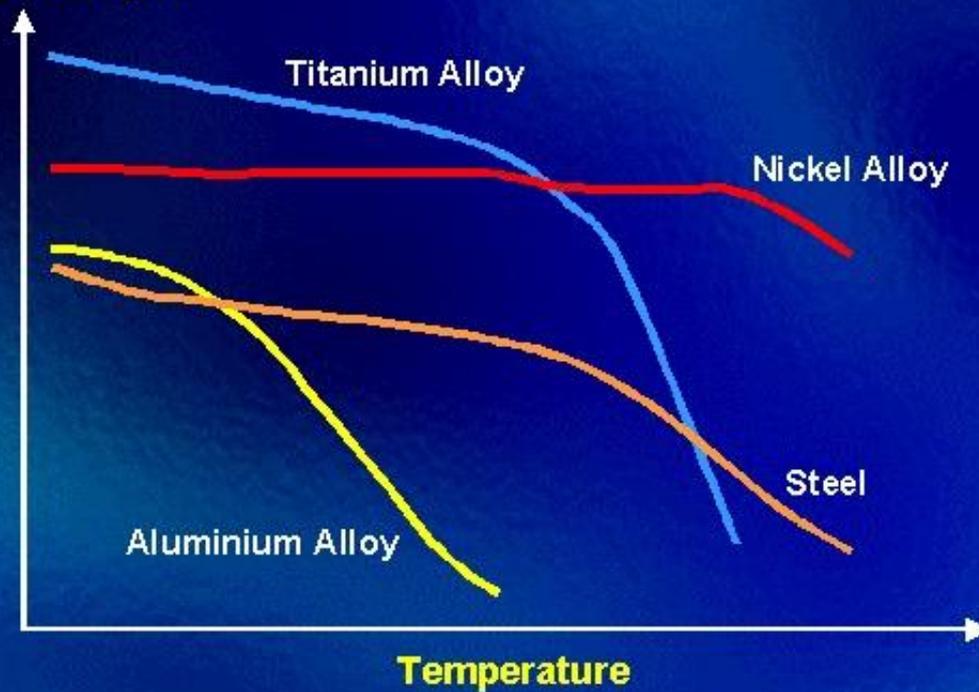
Criterio	Metal y sus aleaciones
<b>Baja densidad</b> <i>(aleaciones ligeras)</i>	Mg, Al, Ti
<b>Bajo punto de fusión</b>	Pb, Zn, Sn, Al, Mg
<b>Resistencia a la corrosión</b>	Cu, Ni, Ti, Al
<b>Resistencia al calor</b>	W, Co, Ni, Cr, Mo
<b>Conductividad térmica y eléctrica</b>	Ag, Cu, Al
<b>Propiedades antifricción</b>	Pb, Sn, Cu, Al (como aleación)



# RESUMEN

## Material Strength

Specific Strength



Rolls-Royce

