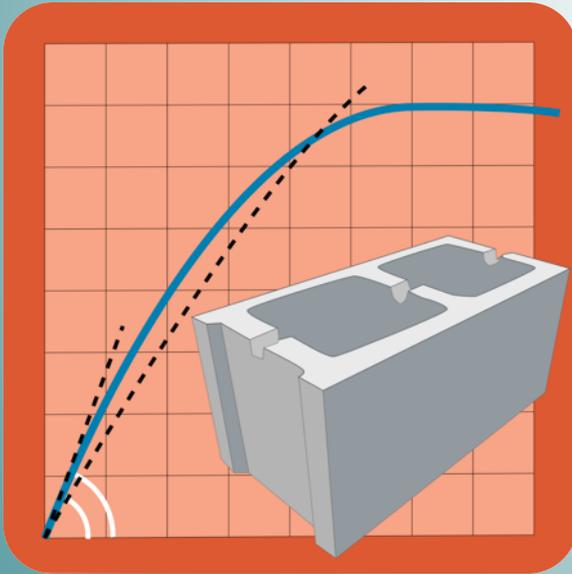


Materiales de Construcción

Lección 12. Los materiales metálicos



Juan Antonio Polanco Madrazo

Soraya Diego Cavia

Carlos Thomas García

DPTO. DE CIENCIA E INGENIERÍA
DEL TERRENO Y DE LOS MATERIALES

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



Los materiales metálicos

Materiales metálicos: sustancias inorgánicas formadas por uno o más elementos metálicos, pudiendo contener, también, algunos elementos no metálicos

Aleación metálica: combinación de dos o más elementos con una estructura en la que predomina el enlace metálico

Los metales puros presentan pocas aplicaciones prácticas (además de un elevado coste de obtención), siendo sus aleaciones las de mayor empleo

En función de su densidad, las aleaciones metálicas se clasifican en:

- *Aleaciones pesadas* ($\rho > 5 \text{ g/cm}^3$)
- *Aleaciones ligeras* ($\rho < 5 \text{ g/cm}^3$)

Los materiales metálicos

$\rho \geq 5 \text{ g/cm}^3$

Aleaciones Pesadas

Aleaciones Fe

Aceros

Fundiciones

Aleaciones Cu

Aleaciones Ni

Aleaciones Zn

Aleaciones Pb

Aleaciones Sn

Aleaciones metales nobles (Ag, Au, Pt, Pd, Ir)

Aleaciones metales refractarios (Mo, Ni, W, Ta)

$\rho \leq 5 \text{ g/cm}^3$

Aleaciones Ligeras

Aleaciones Al

Aleaciones Mg

Aleaciones Ti

Aleaciones férreas

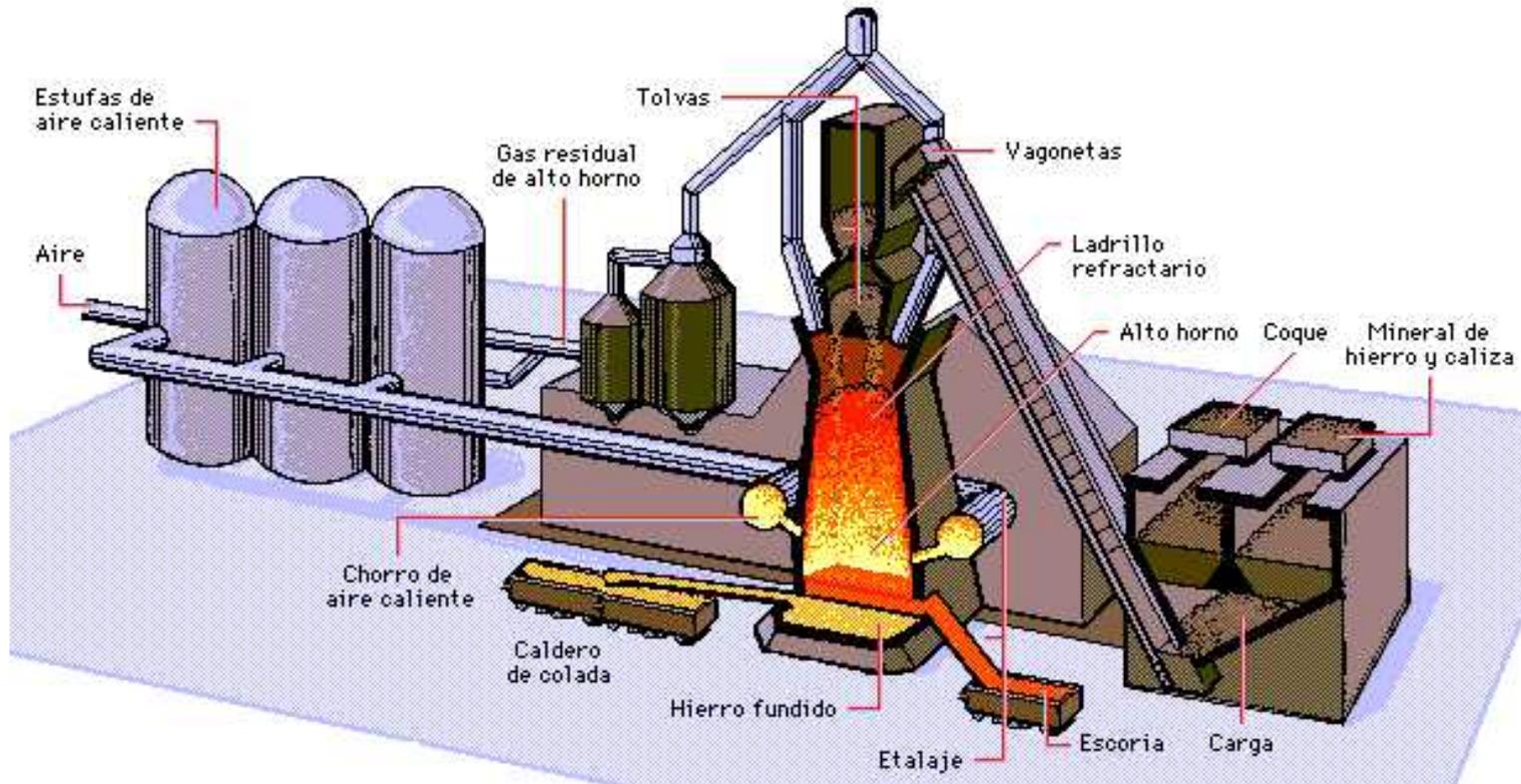
Aleaciones férreas: son aleaciones base hierro. Actualmente, suponen más del 90% en peso de los materiales metálicos empleados por los seres humanos

Se dividen en dos grandes categorías: **aceros** y **fundiciones**. Genéricamente, los **aceros** son aleaciones hierro-carbono con un contenido de este último inferior al 2%. Si la proporción de carbono es superior a ese valor, al material se le denomina **fundición**

El **proceso siderúrgico** engloba las labores necesarias para la fabricación de estos materiales. Tradicionalmente, la materia prima, en forma de mineral de hierro, era transformada en una aleación rica en carbono ($\%C \approx 4$) denominada **arrabio**, en unas instalaciones llamadas hornos altos. Hoy en día, los aceros se obtienen partiendo de chatarras tanto en hornos eléctricos como en convertidores de oxígeno

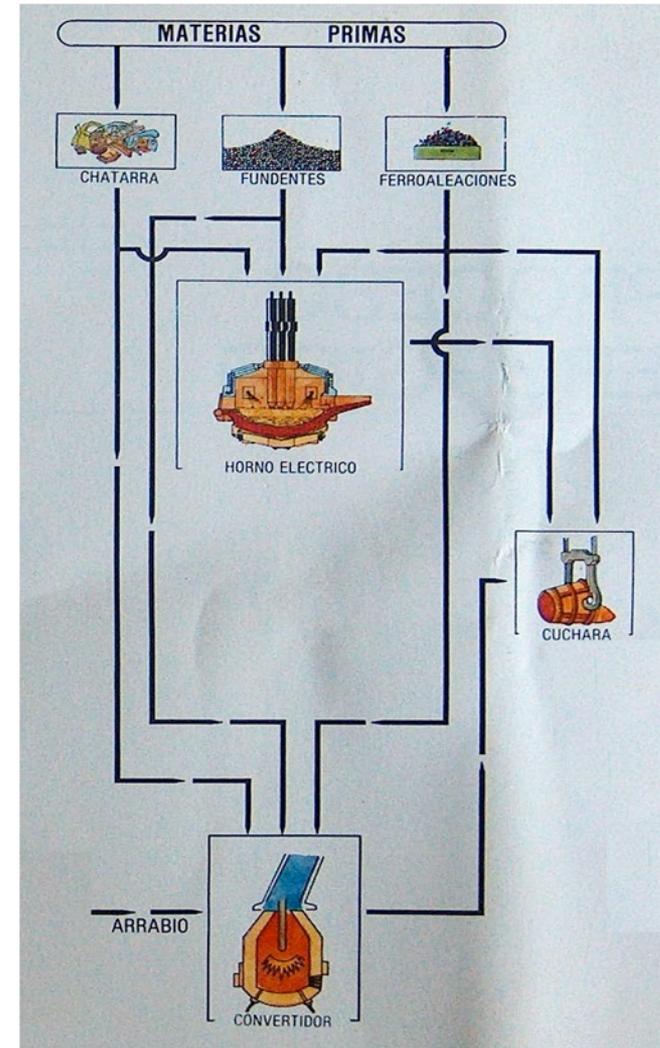
Aleaciones férreas

PROCESO EN HORNO ALTO



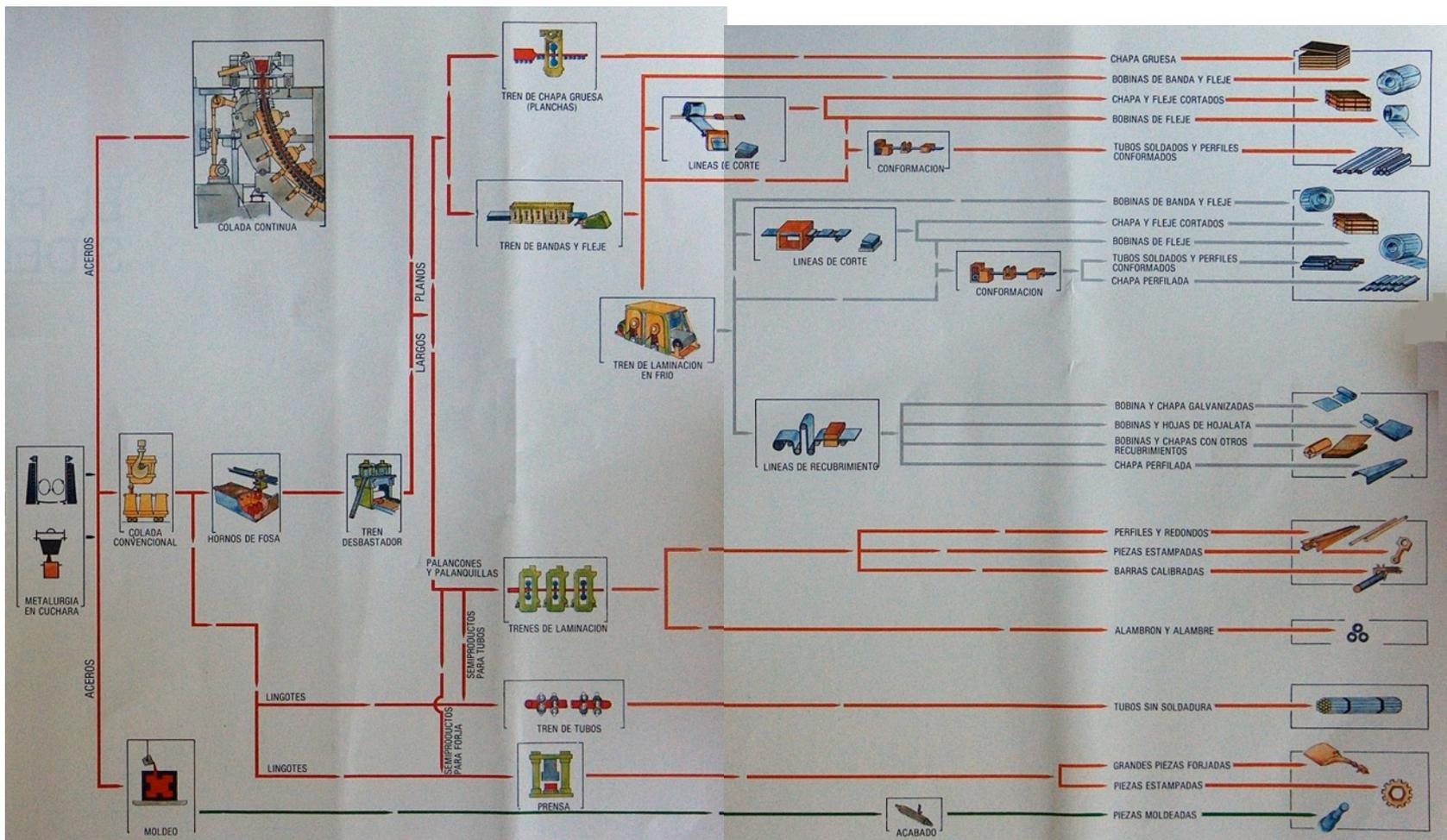
Aleaciones férreas

PROCESO EN HORNO ELÉCTRICO



Aleaciones férreas

PRODUCCIÓN DEL ACERO



Aleaciones férreas

El hierro puro no tiene aplicaciones industriales. La adición de carbono (0,05- 5%) da lugar a las aleaciones denominadas aceros y fundiciones

El hierro se presenta en dos formas cristalinas:

$T < 910\text{ }^{\circ}\text{C}$: BCC, **ferrita** (hierro α), ferromagnética

$910 - 1390\text{ }^{\circ}\text{C}$: FCC, **austenita** (hierro γ), no ferromagnética

$1390 - 1536\text{ }^{\circ}\text{C}$ (punto de fusión): BCC

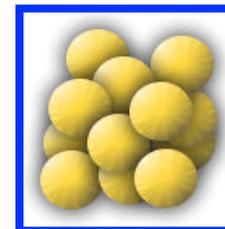
La adición de carbono da lugar a la aparición de otras fases o compuestos químicos a temperatura ordinaria:

Cementita, Fe_3C (6,67% C)

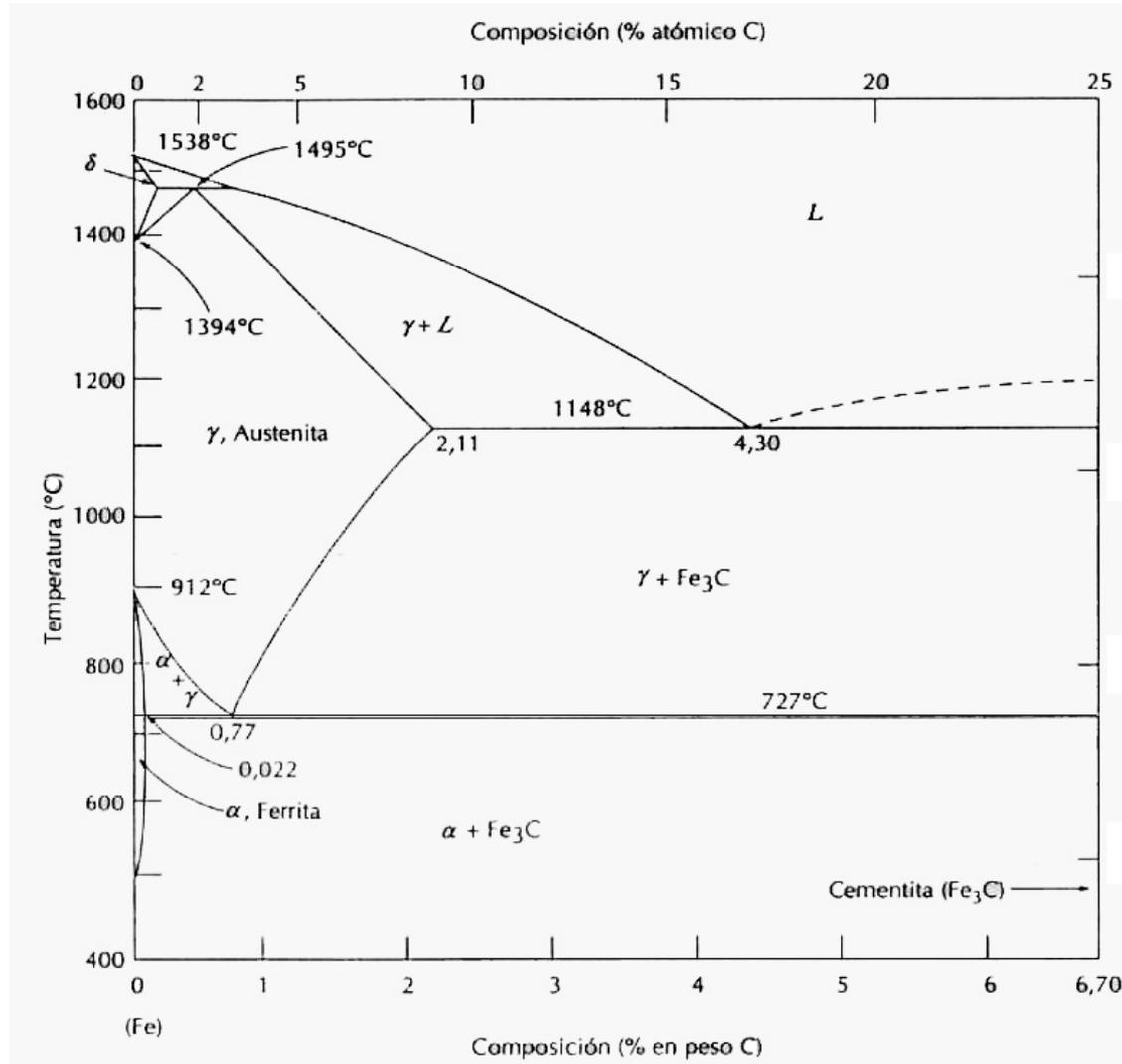
fase de gran dureza (68 HRC) y alta fragilidad

Perlita (0,8% C)

fase eutectoide, láminas de ferrita y cementita



Aleaciones férreas



Características de los aceros

La gran versatilidad de los aceros en los diferentes campos de la ingeniería y la construcción se debe a su capacidad para ofrecer propiedades, mecánicas sobre todo, en un amplio rango de valores

Las propiedades mecánicas que más interesan de los aceros son su resistencia a tracción, su ductilidad y su tenacidad. Los valores que toman dichas propiedades dependen de varios factores:

- La composición química (contenido en carbono y en elementos de aleación)

$\%C < 1$ aceros en general

$\%C > 0,25 \Rightarrow \uparrow$ dureza \uparrow resistencia \downarrow tenacidad

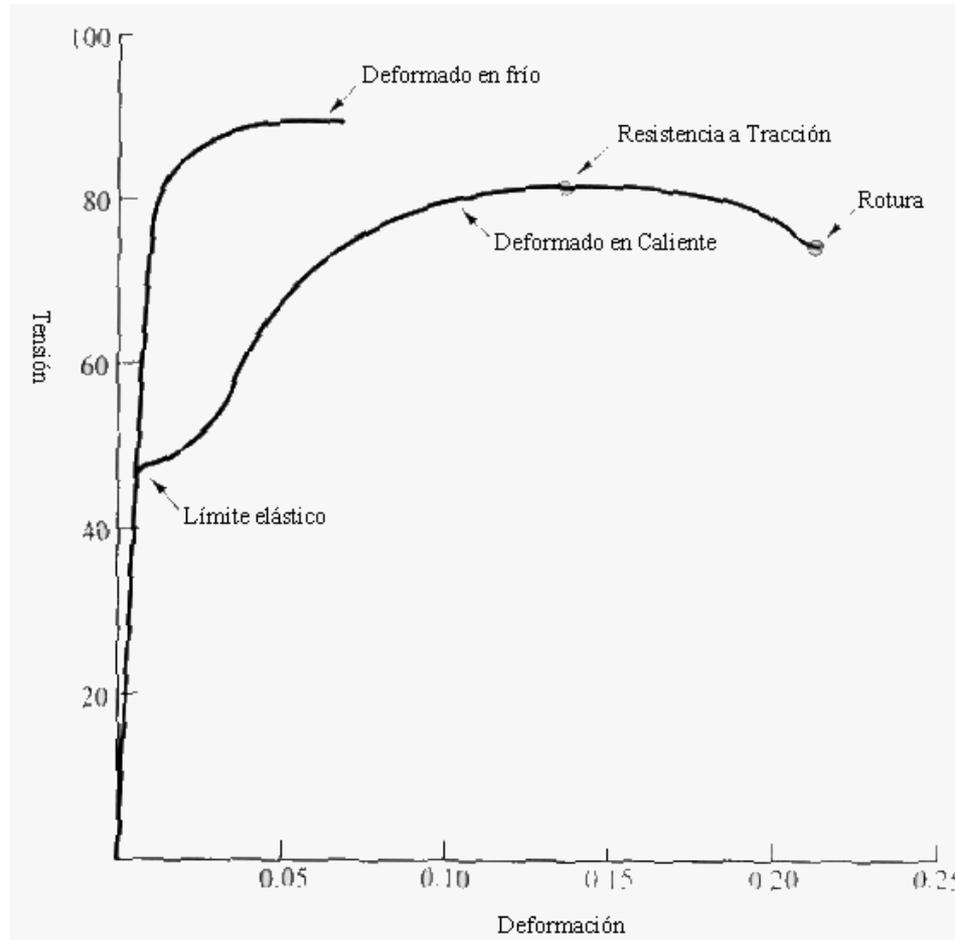
$\%C \sim 1$, resistencia mecánica máxima

$\%C > 0,4$ la tenacidad decrece

La incorporación de elementos de aleación mejora, en general, el comportamiento de los aceros

Características de los aceros

- El proceso de fabricación (existencia o no de deformación plástica)



Características de los aceros

- Tratamientos térmicos posteriores al conformado

TEMPLE: enfriamiento rápido desde una estructura austenítica. Da lugar a la aparición de nuevas fases fuera del equilibrio

Martensita, solución sobresaturada de C en Fe_{α} , que admite hasta un 1% de carbono

Bainita, dispersión de partículas finas (1-5 μm) de CFe_3 en Fe_{α}

REVENIDO: calentamiento hasta una determinada temperatura, posterior al tratamiento de temple

RECOCIDO: enfriamiento lento desde una estructura austenítica

Características de los aceros

- Tratamientos superficiales

Cementación: aumento del contenido en carbono en la superficie del acero

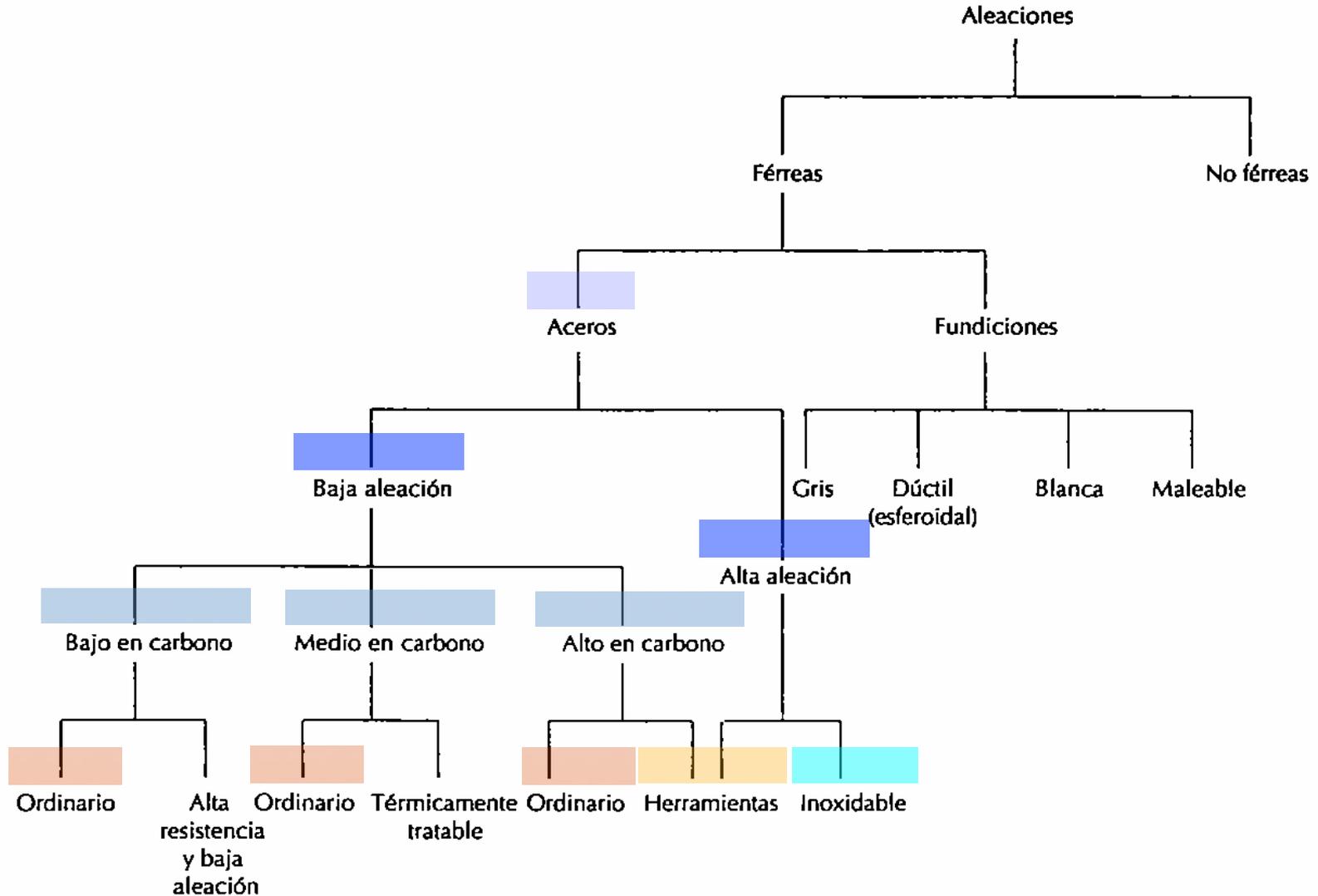
Nitruración: introducción de nitrógeno en la superficie del acero

Temple superficial: endurecimiento superficial

Granallado: deformación plástica superficial causada por impacto de partículas duras



Características de los aceros



Características de los aceros

La incorporación de otros elementos en ciertas proporciones da lugar a los **aceros aleados**

Elemento especificado		Contenido límite % en masa
Al	Aluminio	0,30
B	Boro	0,0008
Bi	Bismuto	0,10
Co	Cobalto	0,30
Cr	Cromo	0,30
Cu	Cobre	0,40
La	Lantánidos (considerados individualmente)	0,10
Mn	Manganeso	1,65
Mo	Molibdeno	0,08
Nb	Niobio	0,06
Ni	Niquel	0,30
Pb	Plomo	0,40
Se	Selenio	0,10
Si	Silicio	0,60
Te	Telurio	0,10
Ti	Titanio	0,05
V	Vanadio	0,10
W	Tungsteno	0,30
Zr	Circonio	0,05
Otros, excepto: Carbono, Fósforo, Azufre, Nitrógeno (cada uno individualmente)		0,10

Clasificación de los aceros

- | | | | |
|---|---|---|-----------------------------------|
| S | construcción metálica | } | + n° (σ_y , MPa) |
| P | recipientes a presión | | |
| L | tuberías | | |
| E | construcción mecánica | | |
| B | hormigón armado | | |
| Y | pretensado | } | + n° (σ_r , MPa) |
| R | carriles | | |
| H | laminado en frío de alta resistencia | | |
| T | embalaje | | |
| D | producto plano para deformación en frío | | |
| M | aplicaciones eléctricas | | |

Fundiciones

Fundiciones: aleaciones de Fe, C y Si que contienen, también, Mn, P, S y, en ocasiones, elementos de aleación (fundiciones aleadas). Su contenido en carbono ($C = 2 - 4,5\%$) es superior a los aceros y la presencia de silicio ($Si = 1 - 3\%$) da origen a que las fundiciones deban ser consideradas como aleaciones ternarias

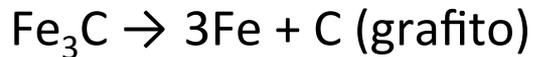
Las piezas de fundición toman su forma definitiva directamente por moldeo y colada, no siendo, en la práctica industrial, sometidas a procesos de deformación plástica en frío ni en caliente

La fundición líquida es muy fluida, menos reactiva con el aire que el acero y su precio relativo es menor comparada con éste. Durante la solidificación, el cambio de volumen entre el metal líquido y sólido es reducido o prácticamente nulo. Esto permite colar piezas de gran complejidad, como bloques de motores

Fundiciones

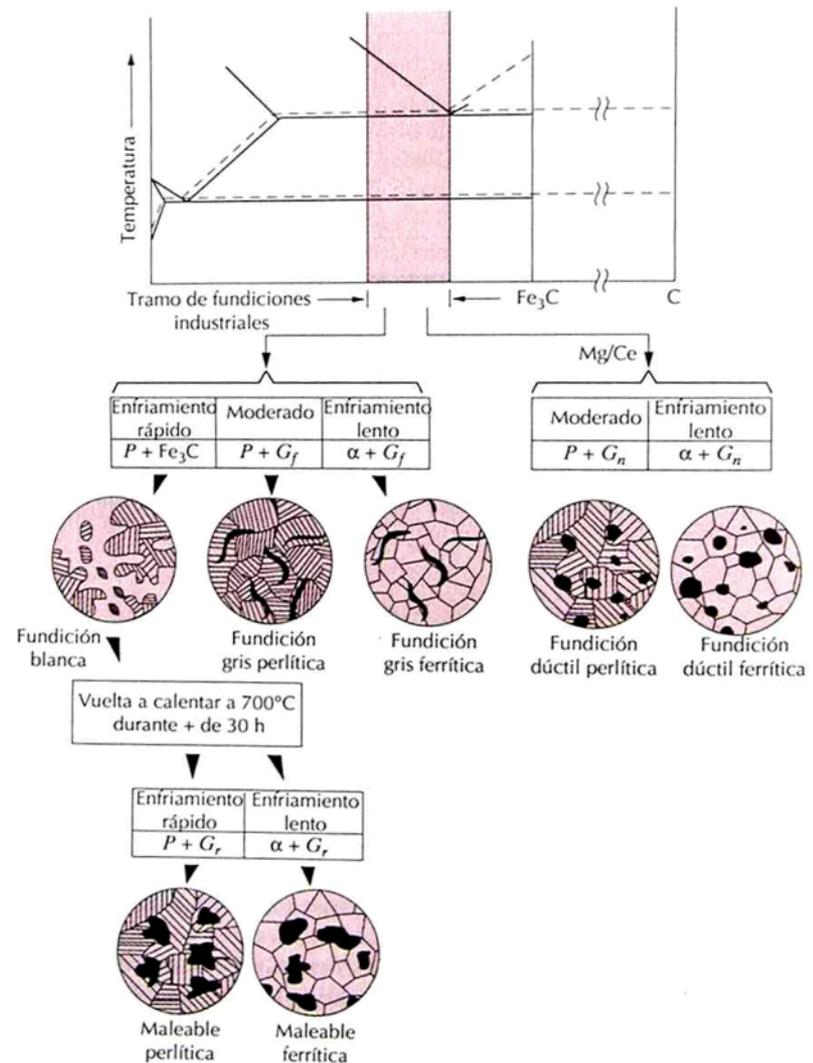
Fundiciones blancas: todo el carbono está combinado como cementita

La adición de silicio y una lenta velocidad de enfriamiento favorecen el proceso de **grafitización**:



Fundiciones grises: el carbono aparece estable en forma de grafito

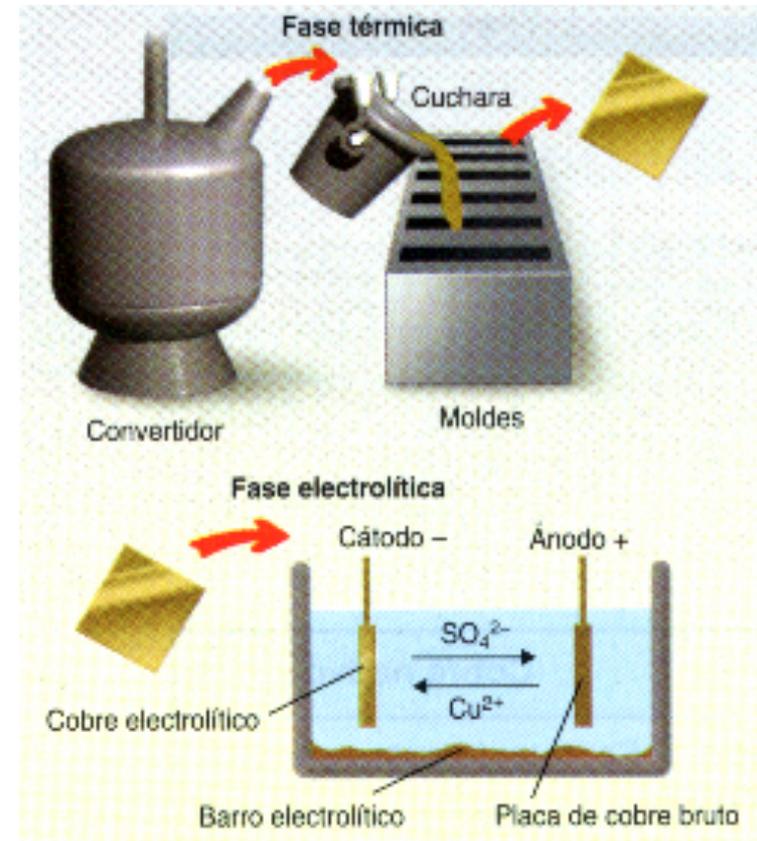
Si se establece un proceso en el que el grafito se modifica para mejorar la ductilidad del material, se obtienen las **fundiciones dúctiles** (grafito en forma de nódulos esféricos) y las **fundiciones maleables** (grafito en forma de rosetas)



Aleaciones de cobre

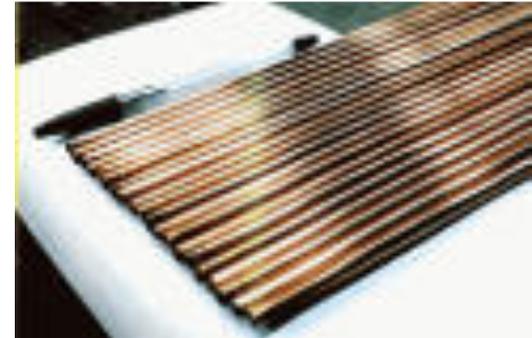
Las características más sobresalientes del cobre son:

- Punto de fusión: 1083 °C
- Densidad: 8,96 g/cm³
- Estructura FCC a temperatura ambiente
- 25º elemento en la corteza terrestre
- 3^{er} metal más usado, tras Fe y Al
- Excelente conductividad térmica y eléctrica
- Gran resistencia a la corrosión
- Es muy dúctil: 40-45% de alargamiento



Aleaciones de cobre

- Cables (51% producción)
- Productos conformados: láminas, chapas, tubos, barras, etc. (41% producción)
- Productos moldeados: Son los obtenidos por fundición del cobre (4% producción)
- Pulvimetalurgia (1% producción)



Aleaciones de cobre

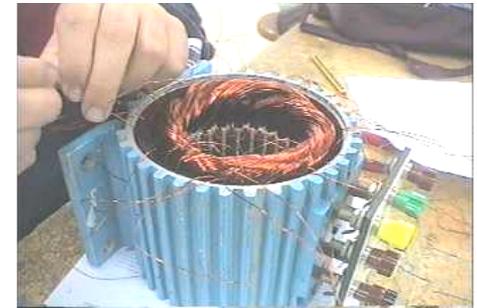
-Construcción: Instalaciones eléctricas, tuberías, tejados, etc. (43% producción)

-Productos eléctricos y electrónicos: telecomunicaciones, motores eléctricos, etc. (24% producción)

-Maquinaria y equipamiento industrial: Tuberías, intercambiadores de calor, etc. (12% producción)

-Transportes: Equipamiento eléctrico en trenes, coches, aviones, radiadores, etc. (12% producción)

-Otras aplicaciones: Monedas, joyería, decoración, estatuas, etc. (9% producción)



Aleaciones de cobre

Latones: aleaciones de cobre con menos del 40% de cinc. Son materiales con una excelente resistencia a la corrosión

Bronces: aleaciones de cobre con estaño (5 – 25% Sn), aluminio (bronces al aluminio), silicio (bronces al silicio), etc.



Aleaciones de aluminio

Las características más sobresalientes del aluminio son:

- Punto de fusión: 660 °C
- Densidad: 2,69 g/cm³
- 3^{er} elemento en abundancia ($\approx 8,13\%$)
- Color blanco plateado
- Alta resistencia a la corrosión: gran afinidad del Al por el oxígeno formando una capa de óxido protector y que puede mejorarse con un tratamiento superficial como el **anodizado**
- Es difícil de soldar por la capa de óxido
- Excelente conductor eléctrico y térmico

En construcción se emplean:

Por su resistencia a la corrosión (aluminio anodizado) en elementos de edificación como cerramientos, ventanales, cubiertas, etc.

Por su conductividad eléctrica y bajo costo en líneas eléctricas de transporte

Por su conductividad térmica en radiadores, serpentines, calderas, etc.