

TEMA 8 : ALEACIONES DE BASE HIERRO

Introducción. Aleaciones de base hierro y sus tratamientos. Diagrama hierro carbono. Fundiciones. Tratamientos térmicos: recocido, temple, normalizado.

Aleaciones Hierro-carbono

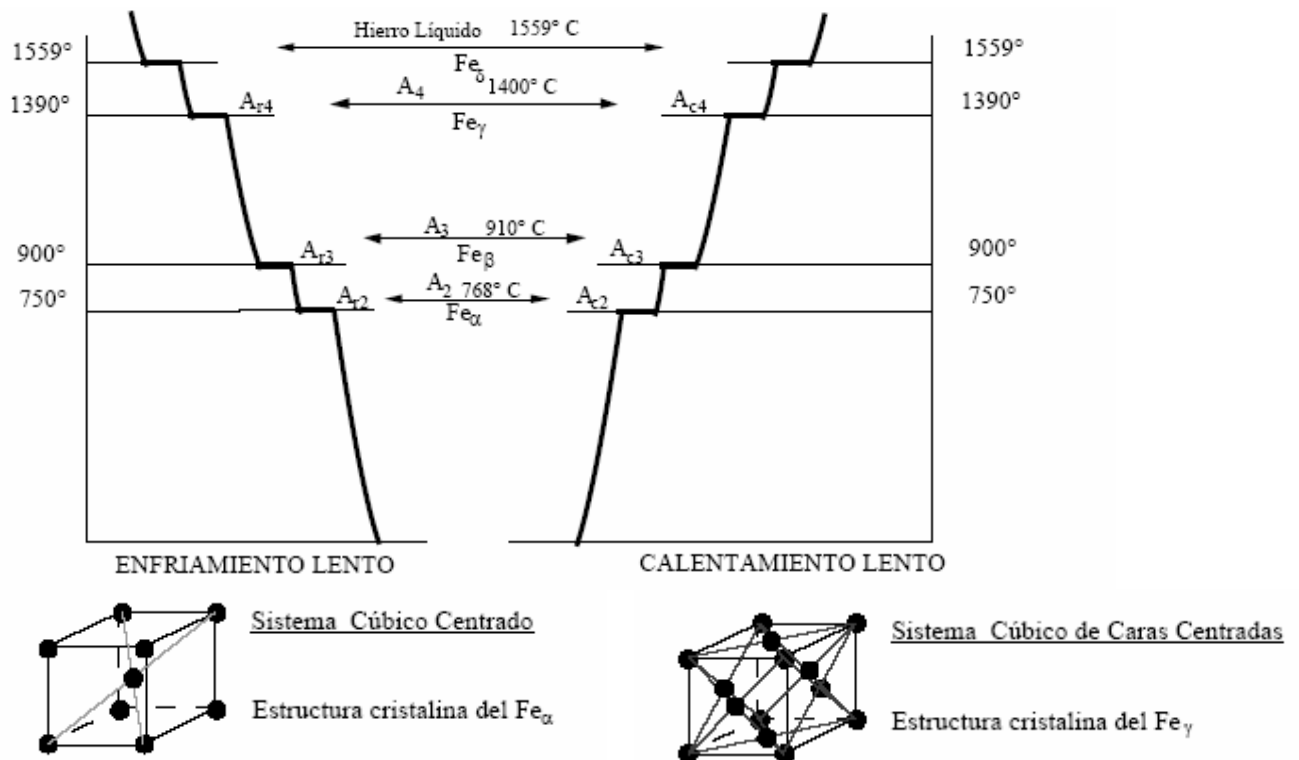
Estructura cristalina del hierro puro.

Variedades alotrópicas (distinta estructura cristalina) para el hierro puro: α

β γ

$A_2=768^\circ\text{C}$; $A_3=910^\circ\text{C}$; $A_4=1400^\circ\text{C}$

Diagrama de enfriamiento:



Ferrita: Hierro α

Hierro β : Es cristalográficamente igual al hierro únicamente que la distancia entre átomos es algo menor. No es magnético.

Austenita: Hierro γ . Parámetro de red: 3,60 Å.

Las aleaciones de hierro y carbono (aceros y fundiciones) son las aleaciones metálicas más importantes de la civilización actual. Por su volumen, la producción de fundición y de acero suman en más de diez veces la producción de todos los demás metales juntos.

Corrientemente se da el nombre de acero y fundición, a las aleaciones hierro - carbono (si tienen más del 2% de C son fundiciones y si tienen menos del 2% de C son aceros).

El hierro forma soluciones con muchos elementos: con los metales, soluciones por sustitución, con el carbono, nitrógeno e hidrógeno, soluciones por inserción.

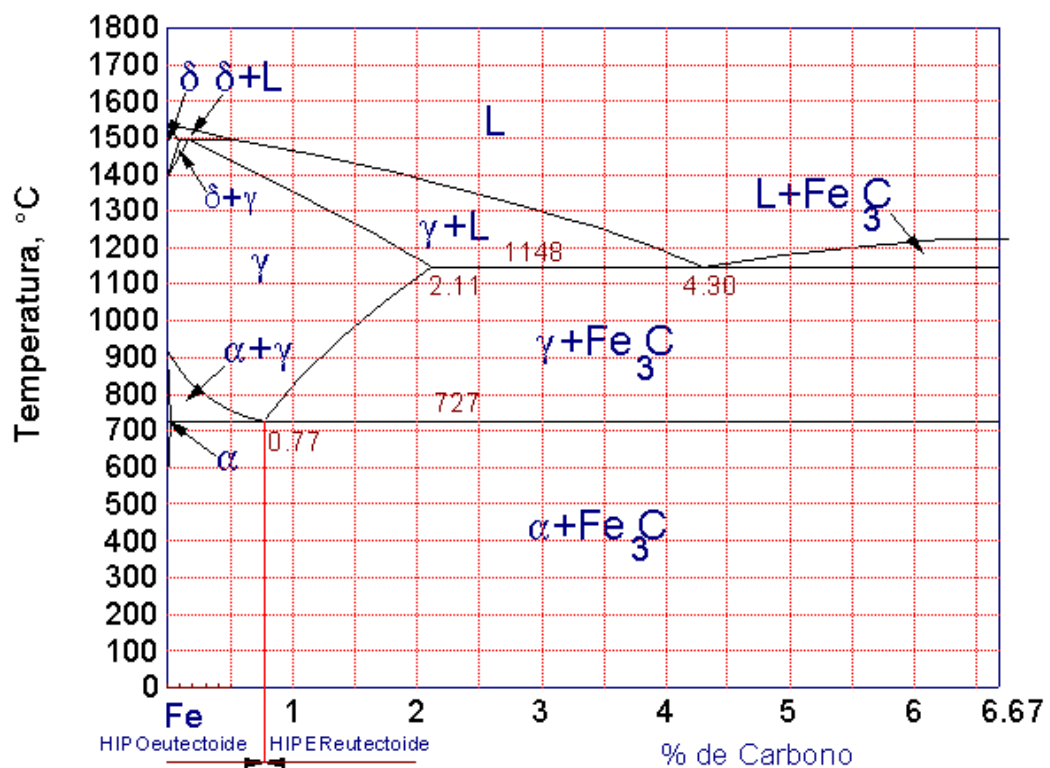
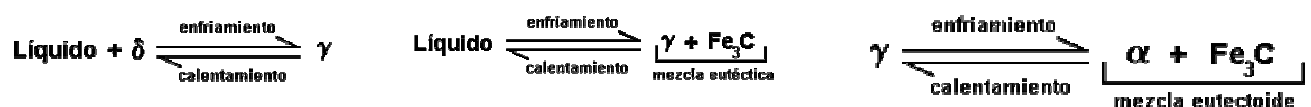


Diagrama de fases Fe-Fe₃C

Fases: Austerita, ferrita y cementita.

Constituyentes de los aceros: Austenita, Ferrita, Perlita, Cementita

Reacciones invariantes



AUSTENITA

Es el constituyente más denso de los aceros y está formado por una solución sólida por inserción de carbono en hierro gamma. La cantidad de carbono disuelto, varía de 0.77 al 2 % C que es la máxima solubilidad a la temperatura de 1130 °C. La austenita no es estable a la temperatura ambiente pero existen algunos aceros al cromo-níquel denominados austeníticos cuya estructura es austenita a temperatura ambiente.0

La austenita está formada por cristales cúbicos centrados en las caras, con una dureza de 300 Brinell, una resistencia a la tracción de 100 kg/mm² y un alargamiento del 30 %, no es magnética.

FERRITA (Hierro α)

Es una solución sólida de carbono en hierro alfa, su solubilidad a la temperatura ambiente es del orden de 0.008% de carbono, por esto se considera como hierro puro, la máxima solubilidad de carbono en el hierro alfa es de 0,02% a 723 °C.

La ferrita es la fase más blanda y dúctil de los aceros, cristaliza en la red cúbica centrada en el cuerpo, tiene una dureza de 90 Brinell y una resistencia a la tracción de 28 kg/mm², llegando hasta un alargamiento del 40%. La ferrita se observa al microscopio como granos poligonales claros.

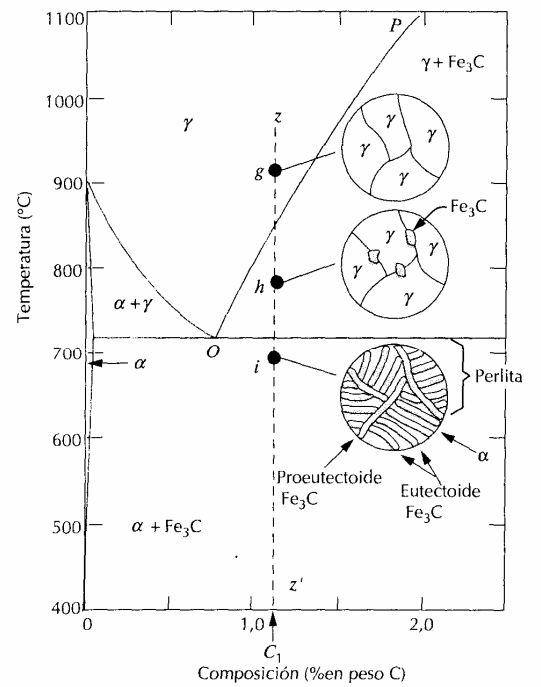
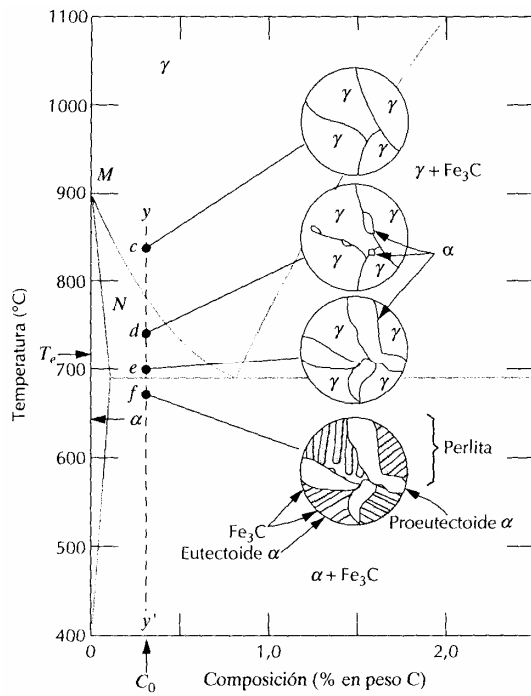
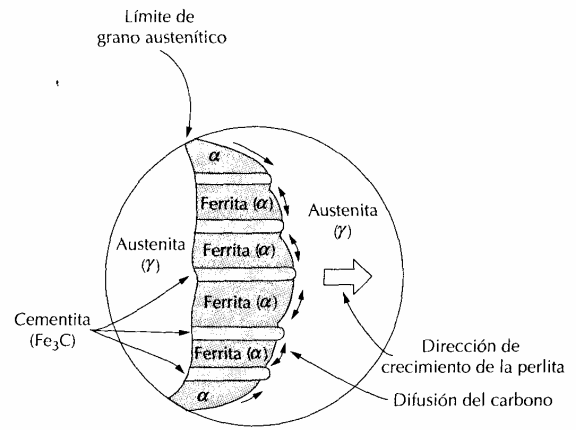
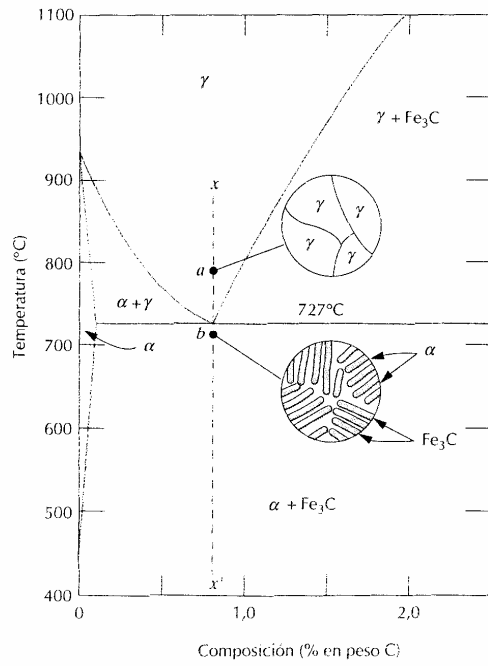
En los aceros, la ferrita puede aparecer como cristales mezclados con los de perlita, en los aceros de menos de 0.6%C, formando una red o malla que limita los granos de perlita, en los aceros de 0.6 a 0.85%C en forma de agujas o bandas circulares orientados en la dirección de los planos cristalográficos de la austenita como en los aceros en bruto de colada o en aceros que han sido sobrecalentados. La ferrita también aparece como elemento eutectoide de la perlita formando láminas paralelas separadas por otras láminas de cementita, en la estructura globular de los aceros de herramientas aparece formando la matriz que rodea los glóbulos de cementita, en los aceros hipoeutectoides templados, puede aparecer mezclada con la martensita cuando el temple no ha sido bien efectuado.

CEMENTITA

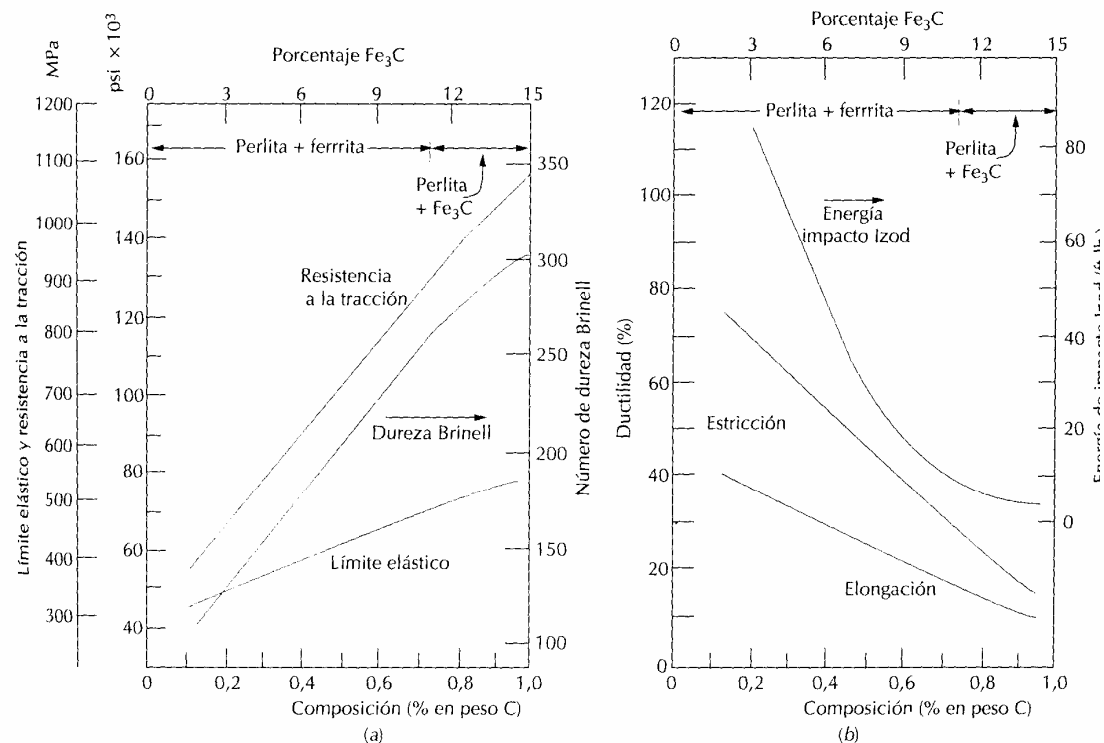
Es el carburo de hierro de fórmula FeC , contiene 6.67 %C y 93.33 % de hierro, es el microconstituyente más duro y frágil de los aceros al carbono, alcanzando una dureza Brinell de 700 (68 Rc) y cristaliza en la red ortorrómbica. En las probetas atacadas con ácidos se observa de un blanco brillante y aparece como cementita primaria o proeutéctica en los aceros con más de 0.9%C formando una red que envuelve los granos de perlita, formando parte de la perlita como láminas paralelas separadas por otras láminas de ferrita, se presenta en forma de glóbulos o granos dispersos en una matriz de ferrita, cuando los aceros de alto carbono se han sometido a un recocido de globulización, en los aceros hipoeutectoides que no han sido bien templados.

PERLITA

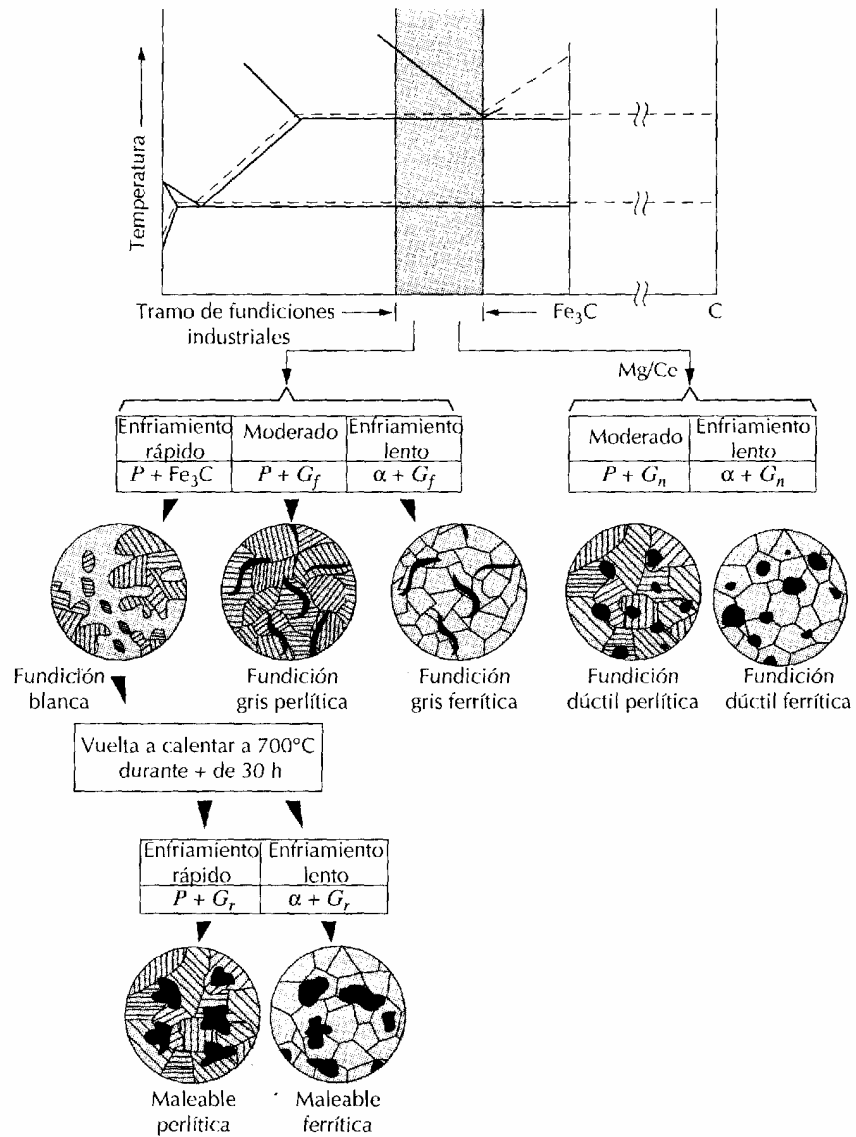
Es el microconstituyente eutectoide formado por capas alternadas de ferrita y cementita, compuesta por el 88 % de ferrita y 12 % de cementita, contiene el 0.77 %C. Tiene una dureza de 250 Brinell, resistencia a la tracción de 80 kg/mm² y un alargamiento del 15%; el nombre de perlita se debe a las irisaciones que adquiere al iluminarla, parecidas a las perlas. La perlita aparece en general en el enfriamiento lento de la austenita y por la transformación isotérmica de la austenita en el rango de 650 a 723°C



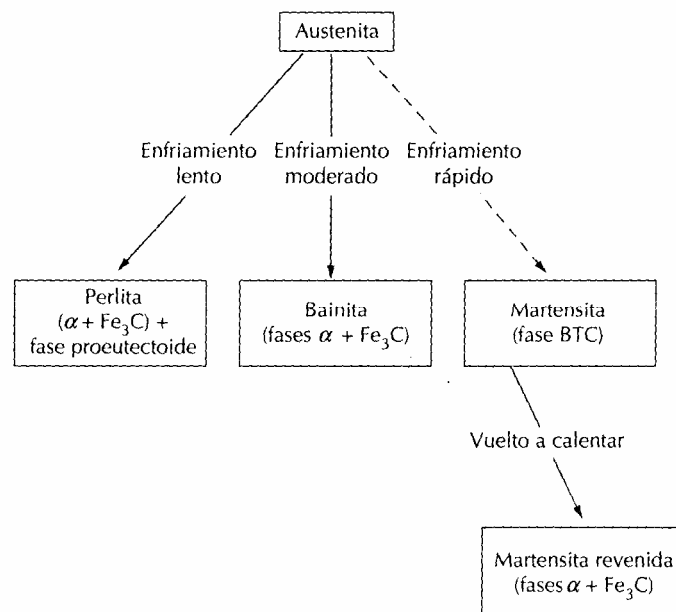
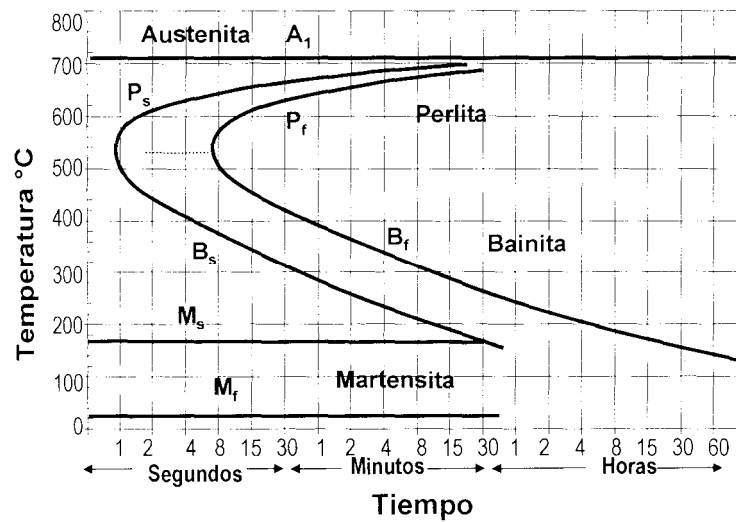
Comportamiento mecánico de los aceros al carbono.

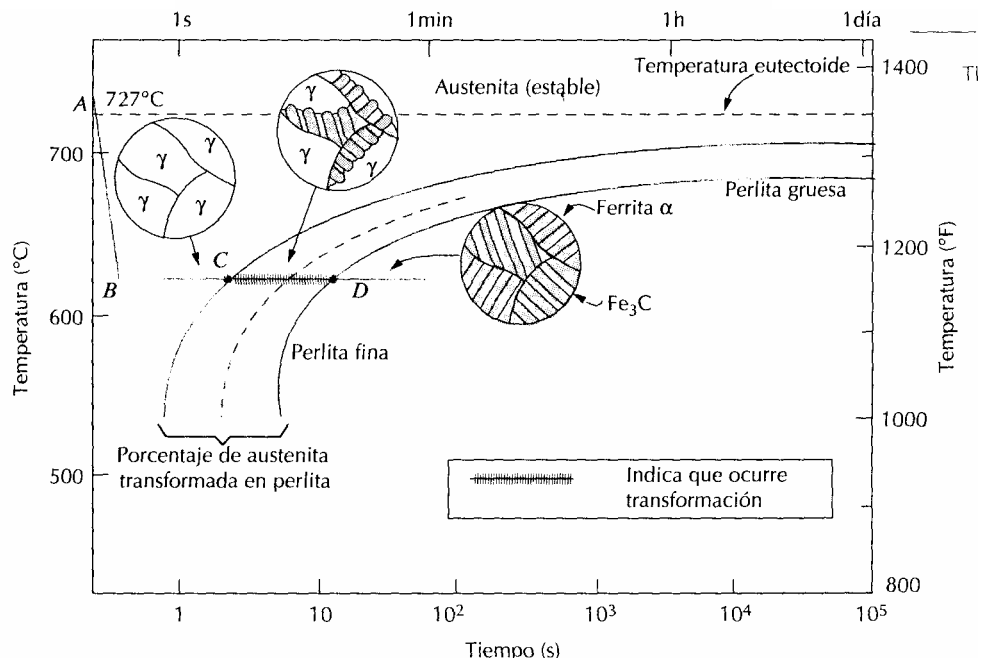
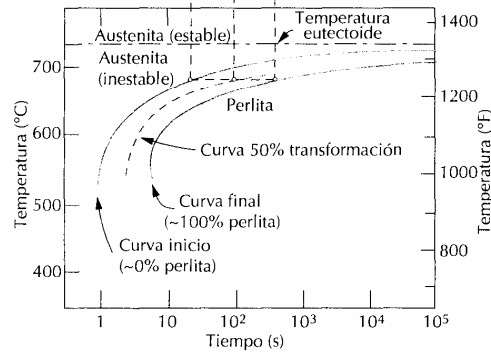
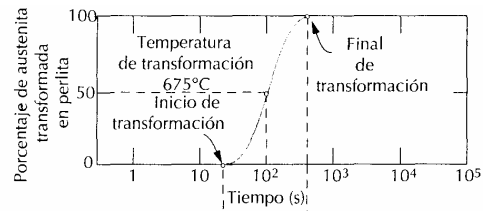


FUNDICIONES

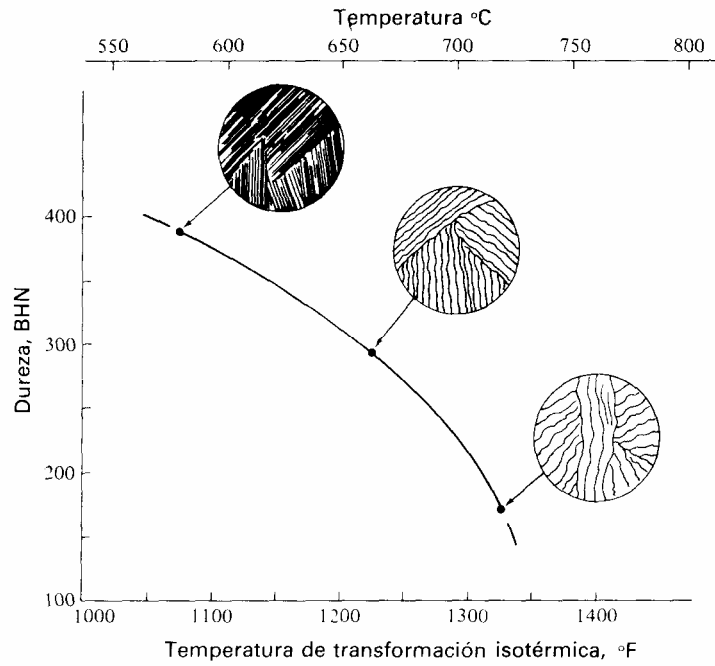


Transformación isoterma de la austenita.

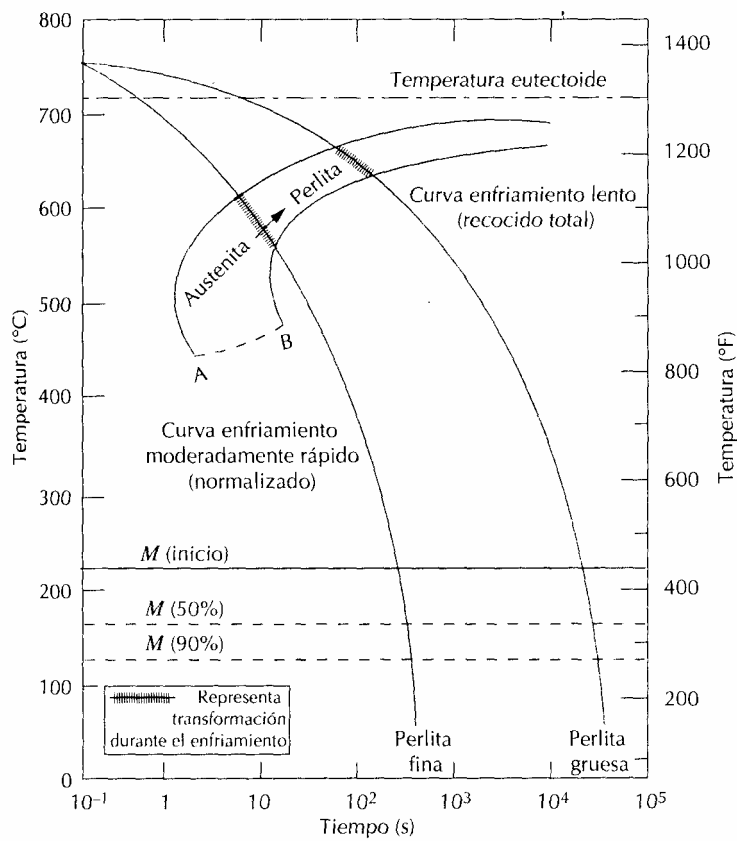


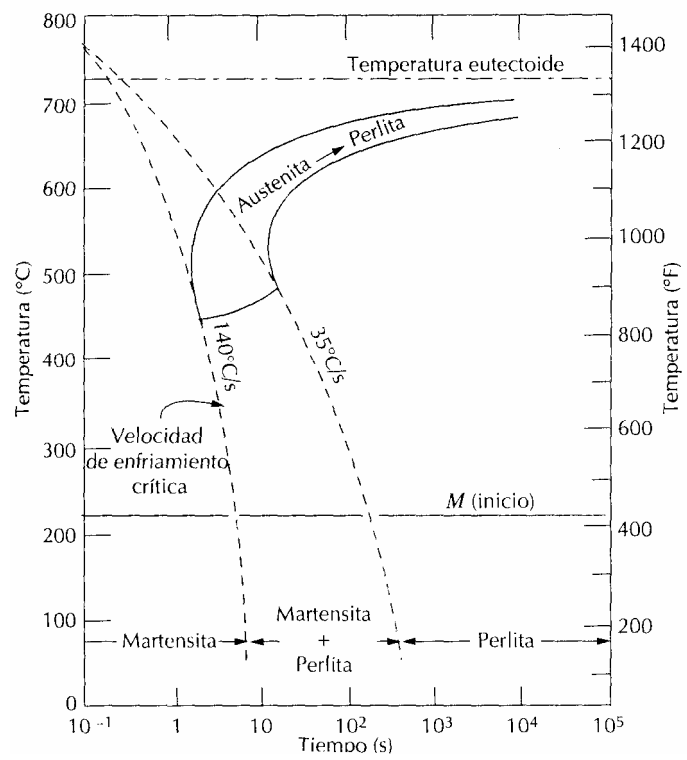


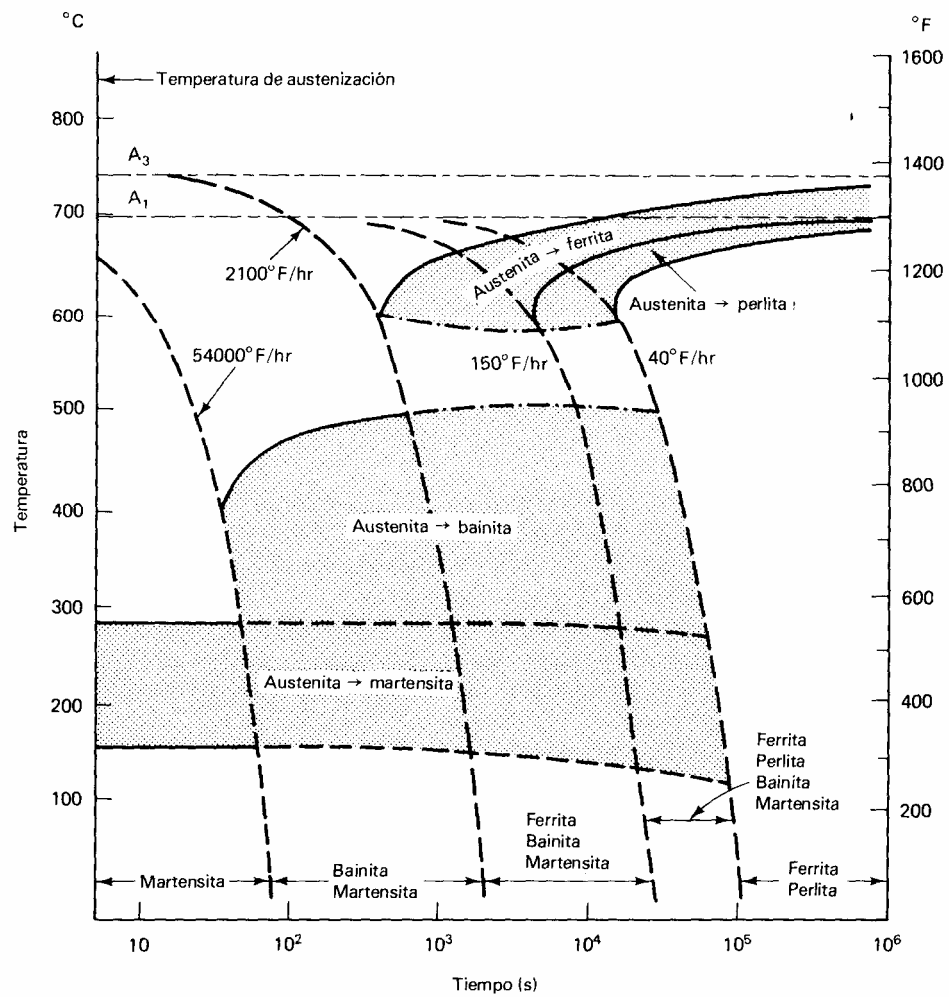
Relación entre la dureza de la perlita 100% (0.80% de carbono) y la transformación a temperatura isotérmica. Temperaturas más bajas dan como resultado una perlita mas fina



más.

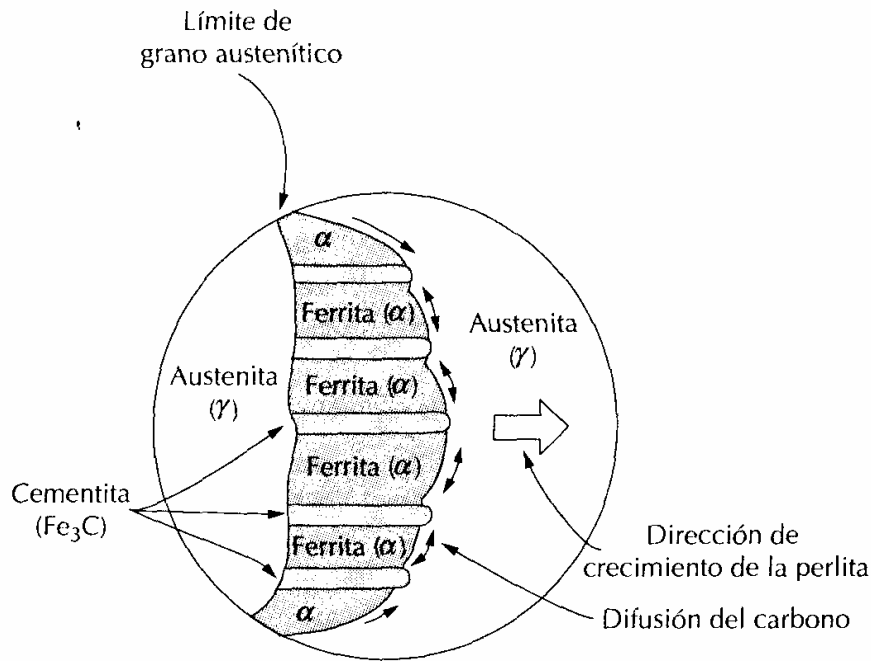




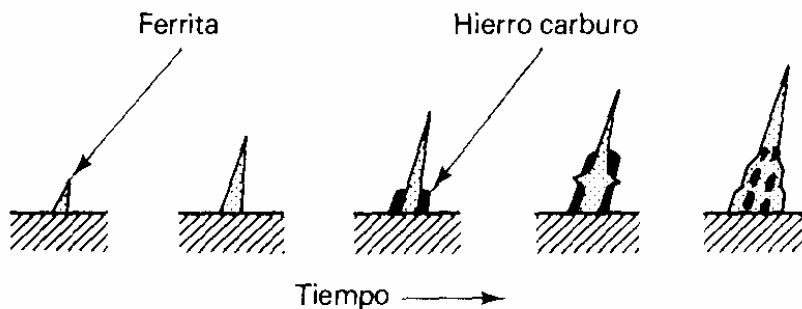


Comportamiento de la transformación en enfriamiento continuo del acero de **baja aleación** (SAE 4340). (Tomado de H. E. McGannon, Ed., The Making, Shaping and Treating of Steel, U. S. Steel Corporation, 1964. p. 1049.)

Formación de la bainita



Formación de Perlita



Formación de bainita.

(Tomado de D. K. Allen, Metallurgy Theory and Practice, American Technical Society, Alsip, Ill. 1969.)

Mientras que la perlita tiene núcleos de hierro carburo y la acompaña la formación subsecuente de ferrita, la bainita tiene núcleos de ferrita y la sigue la precipitación del carburo de hierro, esto conduce a una dispersión del hierro carburo en la matriz de ferrita. Con temperaturas de transformación menores, la distribución del carburo es más fina y las agujas ferritas más delgadas, lo que resulta en una estructura que es más dura que la perlita.

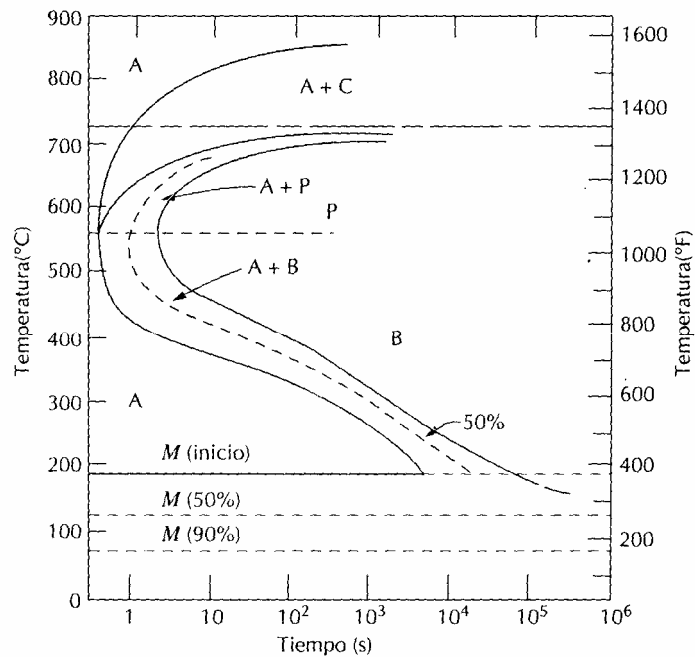
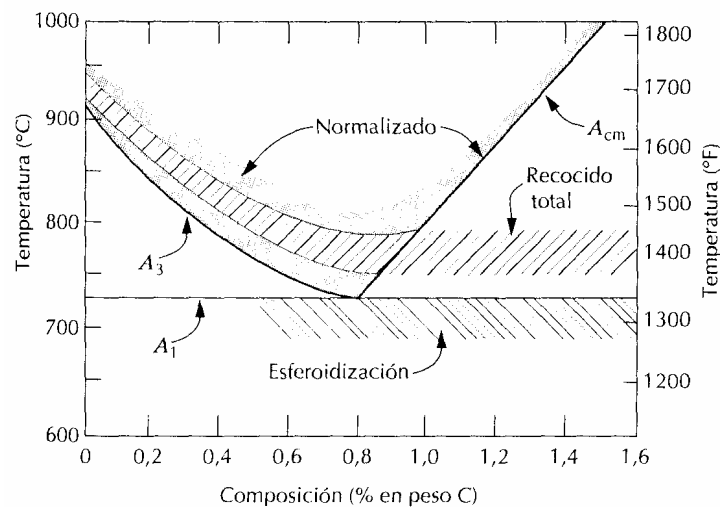
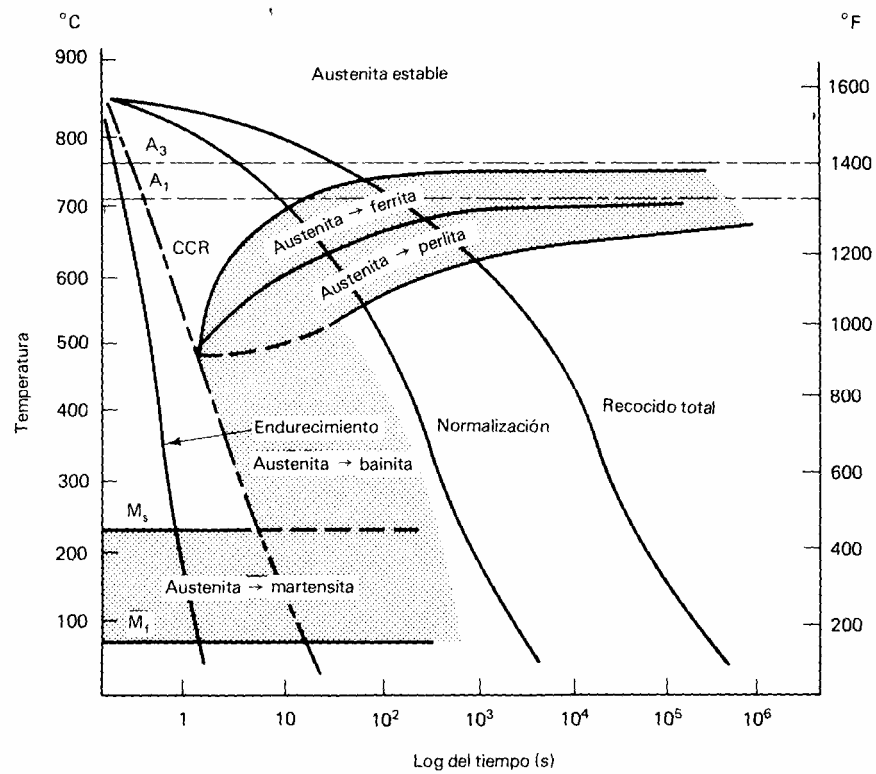


Diagrama de transformación isotérmica de un acero al carbono de 1,13% C: A, austenita; B, bainita; C, cementita proeutectoide; M, martensita; P, perlita. (Adaptado de H. Boyer, editor, Atlas of Isotherma/ Transfor-mation and Cooling Transformation Diagrams, Ame rican SocietyforMetals, 1977, p. 33.)



Región del diagrama de fases hierro-carburo de hierro próximo al eutectoide, donde se indica el tramo de temperaturas de tratamiento térmico del acero al carbono. (Adaptado de Metals Handbook, T. Lyman, Editor, American Society for Metals, 1948, p661.)



Esquema que muestra varios procesos de tratamiento de calor en un acero hipoeutectoide enfriado en forma continua.

Estructuras que pueden aparecer tras los tratamientos térmicos.

Perlita

La perlita gruesa es más dúctil que la perlita fina, este comportamiento es consecuencia de la mayor restricción de la perlita fina a la deformación plástica.

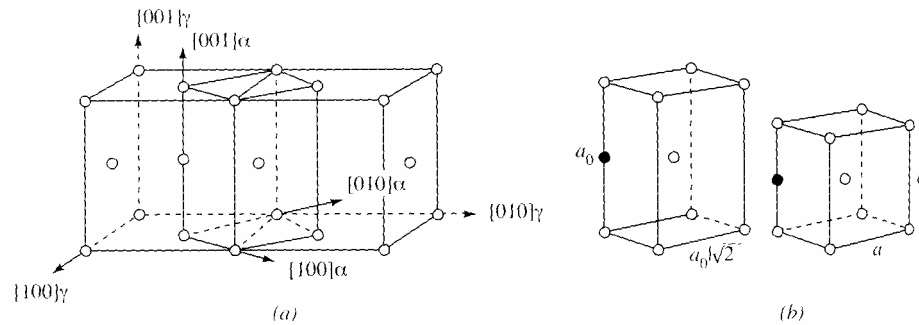
Bainita

Por debajo de 538°C la estructura transformada cambia su apariencia desde las placas alternantes de ferrita y carburo de la perlita hasta una estructura en forma de plumas o acicular denominada bainita. La dureza continúa aumentando porque el carburo se va volviendo cada vez más fino y, en consecuencia, la distancia a la cual puede ocurrir el deslizamiento en la ferrita se hace más pequeña.

Los aceros bainíticos son más duros y resistentes que los perlíticos porque tienen una estructura más fina a base de partículas diminutas de Fe_3C en una matriz ferrítica; por este motivo exhiben una interesante combinación de resistencia y ductilidad.



Transformación sin difusión. Martensita



- Se forma instantáneamente con cada disminución de temperatura.
- Si suspendemos el enfriamiento y mantenemos la muestra a 149°C, por ejemplo, no se produce más martensita hasta que reiniciemos el enfriamiento. La muestra se transforma por completo cuando se alcanzan temperaturas inferiores.
- La temperatura a la cual se inicia la transformación se denomina temperatura de comienzo de martensita, M_s y la temperatura a la cual termina se conoce como temperatura final de formación de la martensita, M_f
- Los aceros con microestructura martensítica son los más duros y mecánicamente resistentes, pero también los más frágiles y menos dúctiles. La dureza de estos aceros depende del contenido en carbono. Por el contrario, los aceros perlíticos, menos resistentes y duros que los martensíticos, no son tenaces debido a la microestructura. Estas propiedades se explican mejor por la poca efectividad de los átomos de carbono intersticial para trabar las dislocaciones como efecto de una disolución sólida y los relativamente pocos sistemas de deslizamiento (para desplazar las dislocaciones) de la estructura BCT.
- La austenita es ligeramente más densa que la martensita y, por lo tanto, el volumen aumenta durante la transformación de fase que ocurre durante el temple. Consiguientemente, el temple rápido de piezas relativamente grandes puede producir grietas debido a las tensiones internas; problema especialmente importante si el contenido en carbono del acero es superior al 0,5% en peso.

Esferoidita

- Aparece en el recocido de globalización para aceros con alto contenido en carbono, mejora la maquinabilidad. La cementita cambia a partículas esféricas grandes para reducir la superficie de bordes.
- La esferoidito tiene una matriz continua de derrita blanda y mecanizable.
- La forma y la disposición de la fase cementita tienen diferencias muy claras en las microestructuras perlita y esferoidita. Los aceros con microestructura perlítica dan valores de dureza y resistencia superiores a los aceros con esferoidita... De nuevo, este comportamiento se explica en términos del reforzamiento conseguido por la dificultad al movimiento de las disoluciones a través de los límites ferrita-cementita. Existen menos superficies de límite de fase por unidad de volumen en la esferoidita y, consiguientemente, la deformación plástica no está tan impedida, lo que origina un material relativamente blando. El acero más blando es el que tiene esferoidita.
- Los aceros esferoidizados, como era de esperar, son extremadamente dúctiles, mucho más que los de perlita fina o gruesa. Además, son notablemente tenaces porque las grietas sólo encuentran una muy pequeña fracción de partículas de cementita frágil para propagarse a través de la dúctil matriz ferrítica.