

# Diagrama de Equilibrio. Hierro – Carburo de Hierro



# Bibliografía

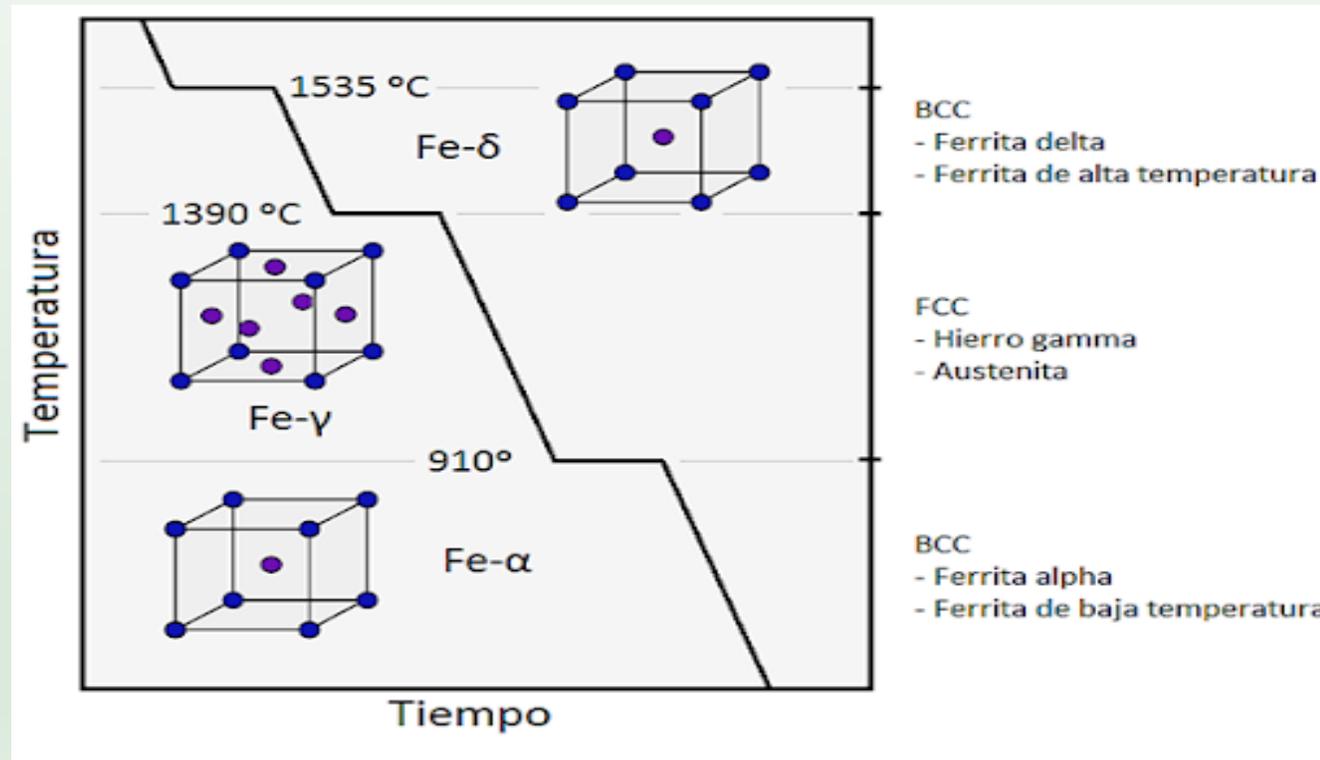
- Introducción a la metalurgia física.
  - H. Avner.
  - Capitulo 7
  
- Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales.
  - W. Callister
  - Capitulo 9

# Introducción

- Hierro constituyente fundamental de las aleaciones para ingeniería, en una forma casi pura denominada hierro dulce se utiliza para elementos de bajas sollicitaciones.
- Análisis químico:
  - Carbono 0,012 %
  - Manganeso 0,017 %
  - Fosforo 0,005 %
  - Azufre 0,025 %
- Propiedades mecánicas:
  - Resistencia tensil 276 Mpa
  - Elongación en 2 pulg 40 %
  - Dureza Rockwell B 30 RB



- El hierro es un metal:
- Alotrópico (Polimórfico), lo cual significa que puede existir en más de un tipo de estructura reticular, dependiendo de la temperatura.
- “Si se refiere a un elemento químico, se llama alotropía. Si se refiere a una aleación, se llama polimorfismo.”

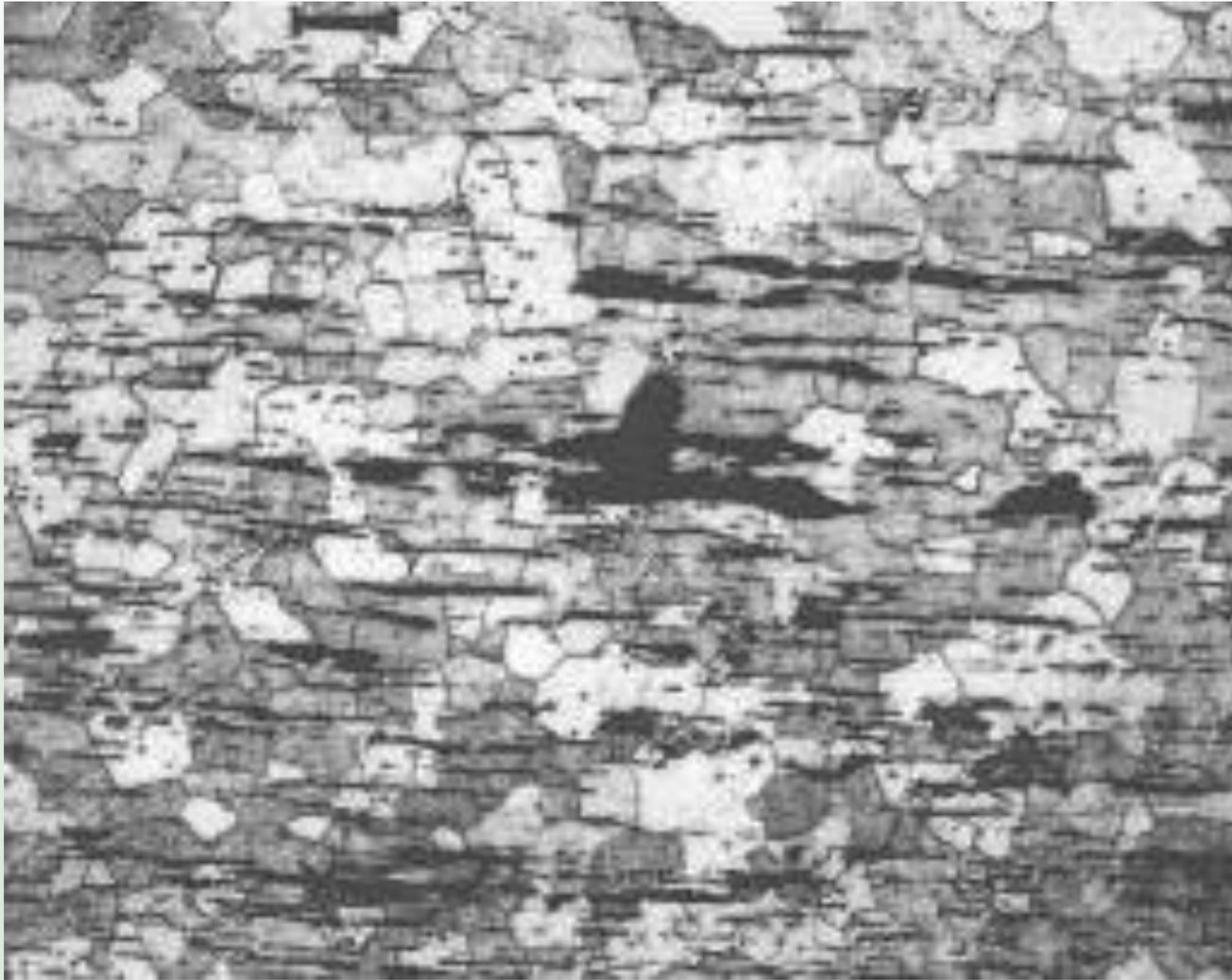


- Hierro forjado:

El hierro forjado es esencialmente un metal de dos componentes, consta de hierro de alta pureza y escoria. La escoria está compuesta principalmente de silicatos de hierro.

- Independientemente del proceso hay tres pasos en la producción del hierro forjado.
  - Fundir y refinar metal base.
  - Producir y mantener fundida la escoria.
  - Granular el metal base e incorporarlo en las cantidades deseadas con la escoria.





Distribución uniforme de escoria en toda la matriz ferrítica.

- Propiedades y aplicaciones del hierro forjado:

El hierro forjado de calidad se distingue por su bajo contenido de carbono y manganeso, los contenidos de fósforo generalmente son más altos que en los aceros. El contenido de escoria varía de uno a tres por ciento en peso.

### Análisis químico:

- Carbono 0,06 %
- Manganeso 0.045 %
- Silicio 0,101 %
- Fósforo 0.068 %
- Azufre 0,009 %
- Escoria en peso 1,97 %

A diferencia de los aceros presenta una fractura fibrosa.

(aceros fractura cristalina o granular)



- Propiedades mecánicas:

Las propiedades mecánicas son básicamente las del hierro puro pero debido a la naturaleza de la distribución de escoria la resistencia tensil y ductilidad son mayores en la dirección longitudinal o de laminado.

Propiedad	Longitudinal	Transversal
Resistencia tensil (Mpa)	331 - 345	248 - 262
Punto de fluencia (Mpa)	186 - 207	186 - 207
Elongación (%)	18 - 25	2 - 5
Reducción de área (%)	35 - 45	3 - 6



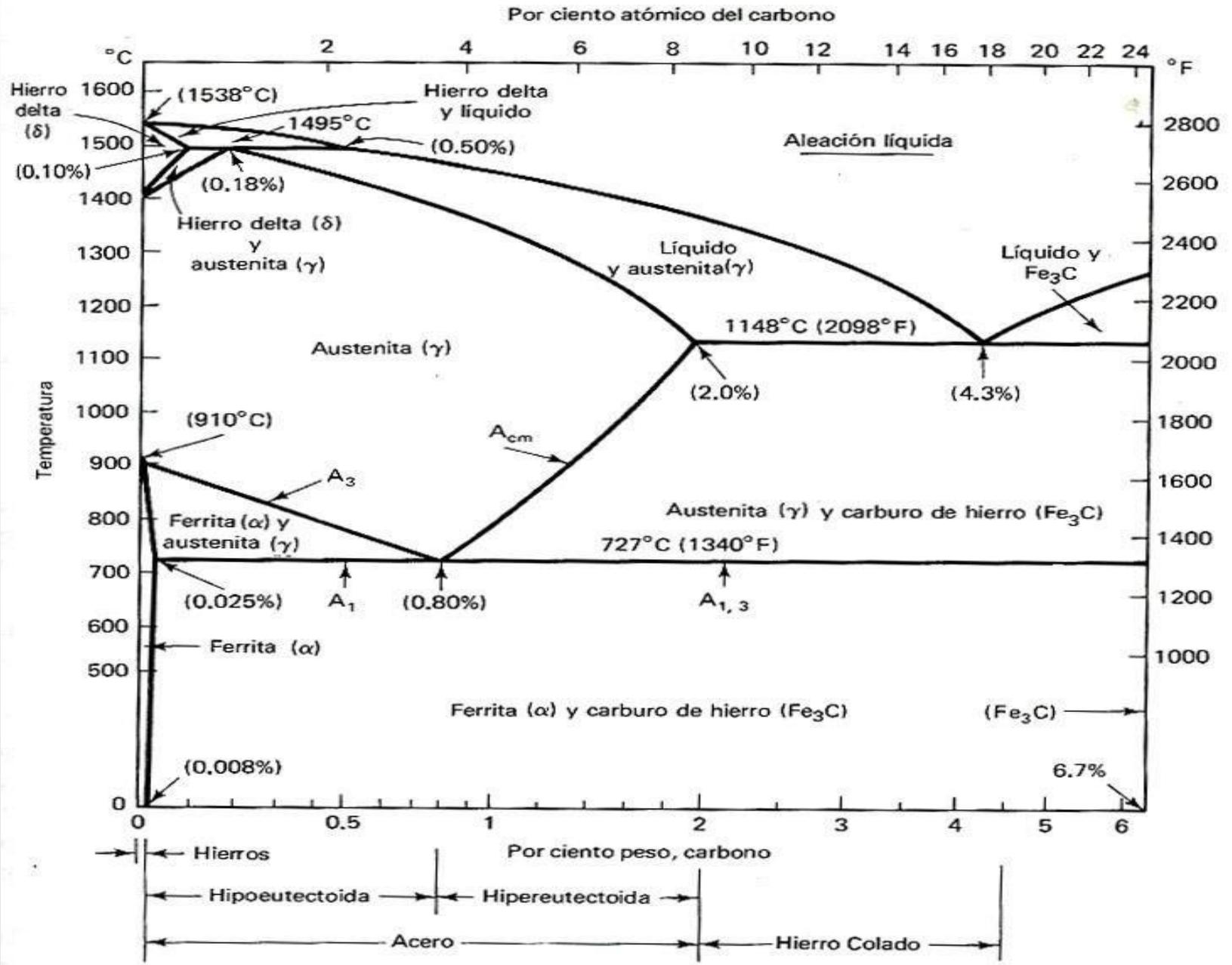
Una ventaja del hierro forjado es su resistencia a la corrosión.

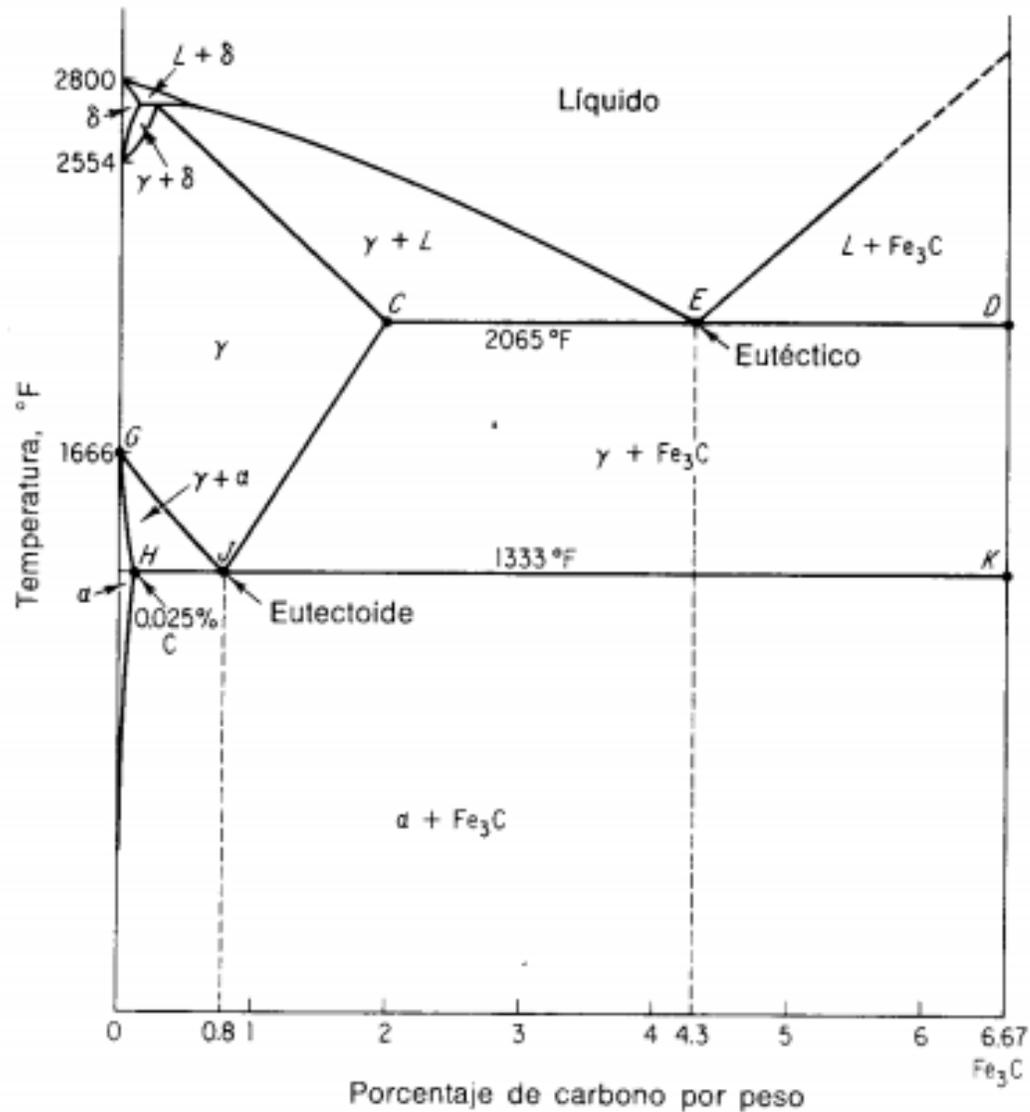
Su desventaja se relaciona con su soldabilidad.

# Diagrama Hierro – Carburo de Hierro

La temperatura a la que tienen lugar los cambios alotrópicos del hierro esta influenciada por los elementos de aleación, de los cuales el más importante es el carbono.

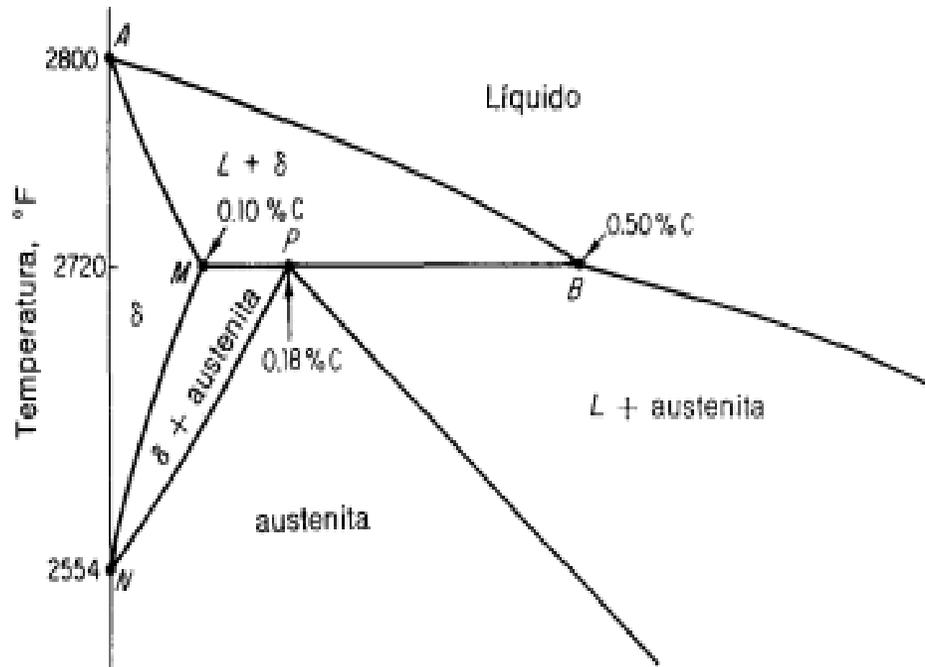
La porción de más interés del sistema de aleación Hierro – Carbono es la parte entre el hierro puro y un compuesto intersticial llamado carburo de hierro,  $\text{Fe}_3\text{C}$  (6,67 % en peso de carbono).





**Fig. 7.5** Diagrama de equilibrio hierro-carburo de hierro marcado en términos generales.

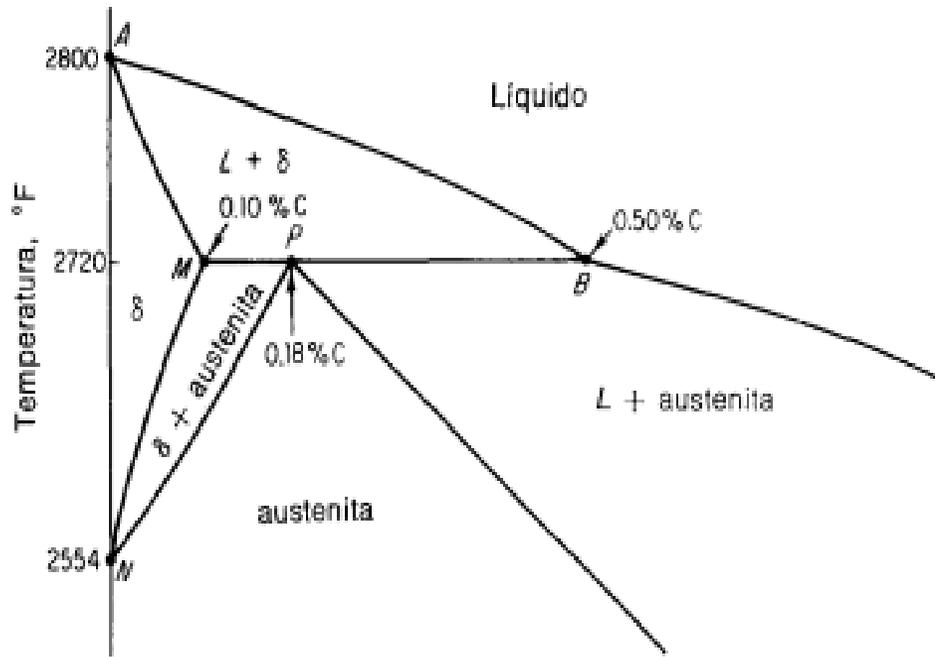
- No es un verdadero diagrama de equilibrio pues el carburo de hierro es una fase metaestable lo que implica que con el pasar del tiempo se descompondrá en hierro y grafito.
- El diagrama presenta tres líneas horizontales que indican reacciones isotérmicas.
- Las letras griegas representan soluciones solidas.



**Fig. 7.6** Región delta del diagrama hierro-carburo de hierro.

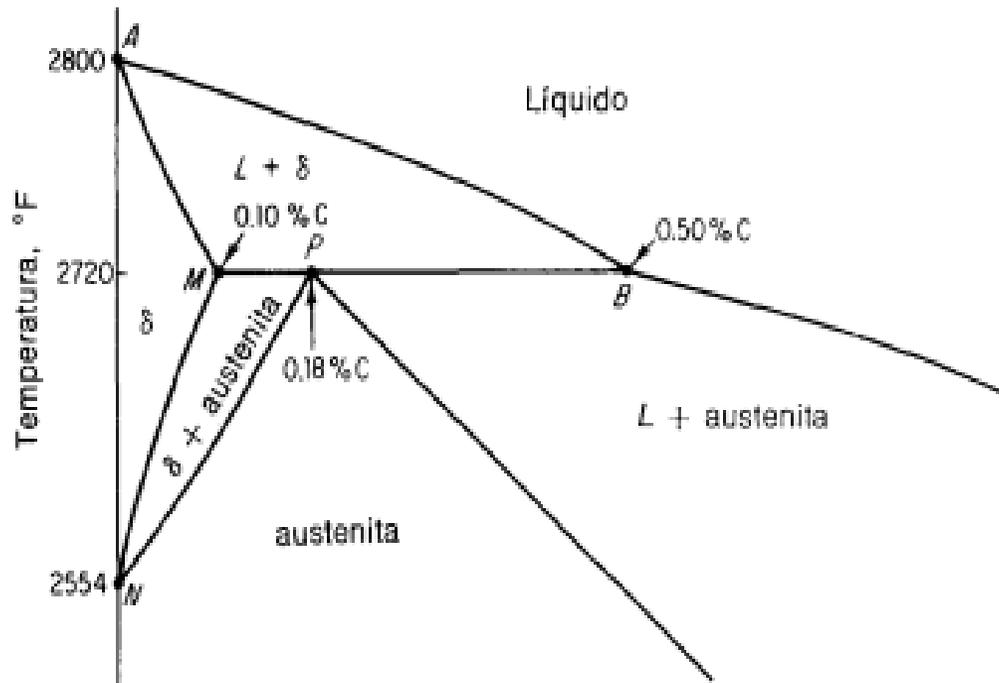
- La región superior izquierda se conoce como región delta, debido a la solución sólida delta.
- A 2720 °F (1493°C) se distingue la línea horizontal donde ocurre la reacción peritética.





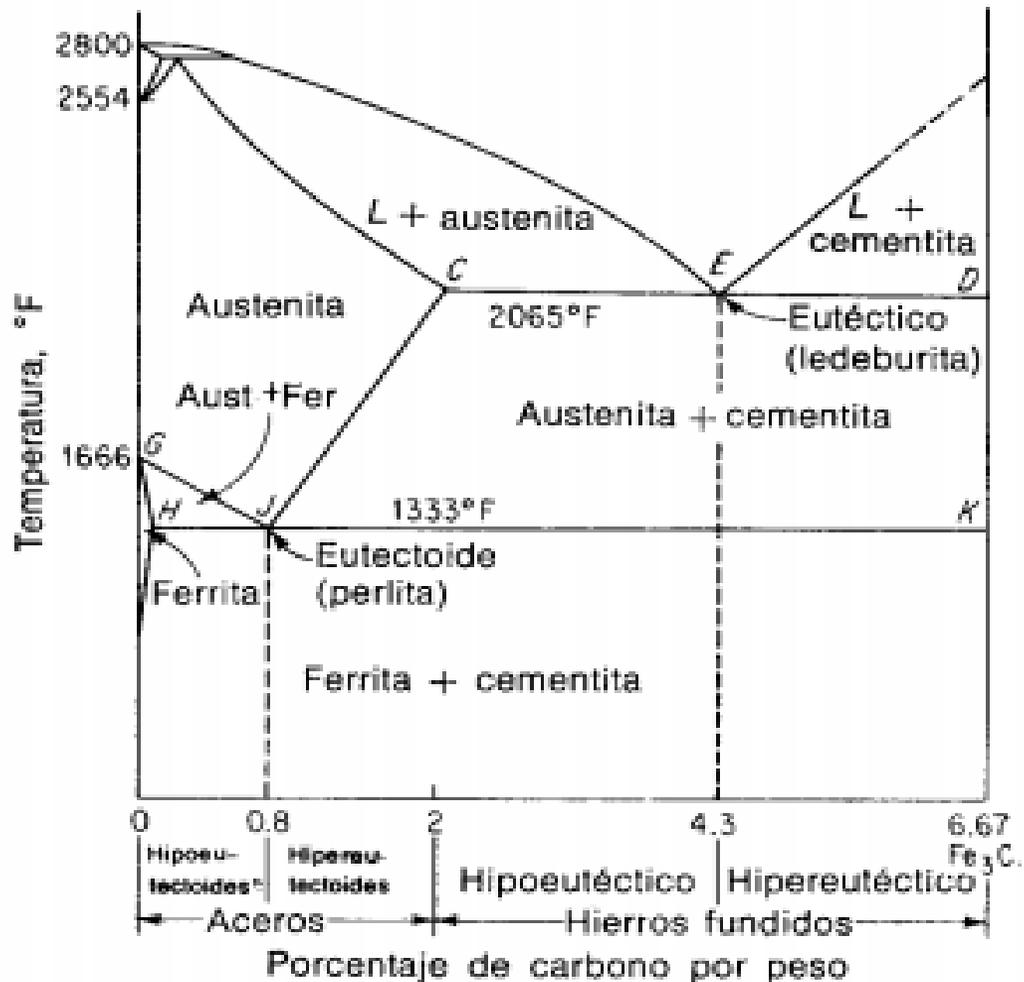
**Fig. 7.6** Región delta del diagrama hierro-carburo de hierro.

- Solubilidad máxima de Fe  $\delta$  (b.c.c) es de 0,10 % (punto M).
- La solubilidad del Fe  $\gamma$  (f.c.c) es mucho mayor.
- La línea NM representa el principio del cambio alotrópico de Fe  $\delta$  a Fe  $\gamma$  para aleaciones con menos de 0.10 % de C.
- La línea MP representa el inicio del cambio de estructura cristalina por medio de una reacción peritética para aleaciones de 0,10 a 0,18 % de C.
- Para aleaciones con menos de 0,18 % de C el fin de la transformación lo representa la línea NP.



**Fig. 7.6** Región delta del diagrama hierro-carburo de hierro.

- Para aleaciones entre 0,18 y 0,50 % de C la línea PB representa el principio y fin del cambio de estructura por medio de la reacción peritética.
- Cualquier aleación con más de 0,50 % de C cortara el diagrama a la derecha del punto B, lo que implica que solidificara directamente en austenita.
- Ningún tratamiento térmico “comercial” involucra la región delta.

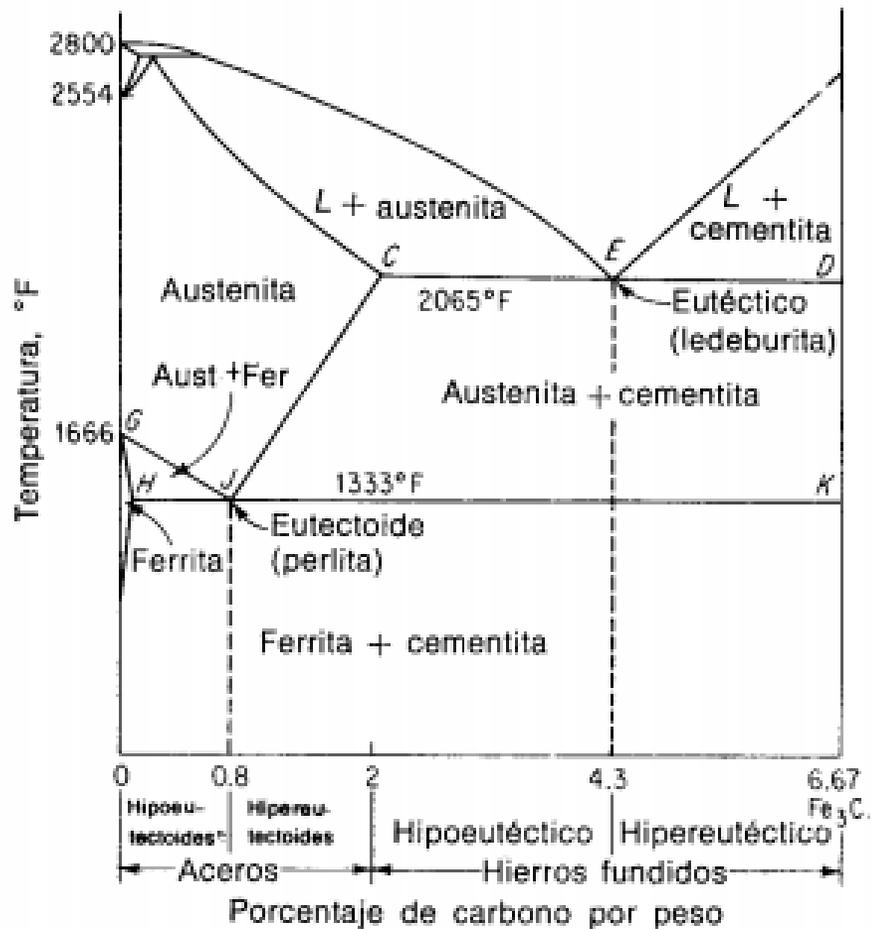


**Fig. 7.7** Diagrama de equilibrio hierro-carburo de hierro marcado con los nombres comunes para las estructuras.

- Reacción eutéctica representada por la línea CED y el punto eutéctico E.
- Siempre que una aleación cruce esta línea la reacción deberá ocurrir.

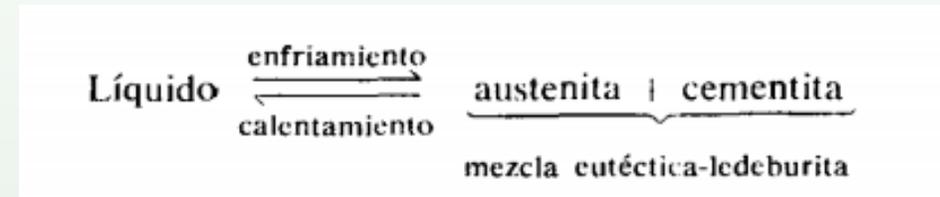


- Cualquier líquido que esté presente a la hora de cruzar la línea eutéctica deberá solidificarse en una fina mezcla de austenita y carburo de hierro (cementita).
- La mezcla eutéctica se llama ledeburita.

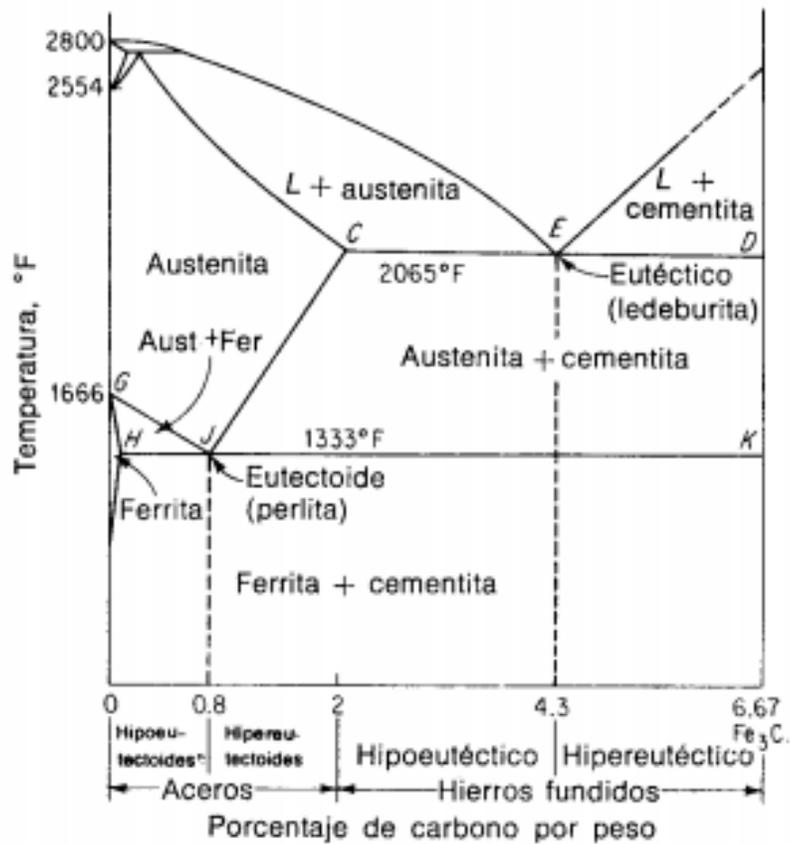


**Fig. 7.7** Diagrama de equilibrio hierro-carburo de hierro marcado con los nombres comunes para las estructuras.

- Reacción eutéctica :

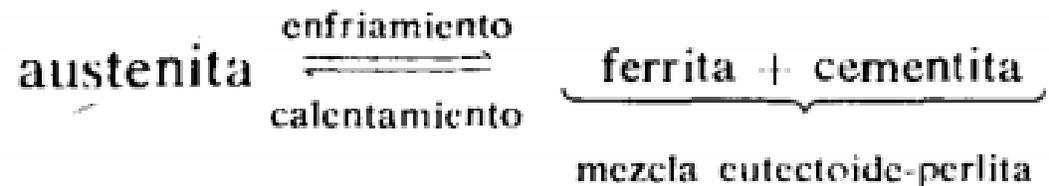


- Esta mezcla no se ve generalmente en la microestructura ya que la austenita no es estable a temperatura ambiente y debe sufrir otra reacción durante el enfriamiento.

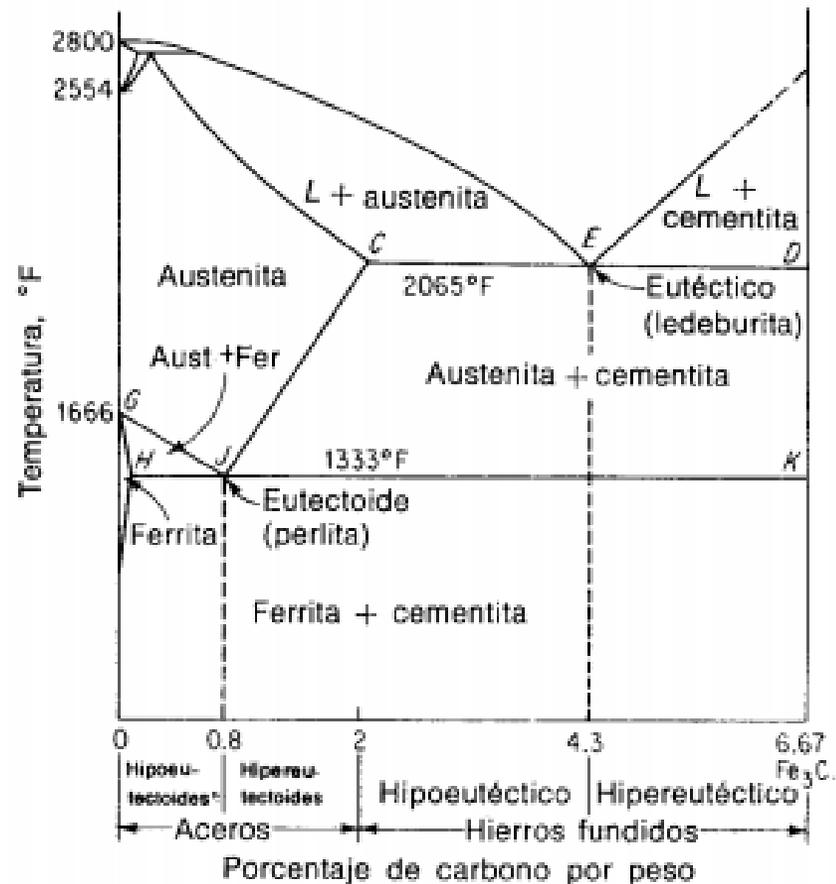


**Fig. 7.7** Diagrama de equilibrio hierro-carburo de hierro marcado con los nombres comunes para las estructuras.

- La línea HJK representa la reacción eutécticoide y el punto eutécticoide se ubica en J.
- Cualquier austenita presente al sufrir la reacción eutécticoide se transformará en una mezcla de ferrita y cementita, llamada perlita.



- Por debajo de la línea de temperatura eutécticoide cada aleación consistirá en una mezcla de ferrita y cementita.



**Fig. 7.7** Diagrama de equilibrio hierro-carburo de hierro marcado con los nombres comunes para las estructuras.

- Se divide el diagrama en dos partes, aquellas con menos del 2% de C se conocen como aceros y aquella que contienen más se conocen como hierros fundidos.
- Los aceros se dividen en dos sub grupos a partir del contenido de carbono eutectoide. Se denominan aceros hipoeutectoides (menos de 0.8 % de C) y aceros hipereutectoides (de 0.8 a 2 % de C).
- Con el hierro fundido pasa lo mismo, se dividen en hierros fundidos hipoeutecticos o hipereutecticos.

## Definición de estructuras:

- Cementita o carburo de hierro: fórmula química  $\text{Fe}_3\text{C}$ , contiene 6,67 % de C en peso. Es un compuesto intersticial típicamente duro y frágil de baja resistencia tensil, pero alta resistencia compresiva. Es la estructura más dura que aparece en el diagrama.
- Austenita: nombre dado a la solución sólida  $\gamma$ , es una solución sólida intersticial de carbono disuelto en hierro  $\gamma$  (f.c.c). La máxima solubilidad es del 2 % de C (punto C del diagrama)

### Propiedades de la austenita:

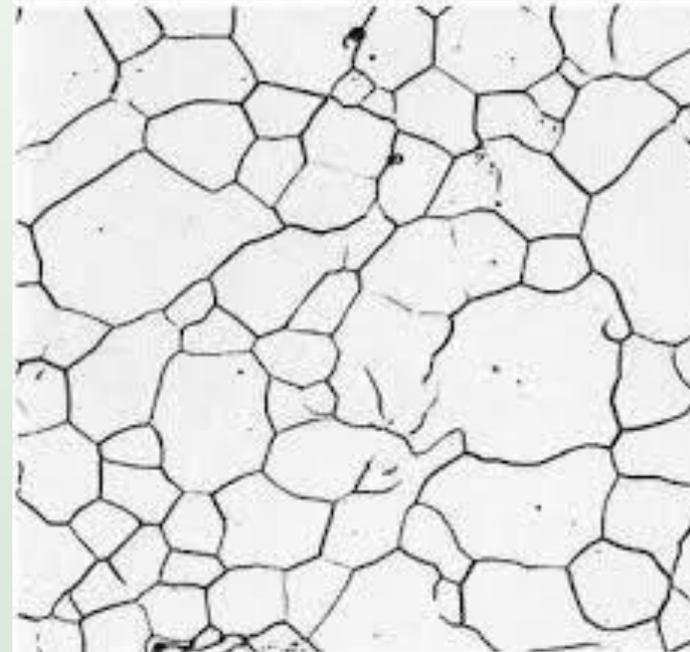
- Resistencia tensil 1034 Mpa
- Elongación en 2" 10 %
- Dureza 40 RC
- Alta tenacidad



- Ledeburita: mezcla eutéctica de austenita y cementita, contiene 4,3 % de C.
- Ferrita: nombre dado a la solución sólida  $\alpha$ . Es una solución sólida intersticial de una pequeña cantidad de carbono disuelta en hierro  $\alpha$  (b.c.c). Su máxima solubilidad es de 0,025 % de C (punto H del diagrama) y disuelve solamente 0,008 % de C a temperatura ambiente. Es la estructura más suave del diagrama.

Propiedades de la ferrita:

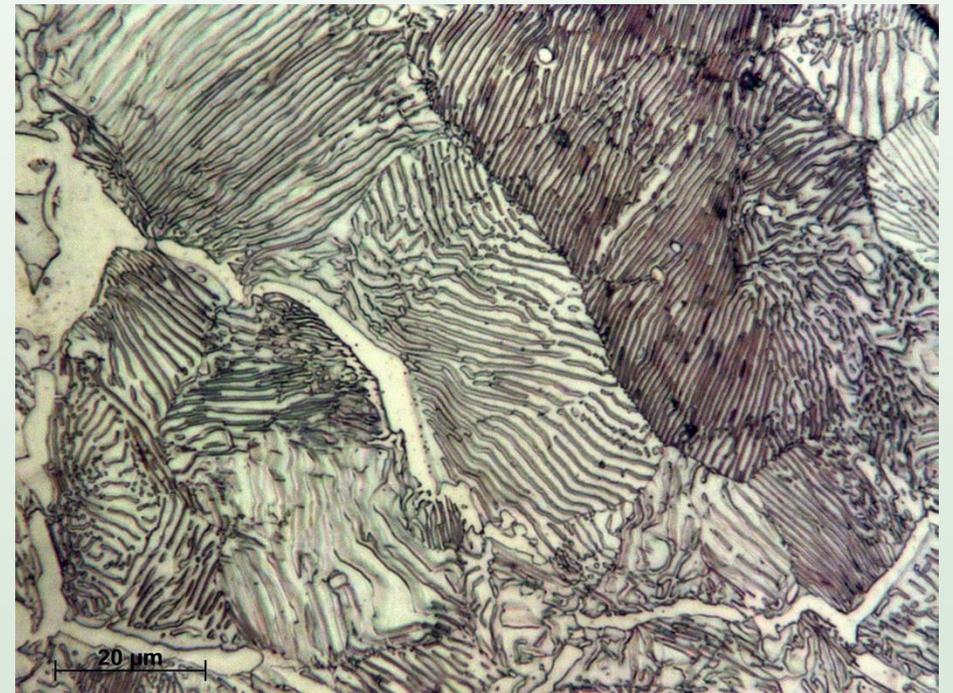
- Resistencia tensil 276 Mpa
- Elongación (2") 40 %
- Dureza menor que 0 RC (30 RB)

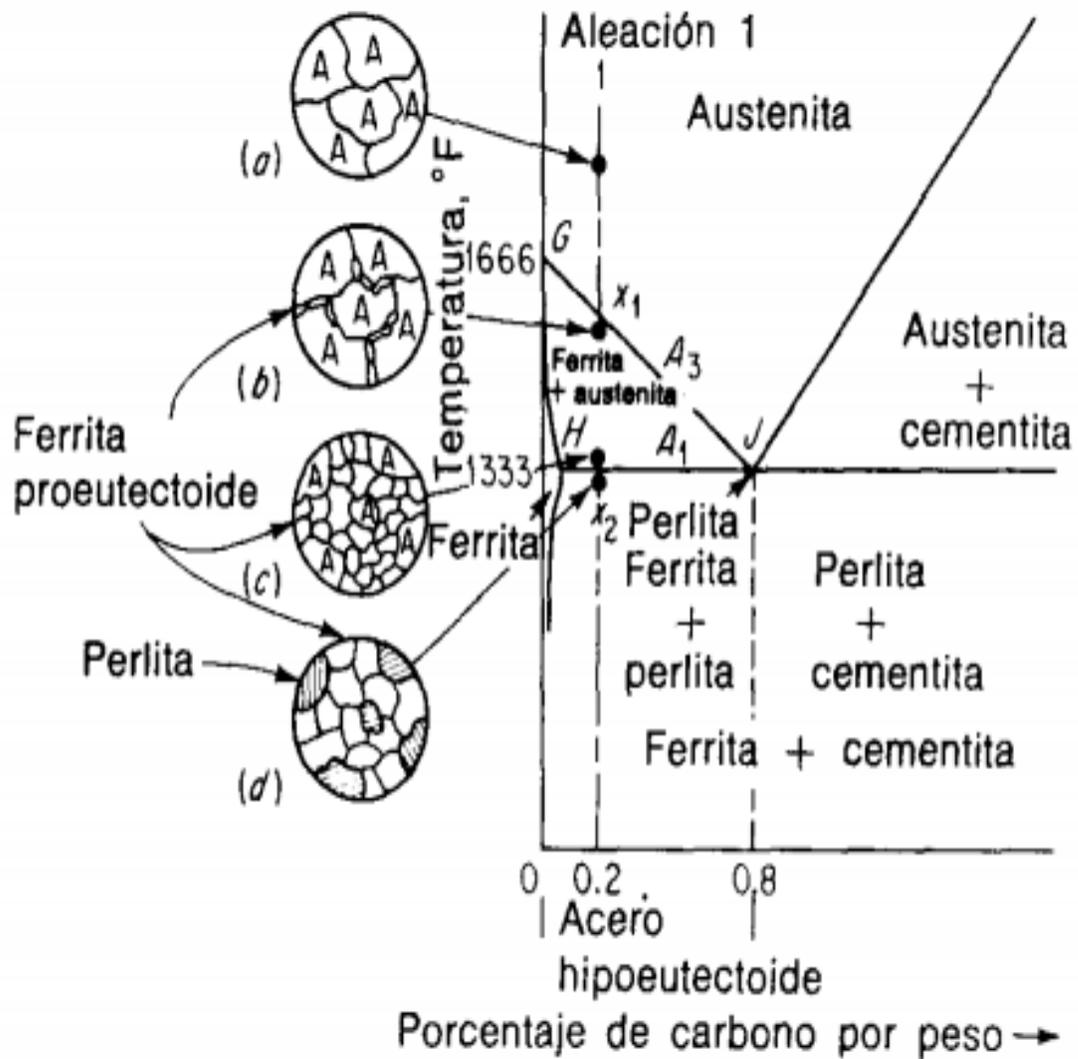


- Perlita: es la mezcla eutectoide que contiene 0.8 % de C y se forma por un enfriamiento muy lento. Es una mezcla muy fina tipo placa o laminar de ferrita y cementita.

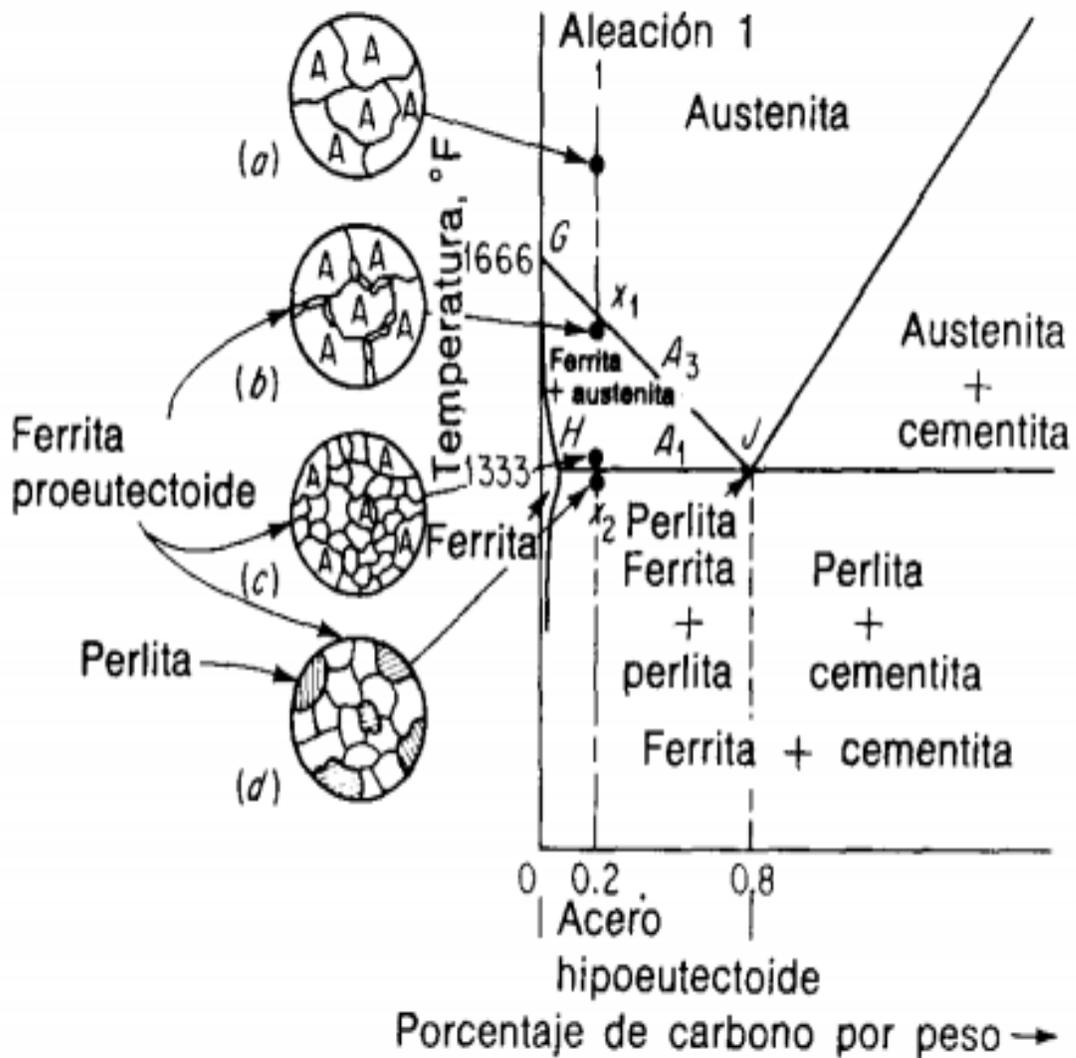
Propiedades de la perlita:

- Resistencia tensil 827 Mpa
- Elongación (2") 20 %
- Dureza 20 RC

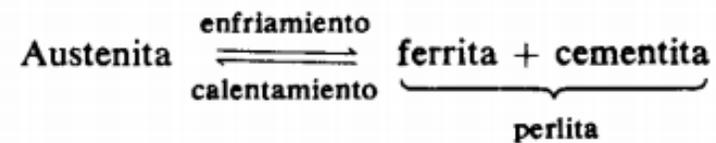


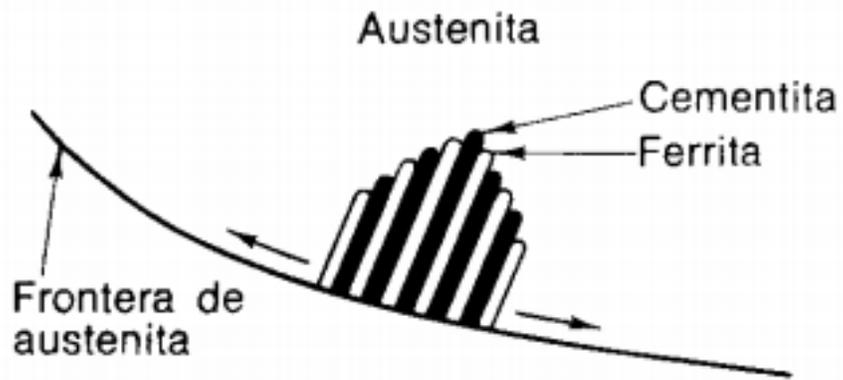


- La porción de acero del diagrama hierro – carburo de hierro presenta un gran interés, por eso se estudiarán los cambios durante un enfriamiento lento.
- La aleación 1 es un acero hipoeutectoide que contiene 0,20 % de C.
- En el intervalo de austenita la aleación consta de una solución solida intersticial uniforme, cada grano contiene disuelto 0,20 % de C.
- Nada sucede hasta la línea GJ conocida como línea de temperatura crítica superior del lado hipoeutectoide y se designa como  $A_3$ .



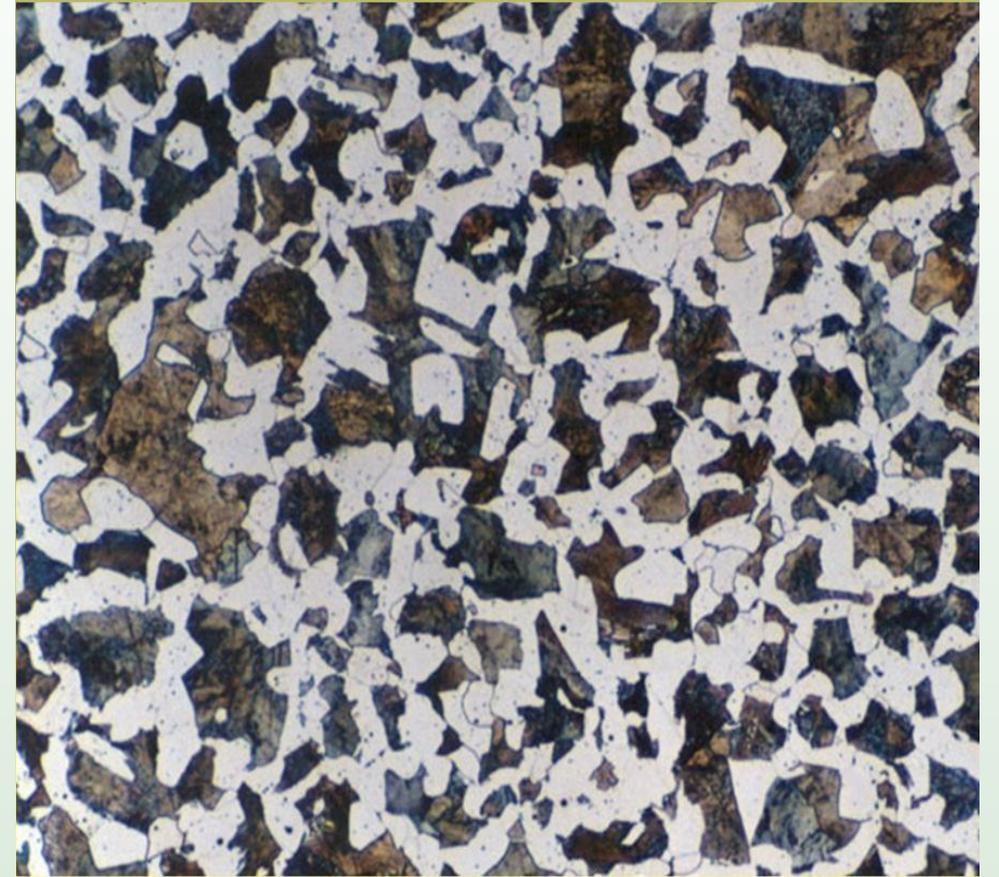
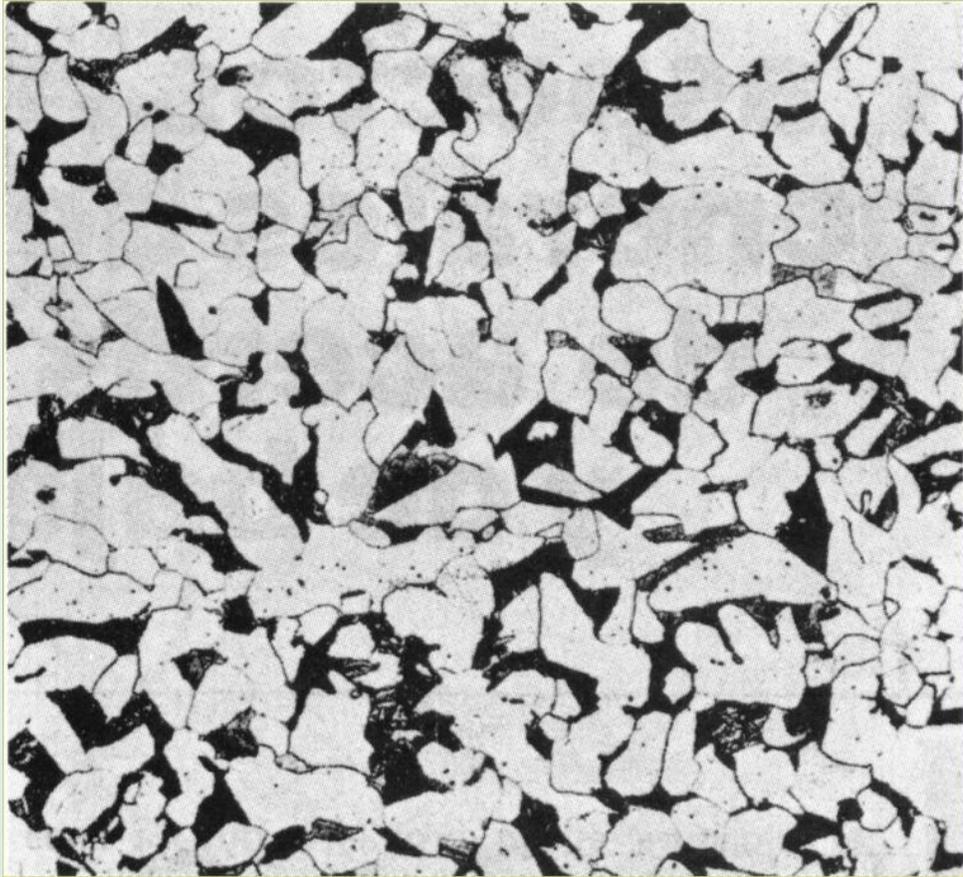
- En X<sub>1</sub> la ferrita debe empezar a formarse en las fronteras de los granos austeníticos, como la ferrita disuelve muy poco carbono en las áreas que cambian a ferrita el carbono debe salir.
- El carbono que sale de la ferrita es disuelto por los granos de austenita restantes.
- Finalmente, la línea HJ se alcanza en el punto X<sub>2</sub>, esta línea se conoce como línea de temperatura crítica inferior del lado hipoeutectoide y se designa como A<sub>1</sub>.
- Esta línea es la de temperatura eutectoide por lo cual toda la austenita restante debe experimentar la reacción eutectoide y transformarse en perlita (ferrita y cementita).



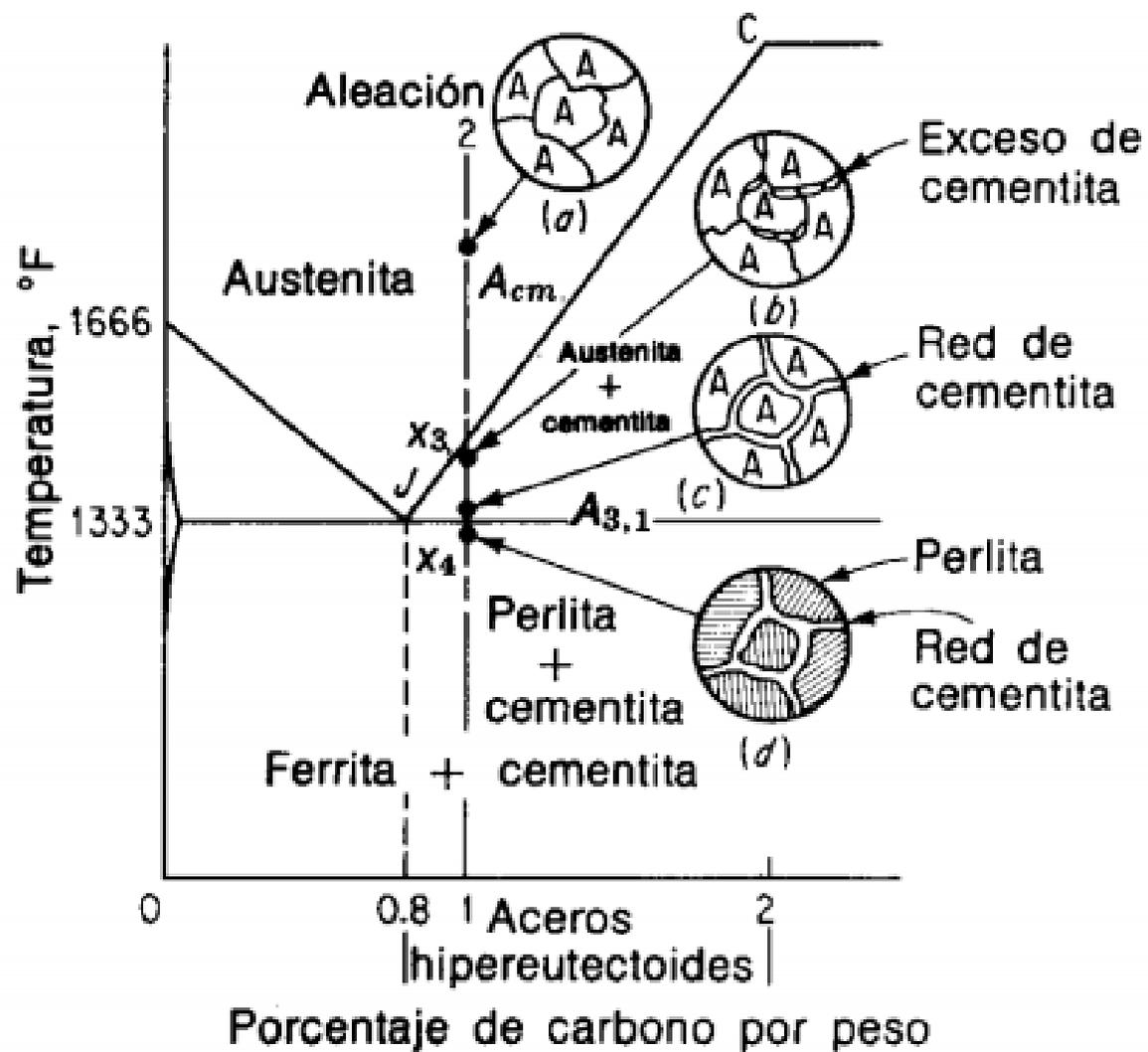


**Fig. 7.11** Esquema de la formación y crecimiento de perlita.

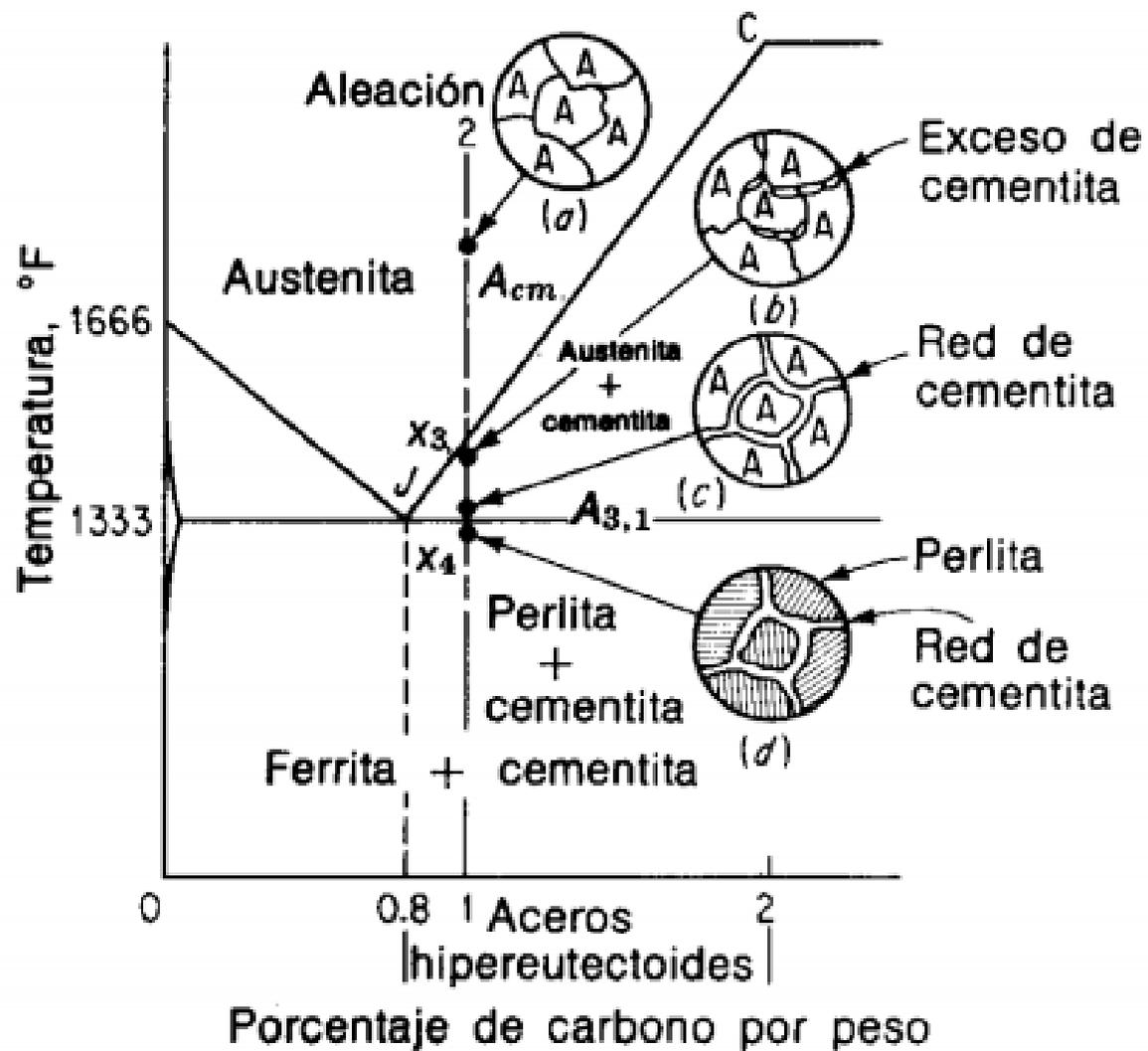
- Formación de perlita en capas alternadas de cementita y ferrita.
- Generalmente el crecimiento comienza en la frontera de los granos de austenita y hacia dentro del mismo.
- Como la ferrita y la perlita son estructuras estables, la microestructura permanece sin cambios.



Micrografía  
Aceros hipoeutectoides



- La aleación 2 es un acero hipereutectoico que contiene 1 % de C.
- En el rango de austenita sus granos tienen disueltos 1 % de C intersticialmente.
- La línea CJ denominada línea de temperatura crítica superior del lado hipereutectoico, marcada como  $A_{cm}$ .
- Esta línea muestra la cantidad de carbono que puede disolver la austenita en función de la temperatura.
- Por encima de la  $A_{cm}$  la solución sólida es insaturada pero cuando llega a  $X_3$  la austenita está saturada en carbono.

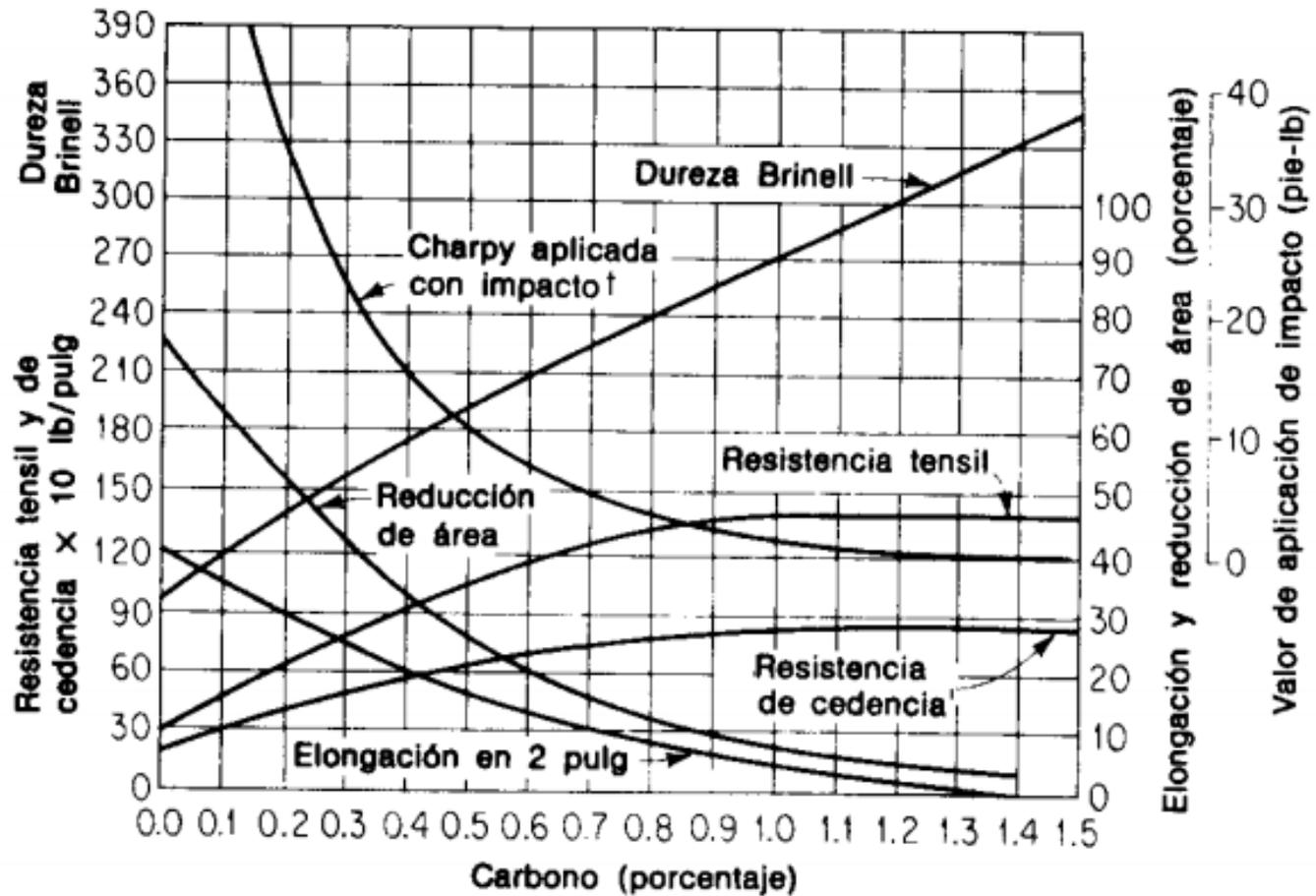


- Con la disminución de temperatura desciende la solubilidad de carbono en austenita, por lo cual de  $X_3$  a  $X_4$  debe precipitar carbono en forma de cementita en la frontera de grano.
- Posteriormente se alcanza la línea de temperatura eutectoide conocida como línea de temperatura crítica inferior en el lado hipereutectoide, marcada como  $A_{3,1}$ .
- En este punto la austenita remanente se transforma en la mezcla eutectoide, perlita.

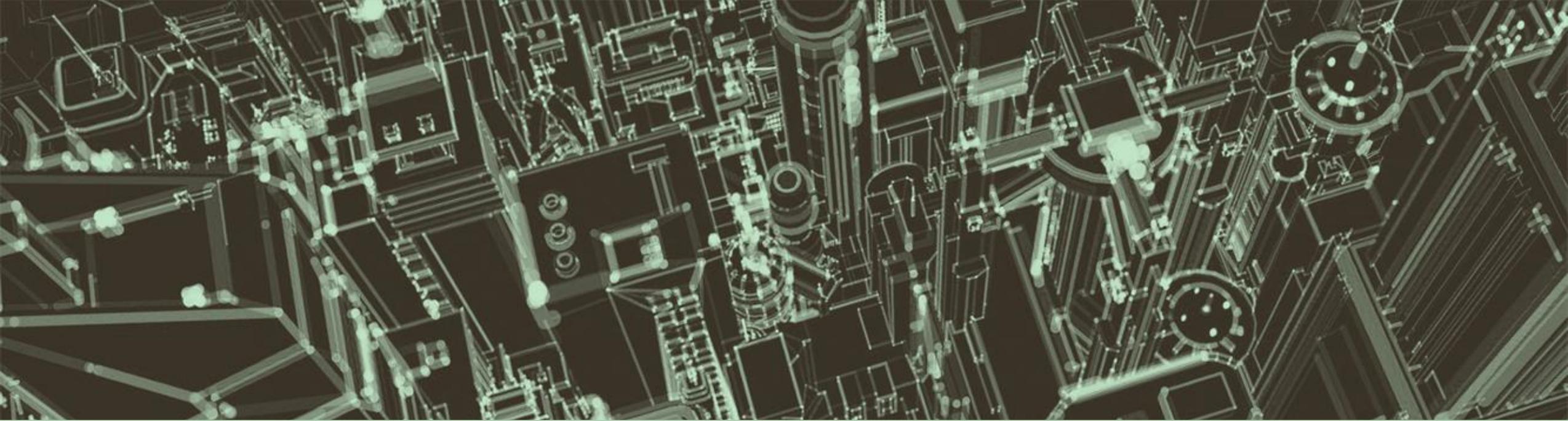


Micrografía

Acero hipereutectoide



- Las propiedades mecánicas dependen de las propiedades de las fases presentes y de que forma estas estén ordenadas para formar la estructura.



# Clasificación de aceros



- Para la clasificación de los aceros se pueden utilizar varios criterios:
  - Método de manufactura.
  - Utilización.
  - Composición química.
- Nos enfocaremos en el último criterio, el cual indica por medio de un sistema numérico el contenido aproximado de los elementos químicos más importantes. Es el criterio más utilizado.
- Para identificar esta clasificación se escribirá SAE acompañado de los dígitos correspondientes. (Sociedad de Ingenieros Automotrices de USA)
- Ej: SAE XXXX

- SAE XXXX
- El primer dígito indica tipo de acero:
  - 1 – aceros al carbono
  - 2 – aceros al níquel
  - 3 – aceros al cromo – níquel
- El segundo dígito corresponde al porcentaje aproximado del elemento más importante de aleación.
- Los dos últimos dígitos indican el porcentaje de carbono en centésimas.
- Ej: SAE 1020
  - Acero al carbono
  - 0,2 % de carbono.
- Ej: SAE 2520
  - Acero al níquel
  - 5 % de níquel aprox.
  - 0,2 % de carbono.

- 10xx Aceros al carbono obtenidos en horno Martín Siemens y en convertidor Bessemer ácido
- 11xx Aceros al carbono, altos en azufre y bajos en fósforo, obtenidos en horno Martín Siemens y en convertidor Bessemer ácido
- 12xx Aceros al carbono, altos en azufre y en fósforo, obtenidos en horno Martin Siemens
- 13xx Manganeso, 1,60 a 1,90 %
- 23xx Níquel, 3,50 %
- 25xx Níquel, 5 %
- 31xx Níquel, 1,25 % ; cromo, 0,60 %
- 32xx Níquel, 1,75 % ; cromo, 1,00 %
- 33xx Níquel, 3,50 % ; cromo, 1,50 %
- 40xx Molibdeno, 0,25 %
- 41xx Cromo, 1,00 % ; molibdeno, 0,20 %
- 43xx Cromo-níquel-molibdeno
- 46xx Níquel, 1,75 % ; molibdeno, 0,25 %
- 48xx Níquel, 3,50 % ; molibdeno, 0,25 %
- 51xx Cromo, 0,80 %
- 52xx Cromo, 1,50 %
- 61xx Cromo-vanadio
- 86xx Níquel, 0,55 % ; cromo, 0,50 % ; molibdeno, 0,20 %
- 87xx Níquel, 0,55 % ; cromo, 0,50 % ; molibdeno, 0,25 %
- 92xx Manganeso, 0,80 % ; silicio, 2,00 %
- 93xx Níquel, 3,25 % ; cromo, 1,20 % ; molibdeno, 0,12 %
- 98xx Níquel, 1,00 % ; cromo, 0,80 % ; molibdeno, 0,25 %

- Clasificación AISI (Instituto Americano del Hierro y Acero)
- La clasificación AISI utiliza el mismo sistema numérico precedido de una letra la cual indica el sistema de fabricación.
- Sin importar la clasificación cuando se dice :
  - Acero de bajo carbono: hasta 0,25 % de C.
  - Acero de medio carbono: de 0,25 a 0,55 % de C.
  - Acero de alto carbono: más de 0,55 % de C.

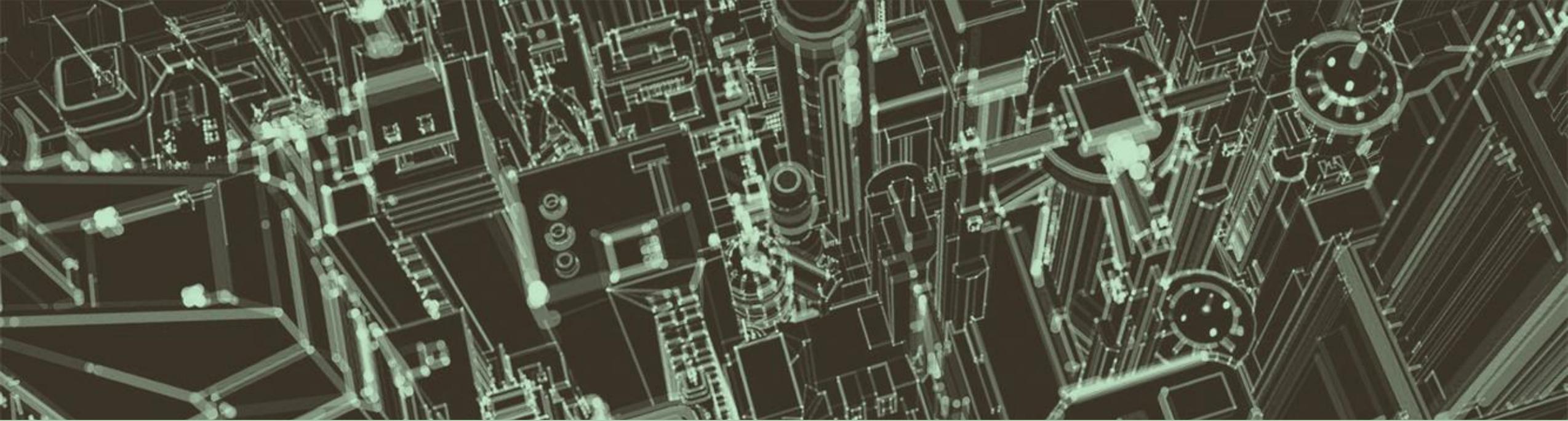
NÚM. AISI*	% C	% Mn	% P max	% S max	NÚM. SAE
<b>ACEROS AL CARBONO</b>					
C1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.04	0.05	1010
C1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.04	0.05	1015
C1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.04	0.05	1020
C1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.04	0.05	1025
C1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.04	0.05	1030
C1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.04	0.05	1035
C1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.04	0.05	1040
C1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.04	0.05	1045
C1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.04	0.05	1050
C1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.04	0.05	1055
C1060	0.55-0.65	0.60-0.90	0.04	0.05	1060
C1065	0.60-0.70	0.60-0.90	0.04	0.05	1065
C1070	0.65-0.75	0.60-0.90	0.04	0.05	1070
C1074	0.70-0.80	0.50-0.80	0.04	0.05	1074
C1080	0.75-0.88	0.60-0.90	0.04	0.05	1080
C1085	0.80-0.93	0.70-1.00	0.04	0.05	1085
C1090	0.85-0.98	0.60-0.90	0.04	0.05	1090
C1095	0.90-1.03	0.30-0.50	0.04	0.05	1095
<b>ACEROS DE MAQUINADO LIBRE</b>					
B1112	0.13 max	0.70-1.00	0.07-0.12	0.16-0.23	1112
B1113	0.13 max	0.70-1.00	0.07-0.12	0.24-0.33	1113
C1110	0.08-0.13	0.30-0.60	0.04	0.08-0.13	
C1113	0.10-0.16	1.00-1.30	0.04	0.24-0.33	
C1115	0.13-0.18	0.60-0.90	0.04	0.08-0.13	1115
C1120	0.18-0.23	0.70-1.00	0.04	0.08-0.13	1120
C1137	0.32-0.39	1.35-1.65	0.04	0.08-0.13	1137
C1141	0.37-0.45	1.35-1.65	0.04	0.08-0.13	1141
C1212	0.13 max	0.70-1.00	0.07-0.12	0.16-0.23	1112
C1213	0.13 max	0.70-1.00	0.07-0.12	0.24-0.33	1113
C12L14†	0.15 max	0.80-1.20	0.04-0.09	0.25-0.35	12L14

\* Letras prefijo AISI: B = acero al carbono bessemer ácido; C = acero al carbono básico de hogar abierto.

NOM. AISI	% C	% Mn	% Ni	% Cr	% Mo	% V	NOM. SAE	TIPO
1330	0.28-0.33	1.60-1.90	...	...	...	...	1330	Aceros al Mn
1340	0.38-0.43	1.60-1.90	...	...	...	...	1340	
2317	0.15-0.20	0.40-0.60	3.25-3.75	...	...	...	2315	Aceros al 3% de Ni
2330	0.28-0.33	0.60-0.80	3.25-3.75	...	...	...	2330	
E2512*	0.09-0.14	0.45-0.60	4.75-5.25	...	...	...	...	Aceros al 5% de Ni
2515	0.12-0.17	0.40-0.60	4.75-5.25	...	...	...	2515	
3115	0.13-0.18	0.40-0.60	1.10-1.40	0.55-0.75	...	...	3115	Aceros al Ni-Cr
3130	0.28-0.33	0.60-0.80	1.10-1.40	0.55-0.75	...	...	3130	
3140	0.38-0.43	0.70-0.90	1.10-1.40	0.55-0.75	...	...	3140	
E3310	0.08-0.13	0.45-0.60	3.65-3.75	1.40-1.75	...	...	3310	
4023	0.20-0.25	0.70-0.90	...	...	0.20-0.30	...	4023	Aceros al Mo
4037	0.35-0.40	0.70-0.90	...	...	0.20-0.30	...	4037	
4419	0.18-0.23	0.45-0.65	...	...	0.45-0.60	...	4419	
4118	0.18-0.23	0.70-0.90	...	0.40-0.60	0.08-0.15	...	4118	Aceros al Cr-Mo
4130	0.28-0.33	0.40-0.60	...	0.80-1.10	0.15-0.25	...	4130	
4140	0.38-0.43	0.75-1.00	...	0.80-1.10	0.15-0.25	...	4140	
4150	0.48-0.53	0.75-1.00	...	0.80-1.10	0.15-0.25	...	4150	
4320	0.17-0.22	0.45-0.60	1.65-2.00	0.40-0.60	0.20-0.30	...	4320	Aceros al Ni-Cr Mo
4340	0.38-0.43	0.60-0.80	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	...	4340	
4720	0.17-0.22	0.50-0.70	0.90-1.20	0.35-0.55	0.15-0.25	...	4720	
4620	0.17-0.22	0.45-0.60	1.65-2.00	...	0.20-0.30	...	4620	Aceros al Ni-Mo
4626	0.24-0.29	0.45-0.65	0.70-1.00	...	0.15-0.25	...	4626	
4820	0.18-0.23	0.50-0.70	3.25-3.75	...	0.20-0.30	...	4820	
5120	0.17-0.22	0.70-0.90	...	0.70-0.90	...	...	5120	Aceros al Cr
5130	0.28-0.33	0.70-0.90	...	0.80-1.10	...	...	5130	
5140	0.38-0.43	0.70-0.90	...	0.70-0.90	...	...	5140	
5150	0.48-0.53	0.70-0.90	...	0.70-0.90	...	...	5150	
E52100*	0.95-1.10	0.25-0.45	...	1.30-1.60	...	...	52100	
6118	0.16-0.21	0.50-0.70	...	0.50-0.70	...	0.12	6118	Aceros al Cr-V
6150	0.48-0.53	0.70-0.90	...	0.80-0.10	...	0.15	6150	
8620	0.18-0.23	0.70-0.90	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	...	8620	Aceros al bajo Ni-Cr-Mo
8630	0.28-0.33	0.70-0.90	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	...	8630	
8640	0.38-0.43	0.75-1.00	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	...	8640	
8720	0.18-0.23	0.70-0.90	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.30	...	8720	
8740	0.38-0.43	0.75-1.00	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.30	...	8740	Acero al Si
8822	0.20-0.25	0.75-1.00	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.40	...	8822	
9260	0.56-0.64	0.75-1.00	1.80-2.20	...	...	...	9260	Aceros al alto Ni-Cr-Mo
E9310*	0.08-0.13	0.45-0.65	3.00-3.50	1.00-1.40	0.08-0.15	...	9310	
9840	0.38-0.43	0.70-0.90	0.85-1.15	0.70-0.90	0.20-0.30	...	9840	
9850	0.48-0.53	0.70-0.90	0.85-1.15	0.70-0.90	0.20-0.30	...	9850	
94B30	0.48-0.53	0.70-0.90	0.85-1.15	0.70-0.90	0.20-0.30	...	94B30	Acero al boro

\* E = proceso básico de horno eléctrico. Todos los demás se han manufacturado normalmente mediante el proceso básico de hogar abierto.

- Otro elemento en los aceros (pequeñas cantidades):
- Azufre: generalmente se tienen contenidos menores al 0,05% ya que se forma sulfuro de hierro lo cual fragiliza al acero en altas temperaturas.
- Manganeso: su contenido está por debajo del 1 %, la principal función es eliminar malos efectos del azufre.
- Fosforo: su contenido se mantiene por debajo del 0,04 %, genera un leve aumento en la resistencia y dureza. En mayores cantidades reduce la ductilidad.
- Silicio: contenidos menores al 0,3 % generan un aumento de la resistencia sin afectar mucho la ductilidad.



*Aceros una visión practica*



**IAS**

**Acero para Construcciones Mecanicas**

Caracteristicas

**IRAM 4340**

**Clasificación:** Acero aleado al niquel-cromo-molibdeno de alta resistencia para temple de alta templabilidad.

**Color de identificación:**  
amarillo - anaranjado - amarillo

**Forma de suministro:** Palanquillas para forja, barras en estado laminado, estirado, pelado y/o tratado térmicamente y en rollos.

**Aplicaciones :** Piezas para aviones y automóviles sometidas a las más grandes exigencias y a los más altos esfuerzos estáticos y dinámicos, puesto que este acero posee muy alta resistencia y alta tenacidad. Se aplica en ejes, engranajes, cigüeñales, cojinetes, bulones, estampas, punzones, herramientas para trabajar en caliente, etc. También se aplica para fabricar piezas que presten servicios a temperaturas inferiores a 0 °C.

Punto crítico superior

$$Ac_3 = 773 \text{ }^\circ\text{C}$$

Punto crítico inferior

$$Ac_1 = 732 \text{ }^\circ\text{C}$$

Coefficiente de dilatación térmica en estado recocido.

(Promedio  $\times 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ )

Entre  $(-20) - 100^\circ\text{C} = 11,3$   
 $(-20) - 650^\circ\text{C} = 14,6$

Propiedades físicas

### MAQUINABILIDAD

En estado:

- Recocido y estirado en frío = 50 %
- Laminado en caliente y recocido = 45 %

### SOLDABILIDAD

Carbono equivalente máximo = 0,97 %

Propiedades tecnológicas

**IAS****Acero para Construcciones Mecanicas**  
Características**IRAM 4340**

<b>Carbono</b>	<b>Manganeso</b>	<b>Silicio</b>	<b>Azufre</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Cromo</b>	<b>Níquel</b>	<b>Molibdeno</b>
0,38 - 0,43	0,60 - 0,80	0,20 - 0,35	0,040 máx	0,035 máx	0,70 - 0,90	1,65 - 2,00	0,20 - 0,30

Composición Química (Colada) en %

<b>Forja</b>	<b>Normalizado</b>	<b>Recocido</b>	<b>Templado</b>	<b>Enfriado</b>	<b>Revenido</b>
1000 - 1200	860 - 915	810 - 860	815 - 840	Aceite	Según características requeridas

Tratamiento: Temperatura en °C y Medios de Enfriamiento

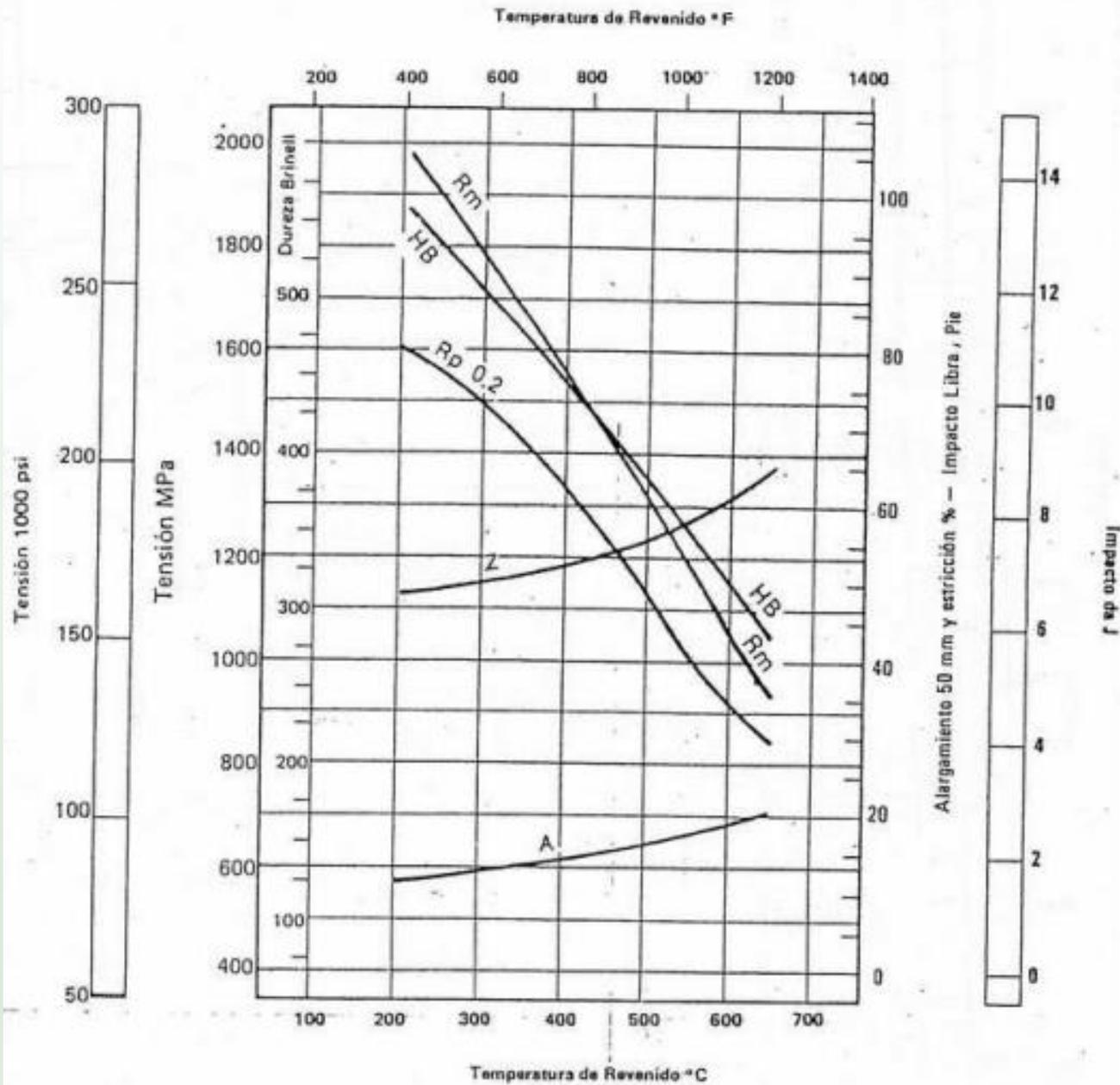
Tratamiento	Rp 0,2	Rm	Dureza			Impacto	A	Z
	MPa	MPa	HB	HRc	HV	da J	%	%
Laminado en caliente ( $\varnothing$ 25 mm)	860	1300	388	42			10	
Normalizado	870	1300	388	42			12	35
Recocido	460	740	217				20	48

Características mecánica (valores orientativos)

SAE	DIN	UNI	AFNOR	BS	AISI	ASTM
4340	40 NiCrMo 73	40 NiCrMo 7			4340	4340

Equivalencias

Los aceros que se indican satisfacen aproximadamente las características indicadas.



Normalizado 871 °C	Templado 801 °C	Medio de entriamiento Aceite
Tratamientos: Temperaturas en °C y medios de enfriamiento		
<p>Los valores indicados corresponden a una barra tratada con un diámetro de 13,5 mm y ensayada sobre una probeta mecanizada a 12,5 mm.</p>		

**IAS**

**Acero para Construcciones Mecanicas**  
Características

**IRAM 1010**

**Clasificación:** Acero al carbono para conformación en frío.

**Color de identificación:** castaño

**Forma de suministro:** Palanquillas, barras, rollos en estado laminado o productos estirados.

**Aplicaciones :** Elementos de construcción donde se requiere baja o mediana resistencia combinada con alta capacidad de deformación, como por ejemplo, bulones, tornillos, alambres y piezas similares.  
Se puede utilizar para cementación.

Punto critico superior

$$Ac_3 = 872 \text{ }^\circ\text{C}$$

Punto critico inferior

$$Ac_1 = 732 \text{ }^\circ\text{C}$$

Coefficiente de dilatación térmica en estado recocido.  
(Promedio  $\times 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ )

Entre      20 - 100  $^\circ\text{C}$  = 12,2  
              20 - 300  $^\circ\text{C}$  = 13,5  
              20 - 500  $^\circ\text{C}$  = 14,3  
              20 - 650  $^\circ\text{C}$  = 15,1

Propiedades físicas

### MAQUINABILIDAD

En estado estirado en frío con reducción del 15% = 55%

### SOLDABILIDAD

Carbono equivalente máximo = 0,28%

Propiedades tecnológicas

**IAS****Acero para Construcciones Mecanicas**  
Características**IRAM 1010**

<b>Carbono</b>	<b>Manganeso</b>	<b>Silicio</b>	<b>Azufre</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Cromo</b>	<b>Níquel</b>	<b>Molibdeno</b>
0,08 - 0,13	0,30 - 0,60	0,10 máx	0,050 máx	0,040 máx			

Composición Química (Colada) en %

<b>Forja</b>	<b>Normalizado</b>	<b>Recocido Hipercrítico</b>	<b>Recocido Subcrítico</b>	<b>Cementado</b>	<b>Carbonitrurado</b>
1000 - 1300	940 - 970	880 - 910	540 - 730	900 - 930	790 - 900
<b>Templado de la capa cementada</b>	<b>Enfriado</b>	<b>Revenido</b>			
760 - 800	Agua - Aceite	150 - 200			

Tratamiento: Temperatura en °C y Medios de Enfriamiento

Tratamiento	Rp 0,2	Rm	Dureza			Impacto	A	Z
	MPa	MPa	HB	HR	HV	da J	%	%
Laminado en caliente	210 - 280	330 - 430	95 - 124				28 - 38	50 - 78
Estirado en frío (15% de reducción)	330 - 440	370 - 490	105 - 150				12 - 24	40 - 70

Características mecánica (valores orientativos)

SAE	DIN	UNI	AFNOR	BS	AISI	ASTM
1010	Ck 10 C 10	C 10	XC 10 CC 10	040 A 10	1010	1010

Equivalencias

Los aceros que se indican satisfacen aproximadamente las características indicadas.

