ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL BLOQUE I. Everest

1. ¿Cuál será la deformación unitaria que presenta un material en su límite elástico, si este es o_e = 1 MPa y su módulo de Young, *E* = 1 GPa? ¿Cuál será su sección en ese punto, si la sección inicial era S_0 = 100 mm^2? (Recuerda que la reducción de sección es uniforme en ese punto y que el volumen del material tiene que permanecer constante).

Aplicando la ley de Hooke en el límite elástico: *o= E -€,* teniendo en cuenta que en dicho punto a = 1 MPa y E = 1 GPa, resulta:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{10^6 \text{ Pa}}{10^9 \text{ Pa}} = 10^{-3} = \boxed{\mathbf{0{,}1\ \%}}$$

Como el volumen V tiene que permanecer constante, se cumplirá: $V = S_0 \cdot L_0 = S \cdot L$, de donde:

$$S = S_0 \cdot \frac{L_0}{L} \qquad [1]$$

Por otra parte: $\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{L}{L_0} - 1$, de donde: $\frac{L}{L_0} = \epsilon + 1$

Sustituyendo este valor en la expresión [1], resulta:

$$S = \frac{S_0}{\epsilon + 1} = \frac{100 \text{ mm}^2}{1{,}001} = \boxed{\mathbf{99{,}9\ mm^2}}$$

3. Dada la curva de tracción de la figura, calcula el módulo de Young del material. ¿Se podrán aplicar al material tensiones reales superiores a la carga de rotura?

En la curva de la figura del enunciado se aprecia que: oe = 40 MPa =) 40 • 106 Pa y e = 0,4% = 4-10-3. Aplicando la ley de Hooke en el punto elástico: o = E • €, se tiene:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{40 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{4 \cdot 10^{-3}} = 10^{10} \text{ Pa} = \boxed{\mathbf{10\ GPa}}$$

La máxima tracción que soporta la probeta durante el ensayo es la resistencia a la tracción (o_R), que es superior a la resistencia a la rotura.

5. En el ensayo de tracción de una probeta de latón se midió una estricción del 58 % y una tensión aparente de 170 MPa en el momento de la rotura. Calcula en ese punto la tensión aparente y la verdadera.

$$\text{Como } Z(\%) = \frac{S_0 - S_F}{S_0} \cdot 100 \Rightarrow 0{,}58 = \frac{S_0 - S_F}{S_0} = 1 - \frac{S_F}{S_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{S_F}{S_0} = 1 - 0{,}58 = 0{,}42$$

La tensión aparente en el momento de la rotura es:

$$\boxed{\sigma_{ap} = 170 \text{ MPa}}$$

y la tensión verdadera valdrá:

$$\sigma_v = \sigma_{ap} \cdot \frac{S_0}{S_F} = \frac{170 \text{ MPa}}{0{,}42} = \boxed{404{,}8 \text{ MPa}}$$

6. Calcula la altura que alcanza la bola en un ensayo Charpy si el material utilizado en el ensayo tiene una resiliencia KCV = 7,5 -10^5 J/m^2, la probeta tiene unas dimensiones de 10 mm x 10 mm x 55 mm y presenta una entalla de 2 mm en su zona central y la bola posee una energía de 300 J antes de ser lanzada y en el momento del impacto tiene una velocidad de 5 m/s (*g* = 10 m/s^2).

Como $KCV = \frac{W}{S_0}$, la energía consumida por el material en la rotura será:

$$W = KCV \cdot S_0 = 7{,}5 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{m}^2} \cdot 80 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^6 \text{ mm}^2} = 60 \text{ J}$$

Si la energía de la bola antes de ser lanzada es de 300 J, su energía después del impacto será:

E' = 300 J - 60 J = 240 J

La masa de la bola se calcula fácilmente conociendo su velocidad antes del impacto y teniendo en cuenta que su energía en ese momento es cinética (E_c = 300 J).

$$\text{Como } E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2, \text{ resulta: } m = \frac{2\,E_C}{v^2} = \frac{2 \cdot 300 \text{ J}}{(5 \text{ m/s})^2} = 24 \text{ kg}$$

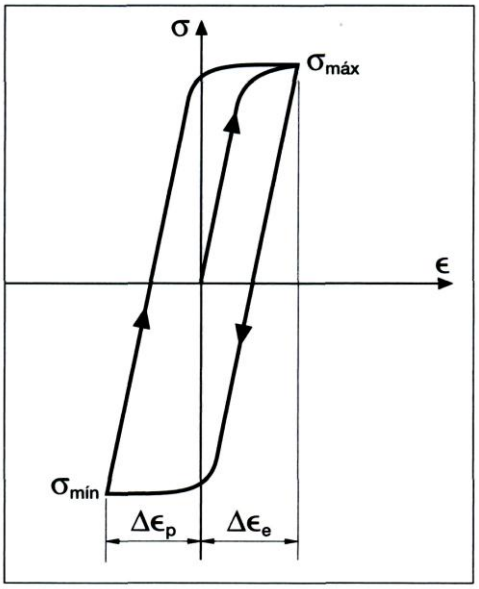
Por último, la energía cinética de la bola después del impacto (E'_c = 240 J) se convierte en energía potencial gravitatoria: E' = m . g . h_{rebote}. De aquí se obtiene

$$h_{rebote} = \frac{E'}{m \cdot g} = \frac{240 \text{ J}}{24 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2} = \boxed{1 \text{ m}}$$

7. Razona si las siguientes afirmaciones son ciertas o falsas:

a) La carga de rotura de un material frágil es siempre menor que la de un material tenaz.
b) En la fatiga no se pueden producir deformaciones plásticas.
c) La fatiga conduce a una pieza a una rotura frágil.
d) En un ensayo de tracción la tensión verdadera es siempre mayor que la aparente.
e) La fluencia da lugar a una rotura frágil.

a) Esta afirmación es falsa. No existe relación entre la carga de rotura de un material tenaz y la de uno frágil.



Esta afirmación es falsa. En componentes no agrietados la fatiga de al to número de ciclos no produce deformaciones plásticas. Pero en el caso de bajo número de ciclos (tensión máxima superior al límite elástico), cuando se carga el material se sobrepasa su límite elástico y se entra en deformación plástica hasta alcanzar la máxima tensión (amáx). En la segunda parte del ciclo se produce descarga elástica seguida de deformación plástica a compresión hasta la tensión mínima (amín). A continuación se completa el ciclo de histéresis, según se puede apreciar en la figura adjunta.

Cierto. La fatiga acaba por provocar una fractura frágil en los materiales.

Falso. La fluencia se produce con unas deformaciones plásticas importantes.

8. Si en un componente no agrietado la fatiga sigue la siguiente ley:

$$\Delta\sigma \cdot N = 5\,000,$$

estando $\Delta\sigma$ expresado en MPa, calcula el número de ciclos que se producen antes de la rotura de la pieza si la tensión que soporta está comprendida entre 10 MPa (tracción σ_{max} = 10 MPa) y – 5 MPa (compresión σ_{min} = 0 MPa). ¿Cuál debe ser la amplitud del ciclo de carga para que el elemento pueda soportar 1 000 ciclos?

Aplicando la ley que rige la fatiga en el componente no agrietado a que se refiere esta actividad, resulta:

$$N = \frac{5\,000}{\Delta\sigma\,(\text{MPa})} = \frac{5\,000}{10\ \text{MPa}} = \boxed{\textbf{500 ciclos}}$$

Por otra parte, si N = 1000 ciclos:

$$\Delta\sigma = \frac{5\,000}{N} = \frac{5\,000}{1\,000\ \text{ciclos}} = \boxed{\textbf{5 MPa}}$$

9. Se ha construido una pila introduciendo una varilla de cobre en una disolución

de sulfato de cobre (II) 10 M y una varilla de hierro en una disolución 0,1 M de sulfato de hierro (II). Sabiendo que los potenciales normales de reducción de los electrodos de cobre y hierro son, respectivamente, + 0,34 V y - 0,44 V, calcular, aplicando la ecuación de Nernst, la fuerza electromotriz de la pila.

La reacción que tiene lugar en la pila es:

$$Fe + Cu^{2+} \rightleftarrows Fe^{2+} + Cu$$

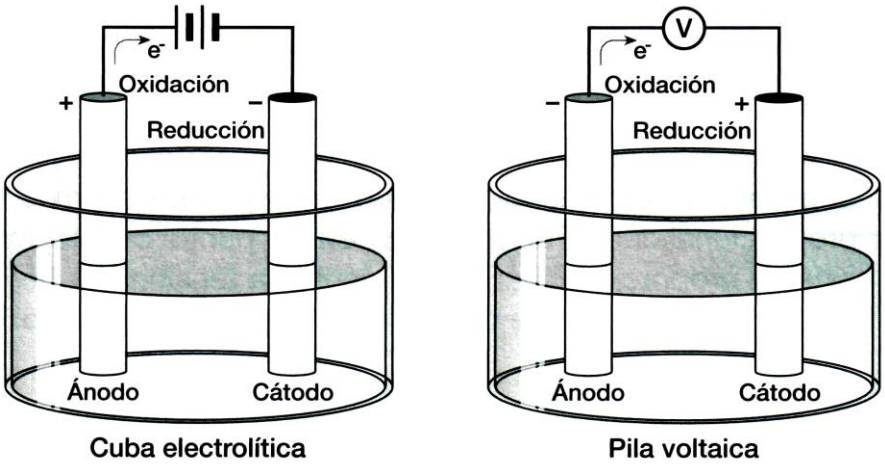
Por lo tanto: $E_{pila} = E^0_{pila} - \frac{0,059}{n} \cdot \log \frac{[Fe^{2+}]}{[Cu^{2+}]} =$

$$= 0,34\ V - (-0,44\ V) - \frac{0,059}{2} \cdot \log \frac{0,1\ M}{10\ M} = \boxed{\mathbf{0,84\ V}}$$

10. Es frecuente la confusión al colocar los signos de los electrodos catódico y anódico, porque son justamente contrarios, según se trate de un fenómeno de electrólisis o de pila voltaica. Sin embargo, no hay ambigüedad, puesto que - para cualquier tipo de fenómeno- el ánodo es aquel electrodo donde siempre se produce una oxidación. En relación con estos temas, se pide:

a) Dibujar sendos esquemas de una cuba electrolítica y de una pila voltaica.
b) Escribir los procesos electroquímicos que suceden en los cuatro electrodos dibujados (en total, cuatro procesos).
c) ¿Cuándo se agota, en teoría, una pila voltaica?

a) Los esquemas correspondientes aparecen dibujados en la figura.



b)

	Cuba electrolítica	Pila voltaica
Ánodo	$X^{n-} \rightarrow X + n\ e^-$	$X \rightarrow X^{n+} + n\ e^-$
Cátodo	$Y^{n+} + n\ e^- \rightarrow Y$	$Y^{n+} + n\ e^- \rightarrow Y$

c) En teoría, una pila voltaica se agota cuando **se consumen los reactivos**, momento en el cual su fuerza electromotriz se anula.

11. Átomos de dos elementos diferentes, A y B, se empaquetan en una red hexagonal compacta, de manera que los átomos de los vértices son de A, mientras que los interiores y los de los centros de las bases son de B. ¿Cuál es la fórmula más sencilla del compuesto formado por A y B?

Los doce átomos del elemento A, que ocupan los vértices del prisma, contribuyen cada uno con 1/6 de su volumen a la celda unidad, en la cual, por consiguiente, hay un total de

12 -1/6 = 2 átomos de A.

En el interior del prisma hay tres átomos del elemento *B,* que pertenecen por entero a la celda unidad, y en los centros de las bases dos átomos de *B* que participan solo con la mitad del volumen, por lo que en la celda unidad existen un total de 4 átomos de *B.*

De aquí se deduce que como en la celda unidad hay dos átomos de A por cada cuatro de *B,* **la fórmula más sencilla del compuesto será AB_2.**

12. Establece claramente las diferencias existentes entre componentes, fases y grados de libertad de un sistema.

Componente es cada una de las sustancias o elementos químicos integrantes de un sistema.

Fase es una parte homogénea de un sistema que difiere de las demás en su composición, estado o estructura.

Grados de libertad de un sistema son las variables (presión, temperatura y composición -si el sistema tiene más de un componente-) que se pueden modificar libremente sin que varíen las fases del sistema.

13. Definir el concepto de *austenita.*

La **austenita** es el constituyente más denso de los aceros y está formada por la solución sólida de inserción de los átomos de carbono en los huecos octaédricos del hierro y. La relación entre los radios de los huecos y de los átomos de hierro es 0,414, mientras que la relación entre los radios de los átomos de carbono y hierro es 0,6.

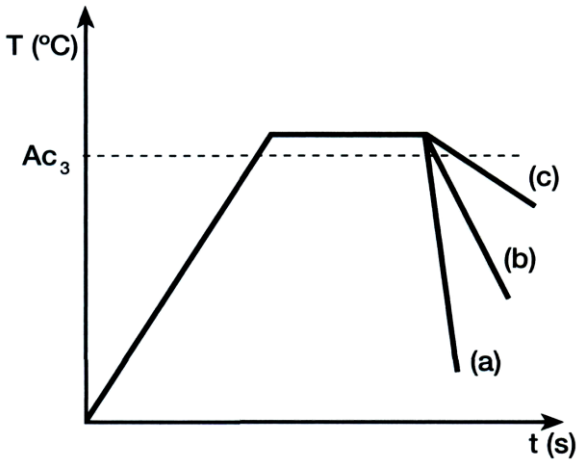
Por tanto, los átomos de carbono no encajan totalmente en los huecos y al introducirse en ellos provocan una distorsión de la red cristalina; por este motivo, no resulta posible que los huecos se llenen por completo, de manera que a 1 148 °C la máxima solubilidad del carbono en el hierro y es de solo un 2,11 %.

14. ¿Cuáles son las diferencias más importantes existentes entre el temple y el recocido?

El temple consiste en un calentamiento del metal acompañado de un posterior enfriamiento de forma súbita. De este modo se obtiene un metal muy duro y resistente mecánica mente, a causa de su estructura cristalina deformada. El endurecimiento proporcionado por el temple se puede comparar al que se consigue por medio de la deformación en frío.

El recocido consiste en un calentamiento del metal a una cierta temperatura durante un tiempo determinado, dejándolo luego enfriar lentamente. Con este tratamiento se liberan tensiones internas y se destruyen ciertos estados anormales en la estructura de los metales, que adquieren así una mayor plasticidad y pueden ser trabajados más fácilmente. El grado de plasticidad que se desea comunicar al metal y el grado de tensiones internas existentes inicialmente en su interior son factores que determinan la temperatura a la que se efectúa el recocido, así como la duración de este tratamiento.

15. La figura adjunta representa los diagramas típicos de tres tratamientos térmicos del acero. Identificar y explicar tales tratamientos, así como sus aplicaciones más importantes.



Los tres diagramas representan el calentamiento de un acero, seguido de un enfriamiento muy rápido (a), más lento (b) y extraordinariamente lento (c). Corresponden, respectiva mente, al temple, al normalizado y al recocido.

El temple y el recocido ya han sido considerados en la actividad anterior. El normalizado, por su parte, confiere al acero una estructura y propiedades que arbitrariamente se consideran como normales y características de su composición. Por medio de él se eliminan las tensiones internas y se uniformiza el tamaño de grano. Se suelen someter a normalizado piezas que han sufrido trabajos en caliente, en frío, enfriamientos irregulares o sobrecalentamientos, y también se utiliza en aquellos casos en que se desea eliminar un tratamiento anterior defectuoso.

16. Las propiedades de los aceros se pueden mejorar mediante una serie de tratamientos. ¿Qué tratamientos son estos? Clasifícalos, estableciendo de una forma sencilla las diferencias existentes entre ellos.

Los tratamientos de los aceros se pueden clasificar en cuatro tipos diferentes, que se recogen en el cuadro siguiente

Tratamientos	Efectos que producen	Tratamientos que engloban (*)	
Tratamientos térmicos	Cambios en la estructura cristalina	Temple Revenido Normalizado	
		Tratamientos isotérmicos	Martempering Austempering Patenting
		Tratamientos térmicos superficiales	Temple superficial a la llama Temple por inducción Temple por rayo láser Temple por bombardeo electrónico
Tratamientos termoquímicos	Se modifica la composición química superficial	Cementación o carburación Nitruración Carbonitruración Sulfinización	
Tratamientos mecánicos	Mejoran las características de los aceros por deformación mecánica	Tratamientos mecánicos en caliente Tratamientos mecánicos en frío	
Tratamientos superficiales	Se modifica la superficie de los aceros	Cromado Metalización	

(*) La explicación de cada uno de estos tratamientos aparece recogida en las páginas 88-98 del texto.

17. Una pieza de una excavadora está formada por dos placas de acero, una normal y otra templada. Determinar:

a) La dureza Brinell de la placa normal si se emplea una bola de 10 mm de diámetro (constante de ensayo para el acero K = 30), obteniéndose una huella de 4 mm.
b) La dureza Vickers en la placa templada si con carga de 10 kp se obtienen unos valores para las diagonales de la huella de 0,120 mm y 0,124 mm.

a) La fuerza aplicada a la bola en el ensayo Brinell es:

$$F = K \cdot D^2 = 30\ \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2} \cdot (10\ \text{mm})^2 = 3\ 000\ \text{kp}$$

y la dureza Brinell que se obtiene:

$$HB = \frac{2F}{\pi D \cdot \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 3\ 000\ \text{kp}}{\pi \cdot 10\ \text{mm}\left(10\ \text{mm} - \sqrt{(10\ \text{mm})^2 - (4\ \text{mm})^2}\right)} =$$

$$= \boxed{228{,}8\ \text{kp/mm}^2}$$

b) A la hora de calcular la dureza Vickers tendremos que hallar en primer lugar el valor medio de la diagonal de la huella:

$$d = \frac{0{,}12\ \text{mm} + 0{,}124\ \text{mm}}{2} = 0{,}122\ \text{mm}$$

La dureza Vickers valdrá:

$$HV = 1{,}8544 \cdot \frac{F}{d^2} = 1{,}8544 \cdot \frac{10\ \text{kp}}{(0{,}122\ \text{mm})^2} = \boxed{\mathbf{1246\ kp/mm^2}}$$

18. ¿Cuál será el alargamiento experimentado por una barra cuadrada de 1,20 cm de lado y 12 cm de longitud, si está sometida a una carga de tracción de 9 kN, siendo su módulo de elasticidad (índice de Young) de 2 MN/cm^2 y su límite de proporcionalidad de 95 MPa?

Como S_o=1,20 cm • 1,20 cm = 1,44 cm^2, la tensión aplicada valdrá:

$$\sigma = \frac{F}{S_0} = \frac{9 \cdot 10^3\ \text{N}}{1{,}44 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2} = 6{,}25 \cdot 10^7\ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} =$$

$$= 6{,}25 \cdot 10^7\ \text{Pa} = 62{,}5\ \text{Pa}$$

Esta tensión es inferior a la que corresponde al límite de proporcionalidad. Por lo tanto, en el punto considerado existirá proporcionalidad directa entre la tensión y la deformación, lo que permite calcular el

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{6{,}25 \cdot 10^7\ \text{Pa}}{2\ \frac{\text{MN}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{10^6\ \text{N}}{1\ \text{MN}} \cdot \frac{10^4\ \text{cm}^2}{1\ \text{m}^2}} = 3{,}13 \cdot 10^{-3}$$

El alargamiento que experimenta la barra se puede calcular fácilmente

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \Rightarrow 3{,}13 \cdot 10^{-3} = \frac{\Delta L}{12\ \text{cm}} \Rightarrow$$

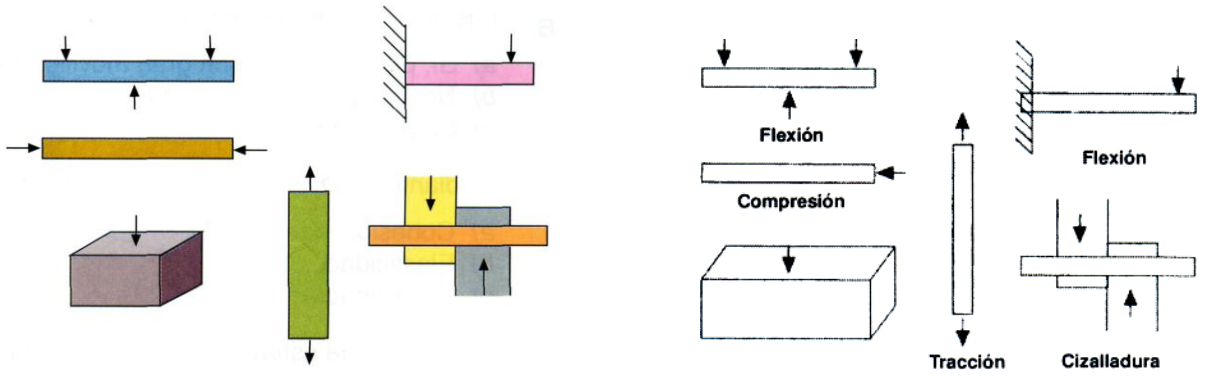
$$\Rightarrow \boxed{\mathbf{\Delta L = 0{,}038\ cm = 0{,}38\ mm}}$$

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL BLOQUE I

2º Bachillerato. Tema 1.

Mec Graw Hill

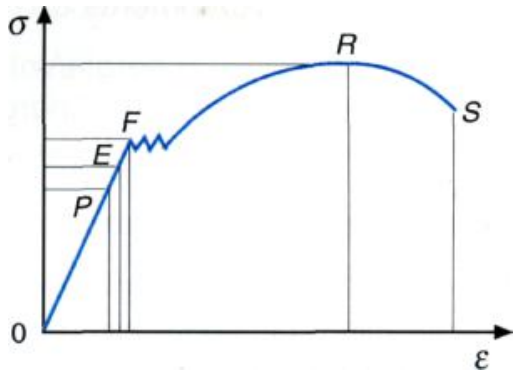
20 Indica a qué tipo de esfuerzo están sometidas cada una de las siguientes piezas:



21. ¿A qué tipo de ensayo corresponde el diagrama de la figura? Identifica las diferentes zonas. ¿En qué zona del diagrama se cumple la Ley de Hooke?

Ensayo de tracción.

OP: Zona elástica.
P: Límite elástico proporcional.
E: Límite elástico.
F: Límite de fluencia.
R: Límite de rotura.
S: Rotura efectiva
La ley de Hooke se cumple en el tramo *OE*, donde las deformaciones son proporcionales a los esfuerzos.



23. Sabiendo que la carga máxima aplicada en un ensayo de tracción sobre una probeta normalizada de 150 mm^2 de sección es de 50000 N, calcula la tensión de rotura

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{50\,000\ \text{N}}{0{,}00015\ \text{m}^2} = 3{,}3 \cdot 10^8\ \text{Pa} = 333\ \text{MPa}$$

24. Una pieza cilíndrica de 1,5 cm de diámetro está sometida a una carga de tracción de 2500 kp. Determina la tensión de la pieza expresada en MPa.

$$2\,500 = 2\,500 \cdot 9{,}8 = 24\,500 \text{ N}$$

$$S = \pi \left(\frac{1{,}5}{2}\right)^2 \text{cm}^2 = 1{,}77 \text{ cm}^2 = 1{,}77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{24\,500}{1{,}77 \cdot 10^{-4}} = 1{,}38 \cdot 10^8 \text{ Pa} = 138 \text{ MPa}$$

25. Compara la fuerza necesaria para producir una tensión de 30 MPa en una pieza cilíndrica de 150 mm de diámetro y en otra con un diámetro de 200 mm.

$$S_1 = \pi \cdot \left(\frac{15}{2}\right)^2 10^{-4} \text{ m}^2 = 1{,}76 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$F_1 = 30 \cdot 10^6 \cdot \pi \left(\frac{15}{2}\right)^2 10^{-4} \text{ N} = 530\,143{,}76 \text{ N}$$

$$S_2 = \pi \left(\frac{20}{2}\right)^2 10^{-4} \text{ m}^2 = 3{,}14 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

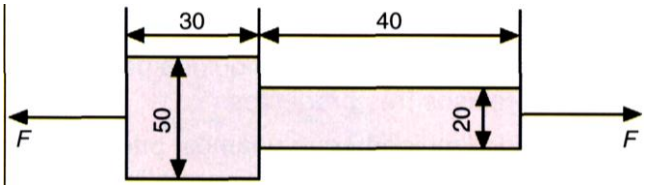
$$F_2 = 30 \cdot 10^6 \cdot \pi \left(\frac{20}{2}\right)^2 10^{-4} \text{ N} = 942\,478 \text{ N}$$

Podemos observar que la relación entre las fuerzas es el cociente entre el cuadrado de sus diámetros:

$$\left.\begin{array}{l} D = 150 \text{ mm}; F_1 = 530\,144 \text{ N} \\ D = 200 \text{ mm}; F_2 = 942\,478 \text{ N} \end{array}\right\} \frac{F_1}{F_2} = 0{,}5625$$

$$\frac{D_1^2}{D_2^2} = 0{,}5625$$

26. La pieza de acero de la figura, de secciones cuadradas, tiene un límite elástico de 6200 kp/cm^2. Se somete a una fuerza F estática y se desea un coeficiente de seguridad de 4. Calcula el valor máximo de la fuerza a aplicar y el alargamiento total. (Módulo de Young para el acero 2,1 • 10^6 kp/cm^2.)



$$\sigma_t = \frac{\sigma_E}{n}; \quad \sigma_t = \frac{6\,200}{4} = 1\,550 \text{ kp/cm}^2$$

$$F = \sigma_t S_{mínima}; \; F = 1\,550 \cdot 2^2 = 6\,200 \text{ kp}$$

$$\Delta l = \frac{F\, l_o}{E\, S_o}$$

$$\Delta l = \frac{6\,200 \cdot 4}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 2^2} + \frac{6\,200 \cdot 3}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 5^2}$$

$$\Delta l = 3{,}3 \cdot 10^{-3} \text{ cm} = 3{,}3 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$$

27. Un radio en acero de E = 2,1 • 10^6 kp/cm^2 para bicicleta tiene un diámetro de 2,5 mm, una longitud de 600 mm y un paso de rosca de 0,2 mm. Tras apretar ligeramente la cabeza del radio con la llanta, damos una vuelta. ¿Qué esfuerzo está realizando el radio si fuera el único elemento deformable de la rueda?

. Como el paso de rosca es 0,2 mm, esta será la deformación que experimentan los 600 mm de longitud del radio. Aplicando la expresión:

$$\Delta l = \frac{F\, l_0}{E\, S} \qquad S = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} 0{,}25^2 = 0{,}049 \text{ cm}^2$$

Empleando unidades homogéneas.

$$F = \frac{E \cdot S \cdot \Delta l}{l_0} =$$

$$= \frac{2{,}1 \cdot 10^6 \left[\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}\right] \cdot 0{,}049\ [\text{cm}^2] \cdot 0{,}02\ [\text{cm}]}{60\ [\text{cm}]} = 34{,}3 \text{ kp}$$

28. Una barra cilíndrica de acero con un límite elástico de 310 MPa va a ser sometida a una carga de10000 N. Si la longitud inicial de la barra es de 500 mm, ¿cuál debe ser el diámetro, si no queremos que la barra se alargue más de 0,35 mm? (E =20,7- 10^4MPa)

$$\Delta l = \frac{F\, l_o}{E\, S_o}$$

$$0{,}35 \cdot 10^3 = \frac{10\,000 \cdot 500 \cdot 10^{-3}}{20{,}7 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot S_0}$$

$$S = 6{,}9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$S = \pi r^2$$

$$r = 4{,}68 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$d = 9{,}37 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 9{,}37 \text{ mm}$$

29 Una pieza de latón deja de tener un comportamiento elástico para tensiones superiores a 345 MPa. El módulo de elasticidad del latón es 10,3 • 10^4 MPa.
a) ¿Cuál es la fuerza máxima que puede aplicarse a una probeta de 150 mm^2 de sección, sin que se produzca deformación plástica?
***b)* ¿Cuál es la longitud máxima a la que puede ser estirada sin que se produzca deformación plástica? Longitud de la pieza: 70 mm.**

a) $\sigma_E = \frac{F}{S}$; $F = 345 \cdot 10^6\ [N/m^2] \cdot 150 \cdot 10^{-6}\ [m^2]$

$F = 51\ 750\ N$

b) $\Delta l = \frac{F\ l_o}{E\ S}$; $\Delta l = \frac{51\ 750 \cdot 70 \cdot 10^{-3}}{10{,}3 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot 150 \cdot 10^{-6}}\ m$

$\Delta l = 2{,}34 \cdot 10^{-4}\ m = 0{,}23\ mm$

Longitud máxima = 70,23 mm

30. Una barra de aluminio de 200 mm de longitud y con una sección cuadrada de 10 mm de lado, se somete a una fuerza de tracción de 12300 N, y experimenta un alargamiento de 0,34 mm. Suponiendo que el comportamiento de la barra es totalmente elástico, calcula el módulo de elasticidad del aluminio.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon};\ \sigma = \frac{F}{S} = \frac{12\ 300\ N}{1 \cdot 10^{-4}\ m^2} = 1{,}23 \cdot 10^8\ Pa$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{0{,}34}{200} = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$$

$$E = \frac{1{,}23 \cdot 10^8\ Pa}{1{,}7 \cdot 10^{-3}} = 7{,}2 \cdot 10^{10}\ Pa = 7{,}2 \cdot 10^4\ MPa$$

31. En una pieza sometida a un ensayo de dureza Brinell, con una carga de 500 kp y un diámetro de bola de 5 mm, se ha obtenido un diámetro de huella de 2,3 mm. Halla el grado de dureza Brinell.

$$HB = \frac{F}{S}$$

$$S = \frac{\pi}{2} D\ (D - \sqrt{D^2 - d^2}\ )$$

$$S = \frac{\pi}{2} 5\ [5 - \sqrt{5^2 - (2{,}3)^2}]$$

$$S = 4{,}4\ mm^2$$

$$HB = \frac{500}{4{,}4} = 113{,}6\ kg/mm^2$$

$$HB = 113{,}6\ kg/mm^2$$

32. En un ensayo de dureza Brinell se ha utilizado una bola de 10 mm de diámetro. Al aplicar una carga de 1 000 kp se ha obtenido una huella de 2,50 mm. Calcula la dureza del material.

$$HB = \frac{F}{S}, \quad S = \pi D f, \quad f = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

$$f = \frac{10 - \sqrt{10^2 - 2{,}5^2}}{2} = 0{,}159 \text{ mm}$$

$$S = \pi \cdot 10 \cdot 0{,}159 = 4{,}995 \text{ mm}^2$$

$$HB = \frac{1000}{4{,}995} = 200 \text{ HB}$$

33. En una pieza con dureza Brinell de 300 HB se ha aplicado una carga de 500 kp. Si se ha utilizado como penetrador una bola de 10 mm, ¿cuál será el diámetro de la huella producida?

$$HB = \frac{F}{S}, \quad S = \pi D f, \quad f = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

$$S = \frac{F}{HB} \Rightarrow S = \frac{500}{300} = 1{,}67 \text{ mm}^2$$

$$f = \frac{S}{\pi D} \Rightarrow \frac{1{,}67}{\pi 10} = 0{,}053 \text{ mm}$$

$$\sqrt{D^2 - d^2} = D - 2f \Rightarrow D^2 - d^2 = (D - 2f)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d^2 = D^2 - (D - 2f)^2$$

$$d = \sqrt{10^2 - (10 - 2 \cdot 0{,}053)^2} = 1{,}45 \text{ mm}$$

34. Determina la dureza Vickers de una pieza de acero que, sometida a una carga de 120 kp, produce una huella de 0,5 mm de diagonal.

$$HV = \frac{F}{S}; \quad HV = 1{,}8543 \cdot \frac{120}{(0{,}5)^2}$$

$$HV = 890 \text{ kg/mm}^2$$

35- Comenta en qué consiste un ensayo de embutición.

Es un ensayo tecnológico que consiste en presionar un vástago sobre la chapa hasta que se produce la primera grieta. Se comprueba el grado de embutición midiendo la penetración en milímetros del punzón o vástago hasta la aparición de la primera grieta

Tema 2.

1. ¿Qué es una aleación?

Todo producto que resulta de la unión de dos o más elementos químicos, uno de los cuales tiene carácter metálico. Las propiedades que interesen, como tenacidad, dureza o conductividad, se mejoran en la aleación notablemente respecto del metal base

2. ¿Quién es el disolvente en una aleación?

Inicialmente disolvente es el componente que entra en mayor proporción, y soluto es el que lo hace en menor proporción, pero cuando los elementos solubles no posean la misma red cristalina, se considera disolvente al elemento que conserva la red, aunque se encuentre en menor proporción.

3. Calcular la composición porcentual en masa que tiene una aleación con 220 kg de Ti, 14,5 kg de Al y 9,5 kg de V.

Cantidad total de aleación 220 + 14,5 + 9,5 = = 244 kg

Porcentaje de Ti $\frac{220}{244} \cdot 100 = 90{,}164\ \%$

Porcentaje de Al $\frac{14{,}5}{244} \cdot 100 = 5{,}943\ \%$

Porcentaje de V $\frac{9{,}5}{244} \cdot 100 = 3{,}893\ \%$

4. Se desea obtener una aleación de acero al 0,85% de Cr. Calcular la cantidad de Cr que se deben añadir a 2 Tm de acero que carece de dicho elemento.

$$\left.\begin{array}{l} m_S \rightarrow \text{masa de soluto} \\ m_D \rightarrow \text{masa de disolvente} \end{array}\right\} \Rightarrow C = \frac{m_S}{m_S + m_D} \cdot 100$$

Considerando como disolvente la aleación inicial:

$$0{,}85 = \frac{m_S}{m_S + 2\,000} \cdot 100 \Rightarrow 0{,}85\ m_s + 0{,}85 \cdot 2\,000 =$$

$$= 100\ m_s \Rightarrow m_s = \frac{0{,}85 \cdot 2\,000}{100 - 0{,}85} = 17{,}16 \text{ kg de Cr}$$

5. Una ferroaleación contiene el 65% de Cr. ¿Qué cantidad de dicha ferroaleación se debe utilizar para preparar la aleación anterior?

Como conocemos la cantidad de cromo del ejercicio anterior, aplicamos la misma fórmula, pero considerando la cantidad total de aleación.

$$65 = \frac{17{,}16}{m} \cdot 100 \Rightarrow m = \frac{17{,}16 \cdot 100}{65} = 26{,}4 \text{ kg}$$

6. ¿Cuál es el objetivo de añadir elementos de aleación a un metal?

Mejorar las propiedades que interesen, como tenacidad, dureza o conductividad, respecto del metal base.

7. A un metal se le añade un elemento de aleación cuyo tamaño atómico es superior para formar una aleación de sustitución ¿Qué cabe esperar del límite elástico?

Se deforma la red cristalina provocando tensiones que han aumentar el límite elástico

8. Qué es una solución sólida de inserción?

Se presenta cuando los átomos de soluto son muy pequeños comparados con los átomos del disolvente, y se colocan en el interior, en los intersticios, de la red cristalina del disolvente

9. Con ayuda de la Tabla 2.1 determina la energía necesaria, expresada en kWh, para fundir 1.000 kg de titanio. Compara con la precisa para fundir la misma cantidad de magnesio y de hierro.

Sin tener en cuenta las pérdidas que siempre hay al ambiente, la energía precisa para fundir 1 000 kg de Ti es, teniendo en cuenta que el calor latente de fusión vale 87,3 kcal/kg:

$$Q = Cm \Rightarrow 87{,}3\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right] \cdot 1\,000\ [\text{kg}] = 87\,300\ \text{kcal},$$

como $1\ \text{cal} = 4{,}1868\ \text{J}$ y $1\ \text{J} = \text{W} \cdot \text{s}$, entonces,

$1\ \text{kcal} = 4{,}1868\ \text{kJ} = 4{,}1868\ \text{kW} \cdot \text{s}$, luego los $\text{kW} \cdot \text{h}$ de la kcal del ejercicio son:

$$87\,300\ \text{kcal} = \frac{87\,300}{4{,}1868 \cdot 3\,600} = 5{,}79\ \text{kW} \cdot \text{h}$$

Para el resto de los metales del ejercicio, la energía precisa es:

$$\text{Mg},\ \frac{82\,200}{4{,}1868 \cdot 3\,600} = 5{,}45\ \text{kW} \cdot \text{h}$$

$$\text{Fe},\ \frac{65\,000}{4{,}1868 \cdot 3\,600} = 4{,}31\ \text{kW} \cdot \text{h}$$

10. ¿Cómo se llaman los núcleos de formación de redes cristalinas en la solidificación de metales puros?

Dendritas.

11. ¿En qué consisten los rechupes y las sopladuras?

El rechupe es como un hoyo que se produce en la superficie la las piezas fundidas y la sopladura un hueco en el interior.

12. Define componente, fase y grados de libertad de un sistema material.

Componente: cada una de las sustancias que forman un sistema material.
Fase: cada una de las partes homogéneas que se diferencia físicamente del resto.
Grados de libertad: número de variables que podemos modificar libremente.

13. ¿En qué estado se encuentran las aleaciones por encima de la línea de liquidus? ¿Y por debajo de la línea de solidus?

Por encima de la línea de liquidas, las aleaciones se encuentran en estado líquido. Por debajo de la línea solidus, en estado sólido

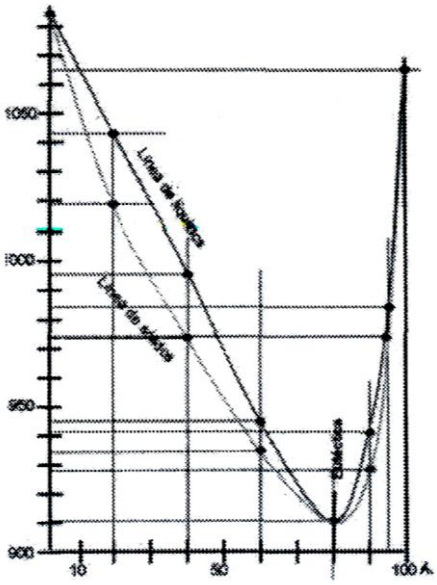
14. ¿Qué es una aleación eutéctica? ¿Cuáles son sus características fundamentales?

Es la aleación de punto de fusión más bajo. La principal característica de una aleación eutéctica es que se comporta como si fuera un metal puro

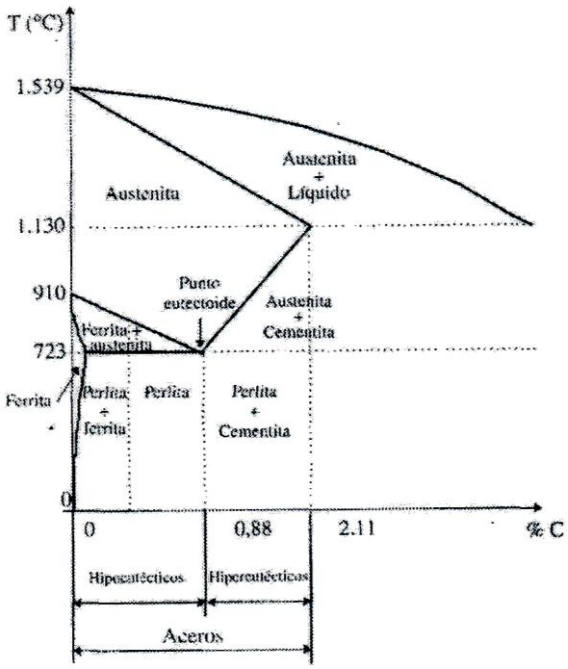
15. Para una aleación Cu-Au se facilitan las temperaturas de la línea de liquidus y de solidus. Dibujar el diagrama resultante.

Concentración (% Au)	*Temperaturas liquidus (°C)*	*Temperaturas solidus (°C)*
0	1 085	1 085
20	1 042	1 019
40	996	973
60	946	934
80	911	911
90	942	928
95	984	974
100	1 064	1 064

Llevamos estos puntos a un diagrama que en el eje de horizontal tenga la concentración del Au (de izquierda a derecha) y la del cobre (de derecha a izquierda) y en el eje vertical ponemos las temperaturas.

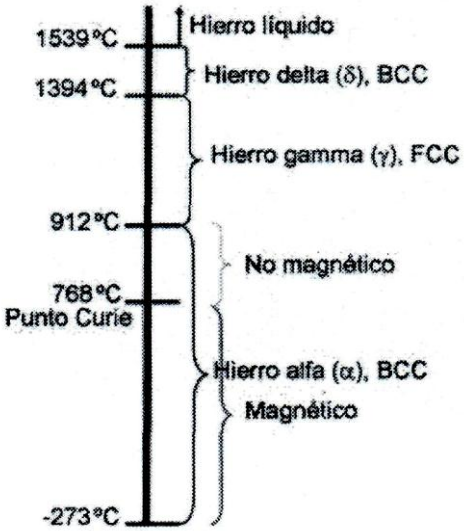


16. Dibuja la parte del diagrama Fe-C que corresponde sólo a los aceros. Distingue las transformaciones que ocurren en función del porcentaje de carbono.



17. ¿Qué variedades alotrópicas presenta el hierro?

El hierro con red cúbica centrada en el cuerpo, denominado hierro alfa a temperatura ambiente y hierro delta por encima de 1394 ºC hasta la temperatura de fusión, y cúbica centrada en caras o hierro gamma estable entre 912 ºC y 1294 ºC. El diagrama siguiente lo ilustra.



18. Observa el siguiente diagrama de fases Cu-Ni.

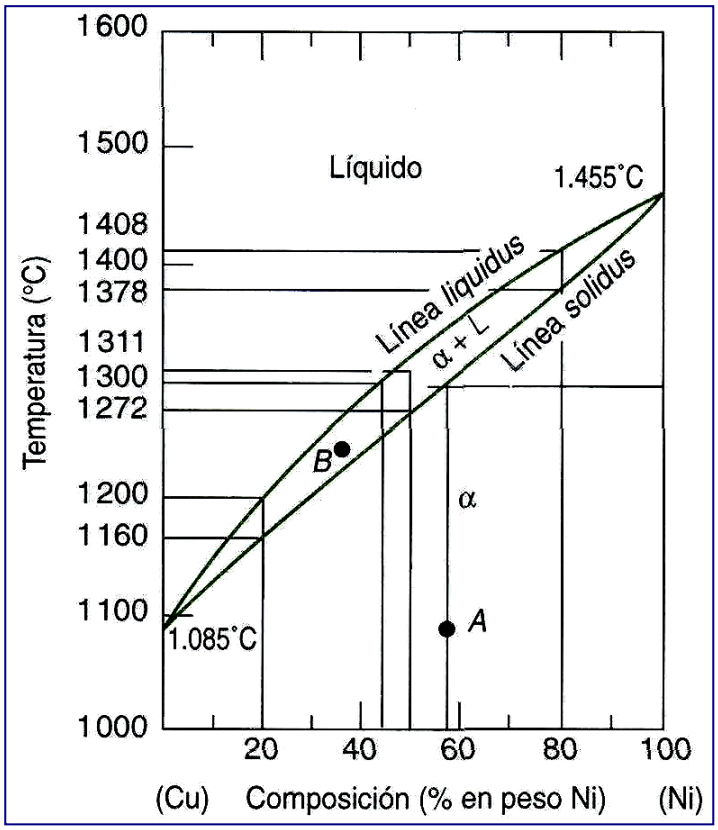
Responde a las siguientes cuestiones:

a) ¿Cuál es la temperatura de inicio y fin del proceso de solidificación para las siguientes composiciones?
• 20% de Cu. • 50 % de Cu. • 20 % de Ni.

b) ¿Cuál es la temperatura mínima en que encontraremos la aleación en estado líquido, para cualquier composición?

c) ¿A partir de qué tanto por ciento de Cu una aleación estaría totalmente líquida a 1300 ºC? ¿Y sólida?

d) Calcula el número de fases, composición de cada una y cantidades relativas de cada fase para una aleación del 50 por 100 de Cu a 1300 ºC.

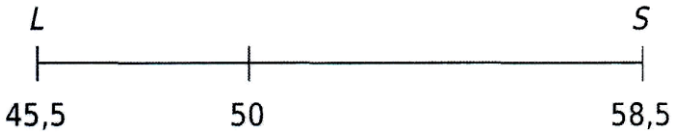


a) • 20% de Cu
Inicio de solidificación = 1 408 ^{e}C
Final de solidificación = 1 378 ^{9}C
• 50% de Cu
Inicio de solidificación = 1 311^{Q}C
Final de solidificación = 1 272 ^{Q}C
• 20% de Ni
Inicio de solidificación = 1 200 ^{S}C
Final de solidificación = 1 160 ^{S}C

b) 1455 $^{\circ}$C punto de fusión del Ni

c) 1300ºC -» Sólida: 58,5% Ni
Líquida: 54,5% Ni

d) 2 fases = líquido + sólido
Composición fase líquida: 45,5 % Ni - 54,5 % Cu
Composición fase sólida: 58,5 % Ni - 41,5 % Cu
Para calcularlas cantidades relativas, aplicamos la regla de la palanca: Isoterma a 1 300 $^{\circ}$C

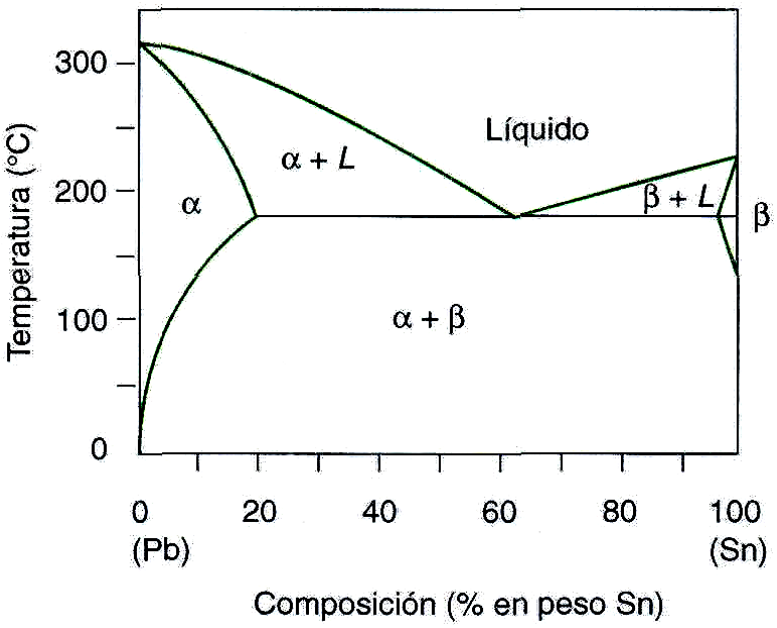


$$W_L = \frac{58,5 - 50}{58,5 - 45,5} 100 = 65,4\ \%$$

$$W_S = 100 - 65,4 = 34,6\ \%$$

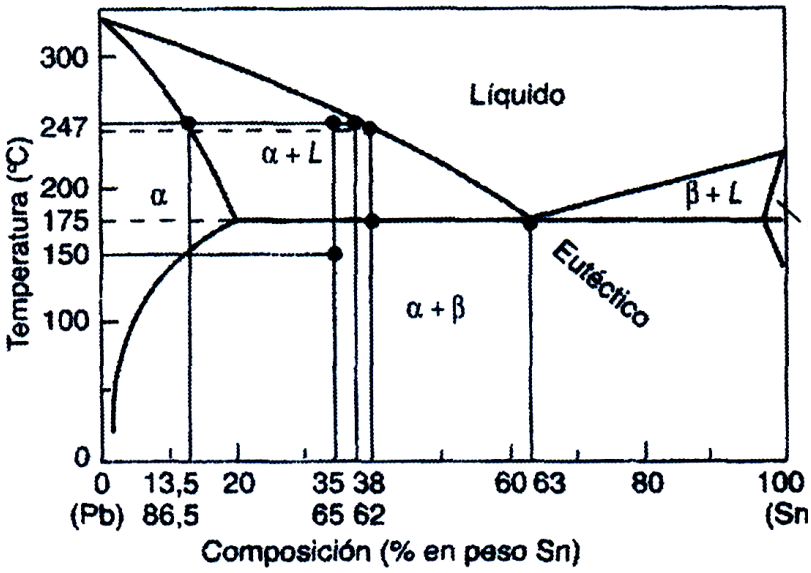
21 Observa el siguiente diagrama de fases de la aleación Pb-Sn y responde a las siguientes cuestiones:

a) En una aleación de composición 40% de Sn, ¿cuál es la variación de temperatura mientras dura el proceso de solidificación?
b) ¿Cuál es la composición de la aleación de punto de fusión más bajo? ¿Qué nombre recibe? ¿Qué sucede con la temperatura durante el proceso de solidificación de esta aleación?
c) Calcula el número de fases y su composición para una aleación 35% de Sn y de Pb a las temperaturas de 150 y 250 ºC

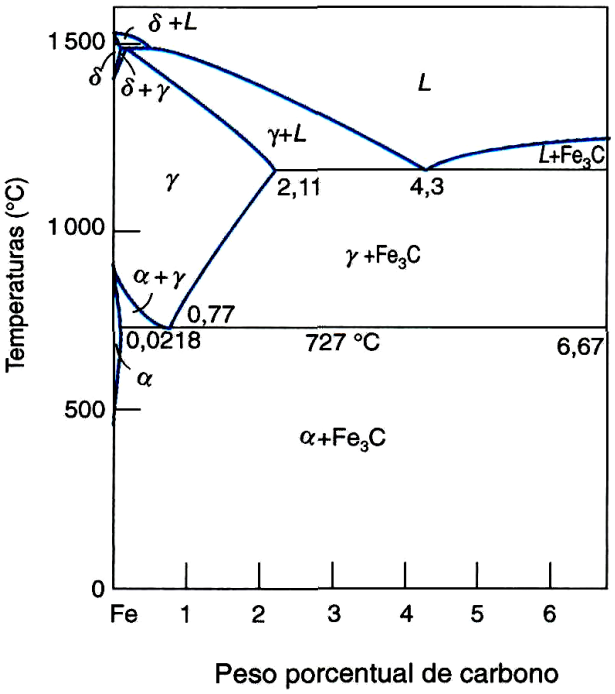


a) Inicio: 247 ec. Final: 175 ºC.
b) • 63% Sn.37% Pb.
- Aleación eutéctica.
- La temperatura permanece constante.

c) • 1 fase sólida: 35% Sn y 65% Pb.
- 2 fases:
  - líquida, 38% Sn y 62% Pb.
  - líquida, 13,5% Sn y 86,5% Pb.



22 Calcula las cantidades relativas y composiciones las fases en una aleación Fe-C de 1,00% de C y 726 ºC de temperatura. Utiliza el siguiente diagrama



Las fases son ferrita (hierro a) y cementita (Fe_3C):
- Ferrita: 0,0218%
- Cementita: 6,67 %

$$\% \text{ de ferrita} = \frac{6{,}67 - 1{,}00}{6{,}67 - 0{,}0218} \cdot 100 = 85{,}3\ \%$$

$$\% \text{ de cementita} = \frac{1{,}00 - 0{,}0218}{6{,}67 - 0{,}0218} \cdot 100 = 14{,}7\ \%$$

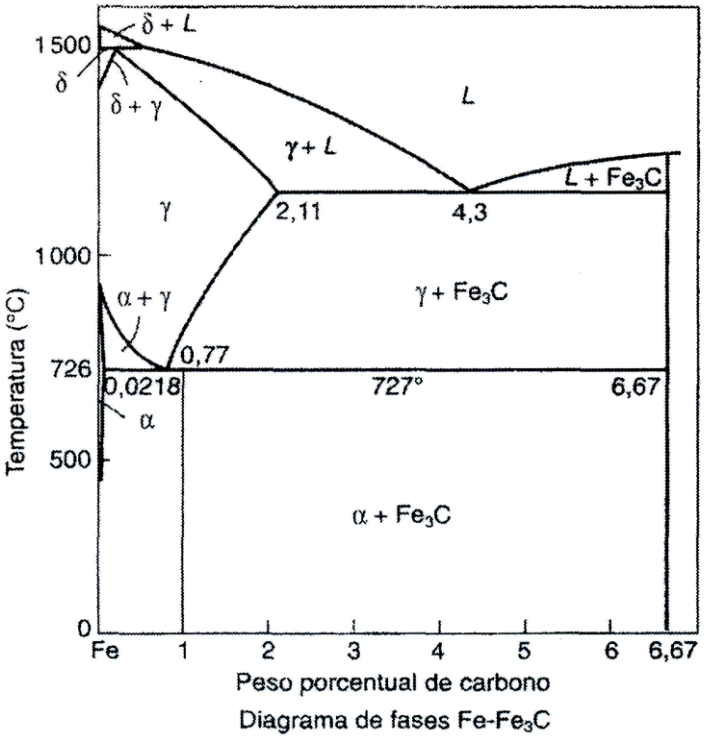


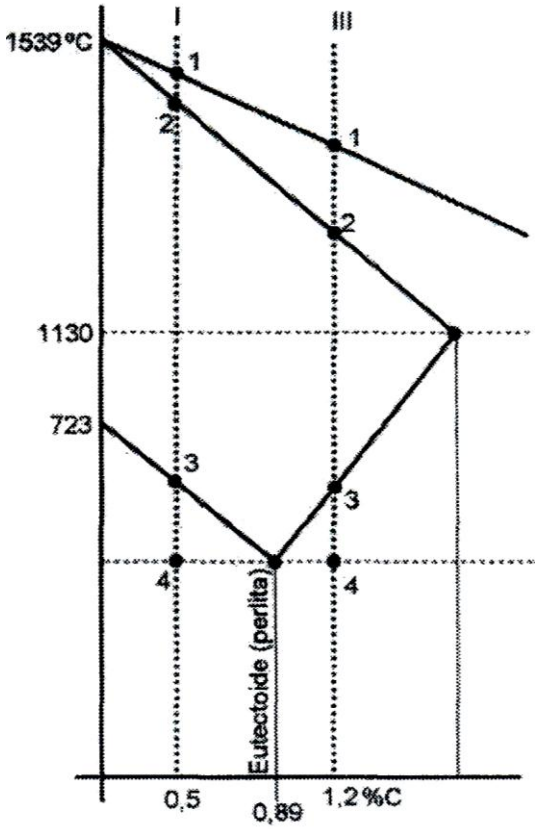
Diagrama de fases Fe-Fe_3C

23 Una aleación Fe-C con el 5% de C, ¿es hipereutécnica o hipoeutécnica? ¿Cuan es la concentración del primer sólido que se forma?

El punto eutéctico se encuentra a la concentración de 4,3% de C, luego es hipereutéctica.

El primer sólido que se forma es la cementita o carburo de hierro Fe_3C.

24 Explica el proceso de solidificación de dos aleaciones cuyo porcentaje de C es menor y mayor de 0,88%.



La composición del 0,89% corresponde al punto eutectoide (perlita). Así que se comenta una aleación con 0,5% de C y otra con 1,2% de C, A la vista del diagrama Fe-C simplificado, la cuestión propuesta equivaldría a las aleaciones I y III, que pasamos a comentar.

I) Aleación con 0,5% de C. Por encima del punto 1 existe solamente la fase líquida. Comienza la formación de austenita hasta que en 2 solidifica totalmente, o sea de 1 a 2 tenemos austenita. En el punto 3 el hierro Y se transforma progresivamente en ferrita o hierro a. Mientras dura la transformación anterior, la austenita residual se enriquece en carbono hasta que en el punto 4, con una proporción de 0,89 % de C, se convierte en perlita. Entre el punto 3 y 4 tenemos ferrita y austenita. Desde el punto 4 hasta la temperatura ambiente tenemos ferrita y perlita.

II) Aleación 1,2% de C. Desde 1 a 3 como el caso anterior. En el punto 3 comienzan a separarse cristales de cementita, empobreciéndose progresivamente en carbono la austenita restante, hasta que en el punto 4 a la temperatura de 723 °C el porcentaje es de 0,89 %, y se transforma bruscamente en perlita. Desde 3 a 4 tenemos austenita más cementita. Desde el punto 4 a temperatura ambiente tenemos perlita y cementita.

25 Calcular la fracción de masa de ferrita cementita en la perlita.

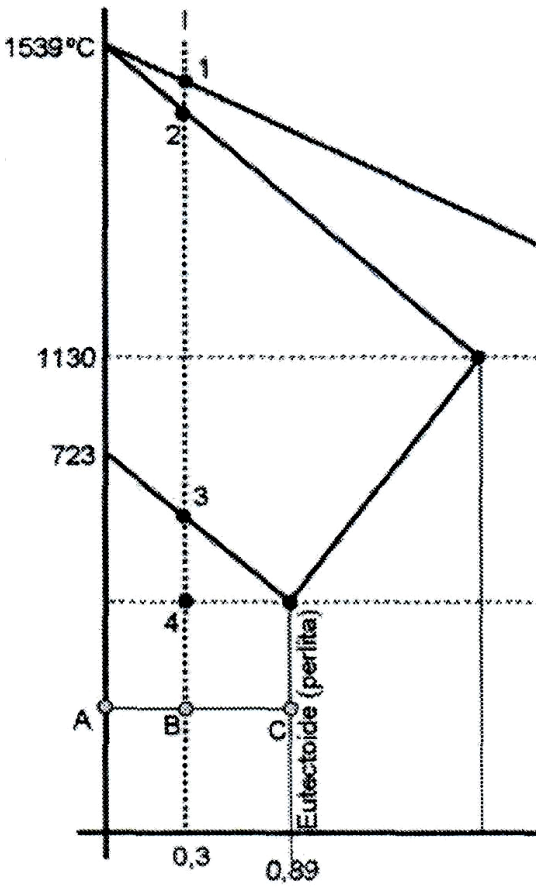
La perlita es la eutectoide con 0,89 % de C. Aplicando la regla de la palanca al diagrama hierro carbono (se aproxima la concentración de C en la ferrita al 0%)

$$\text{Ferrita} = \frac{6{,}67 - 0{,}89}{6{,}67 - 0} \cdot 100 = 87\ \%\ \text{ de ferrita}$$

$$\text{Cementita} = \frac{0{,}89 - 0}{6{,}67 - 0} \cdot 100 = 13\ \%\ \text{ de cementita}$$

26 En una aleación Fe-C con el 0,3 % de C, estudia su enfriamiento desde una temperatura supe 1 540 °C hasta las temperatura ambiente explicando las fases que aparecen y los porcentajes correspondientes (utiliza el diagrama simplificado)

Estamos frente a una aleación hipoeutectoide. Se dibujan los puntos característicos a una escala aproximada



Por encima del punto 1 existe solamente la fase líquida. Comienza la formación de austenita hasta que en 2 solidifica totalmente, o sea, de 1 a 2 tenemos austenita. En el punto 3 el hierro y se transforma progresivamente en ferrita o hierro a. Mientras dura la transformación anterior, la austenita residual se enriquece en carbono hasta que en el punto 4, con una proporción de 0,89% de C, se convierte en perlita. Entre el punto 3 y 4 tenemos ferrita y austenita. Desde el punto 4 hasta la temperatura ambiente tenemos ferrita y perlita. Se calcula la composición a temperatura ambiente aplicando la regla de la palanca:

$$\text{Porcentaje de ferrita} = \frac{0{,}89 - 0{,}3}{0{,}89 - 0} \cdot 100 = 66\ \%$$

$$\text{Porcentaje de perlita} = \frac{0{,}3 - 0}{0{,}89 - 0} \cdot 100 = 34\ \%$$

Por otro lado, la perlita contiene ferrita y cementita, calculamos la cantidad de cada una en la aleación eutectoide.

Porcentaje de ferrita en la perlita =

$$= \frac{6{,}67 - 0{,}89}{6{,}67 - 0} \cdot 100 = 86{,}7\ \%$$

Porcentaje de cementita en la perlita =

$$= \frac{0{,}89 - 0}{6{,}67 - 0} \cdot 100 = 13{,}3\ \%$$

Ahora, en toda la aleación tenemos una cantidad de ferrita total:

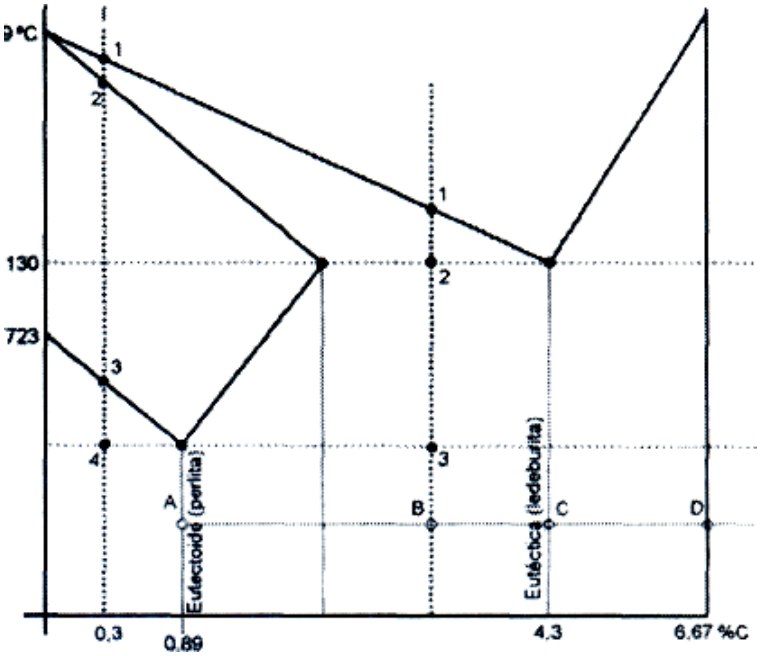
$$\text{Ferrita total} = 66 + 34 \cdot \frac{86{,}7}{100} = 95{,}5\ \%$$

La cementita de la aleación es:

$$\text{Cementita} = 34 \cdot \frac{13{,}3}{100} = 4{,}5\ \%$$

27 Igual que el ejercicio anterior pero con una posición del 3% de C.

En este caso hemos pasado la composición de carbono máxima para los aceros por lo que estamos ante una fundición hipoeutéctica. En este caso no tiene sentido el diagrama hierro-carburo de hierro, pues casi todo el carbono de las fundiciones se encuentra en forma de grafito; el más utilizado es el diagrama hierro-grafito. No obstante, al tratarse de un ejercicio de aplicación de la regla de la palanca a la temperatura ambiente empleamos el diagrama visto en el libro.



Por encima del punto 1 tenemos toda la aleación en estado líquido. En el punto 1 comienzan a aparecer los primeros cristales de austenita. Del punto 1 al 2 coexisten cristales de austenita y aleación fundida. Después del punto 2 ha solidificado apareciendo cementita y ledeburita junto a la austenita. Debajo del punto 3 toda la austenita se ha transformado en perlita. Así, en el punto B, a temperatura ambiente, se tiene tanto cementita, como perlita y ledeburita.

No tiene sentido calcular las composiciones a temperatura ambiente, pues la cementita precipita en forma de hierro y de grafito, dando lugar a las fundiciones grises.

28 Calcula las cantidades de ferrita (a) y cementita (Fe_3C) que están presentes en la perlita, sabiendo que la perlita debe contener 0,77% de C. Utiliza el diagrama de la Actividad 25.

Señalamos en el diagrama el punto correspondiente a 0,77 % de C, que debe contener perlita, y aplicamos la regla de la palanca.

$$\% \text{ ferrita (hierro - } \alpha) = w_\alpha =$$

$$= \frac{6{,}67 - 0{,}77}{6{,}67 - 0{,}0218} \cdot 100 =$$

$$w_\alpha = 88\ \% \text{ de ferrita } (\alpha)$$

$$\% \text{ cementita } (Fe_3C) = w_{Fe_3C} =$$

$$= \frac{0{,}77 - 0{,}0218}{6{,}67 - 0{,}0218} \cdot 100$$

$$w_{Fe_3C} = 11\ \% \text{ de cementita } (Fe_3C)$$

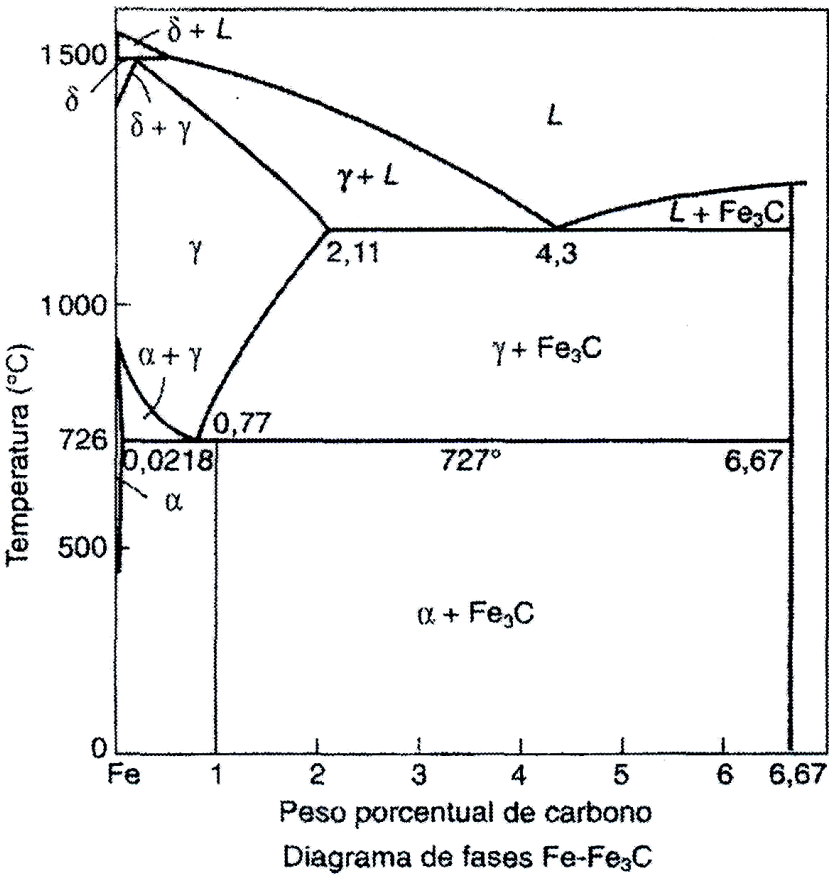
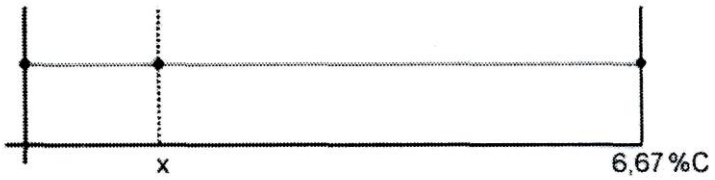


Diagrama de fases Fe-Fe_3C

29 La fracción de masa de la ferrita y de la cementita en un acero al carbono son 0,91 y 0,09 respectivamente. Decir si se trata de un acero hipo o hipereutectoide

Para determinar la cantidad de carbono aplicamos la regla de la palanca en un diagrama que en un extremo tenga la ferrita y en el otro la cementita



Porcentaje de cementita =

$$= \frac{x - 0}{6{,}67 - 0} \cdot 100 = 9 \Rightarrow x = \frac{9 \cdot 6{,}67}{100} = 0{,}6\ \%\ \text{de C}$$

Porcentaje de ferrita =

$$= \frac{6{,}67 - x}{6{,}67 - 0} \cdot 100 = 91 \Rightarrow x = 6{,}67 - \frac{91 \cdot 6{,}67}{100} =$$

$$= 0{,}6\ \%\ \text{de C}$$

Por los dos caminos, como debe ser, obtenemos la misma concentración de carbono. Como es inferior a la concentración eutectoide, se trata de un acero hipoeutectoide

30 Cuál es el principal componente de los aceros inoxidables, además de Fe y C? ¿Cuál es el porcentaje mínimo en la composición de la aleación?

El cromo, en un 12 %.

31 Para un cuerpo o bloque de bomba hidráulica ¿qué fundición elegirías?

Puesto que tiene que soportar esfuerzos de tracción (al estar el fluido a presión en el interior) no se puede emplear una fundición gris. La adecua da es de grafito esferoidal

Tema 3

6. I es la principal diferencia entre el bronce y el latón?

Bronce: aleación de Cu y Sn. Latón: aleación de Cu y Zn.

Tema 4

Tratamientos térmicos y superficiales.

1. En todo tratamiento térmico, ¿cuáles son las variables fundamentales que hay que controlar?

La temperatura, el tiempo y la velocidad de enfriamiento

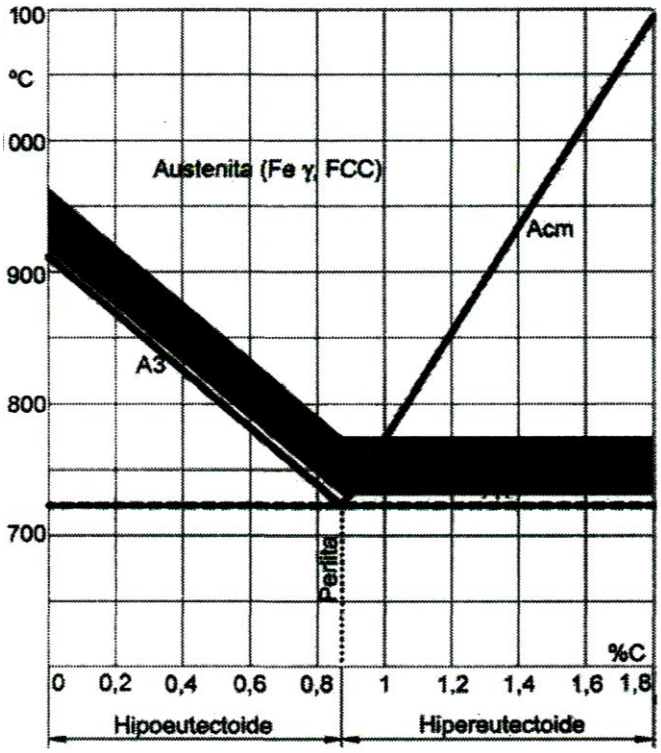
2. ¿Cómo afecta la temperatura en la modificación de la estructura constitutiva de los metales y aleaciones?

La temperatura produce una transformación en los constituyentes de los metales y aleaciones, modificando el tamaño de grano

3. ¿Cuál es el objetivo fundamental de los tratamientos térmicos?

Mejorar las propiedades mecánicas de metales y aleaciones

4. Realiza un esquema del diagrama Fe-C en el que se vea la zona de austenización de los aceros.



9. ué crees que se debe el hecho de que en una pieza gruesa de acero débilmente aleado y templado el interior sea más blando que el exterior?

A que el temple no ha entrado suficientemente, pues la velocidad de enfriamiento en el interior es más lenta que en exterior de la pieza que está en contacto con el medio de temple

10. La capacidad de templarse de un acero, ¿de qué depende?

De la composición química y de su templabilidad, que es la aptitud de la aleación para endurecerse por formación de martensita mediante tratamiento térmico

11. ¿Qué factores influyen en el temple de un acero?

Composición del acero, temperatura de calentamiento, tiempo de calentamiento, velocidad de enfriamiento, características del medio donde se realiza el temple y tamaño y geometría de la muestra

12. ¿Cuál es la problemática más importante que presenta el temple en medio acuoso?

Controlar la temperatura del agua, ya que ésta no debe subir los 30 °C.

13. En el tratamiento térmico por recocido, si la velocidad de calentamiento o la de enfriamiento son muy rápidas, ¿qué consecuencias se pueden provocar?

Si la velocidad de variación de temperatura es muy grande, provoca tensiones internas en las piezas, lo que puede originar deformaciones e incluso la aparición de grietas

14. En que consiste la descarburación superficial de los aceros cementados?

En la pérdida del carbono proveniente de la cementación, con lo que la dureza conseguida disminuye

15. ¿A qué componente se debe la elevada dureza de la capa superficial obtenida en la nitruración?

Al nitruro de hierro, Fe_4N

20. La corrosión de un metal es:

a) **La combinación con el oxígeno.**
b) **La pérdida de electrones del metal y la consiguiente combinación con otra sustancia que los pueda tomar.**
c) **La suciedad (grasa, etc.) que se deposita en la superficie.**
d) El ataque con ácido.

a) La combinación con el oxígeno

24. **¿En qué consiste el fenómeno de la cavitación?**

La cavitación es la erosión de la superficie metálica por la presión de una burbuja de gas contenida en un líquido.