



CAPÍTULO 6: ALEACIONES HIERRO - CARBONO (Diagrama Hierro - Carbono)

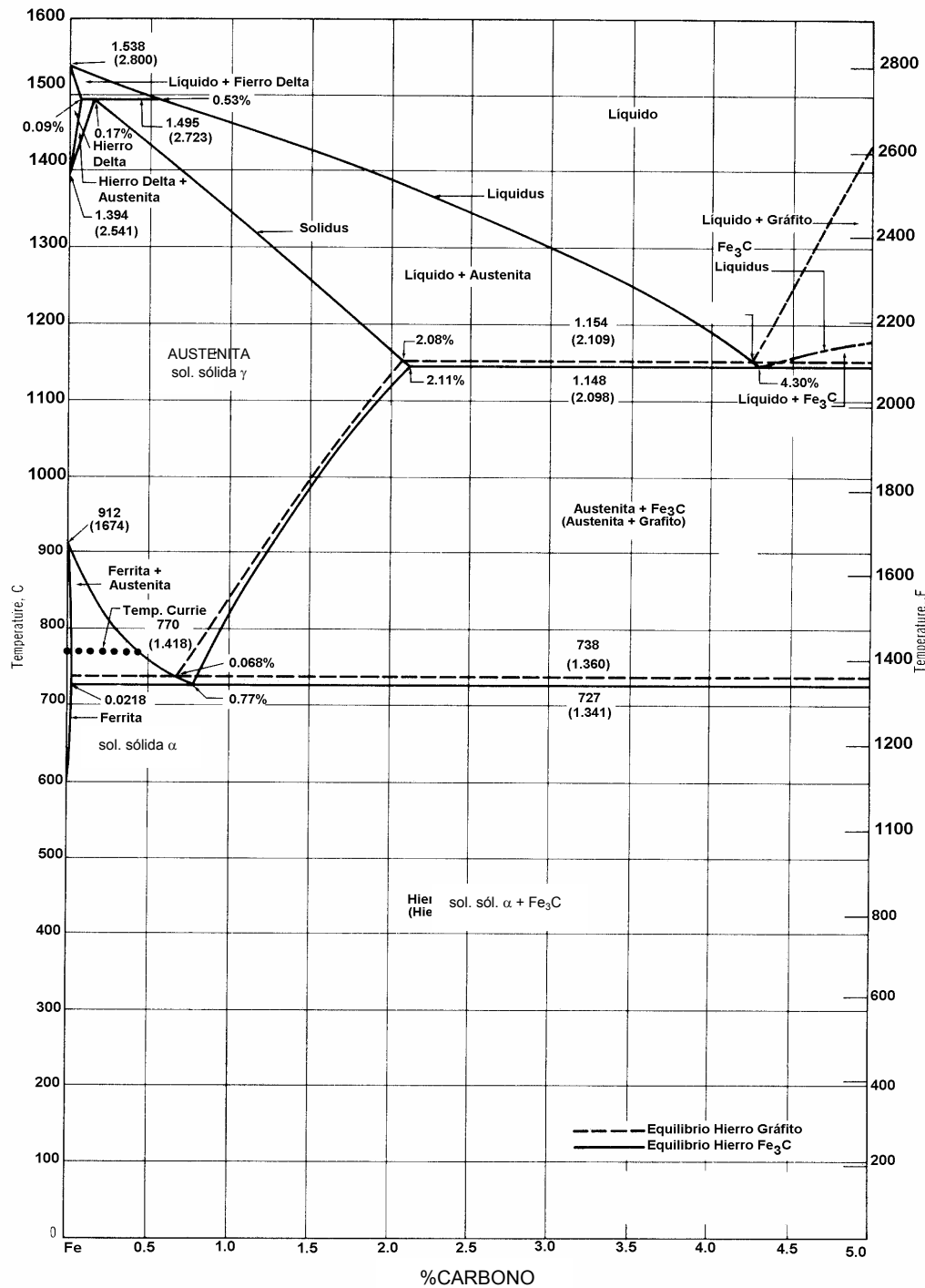
6.1. INTRODUCCIÓN

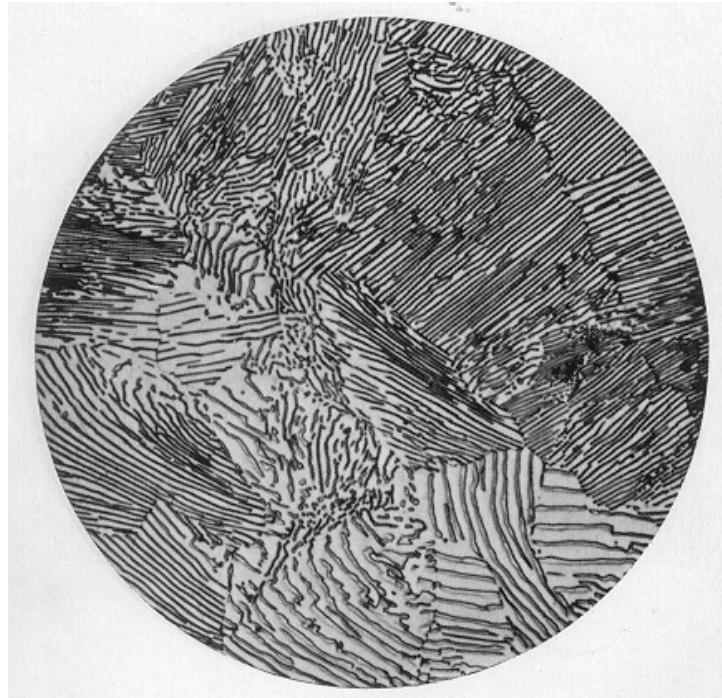
Todas las posibles aleaciones Hierro - Carbono y sus “formas” con la temperatura están representadas en lo que se llama el “Diagrama de Equilibrio de Fases Sistema **Hierro Carbono**”. (ver gráfico). Con la porción del Diagrama hasta 5% en peso del carbono.

En este diagrama vemos lo siguiente. El punto de fusión del hierro puro (0% C) es 1538° C y luego que se agrega carbono disminuye el punto de fusión de la aleación hasta llegar a 1154° C cuando contiene 4.3% Carbono (ó 4.26%C) y luego con mayor cantidad de carbono vuelve a subir el punto de fusión. Por esa razón ese punto mínimo se llama “eutéctico” del griego “fácil fusión” y es muy importante para poder licuar el metal y verterlo en moldes.

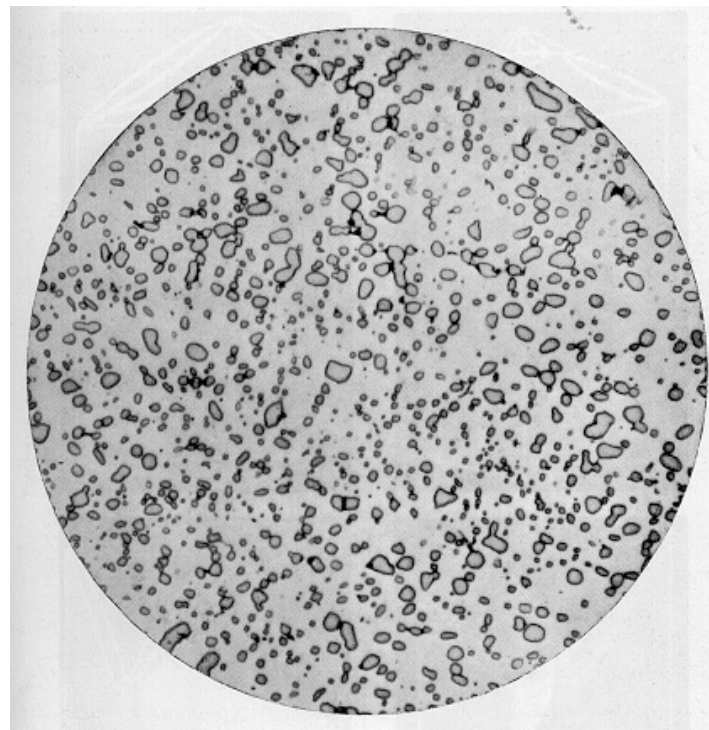
Otro aspecto importante es el que se refiere a la máxima solubilidad de carbono en la red de hierro (sólido) que se produce a 1148° C y es de 2.11% C. Nótese que el hierro entre la temperatura 1394° y 912° C, se llama **hierro gama** y corresponde a la forma cristalina de cubo de caras centradas. El hierro en esa forma cristalina tiene los huecos más grandes en la red, pudiendo así acomodar los átomos de carbono con distorsión no tan pronunciada como es el caso de la forma cristalina cubo de cuerpo centrado llamada **hierro alfa**, razón por la cual el Fe_{γ} disuelve mayor cantidad de carbono que el Fe_{α} . Esta disolución se refiere a aceptar el carbono en su red y formar una fase totalmente homogénea, tal como la disolución de la sal en el agua. Se puede introducir más carbono en el hierro líquido pero al enfriar, éste expulsa el exceso de carbono de la red ya sea en forma de carbono puro (forma cristalina compleja llamada **grafito**) u otras veces en forma de un compuesto de hierro rico en carbono, un carburo muy duro llamado **cementita** con la siguiente fórmula química Fe_3C . Esto es igual que al enfriar una solución de agua con sal, ésta alcanza el límite de solubilidad de la sal con el agua, ya que ésta disminuye con la temperatura, y la sal precipita al ser expulsada de la solución.

Aquí vemos que el exceso de carbono puede precipitar en dos formas, y esto es lo que está representado en el diagrama, la línea de segmentos se refiere a cuando precipita grafito y la línea sólida a cuando precipita Fe_3C . El sistema Fe- Fe_3C es muy importante, porque cuando hay menos cantidad de carbono, menos de 2% las aleaciones contienen el carbono en forma de cementita y reciben el nombre de **ACEROS** y son posibles de deformar sin quebrarse. Cuando tienen mayor cantidad de carbono reciben el nombre de **FUNDICIONES**, en ellas el carbono en exceso precipita como grafito y aún más como láminas o escamas de grafito que interrumpen la red de hierro, tornándolos quebradizos.

DIAGRAMA DE EQUILIBRIO HIERRO-CARBONO**Figura 1: Diagrama Hierro-Carbono**

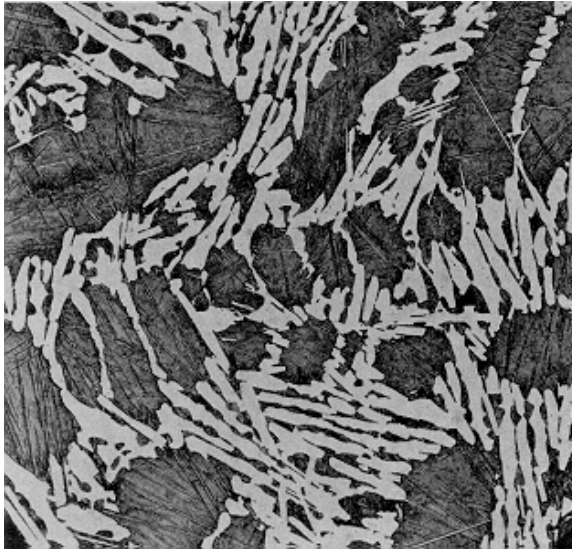


Micrografía a 1000X Fe + 0,8% C. con transformación total de Austenita a Perlita (ferrita y cementita laminar)

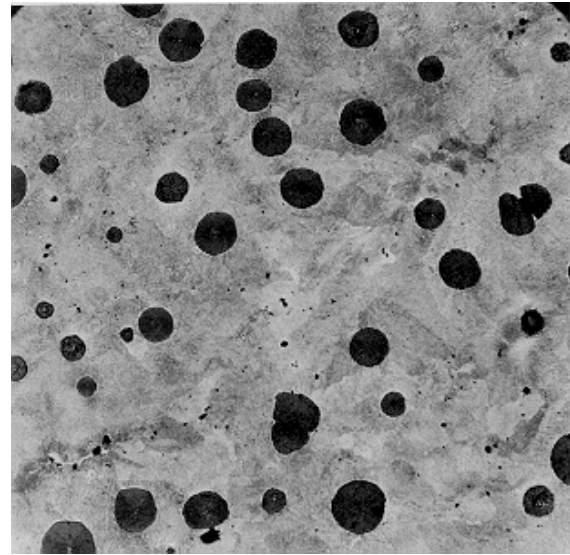


Micrografía a 1000X Fe + 0.8% C ferrita + cementita Globular

Figura 2: Microestructura de distintos aceros



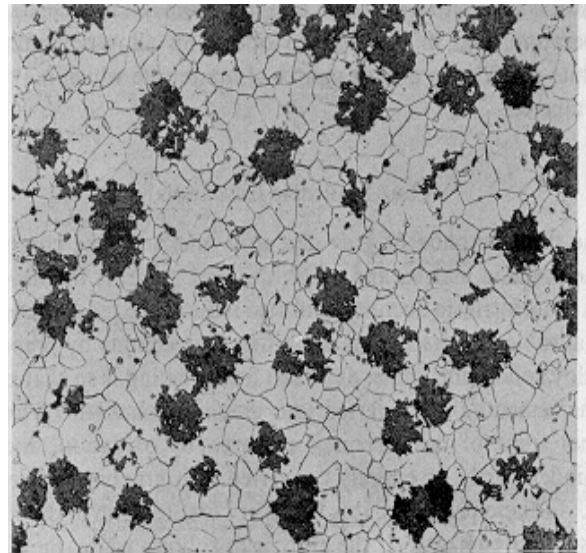
Placas de cementita eutéctica
FUNDICIÓN BLANCA 80X



Grafito en FUNDICIÓN GRIS 80X



FUNDICIÓN NODULAR 80X



FUNDICIÓN MALEABLE 80X

Figura 3: Microestructura de distintas Fundiciones

Como en el proceso de reducción de los minerales de hierro se disuelve hasta alrededor de 4% de carbono, **el hierro bruto o arrabio** es una fundición y es el producto que se obtiene del alto horno. (Ver capítulo **Siderurgia**)

Pero aún en las fundiciones el proceso de precipitación del carbono a grafito requiere tiempo, o sea, un enfriamiento más o menos lento, de lo contrario se produce **“fundición blanca”**, en ella el exceso de carbono está en forma de cementita. Cuando el carbono está en forma de grafito se llama **“Fundición Gris”**.



Este efecto del tiempo sobre las formas de distribución del carbono son muy importantes en el acero, pues en ellas se basa el endurecimiento del acero por **templado** o enfriamiento rápido. Se calienta el acero en el rango austenítico y luego se enfría bruscamente en agua o aceite, con ello en todas las partes que se enfriaron suficientemente rápido el carbono no tiene tiempo de salir de la red del hierro y queda aprisionado en exceso en la red de ferrita, esta ferrita con exceso de carbono se llama **Martensita** (en honor a Martens) y la dureza del acero se debe a la distorsión producida por el exceso de carbono, ya que la solubilidad máxima por el carbono en la ferrita es de solo 0.02% C. Por otro lado si se vuelve a calentar este acero templado o martensítico, empieza a salir el carbono lentamente, esto se llama **revenido** y se hace para disminuir la dureza del acero y no dejarlo tan frágil (o quebradizo) pudiendo llegar a obtener Ferrita + Cementina Globular. (Ver figura 2)

Históricamente, el primer hierro líquido obtenido por el hombre fue la fundición, o sea, hierro con alto carbono y es muy posible que haya sido fundición blanca, ya que no contenía tanto carbono como el arrabio que se obtiene hoy en día, con lo que tenía tendencia a formar cementita en gran cantidad, tornándose muy frágil, no forjable y luego inútil para su uso inmediato, razón por la cual fue rechazado. Pero en el siglo XVI se descubrió que al calentar este material mezclado con mineral de hierro se oxidaba el carbono de la **fundición** formando gas CO y se obtenía un producto que era forjable y recibió el nombre de **fundición maleable**.

