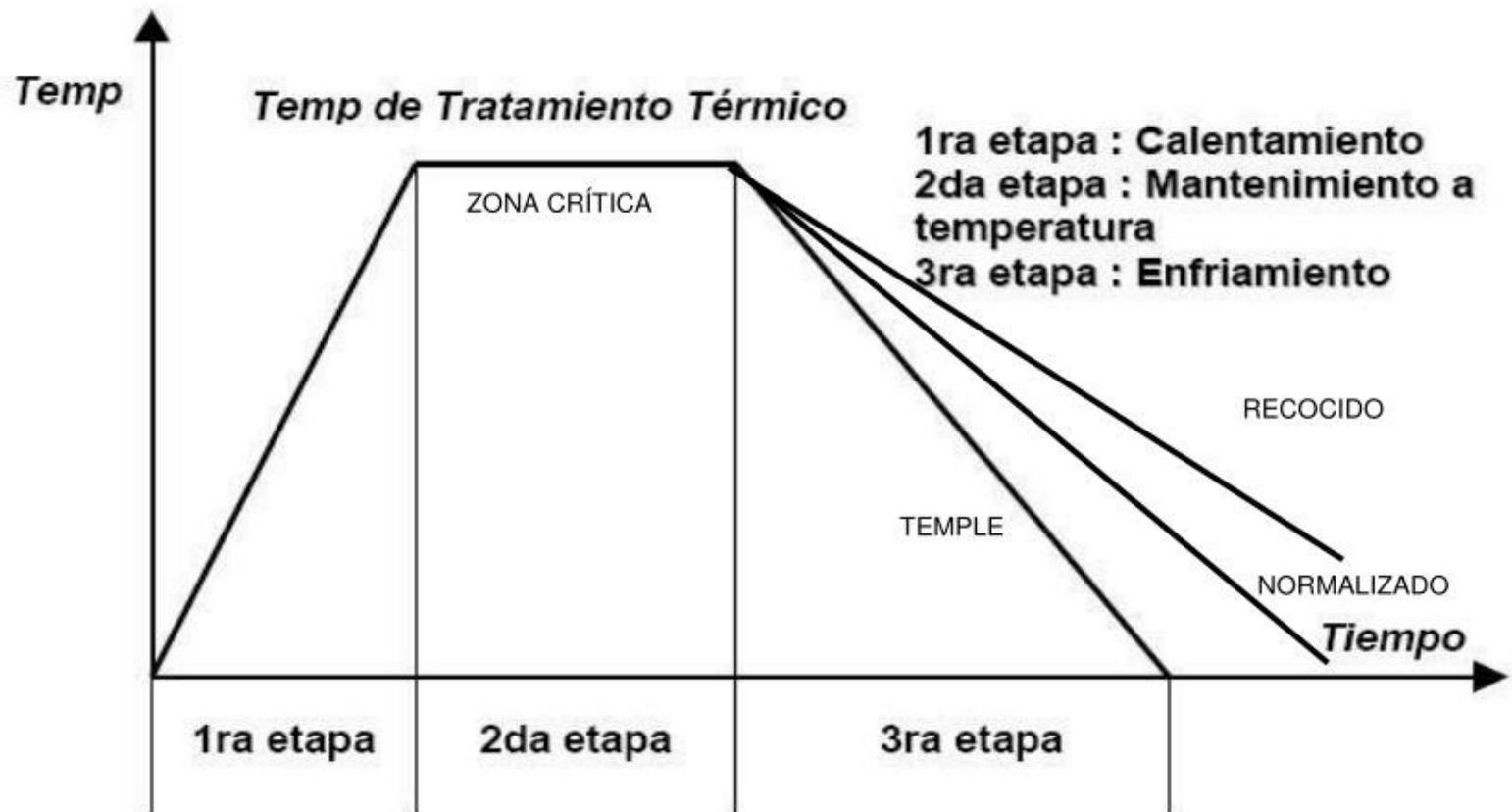


TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

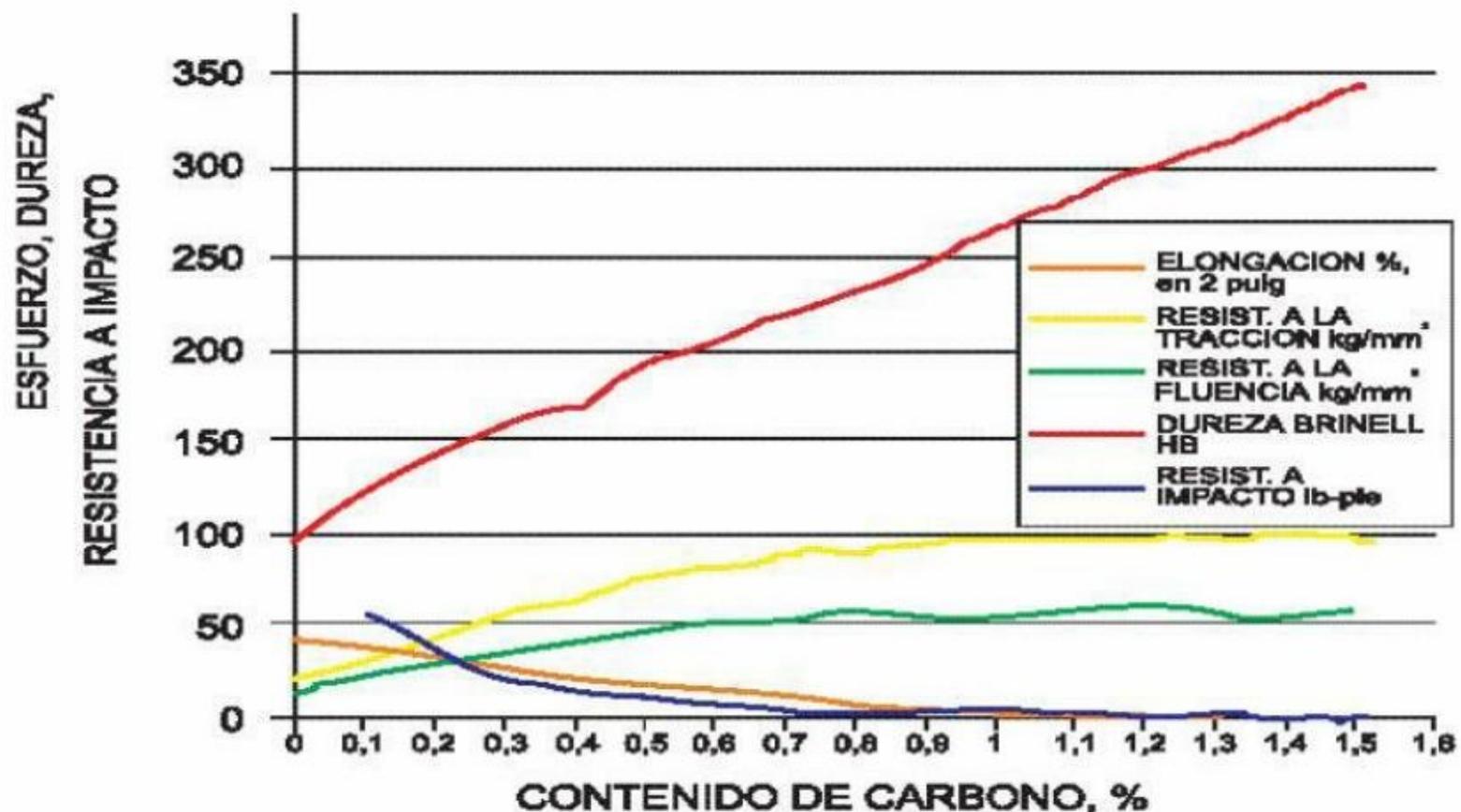
■ ETAPAS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO



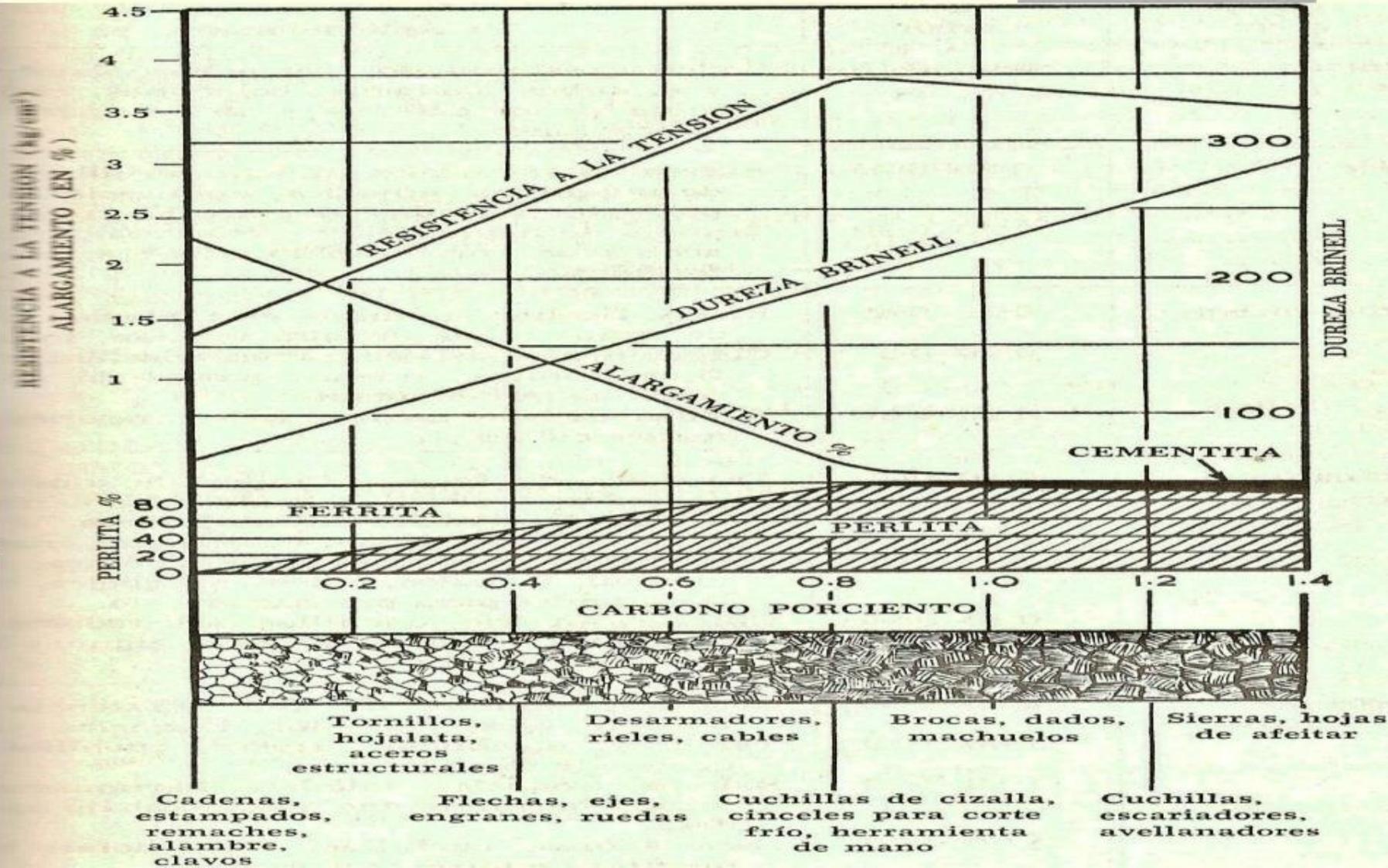
TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

Tipo de acero	Porcentaje de carbono	Aplicaciones
Calmado dulce	0.05-0.15	Cadenas, estampados, remaches, alambre, clavos, tubos soldados, colchones, cintas laminadas en caliente y en frío para varias aplicaciones.
Dulce	0.10-0.20	Aceros estructurales R.S.J., tornillos, partes de máquinas, hojalata, endurecimiento superficial, forjados al martillo, troquelados.
	0.20-0.30	Trabajo de máquinas y estructural, engranes, aceros de corte rápido, flechas, palancas, forjados.
Medio carbono	0.30-0.40	Bielas, flechas, alambre, ejes, placas, ganchos de grúa, tubos de alta tensión, forjado.
	0.40-0.50	Cigüeñales, ejes, engranes, flechas, moldes fijos, rotores, ruedas, partes de máquina tratadas térmicamente.
	0.50-0.60	Ruedas de locomotora, rieles, resortes laminados, cables.
Alto carbono	0.60-0.70	Troqueles de forja, tornillos de ajuste, desarmadores, sierras, mandriles, herramientas de calafatear, brocas huecas.
	0.70-0.80	Sierras bandas, mesas de yunque, martillos, llaves, resortes laminados, defensas de automóvil, forjados, cables, troqueles, troqueles grandes para prensas en frío.
	0.80-0.90	Cinceles en frío, cuchillas, ajustadores fríos, punzones, taladros de roca, algunas herramientas de mano.
Aceros de herramienta	0.90-1.00	Resortes, alambre de alta resistencia a la tensión, ejes, cuchillos, troqueles, clavos.
	1.00-1.10	Taladros, machuelos, fresas, cuchillas, troqueles de tornillo.
	1.10-1.20	Baleros, troqueles, taladros, herramientas de torno, herramientas para trabajo en madera.
	1.20-1.30	Escariadores, cuchillas, rebajadores, herramientas de torno y de madera.
	1.30-1.40	Sierras, hojas de rasurar, herramientas para perforar y acabar, partes de máquinas en que es esencial la resistencia al desgaste.

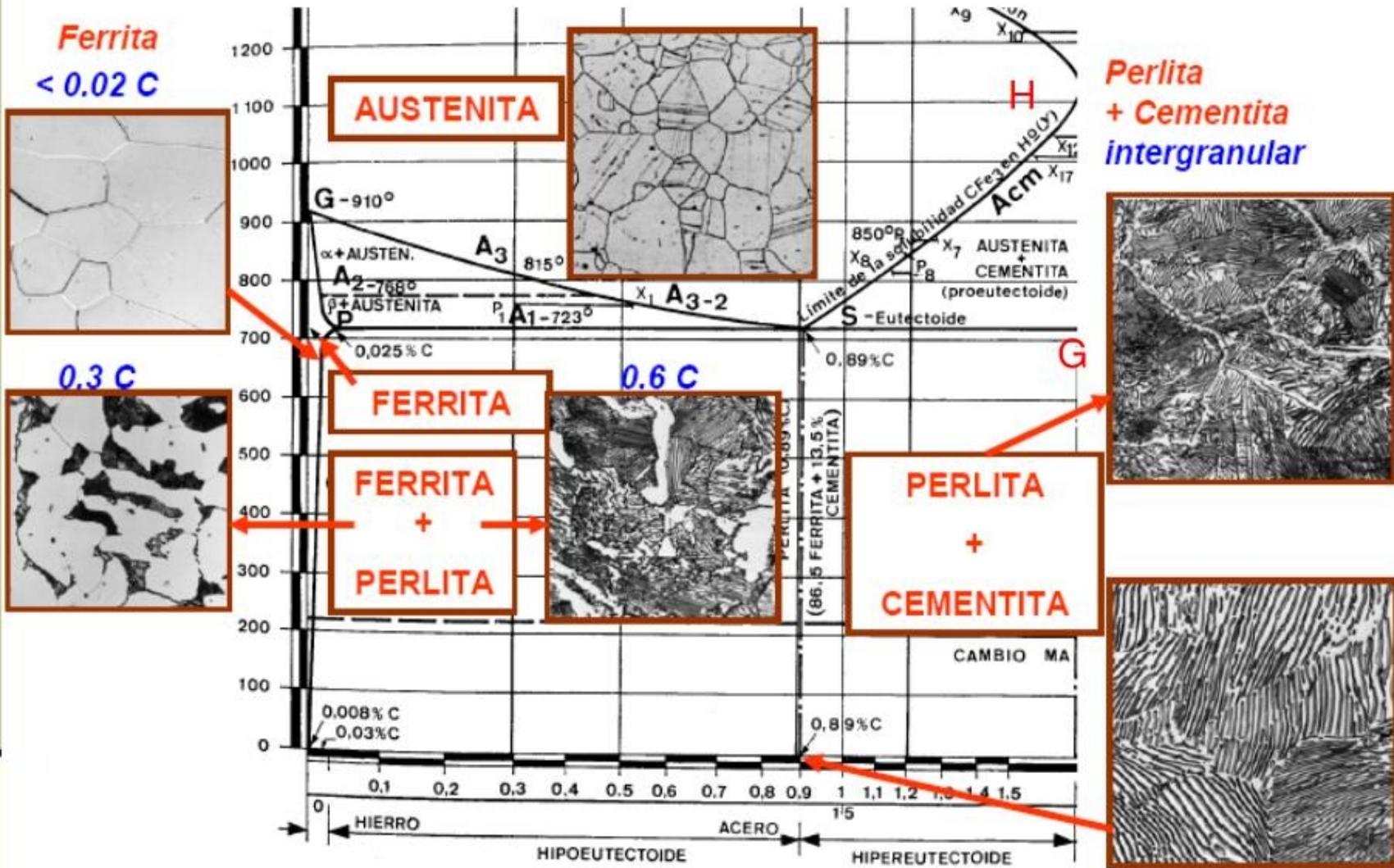
PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO VS. CONCENTRACIÓN DE CARBONO



TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS



FASES HIERRO-CARBONO



Pearlite (0.85-0.89 C)

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

- TEMPERATURA CRÍTICA SUPERIOR (TCS) DE UN ACERO VARIA CON SU CONTENIDO DE CARBONO Y ES AQUELLA TEMPERATURA EN LA CUAL LA AUSTENITA COMIENZA A TRANSFORMARSE EN FERRITA Y CEMENTITA BAJO CONDICIONES DE ENFRIAMIENTO LENTO. ESTA REPRESENTADA POR LA LINEA **GSH**. DE IGUAL MANERA SE DENOMINA TEMPERATURA CRITICA INFERIOR (TCI) LA TEMPERATURA DE 723 ° C A LA CUAL SE FORMA LA PERLITA Y ES LA MISMA PARA ACEROS AL CARBONO DE TODAS LAS COMPOSICIONES LINEA **PSG**

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

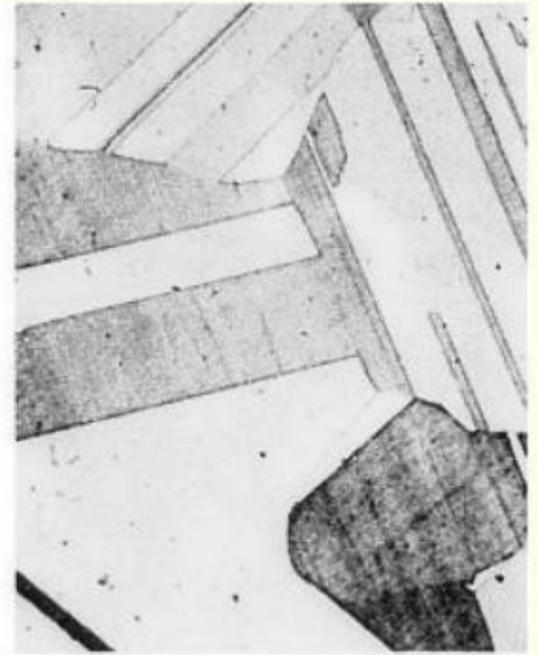
EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL TAMAÑO DE GRANO



(a)



(b)



(c)

(a) 450 ° C (b) 650 ° C (c) 800 ° C

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

RECOCIDO: CONSISTE EN CALENTAR EL ACERO A LA TEMPERATURA ADECUADA DEPENDIENDO SI ES HIPER O HIPO EUTECTOIDE SIEMPRE QUE NO EXCEDA LA TCI Y LUEGO ENFRIAR LENTAMENTE A LO LARGO DEL INTERVALO DE TRANSFORMACIÓN, PREFERENTEMENTE EN EL HORNO O EN CUALQUIER MATERIAL QUE SEA BUEN AISLANTE.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

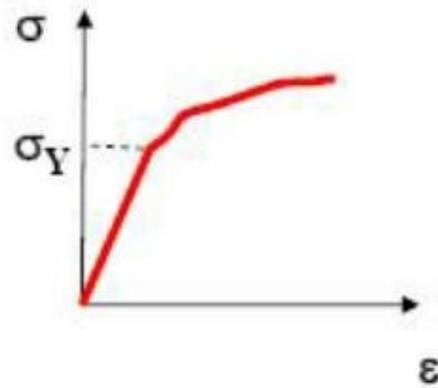
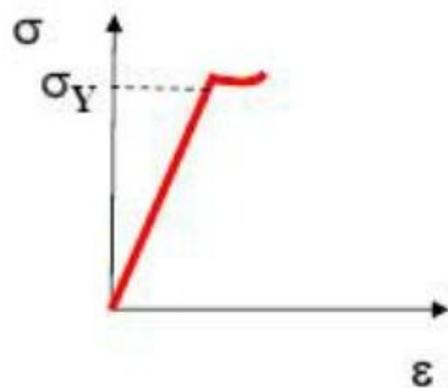
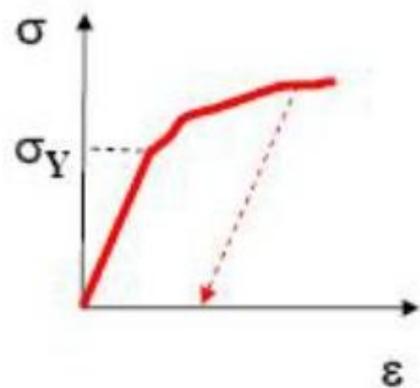
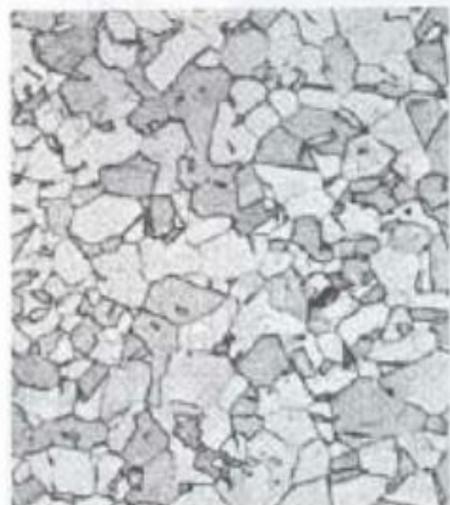
- EL PROPOSITO DEL RECOCIDO PUEDE SER REFINAR EL GRANO, DISMINUIR LA DUREZA, MEJORAR LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS Y MAGNETICAS Y EN ALGUNOS CASOS MEJORAR EL MAQUINADO. AVNER S. (1988)

Recocido: Microestructuras de un acero ferrítico antes de la deformación, después de la deformación y después de un tratamiento de recocido con recristalización.

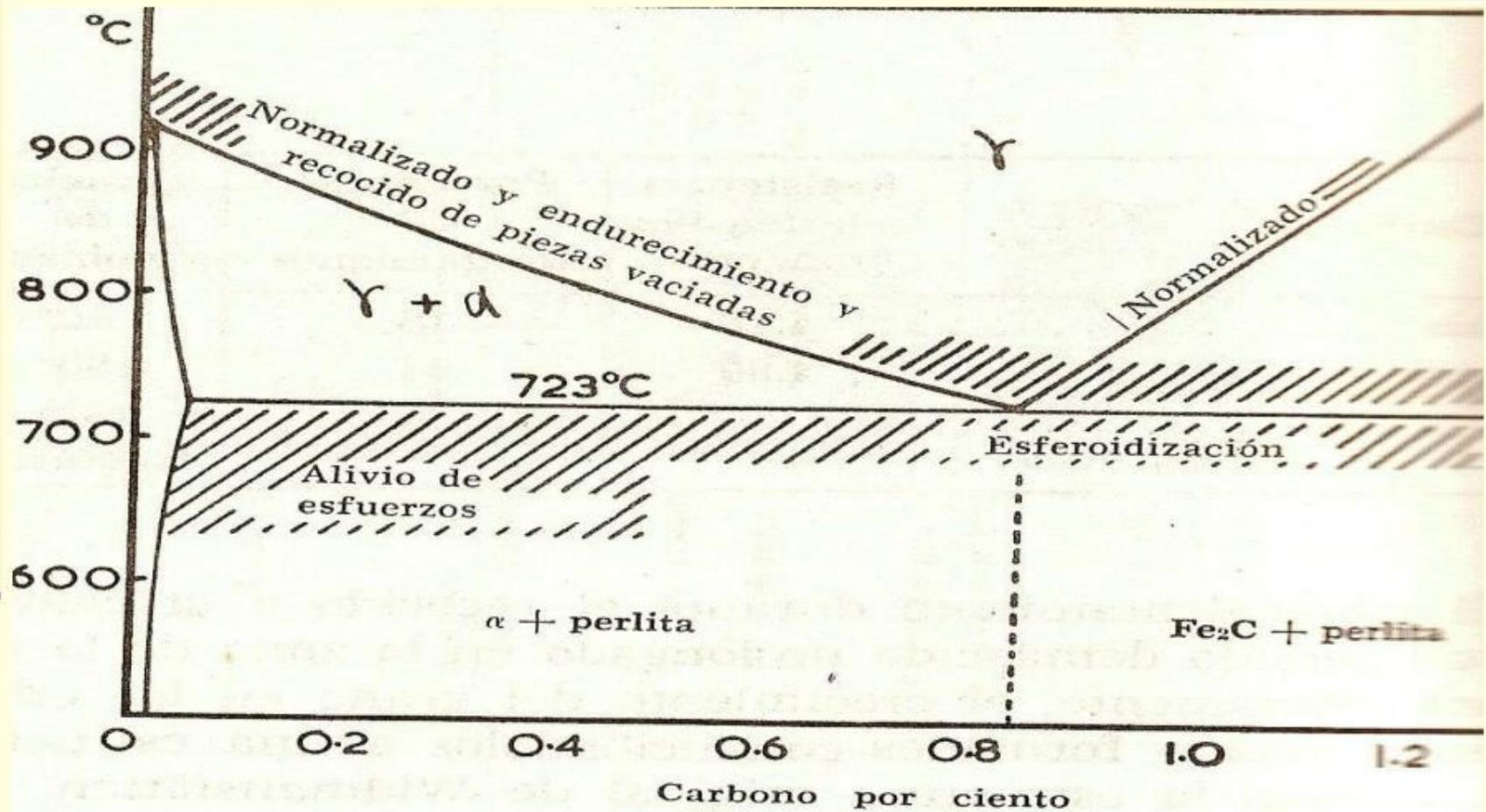
Estructura inicial

Tras deformación

Tras recocido



**TEMPERATURA DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS AL CARBONO EN RELACIÓN CON EL DIAGRAMA DE EQUILIBRIO
FIG 11.9 DEL LIBRO INGENIERIA METALÚRGICA, HIGGINS R. (1984)**



TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

RECOCIDO PARA LA ELIMINACIÓN DE ESFUERZOS

ESTE PROCESO SE UTILIZA PARA ELIMINAR ESFUERZOS RESIDUALES DEBIDOS A UN FUERTE MAQUINADO U OTROS PROCESOS DE TRABAJO EN FRÍO. ESTE RECOCIDO, TAMBIÉN DENOMINADO SUBCRÍTICO, SE LLEVA A CABO A TEMPERATURAS POR DEBAJO DE LA LÍNEA CRÍTICA INFERIOR .

ESFEROIDIZACIÓN

ES UN PROCESO POR EL CUAL SE MEJORA LA MAQUINABILIDAD. EL MÉTODO QUE SUELE EMPLEARSE ES EL MANTENIMIENTO DURANTE UN TIEMPO PROLONGADO A UNA TEMPERATURA LIGERAMENTE INFERIOR A LA LÍNEA CRÍTICA INFERIOR. ESTE TIPO DE PROCESO SE EMPLEA PARA OBTENER UNA MÍNIMA DUREZA, UNA MÁXIMA DUCTILIDAD O UNA MÁXIMA MAQUINABILIDAD EN ACEROS AL ALTO CARBONO. LOS ACEROS AL BAJO CARBONO.

TIPOS DE HORNOS USADOS EN EL PROCESO DE RECOCIDO



TRATAMIENTOS TÉRMICOS

controlan y aprovechan la transformación



velocidad de enfriamiento

Recocido

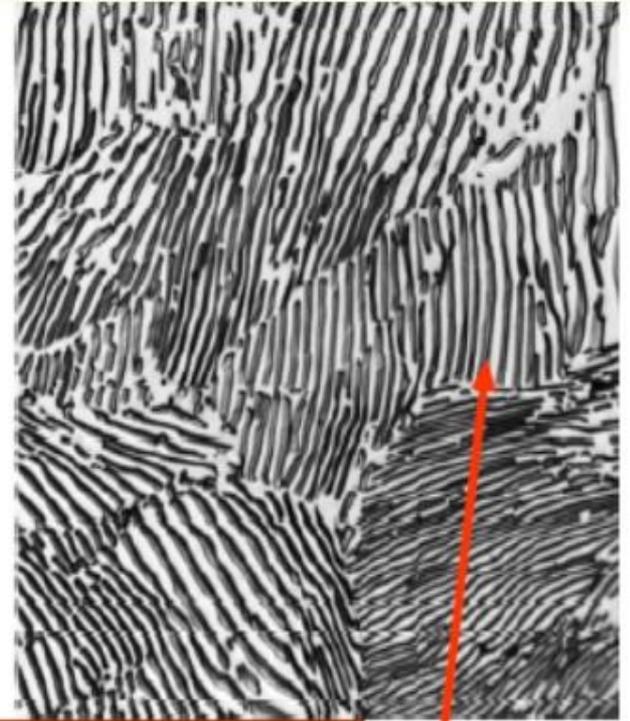
enfriamiento muy lento

Normalizado

enfriamiento rápido

Granos grandes + lamelas gruesas de perlita

Granos chicos + lamelas finas de perlita



El acero recocido es más blando que el acero normalizado

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

- NORMALIZADO:

CONSISTE EN UN CALENTAMIENTO A TEMPERATURA LIGERAMENTE SUPERIOR A TCS SEGUIDO DE UN ENFRIAMIENTO AL AIRE. DE ESTA FORMA SE DEJA AL ACERO CON UNA ESTRUCTURA Y PROPIEDADES QUE SE CONSIDERAN COMO NORMALES. SE SUELE UTILIZAR PARA PIEZAS QUE HAN SUFRIDO TRABAJO EN CALIENTE O EN FRIO, ENFRIAMIENTOS IRREGULARES O SOBRECALENTAMIENTOS. SE EMPLEA CASI EXCLUSIVAMENTE PARA LOS ACEROS DE CONSTRUCCIÓN AL CARBONO O DE BAJA ALEACIÓN.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

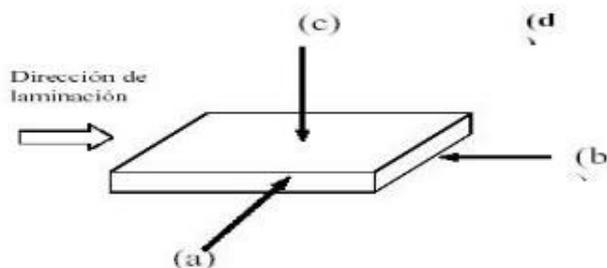
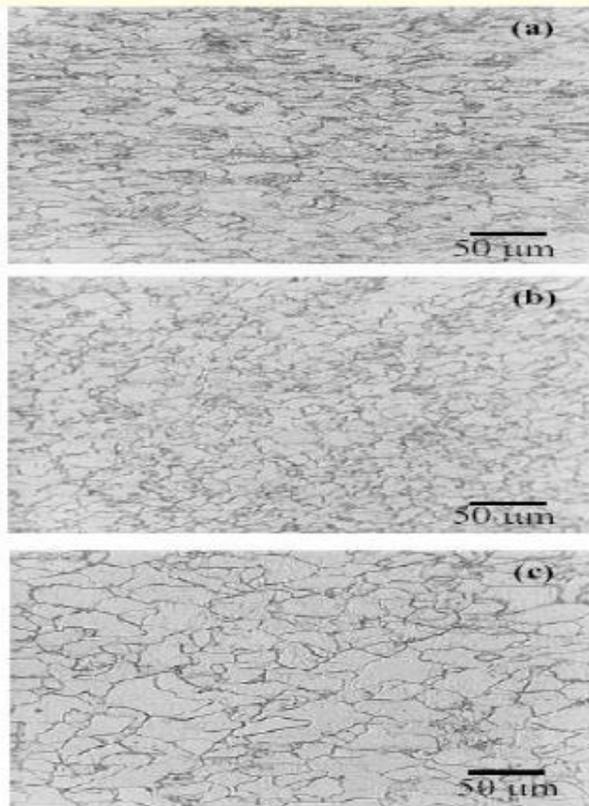


Figura 1. Microestructura del acero estudiado sin tratamiento térmico. Sección longitudinal (a), sección transversal (b) y sección normal (c) de las muestras, como se indica en (d). Microscopía óptica 200X.

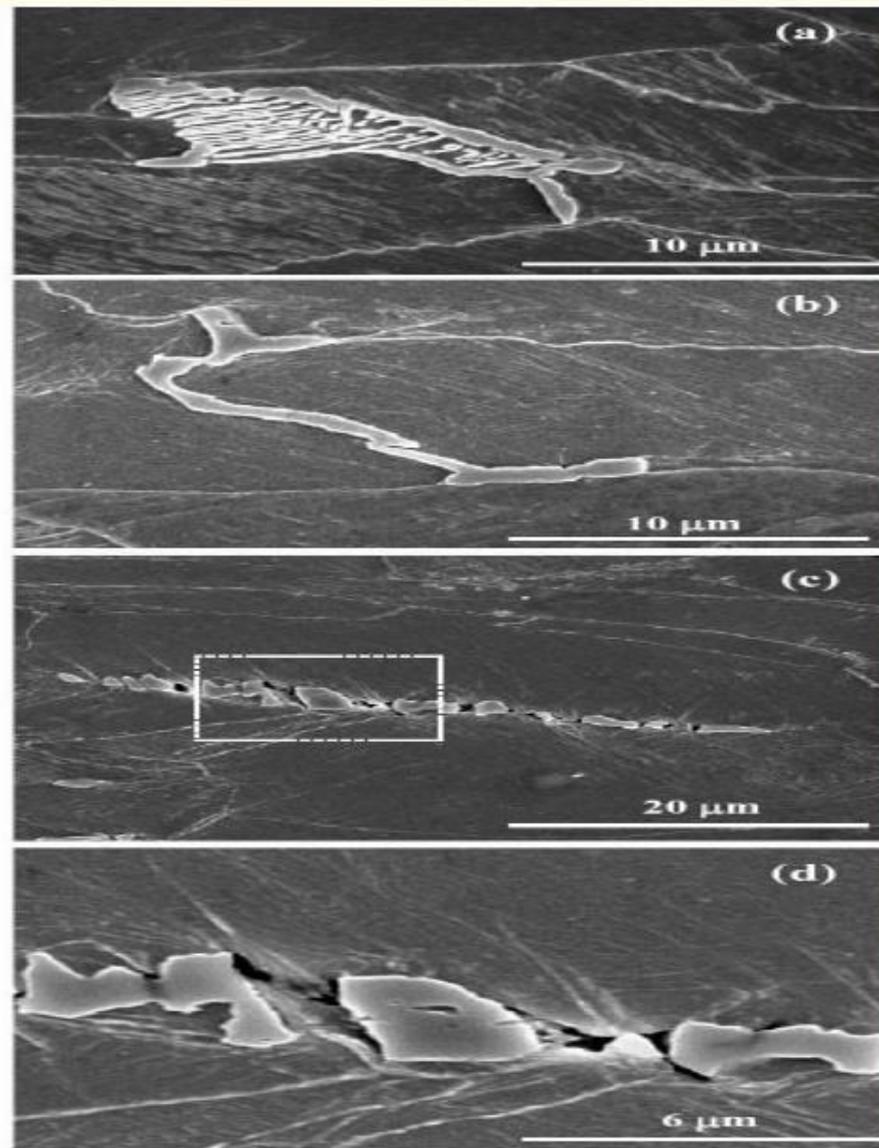


Figura 2. Morfologías de la cementita presente en el acero laminado en frío. (a) Perlita, (b) Cementita en el borde de grano, (c) Cementita fragmentada. (d) detalle del recuadro en (c).
MER.