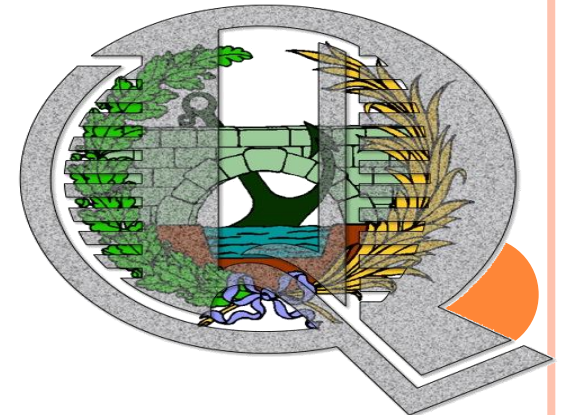


Tema 3.1- Metales Ferrosos



Metales Ferrosos

- Básicamente los metales ferrosos son los aceros que tienen un porcentaje de carbono en su composición. Según el porcentaje se dividen en dos grupos:

- Hierro dulce (con un porcentaje mayor que 0,1 % de carbono)

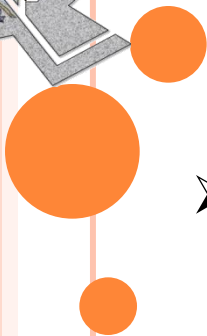
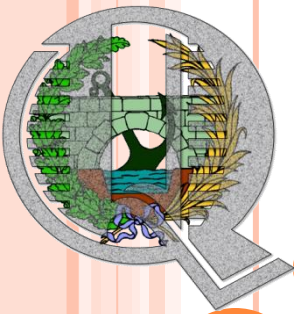


Acero

- Acero (con un porcentaje mayor que 0,1% y menor que el 2,1 % de carbono)



Hierro

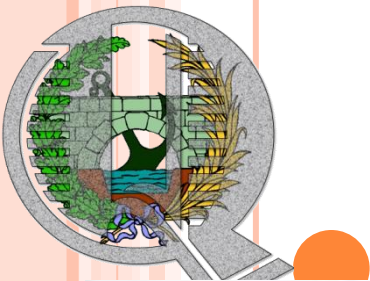


Metales Ferrosos

- Los metales no suelen aparecer puros, sino combinados con otros elementos y formando minerales
- La Minería se encarga de extraer de la naturaleza minerales metálicos o menas.
- La Metalurgia (Siderurgia) trata de depurarlos y de cambiar sus propiedades.

–Calcinación y tostación: es un proceso para obtener metales libres o puros calentando las menas en hornos y eliminando los óxidos que se producen.

–Electrolisis: es un proceso para obtener metales libres fundiendo el mineral, introduciendo en la fundición dos electrodos y haciendo circular una corriente eléctrica de modo que el metal puro se deposita en un electrodo.



Minería



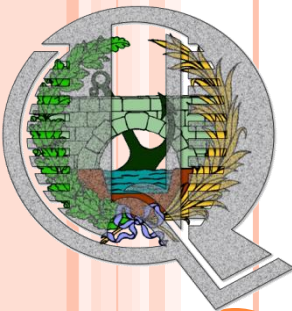
Calcinador



Nave de electrolisis

Metales Ferrosos

- El 90% de todos los metales fabricados a escala mundial son de hierro y acero. Los procesos para la obtención de hierro fueron conocidos desde el año 1200 ac.
- Para la producción de hierro y acero son necesarios cuatro elementos fundamentales:
 - Mineral de hierro
 - Coque
 - Fundente
 - Aire



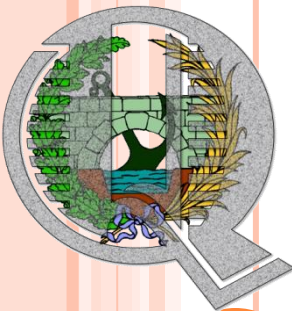
Metales Ferrosos

- Mineral de hierro
 - El mineral de hierro lleva mezclado: la Mena o parte útil (óxidos de hierro) y la Ganga o parte no útil (sílices, cal, alúmina, etc.)

MINERAL	NOMBRE CIENTÍFICO	% en Fe del mineral	CARACTERÍSTICAS
ÓXIDOS	MAGNETITA (Fe_3O_4)	72%	Mineral más puro y rico. Color gris-negruzco, magnético.
	HEMATITES (Fe_2O_3)	70%	Tiene poco fósforo. Color rojizo, gris
	LIMONITAS $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	60%	Color ocre. Blandas y fáciles de reducir. Contiene fósforo.
CARBONATOS	SIDERITA Fe CO_3	48%	Debe calcinarse en horno de cuba para pasar a óxido de hierro.
SULFUROS	PIRITA Fe S_2	< 48%	Mineral de hierro mezclado con cobre. Color amarillo.

Metales Ferrosos

- Coque
 - El Carbón es la materia prima para obtener coque. Sólo son aptas las hullas grasas y semigrasas de llama corta, con contenido en materias volátiles entre 22% y 30%, azufre <1% y cenizas <9%. Se obtiene calentando a >1000 °C las hullas.
 - Misión del coque en el proceso siderúrgico
 - Producir por combustión el calor necesario para la reacción de reducción (eliminar oxígeno) y fundir la mena dentro del horno.
 - Soportar las cargas en el alto horno
 - Producir el gas reductor (CO) que transforma los óxidos en arrabio.
 - Características de un buen coque
 - Buena resistencia al aplastamiento
 - Baja humedad (<3%)
 - Bajo contenido en azufre (<1%)
 - Bajo contenido en cenizas (<9%)
 - Alto poder calorífico (6500 – 8750 kcal/kg)
 - Mínimo contenido en fósforo y azufre (hacen frágil la fundición)



Metales Ferrosos

- Fundente

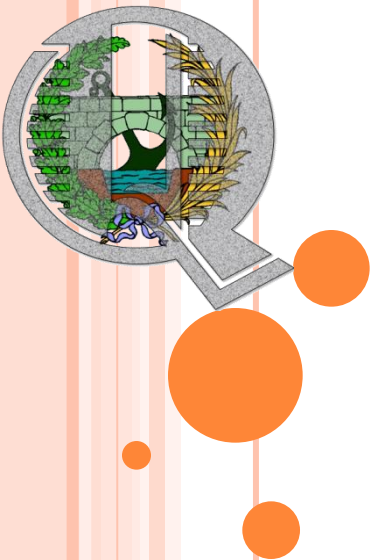
- Su misión es:

- Combinarse con la ganga y bajar su punto de fusión, para hacer que la escoria se encuentre fluida.
 - Combinarse con las impurezas, pasándolas a ganga.

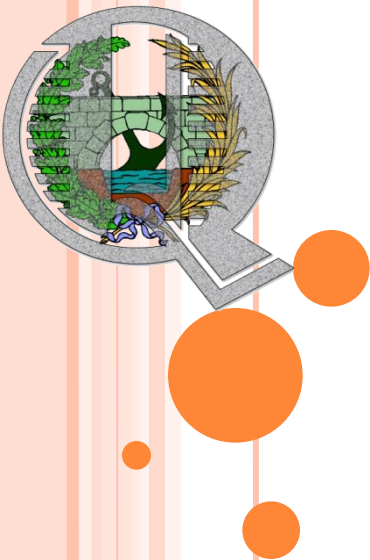
- Los fundentes más utilizados: sílice, caliza (carbonato cálcico) y la dolomía (carbonato magnésico).

- La cantidad de fundente y su naturaleza debe establecerse con mucho cuidado, dependiendo de la naturaleza y composición de la ganga y de la proporción de impurezas.

- Si ganga ácida (SiO_2) → fundente básico (Al_2O_3 , MgO , CaO)
 - Si ganga básica (MgO , CaO) → fundente ácido (SiO_2)
 - Si ganga neutra → fundente neutro (CrO)

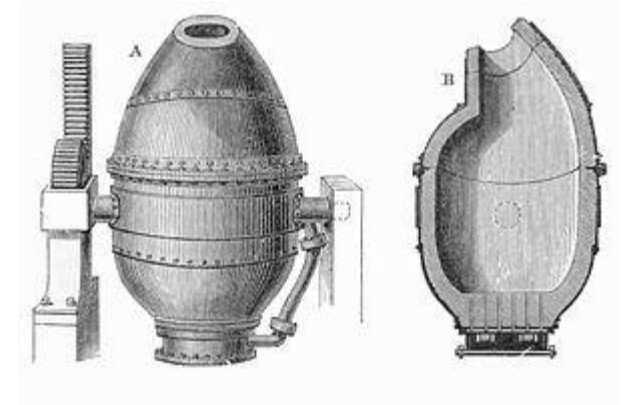
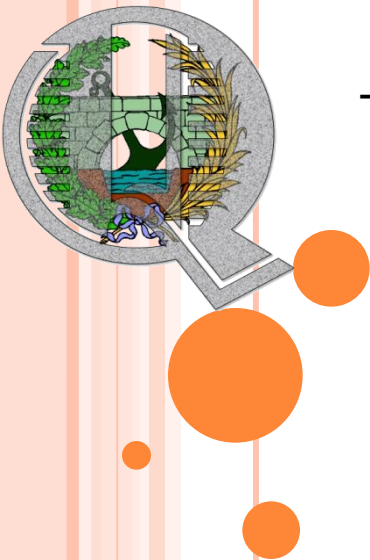


Producción de Metales Ferrosos



Producción de Metales Ferrosos

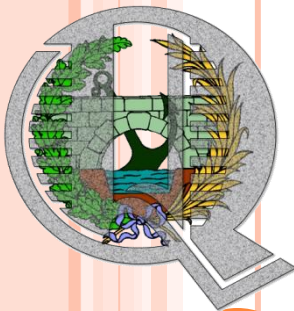
- Producción del arrabio
 - Se denomina arrabio al material fundido que se obtiene en el alto horno mediante reducción del mineral de hierro. Se utiliza como materia prima en la obtención del acero.
 - El coque se quema como combustible para calentar el horno, y al arder libera monóxido de carbono, que se combina con los óxidos de hierro del mineral y los reduce a hierro metálico.
 - Se puede obtener mediante un alto horno o mediante el proceso de reducción directa



Producción de Metales Ferrosos

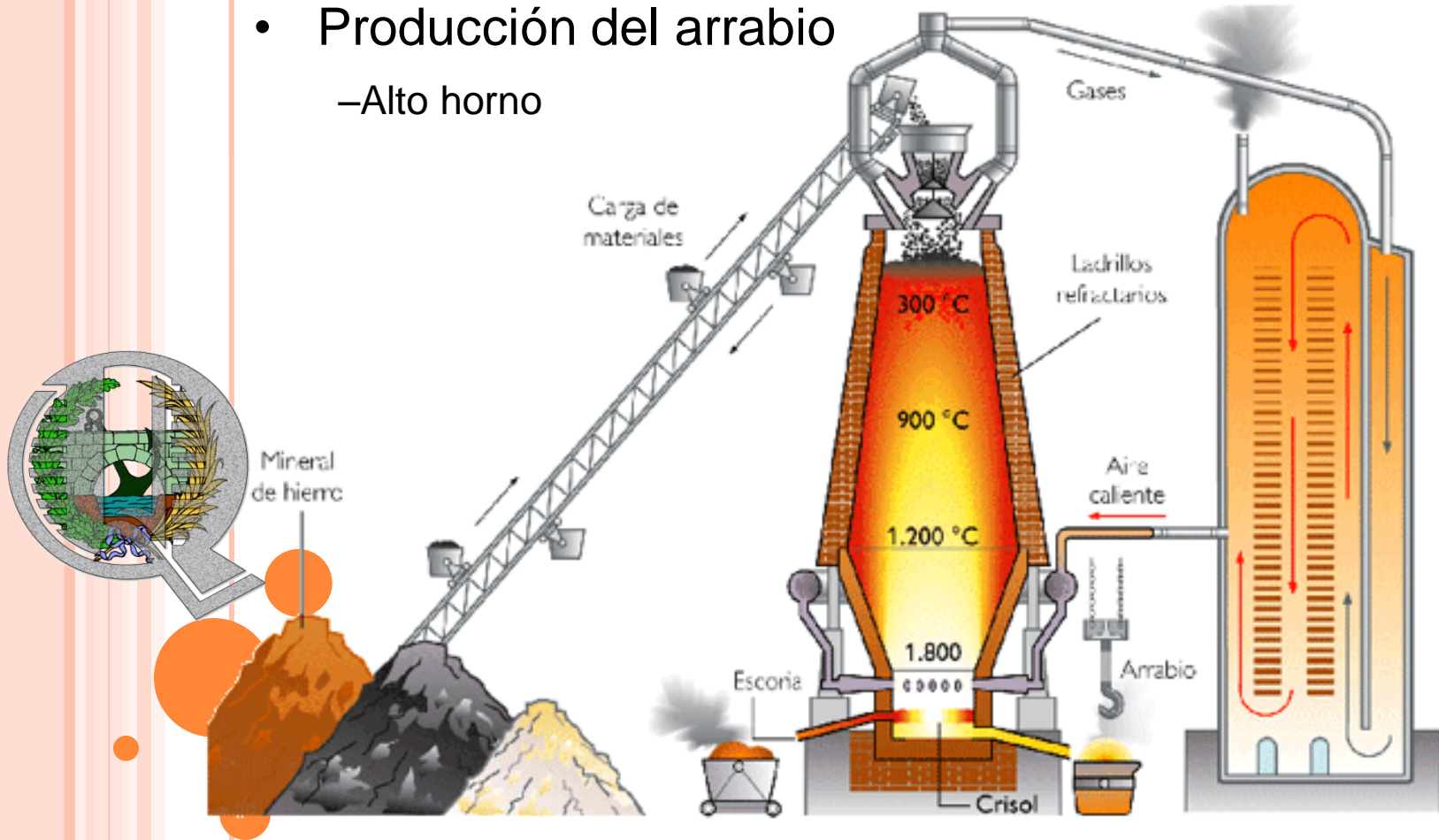
- Producción del arrabio

–Alto horno: El alto horno es la instalación industrial dónde se transforma o trabaja el mineral de hierro. Un alto horno típico está formado por una cápsula cilíndrica de acero de unos 30 m de alto forrada con un material no metálico y resistente al calor, como asbesto o ladrillos refractarios. El diámetro de la cápsula disminuye hacia arriba y hacia abajo, y es máximo en un punto situado aproximadamente a una cuarta parte de su altura total. La parte inferior del horno está dotada de varias aberturas tubulares llamadas toberas, por donde se fuerza el paso del aire que enciende el coque. Cerca del fondo se encuentra un orificio por el que fluye el arrabio cuando se sangra (o vacía) el alto horno. Encima de ese orificio, pero debajo de las toberas, hay otro agujero para retirar la escoria. La parte superior del horno contiene respiraderos para los gases de escape, y un par de tolvas redondas, cerradas por válvulas en forma de campana, por las que se introduce el mineral de hierro, el coque y la caliza.



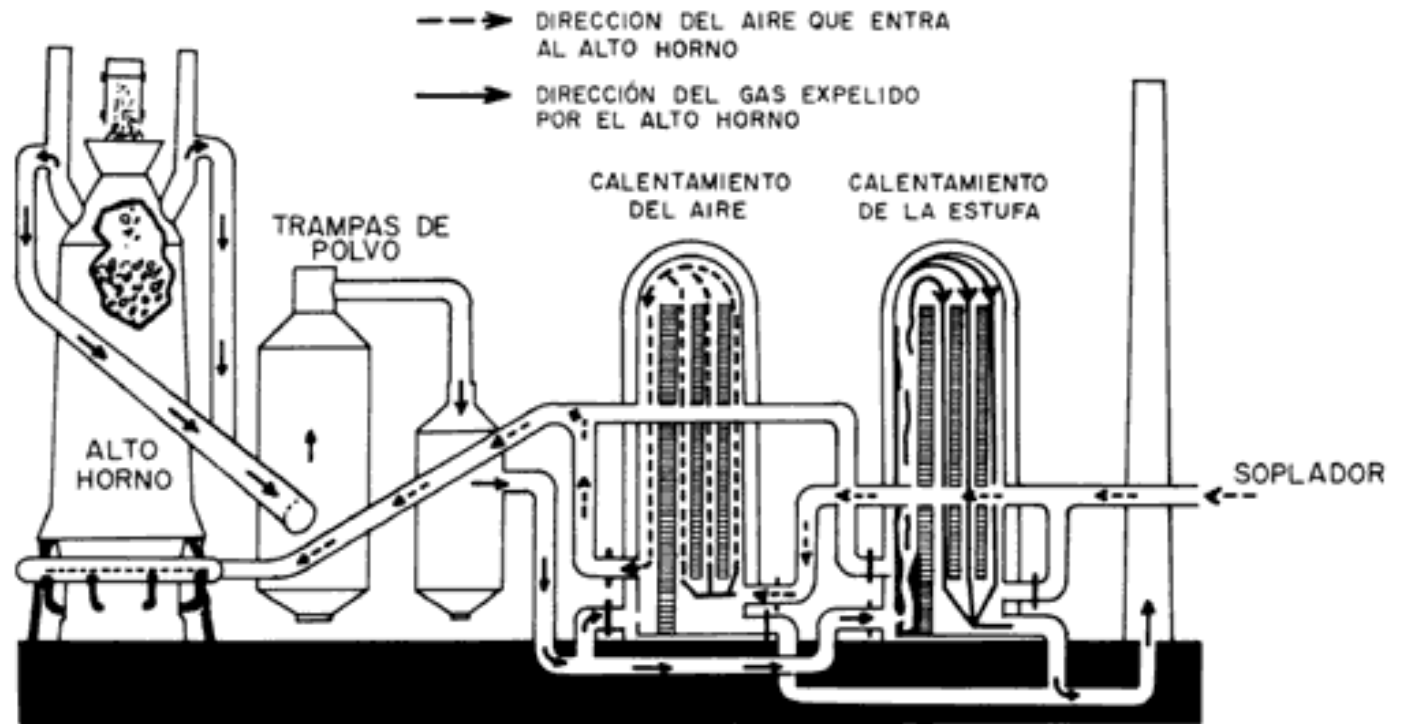
Producción de Metales Ferrosos

- Producción del arrabio
 - Alto horno

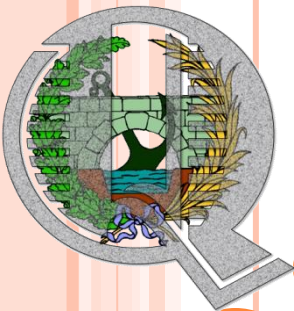


Producción de Metales Ferrosos

- Producción del arrabio
 - Alto horno



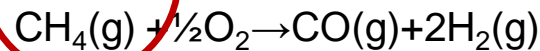
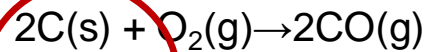
ALEXANDER Y STREET, 1985



Producción de Metales Ferrosos

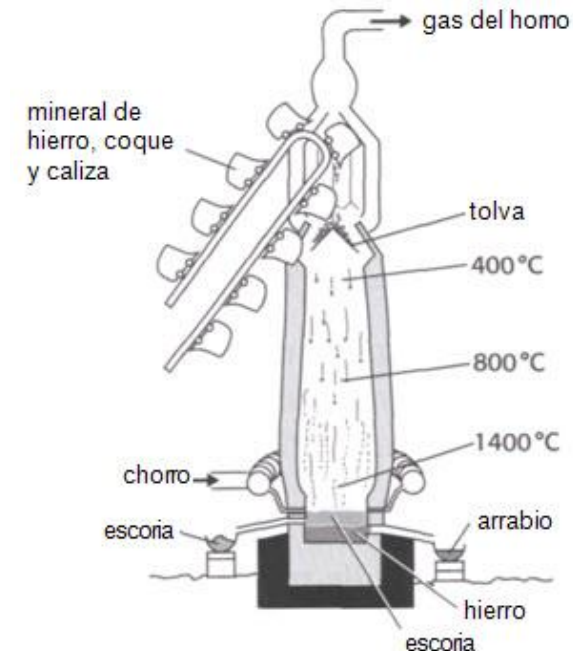
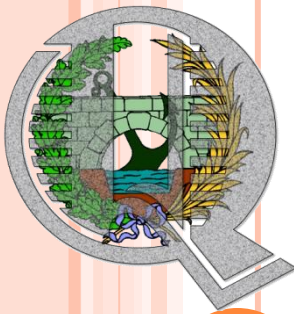
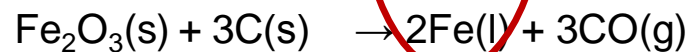
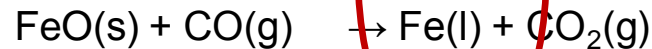
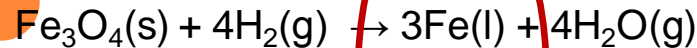
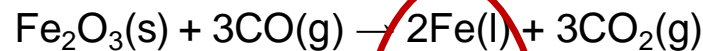
- Producción del arrabio
 - Alto horno
 - Para formación de CO y H₂ :

COQUE-
HIDROCARBUROS



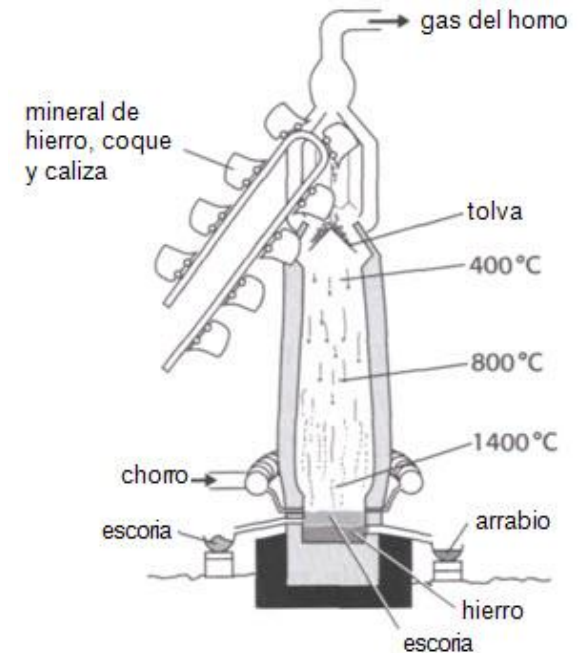
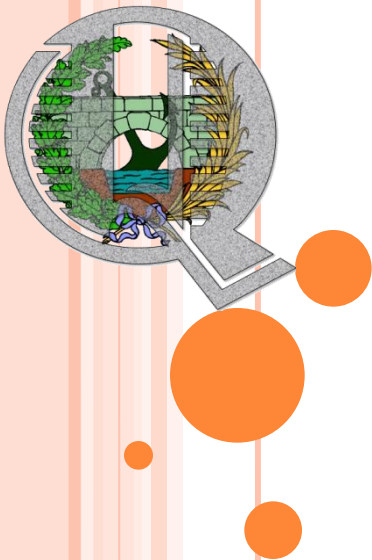
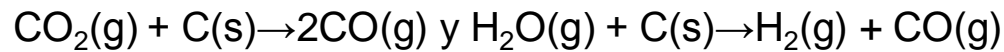
- Para formación de hierro:

ARRABIO



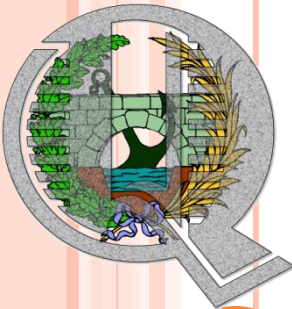
Producción de Metales Ferrosos

- Producción del arrabio
 - Alto horno
 - Para eliminación de impurezas:



Producción de Metales Ferrosos

- Producción del arrabio
 - Reducción directa:
 - En la producción del acero también se puede utilizar el método de reducción directa, el que emplea agentes reactivos reductores como gas natural, coque, aceite combustible, monóxido de carbono, hidrógeno o grafito. El procedimiento consiste en triturar la mena de hierro y pasarla por un reactor con los agentes reductores, con lo que algunos elementos no convenientes para la fusión del hierro son eliminados. El producto del sistema de reducción directa es el hierro esponja que consiste en unos pellets de mineral de hierro los que pueden ser utilizados directamente para la producción de acero con características controladas.



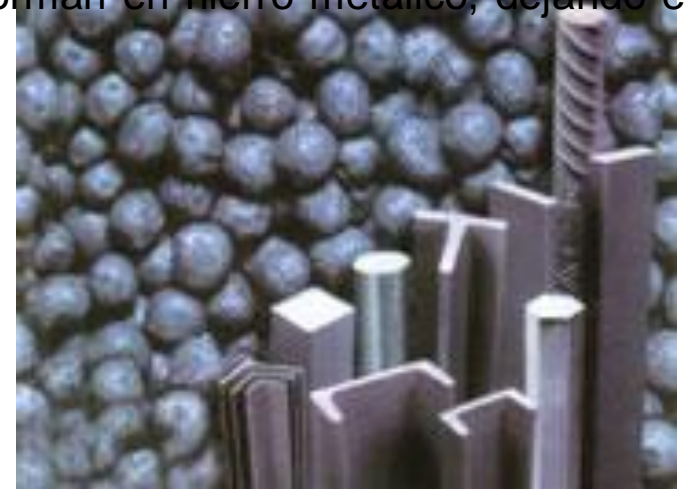
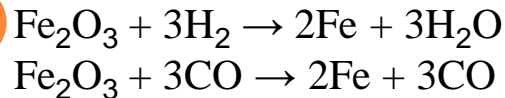
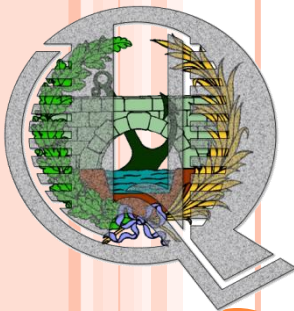
Solo 2% de la producción mundial de arrabio se obtiene por este método

El costo de producción es menor que en un alto horno.



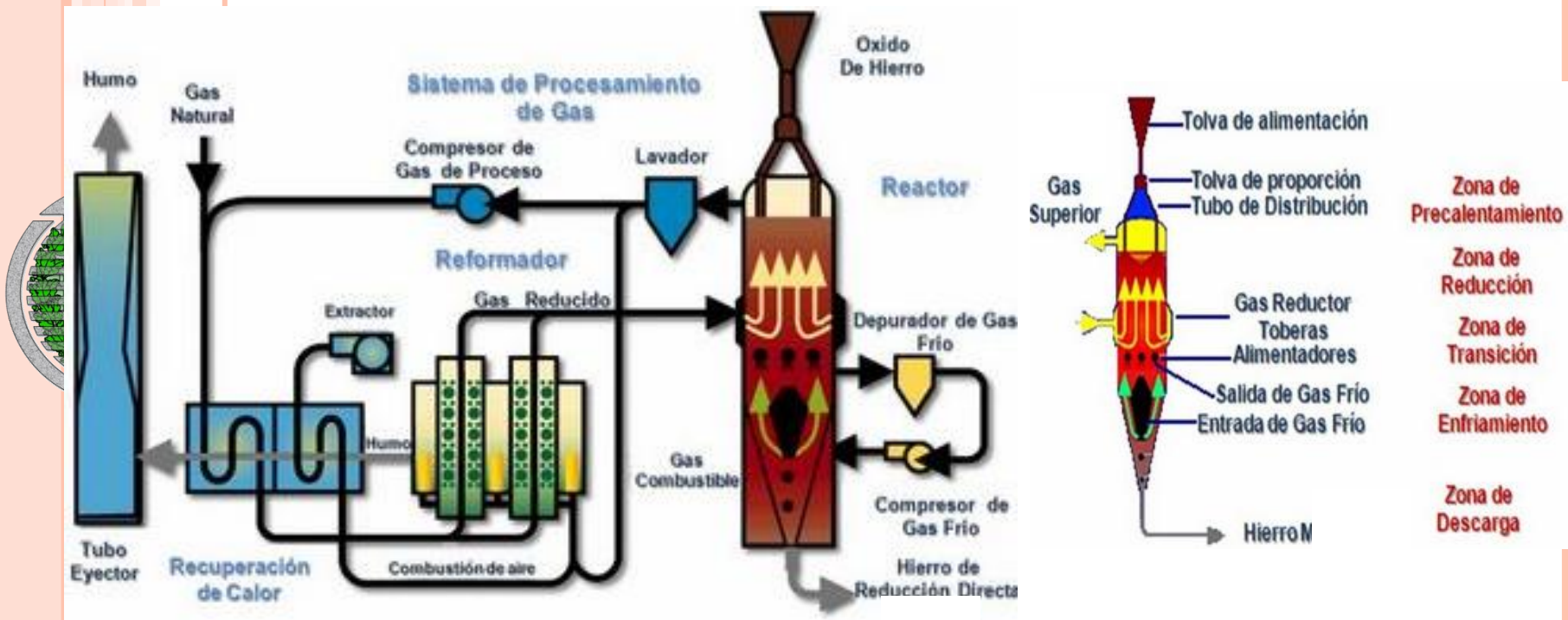
Producción de Metales Ferrosos

- Producción del arrabio
 - Reducción directa:
 - El mineral de hierro es introducido en tolvas que se encuentra en la parte superior del horno, en donde desciende a través del horno por acción de la gravedad, mientras se calienta y se le inyecta los gases en contracorriente con altos contenidos de H_2 y CO_2 para de esa manera obtener el hierro reducido libre de oxígeno. Estos gases reaccionan con el Fe_2O_3 presente en el mineral de hierro y lo transforman en hierro metálico, dejando el H_2O y el CO_2 .



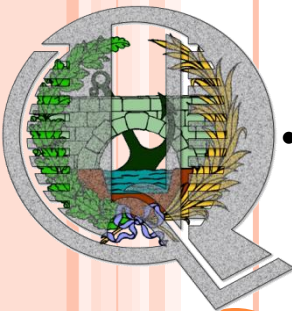
Producción de Metales Ferrosos

- Producción del arrabio
 - Reducción directa:

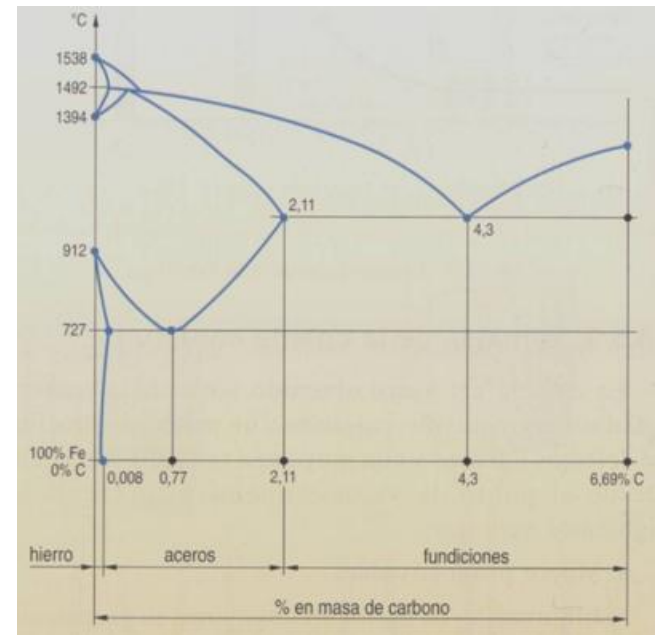


Producción de Metales Ferrosos

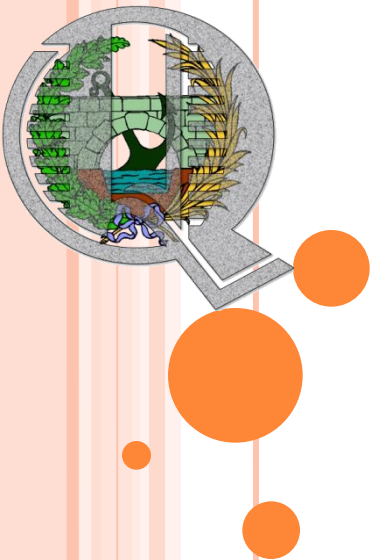
- El arrabio se solidifica mediante moldeo en una máquina de colada continua. Se obtiene así lo que se conoce como productos semiacabados. Pueden ser desbastes, si presentan un corte transversal rectangular, o blooms o palanquillas, si tienen un corte transversal cuadrado. Son los formatos que se utilizan para formar el producto acabado.



- Transformación del arrabio
 - Acero
 - Hierro Dulce
 - Fundiciones



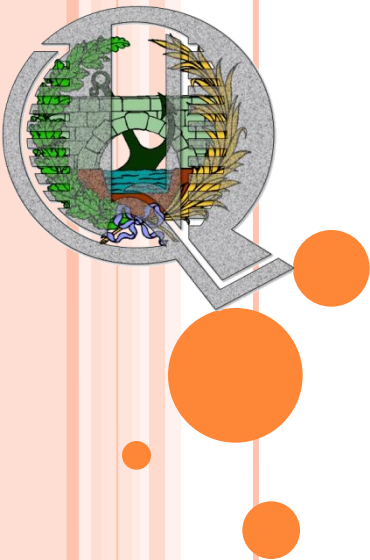
Aceros



Aceros

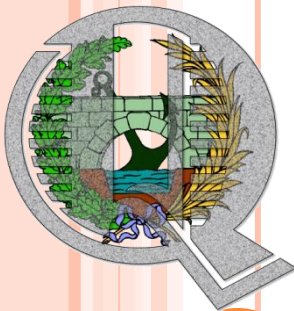
- Historia

- La primera utilización de productos elaborados con acero data aproximadamente del año 3000 A.C., sin embargo los primeros aceros producidos con características de calidad similares al acero actual fueron obtenidos por Sir Henry Bessemer en 1856 con la ayuda de un proceso diseñado por el mismo utilizando fósforo y azufre. Este proceso fue sustituido por el sistema inventado por Sir William Siemens en 1857 el cual descarburiza la aleación de acero con la ayuda de óxido de hierro. Actualmente los procesos han ido mejorando el acero en especial el usado mediante la reducción con oxígeno inventado en Austria en 1948 y el colada continua que es el que permite la formación de perfiles mediante la dosificación del material fundido en un molde enfriado por agua que genera un elemento constante en su sección que es afinada en sus dimensiones con rodillos.



Aceros

- Aleación cristalizada de hierro, carbono y otros varios elementos.
- Se puede moldear, laminar o forjar.
- Es posible variar sus propiedades de dureza y resistencia variando el contenido de carbón
- Aplicación:
 - Tubos
 - Barras
 - Lámina
 - Formas estructurales



Aceros

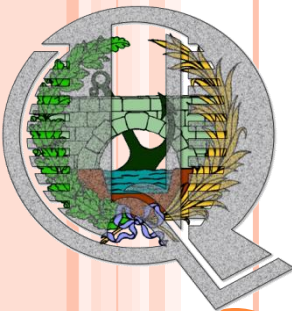
- Propiedades

- Estructura cristalina compacta y homogénea: Material estructural más cercano a la isotropía.
- Densidad muy alta: 8 t/m³
- Resistencia muy alta tanto a la tracción como a la compresión.
- Alto ratio resistencia / peso.
- Material dúctil.
- Material frágil.
- Conductividad térmica muy elevada.



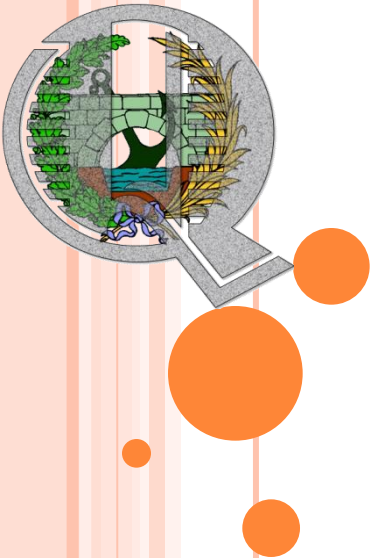
Aceros

- Ventajas del acero
 - Material fácil de conformar en frío y en caliente.
 - Material fácil de mecanizar, ensamblar y proteger contra la corrosión.
 - Bajo coste unitario en comparación con otros materiales.
 - Alta disponibilidad, su producción es 20 veces mayor al resto de materiales metálicos no férreos.
 - Material altamente adaptable.
 - Fácilmente reciclable: Se puede usar chatarra como materia prima para la producción de nuevo acero.



Aceros

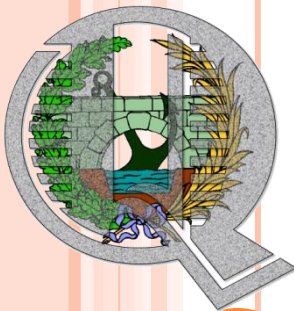
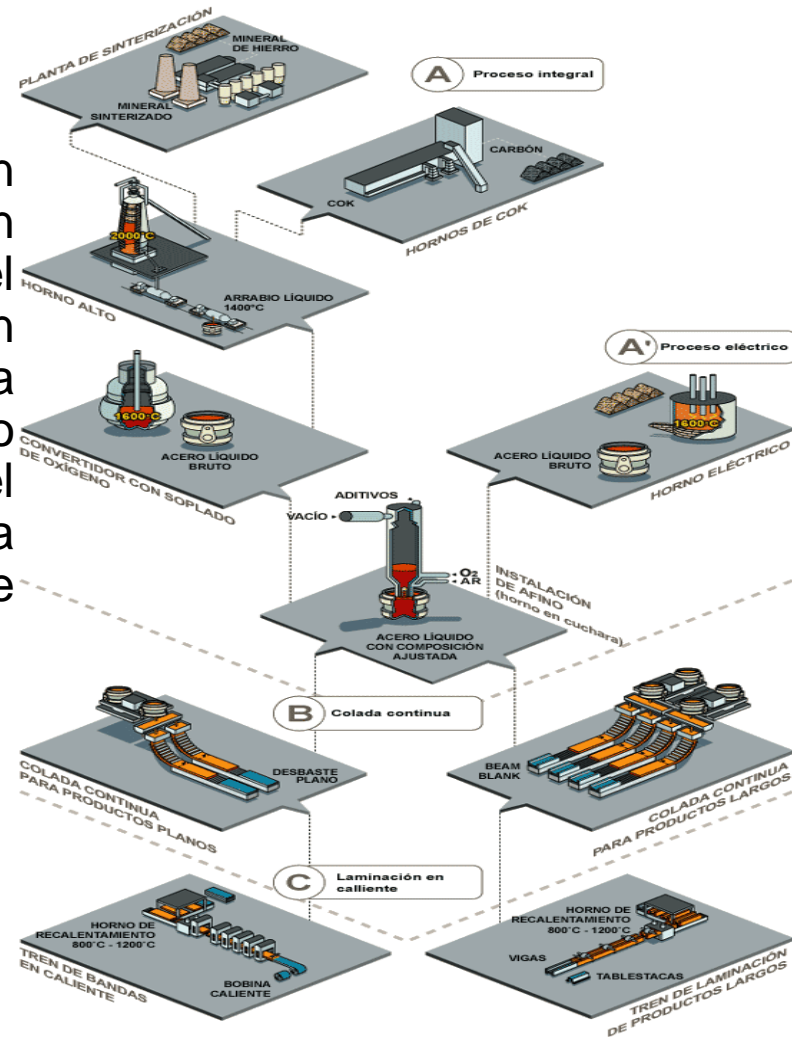
- Desventajas del acero
 - Corrosión: El acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.
 - Calor, fuego: En el caso de incendios, el calor se propaga rápidamente por las estructuras haciendo disminuir su resistencia hasta alcanzar temperaturas donde el acero se comporta plásticamente, debiendo protegerse con recubrimientos aislantes del calor.
 - Pandeo elástico: Debido a su alta resistencia/peso el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico, por lo que en ocasiones no son económicos las columnas de acero.
 - Fatiga: La resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión.



Aceros

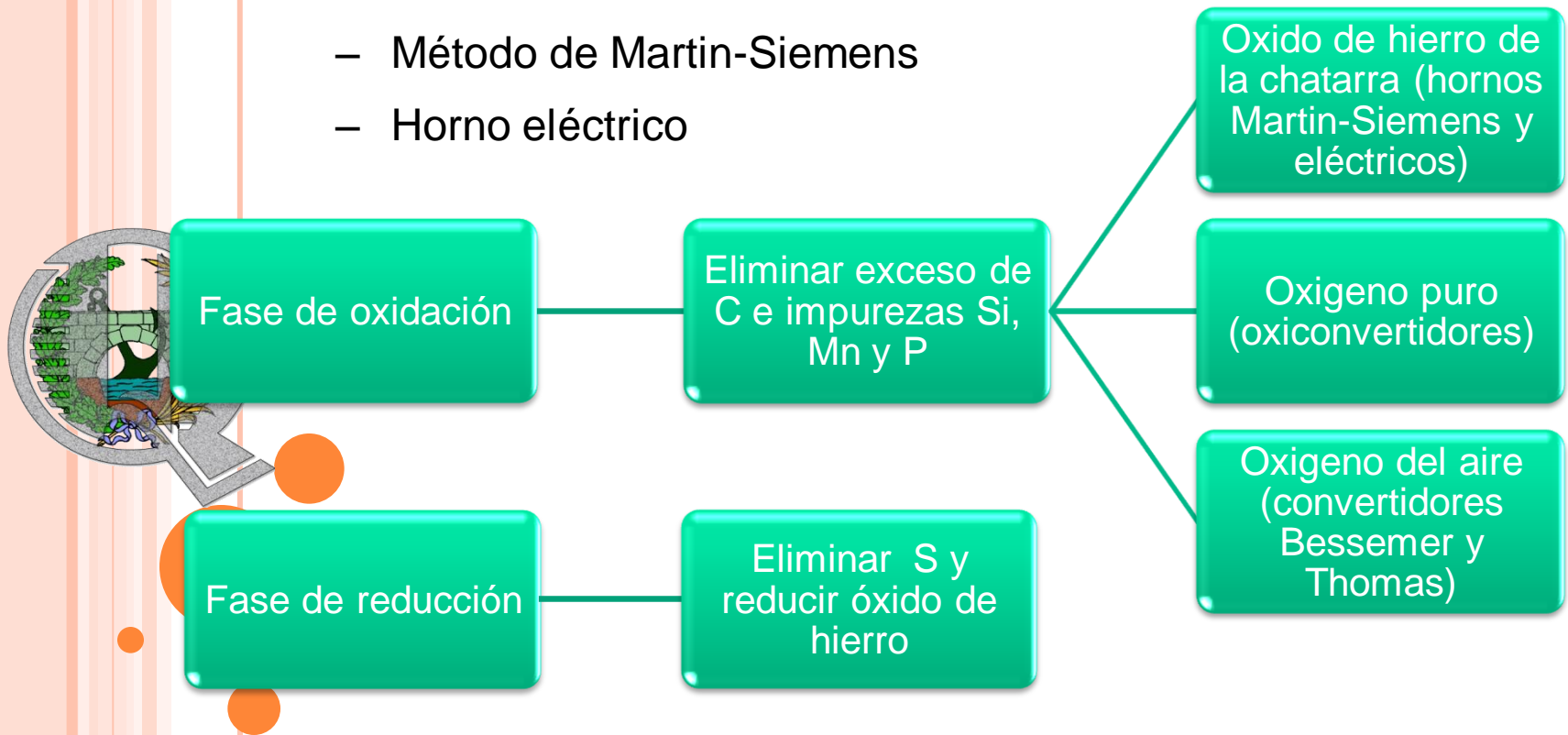
- Fabricación

- Las materias primas (o bien mineral de hierro o bien chatarra férrea, según el proceso) son convertidas en acero fundido. El proceso a base de mineral de hierro utiliza un alto horno y el proceso con la chatarra férrea recurre a un horno de arco eléctrico.



Aceros

- Fabricación
 - Método de Bessemer-Thomas
 - Método de Martin-Siemens
 - Horno eléctrico

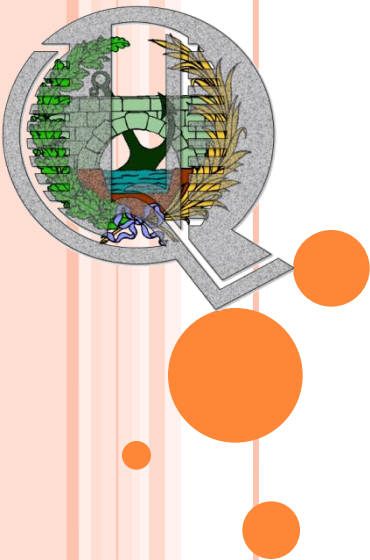


Aceros

- Fabricación

- Método de Bessemer

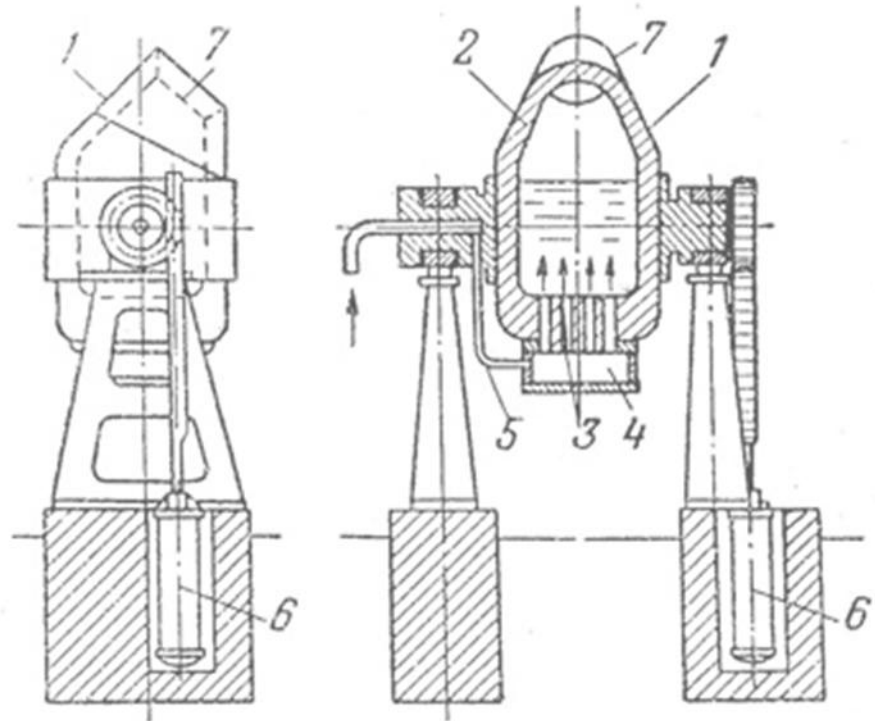
- Se vierte el hierro directamente del horno alto en el convertidor o recipiente. En el fondo del convertidor existe un cierto número de orificios a través de los cuales se inyecta aire. El aire oxida primero el silicio y manganeso. Estos óxidos suben a la parte alta y forman escoria. Luego empieza a arder el carbono y la inyección del aire se prolonga hasta que no queda más que 0,05% de carbono aproximadamente. Cuando se ha terminado la inyección de aire, se agrega al metal fundido la cantidad de carbono necesaria para conseguir el porcentaje de carbono especificado, junto con el manganeso preciso para compensar la influencia del azufre y el silicio requerido para la desgasificación. Después el acero acabado se vierte en una cuchara haciendo vascular el convertidor y la cuchara se vierte en las lingoteras para laminarlo o forjarlo.
 - El acero Bessemer tiene la propensión a estar oxidado e impuro.



Aceros

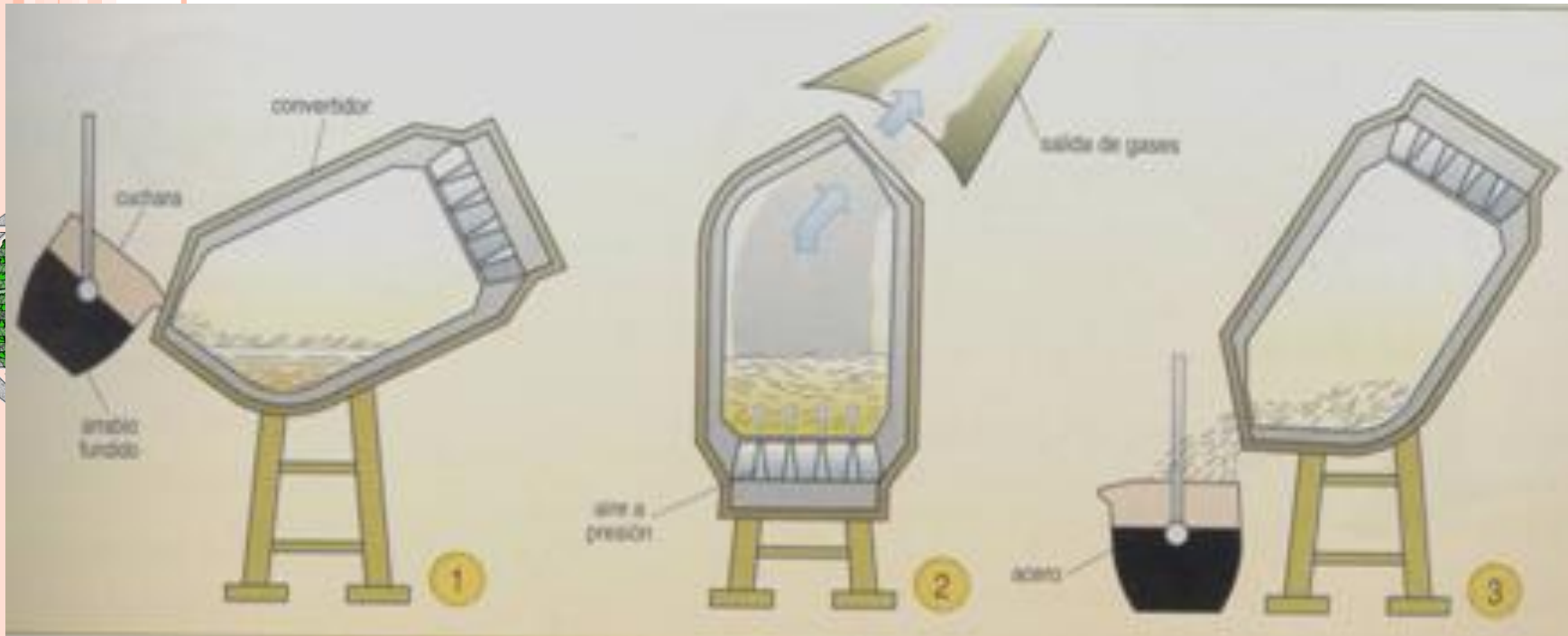
- Fabricación
 - Método de Bessemer

1. Recipiente
2. Cavity interior
3. Entrada de aire
4. Caja de cierre
5. Toma de aire
6. Mecanismo basculante
7. Boca



Aceros

- Fabricación
 - Método de Bessemer

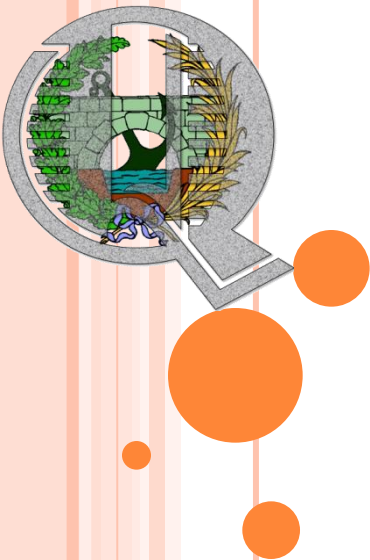


Aceros

- Fabricación

- Método de Martin-Siemens

- Es un horno de reverbero. La solera se calienta exteriormente y se cargan las materias primas, que son arrabio y chatarra, inclinadas hacia un orificio de salida. La solera es rectangular y puede recibir de 15 a 40 toneladas. La cara anterior del horno tiene las puertas de carga y la posterior piquera de colada. La bóveda es de ladrillo refractario de sílice. Por el exterior circula aire frío para refrigerar. El laboratorio contiene el arrabio que se va a tratar y está limitado por la solera, la bóveda y las paredes laterales. El revestimiento puede ser ácido (sílice) o básico (magnesio).

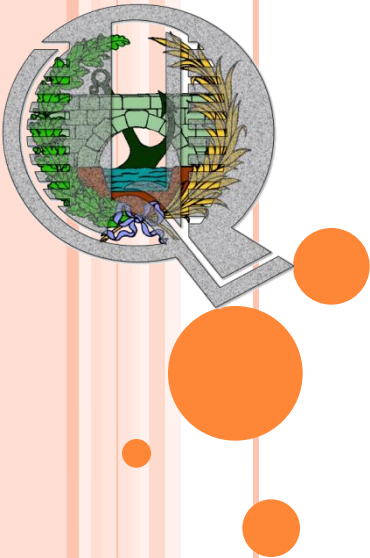


Aceros

- Fabricación

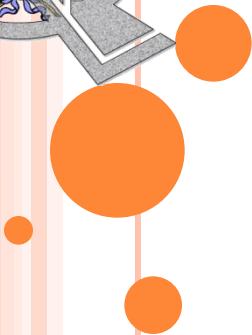
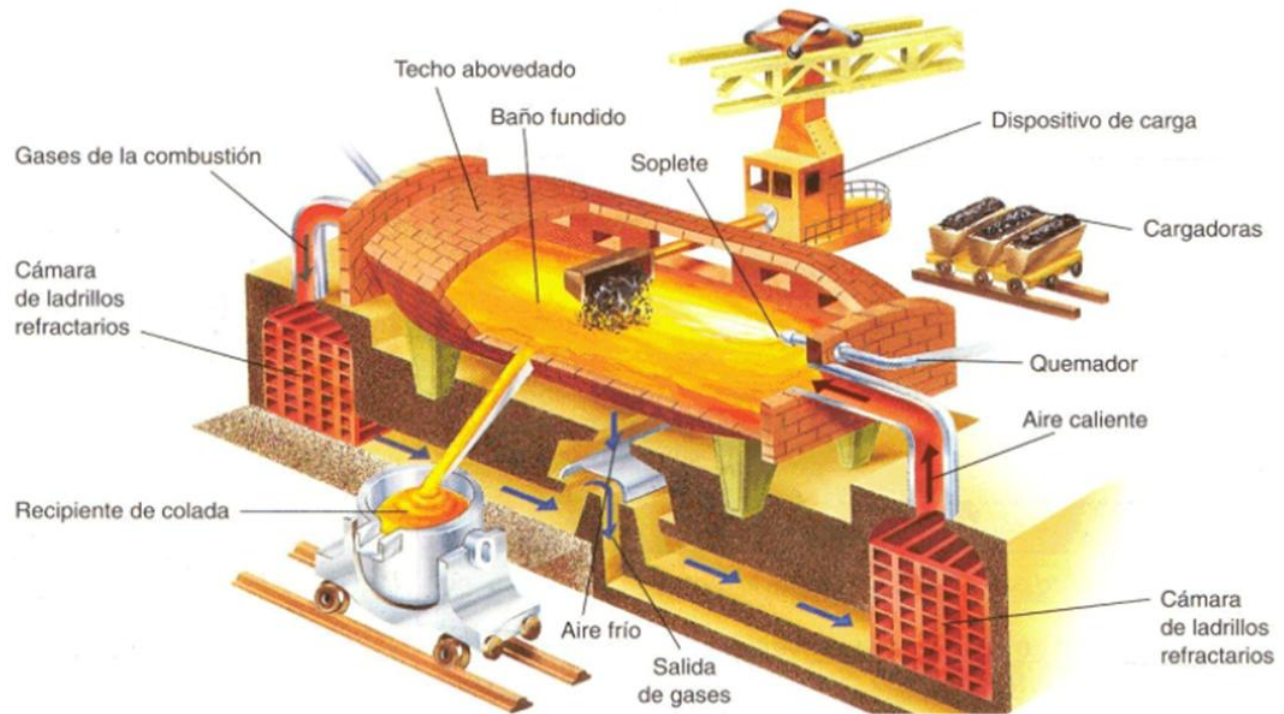
- Método de Martin-Siemens (procedimiento ácido)

- Se reduce el C por tres formas: 1) Por dilución, añadiendo chatarra con poco carburo de modo que se reparte el C por toda la masa; 2) Añadiendo minerales de Fe que ceden oxígeno al C produciendo la oxidación y 3) combinando los dos métodos anteriores. El Mn y el Si se oxidan con rapidez y se van a la escoria, aunque el Si con mayor lentitud.
 - El C se oxida debido a los óxidos de la escoria. Al ser un proceso ácido no se elimina ni el P ni el S.
 - Para evitar la oxidación del metal se le añaden ferroaleaciones.



Aceros

- Fabricación
 - Método de Martin-Siemens (procedimiento ácido)



Aceros

- Fabricación

- Método de Martin-Siemens (procedimiento básico)

La escoria es básica, lo que permite eliminar el P

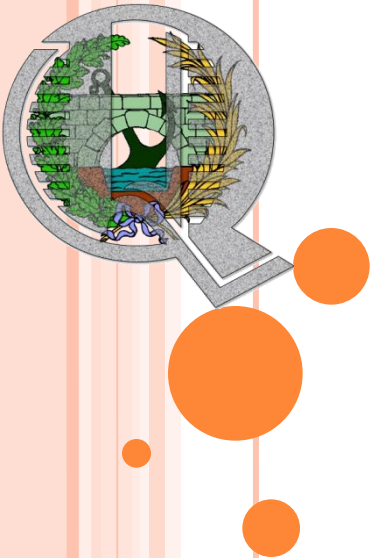
Primero se oxidan el Si, el Mn y el Fe

El óxido de manganeso no se va a la escoria, cediendo el oxígeno para oxidar el C

El P se oxida y se combina con la cal

También se pueden añadir ferroaleaciones

Normalmente la carga está compuesta por 50% de chatarra y 50% de hierro líquido y se emplea carbonato de calcio como fundente y formador de escoria básica



Aceros

- Fabricación

- Horno eléctrico

La atmósfera no oxidante del arco de carbón, el cual da calor puro, hace posible construir hornos completamente cerrados y permite mantener atmósferas reducidas

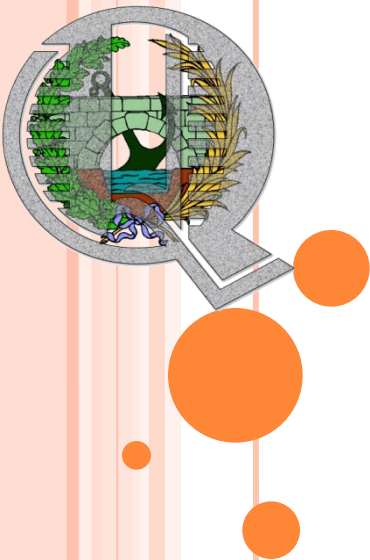
La temperatura alcanzable está sólo limitada por la naturaleza del revestimiento del horno

El rendimiento de la unidad es extraordinariamente elevado

El afino y aleación se efectúan con rapidez y control

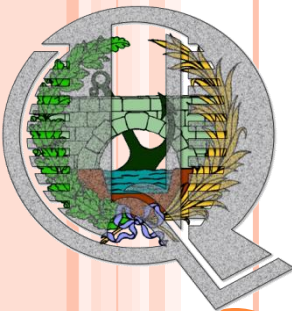
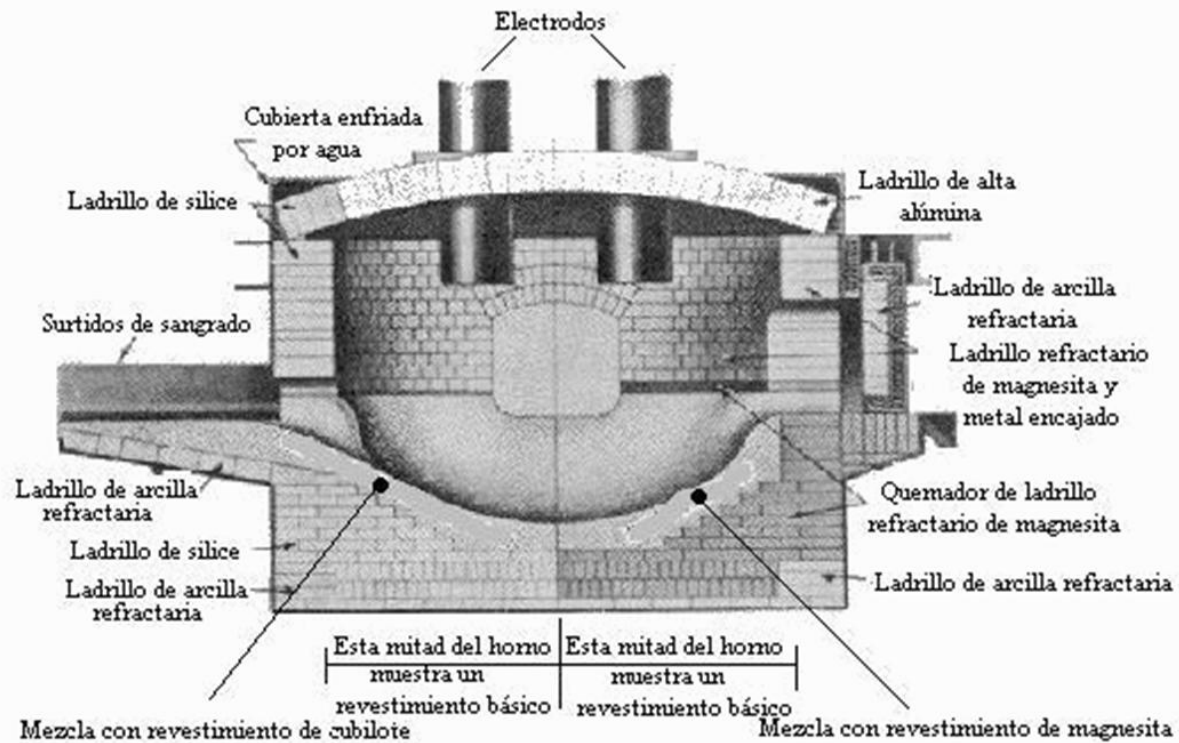
En la mayoría de los hornos eléctricos el calor es producido por medio de arco eléctrico, ya sea sobre el baño (como el horno Stassano) o por medio de arcos entre la escoria y los electrodos suspendidos sobre el baño (más satisfactorio y corriente)

La mayor parte de la carga se prepara con chatarra de acero seleccionada cuidadosamente



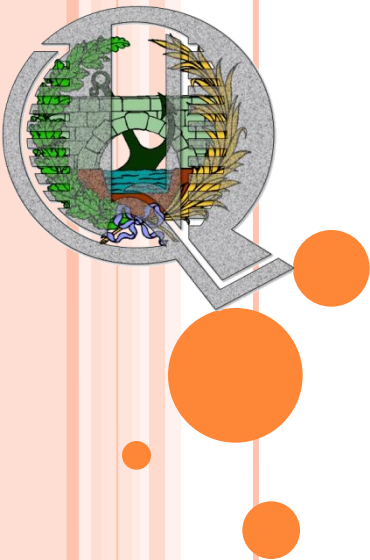
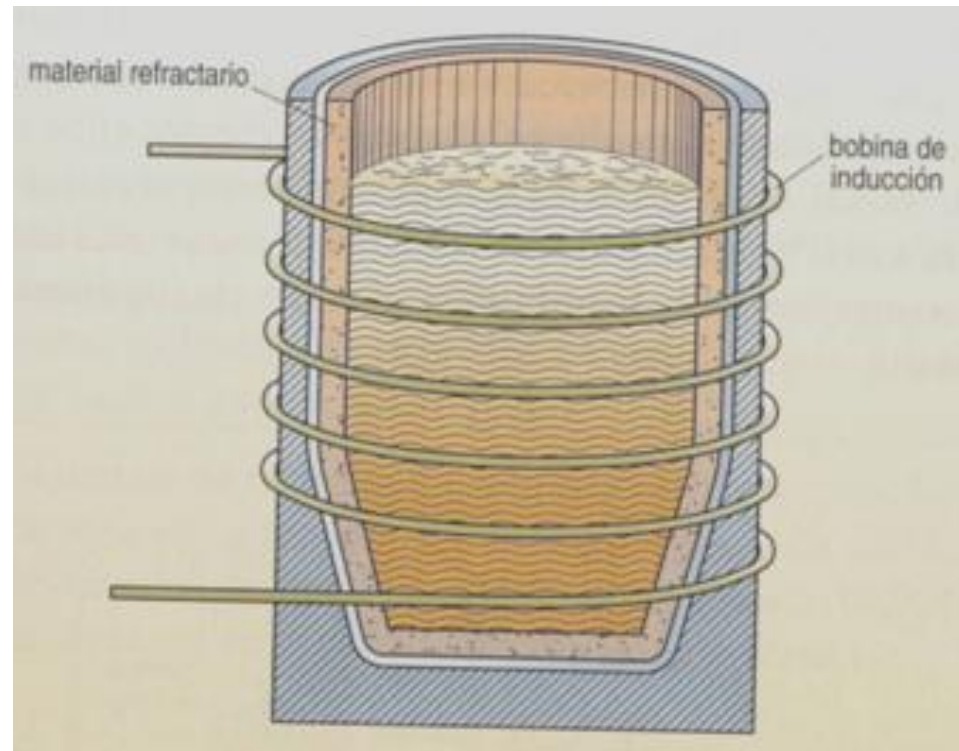
Aceros

- Fabricación
 - Horno eléctrico (De arco eléctrico)



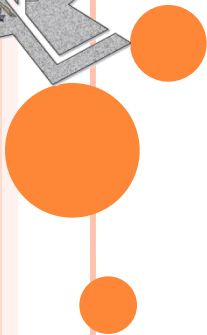
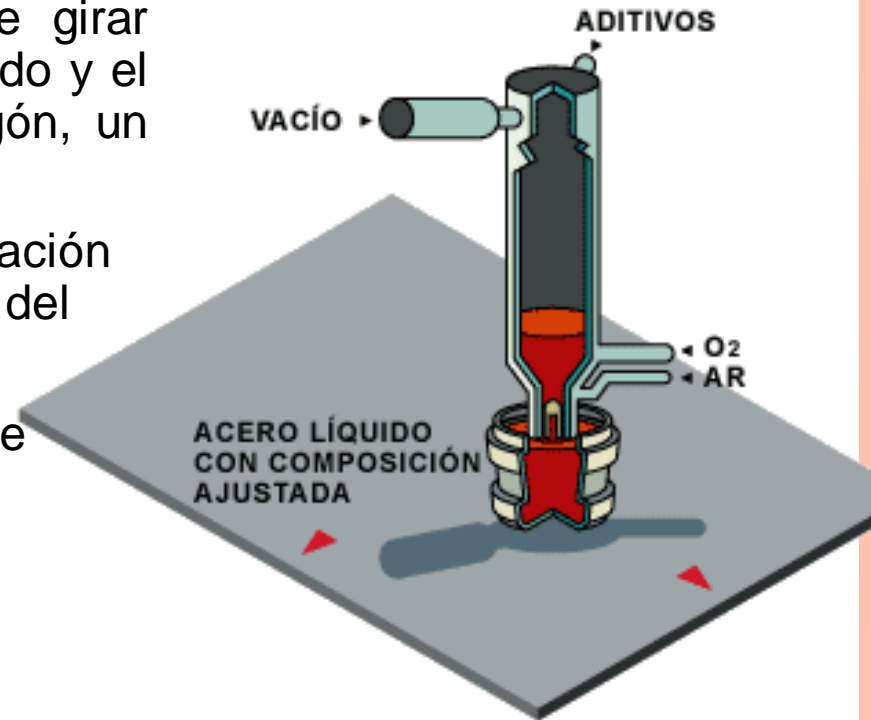
Aceros

- Fabricación
 - Horno eléctrico (De inducción)



Aceros

- Fabricación
 - Afinado e inclusión de aditivos químicos
 - Estas dos operaciones ocurren en un contenedor cerrado al vacío. El acero se hace girar entre la cuchara de afinado y el contenedor mediante argón, un gas neutro.
 - Añaden elementos de aleación y completa el desoxidado del hierro
 - Completa la eliminación de impurezas



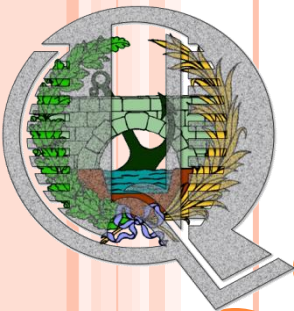
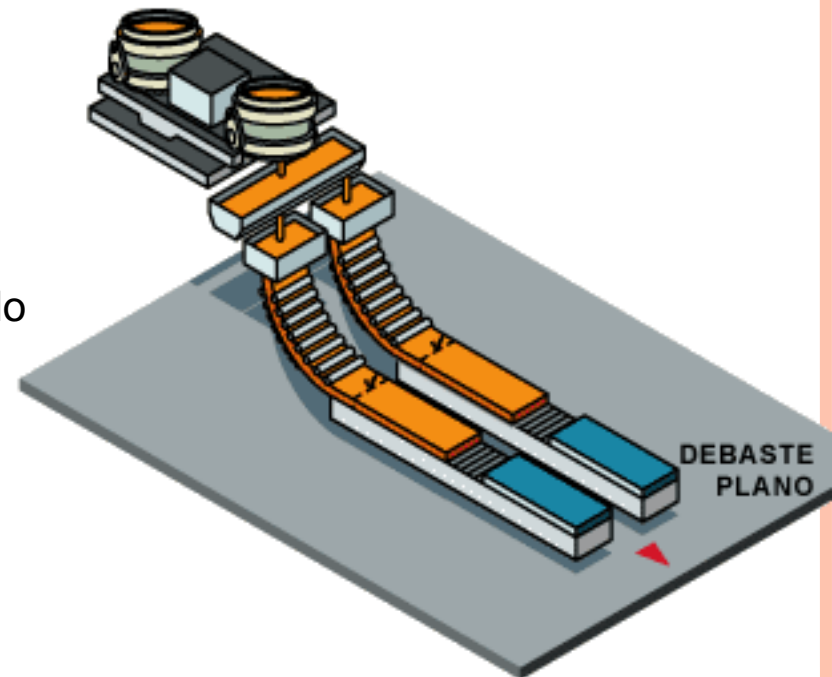
Aceros

- Fabricación

- Colado del acero

El acero sale del horno en estado líquido, para solidificarlo hay varios métodos:

- Vertiendo el acero sobre moldes de forma establecida (acero moldeado)
- Colar el acero líquido sobre moldes prismáticos (lingoteras), para transformarlo luego por laminación o forja.
- Colada continua del acero obteniendo directamente el semiproducto deseado (desbaste).



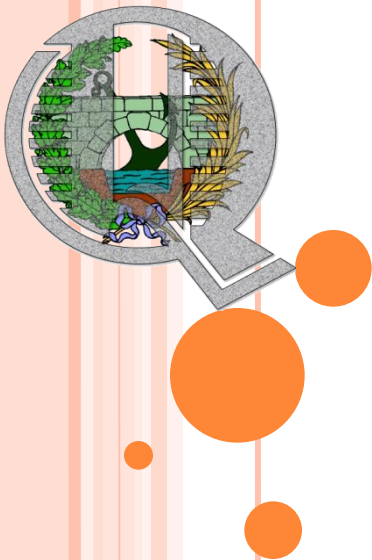
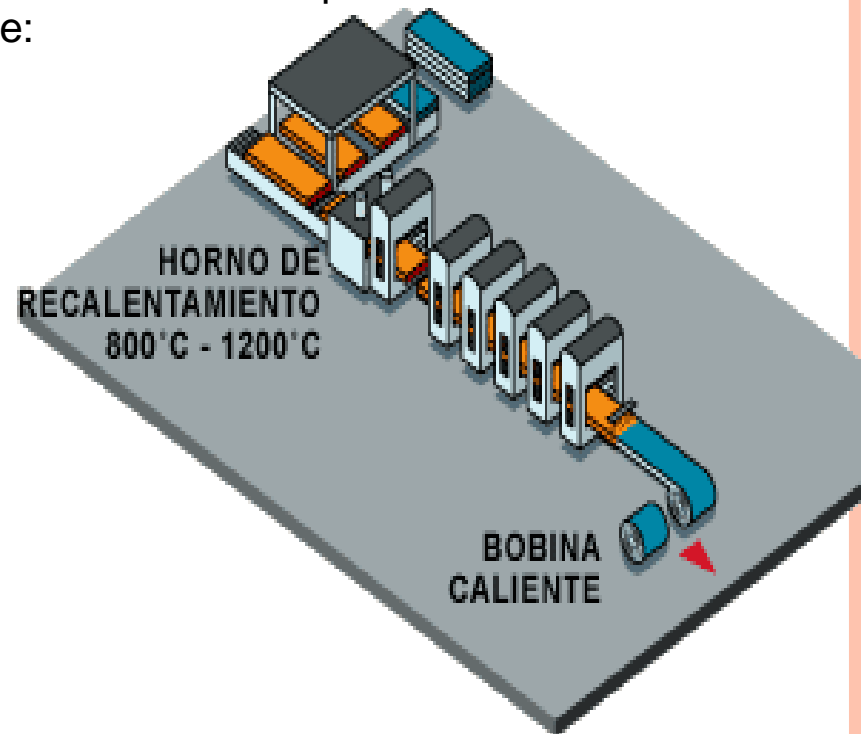
Aceros

- Fabricación

- Transformación en producto acabado

El desbaste o los lingotes se recalienta primero en un horno. Se vuelve así más maleable, lo que facilita los procesos de transformación en producto acabado que puede realizar mediante:

- Laminación
- Forja
- Estampación
- Moldeo

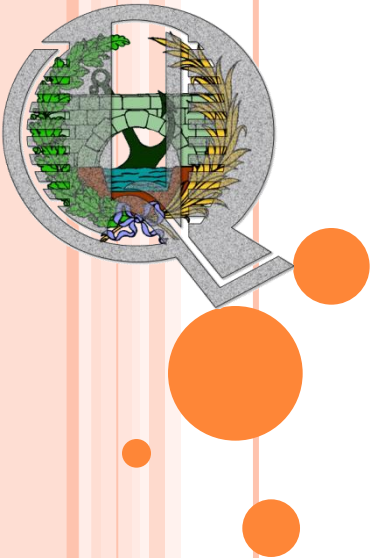


Aceros

- Fabricación
 - Cementación y templado

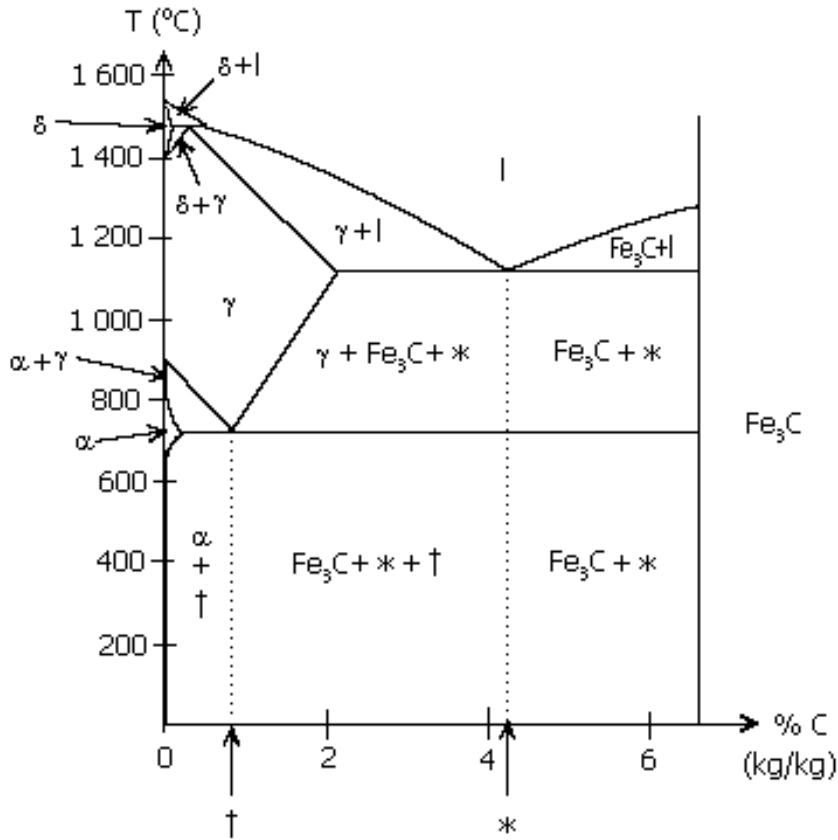
Los metales con un porcentaje menor de 0.45 % de carbono son sometidos a un proceso de cementación, consiste en el baño del material con algún elemento químico para llegar a las características deseadas

Para los metales con un porcentaje mayor al de 0.45% de carbono, se los somete a un proceso llamado templado que consiste en elevar el metal a altas temperaturas y bajar la misma bruscamente, eso le permite que adquiera una dureza extrema



Aceros

- Composición



La estructura del acero se compone de una mezcla de fases, con diversas propiedades mecánicas. Las proporciones de estas fases y sus composiciones serán determinantes del comportamiento de este material.

Diagrama de fase hierro-carbono (Fe-C), permite visualizar las condiciones de existencia de las fases que conforman el acero

Aceros

- Composición

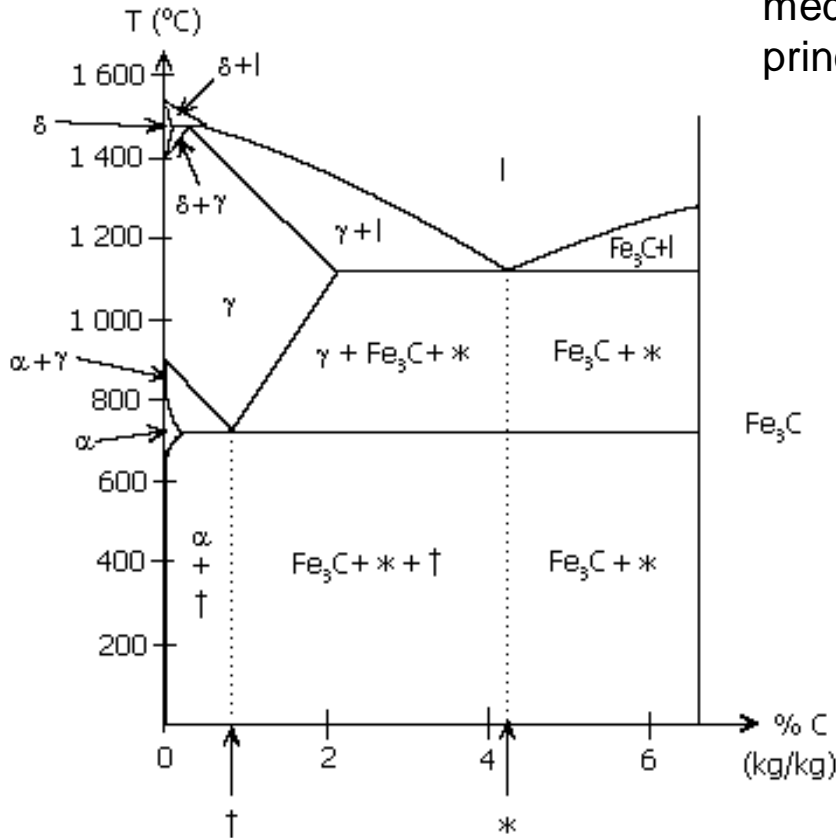
Estas fases se obtienen a temperatura ambiente mediante el enfriamiento lento de un acero. Las principales son:

La Ferrita (α) es blanda y dúctil. Su estructura es cúbica centrada en el cuerpo, es estable hasta los 721 °C

La Austenita (γ) es la más dúctil de las fases del diagrama Fe-Fe₃C.

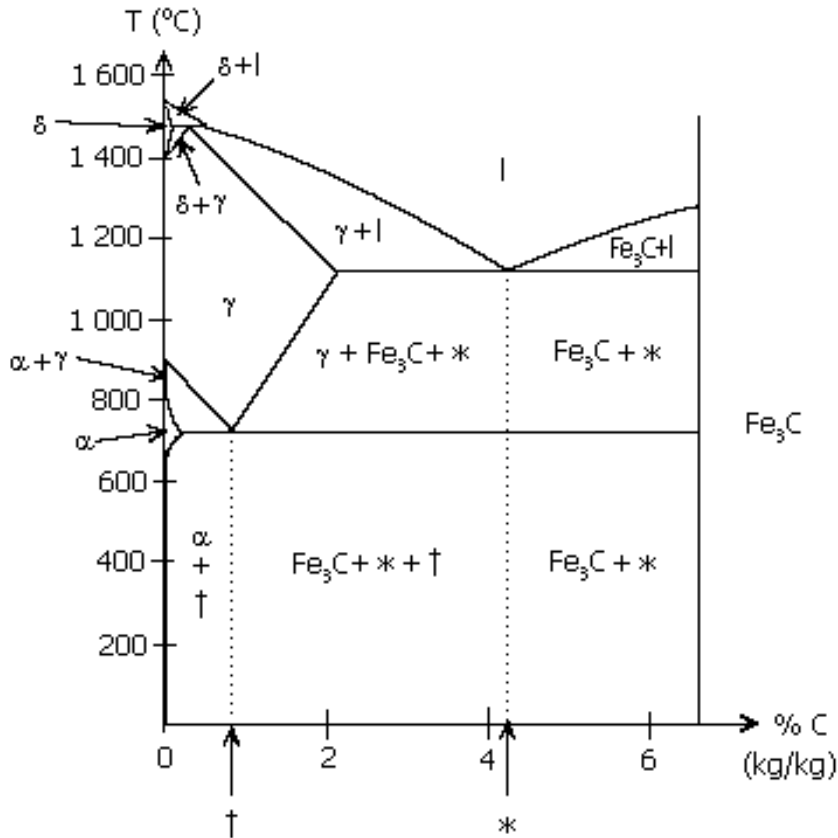
La cementita (Fe₃C) es un compuesto intermetálico de fórmula Fe₃C, con un contenido de carbono de 6,67%, es dura y frágil.

La Perlita es el microconstituyente eutectoide que se forma a los 727 °C a partir de austenita con 0.77 % de carbono. Es una mezcla bifásica de ferrita y cementita de morfología laminar. Sus propiedades mecánicas serán intermedias entre la ferrita blanda y la cementita dura que la compone.



Aceros

- Composición



Fases fuera de equilibrio

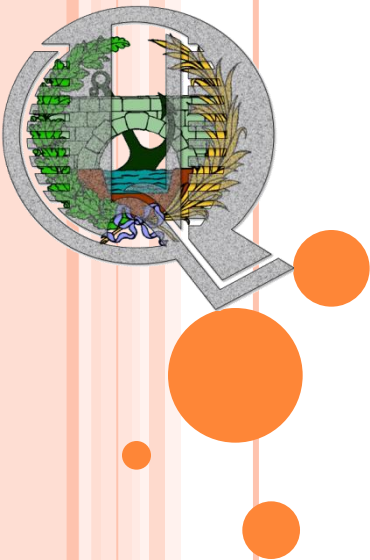
Estas condiciones se alcanzan mediante el uso de tratamientos térmicos como el temple (enfriamiento rápido) y el revenido (recalentamiento sostenido) para lograr la formación de martensita, bainita y otros microconstituyentes que tienen como propiedades ser duros y frágiles.

Aceros

- Composición
 - Impurezas

Azufre

- Límite máximo aproximado: 0,04%. El azufre forma con el hierro sulfuro, el que conjuntamente con la austenita da lugar a un eutéctico cuyo punto de fusión es bajo y que por lo tanto aparece en bordes de grano. Cuando los lingotes de acero colado deben ser laminados en caliente, dicho eutéctico se encuentra en estado líquido, lo que provoca el desgranamiento del material.
- Se controla la presencia de sulfuro mediante el agregado de manganeso. El manganeso tiene mayor afinidad por el azufre que hierro por lo que en lugar de FeS se forma MnS que tiene alto punto de fusión y buenas propiedades plásticas. El contenido de Mn debe ser tal que se asegure que todo el azufre se encuentre en forma de MnS.
- El resultado final, una vez eliminados los gases causantes, es una fundición menos porosa de mayor calidad.



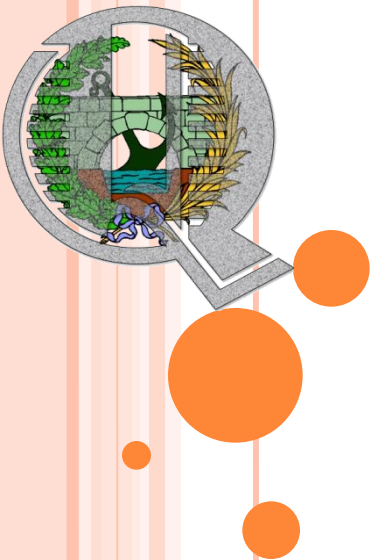
Aceros

- Composición

- Impurezas

- Fósforo

- Límite máximo aproximado: 0,04%. El fósforo resulta perjudicial ya sea al disolverse en la ferrita, pues disminuye la ductilidad, como así también por formar FeP (Fosfuro de hierro). El fosfuro de hierro forma junto con la austenita y la cementita un eutéctico ternario denominado esteadita el cual es sumamente frágil y posee punto de fusión relativamente bajo, por lo cual aparece en bordes de grano, transmitiéndole al material su fragilidad.



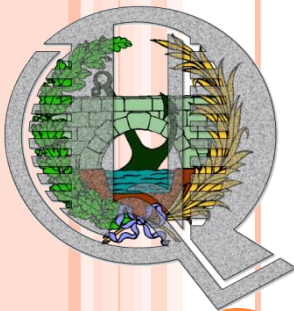
Aceros

- Composición

- Carbono

El C se expresa en los aceros como %

El % C tiene una gran influencia en el comportamiento mecánico de los aceros



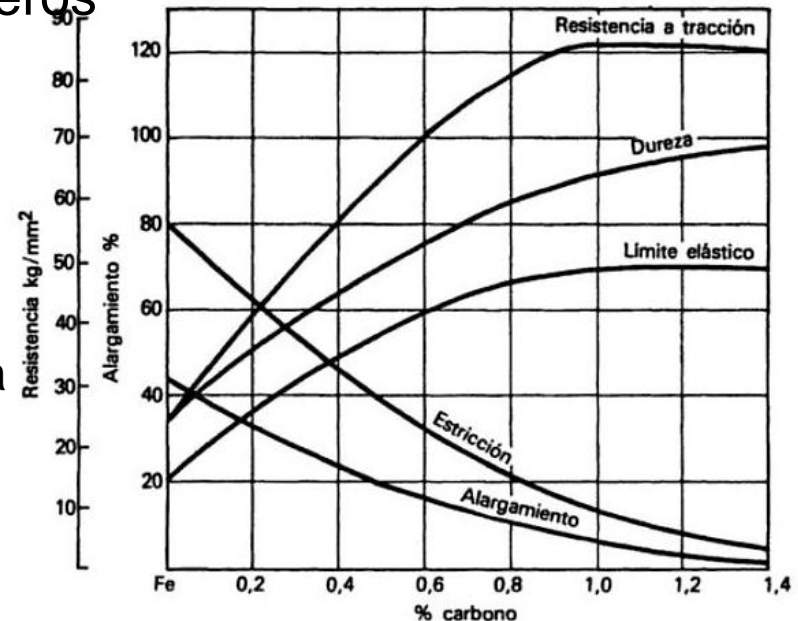
↑ %C

↑ Límite elástico

↑ Esfuerzo tracción

↑ Esfuerzo de rotura

↑ Dureza



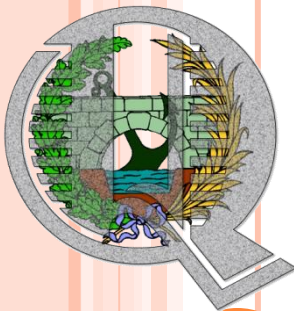
Aceros

- Composición

- Carbono

El C se expresa en los aceros como %

El % C tiene una gran influencia en el comportamiento mecánico de los aceros

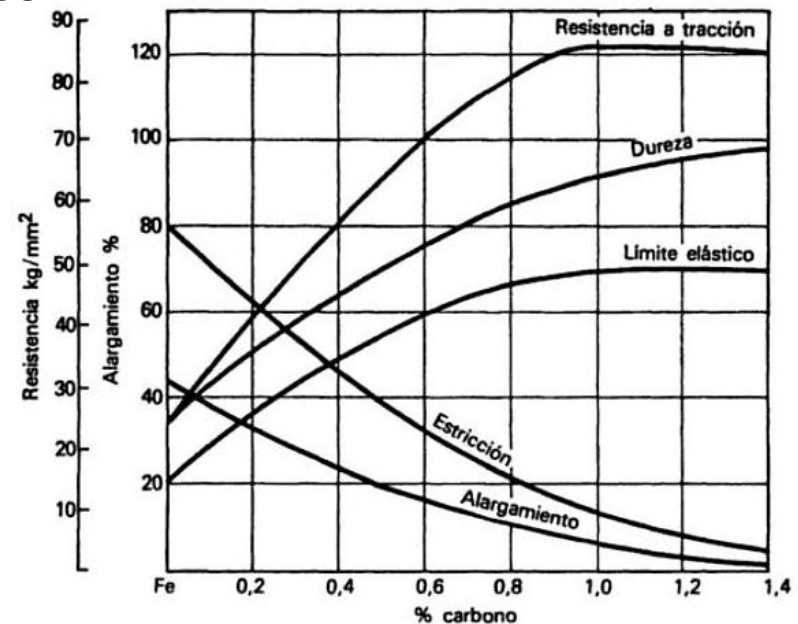


↑ %C

↓ Estricción

↓ Alargamiento

↓ Ductilidad

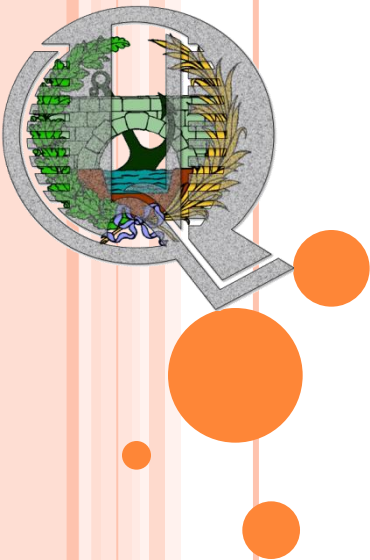


Aceros

- Composición
 - Aleaciones

Se da el nombre de aceros aleados a los aceros que además de los cinco elementos (carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre) contienen también cantidades relativamente importantes de otros elementos que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales

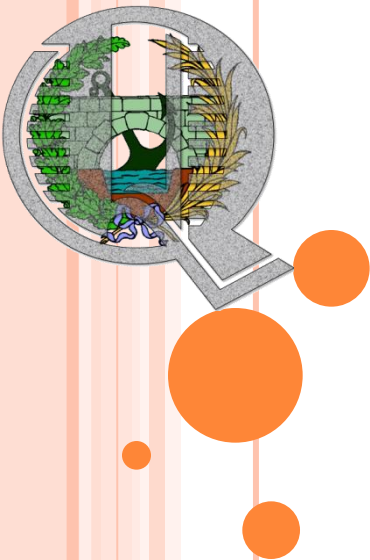
También puede considerarse aceros aleados los que contienen alguno de los cuatro elementos diferentes del carbono que antes hemos citado, en mayor cantidad que los porcentajes que normalmente suelen contener los aceros al carbono, y cuyos límites superiores suelen ser generalmente los siguientes: Si=0.50%; Mn=0.90%; P=0.100% y S=0.100%.



Aceros

- Composición
 - Aleaciones

Los elementos de aleación que más frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: Níquel, Manganeso, Cromo, Vanadio, Wolframio, Molibdeno, Cobalto, Silicio, Cobre, Titanio, Circonio, Plomo, Selenio, Aluminio, Boro y Niobio.



Aceros

- Composición
 - Aleaciones
 - Cromo



- Es uno de los elementos especiales más empleados para la fabricación de aceros aleados, usándose indistintamente en los aceros de construcción, en los de herramientas, en los inoxidables y los de resistencia en caliente.
- Se emplea en cantidades diversas desde 0.30% a 30%, según los casos y sirve para aumentar la dureza y la resistencia a la tracción de los aceros, Mejora la templabilidad, impide las deformaciones en el temple, la inoxidabilidad, etc.
- Es un estabilizador de la ferrita, por tanto logra que la ferrita a T ambiente se presente en mayor proporción.

Aceros

- Composición
 - Aleaciones
 - Níquel

- Produce gran tenacidad, ductilidad y resistencia en los aceros al carbono o de baja aleación.
- Es estabilizador de la austenita o sea que la hace aparecer a T ambiente.
- El Níquel es un elemento de extraordinaria importancia en la fabricación de aceros inoxidables y resistentes a altas temperaturas, en los que además de cromo se emplean porcentajes de níquel variables de 8 a 20%.



Aceros

- Composición
 - Aleaciones
 - Molibdeno



- Mejora notablemente la resistencia a la tracción, la templabilidad y la resistencia a fluencia de los aceros.
- Añadiendo solo pequeñas cantidades de molibdeno a los aceros cromo-níqueles, se disminuye o elimina casi completamente la fragilidad.
- Aparece prácticamente en todos los aceros, debido, principalmente, a que se añade como elemento de adición para neutralizar los malos efectos del azufre y del oxígeno, que siempre suelen contener los aceros cuando se encuentran en estado líquido en los hornos durante los procesos de fabricación

Aceros

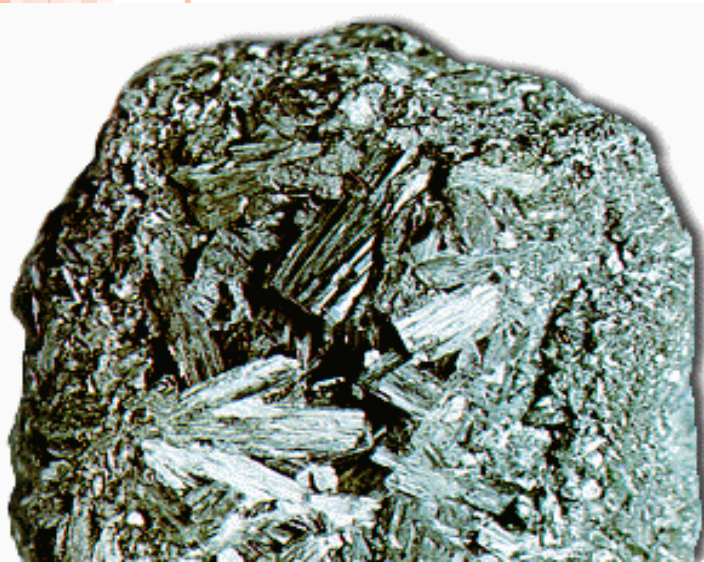
- Composición
 - Aleaciones
 - Molibdeno



- El molibdeno aumenta también la resistencia de los aceros en caliente
- Reemplaza al wolframio en la fabricación de los aceros rápidos, pudiéndose emplear para las mismas aplicaciones aproximadamente una parte de molibdeno por cada dos de wolframio.

Aceros

- Composición
 - Aleaciones
- Manganeso



- Si los aceros no tuvieran Manganeso ni Molibdeno, no se podrían laminar ni forjar, porque el azufre que suele encontrarse en mayor o menor cantidad en los aceros, formaría sulfuros de hierro.
- En cantidades altas hace que la austenita sea estable a T ambiente.
- Aceros al manganeso de gran resistencia, Con Mn en cantidades variables de 0.80% a 1.60%, con contenidos en carbono de 0.05% a 0.30%C

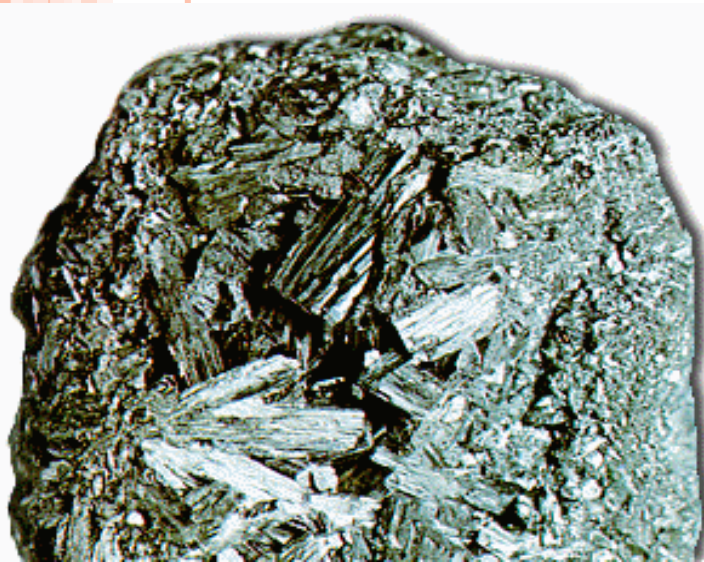
Aceros

- Composición

- Aleaciones

- Manganeso

- Aceros indeformables al manganeso con 1% a 3% de Mn y 1% de carbono, aproximadamente
 - Aceros austeníticos al manganeso con 12% de Mn y 1% de carbono, aproximadamente, que a la temperatura ambiente son austeníticos y tienen gran resistencia al desgaste, empleándose principalmente para cruzamientos de vías, mordazas de máquinas trituradoras, excavadoras, etc. Son los famosos Aceros Hadfield



Aceros

- Composición
 - Aleaciones
 - Silicio



- Este elemento aparece en todos los aceros, lo mismo que el manganeso, porque se añade intencionadamente durante el proceso de fabricación.
- Se emplea como elemento desoxidante complementario del manganeso con objeto de evitar que aparezcan en el acero los poros y otros defectos internos. Los aceros pueden tener porcentajes variables de 0.20% a 0.34% de Si.

Aceros

- Composición
 - Aleaciones
 - Silicio



- Se emplean aceros de 1% a 4.5% de Si y bajo porcentaje de carbono para la fabricación de chapas magnéticas, ya que esos aceros, en presencia de campos magnéticos variables, dan lugar solo a pérdidas magnéticas muy pequeñas, debido a que el silicio aumenta mucho su resistividad.

Aceros

- Composición
 - Aleaciones

Wolframio (Tungsteno)



- Aceros rápidos entre 9-18% de wolframio y cantidades variables de cromo, vanadio y molibdeno y C entre 0.3-0.7% aproximadamente
- Aceros para trabajos en caliente, el W mantienen la dureza de los aceros a elevada temperatura.
- Evita que se desafilen o ablanden las herramientas, aunque lleguen a calentarse a 500° o 600°

Aceros

- Composición
 - Aleaciones

Wolframio (Tungsteno)



- El Wolframio se disuelve ligeramente en la ferrita y tiene una gran tendencia a formar carburos.
- Estos carburos de Wolframio tienen gran estabilidad y son muy importantes en los aceros pues dan propiedades muy especiales.

Aceros

- Composición
 - Aleaciones
 - Vanadio



- Se emplea principalmente para la fabricación de aceros de herramientas.
- Es un elemento desoxidante muy fuerte y tiene una gran tendencia a formar carburos.
- Una característica de los aceros con vanadio, es su gran resistencia al ablandamiento
- Aumenta la velocidad de corte en aceros para herramientas (f-5000).

Aceros

- Composición
 - Aleaciones
 - Cobalto



- Se emplea casi exclusivamente en los aceros rápidos de más alta calidad. Este elemento al ser incorporado en los aceros, se combina con la ferrita, aumentando su dureza y su resistencia.
- El cobalto se suele emplear en los aceros rápidos al Wolframio de máxima calidad en porcentajes variables de 3% a 10%

Aceros

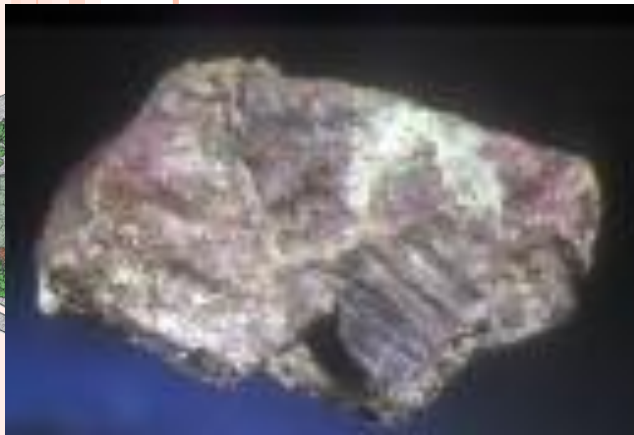
- Composición
 - Aleaciones
- Titanio



- Se suele añadir pequeñas cantidades de titanio a algunos aceros muy especiales para desoxidar y afinar el grano. El titanio tiene gran tendencia a formar carburos y a combinarse con el nitrógeno.

Aceros

- Composición
 - Aleaciones
 - Cobre

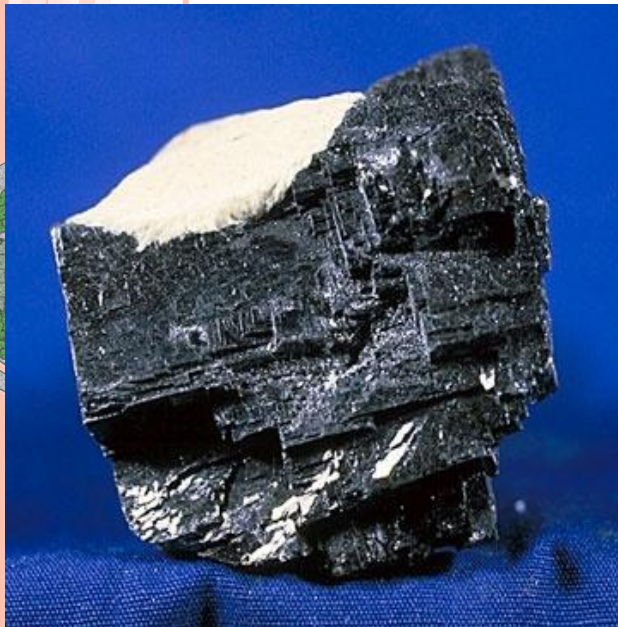


- El cobre se suele emplear para mejorar la resistencia a la corrosión de ciertos aceros de 0.15 a 0.30% de carbono, que se usan para grandes construcciones metálicas.
- Se suele emplear contenidos en cobre variables de 0.40 a 0.50%.

Aceros

- Composición
 - Aleaciones

Cobre



- Favorece el mecanizado por arranque de viruta (torneado, taladrado, fresado, etc.) Ya que el plomo hace de lubricante de corte. Se emplea en proporciones entre 0,15% y 0,30%.
- Si sobrepasa el 0,50%, disminuye la tenacidad en caliente dificultando el templado.
- Se lo emplea para impedir las oxidaciones de piezas metálicas.
- En la industria, se usa para la protección para los rayos x y otras radiaciones en centrales nucleares.

Aceros

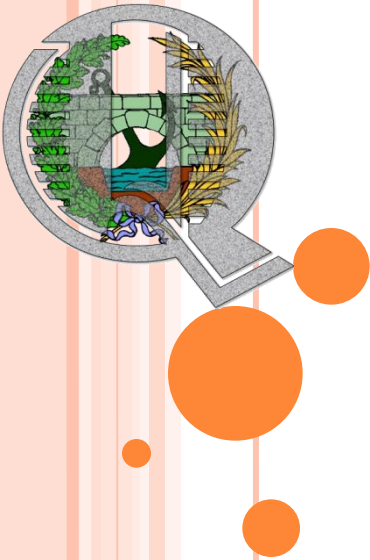
- Composición
 - Aleaciones
 - Aluminio

- Se suelen añadir pequeñas proporciones de aluminio de cara a mantener constantes las propiedades mecánicas (sobre todo el alargamiento) en largos períodos de almacenaje (calmado al aluminio).



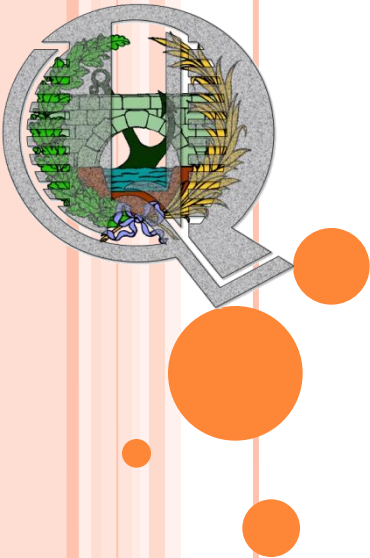
Aceros

- Clasificación
 - Manufactura
 - Uso
 - Contenido de carbono
 - Composición
 - Norma técnica



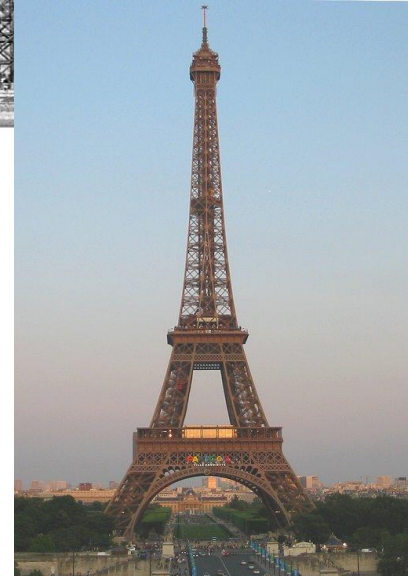
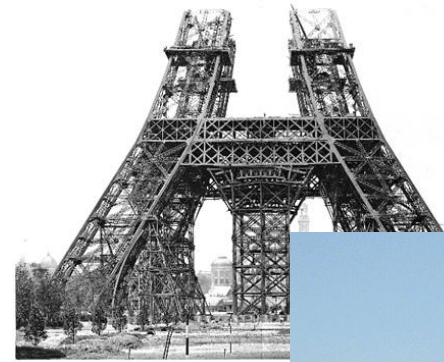
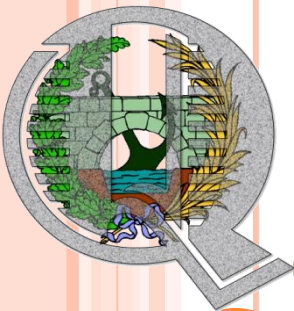
Aceros

- Clasificación
 - Manufactura
 - Acero de horno abierto
 - Acero de horno eléctrico
 - Acero Bessemer
 - Acero de crisol, etc.



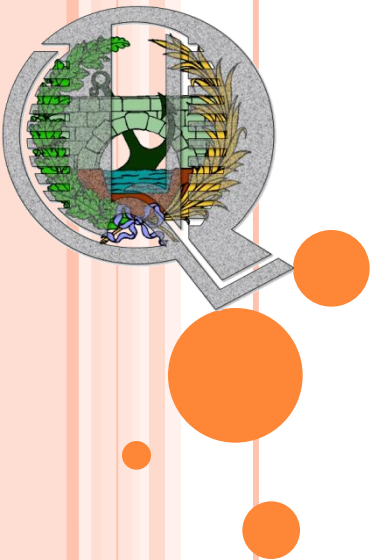
Aceros

- Clasificación
 - Uso
 - Acero para máquinas
 - Acero para resortes
 - Acero para calderas
 - Acero estructural
 - Acero para herramientas



Aceros

- Clasificación
 - Contenido de C
 - De bajo contenido de Carbono (%C < 0.25 aprox.)
 - De medio contenido de Carbono (%C entre 0,25 y 0,60 aprox.)
 - De alto contenido de Carbono (%C entre 0,6 y 1,2 aprox.)
 - Ultra alto contenido de Carbono (%C entre 1,2 y 2,1)



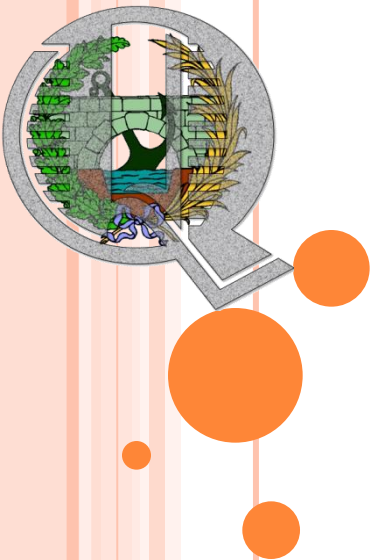
Aceros

- Clasificación

- Contenido de C

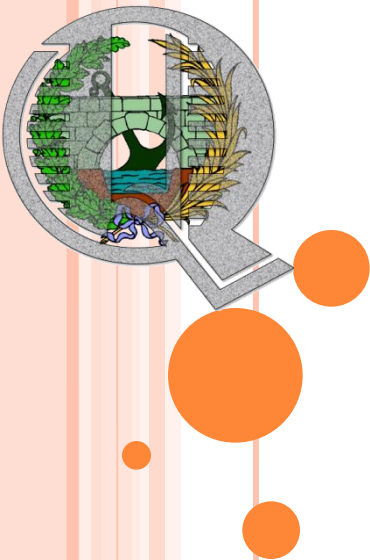
- De bajo contenido de Carbono (%C<0.25 aprox.)

- Son fácilmente deformables, cortables, maleables, maquinables, soldables; en una palabra, son muy "trabajables". Muy económicos.
 - Por eso, con estos aceros se hacen gran cantidad de láminas, tornillos, remaches, bujes, puertas, ventanas, muebles, cerchas, tuberías, perfilería etc.
 - Además, con ellos se fabrican buenas varillas para refuerzo de concreto, las estructuras de edificios y puentes que no requieran alto desempeño, la carrocería de los automóviles y las corazas de los barcos. Son los más económicos y de mayor producción.
 - En general se usan en piezas que no requieran alto desempeño



Aceros

- Clasificación
 - Contenido de C
 - De medio contenido de Carbono (%Centre 0.25 y 0.60 aprox.)
 - Se emplean cuando se quiere mayor resistencia, pues siguen manteniendo un buen comportamiento dúctil aunque su soldadura ya requiere cuidados especiales. Puede ser forjado.
 - Obviamente son mas frágiles que los anteriores. Con estos aceros se hacen piezas para maquinarias que requieran mejores propiedades como ejes, engranes, cañones de fusil, hachas, azadones, picos, martillos, piezas de armas, tornillería más exigente, etc.

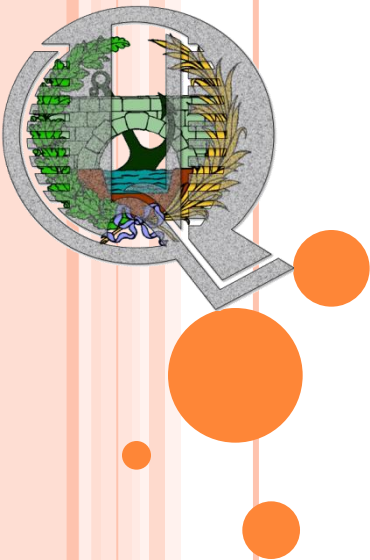


Aceros

- Clasificación

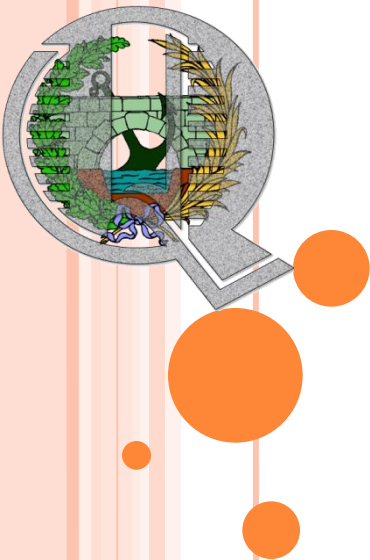
- Contenido de C

- De alto contenido de Carbono (%C entre 0,6 y 1,2 aprox.)
 - Presentan alta resistencia, son muy duros pero su fragilidad es alta y son difíciles de soldar.
 - Muchas herramientas son de acero de alto carbono: cinceles, limas, algunos machuelos, sierras, barras, etc. pero teniendo en cuenta que conllevan un tratamiento térmico para modificar su fragilidad. Los rieles de ferrocarril también se fabrican con aceros de ese tipo.



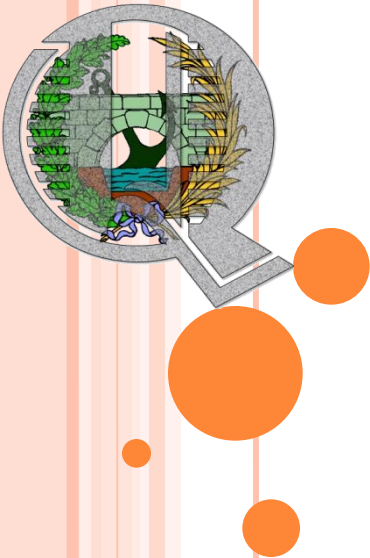
Aceros

- Clasificación
 - Contenido de C
 - De ultra alto contenido de Carbono (%C entre 1.2 y 2.1)
 - A pesar de que se han usado desde tiempos remotos sobre todo por los árabes(aceros de Damasco) sólo se ha comprendido recientemente su formulación. Se han utilizado principalmente para la fabricación de espadas, sables, cuchillos etc. Requieren un proceso especial.



Aceros

- Clasificación
 - Composición
 - De baja aleación (los elementos especiales de aleación suman menos del 8%)
 - De alta aleación (arriba del 8%)

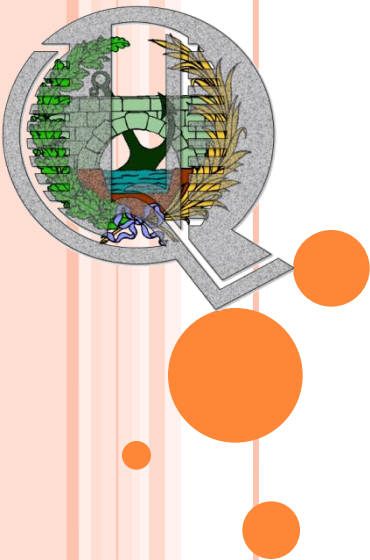


Aceros

- Clasificación

- Composición

- Aceros al níquel. Son aceros inoxidable y magnéticos. El níquel aumenta la carga de rotura, el límite de elasticidad, el alargamiento y la resistencia al choque o resiliencia, a la par que disminuye las dilataciones por efecto del calor. Cuando contienen del 10% al 15% de níquel se templen aun si se los enfría lentamente.
 - Aceros al cromo. El cromo comunica dureza y una mayor penetración del temple, por lo que pueden ser templados al aceite. Los aceros con 1,15% a 1,30% de carbono y con 0,80% a 1% de cromo son utilizados para la fabricación de láminas debido a su gran dureza, y en pequeña escala los que tienen 0,3% a 0,4% de carbono y 1% de cromo.
 - Aceros al cromo-níquel. De uso más corriente que el primero, se usan en la proporción de carbono hasta 0,10%, cromo 0,70% y níquel 3%; o carbono hasta 15%, cromo 1% y níquel 4%, como aceros de cementación. Los aceros para temple en aceite se emplean con diversas proporciones; uno de uso corriente sería el que tiene carbono 0,30%, cromo 0,7% y níquel 3%.

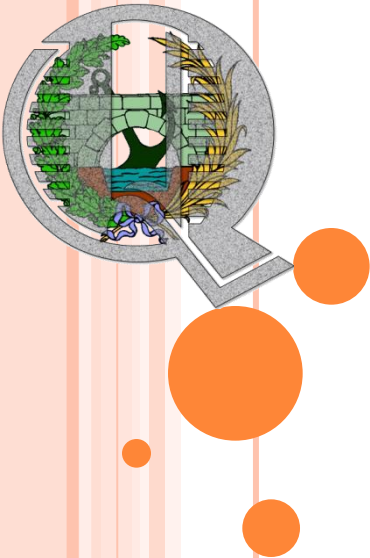


Aceros

- Clasificación

- Composición

- Aceros al cromo-molibdeno. Son aceros más fáciles de trabajar que los otros con las máquinas herramientas. El molibdeno comunica una gran penetración del temple en los aceros; se emplean cada vez más en construcción, tendiendo a la sustitución del acero al níquel. De los tipos más corrientes tenemos los de carbono 0,10% , cromo 1% y molibdeno 0,2% y el de carbono 0,3%, cromo 1% y molibdeno 0,2%; entre estos dos ejemplos hay muchos otros cuya composición varía según su empleo.
 - Aceros al cromo-níquel molibdeno. Son aceros de muy buena característica mecánica. Un ejemplo de mucha aplicación es el que tiene carbono 0,15% a 0,2%, cromo 1% a 1,25%, níquel 4% y molibdeno 0,5%.

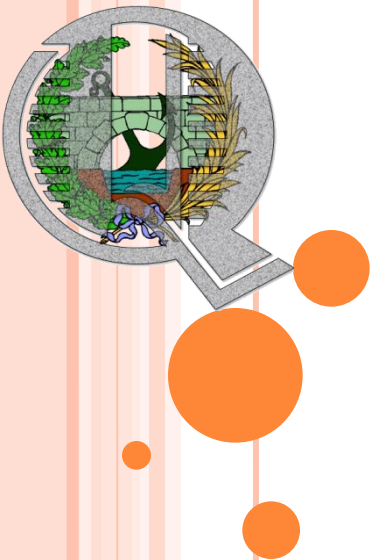


Aceros

- Clasificación

- Composición

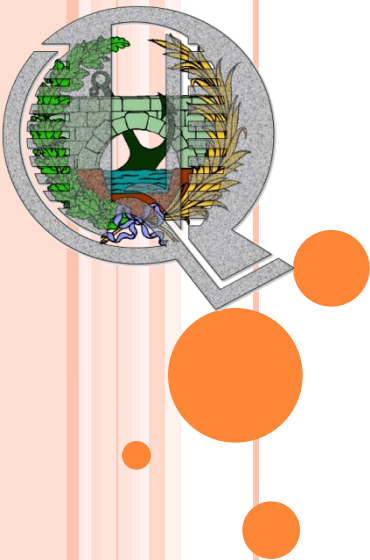
- Aceros inoxidables. Los aceros inoxidables son los resistentes a la acción de los agentes atmosféricos y químicos. Los primeros que se fabricaron fueron para la cuchillería, con la proporción de 13% a 14% de cromo. Otros aceros fueron destinados a la fabricación de aparatos de cirugía, con la proporción de 18% a 20% de cromo y 8% a 10% de níquel; son también resistentes a la acción del agua de mar. Un acero de gran resistencia a la oxidación en caliente es el que tiene 20% a 30% de cromo y 5% de aluminio.
 - Aceros anticorrosivos. Estos son aceros soldados de alta resistencia y bajo tenor de sus componentes de aleación: carbono, silicio, azufre, manganeso, fósforo, níquel o vanadio, cromo y cobre. A la intemperie se cubren de un óxido que impide la corrosión interior, lo que permite se los pueda utilizar sin otra protección. Como resultado de ensayos efectuados por algo más de diez años, se ha establecido que su resistencia a los agentes atmosféricos es de cuatro a ocho veces mayor que los del acero común al carbono



Aceros

- Clasificación
 - Norma técnica

La norma UNE 36001 clasifica las aleaciones férricas según las denominadas series F; a los aceros les corresponden las series F100 a F700, a las fundiciones la F800 y a otras aleaciones férricas la F900.



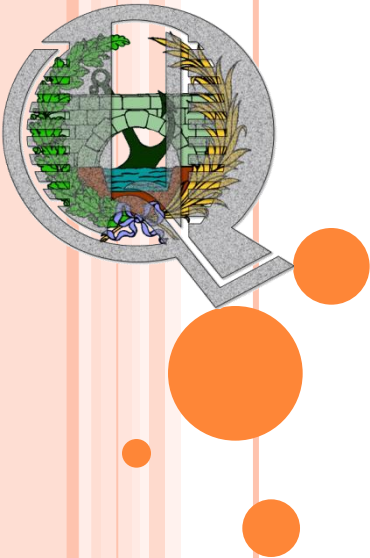
Aceros

- Clasificación

- Norma técnica

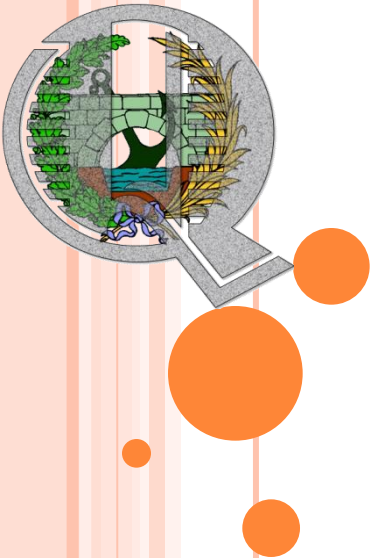
- Aceros para construcción (F100) (engloba la mayoría de aceros de uso genérico)

- Aceros al carbono (F110) son los más genéricos
 - Aceros aleados de temple y revenido (F120) soportan grandes esfuerzos
 - Aceros para rodamientos (F130) presentan alto contenido de Cromo que los hace resistentes al rozamiento
 - Aceros para muelles (F140) presentan una elevada elasticidad
 - Aceros de cementación (F150) se emplean en la construcción de engranajes por su resistencia y tenacidad
 - Aceros de nitruración y cianuración (F170) son duros por fuera y tenaces por dentro

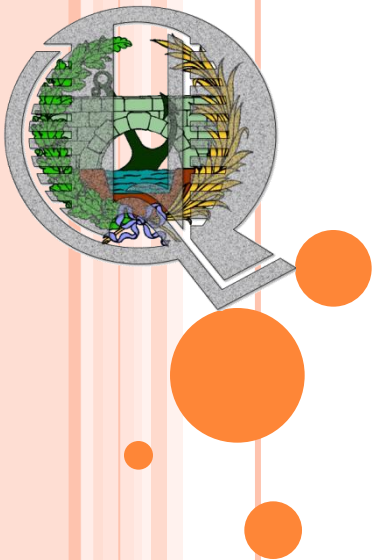


Aceros

- Clasificación
 - Norma técnica
 - Aceros especiales (F200) presentan ciertas propiedades concretas.
 - Aceros de fácil mecanizado (F210)
 - Aceros de fácil soldadura (F220)
 - Aceros con propiedades magnéticas (F230)
 - Aceros de alta y baja dilatación (F240)
 - Aceros de resistencia a la fluencia (F250)
 - Aceros inoxidable y anticorrosión (F300)
 - Aceros inoxidable (F310)
 - Aceros de emergencia (F400)
 - Aceros de alta resistencia (F410)
 - Aceros para cementar (F430)



Hierro dulce



Hierro Dulce

- Hierro de fibra natural, de elevada resistencia a la corrosión.
- También llamado hierro forjado, hierro pudelado, hierro suave.
- Contiene menos del 0,1% de C
- Comúnmente producido mediante el proceso de pudelado y el proceso Aston.

C < 0.03%

Si \approx 0.13%

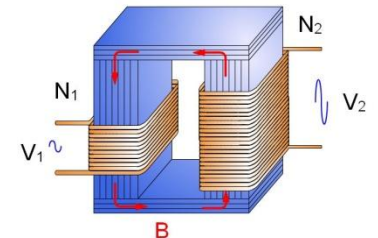
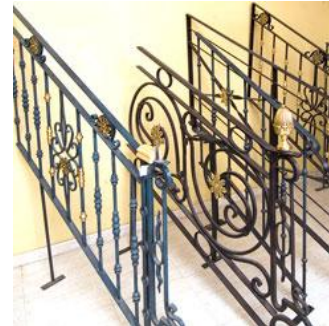
S < 0.02%

P \approx 0.18%

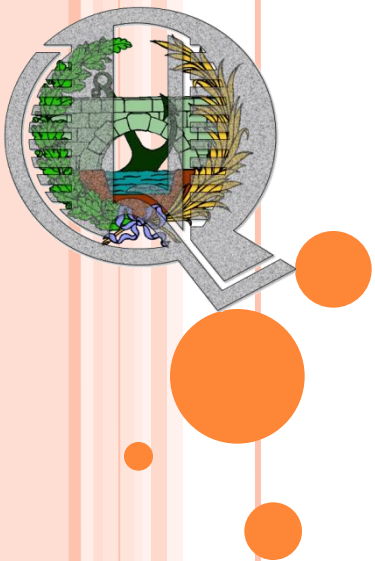


Hierro Dulce

- Facilidad para ser soldado
- Alta ductilidad
- Aplicaciones
 - Producción de tubos, remaches, placas
 - Productos sometidos al deterioro por oxidación
 - Fabricar electroimanes

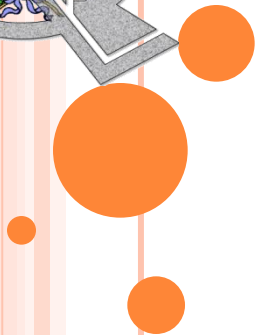
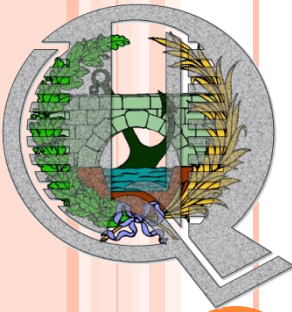


Fundiciones



Fundiciones

- Tipos
 - Fundición gris
Presenta el C en forma de grafito laminar
 - Fundición blanca
Presenta el carbono en forma de carburo de hierro Fe_3C (cementita) de color blanco
 - Fundición atruchada
Propiedades mezcla de las anteriores
 - Fundición de grafito esferoidal o nodular
por adición de Cerio o Mg



Fundiciones

- Tipos

- Fundición maleable perlítica

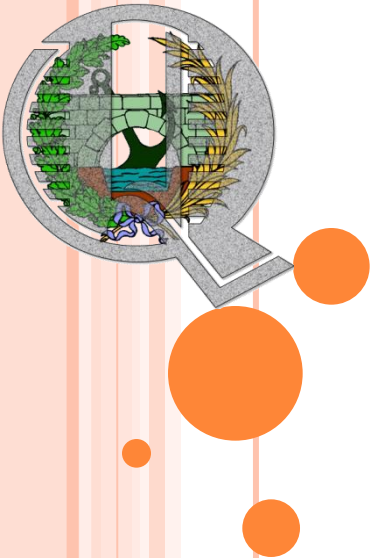
Mediante recocido a 900° C de la fundición blanca se produce su descarburación (de 2-4% a 1-1.5%), eliminando la fragilidad, aumentando la resistencia a tracción.

- Fundición maleable blanca

El C de la cementita ha desaparecido total o parcialmente

- Fundición maleable negra

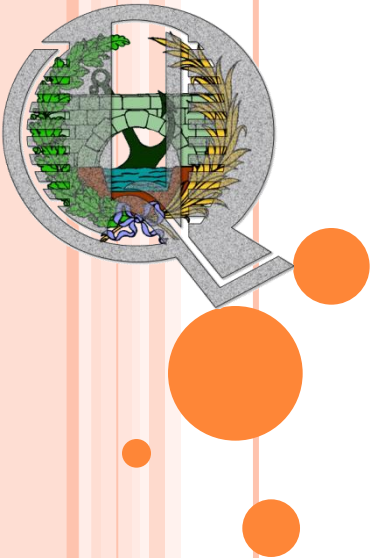
El C de la cementita precipita en copos de grafito



Fundiciones

- Tipos
 - Fundición gris

La mayor parte del contenido de carbono en el hierro gris se da en forma de escamas o láminas de grafito, las cuales dan al hierro su color y sus propiedades deseables. El hierro gris es fácil de maquinar, tiene alta capacidad de templado y buena fluidez para el colado, pero es quebradizo y de baja resistencia a la tracción.

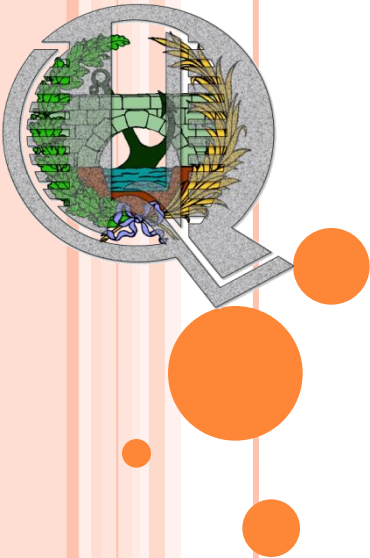


Aumento de 200x

Fundiciones

- Tipos
 - Fundición blanca

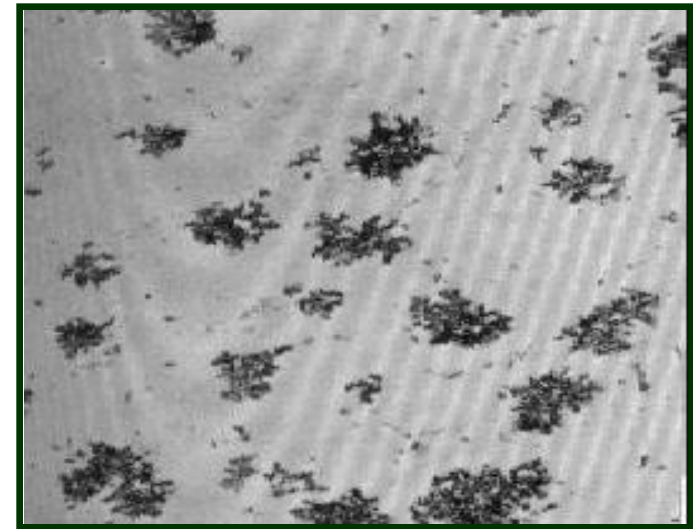
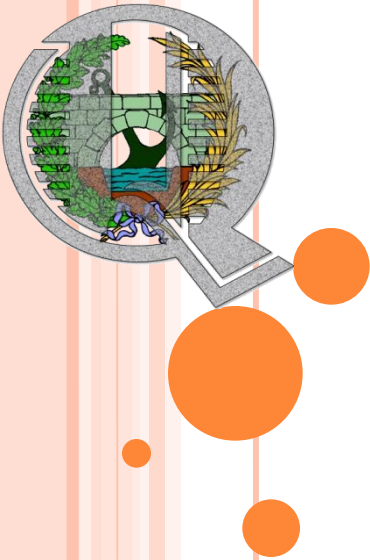
Se forma al enfriar rápidamente la fundición de hierro desde el estado líquido, durante el enfriamiento, la austenita solidifica a partir de la aleación fundida en forma de dendritas. A los 1130°C el líquido alcanza la composición eutéctica ($4.3\%\text{C}$) y se solidifica como un eutéctico de austenita y cementita llamado ledeburita. Este eutéctico aparece en su mayor parte como cementita blanca que rodea las dendritas. Posteriormente en el punto eutectoide la austenita se transforma en perlita. La fundición blanca se utiliza en cuerpos molidores por su gran resistencia al desgaste. Es muy dura, pero frágil. Es difícil de mecanizar por su dureza.



Fundiciones

- Tipos
 - Fundición maleable

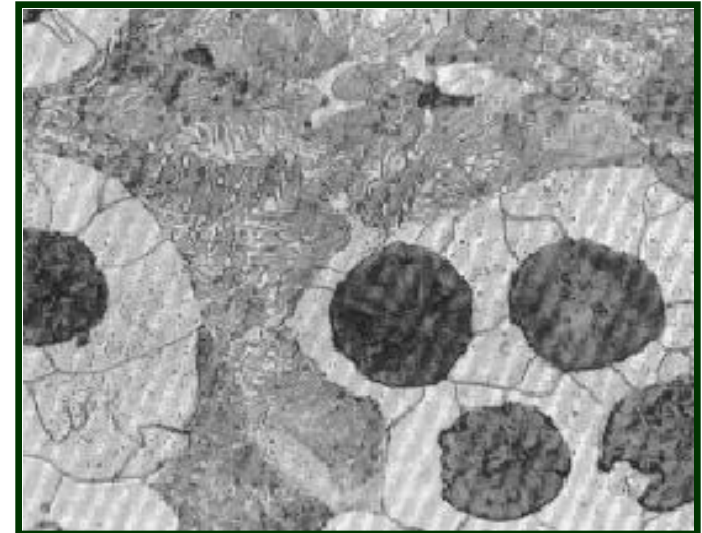
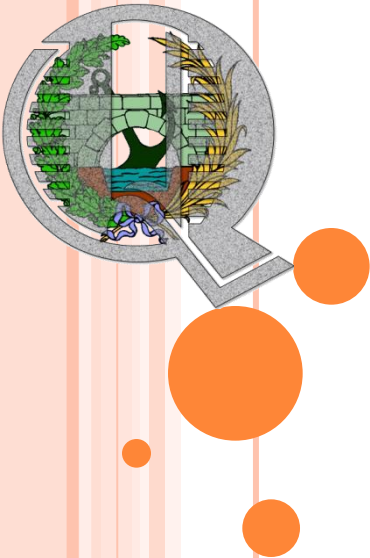
Los hierros maleables son tipos especiales de hierros producidos por el tratamiento térmico de la fundición blanca. Se somete la fundición blanca 72 horas a 850 a 1050°C . El carbono queda libre en forma de crispetas (grafito) y puede estar sobre diferentes matrices (ferrítica, perlítica, martensítica).



Fundiciones

- Tipos
 - Fundición nodular

En la fundición nodular la mayor parte del contenido de carbono tiene forma de esferoides. Para producir la estructura nodular el hierro fundido que sale del horno se inocula con una pequeña cantidad de materiales como magnesio, cerio, o ambos. Esta microestructura produce propiedades deseables como alta ductilidad, resistencia, buen maquinado, buena fluidez para la colada, buena endurecibilidad y tenacidad. No puede ser tan dura como la fundición blanca, salvo que la sometan a un tratamiento térmico, superficial, especial.



Vocabulario

- Arrabio: material fundido que se obtiene en el alto horno
- Colada: etapa de una fundición en donde se vierte el material fundido en un molde
- Coque: Combustible sólido, ligero y poroso que resulta de calcinar ciertas clases de carbón mineral
- Escoria: son un subproducto de la fundición de la mena para purificar los metales
- Etalaje: Parte de la cavidad de la cuba de los hornos altos, inferior al vientre y encima de la obra
- Palanquilla: El forjado en barras de sección cuadrada de cuatro centímetros de lado
- Refractario: Que resiste la acción del fuego sin alterarse

