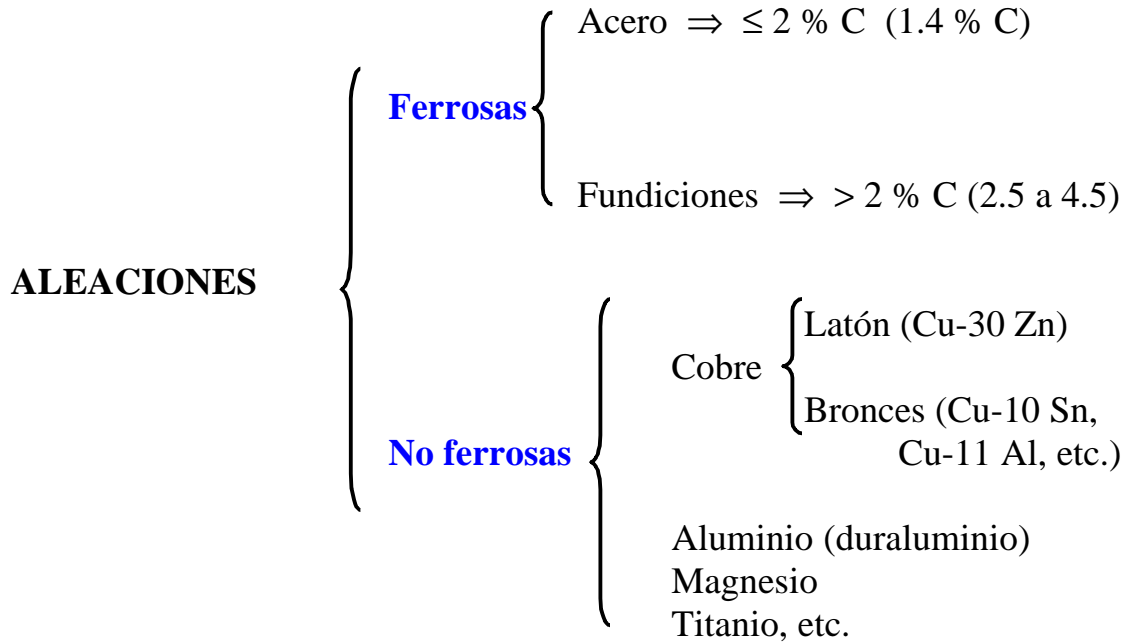


5. ALEACIONES



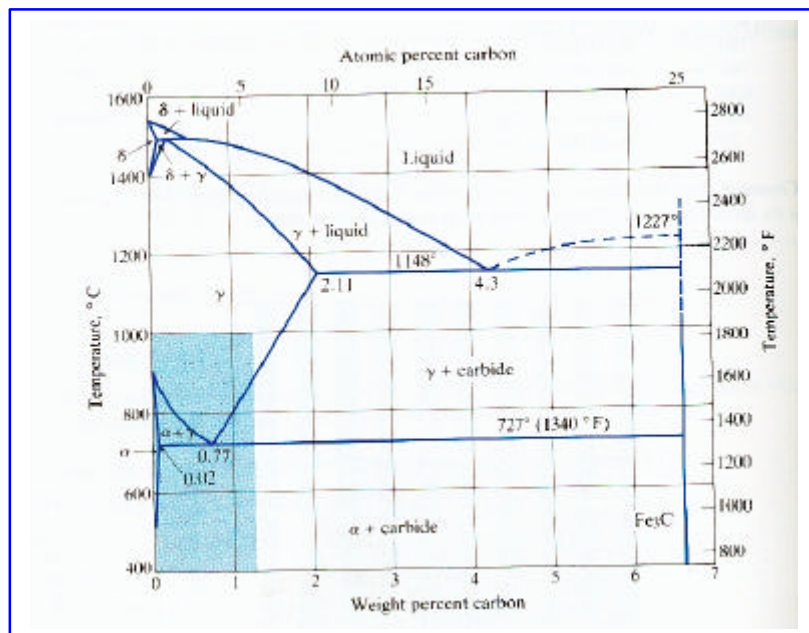
ALEACIONES FERROSAS

Aceros:

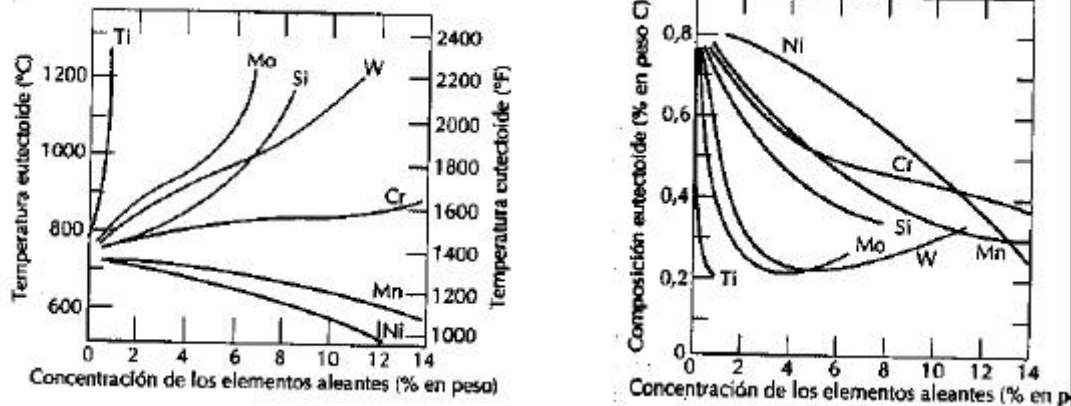
- Baja aleación (sin elementos aleantes)
 - Bajo en C ($< 0.25 \% C$)
 - Medio en C (0.25 a 0.6 % C)
 - Alto en C (0.6 y 1.4 % C)
- Alta aleación (con elementos aleantes: Cr, W, etc.)

Diagrama Fe-C

(aceros s/aleantes)



Efecto del aleante en el diagrama de equilibrio Fe-C



Efecto del aleante en la T° y composición del eutectoide

Curvas S o TTT

Las fases que se forman dependen del t y T° (en el diagrama de equilibrio no está reflejado el t)

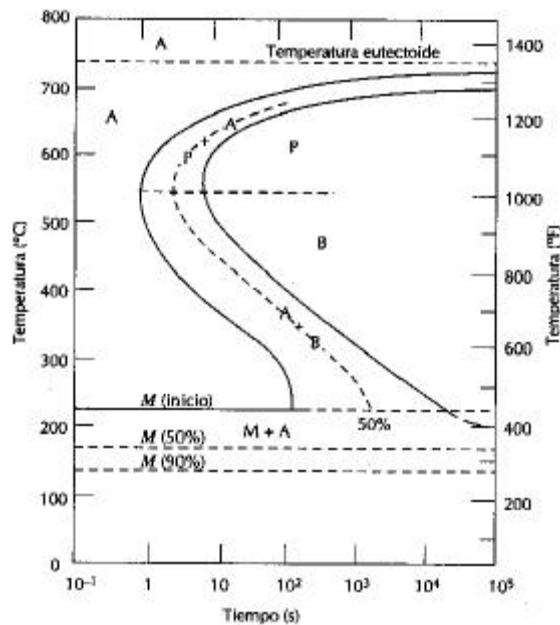
Transformación isotérmica de un acero eutectoide.

A: austenita

P: perlita

B: bainita

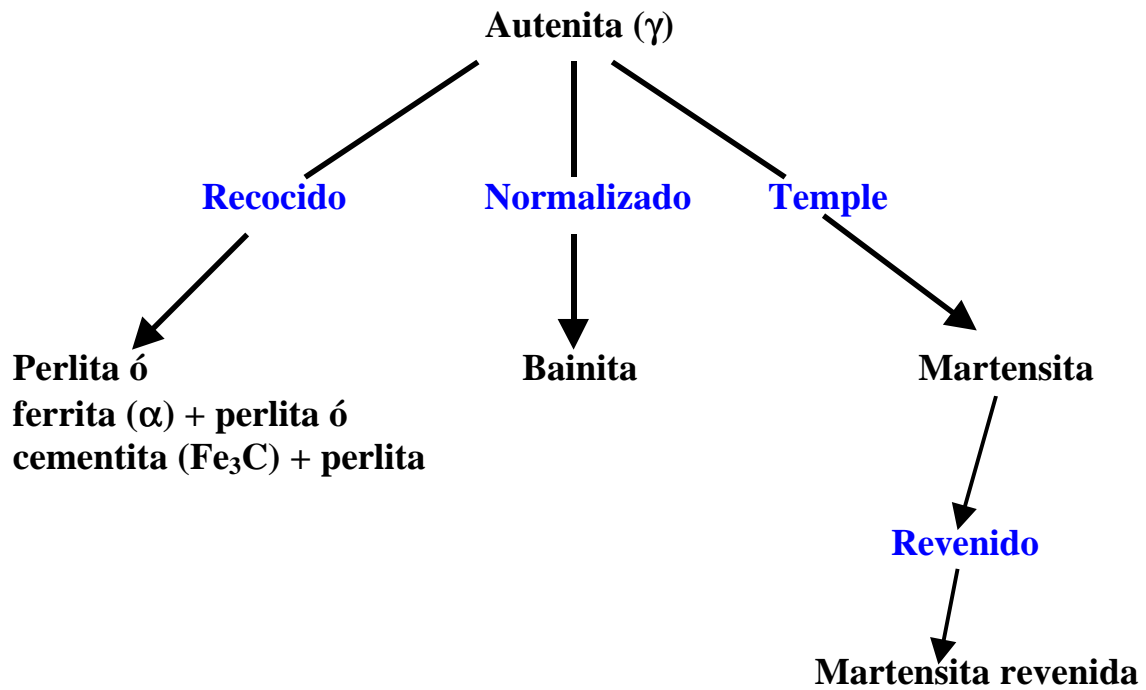
M: martensita



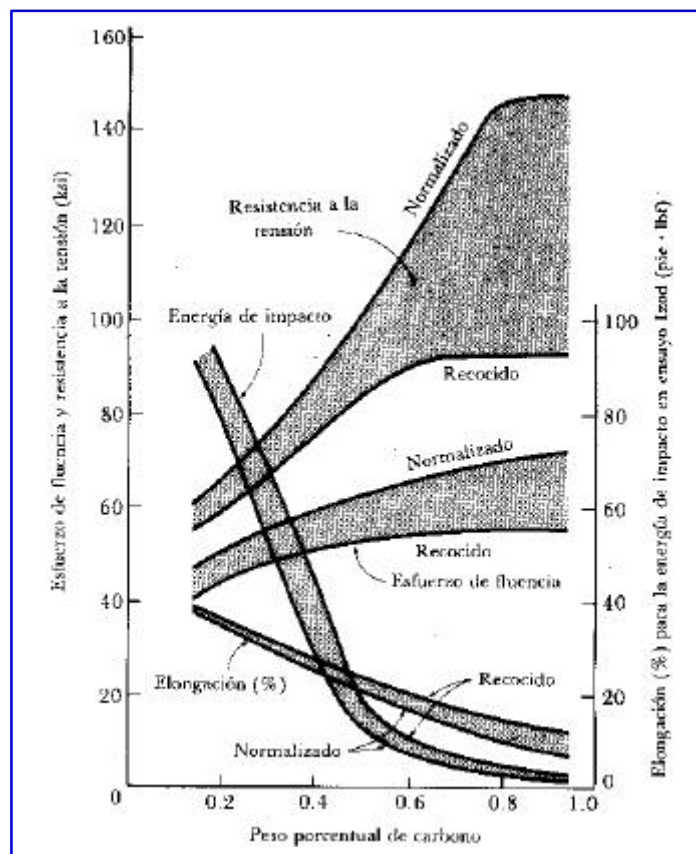
Bainita: partículas alargadas de Fe₃C en matriz de ferrita

Martensita: partículas alargadas en matriz retenida de austenita

Tratamientos térmicos de los Aceros



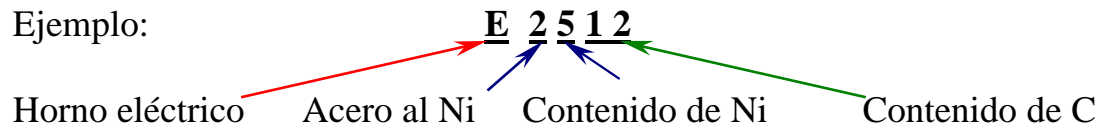
Influencia del tratamiento térmico y % de carbón en las propiedades mecánicas



Identificación de los Aceros

- **Según composición química:** (Instituto americano del hierro y el acero - AISI, Sociedad de Ingeniería de Automoción - SAE)

Ejemplo:



* Prefijos utilizados indica el proceso de elaboración del acero:

- A Acero aleado Siemens Martin
- B Acero al Carbono Bessemer ácido
- C Acero al carbono Siemens Martin básico
- D Acero al carbono Siemens Martin ácido
- E Acero al carbono o aleado, Horno Eléctrico

* Primer número indica baja o alta aleación y tipo de elemento aleante:

- 1 Aceros al carbono
- 2 Aceros al níquel
- 3 Aceros al cromo-níquel
- 4 Aceros al molibdeno
- 5 Aceros al cromo
- 6 Aceros al cromo vanadio

* Para los aceros al carbono, el segundo número indica el tipo de acero:

- 10 Aceros al carbono de construcción general
- 11 Aceros de fácil mecanización, ricos en azufre
- 12 Aceros de fácil mecanización, ricos en S y P
- 13 Aceros al manganeso

N° AISI (SAE)	Descripción	Ejemplo
10XX	Aceros bajo aleación con 0,XX % C	1010, 1020, 1045
25XX	Aceros al Ni, con 5 % Ni y 0,XX% de C.	2512, 2540
51XX	Aceros al Cr, con 1 % Cr y 0,XX% de C	5120

➤ **Según resistencia mecánica en tracción:**

A37-24H

A44-28ES

A63-42ES

- i) Las letras significan: A : Acero ES: Estructural H : Para hormigón
- ii) El primer valor es la resistencia a la tracción (kgf/mm^2)
- iii) El segundo valor es el límite de fluencia (kgf/mm^2)

Fundiciones:

- Gris : 2.5 a 4.0 % C y 1.0 a 3.0 % Si; grafito aparece como escamas o láminas dentro de la matriz de ferrita o perlita.
- Dúctil (esferoidal): Fundición gris más Mg y/o Cs; grafito aparece como esferoides
- Blanca: Bajo C con menos del 1 % Si; enfriada a alevadas velocidades el C aparece como cementita en evz de grafito.
- Maleable: Fundición blanca calentada a altas temperaturas (800 – 900°C), por tiempos largos, se descompone la cementita y forma grafito en racimos o rosetas dentro de la matriz de ferrita o perlita.

Proceso de producción del acero

- Materias primas (minerales de Fe, combustibles, fundentes)

Minerales de Fe {
 Magnetita (Fe_3O_4 + ganga)
 Hematites (Fe_2O_3 + ganga)
 Limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3$ + ganga)
 Siderita (FeCO_3 + ganga)

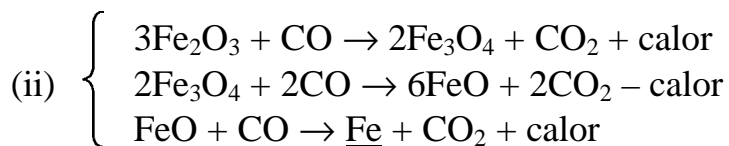
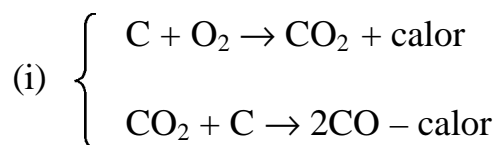
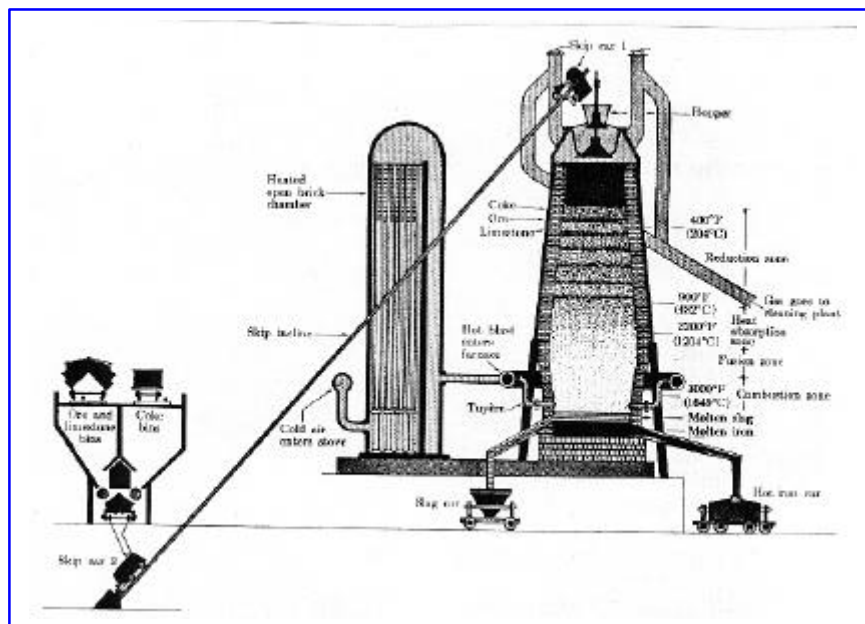
Ganga \Rightarrow SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , etc

Impurezas \Rightarrow S, P, As, Si, Mn, etc.

Fundente \Rightarrow CaO

Combustible \Rightarrow coque y carbón vegetal

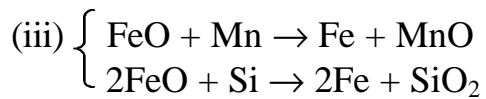
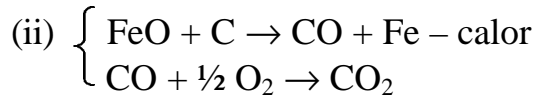
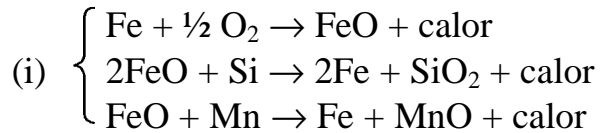
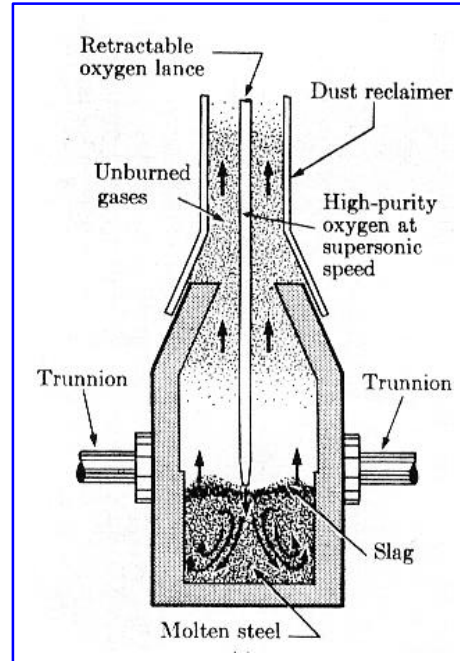
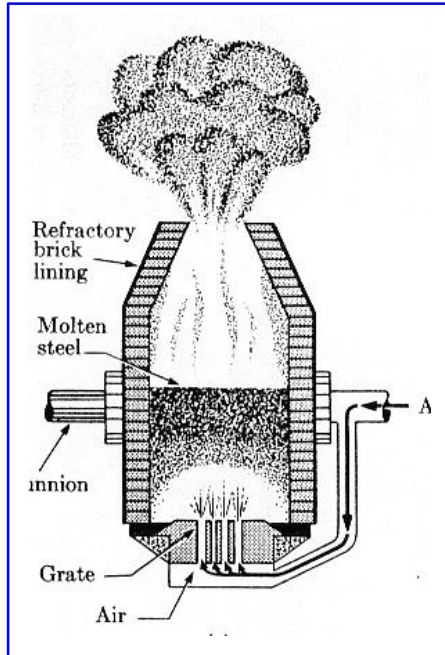
- Proceso del alto horno: fabricación de arrabio o hierro fundido



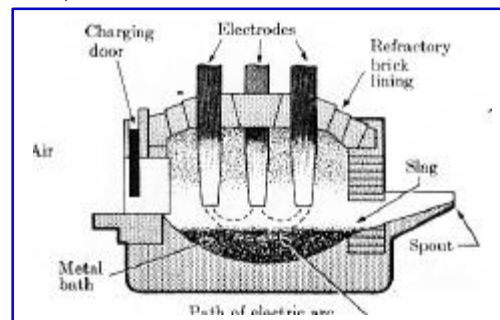
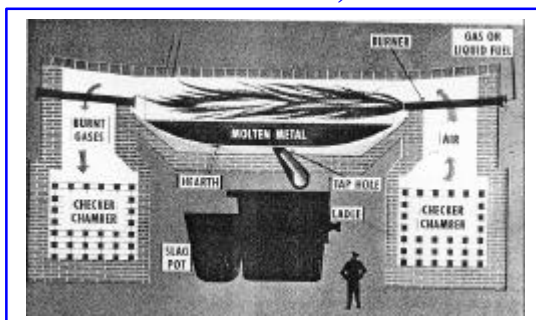
Producto final del alto horno: Arrabio ($\text{Fe} + \text{Fe}_3\text{C} + \text{impurezas}$)

➤ **Fabricación de aceros**

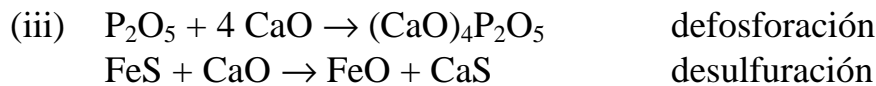
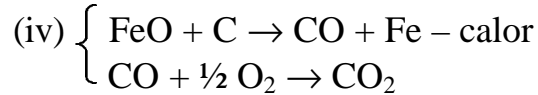
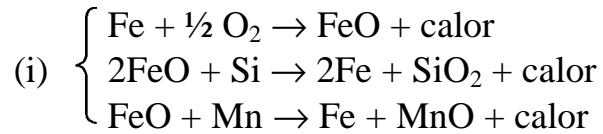
Convertidores (se sopla aire u oxígeno)



Horno Siemens-Martin, hornos eléctricos, etc.



➤ Etapas del Siemens Martin



➤ Se obtiene **Acero libre de Si, Mn, P y S**

COBRE y ALEACIONES DE COBRE

Tipos de cobre

- **Cobre TÉRMICO:** Obtenido a partir de minerales sulfurosos, que se concentran para obtener una mata rica en cobre y azufre, el azufre se elimina por oxidación al fuego (99.85 % de cobre).
- **Cobre refinado DE ALTA CONDUCTIVIDAD:** Se obtiene al reducir el contenido de impurezas, mejorando las condiciones de refinación (99.9 % de cobre).
- **Cobre ELECTROLÍTICO:** Cobre térmico refinado electrolíticamente (99.9 % de cobre).
- **Cobre EXENTO DE OXÍGENO:** Con un mínimo de cobre del 99.95%.
- **Cobre DESOXIDADO CON FÓSFORO:** Cobre refundido con adición de fósforo (poderoso desoxidante).

Aleaciones de cobre

- **Aleaciones cobre-cadmio y cobre-cadmio-estaño.** Aplicaciones: conductores de líneas de ferrocarriles eléctricos, líneas telefónicas, cables, electrodos y mordazas para máquinas de soldar por resistencia, etc.
- **Aleaciones cobre-cromo.** Aplicaciones: electrodos y para máquinas de soldar por resistencia, rotores de generadores eléctricos, elementos de ciclotrones, etc.

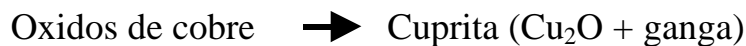
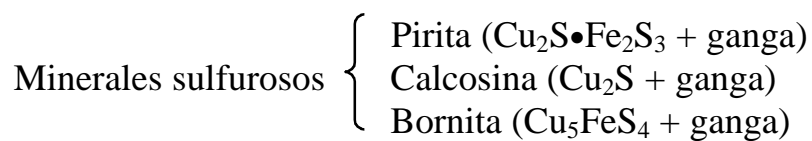
- **Aleaciones cobre-berilio y cobre-berilio-cobalto.** Aplicaciones: en herramientas y piezas para trabajos en presencia de materiales explosivos o inflamables, para que no produzcan chispa; en membranas y muelles diversos, etc.
- **Aleaciones cobre-níquel-silicio.** Aplicaciones: en piezas de contactos eléctricos, soportes de aisladores, cables portadores y de puesta a tierra, tornillos de alta resistencia, etc.
- **Aleaciones cobre-silicio-manganeso.** Aplicaciones: en fundas para conductores eléctricos, cajas y accesorios para la industria eléctrica, etc.
- **Cuproníqueles (CuNi10, CuNi20, CuNi25, CuNi30):** El contenido de níquel varía entre el 5% y el 44%. Propiedades: excelente resistencia a la corrosión, resistencia que aumenta con el contenido de níquel. Aplicaciones: en intercambiadores de calor (condensadores, refrigeradores, recalentadores, destiladores, etc.), revestimientos, paredes de recipientes, piezas moldeadas como cuerpos de bombas o de válvulas, etc.
- **Alpacas (CuNi10Zn27, CuNi12Zn24, CuNi15Zn21, CuNi18Zn27, CuNi20Zn18):** Aleaciones de cobre, níquel y zinc, a veces se añade plomo (alpacas con plomo), para facilitar el maquinado. Propiedades: inoxidable, resistencia mecánica elevada y facilidad de elaboración. Aplicaciones: en piezas para equipos de telecomunicaciones, en instrumentos de precisión, relojería, en llaves y bulones, etc.
- **Latones:** Aleaciones de cobre y zinc (5% a 46% de Zn). Propiedades: buena resistencia a la corrosión y su aptitud para tratamientos superficiales (barnices transparentes, pátinas, recubrimientos diversos). Aplicaciones: chapas, bandas planas o enrolladas, barras, tubos y alambres. El uso específico depende de la composición de Zn: CuZn5 (fabricación de discos para monedas e insignias, en bisutería de fantasía, en fulminantes y fundas de balas); CuZn10 (quincallería, arquitectura y cartuchería, en fundas de balas y anillos de refuerzo); CuZn15 (en bisutería de fantasía y decoración, guía de ondas, casquillos de lámparas, aparatos eléctricos, tornillos laminados, tubos flexibles, tubos de intercambiadores de calor, decoración arquitectónica); CuZn20 (artículos de decoración, instrumentos musicales, fuelles y membranas manométricas, telas metálicas); CuZn28-37 (estuches y casquillos para artillería e infantería piezas embutidas complicadas, instrumentos de música, radiadores de automóvil, casquillos de lámparas, reflectores, tornillería); CuZn40 (en la arquitectura y cerrajería, en placas de condensadores e intercambiadores de calor).
- **Latones con Plomo.** Latón con adición entre 1 a 3 % de Pb. Aplicaciones: piezas roscadas para electrotecnia, conexiones macho y hembras para circuitos eléctricos, tornillos, tuercas, remaches, fabricación de engranajes, accesorios decorativos y arquitectónicos, etc.
- **Latones de alta resistencia.** Latones con adición de Sn, Al, Mn, Fe, Ni, Si, etc, para aumentar las propiedades mecánicas y aumentar la resistencia a la corrosión.

Su uso depende del aleante: . CuZn27Al5Fe2Mn2 (engranajes, cojinetes para baja velocidad y grandes cargas, placas-guía para bancos de trefilar, hélices); CuZn39AlFeMn y CuZn39FeMnSn (ejes de hélices, turbinas de bombas, husillos de válvulas, bombas miniaturas para agua, tuberías para aire comprimido e hidráulica, piezas forjadas, perfiles extruídos y piezas maquinadas, perfiles arquitectónicos).

- **Cuproaluminios.** Aleaciones de cobre y aluminio (5% a 11% de Al). Propiedades: maleabilidad en frío cuando el contenido de Al es inferior al 8%, y en caliente cuando es superior, soldables entre sí, resistencia a la corrosión en medios como el agua de mar y aguas ácidas, resistentes a la corrosión intergranular, amagnéticos, etc. Aplicaciones: en construcción naval, cuerpos de bombas, ejes de bombas, hélices, cadenas, aplicaciones decorativas, como medallas y monedas, placas, estatuas, rejas, pasamanos de escaleras, accesorios para chimeneas, ceniceros, bisutería de fantasía, etc.
- **Bronces.** Aleaciones de cobre y estaño (2 % al 25 % de Sn). Propiedades: buena maleabilidad, resistencia a la corrosión, buenas propiedades mecánicas y elásticas. Aplicaciones: , alambres, perfiles, tubos, fuelles, piezas embutidas, tubos para intercambiadores de calor, tornillos y remaches formados en frío, muelles planos o espirales, membranas, tubos Bourdon, cepillos, etc.
- **Bronces con Plomo.** Excelentes metales anti-fricción (bujes o de cojinetes macizos, en combinación con una capa-soporte de acero). Si el % de Pb es alto (15 a 20 %), resisten muy bien la corrosión en las instalaciones que producen o utilizan ácido sulfúrico.

Proceso de producción del cobre

- Materias primas (minerales sulfurosos y óxidos de cobre)

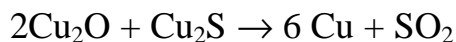
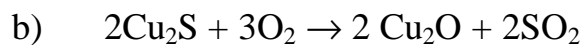
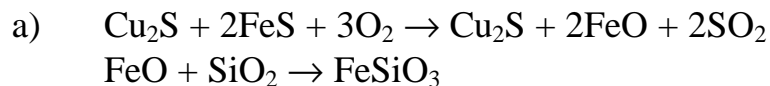
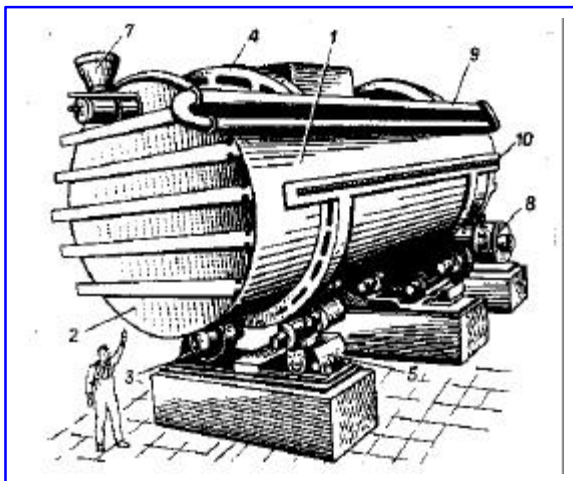


Vía Seca (minerales sulfurosos)

- (i) Trituración o molienda (libera las partículas de la ganga)
- (ii) Concentración : Mediante la flotación (mineral sulfuroso + agua + petróleo + aire \Rightarrow el mineral flota y la ganga se deposita en el fondo del baño). Se obtiene el concentrado de cobre.

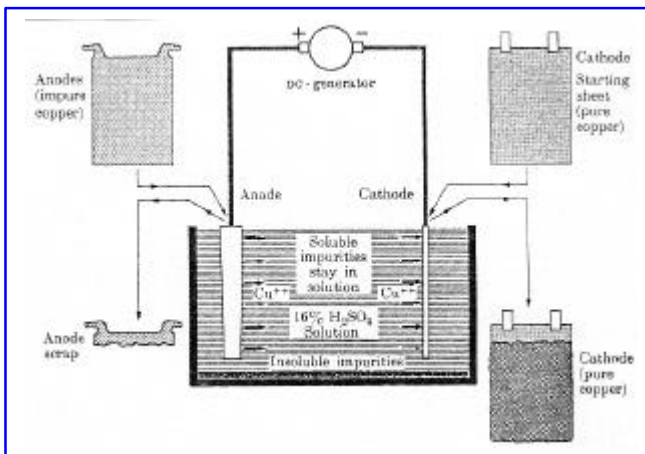
- (v) Conversión: obtención de Cu blister (2 % de impurezas). Se utiliza un convertidor donde se agrega eje o mata y oxígeno (aire).

Horno convertidor



- (vi) Afino térmico: fusión en horno reverbero, se oxidan las impurezas y el cobre oxidado se reduce a Cu metálico por pertigado (introducción de varas de madera verde en el baño)
- (vii) Electrorefinación: utilización de celdas electrolíticas (ánodo: Cu impuro; cátodo: Cu de alta pureza; electrolito: solución de H_2SO_4) para obtener Cu de alta pureza (99,99 %Cu).

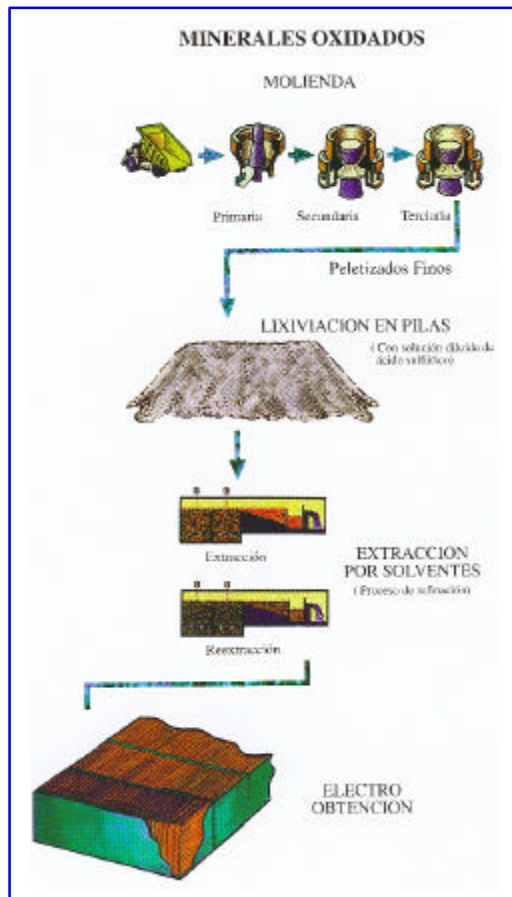
Celda electrolítica



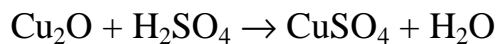
Vía húmeda (óxidos de cobre)

- (i) Trituración
- (ii) Concentración del mineral por clasificación
- (iii) Concentración del mineral por flotación (separación de la ganga del mineral: la ganga flota y el mineral se deposita en el fondo).

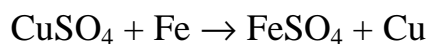
Proceso de producción del Cu mediante vía húmeda (minerales oxidados)



- (iv) Se filtra y el mineral retenido se trata con una solución de H_2SO_4 .



- (v) La solución ($CuSO_4$) se desplaza con Fe.

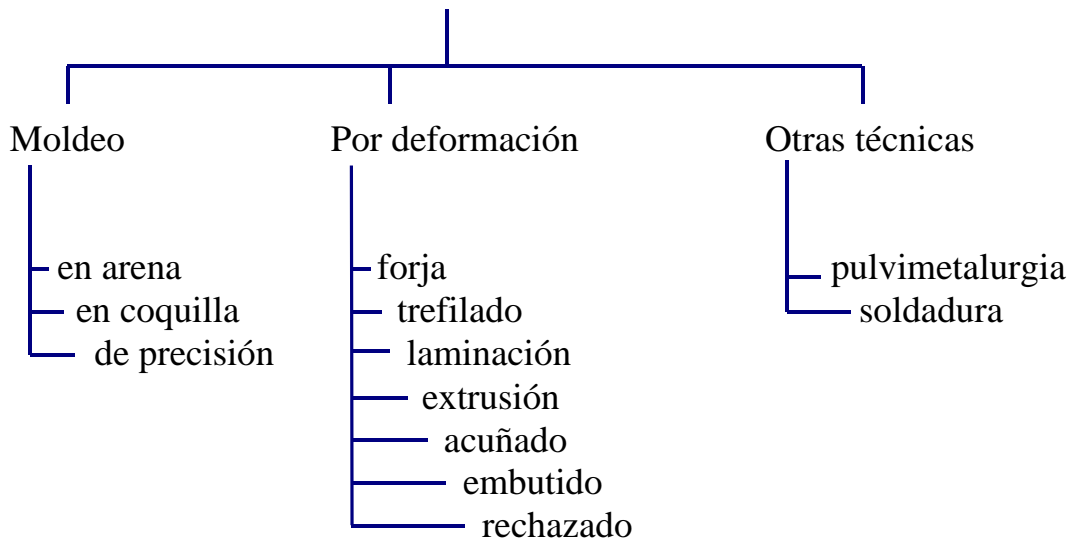


- (vi) Se filtra y el Cu retenido se refunde en hornos de llama directa, y se afina.

PROCESOS DE MANUFACTURA DE METALES Y ALEACIONES METÁLICAS

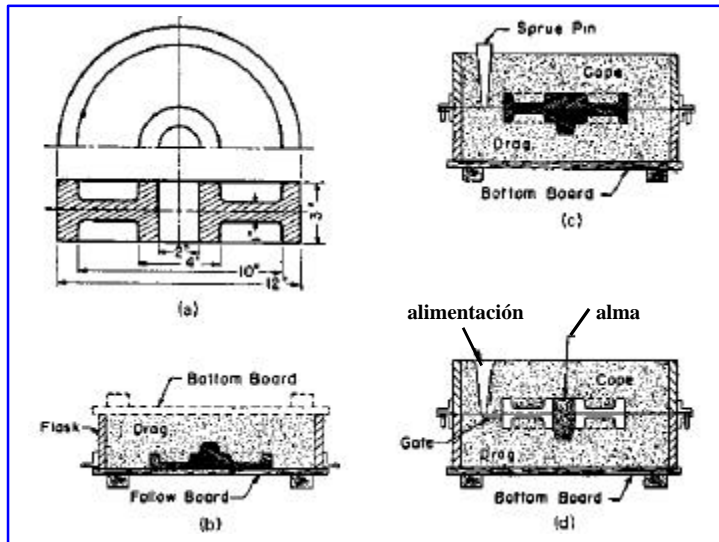
- **Generalmente se utilizan más de una técnica para terminar un producto**
- Sólo se presentarán las principales técnicas de conformado metálico. No se tratará en este punto las técnicas con arranque de virutas (mecanizado).

Técnicas de conformado metálico



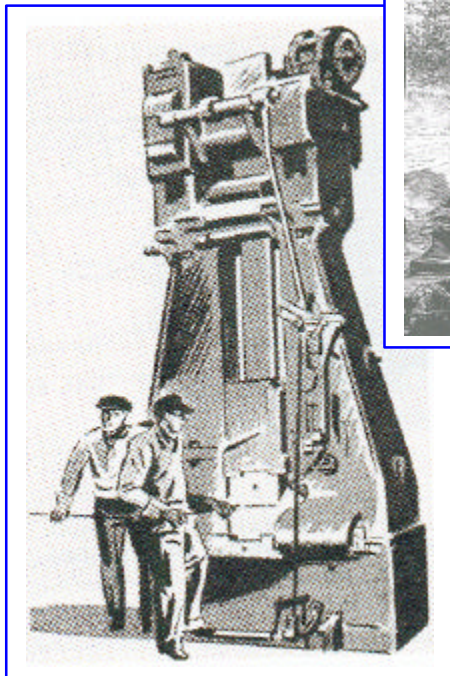
- **Deformación plástica en caliente:** forja, laminación, extrusión → T° de conformado sobre T° de recristalización.
 - **Deformación plástica en frío:** trefilación, laminación, acuñado, embutido, rechazado → T° de conformado bajo T° de recristalización.
- a) **Moldeo:** se vierte el metal líquido en la cavidad de un molde, con la forma prevista.
- **Molde en arena:** se utiliza arenas especiales para confeccionar el molde.
 - **Molde en coquilla:** el metal se introduce a presión en un molde generalmente de acero.
 - **Moldeo de precisión** (moldeo a la cera perdida): el modelo utilizado es de cera o plástico de baja temperatura de fusión, y un molde sólido o envoltura. El molde se calienta hasta fundir el modelo, y luego extraer.

- a) modelo
- b) tapa superior molde
- c) molde completo
- d) molde más alma



b) **Por deformación plástica:** la deformación se realiza mediante fuerzas o tensiones externas, cuya magnitud debe ser superior al límite de fluencia del material, e inferior al esfuerzo de ruptura.

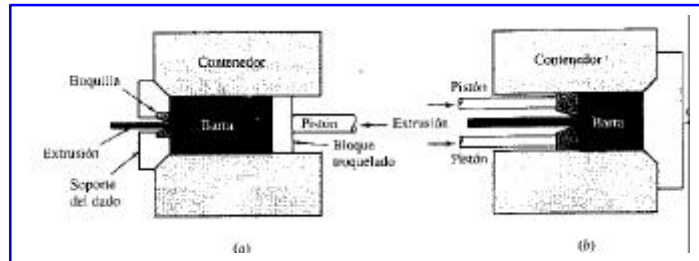
➤ **Forja:** deformación en caliente; se martillea una pre-forma o se aplica la fuerza a dos semimatrices en cuyo interior está alojado el material, de manera que ocupe la cavidad de la matriz.



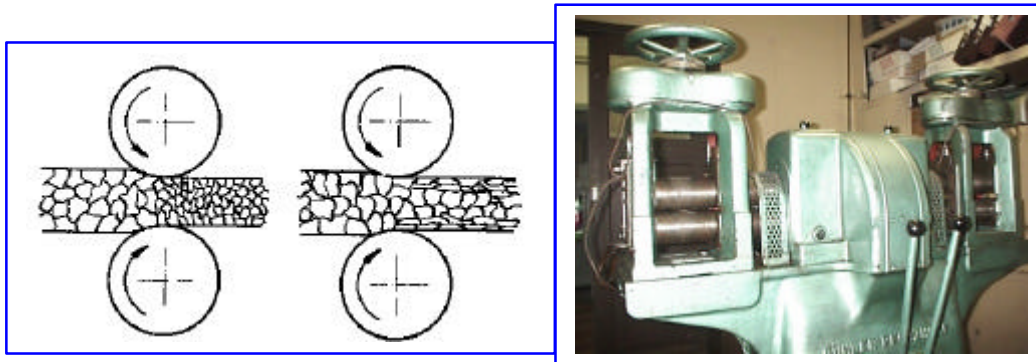
Forja con martillo o matriz

- **Extrusión:** deformación en caliente; mediante compresión, por esfuerzo aplicado a un embolo, se obliga al material a pasar a través de un orificio, de geometría pre-determinada.

- a) extrusión directa
- b) extrusión indirecta

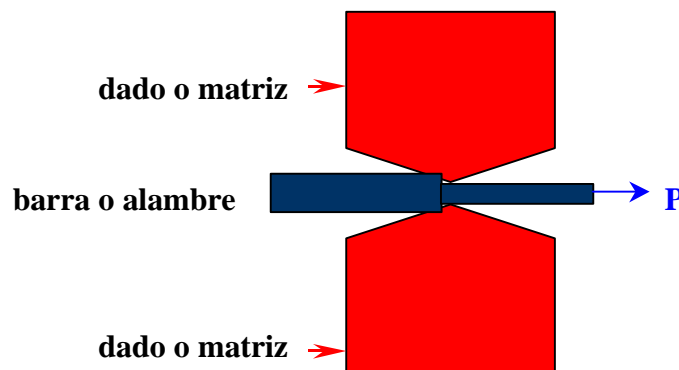


- **Laminación:** deformación en caliente o en frío; se hace pasar el material entre dos rodillos, al aplicar una fuerza de compresión entre ambos rodillos el espesor del material disminuye.

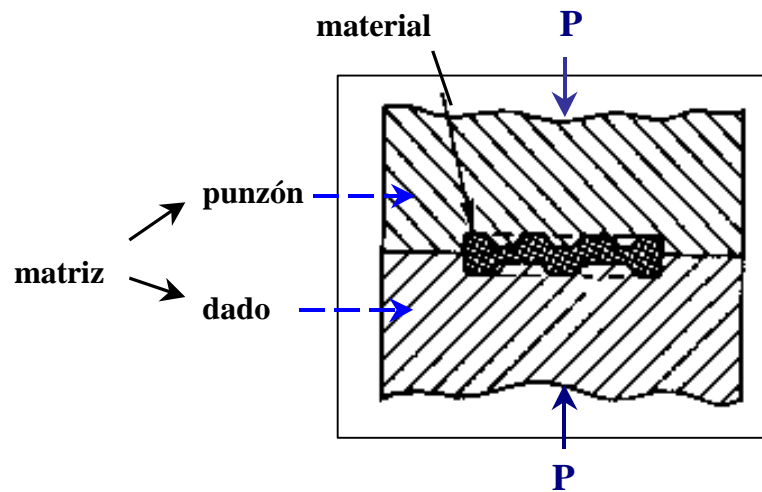


Deformación del material mediante laminación

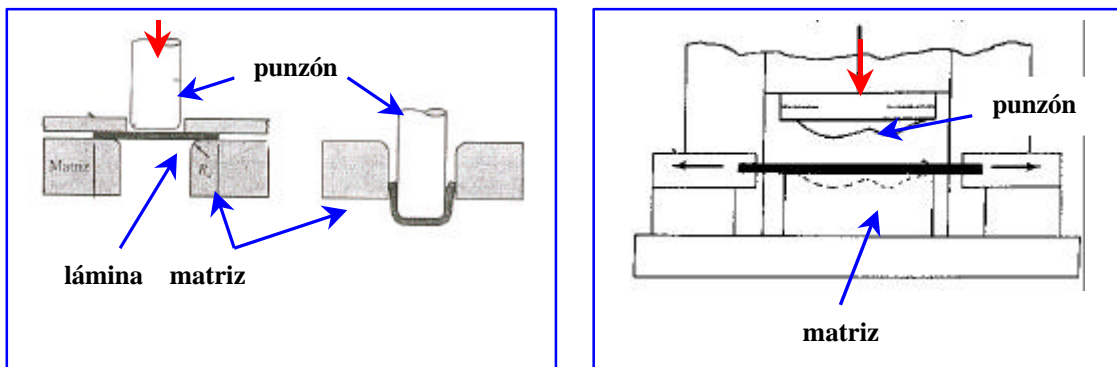
- **Trefilado:** deformación en frío; se hace pasar un alambre o barra a través de un orificio (matriz), mediante un esfuerzo de tracción aplicado en el extremo de salida, con el fin de disminuir su diámetro y/o dar una geometría determinada.



- **Acuñado:** deformación en frío; mediante esfuerzos de compresión se obliga al material a tomar la forma de una matriz.

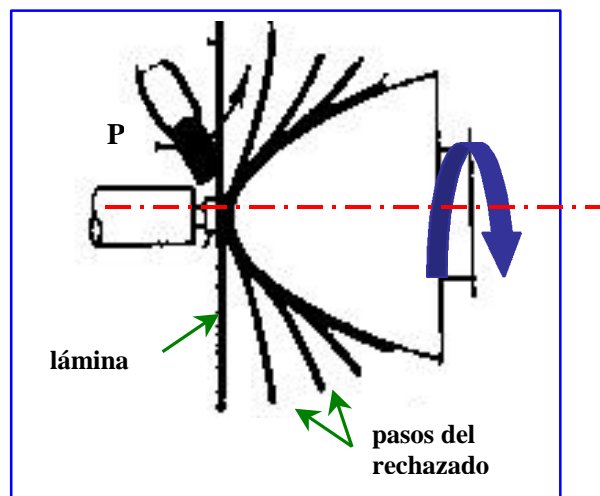


- **Embutido:** mediante deformación en frío, el material en forma de lámina es doblada y obligada a seguir la geometría de una matriz, mediante una tensión uniaxial.



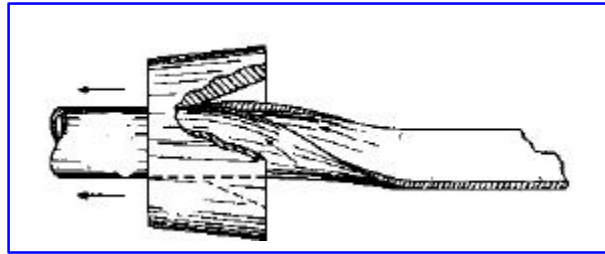
- **Rechazado:** mediante deformación en frío, al material en forma de lámina se le da una geometría de sección transversal circular.

Rechazado de metales

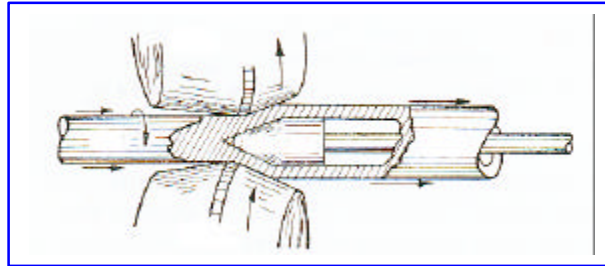


➤ **Fabricación de tubos**

Por doblado



Por laminación



Por extrusión

