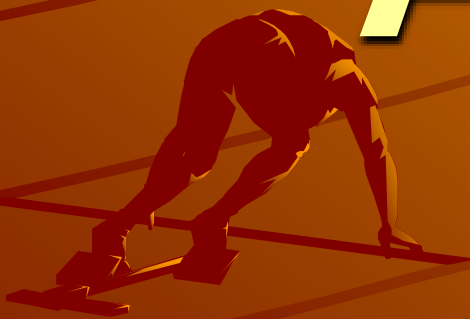


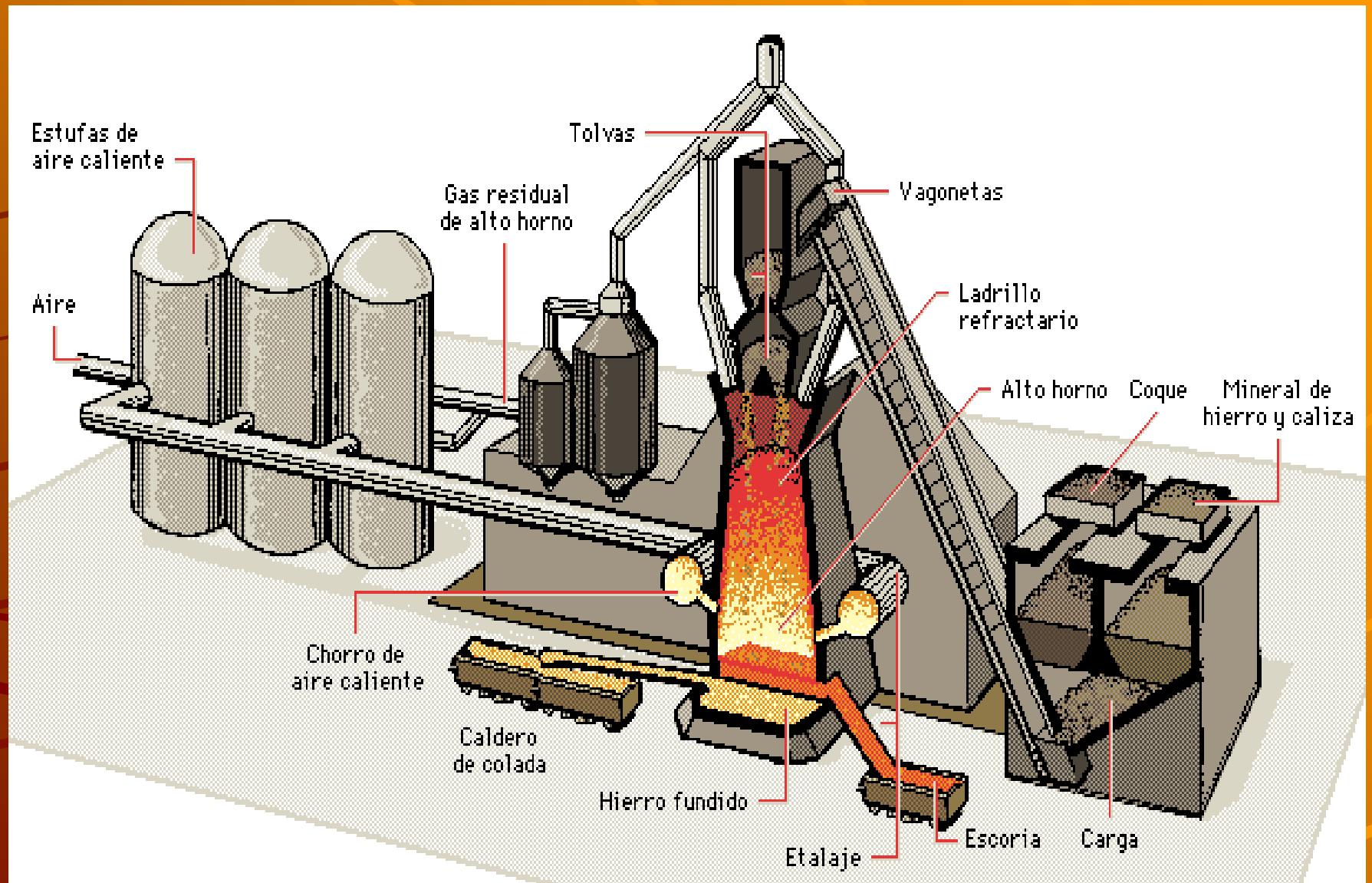
# ACEROS



# ACERO BASES



# ALTO HORNO



◆ Los aceros son aleaciones básicamente de **Hierro y Carbono**, con porcentajes de este último que oscilan entre **0,05 y 2.1 %**.

A partir de 2.1% C aparecen las **fundiciones** o también llamadas hierros fundidos.

# ALEACIONES

◆ TIENEN MUCHAS VENTAJAS SOBRE LOS METALES PUROS:

◆ **MAYOR DUREZA**

**MAYOR RESISTENCIA A LA TRACCIÓN**

**MAYOR RESISTENCIA A LA ABRASIÓN**

**Tf MENOR QUE AL MENOS UNO DE LOS**

**COMPONENTES**

**MEJOR ASPECTO**

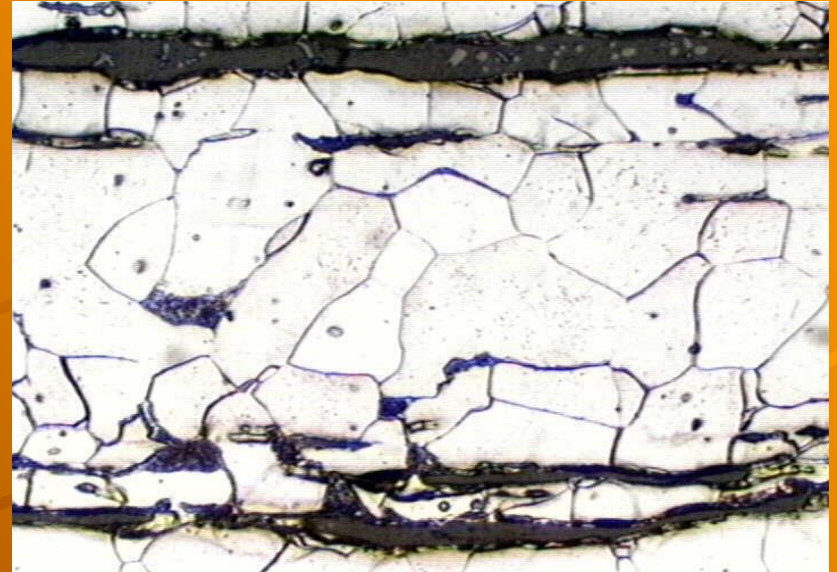
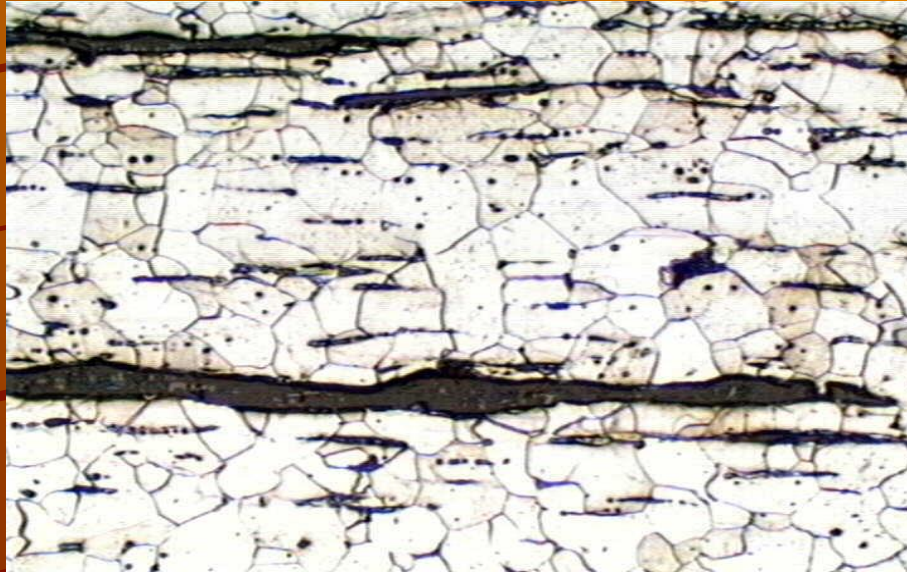
**MÁS ECONÓMICAS QUE POR LO MENOS UNO**

**DE LOS COMPONENTES**

# DESVENTAJAS:

- ◆ SON MENOS DÚCTILES Y MALEABLES POR TANTO MÁS FRÁGILES.
- ◆ MENOR CONDUCTIBILIDAD ELÉCTRICA.
- ◆ MENOR CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA

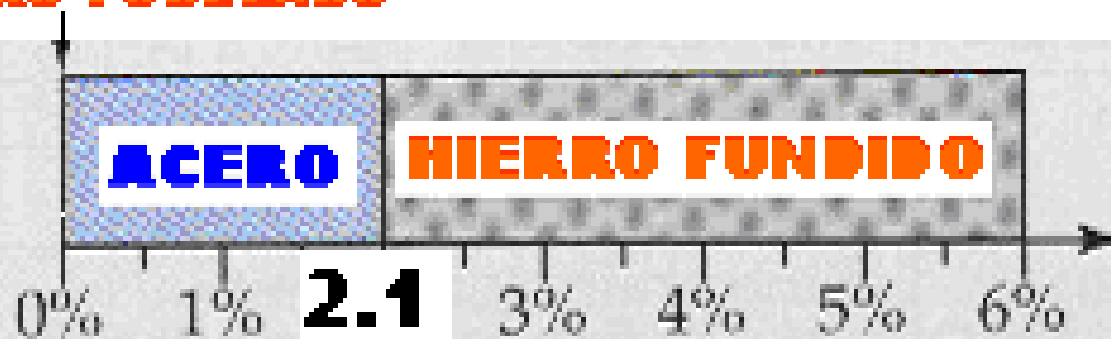
◆ El hierro pudelado es un hierro con un % C muy pequeño muy utilizado antiguamente, caracterizándose por sus bandas de escoria en la microestructura.



Fe pudelado compuesto de ferrita (zonas blancas) y bandas negras de escoria aproximadamente paralelas debido al forjado.



## **HIERRO PUDELADO**



**PORCENTAJE DE CARBONO**

**DIFERENCIA ENTRE EL HIERRO PUDELADO, EL ACERO Y EL HIERRO FUNDIDO CON RESPECTO A SU CONTENIDO DE C(%)**

# OTROS ALEANTES

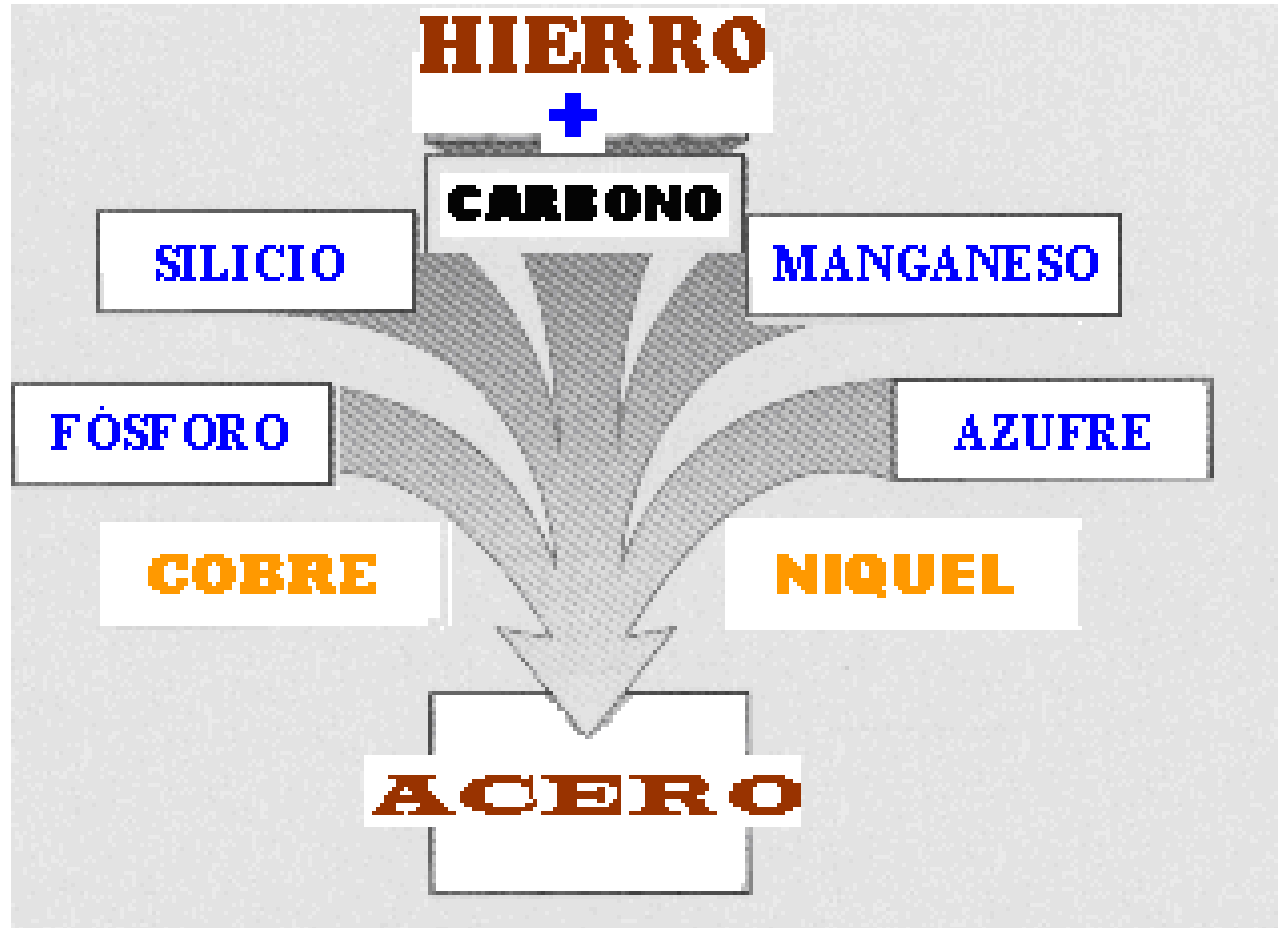
- ◆ Además de el C el acero lleva otros elementos químicos, como el **azufre**, **el fósforo**, **silicio**, **manganeso**, provenientes de su manufactura inicial y **cobre**, **níquel** y otros de la chatarra.,

◆ Y cuyos límites superiores suelen ser generalmente los siguientes:

◆  $Si=0.50\%$ ;  $Mn=0.90\%$ ;

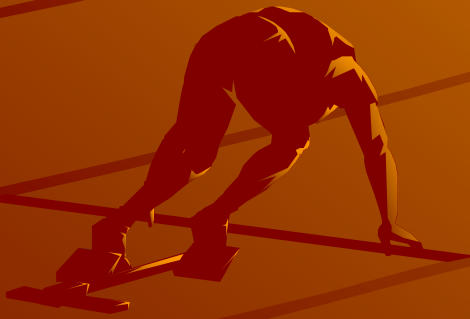
◆  $P=0.100\%$  y  $S=0.100\%$ .

- ◆ Mientras que algunos otros se añaden intencionalmente, bien para **incrementar algunas propiedades específicas** como la resistencia, dureza, resistencia química etc. o para facilitar algún proceso de fabricación, como puede ser el mecanizado; tal es el caso del **cromo, níquel, el molibdeno etc.**



## **ELEMENTOS BÁSICOS DEL ACERO**

# Algunas nociones sobre solubilidad





# Los elementos pueden presentar:

◆ *1-Solubilidad parcial.*

◆ *2-Total*

◆ *3-Ninguna*





# Reglas de Hume- Rothery para solubilidad

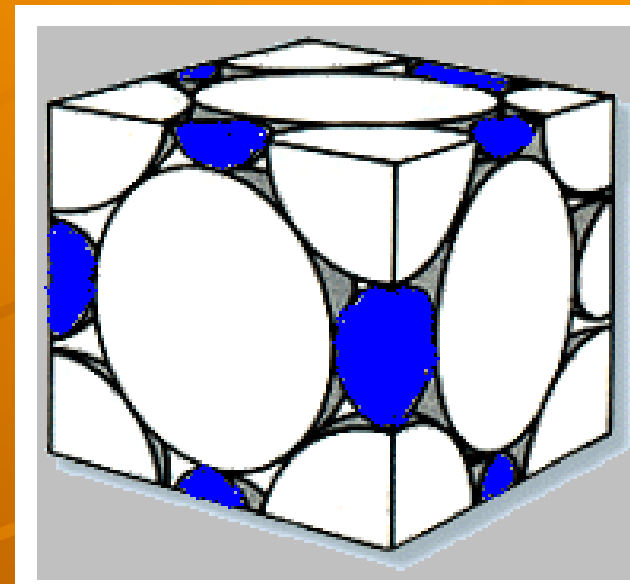
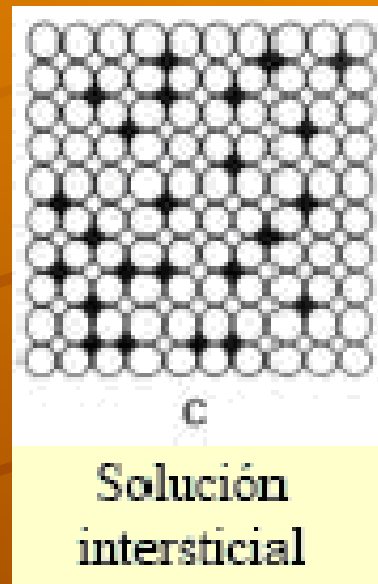
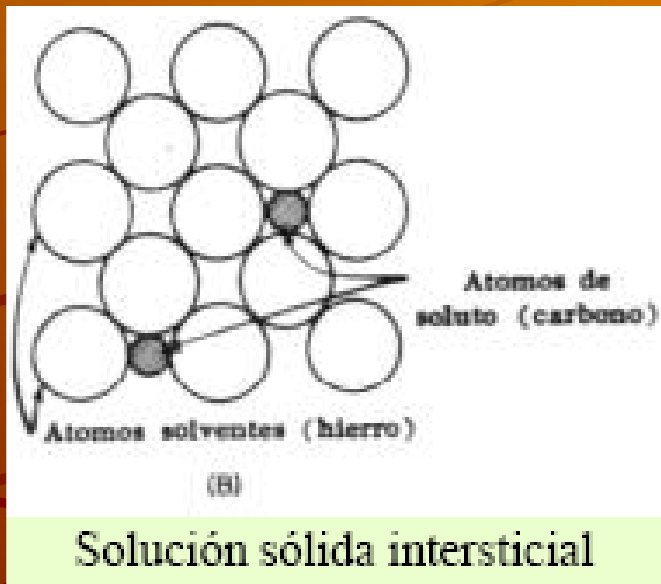
- ◆ **1. Que el tamaño atómico sea aproximadamente igual (menor de 15%).**
- ◆ **2. Misma valencia**
- ◆ **3. La diferencia en electronegatividad sea baja.**
- ◆ **4. Y que presenten la misma estructura cristalina.**

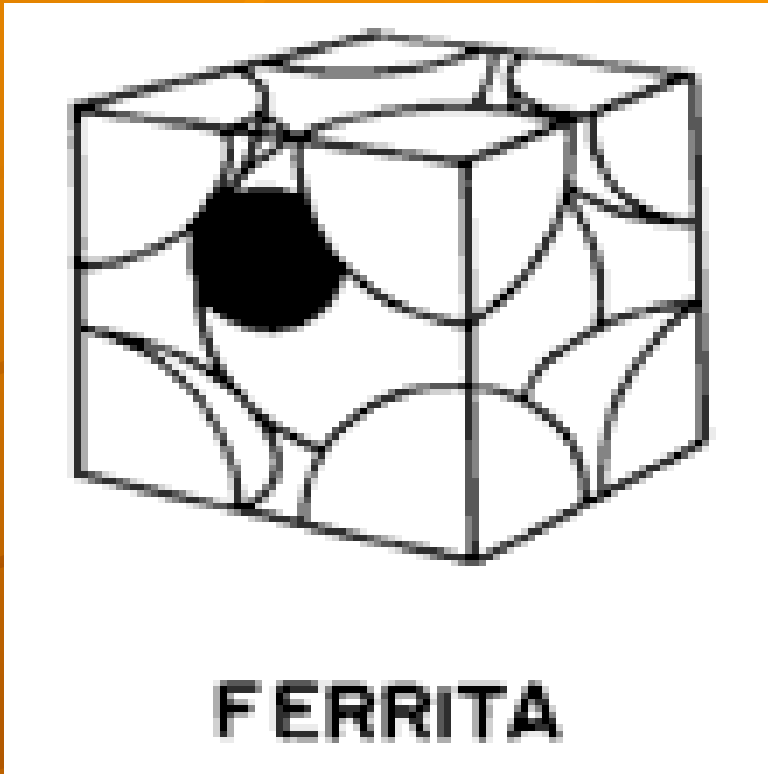
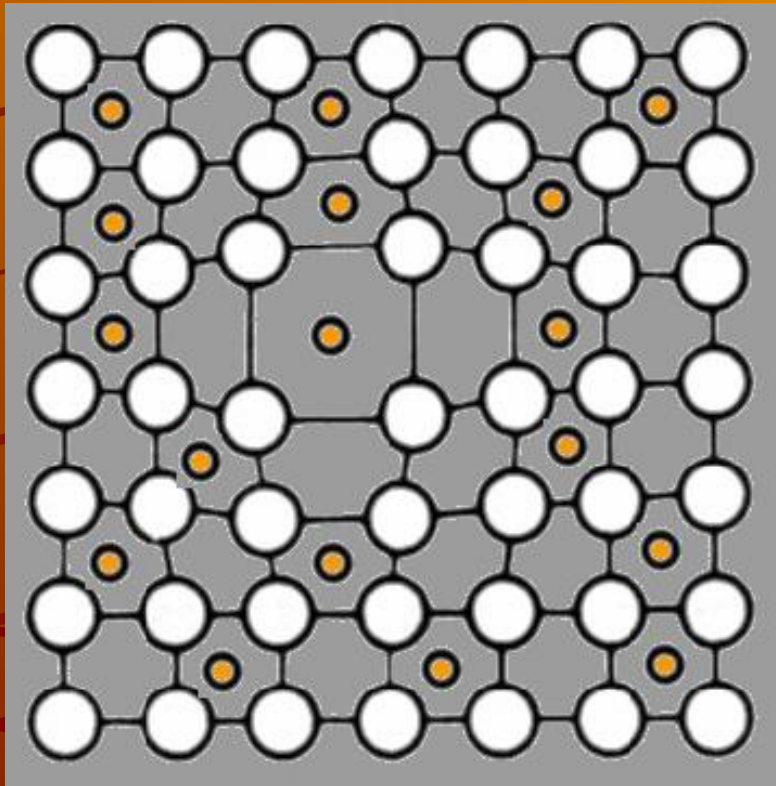
*Las soluciones pueden ser*

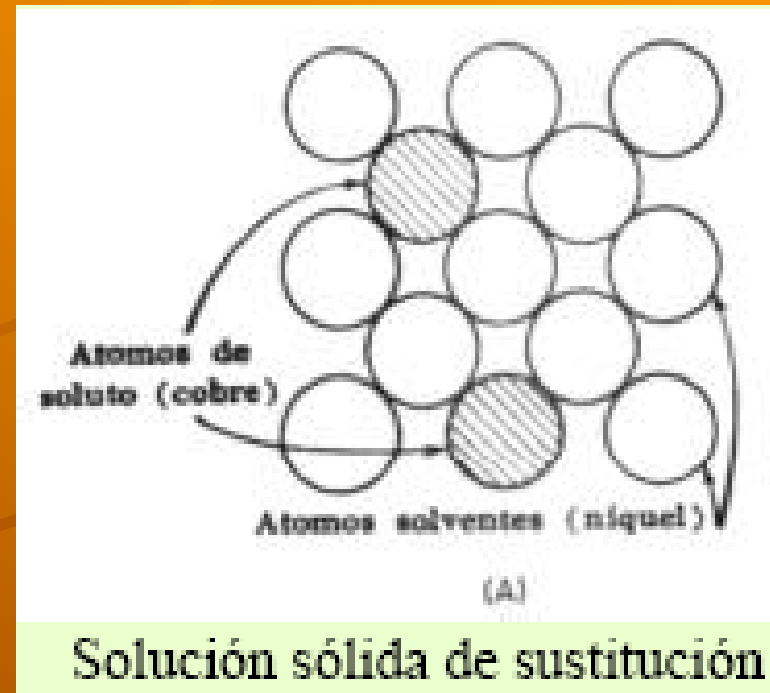
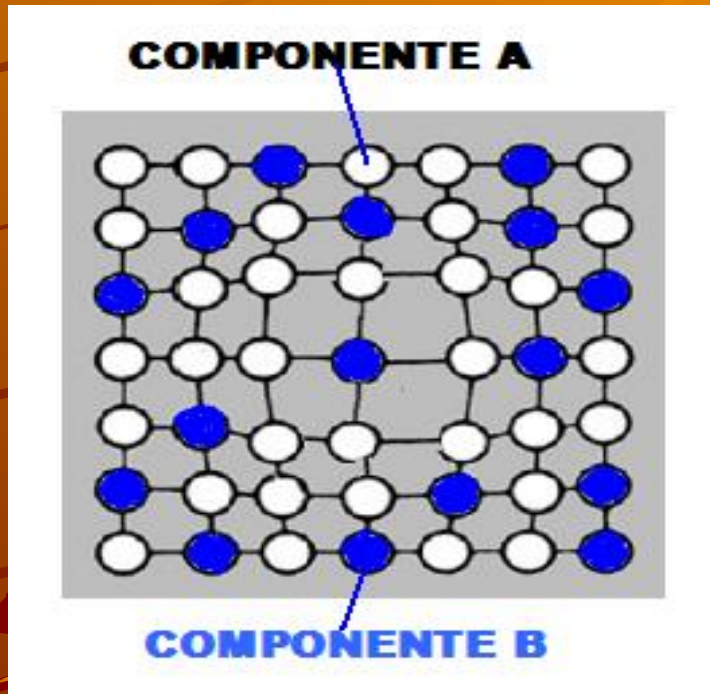
**SUSTITUCIONALES  
INTERSTICIALES**



# Soluciones Sólidas intersticiales







# Soluciones Sólidas Sustitucionales

# *Fases del Fe puro*

*Fe delta o Fe  $\delta$  (BCC)*

*Fe gama o Fe  $\gamma$  (FCC).*

*Fe alfa o Fe  $\alpha$  (BCC).*



# **Compuestos**

- 1. Relación fija entre átomos:  
Compuestos estequiométricos.**
- 2. Relación no fija: de rango  
amplio o soluciones intermedias**

# *Fases y microconstituyentes en los aceros ordinarios al C bajo condiciones de equilibrio*

*Fe delta o Fe  $\delta$  (BCC)*

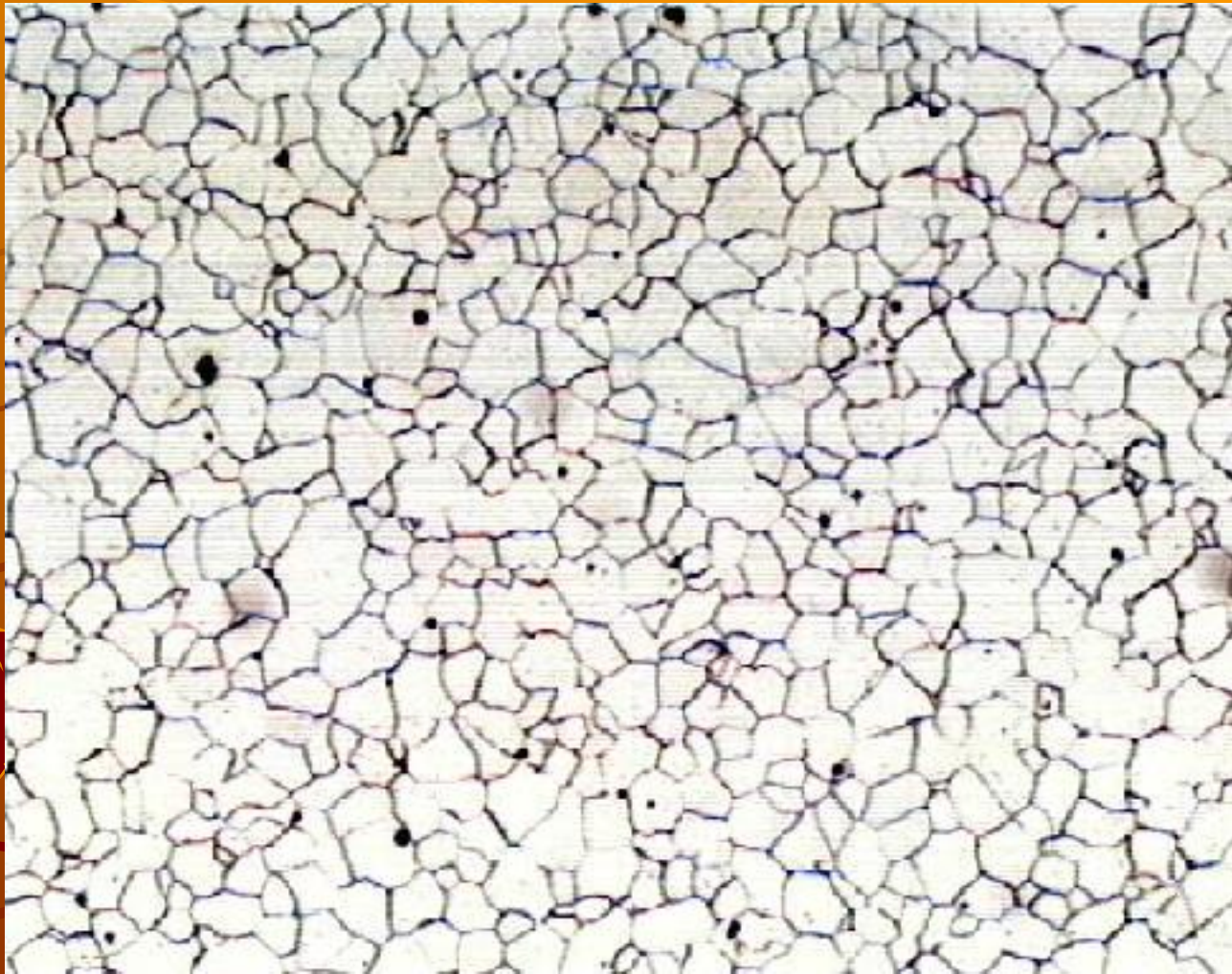
*Fe alfa o Fe  $\alpha$  (FCC).*

*Fe gama o Fe  $\gamma$  (BCC).*

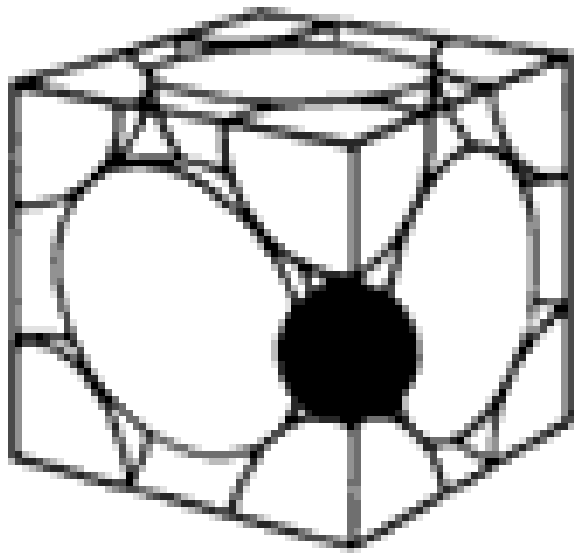
*Cementita( $\emptyset$ ) o fase theta.*

*Perlita.*

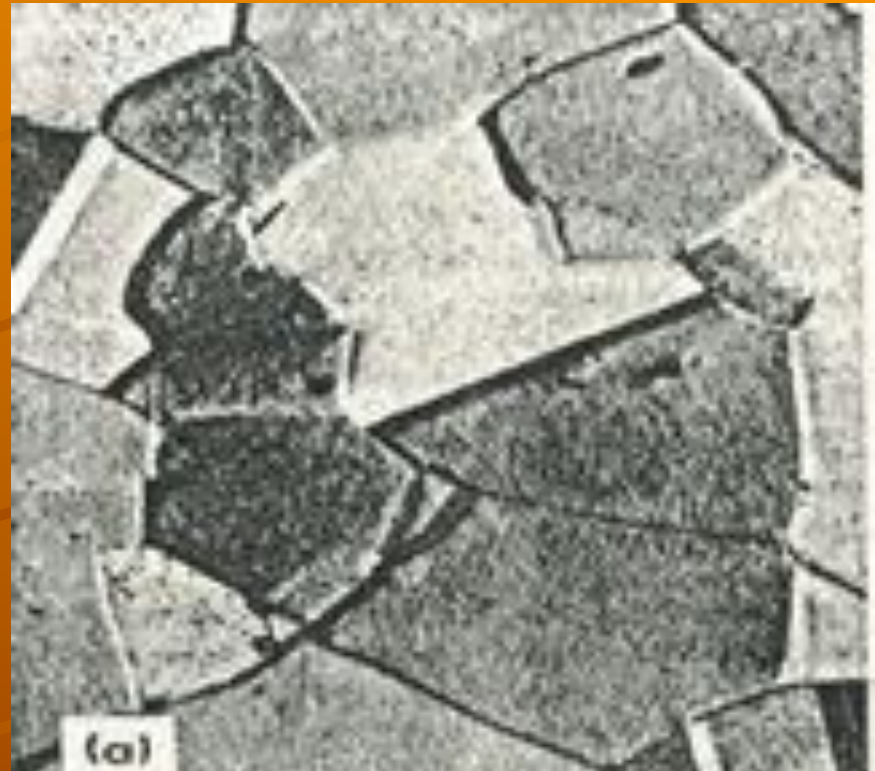


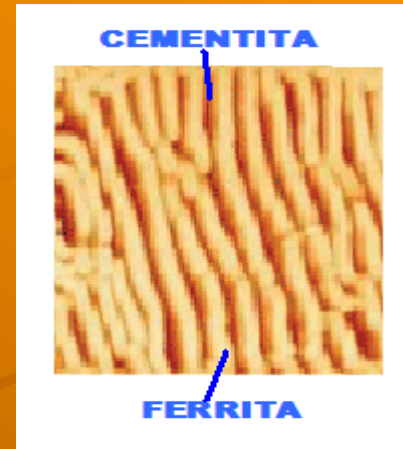
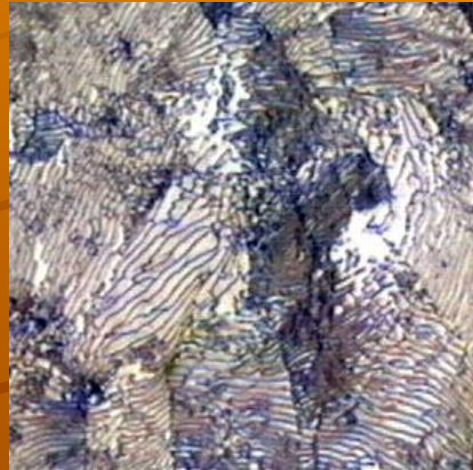
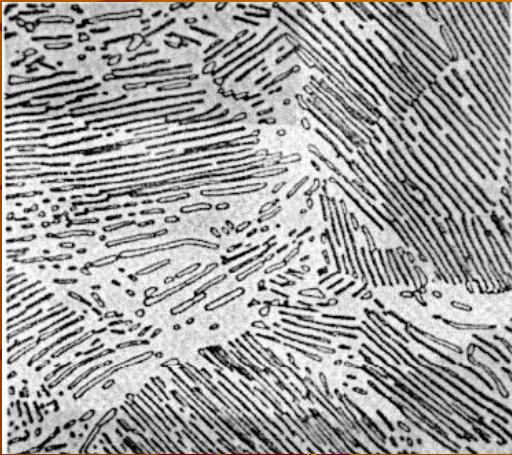


# Ferrita alfa

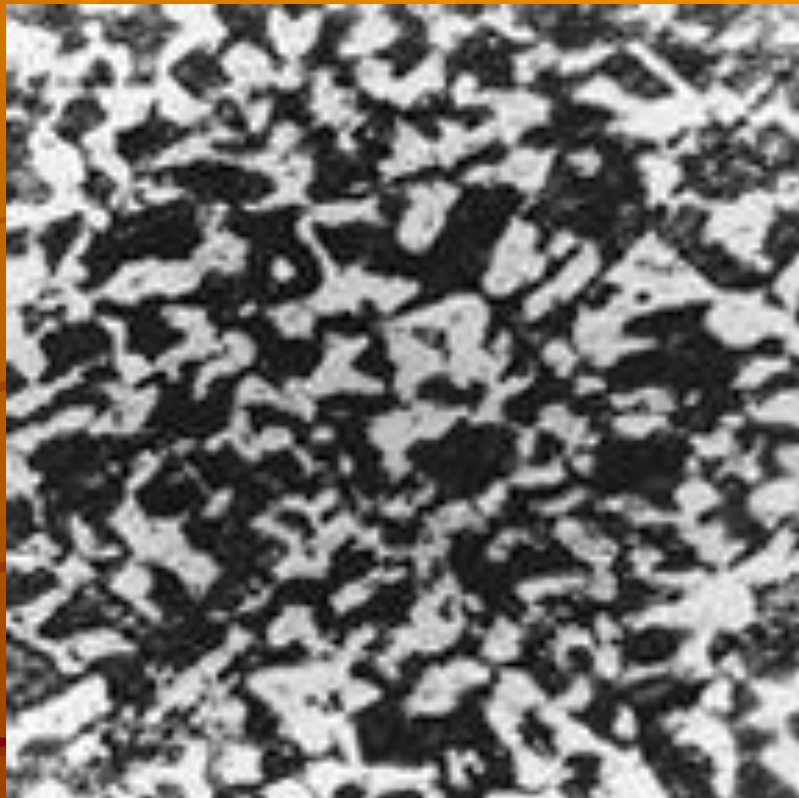


**AUSTENITA**





Perlita

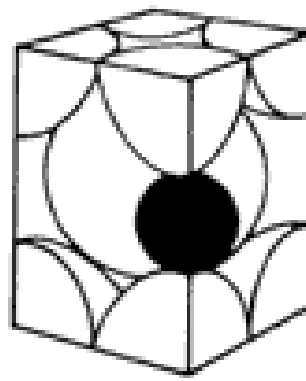


***Fases y microconstituyentes en los  
aceros ordinarios al C bajo  
condiciones de no equilibrio:***

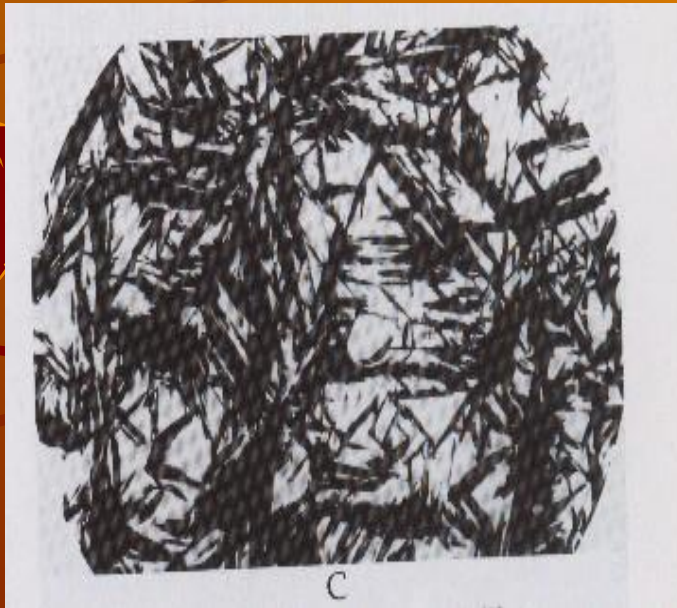
**MARTENSITA**

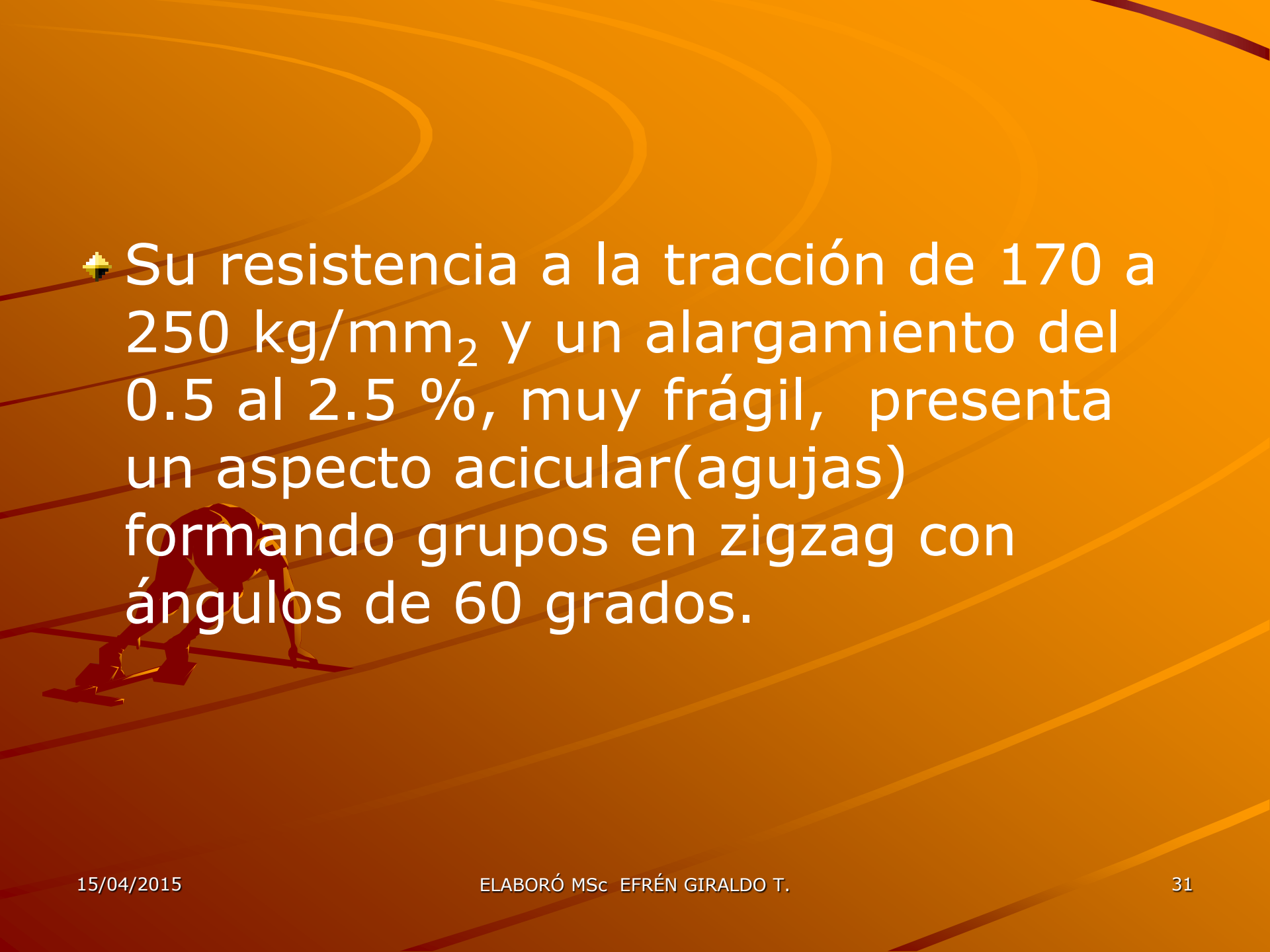
**BAINITA**





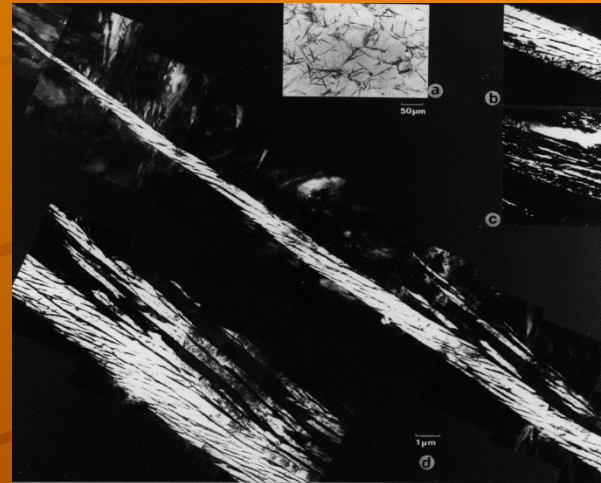
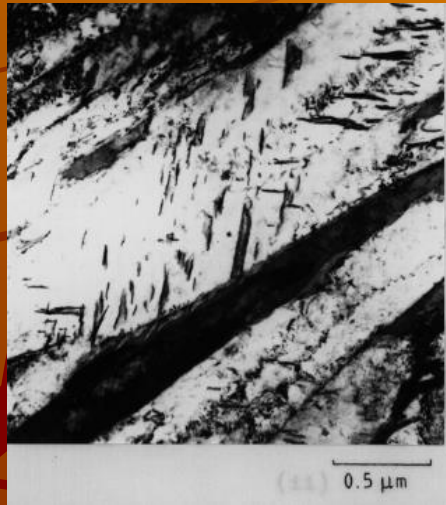
MARTENSITA





◆ Su resistencia a la tracción de 170 a 250 kg/mm<sub>2</sub> y un alargamiento del 0.5 al 2.5 %, muy frágil, presenta un aspecto acicular (agujas) formando grupos en zigzag con ángulos de 60 grados.

# Bainita inferior y superior





La estructura del acero como vimos se compone de una mezcla de las diferentes fases, con diversas propiedades mecánicas. Las proporciones de estas fases y sus composiciones serán determinantes del comportamiento de este material



# CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS



# De acuerdo al diagrama Fe-C, los aceros se clasifican en:

- ◆ Aceros eutectoides si el % C = 0.77
- ◆ Aceros hipereutectoides, si el % C > 0.77
- ◆ Aceros hipoeutectoides, si el % C < 0.77

- ◆ Son los aceros que se utilizan para la fabricación de piezas, órganos o elementos de máquinas, motores, instalaciones, carriles, vehículos, etc.
- ◆ En este grupo se incluyen todos los aceros que normalmente se emplean para la fabricación de útiles o herramientas destinados a modificar la forma, tamaño y dimensiones de los materiales por cortadura, por presión o por arranque de viruta.

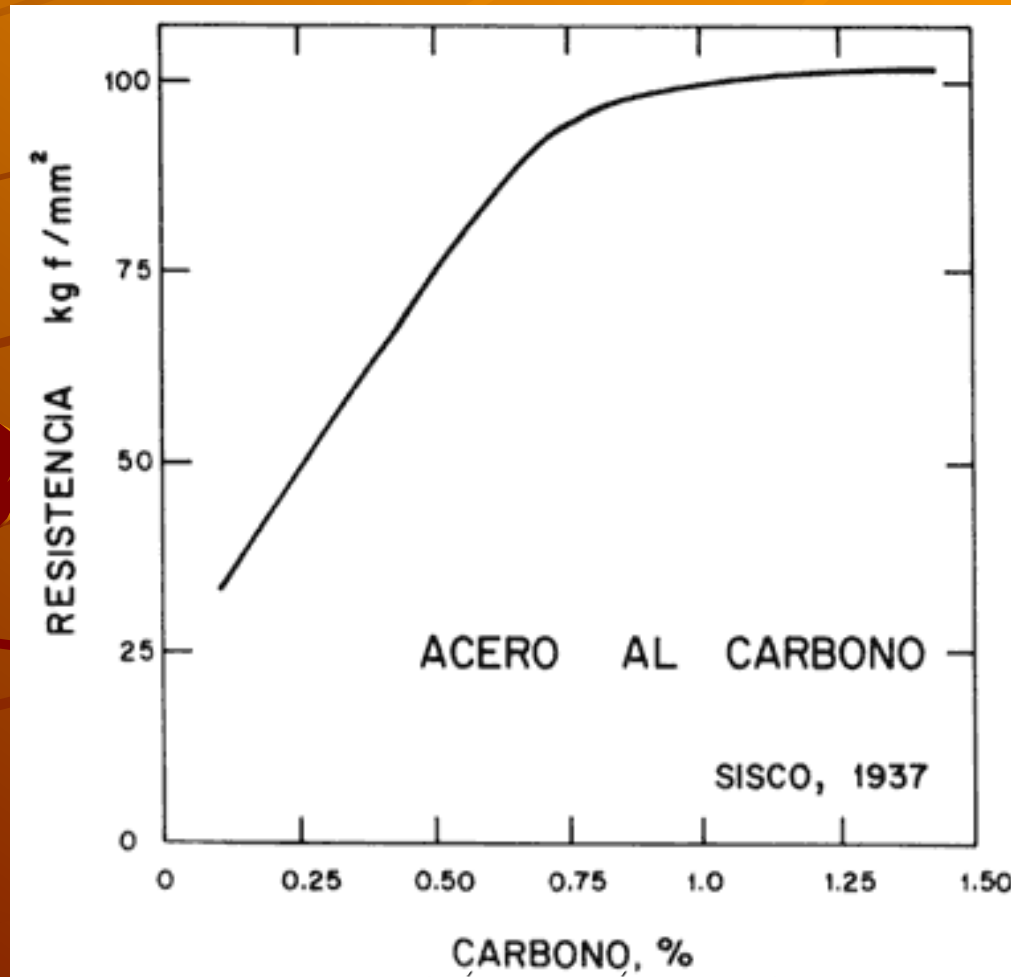
# EL PAPEL DEL CARBONO EN EL ACERO

◆ EL C SE EXPRESA EN LOS ACEROS COMO % SE DA COMO CENTÉSIMAS.

EL % C TIENE UNA GRAN INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS ACEROS: A MAYOR %C, MAYOR RESISTENCIA MECÁNICA. O SEA QUE SE INCREMENTA EL ESFUERZO DE CEDENCIA, ESFUERZO MAX. DE TRACCIÓN Y EL ESFUERZO DE ROTURA.

- ◆ La resistencia de un acero al carbono con 0.5% de carbono es más de dos veces superior a la de otro con 0.1%.
- ◆ Además, como puede apreciarse en la figura siguiente, si el contenido de carbono llega al 1%, la resistencia casi se triplica con respecto al nivel de referencia del 0.1%.

# Efecto del % C en la resistencia de los aceros



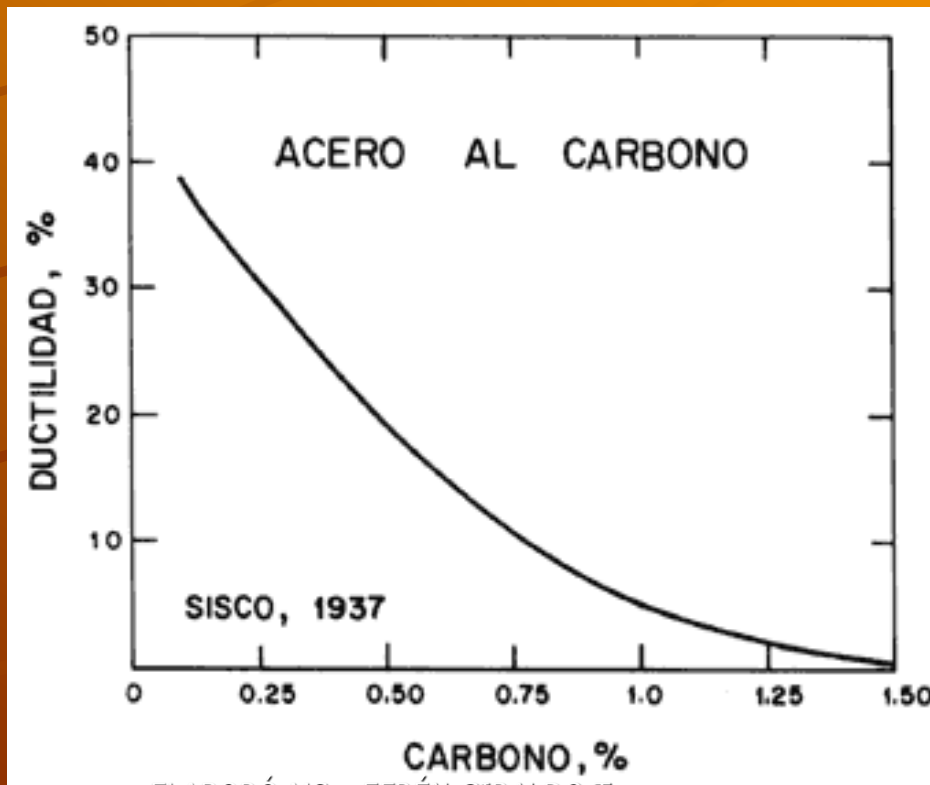
# Efectos negativos del C

◆ El carbono, sin embargo, generalmente reduce la ductilidad del acero y por tanto aumenta la fragilidad.

◆ La ductilidad es una medida de la capacidad de un material para deformarse en forma permanente, sin llegar a la ruptura.



- ◆ Un acero de 0.1%. de carbono es más de cuatro veces más dúctil que otro con 1% de carbono y dos veces más que un tercero con 0.5% de carbono:



# Clasificación de los aceros según el % de C

- ◆ De bajo contenido de Carbono:  
 $\%C < 0.25$  aprox.
- ◆ De medio contenido de Carbono:  
 $\%C$  entre 0.25 y 0.60 aprox.
- ◆ De alto contenido de Carbono:  
 $\%C$  entre 0.6 y 1.2 aprox.
- ◆ Ultraalto contenido de Carbono:  
 $\%C$  entre 1.2 y 2.1

# ACEROS DE BAJO CONTENIDO DE CARBONO

- ◆ Son fácilmente deformables, cortables, maleables, maquinables, soldables; en una palabra, son muy "trabajables". Muy económicos.
- ◆ Por eso, con estos aceros se hacen gran cantidad de láminas, tornillos, remaches, bujes, puertas, ventanas, muebles, cerchas, tuberías, perfilería etc..

- ◆ Además, con ellos se fabrican buenas varillas para refuerzo de concreto, las estructuras de edificios y puentes que no requieran alto desempeño, la carrocería de los automóviles y las corazas de los barcos. Son los más económicos y mayor producción.
- ◆ En general se usan en piezas que no requieran alto desempeño

## ACEROS DE MEDIO C

- ◆ Entre 0.25% y 0.6%, se emplean cuando se quiere **mayor resistencia**, pues siguen manteniendo un buen comportamiento dúctil aunque su soldadura ya requiere cuidados especiales. Puede ser forjado.

Obviamente son mas frágiles que los anteriores. Con estos aceros se hacen piezas para maquinarias que requieran mejores propiedades como ejes, engranes, cañones de fusil, hachas, azadones, picos, martillos, piezas de armas, tornillería más exigente, etc..

# ACEROS DE ALTO CONTENIDO DE CARBONO

- Los aceros de alto carbono, entre 0.6% y 1.2%, presentan alta resistencia, son muy duros pero su fragilidad es alta y son difíciles de soldar.
- **Muchas herramientas son de acero de alto carbono:** cinceles, limas, algunos machuelos, sierras, barras, etc. pero teniendo en cuenta que conllevan un tratamiento térmico para modificar su fragilidad. Los rieles de ferrocarril también se fabrican con aceros de ese tipo.

# ACEROS DE ULTRA ALTO CARBONO

- ◆ Son aceros entre 1.2 y 2.1% C
- ◆ A pesar de que se han usado desde tiempos remotos sobre todo por los árabes(aceros de Damasco) sólo se ha comprendido recientemente su formulación. Se han utilizado principalmente para la fabricación de espadas, sables, cuchillos etc. Requieren un proceso especial.



# Clasificación de los aceros según la AISI-SAE

- SE IDENTIFICAN POR CUATRO DÍGITOS: X X X X
- EL PRIMER DÍGITO **X**: INDICA EL ALEANTE PRINCIPAL EN  $> \%$ .

SI ES:

EL **1** INDICA AL **C**.

EL **2** INDICA AL **Ni**.

EL **3** INDICA AL **Ni-Cr**.

EL **4** INDICA AL **Mo**.

EL **5** INDICA AL **Cr**.

EL **6** INDICA AL **CR-Va**.

EL **7** INDICA AL **Cr- W**.

EL **8** INDICA AL **Ni-Cr- Mo**, ALEANTE PRP AL **Mo**.

EL **9** INDICA AL **Ni-Cr-Mo**, ALEANTE PRP AL **Ni**.



◆ EL SEGUNDO DÍGITO X X INDICA UN ALEANTE ADICIONAL ADEMÁS DEL C O EL % DE EL ELEMENTO PRINCIPAL. SI ES CERO INDICA LA AUSENCIA DE ESE OTROELEMENTO ALEANTE PRINCIAPAL.

■ EL TERCERO Y CUARTO DÍGITO X X X X INDICAN EL % DE C EN CÉNTESIMAS.

POR TANTO SI EL PRIMER DÍGITO ES 1  
ES UN ACERO AL C.

SI EL SEGUNDO ES CERO SE TRATA DE  
UN ACERO ORDINARIO AL C.

EJEMPLO:

ACERO 1020

ACERO AL C CON 0.20% C

## ◆ EJEMPLO:

- ◆ SI EL PRIMER Y SEGUNDO DÍGITO FUERAN 23 SE TRATARÁ SE UN ACERO AL Ni CON 3,5% Ni Y SI EL TERCERO Y CUARTO FUERAN 40 Ó SEA EL ACERO 2340 TENDRÍA 0.40% C

## ◆ **Nº AISI:**

◆ **Descripción. Ejemplo 10XX** Son aceros sin aleación con 0,XX % de C (1010; 1020; 1045)

◆ **41XX** Son aceros aleados con Mn, Si, Mo y Cr ej. 4140

◆ **51XX.** Son aceros aleados con Cr, Mn, Si y (5160)

# CLASIFICACIÓN ACEROS

10XX	Aceros ordinarios al carbono
11XX	Aceros al carbono resulfurados de fácil maquinado o "corte libre"
13XX	Aceros con 1,75% de Mn (1,5 - 2,0%)
15XX	Aceros al manganeso (1,0 - 1,65%)
23XX	Aceros al níquel, 3,5% de Ni (3,25 - 3,75%)
25XX	Aceros al níquel, 5,0% de Ni (4,75 - 5,25%)
31XX	Aceros al níquel-cromo, 1,25% Ni y 0,65% Cr
33XX	Aceros al níquel-cromo, 3,50% Ni y 1,60% Cr
40XX	Aceros al molibdeno, 0,25% Mo
41XX	Aceros con Cr (0,40 - 1,20%), Mo (0,08 - 0,25%)
43XX	Aceros al Ni-Cr-Mo, (1,80% Ni, 0,65% Cr, 0,25% Mo)
44XX	Molibdeno, (0,40 - 0,53%)
45XX	Molibdeno, (0,55%)
46XX	Níquel-Molibdeno, (1,80% Ni, 0,20% Mo)
47XX	Níquel-Cromo-Molibdeno, (1,05% Ni, 0,45% Cr, 0,20% Mo)
48XX	Níquel Molibdeno, (3,50% Ni, 0,25% Mo)
50XX	Acero al cromo. (bajo cromo, 0,28 - 0,40%)
51XX	Medio cromo, (0,80 - 1,05%)
50XXX	Acero resistente al desgaste, con 0,50% Cr
51XXX	Acero resistente al desgaste, medio Cr 1,0%
52XXX	Acero resistente al desgaste, alto Cr 1,45%
61XX	Acero al Cromo-Vanadio, (0,75% Cr, 0,15% V)

8XXX	Aceros de triple aleación
81XX	0,30% Ni, 0,40% Cr, 0,12% Mo
86XX	0,55% Ni, 0,50% Cr, 0,20% Mo
87XX	0,55% Ni, 0,50% Cr, 0,25% Mo
88XX	0,55% Ni, 0,50% Cr, 0,35% Mo
02XX	Acero al Silicio-Manganeso, (2,0% Si y 0,8% Mn)
93XX	Acero de triple aleación, 0,25% Ni, 1,2% Cr y 0,12% Mo
98XX	Acero de triple aleación, 1,00% Ni, 0,8% Cr y 0,25% Mo
XXBXX	Aceros con Boro, (mínimo 0,0005% B)
50DXX	0,50% Cr
51RXX	0,80% Cr
81BXX	0,30% Ni, 0,45% Cr y 0,12% Mo
XXBVXX	Acero al Boro-Vanadio, ejemplo 43BV12
XXLXX	Aceros con plomo, ejemplo 10L18
XXXH	Aceros con Banda de Templabilidad
EX	Nuevos tipos de acero con designación temporal

# Aceros aleados

- ◆ Se da el nombre de aceros aleados a los aceros que además de los cinco elementos: **carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre**, contienen también **cantidades relativamente importantes de otros elementos** como el cromo, níquel, molibdeno, etc., que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales

- ◆ También puede considerarse aceros aleados los que **contienen alguno de los cuatro elementos diferentes del carbono que antes hemos citado, en mayor cantidad que los porcentajes** que normalmente suelen contener los aceros al carbono, y cuyos límites superiores suelen ser generalmente los siguientes: Si=0.50%; Mn=0.90%; P=0.100% y S=0.100%.



◆ Los elementos de aleación que más frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: **Níquel, Manganeso, Cromo, Vanadio, Wolframio, Molibdeno, Cobalto, Silicio, Cobre, Titanio, Circonio, Plomo, Selenio, Aluminio, Boro y Niobio.**

◆ Utilizando aceros aleados es posible fabricar **piezas de gran espesor**, con **resistencias muy elevadas** en el interior de las mismas.



◆ En elementos de máquinas y motores se llegan a **alcanzar grandes durezas con gran tenacidad**



◆ Es posible fabricar mecanismos que mantengan **elevadas resistencias, aún a altas temperaturas**



◆ Hay **aceros inoxidables** que sirven para fabricar elementos decorativos, piezas de maquinas y herramientas, que resisten perfectamente a la **acción de los agentes corrosivos.**

◆ Es posible preparar troqueles de formas muy complicadas que no se deformen ni agrieten en el temple, etc

# Clasificación de los aceros aleados de acuerdo con su utilización

- ◆ Aceros en los que tiene una gran importancia la templabilidad:



# Aceros de construcción:

- ◆ Aceros de gran resistencia
- ◆ Aceros de cementación
- ◆ Aceros para muelles
- ◆ Aceros de nitruración
- ◆ Aceros resistentes al desgaste
- ◆ Aceros para imanes
- ◆ Aceros para chapa magnética
- ◆ Aceros inoxidables y resistentes al calor

# ACEROS DE HERRAMIENTAS

- ◆ ES EL ACERO AL C Ó ALEADO CAPAZ DE SER TEMPLADO y REVENIDO Y FABRICADO EN CONDICIONES ESPECIALES.
- ◆ SE USAN EN HTAS. MANUALES Y MECÁNICAS Y DONDE SE REQUIERA RESISTENCIA AL DESGASTE.
- ◆ NO SE INCLUYEN LOS DE GRANDES TONELAJES, COMO LOS DE: DESTORNILLADORES, MATRICES, MARTILLOS, ETC



# Aceros de herramientas:

◆ Aceros rápidos

Aceros de corte no rápidos

Aceros indeformables

Aceros resistentes al desgaste

Aceros para trabajos de choque

Aceros inoxidables y resistentes al calor.

◆ SIN EMBARGO MUCHAS  
HERRAMIENTAS NO SE FABRICAN  
EN ACEROS DE HTAS.



# CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS DE HTAS SEGÚN AISI.

- ◆ CORRESPONDE A UNA LETRA Y UN NÚMERO.
- ◆ LA LETRA INDICA UN GRUPO ESPECIAL Y EL NÚMERO LA COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DENTRO DEL GRUPO.

◆ **EJEMPLO: ACERO TEMPLADO EN AGUA (W)  
(de water).**

◆ **W1 C(0.6-1.40) Cr---- V----**

◆ **W4 C(0.6-1.40) 0.25 ----**

◆ **ACEROS RESISTENTES AL IMPACTO(S).  
S1,S2.....**

◆ **ACEROS DE TEMPLE EN ACEITE(O)(de oil).  
O1, O2, ....**

■ **ACEROS DE TEMPLE EN AIRE(A)( de air)**

■ **A1, A2, A3.....**

■ **ACEROS DE TRABAJO EN CALIENTE(H) (de  
hot)**



## ◆ ACEROS INOXIDABLES

- ◆ CONTIENEN UN 12% Cr MÍNIMO
- ◆ TIENEN UNA DELGADA CAPA DE ÓXIDO DE CROMO PROTECTORA.
- ◆ EL Cr ES ESTABILIZADOR DE LA FERRITA O SEA QUE LA BAJA HASTA  $T_{amb}$ .

# CLASIFICACIÓN

- ◆ 2XX Cr- Ni- Mn AUSTENÍTICOS
- ◆ PUEDEN TENER HASTA 26%Cr Y 22%Ni. EL Ni PUEDE SER REMPLAZADO POR Mn
- ◆ BAJO %C(0.03)
- ◆ NO TEMPLABLES.
- ◆ NO MAGNÉTICOS.
- ◆ MUY DÚCTILES

◆ SERIE 3XX

◆ Cr-Ni

◆ IGUAL A LOS ANTERIORES





# ◆ SERIE 4XX MARTENSÍTICOS

◆ AL Cr(MENOR 17%) Y 0.5-1%C

◆ **TEMPLABLES**

◆ **MAGNÉTICOS**

◆ BUENA DUREZA

◆ BUENA RESISTENCIA AL DESGASTE

◆ BUENA RESISTENCIA MECÁNICA

◆ SE CALIENTAN A 1200°C Y SE  
TEMPLAN

- ◆ SERIE 4XX
- ◆ AL Cr(14.5-27)
- ◆ NO TEMPLABLES
- ◆ FERRÍTICOS
- ◆ MAGNÉTICOS



- ◆ SERIE 5XX
- ◆ AL BAJO Cr
- ◆ RESISTENTE A T ELEVADA



# ACEROS HADFIELD

- ◆ CONTIENEN Mn ENTRE 12 Y 14%
- ◆ C ENTRE 1 Y 1.4%
- ◆ **ES AUSTENÍTICO**
- ◆ EN MUY TENAZ Y RESISTENTE AL DESGATE( MUY DURO)
- ◆ SE ENDURECE AL TRABAJARSE EN FRIO.
- ◆ MARTENSITA EN COLCHÓN DE AUSTENITA.
- ◆ **USOS: GRAGAS, QUEBRANTADORAS, TRITURADORAS ETC.**