

# Producción de arrabio o como funciona un alto horno



En la actualidad, los productos ferrosos se obtienen casi en su totalidad, de dos maneras diferentes dependiendo de la materia prima empleada. Estos dos procedimientos son a través del alto horno (usando mineral de hierro) y a través del [horno eléctrico](#) (empleando chatarra). Nosotros únicamente estudiaremos el primero de ellos, pero si estáis interesados en como se obtiene el acero en un horno eléctrico os recomiendo que veáis el video [Así se hace el acero](#).

## Materia prima para la fabricación de arrabio

Aunque el horno eléctrico emplea otras [materias de partida](#), las materias primas para la producción de [arrabio](#) en un alto horno son básicamente 3:



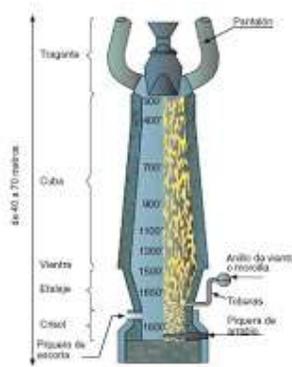
- **Mineral de hierro:** El hierro es el metal más abundante de la corteza terrestre tras el aluminio (bauxita). Se encuentra. En la naturaleza se encuentra combinado en formando diferentes minerales siendo de interés industrial únicamente 3 de ellos: la magnetita, los hematítes y la siderita. En yacimientos, el mineral útil ([mena](#)) está acompañado de impurezas y minerales que no son útiles ([ganga](#)) para la [siderurgia](#), por lo que antes de comenzar el proceso siderúrgico hay que someterlo a una serie de tratamientos:
  - Tratamientos mecánicos (cribado, triturado y molienda): para facilitar tratamientos posteriores.
  - Tratamientos de separación (hidrodinámicos, por flotación y/o por arrastre): para concentrar la mena separándola de la ganga.
  - Tratamientos térmicos (calcinación y tostación): para facilitar reducciones (reacciones químicas) posteriores y eliminar impurezas volátiles.
  - Tratamientos de aglomeración (briqueteado, nodulación, siterización y pelletización): para aglomerar los finos y evitar el bloqueo de los

intersticios o huecos en el interior de los altos hornos.



- **Coque siderúrgico:** es el residuo sólido obtenido de la destilación o combustión en ausencia de aire (pirólisis) de mezclas de hasta 12 carbones. De esta forma se obtiene un combustible sólido compuesto en un 90-95% de carbono. Sus funciones son:
  - Combustible: al reaccionar con el oxígeno del aire que entra en el alto horno a través de las toberas aporta el calor necesario para fundir la mena.
  - Reductor: aporta el monóxido de carbono responsable de la reducción del hierro. Una pequeña parte reacciona con el hierro fundido.
  - Soporte: de la carga en el interior del alto horno facilitando la combustión y el tránsito del hierro y escoria en sentido descendente y de los gases en sentido ascendente.
- **Fundente:**
  - Su función es combinarse con la ganga y con las impurezas impidiendo la formación de compuestos de hierro indeseados de alto punto de fusión. La cantidad de fundente y su naturaleza debe establecerse con mucho cuidado, dependiendo de la naturaleza y composición de la ganga y la proporción de impurezas. Generalmente se emplea piedra caliza (cal) que evita la formación de silicatos de hierro (de alto punto de fusión), formando silicato cálcico que tras fundirse flota sobre el arrabio líquido y se elimina a través de la bigotera junto con otras impurezas formando la **escoria**. La escoria formada sirve para la fabricación de cementos, lana de escoria, fertilizantes...

**Obtención del arrabio: alto horno**



Aunque existen otros métodos, el método más empleado para su obtención es por reducción química de los óxidos de hierro en un **alto horno** (su nombre correcto es horno alto), debido a su bajo costo, alta productividad y alto rendimiento térmico.

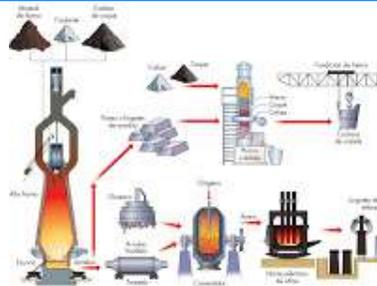
Un alto horno es un horno especial recubierto de material refractario (capaz de soportar altas temperaturas) en el que tienen lugar la fusión de los minerales de hierro y la transformación química de éstos en el llamado *fundición de primera fusión* o, en la terminología siderúrgica, *arrabio*, con un contenido en carbono del 2.6-4.3% en carbono. Un alto horno es una planta química en forma de columna de una altura entorno los 20-30 m, en el que el diámetro aumenta desde su parte superior (**tragante**) hasta alcanzar el máximo (**vientre**) conformando la **cuba**. Desde el vientre su diámetro disminuye en la zona llamada **etalaje** hasta hacerse cilíndrico en la **obra**, cuya parte inferior se llama **crisol**. El crisol dispone de dos orificios de salida, uno (**bigotera**) por encima del otro (**piquera**) para la evacuación de la **escoria** y el **arrabio**, respectivamente. Los gases calientes que salen por la parte superior del horno, contienen dióxido y monóxido de carbono y óxidos de azufre que arden con facilidad, por lo que se queman en otros hornos especiales (estufas Cowper) para calentar el aire que se introduce en el alto horno a través de una serie de conducciones (**toberas**) por encima de la **bigotera**.





Las cargas (mena de hierro, coque y fundente) se introducen a intervalos regulares a través de los tragantes, con dispositivos de doble campana para no dejar escapar los gases del interior del horno. A medida que las cargas comienzan su camino descendente, se producen diferentes reacciones entre éstas y los gases ascendentes. Primero se produce la **deshidratación** en la parte superior de la cuba; y después la **reducción** en la parte inferior de la cuba. En el etalaje, el hierro comienza a fundirse (zona de **fusión**) y a combinarse en cierto grado con el carbón de coque (zona de **carburación**). Tras alcanzar el crisol, el arrabio se sangra (*sangrado de alto horno o colada*) a través de la piqueta hacia las lingoteras (para obtener los lingotes de primera fusión, al enfriarse) o hacia las cucharas (recipientes de acero recubiertos interiormente de material refractario) manteniéndose el arrabio en estado líquido.

## Obtención de acero y fundiciones



En la entrada de [producción de arrabio](#) hemos visto cuales son los materiales de partida y el funcionamiento de un alto horno para convertir la mena de hierro en arrabio, con un alto contenido en hierro, pero con algunas impurezas (0.6-1.2% de silicio, cerca de un 0.2% de fósforo, 0.4-2% de manganeso y cerca de un 0.03% de azufre, entre otros). Una pequeña parte del arrabio producido se destina directamente al moldeo de primera fusión (fundiciones moldeadas). La mayor parte se destina a la fabricación de acero (transportado en estado líquido hacia la planta que lo fabrica), y el resto se cuela en lingoteras para ser sometido a una nueva fusión para obtener las fundiciones de segunda fusión.

Aunque la mayor parte del oxígeno de los óxidos de hierro ya ha sido removido en el alto horno, el arrabio aún contiene demasiado carbono y demasiadas impurezas (silicio, fósforo, manganeso....) que lo hace demasiado frágil y poco adecuado para la fabricación de objetos tecnológicos; siendo necesario su purificación en un proceso que tiene como principales objetivos:

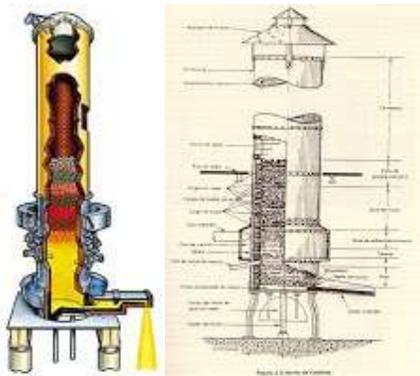
- Reducir el contenido en carbono
- Eliminar impurezas

- Añadir otros elementos que les confiera las características o propiedades deseadas.

Básicamente, el proceso de refinación consiste en un proceso de oxidación, llamado afino. Dicha operación puede lograrse con el oxígeno de aire y óxidos férricos en forma de chatarra. Así, al oxidarse (quemarse) el carbono con el aire se libera monóxido y dióxido de carbono escapando ambos en forma de gas, mientras que el silicio, el manganeso y el fósforo forman óxidos que se escapan con la escoria.

Una dificultad para la fabricación de los derivados del arrabio es su alto punto de fusión (1400-1500°C) lo que impide que el proceso de refinado sea llevado a cabo en hornos convencionales.

### Obtención de fundiciones



El horno más empleado para afinar las fundiciones es el [horno de cubilote](#), los cuales permiten la adición de otros elementos. Estos hornos, son de cuba cilíndrica recubiertos interiormente por material refractario donde se carga el arrabio y el combustible (normalmente coque) a través de aberturas laterales introduciéndose aire por las toberas que rodean el horno por encima del crisol, situado en la parte inferior.

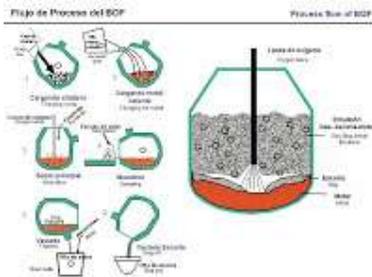
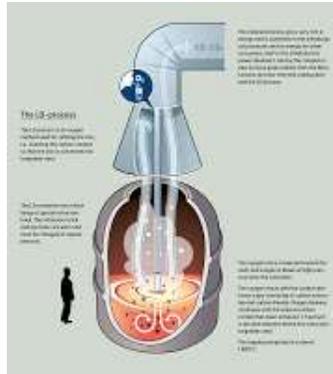
Este tipo de equipo es muy parecido al alto horno, sólo que sus dimensiones disminuyen notablemente. Debido al contacto directo entre el metal, las cenizas y el oxígeno el acero colado producido no puede ser rigurosamente controlado desde el punto de vista metalúrgico.

### Obtención de acero

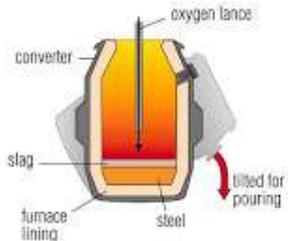
En el afino del arrabio se emplean los siguientes materiales de partida:

- **Arrabio:** procedente del alto horno suele transportarse en estado fundido.
- **Chatarra:** aporta óxidos de hierro.
- **Fundentes:** con las mismas funciones que en el alto horno, y la cuál conllevará la formación de escoria.
- **Ferroaleaciones:** aleaciones con altos contenidos en otros elementos (cromo, boro, wolframio, molibdeno, cobre, níquel...) para aportar nuevas propiedades y facilitar tratamientos posteriores del acero (como por ejemplo el temple).

A lo largo de la historia se han desarrollado diferentes tipos de hornos o convertidores (horno de hogar abierto, horno **Martin-Siemens**, **convertidores Thomas-Bessemer**, **hornos de arco eléctrico**, **hornos de inducción**) siendo el horno de oxígeno básico, LD o BOF el más usado para el tratamiento de arrabios.



El convertidor LD consta de una cubeta vasculante de acero recubierta interiormente de material refractario. En posición inclinada se carga el arrabio líquido y la chatarra (25%). A continuación, en posición vertical, se hace descender una lanza de oxígeno puro o de oxígeno disuelto en argón refrigerado durante unos 20 min, al mismo tiempo que se añade el fundente.



Al lanzar el oxígeno se producen una serie de reacciones de oxidación (no voy a entrar en ellas) que altamente exotérmicas (desprenden mucho calor), por lo que no precisa de combustible. Tras cesar el aporte de oxígeno, se obtiene una muestra del metal fundido, la cual se somete a análisis para determinar su composición. De acuerdo con los resultados, se puede añadir más oxígeno, inyectándolo o más mineral. Cuando se obtiene la composición deseada, se elimina la escoria inclinando el horno, se vierte el acero en una cuchara y se añade carbón (normalmente antracita) y/o las ferroaleaciones para ajustar la composición fina y producir aceros con diferentes propiedades. Las ventajas de este convertidor frente a otros son que proporciona aceros de alta calidad con bajos contenidos en carbono, dosajes exactos, bajos costes, altos rendimientos y todo ello en un espacio corto de tiempo.

## Colada

