

LEY DE HOOKE

1. Consideremos un hilo cilíndrico de titanio de 3 mm de diámetro y $2,5 \cdot 10^4$ mm de largo. Determinar su alargamiento cuando se aplica una carga de 500 N. Suponer que toda la deformación es elástica y que el módulo de elasticidad del material es $E = 10,7 \cdot 10^4$ MPa.
2. Para un determinado latón, la fuerza a la cual empieza la deformación plástica es 345 MPa, y el módulo de elasticidad es $10,3 \cdot 10^4$ MPa.
 - a) ¿Cuál es la máxima tensión que puede aplicarse a una probeta con una sección de 130 mm^2 sin que se produzca deformación plástica?
 - b) Si la longitud original de la probeta es 76 mm, ¿cuál es la máxima longitud que puede ser estirada sin causar deformación plástica?
3. Un cable de acero de 30 mm de diámetro soporta un elevador de una mina. Entran en el elevador 20 mineros con un peso medio de 80 kg cada uno cuando dicho elevador se encuentra a 160 m de profundidad. Si el módulo de elasticidad del acero es 200 GPa y su límite elástico 238,5 MPa, calcular:
 - a) Alargamiento del cable del elevador por efecto de esta carga.
 - b) Número máximo admisible de mineros que podrían descender simultáneamente al fondo de la mina (400 m de profundidad) sin que el cable se deforme permanentemente y alargamiento del cable en estas condiciones.
4. Un tirante de acero de 5 m de longitud debe soportar en servicio una carga de 6 toneladas con un alargamiento no superior a 5 mm. Se dispone de dos aceros, A y B, de límites elásticos 500 MPa (0,60 €/kg) y 240 MPa (0,40 €/kg), respectivamente. Por razones de seguridad no se debe superar en servicio una tensión igual al límite elástico dividido por 1,65. En ambos tipos de aceros se dispone de la siguiente serie de redondos:

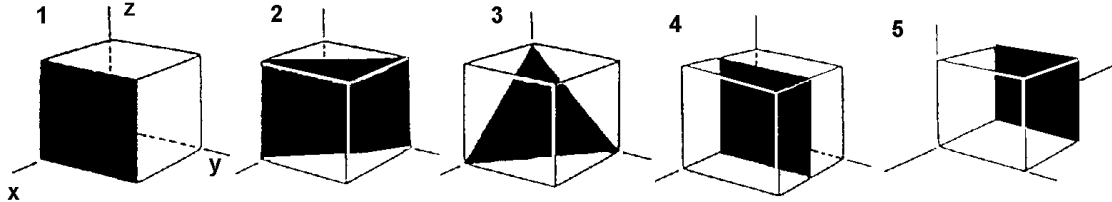
Diámetros: 20, 25 y 32 mm

Para ambos aceros la densidad es $d = 7.85 \text{ g/cm}^3$ y el módulo de elasticidad $E = 210 \text{ GPa}$.

- a) Determinar qué tipo de acero permite obtener el tirante más económico y el coste de éste.
- b) Calcular la reducción del diámetro del tirante una vez instalado si el coeficiente de Poisson del acero correspondiente es $\nu = 0,35$.
- c) Estimar en estas condiciones el cambio de volumen experimentado por el tirante.

ESTRUCTURA CRISTALINA

1. Determinar los índices de MILLER de los siguientes planos cristalográficos, correspondientes a una red cúbica.

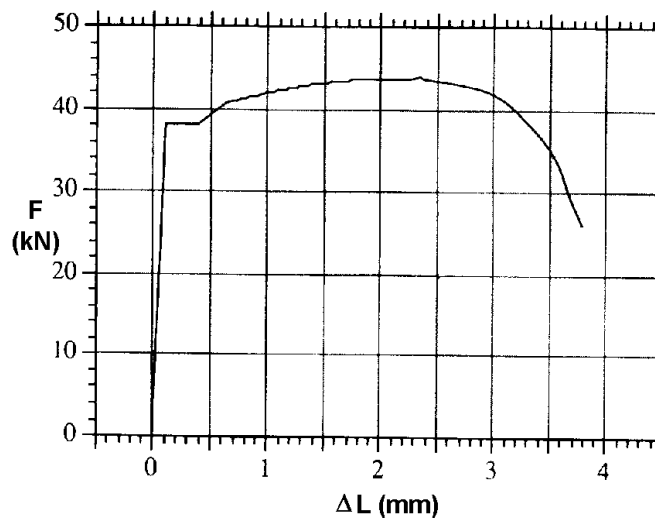


2. Una celda unitaria FCC tiene una constante reticular $a = 4.0 \text{ \AA}$, calcular el número de átomos por unidad de área en los planos $(1\ 1\ 0)$ y $(1\ 1\ 1)$, y la densidad de átomos por unidad de longitud en las direcciones $[1\ 1\ 0]$ y $[1\ 1\ 1]$. Calcular el factor de empaquetamiento de esta estructura.
3. Calcular el radio de un átomo de vanadio sabiendo que tiene estructura cristalina BCC, densidad de $6,09 \text{ g/cm}^3$ y masa atómica de $50,94 \text{ g/mol}$.
4. El cobre tiene un radio atómico de $1,28 \text{ \AA}$ y una densidad de $8,93 \text{ g/cm}^3$. Determinar si tiene estructura cristalina FCC o BCC.
5. El hierro α tiene una densidad de $7,86 \text{ g/cm}^3$ y un parámetro de red $a = 0,287 \text{ nm}$. Calcular:
- Su masa atómica.
 - El número de átomos que hay en un kilogramo.
 - Volumen de la celda.
 - Radio atómico.
 - La densidad atómica superficial en el plano (110) .
6. El molibdeno tiene una densidad de $10,22 \text{ g/cm}^3$ y cristaliza en el sistema BCC con parámetro de red $a = 0,315 \text{ nm}$. Calcular:
- Su masa atómica.
 - El número de celdas unitarias que hay en un dm^3 .
 - Radio atómico.
 - La densidad atómica superficial en el plano (111) .
 - La densidad atómica lineal en la dirección $[110]$.
 - El factor de empaquetamiento.

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

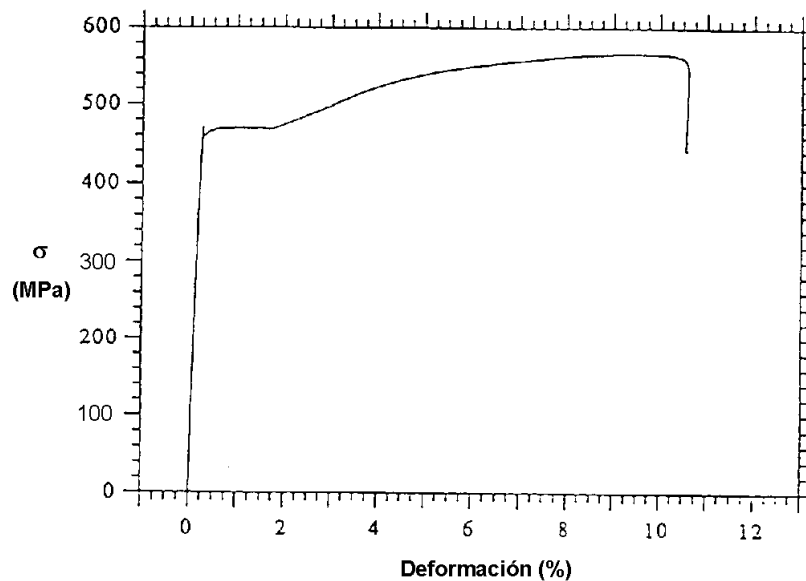
RESISTENCIA A TRACCIÓN

1. Una probeta cilíndrica de un metal con un diámetro original de 12,8 mm y base de medida de 50,8 mm es estirado a tracción hasta que ocurre la fractura. El diámetro en el punto de la fractura es 6,6 mm, y la base de medida es 72,14 mm. Calcular la ductilidad en términos de reducción de área y el alargamiento relativo.
2. Una barra de acero estructural tiene un diámetro de 10 mm y va a ser empleada como elemento reforzante de un hormigón. El sistema de calidad de la constructora impone caracterizar el material a tracción para conocer los parámetros que determinan sus características mecánicas. Para ello se dispone de un extensómetro con una base de medida de 41,5 mm. El registro obtenido fuerza-alargamiento es el que se muestra en la figura.



Determinar para este acero:

- a) Límite elástico.
 - b) Módulo de elasticidad.
 - c) Tensión de rotura.
 - d) Deformación en rotura.
 - e) Deformaciones elástica, plástica y total asociadas a una tensión de 509,29 MPa.
3. Para la construcción de un gasoducto se va a emplear un acero de módulo de elasticidad $E = 206$ GPa y coeficiente de Poisson $\nu = 0,35$. Un ensayo previo de caracterización ha dado la curva tensión-deformación de la figura adjunta. Sabiendo que la probeta ensayada tenía un diámetro inicial de 10 mm y que se utilizó un extensómetro de 50 mm de base de medida, determinar:
 - a) Deformación total asociada a una tensión de 300 MPa.
 - b) Diámetro de la probeta para la misma tensión que en el caso anterior.
 - c) Límite elástico del material.
 - d) Deformación plástica asociada a una tensión de 500 MPa.
 - f) Tensión de rotura.
 - g) Deformación bajo carga máxima.
 - h) Alargamiento en rotura en la base del extensómetro.
 - i) Diámetro final de la probeta en la zona de estricción si la reducción del área fue del 40%.
 - j) Elongación máxima en rotura.



4. Los siguientes datos se han obtenido en un ensayo de tracción sobre una probeta cilíndrica de 15 mm de diámetro en la que se ha considerado una base de medida de 50 mm:

Carga (kN)	70	120	150	160	170	200	220	233	235	220
Alargamiento (mm)	0,25	0,40	0,50	0,60	0,75	1,75	3,00	5,00	6,50	8,00

El diámetro de la probeta tras la rotura en la zona de estricción fue de 12,45 mm. Se pide:

- Calcular los valores de tensión (en MPa) y deformación (en %).
 - Representar gráficamente la curva $\sigma - \epsilon$.
 - Determinar el módulo de elasticidad.
 - Calcular el límite elástico convencional al 0,2%.
 - Deformación plástica asociada a una tensión de 1100 MPa.
 - Tensión de rotura.
 - Deformación bajo carga máxima y longitud de la base de medida en este instante.
 - Alargamiento en rotura de la base de medida.
 - Reducción de área.
5. Un ensayo de tracción sobre un redondo de armar hormigón de dureza natural ha dado como resultado una gráfica que presenta un escalón de cedencia entre deformaciones 0,3% y 1,5%. El módulo de elasticidad obtenido tiene un valor $E = 180$ GPa y el campo plástico de la curva se puede definir mediante los siguientes valores de cargas y alargamientos, medidos estos últimos sobre una base de medida inicial de 50 mm dada por un extensómetro:

Carga (kN)	50	55	59	57 (Rotura)
Alargamiento (mm)	1	2	4	7

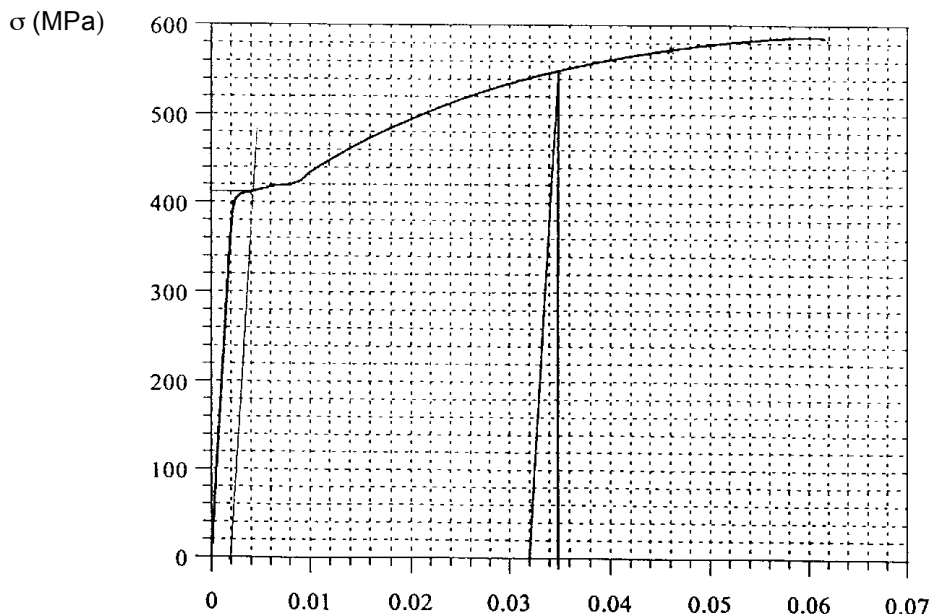
El diámetro inicial del redondo era de 10 mm y la reducción de área fue del 45%. Se pide:

- Calcular el límite elástico del material.
- Estimar la deformación plástica asociada a una tensión de 700 MPa.

- c) Tensión de rotura y deformación bajo carga máxima.
- d) Diámetro de la probeta tras la rotura en la zona de estricción.
- e) Si la longitud final de la base de medida, estimada tras la rotura de la probeta fue de 7,5 mm ¿Captó el extensómetro la zona de estricción en su totalidad?
- f) Clasificar el acero del redondo de acuerdo con la Instrucción EHE – 08.
Características mecánicas mínimas de las barras corrugadas según la Instrucción EHE – 08

Designación	Clases de acero	Límite elástico σ_Y (MPa) $\geq$	Tensión de rotura σ_R (MPa) $\geq$	Alargamiento en rotura (%) base 5 ϕ $\geq$	Relación σ_R/σ_Y en ensayo $\geq$
AEH 400N	Dureza natural	410	450	16	1,05
AEH 400F	Estirado en frío	410	450	14	1,05
AEH 500N	Dureza natural	510	560	14	1,05
AEH 500F	Estirado en frío	510	560	12	1,05
AEH 600N	Dureza natural	610	670	12	1,05
AEH 600F	Estirado en frío	610	670	10	1,05

6. Para caracterizar mecánicamente un acero se llevaron a cabo ensayos de tracción sobre probetas normalizadas de sección cuadrada, utilizando un extensómetro de 12,5 mm de base de medida, que proporcionaron curvas tensión-deformación como la de la figura adjunta. Sabiendo que la probeta tenía una sección de 5,8 mm de lado, longitud $L_0 = 50$ mm y que, una vez rota, el lado del cuadrado de la sección de rotura fue de 5,3 mm, determinar:
- a) Módulo de elasticidad.
- b) Límite elástico del material.
- c) Deformaciones elástica y plástica asociadas a una tensión de 550 MPa.
- d) Fuerza aplicada sobre la probeta que produce una deformación del 4,5%.
- e) Deformación bajo carga máxima y longitud final de la probeta.
- f) Lado final de la sección de la probeta tras el ensayo en la zona de deformación uniforme.
- g) Estricción o reducción de área.



FRACTURA y TENACIDAD

1. Un componente de avión se fabrica a partir de una aleación de aluminio que tiene una tenacidad a fractura de $26 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$. Se ha determinado que se rompe al aplicar una tensión de 112 MPa cuando la longitud de la grieta crítica es de 8,6 mm. Para este mismo componente elaborado con la misma aleación calcular la tensión de rotura para una grieta crítica de longitud de 6,0 mm. Resolver la misma cuestión considerando un factor de seguridad de 1,5.

$$\text{coeficiente de seguridad} = \frac{\text{valor real}}{\text{valor de cálculo}}$$

2. La tabla muestra los datos obtenidos a partir de ensayos de impacto de Charpy en un acero:

T (°C)	0	-25	-50	-75	-100	-113	-125	-150	-175	-200
Energía Impacto (J)	105	104	103	97	63	40	34	28	25	24

- Representar los resultados en términos de energía absorbida en el impacto frente a la temperatura.
- Determinar la temperatura de transición dúctil-frágil definida como aquella que corresponde al valor medio de las energías máxima y mínima absorbidas en el impacto.
- Determinar la temperatura de transición dúctil-frágil definida como aquella temperatura a la cual la energía absorbida en el impacto es igual a 50 J.
- Estimar la resiliencia del material a las dos temperaturas de transición calculadas en los apartados b y c, sabiendo que la sección inicial resistente de la probeta es de $0,8 \text{ cm}^2$ en el plano de la entalla.

ROTURA POR FATIGA

1. Los datos de fatiga para un latón son los que se indican a continuación:

Amplitud de tensión (MPa)	170	148	130	114	92	80	74
Ciclos hasta la rotura	$3,7 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^9$

- Dibujar el diagrama S-N (amplitud de tensión frente a logaritmo de ciclos hasta la rotura).
- Determinar la resistencia a fatiga para $4 \cdot 10^6$ ciclos.
- Determinar la vida a fatiga para 120 MPa de amplitud.
- Si los datos de fatiga para este latón han sido obtenidos a partir de ensayos de torsión, y un eje de esta aleación va a ser utilizado como acoplamiento a un motor que opera a 1200 rpm, calcular la amplitud de la tensión máxima para cada uno de los siguientes tiempos de vida a fatiga: 1 año, 1 mes, 1 día y 1 hora.

2. Considerar los siguientes datos para un acero:

Límite elástico = 345 MPa

Módulo de Young = 207 GPa

Tenacidad a fractura = $90 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$

Ley de PARIS: $da/dN = 4 \cdot 10^{-13} (\Delta K_I)^3$ (m/ciclo)

Tensión de rotura = 517 MPa

Deformación bajo carga máxima = 20%

Factor de intensidad de tensiones: $K_I = \sigma \sqrt{\pi \cdot a}$

Se desea colocar un cierto número de elefantes en una plataforma, de peso despreciable, suspendida de sus esquinas por cuatro cables de este acero de 25,4 mm de diámetro y 3 m de longitud cada uno. Si cada elefante pesa en promedio 3800 kg y su peso se reparte uniformemente sobre la plataforma:

- Calcular el número de elefantes que puede soportar simultáneamente la plataforma antes de que se rompan los cables.
- Determinar el número de elefantes que pueden permanecer en la plataforma de modo que los cables sigan midiendo 3 m después de que los elefantes la hayan abandonado.
- Estimar cuánto se alargarán los cables en cada caso.
- En uno de los cables se detecta una fisura de 0.2 mm de profundidad. Calcular el número de veces que podrá un único elefante subir y bajar de la plataforma antes de que se produzca la rotura por fatiga de dicho cable.

3. Un empleado disgustado de una empresa de ingeniería trata de destruir una placa de acero ($K_{IC} = 60 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) que se utiliza en un valioso componente estructural. La placa, de 180 mm de anchura y 5 mm de espesor, está sometida en una máquina dinámica a cargas que fluctúan desde 4,5 hasta 90 kN a una frecuencia de 40 Hz. Una noche, fuera del horario normal de trabajo, el empleado hace una fisura muy aguda, de $a_0 = 15 \text{ mm}$ de profundidad, en el borde de una placa. Esta fisura, pasante a través de todo el espesor de la placa, está orientada perpendicularmente a la dirección en la que se aplican las tensiones con la esperanza de que el defecto derive en la rotura catastrófica. En el momento de cometer la fechoría, un vigilante telefona al encargado de la planta a su casa. El encargado abandona su domicilio 15 minutos después de haber recibido el aviso y viaja hacia la escena del "crimen" en su bicicleta a una velocidad media de 20 km/h, pero la placa rompe ante sus ojos justo en el momento en que se disponía a detener la máquina.

Si el encargado aseguró a la policía que la velocidad de crecimiento de fisuras por fatiga en este material venía dado por la ley de Paris: $da/dN = A \cdot (\Delta K_I)^2$, donde $A = 5 \cdot 10^{-10}$ si da/dN se expresa en m/ciclo y que el factor de intensidad de tensiones de la placa era $K_I = \sigma \sqrt{\pi \cdot a}$ estimar a qué distancia de la planta se encuentra el domicilio del encargado.

4. Un elemento de cierta máquina trabaja sometido a esfuerzos de tracción variables entre 300 y 400 MPa. Debido a un accidente se produce una sobrecarga alcanzándose 900 MPa de tensión, sin producirse la rotura.

- a) Con la información que se obtiene del anterior incidente sobre la longitud de fisura existente, ¿sería necesario inspeccionar periódicamente la estructura después del mismo? ¿Cuánto tiempo de vida podemos asegurar al elemento tras la sobrecarga?
- b) ¿Qué ocurrirá si el elemento sufre la sobrecarga señalada al cabo de 3 años trabajando normalmente hasta entonces?

$$K_{IC} = 100 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

$$\sigma_y = 1000 \text{ MPa}$$

$$K_I = 2 \sigma \sqrt{\pi a}$$

$$\Delta K_{th} = 5,6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

$$\frac{da}{dN} = 4,6 \cdot 10^{-12} (\Delta K_I)^{3,2}$$

Frecuencia de variación de carga: 5 ciclos/hora

$$\text{Formulario: } \int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \quad (n \neq -1)$$

5. Un elemento estructural de acero al carbono se encuentra sometido a cargas de fatiga uniaxiales que producen unas tensiones normales variables entre $\sigma_{m\acute{a}x} = 180 \text{ MPa}$ y $\sigma_{m\acute{i}n} = -40 \text{ MPa}$. Las características mecánicas del acero son:

$$\sigma_Y = 500 \text{ MPa};$$

$$\sigma_R = 600 \text{ MPa};$$

$$E = 207 \text{ GPa}$$

$$K_{IC} = 100 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}.$$

Si el elemento señalado contiene fisuras de tamaño 0.5 mm

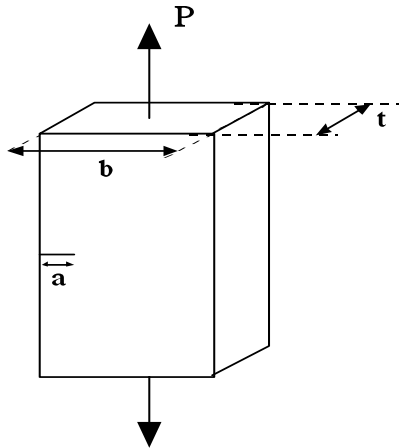
- a) ¿Cuántos ciclos de fatiga soportará antes de romper?
- b) ¿Qué espesor mínimo deberá tener el elemento para asegurar los resultados anteriores?

$$K_I = 1,12 \sigma \sqrt{\pi a}$$

$$\Delta K_{th} = 5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

$$\frac{da}{dN} (\text{m / ciclo}) = 6,9 \cdot 10^{-12} (\Delta K_I)^3; \Delta K \text{ en } \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

6. Una placa de acero fisurada con las dimensiones definidas en la figura ($b = 250$ mm, $t = 25$ mm), se encuentra sometida durante su vida útil a cargas oscilantes entre 1,7 y 3,4 MN.



$$\sigma = \frac{P}{b \cdot t}$$

Conociendo los siguientes datos:

$$\frac{da}{dN} = C \cdot (\Delta K_I)^m \quad (m / \text{ciclo})$$

siendo $C = 1,32 \cdot 10^{-11}$ y $m = 2,8$

si σ se expresa en MPa y K_I en $\text{MPa} \cdot \sqrt{m}$

$$\Delta K_{th} = 12 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$$

$$K_I = 1.12 \cdot \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

$$K_{Ic} = 130 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$$

Determinar:

- El valor máximo de fisura inicial que debe existir para que no se produzca su crecimiento.
- El tamaño de fisura inicial admisible, con un coeficiente de seguridad de 2, si el diseño de vida del elemento es de 60000 ciclos.
- La vida útil del elemento, sin disminuir el coeficiente de seguridad, si al examinar mediante equipos de detección la placa se detectan fisuras de 1 mm.

Nota: El coeficiente de seguridad se aplicará a la tenacidad a fractura, minorándolo para obtener el valor de cálculo.

Formulario: $\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \quad (n \neq -1)$

FLUENCIA

1. La velocidad de deformación por fluencia en estado estacionario medida a 200°C para una cierta aleación viene dada en la siguiente tabla:

$\dot{\epsilon}_{ss}$ (años ⁻¹)	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$
σ (MPa)	55	69

La energía de activación del fenómeno es 140 kJ/mol. Calcular la duración de un elemento estructural fabricado en esta aleación si trabaja a 250 °C y a 48 MPa de tensión, siendo la máxima deformación admisible del 5%.

2. Una turbina de vapor ha de funcionar a 200°C. Los álabes, que no deben superar una deformación máxima del 0,2%, trabajan a una tensión constante de 150 MPa. Considerar que el comportamiento del material de los álabes en fluencia sigue una ley del tipo:

$$\dot{\epsilon}_{ss} = \frac{A}{T} \sigma^2 \exp\left(\frac{-E_a}{KT}\right) \quad \text{donde:}$$

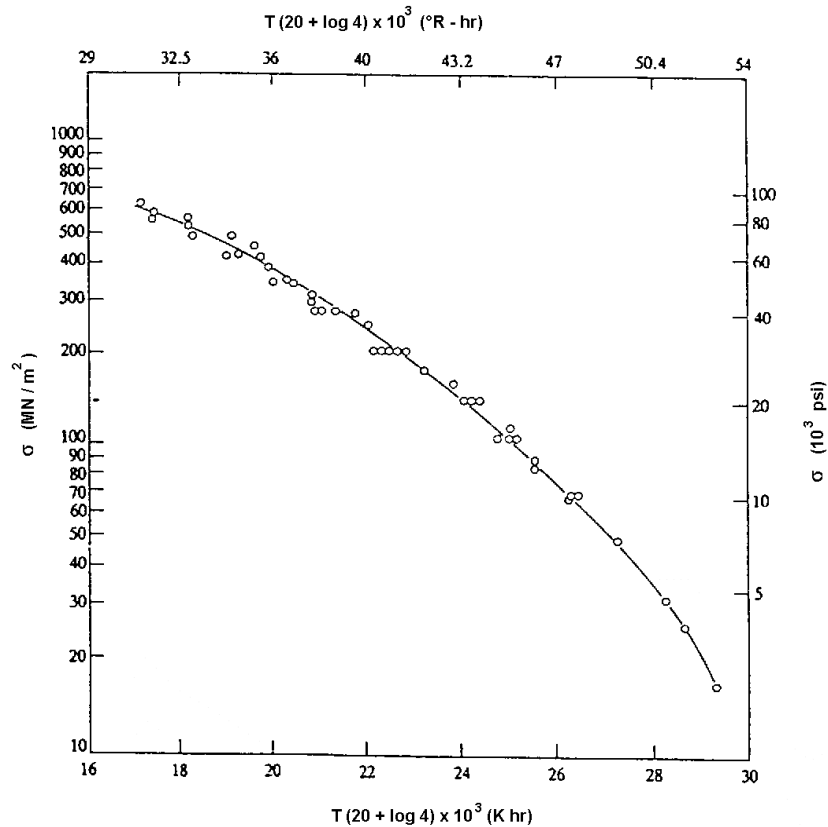
A es una constante; E_a es la energía de activación; K (cte. Boltzmann) = $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K; T temperatura absoluta.

Se realizaron dos ensayos de fluencia de 1500 horas, a una tensión constante de 100 MPa, a las temperaturas de 150 y 240°C, obteniéndose valores de fluencia de $2,5 \cdot 10^{-6}$ y $4,2 \cdot 10^{-2}$, respectivamente. Calcular:

- El tiempo máximo previsible para la sustitución de los álabes de la turbina en las condiciones de trabajo establecidas.
 - La tensión máxima de servicio para que la sustitución de los álabes tuviera lugar a los 65 años de funcionamiento.
3. Con la ayuda del diagrama adjunto estimar la tensión de servicio admisible para un elemento estructural fabricado de una aleación S590 a 1100°C, si el tiempo de vida de la estructura ha de ser al menos 10 h.

Se quiere fijar la tensión de trabajo en 500 MPa y que la rotura del elemento no se produzca antes de transcurridas 10^4 horas. Determinar la temperatura máxima admisible en servicio.

Calcular el tiempo de vida si la tensión aplicada fuera de 250 MPa y la temperatura de 870°C.



4. El compresor de una máquina universal de ensayos mecánicos dispone de un intercambiador de calor, constituido por tubos delgados de cobre, a través del cual circula aceite a una temperatura de 210°C con una presión interna, P, de 4,5 MPa. Se realizaron ensayos de fluencia durante 3 días a 200°C obteniéndose valores de deformación en estado estacionario de $7,5 \cdot 10^{-5}$ a una presión de 4 MPa y de $7,2 \cdot 10^{-4}$ a una presión de 7 MPa. La energía de activación del proceso es de 120 kJ/mol y la ley de fluencia del cobre es de la forma:

$$\dot{\epsilon}_{ss} = A \cdot \sigma^n \cdot e^{-Q/RT}$$

A y n son ctes. del material, R (cte. de los gases) = 8,31 J/K·mol y T la temperatura absoluta.

Si la deformación máxima que admiten los tubos es del 6% y la garantía ofrecida por el fabricante del intercambiador de calor, en las condiciones de trabajo establecidas, es de 1 año, ¿tendría derecho el usuario a reclamar los daños cuando se rompa el intercambiador?

Datos:

diámetro de la tubería: $\phi = 20$ mm

espesor de la tubería: $e = 2$ mm

tensión en la tubería: $\sigma = \frac{P \cdot \phi}{2 \cdot e}$

OXIDACIÓN

1. Calcular el porcentaje de variación de volumen de óxido a volumen de metal (porcentaje Pilling-Bedworth) para la oxidación de hierro a óxido de hierro (Fe_2O_3). La densidad del hierro es $7,86 \text{ g/cm}^3$ y la de óxido de hierro igual a $5,24 \text{ g/cm}^3$.
2. Una muestra de 1 cm^2 de superficie, $0,75 \text{ mm}$ de espesor y $99,9$ por 100 en peso de níquel es oxidada en oxígeno a 1 atm y 500°C . Después de 5 h la muestra experimenta un aumento de peso de $40 \text{ } \mu\text{g/cm}^2$. Si el proceso de oxidación sigue un comportamiento parabólico, ¿cuál será la ganancia de peso después de 15 h de oxidación?
3. Los datos presentan la ganancia en peso frente al tiempo en un proceso de oxidación de un cierto metal a elevada temperatura:

W (mg/cm^2)	1,10	4,40	22,00
tiempo (horas)	50	200	1000

Este metal se utiliza para fabricar la tapa circular de un autoclave que va a trabajar con atmósferas oxidantes. Las dimensiones de la tapa son 2 m de diámetro y 20 mm de espesor. Suponiendo que solamente la cara interior de la tapa entra en contacto con la atmósfera oxidante y que la densidad del metal es $\rho = 7.2 \text{ g/cm}^3$, estimar su duración en servicio si debe reemplazarse por cuestiones de seguridad cuando su masa haya aumentado en un 2% .

4. Los valores siguientes indican la ganancia en peso frente al tiempo para un proceso de oxidación de una placa metálica expuesta a altas temperaturas:

W (mg/cm^2)	2,75	25,82	97,47
Tiempo (minutos)	20	170	660

La placa presenta las siguientes dimensiones: $260 \times 150 \times 30 \text{ mm}$ y queda expuesta a la atmósfera oxidante solamente una de las caras de mayor superficie. Sabiendo que la densidad del material es $\rho = 6,35 \text{ g/cm}^3$ y que la placa debe ser sustituida por motivos de seguridad cuando su masa haya aumentado en un 17% , calcular su duración en servicio.

CORROSIÓN

1. En una demostración de laboratorio que utiliza una celda electroquímica con electrodos de hierro, se mide una corriente eléctrica de 10 mA.

a) Estimar cuántas veces por segundo tiene lugar la semirreacción de oxidación.

Si se sustituye uno de los electrodos de Fe ($E_0 = -0,440$ V) por un electrodo de Zn ($E_0 = -0,763$ V).

b) Decidir cuál de los dos electrodos se corroerá.

c) Si los electrodos están inmersos en soluciones 1M de sus respectivos iones, calcular el voltaje que se mide entre los electrodos.

2. Un extremo de un alambre de hierro está sumergido en un electrolito de iones Fe^{2+} 0,02 M y el otro en un electrolito de iones Fe^{2+} 0,005 M. Los dos electrolitos están separados por una membrana porosa.

a) ¿Qué extremo del puente se corroerá?

b) ¿Cuál será la diferencia de potencial entre los dos extremos del puente cuando esté sumergido sólo en los electrolitos?

DIAGRAMAS DE FASE

1. El bismuto ($T_f = 271,4^\circ\text{C}$) y el antimonio ($T_f = 630,5^\circ\text{C}$) son completamente solubles tanto en estado sólido como en líquido. Mediante análisis térmico hemos obtenido los siguientes resultados:

% Sb	$T_{\text{líquidus}} (^\circ\text{C})$	$T_{\text{sólidus}} (^\circ\text{C})$
10	345	280
20	400	300
30	450	315
40	490	335
50	525	360
60	550	380
70	575	420
80	590	465
90	615	530

Con estos datos, construir el diagrama de equilibrio, indicando las fases que coexisten en cada una de sus regiones. A partir de dicho diagrama, calcular:

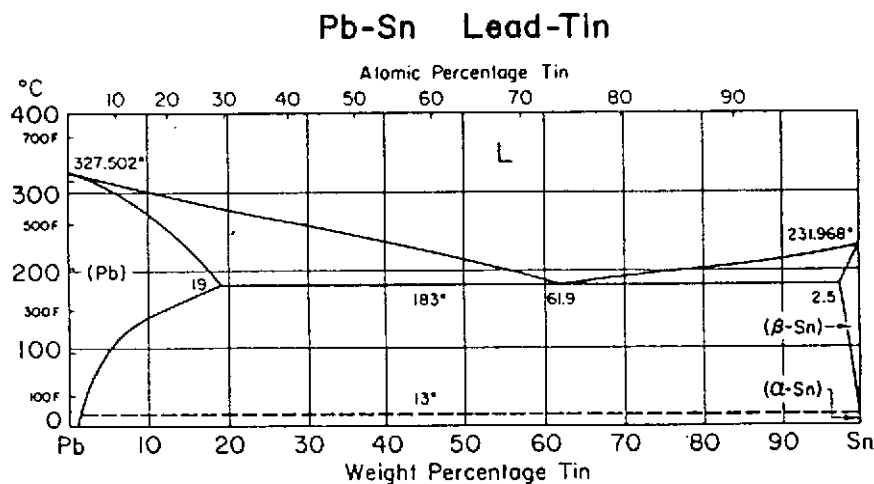
- La temperatura a la que una aleación del 50% de Sb contiene un 50% de fase líquida.
- La máxima diferencia de concentraciones en un cristal, obtenido en un enfriamiento muy rápido, de una aleación con una concentración media de Sb del 45%.

2. Para una aleación Pb - 40% Sn a 150°C :

- Determinar qué fases están presentes y cuántos grados de libertad existen.
- Establecer la composición de cada fase y hacer un esquema de la microestructura.
- Calcular la cantidad relativa de cada fase presente en términos de:
 - La fracción de masa.
 - La fracción de volumen.

Suponer que las densidades de las soluciones sólidas ricas en Pb y Sn son $11,2$ y $7,3$ g/cm^3 respectivamente.

- Decidir si alguno de los elementos presenta alguna variedad alotrópica.

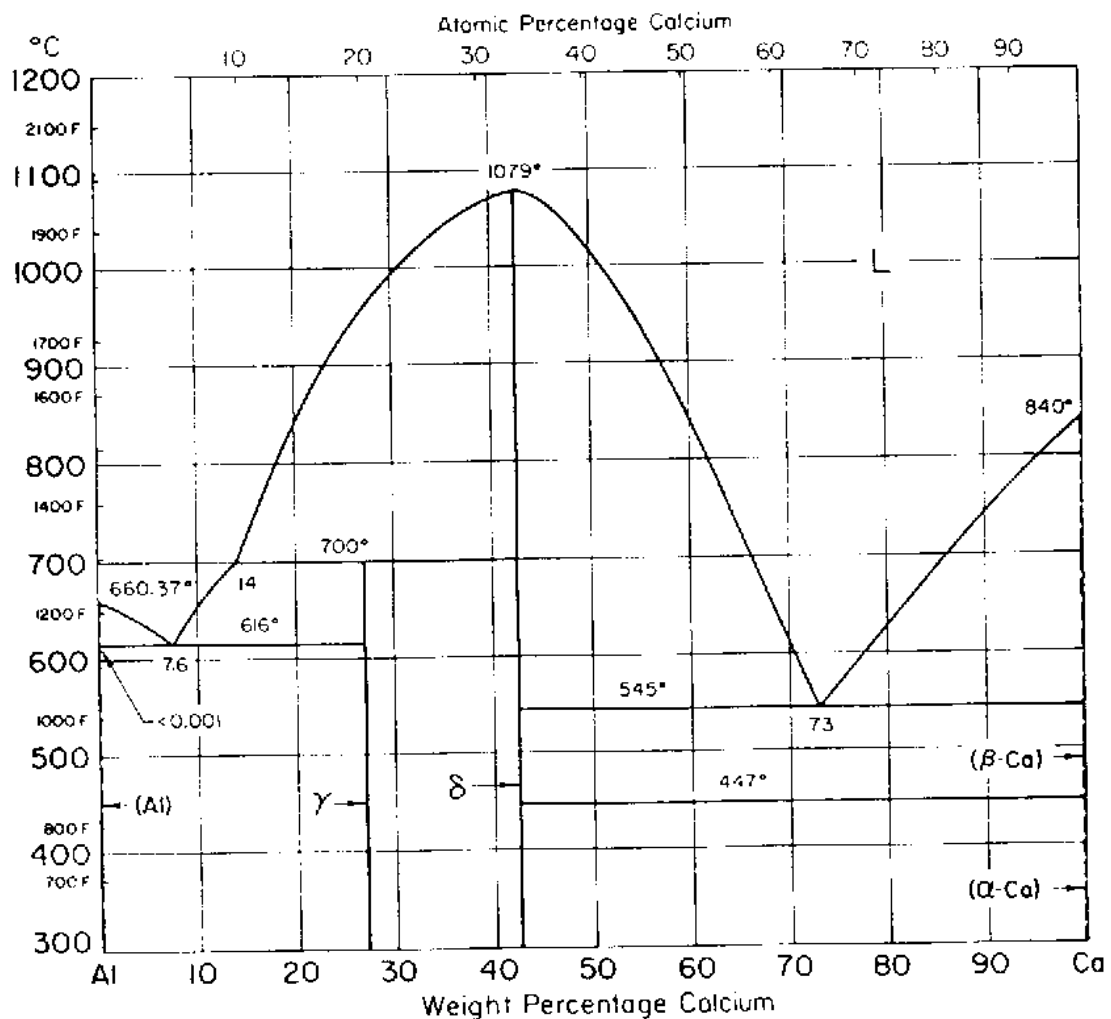


3. A la vista del diagrama de equilibrio Al- Ca:

- Indicar las fases presentes en las regiones del diagrama.
- Detallar las reacciones y transformaciones que se producen entre las distintas fases.
- Determinar la estequiometría de los compuestos intermetálicos que aparecen en el diagrama.
- Describir con esquemas, las microestructuras que presenta la aleación Al-60%Ca a las temperaturas: 1000, 700, 545+dT, 545-dT, 500 y 400°C. Indicar en todos los casos los porcentajes de las fases presentes y su composición.

Datos: $M_{Ca} = 40.0 \text{ g/mol}$ $M_{Al} = 27.0 \text{ g/mol}$

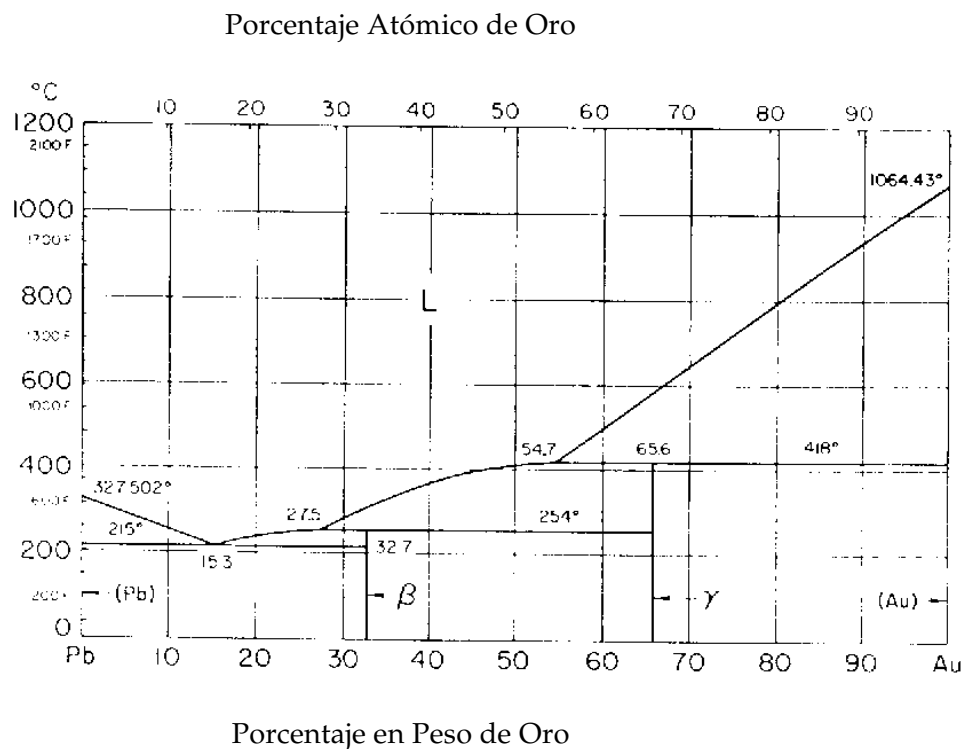
Al-Ca Aluminum-Calcium



4. En el diagrama de equilibrio Au-Pb que se adjunta:

- Señalar las fases presentes en cada una de las regiones del diagrama.
- Indicar los puntos triples presentes en el diagrama, señalando sus coordenadas de temperatura y composición.
- Determinar qué tipo de transformación está asociada a cada uno de estos puntos triples.
- Calcular la estequiometría de los compuestos intermetálicos β y γ .
- Hacer un esquema de la microestructura de la aleación Pb-10%Au a las siguientes temperaturas: 600°C, 215+dT°C, 215-dT°C y temperatura ambiente. Indicar en todos los casos los porcentajes de las fases presentes y su composición.
- Calcular la densidad del oro sabiendo que cristaliza en el sistema FCC y que tiene un radio atómico de 1.44 Å.

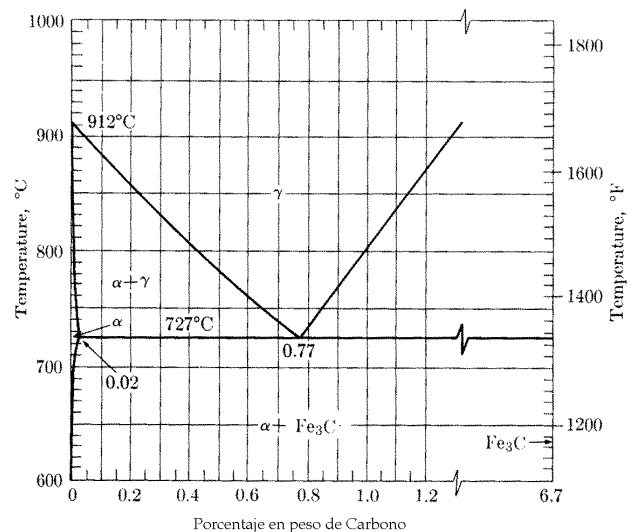
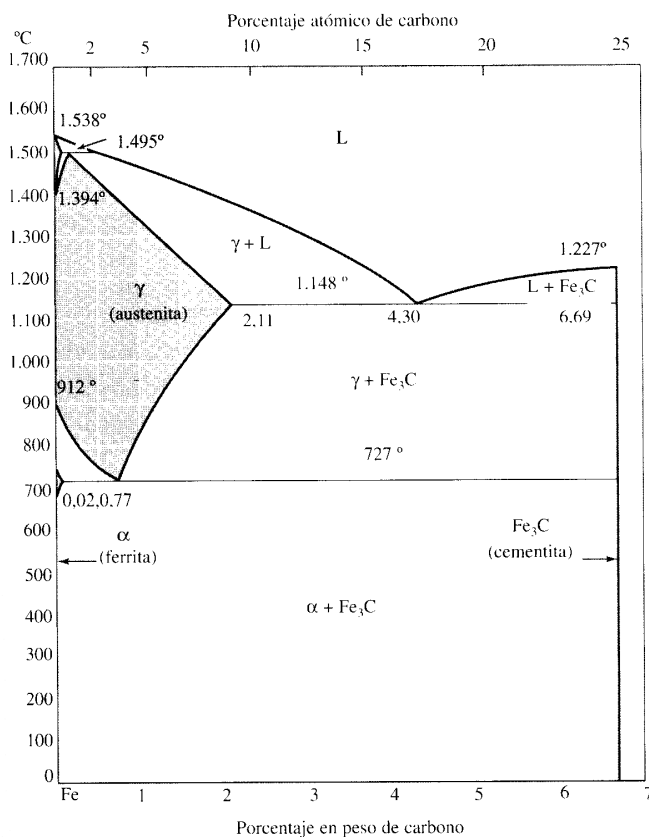
$$M_{\text{Au}} = 197 \text{ g/mol} \quad M_{\text{Pb}} = 207,2 \text{ g/mol} \quad N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$



ALEACIONES HIERRO-CARBONO

1. A la vista del diagrama hierro-carbono que se adjunta:

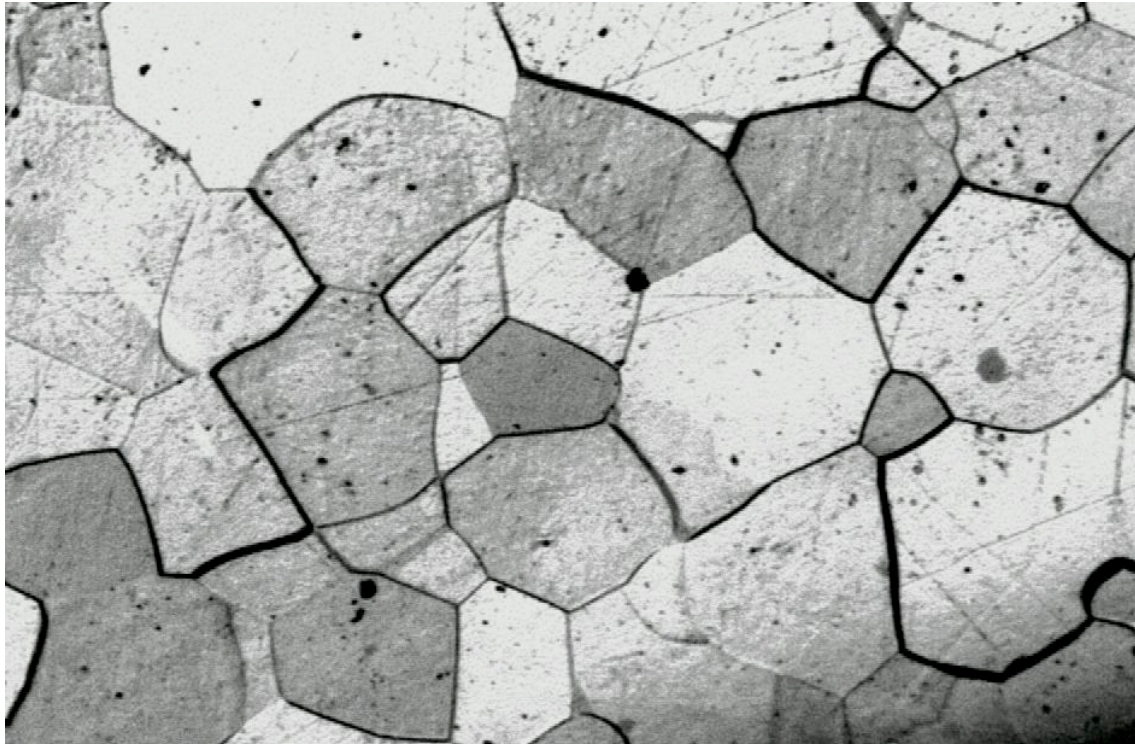
- a) Indicar los puntos triples señalando sus coordenadas de temperatura y composición.
- b) Determinar las cantidades de perlita total, ferrita proeutectoide, cementita proeutectoide, ferrita eutectoide y cementita total en un acero hipoeutectoide con 0.4% de carbono justo inmediatamente por debajo de la temperatura eutectoide y a temperatura ambiente.
- c) Determinar el contenido en carbono de un acero hipereutectoide que tiene un 85% de perlita y un 15% de cementita proeutectoide.
- d) Hacer un esquema de las microestructuras de los dos aceros a temperatura ambiente.



2. Para dos aceros, de composición 99,5%Fe – 0,5%C y 99%Fe - 1%C, determinar:

- a) La temperatura más baja para la cual hay 100% de austenita (γ).
- b) Porcentaje de fase γ a 750 °C y su composición.
- c) Porcentaje y composición de la fase proeutectoide a 727-dT °C.
- d) Porcentaje y composición de la perlita a 727-dT °C.
- e) Hacer un esquema de la microestructura a 20 °C dando los porcentajes de cada fase y su composición (Considerar que la ferrita- α tiene a Temp. ambiente 0% de C).

3. La micrografía que se adjunta (400x), corresponde a un acero inoxidable ferrítico. Calcular:
- Índice G.
 - Número de grano ASTM.



4. La observación metalográfica de un acero mediante un microscopio óptico revela que en el campo de visión (circular de 5 cm de diámetro) existen 24 granos completos y otros 20 cortados por la circunferencia. Determinar el número de grano ASTM y el tamaño promedio real del grano si la observación se ha realizado a 500 aumentos.
5. En la fotografía metalográfica de un acero de alta resistencia, tomada a 200 aumentos, se cuentan un total de 32 granos comprendidos en una superficie de evaluación de 4 pulgadas cuadradas. Determinar el índice de tamaño de grano según la normativa americana ASTM.
6. Un acero ordinario tiene un tamaño de grano $N = 5$. Estimar el número de granos que habrá en una micrografía de este acero, de 100 mm x 80 mm, tomada a 250 aumentos.