

ELASTICIDAD

1.- De una barra de aluminio de 1,25 cm de diámetro cuelga una masa de 2500 kg. ¿Qué tensión soporta la barra en MPa? Si la longitud inicial de la barra es de 60 cm y tras cargarla se obtiene una deformación unitaria de 0,005, ¿qué longitud alcanza la barra? (Nota: tomar $g = 10 \text{ m/s}^2$)

Soluciones: $\sigma = 205 \text{ MPa}$; $l_0 = 60,3 \text{ cm}$

2.- Una barra metálica de sección cuadrada tiene 10 mm de lado y 100 mm de longitud. Se somete a ensayo de tracción, resultando un incremento de longitud de 0,2 mm para una fuerza de 200.000 N. Calcula:

- El esfuerzo aplicado.
- La deformación.
- El módulo de Young.

Soluciones: a) $\sigma = 2000 \text{ MPa}$; $\varepsilon = 0,002$; $E = 10^6 \text{ MPa}$

3.- Un latón tiene un módulo de elasticidad $E = 120 \cdot 10^9 \text{ Pa}$ y un límite elástico de $250 \cdot 10^6 \text{ Pa}$. Si tenemos una varilla de dicho material de 10 mm^2 de sección y 10 mm de longitud, de la que se suspende verticalmente una carga en su extremo de 1500 N, se pide:

- ¿Recuperará la varilla su longitud primitiva al retirar la carga?
- Calcula la deformación unitaria y el alargamiento total bajo carga.
- ¿Qué diámetro mínimo debe tener una barra de este material para que no se deforme permanentemente bajo esa carga de 1500 N?

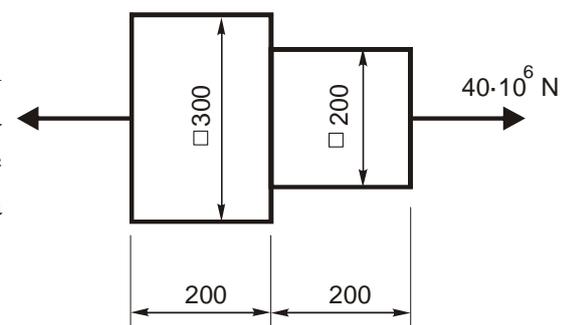
Soluciones: a) Sí; b) $\varepsilon = 1,25 \cdot 10^{-3}$; $\Delta l = 0,125 \text{ mm}$; c) $D_{\text{MIN}} = 1,95 \text{ mm}$

4.- Un acero tiene un módulo elástico de $2,2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$ y un límite elástico de $30 \cdot 10^7 \text{ Pa}$. Un alambre de este material de 2 m de longitud y diámetro 2 mm se usa para colgar una masa de 10.000 kg. Razona si tras la carga el alambre recupera o no su longitud inicial. En caso de tener una deformación elástica, calcula la longitud que se alcanza. En caso contrario, calcula la sección mínima que debe tener el alambre para no rebasar el límite elástico.

Soluciones: a) Deformación plástica; b) $D_{\text{MIN}} = 20,60 \text{ mm}$

5.- Una pieza prismática de sección cuadrada fabricada con caucho vulcanizado tiene las dimensiones primitivas y está sometida a las fuerzas indicadas en el gráfico. Si su módulo de elasticidad es $5 \cdot 10^4 \text{ MPa}$, calcula la longitud final de cada sección.

Solución: 201,77 mm; 204 mm



6.- Una barra de acero con límite elástico 325 MPa y un módulo de elasticidad de $20,7 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ se somete a la acción de una carga de 25000 N. Si la barra tiene una longitud inicial de 700 mm:

- Calcula el diámetro que debe tener la barra para que no se alargue más de 0,35 mm.
- Explica si la barra se queda deformada tras eliminar la carga.

Soluciones: a) 17,5 mm; b) No

7.- Una pieza de 300 mm de longitud debe soportar una carga de 5000 N sin experimentar deformación plástica. Elije el material más adecuado entre los tres propuestos para que la pieza tenga un peso mínimo (Nota: se desprecia el peso de la propia pieza).

Material	Límite elástico (MPa)	Densidad (g/cm ³)
Latón	345	8,5
Acero	690	7,9
Aluminio	275	2,7

8.- Una barra cilíndrica de un acero con límite elástico de 310 MPa, y módulo elástico $22 \cdot 10^4$ MPa va a ser sometida a una carga de 12500 N. Si la longitud inicial de la barra es de 350 mm, se pide:

- ¿Cuál debe ser el diámetro de la barra si no queremos que ésta se alargue más de 0,50 mm?
- Se somete a ensayo de tracción a la barra anterior, con el diámetro calculado, hasta que se produce su rotura, obteniéndose un alargamiento total de 16 mm y un diámetro en la sección de rotura de 6,3 mm. ¿Cuál es la elongación y la estricción del material, expresados en %?

Soluciones: a) $D = 7,116$ mm; b) $\% \varepsilon = 4,57\%$; $\% S = 31,17\%$

9.- Una barra cilíndrica de un acero que tiene un límite elástico de 5.000 kp/cm², es sometida a una carga de tracción de 8.500 kp. Sabiendo que la longitud de la barra es de 400 mm, el diámetro de 50 mm y el módulo de elasticidad del material de $2,1 \cdot 10^6$ kp/cm², determina:

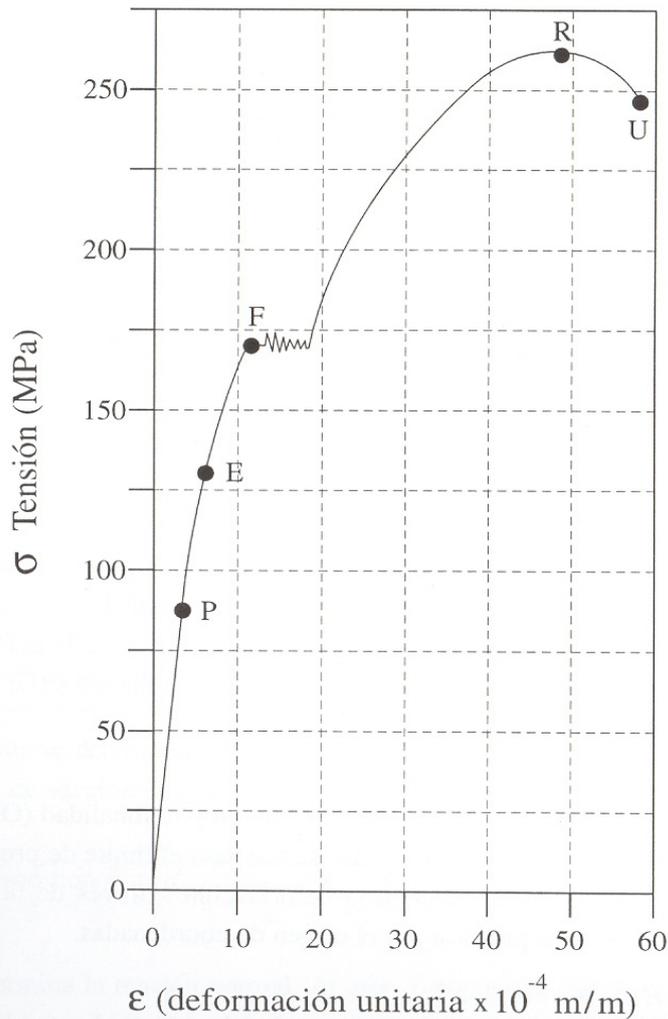
- Si la barra recuperará la longitud inicial al cesar la fuerza aplicada.
- La deformación unitaria producida en la barra (ε) y el alargamiento en %.
- El valor del diámetro de la barra para que su alargamiento total no supere las 50 centésimas de milímetro.
- La mayor carga a que podrá ser sometida la barra si se quisiera trabajar con un coeficiente de seguridad de 5.

Soluciones: a) Sí recupera; b) $\varepsilon = 0,000206$, $\% \varepsilon = 0,0206\%$; c) $D_{MINIMO} = 20,3$ mm; d) 19635 kp

10.- Una barra cilíndrica de 300 mm de longitud y 45 mm de diámetro está hecha de un acero que responde al diagrama y valores del dibujo. Esta barra se somete a tracción pura, y se pide:

- Longitud de la barra bajo una carga de 111,33 kN. La longitud tras la descarga.
- Longitud de la barra bajo una carga de 200 kN. La longitud tras la descarga.
- Longitud de la barra bajo una carga de 250 kN. La longitud tras la descarga.
- Longitud de la barra bajo una carga de 318 kN. La longitud tras la descarga.
- La máxima fuerza que, en teoría, podrá soportar sin romperse.

e) La máxima fuerza que podremos aplicar para que la barra trabaje en la zona elástica con un coeficiente de seguridad de 1,8.



Límite de proporcionalidad = 89 MPa

Límite elástico = 130 MPa

Límite de rotura = 262 MPa

Módulo elasticidad = $20,6 \cdot 10^4$ MPa

ENSAYOS DE DUREZA Y RESILIENCIA

1.- En un ensayo de dureza Brinell se aplica una carga de 3000 kp durante 15 s. La bola tiene un diámetro de 10 mm, y se obtiene una huella de 4,5 mm de diámetro. Se pide:

- Dibuja un esquema del ensayo.
- El valor de la dureza Brinell.
- La expresión normalizada de dicha dureza.

Soluciones: b) 178 kp/mm²; c) 178 HB 10 3000 15

2.- Para determinar la dureza Brinell de un material se ha usado una bola de 5 mm de diámetro y una fuerza de expresión $F = K \cdot D^2$, tomando $K = 30$. Al aplicar la fuerza durante 10 s se obtiene una huella de 2,3 mm de diámetro. Calcula:

- La fuerza que se ha aplicado en el ensayo.
- La profundidad de la huella.
- La dureza Brinell del material.

Soluciones: a) $F = 750$ kp; b) $f = 0,28$ mm; c) $HB = 170,4$ kp/mm² => 170 HB

3.- En un ensayo Brinnell se ha usado una carga de 250 kp con un penetrador de 5 mm de diámetro, obteniendo una huella cuya profundidad resultó ser de 0,5 mm. Se pide:

- El diámetro de la huella.
- La superficie de la huella.
- La dureza resultado del ensayo.
- Razonar si el tamaño de la bola era adecuado, sabiendo que se debe cumplir que $D/4 < d < D/2$.

Soluciones: a) $d = 3$ mm; b) $S = 7,85$ mm²; c) $HB = 31,83$ kp/mm² => 32 HB; d) No lo era

4.- Se mide la dureza Vickers de un material. Bajo una carga de 30 kp aplicada durante 15 segundos se obtiene una huella cuadrada cuya diagonal mide 0,190 mm. Calcula el grado de dureza y exprésalo de forma normalizada..

Solución: 1541 HV 30 15

5.- Para determinar la dureza de un material se realiza un ensayo Rockwell B. Cuando se aplica la precarga de 10 kp, la bola se introduce 0,010 mm. Tras aplicar la carga extra de 90 kp y restituir posteriormente el valor de precarga, la profundidad se queda en 0,150 mm. Se pide:

- Un esquema del ensayo.
- Dureza HRB del material.

Solución: b) 60 HRB

6.- Se ha fabricado un engranaje de acero que se somete a dos ensayos de dureza HRC, en su superficie y en su núcleo respectivamente. Las profundidades en ambos ensayos son:

En la superficie: con la precarga: 0,020 mm
tras la carga: 0,160 mm
En el núcleo: con la precarga: 0,030 mm
tras la carga: 0,190 mm

Se pide:

- La dureza en la superficie y en el núcleo.
- Razona por qué motivo se tiene diferentes durezas en la misma pieza.

Soluciones: a) superficie 30 HRC, núcleo 20 HRC

7.- Una probeta Mesnager, de sección cuadrada de 10 mm de lado y 2 mm de entalla en el centro de una de sus caras se somete a un ensayo de flexión por choque con un martillo de 20 kp de peso cayendo desde una altura de 90 cm. Si, tras la rotura, el martillo se eleva hasta una altura de 70 cm, se pide:

- Hacer un esquema del ensayo.
- Energía que absorbe la probeta.
- Resiliencia del material.

Soluciones: b) $E = 40 \text{ J}$; c) $\rho = 0,5 \text{ J/mm}^2$

8.- En un ensayo con el péndulo Charpy la maza, de 80 kg, cayó sobre una probeta de 80 mm² de sección desde una altura de 1 m, y se elevó 60 cm después de la rotura. Calcula la resiliencia del material en unidades S.I. Tomar $g = 10 \text{ m/s}^2$

Solución: $KCV = 4 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$

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

- 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 de diámetro.
- ¿Cuál sería la carga a aplicar en la determinación de la dureza si utilizáramos una bola de 2,5 mm de diámetro para que el resultado fuera el mismo que el del apartado anterior?
- 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.
- Realizamos el ensayo de resiliencia con el péndulo de Charpy empleando una probeta tipo Mesnager (sección cuadrada de 10 x 10 mm con entalla de 2 mm de profundidad). Si la maza de 30 kp se deja caer desde 1 m de altura y después de la rotura se eleva hasta 0,60 m ¿Cuál es la resiliencia expresada en unidades S.I.?

Soluciones: a) 229 HB; b) 1247 HV; c) $F' = 187,5 \text{ kp}$; d) $KVC = 1,5 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2$

10.- En un ensayo de dureza Brinell se aplican 750 kp con una bola de 5 mm de diámetro. Si la huella producida tiene un diámetro de 2 mm.

- ¿Cuál será la dureza?
- ¿Se obtendría la misma dureza si la bola fuese de 10 mm de \varnothing y la carga aplicada de 3.000 kp?
- ¿Cuál sería la huella en este caso?
- Si al realizar el ensayo de resiliencia con el péndulo de Charpy al material anterior, una probeta cuadrada de 10 mm de lado con una entalla de 2 mm, hace que el péndulo de 30 kp situado a una altura de 1 m, ascienda sólo hasta los 34 cm después de la rotura de la misma, ¿cuál es el valor de su resiliencia expresado en unidades S.I.?

Soluciones: a) 229 HB; b) Sí; c) $d = 4 \text{ mm}$; d) $KVC = 2,475 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2$

11.- Se ha hecho el ensayo Charpy de un material a distintas temperaturas con un péndulo cuya masa es 40 kg que se deja caer desde una altura de 1,53 m. Tras la ruptura de las probetas normalizadas ($S = 80 \text{ mm}^2$), se obtuvieron los siguientes valores:

Temperatura (°C)	Elevación (m)
- 30	1,27
- 20	1,22
- 10	1,18
- 5	0,80
0	0,57
10	0,51
20	0,49

Dibuja la gráfica de variación de resiliencia con la temperatura e indica qué límite tiene el material como temperatura de servicio.

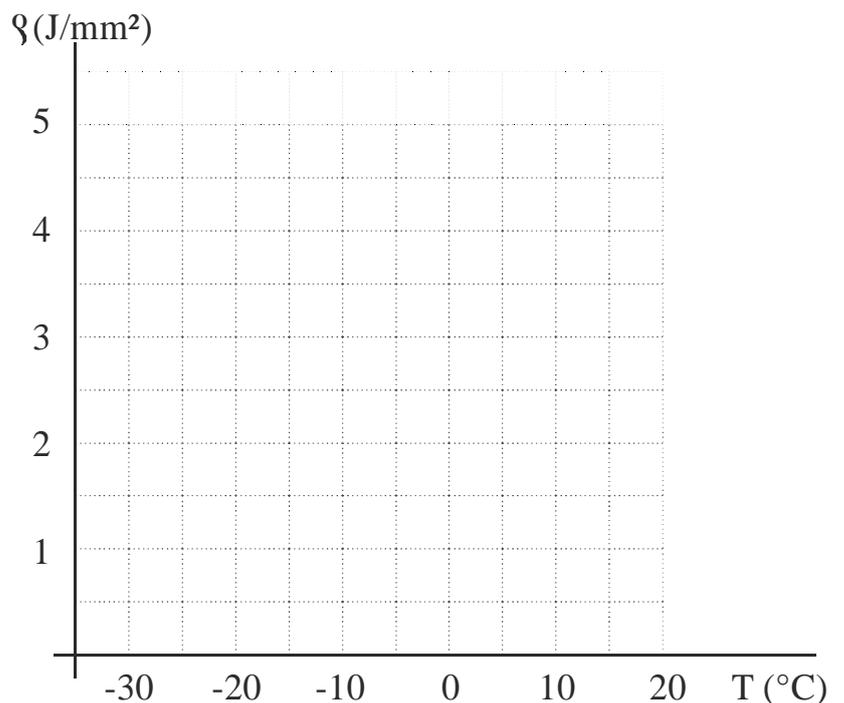


DIAGRAMA HIERRO-CARBONO

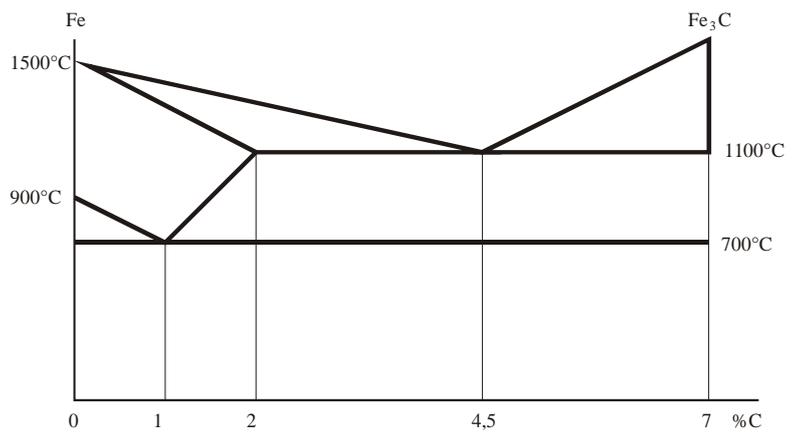
1. Con el diagrama hierro-carbono simplificado de la figura, determina:

a) Temperatura de solidificación del hierro puro

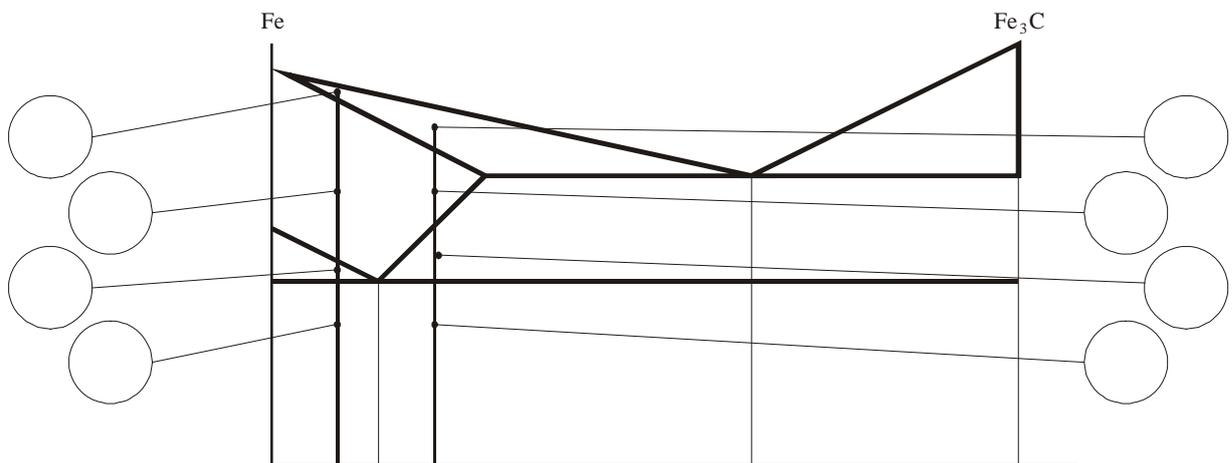
b) Temperatura de solidificación de la ledeburita (el eutéctico) y su composición

c) Porcentaje máximo de carbono que se puede encontrar disuelto en hierro, y a qué temperatura

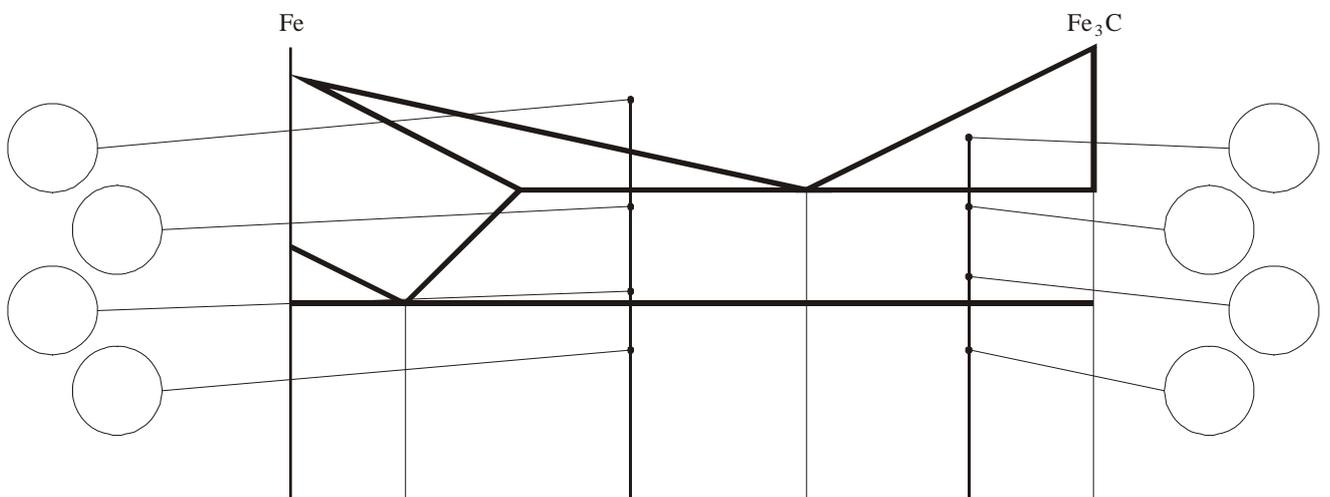
d) Temperatura a la que se forma la perlita (el eutectoide) y su composición



2. Dibuja en los círculos las estructuras que aparecen durante la solidificación y el enfriamiento de los dos tipos de acero indicados:



3. Dibuja en los círculos las estructuras que aparecen durante la solidificación y el enfriamiento de los dos tipos de fundición indicados:



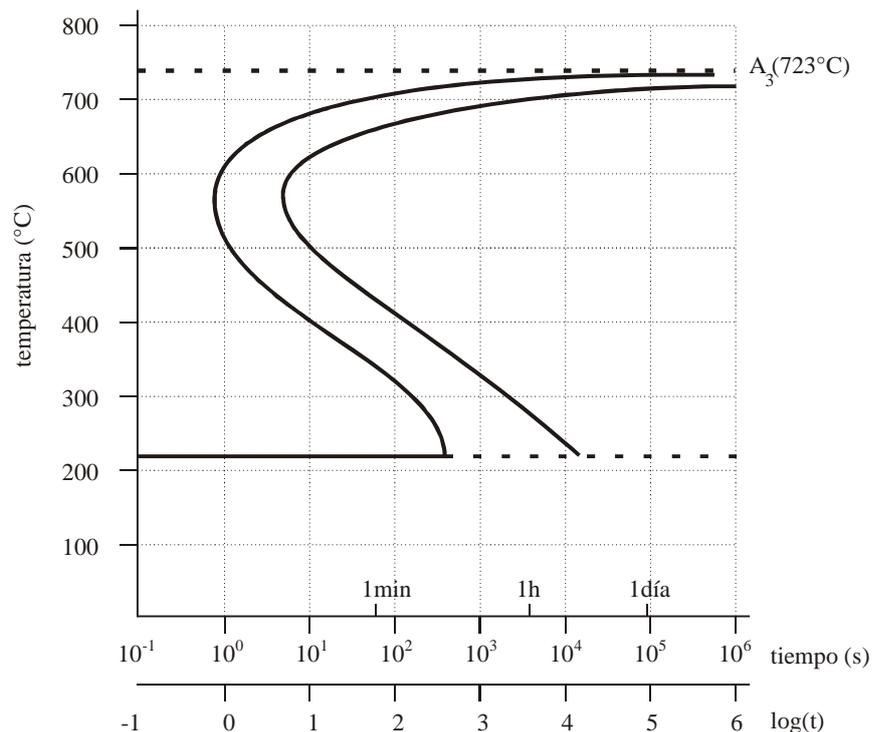
CURVAS TTT

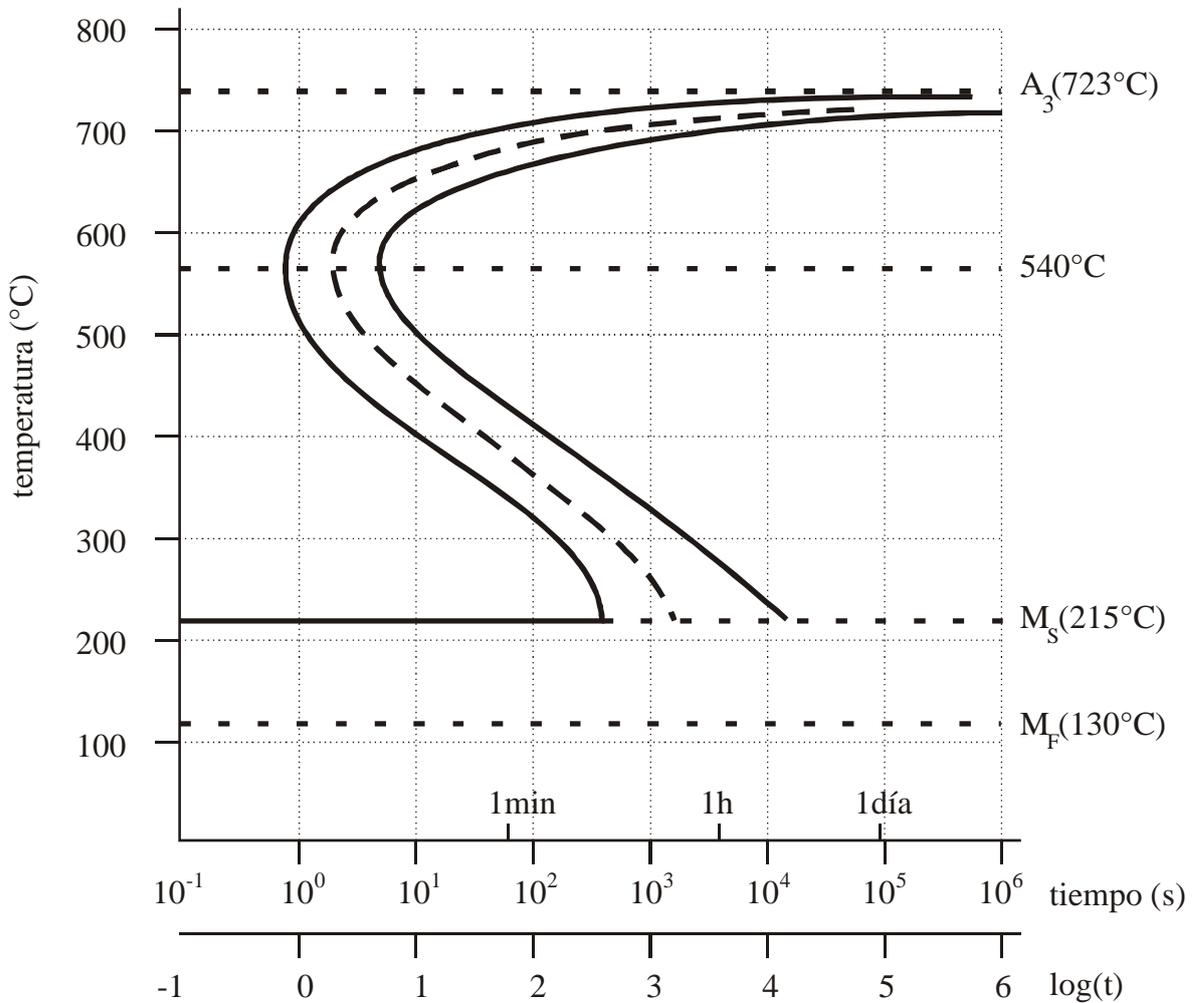
1. Un acero de composición eutectoide se corta en forma de probetas que se introducen en un horno a 750° C durante varias horas. Después se van extrayendo muestras que se mantienen en baños de sales a las temperaturas de 700, 650, 600, 560, 500, 400 y 300° C. De éstas, a su vez, se van extrayendo muestras que se templen instantáneamente hasta la temperatura ambiente para analizar su microestructura. Dibuja la gráfica TTT si se han obtenido los tiempos de inicio y fin de la transformación de la tabla siguiente:

T (° C)	tiempo al que aparece el primer cristal de eutectoide	tiempo al que aparece el último cristal de eutectoide
700	3 min 20 s	8 h 47 min 3 s
650	8 s	2 min 6 s
600	1,5 s	9 s
560	0,5 s	6,5 s
500	1 s	16 s
400	5 s	2 min 39 s
300	1 min 40 s	46 min 58 s

2. Repite el ejercicio anterior con una escala logarítmica en abscisas.

3. El diagrama TTT de la figura corresponde a un acero no aleado de composición eutectoide. Dibuja la curva correspondiente a un temple con agua desde 750° C hasta la temperatura ambiente a una velocidad de 1500° C·s⁻¹ ($T=T_0-1500\cdot t$)





4. Con el diagrama anterior, indica el tiempo al que se produce el inicio y el final de la transformación a 600° C. Luego indica la microestructura que resulta cuando una probeta de dicho acero se calienta a 750° C hasta su completa austenización, y posteriormente:

a) Se enfría súbitamente hasta 600° C y se mantiene durante 31,36 s, para después templearla hasta temperatura ambiente.

b) Se enfría súbitamente hasta 600° C y se mantiene durante 3,16 s, para después templearla hasta temperatura ambiente.

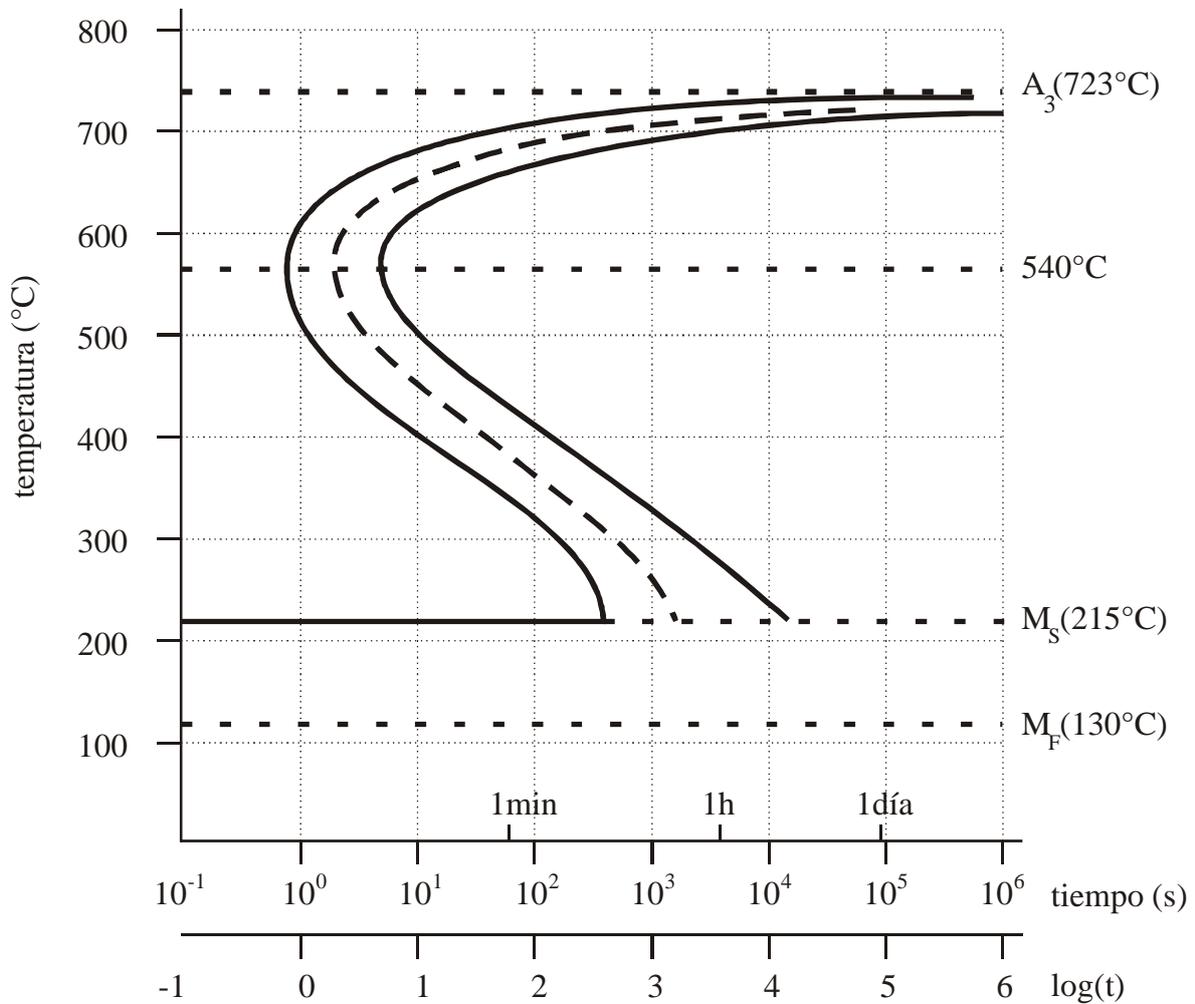
Solución: tiempo de inicio ≈ 1 s, tiempo de final $\approx 6,3$ s

5. Siguiendo con el mismo diagrama, indica el tiempo al que se produce el inicio y el final de la transformación a 300° C. Luego indica la microestructura que resulta cuando una probeta de dicho acero se calienta a 750° C hasta su completa austenización, y posteriormente:

a) Se enfría súbitamente hasta 300° C y se mantiene durante 10000 s, para después templearla hasta temperatura ambiente.

b) Se enfría súbitamente hasta 300° C y se mantiene durante 316,23 s, para después templearla hasta temperatura ambiente.

Solución: tiempo de inicio ≈ 158 s, tiempo de final ≈ 2512 s



6. Una probeta de un acero cuyo diagrama TTT es el anterior se calienta a 750° C hasta su completa austenización, y posteriormente se temple con agua hasta 200° C, temperatura a la que se mantiene durante 100000 s y luego se enfría rápidamente hasta la temperatura ambiente. Dibuja la curva del tratamiento y determina qué microestructura tendrá.

7. Otra probeta del mismo acero se enfría bruscamente desde 750° C hasta 650° C, temperatura a la que se mantiene durante 5 s. Posteriormente se temple hasta 300° C y se mantiene a esa temperatura durante otros 10000 s antes de templarla hasta la temperatura ambiente. Dibuja la curva del tratamiento y determina qué microestructura tendrá.

8. Una última probeta del mismo acero se enfría bruscamente desde 750° C hasta 600° C, temperatura a la que se mantiene durante 2 s. Posteriormente se temple hasta 300° C y se mantiene a esa temperatura durante otros 1000 s antes de templarla hasta la temperatura ambiente. Dibuja la curva del tratamiento y determina qué microestructura tendrá.