

Graduado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

Escuela Técnica Superior en Ingeniería del Diseño

Curso 2020-2021
Segundo Parcial Materiales-10273

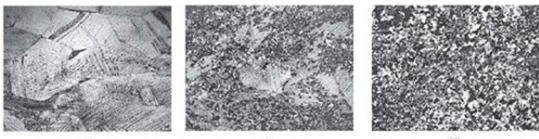
20 de enero de 2021
Duración 110 minutos

Todos los resultados se expresarán en el **Sistema Internacional**, y con notación científica en múltiplos de 3 y 2 decimales significativos.

Nombre: _____

Cuestión 1: Recocido contra acritud: recristalización

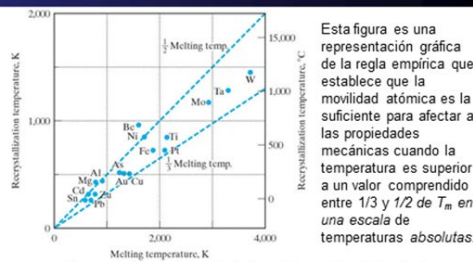
10.5.- Recocido. Recristalización



(b) Después de 3s a 580°C aparecen nuevos granos,

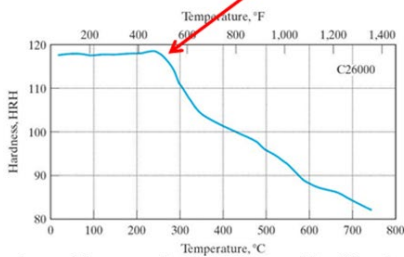
(c) Tras 4s a 580°C, están presentes muchos más granos nuevos,

(d) Tras 8s a 580°C, tiene lugar la completa recristalización de la estructura,

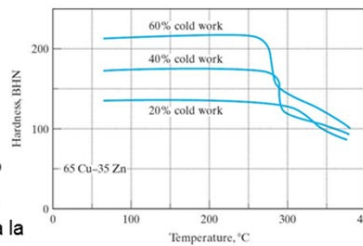


Temperatura de recristalización en función de la temperatura de fusión para varios metales.

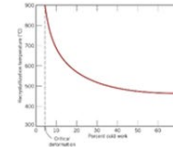
Esta figura es una representación gráfica de la regla empírica que establece que la movilidad atómica es la suficiente para afectar a las propiedades mecánicas cuando la temperatura es superior a un valor comprendido entre 1/3 y 1/2 de T_m en una escala de temperaturas absolutas.



La caída acusada de la dureza identifica la temperatura de recristalización, ~ 290 °C para la aleación C26000, «latón de cartuchería».



Para una aleación de cobre con acritud, la temperatura de recristalización disminuye ligeramente al aumentar el grado de acritud.



Cuestión 2: Aleaciones férreas. Aceros de alta aleación

11.1- Metales. Aleaciones férreas. Aceros de alta aleación

Designación de aleaciones para algunos aceros inoxidables

Type	UNS number	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	Al
Austenitic Types									
201*	S20100	0.15	5.5-7.5	1.00	16.0-18.0	3.5-5.5			
304	S30400	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5			
316	S31600	0.08	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0		
347*	S34700	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0			
Ferritic Types									
405	S40500	0.08	1.00	1.00	11.5-14.5				
430	S43000	0.12	1.00	1.00	16.0-18.0				
Martensitic Types									
410	S41000	0.15	1.00	1.00	11.5-13.0				
501	S50100	0.10 min	1.00	1.00	4.0-6.0		0.40-0.65		
Precipitation-Hardening Types									
17-4 PH†	S17400	0.07	1.00	1.00	15.5-17.5	3.0-5.0		3.0-5.0	
17-7 PH†	S17700	0.09	1.00	1.00	16.0-18.0	6.5-7.75			0.75-1.5

Source: Data from Metals Handbook, 9th ed., Vol. 3, American Society for Metals, Metals Park, OH, 1980.
*Single values are maximum values unless otherwise indicated.
†0.25 wt % N.
‡10 x %C = min Nb + Ta (optional).
§0.15 - 0.45% Ni, Nb + Ta.

Designación de aleaciones para algunos aceros de herramientas comunes.

Designation	UNS	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	V	Co
AISI SAE										
High speed steels										
M1	T15100	0.70-0.80	0.15-0.40	0.20-0.50	3.50-4.00	0.30 max	0.20-0.20	1.40-2.10	1.00-1.20	
Tool steels										
T1	T10100	0.95-1.00	0.10-0.40	0.20-0.40	1.75-4.00	0.30 max		11.25-16.75	0.00-1.20	
Chromium steels										
H10	E20100	0.95-1.00	0.25-0.70	0.40-1.20	3.00-3.75	0.30 max	2.00-3.00		0.25-0.75	
Ferguson steels										
H21	F20100	0.70-0.76	0.15-0.40	0.15-0.30	3.00-3.75	0.30 max		8.50-10.00	0.30-0.60	
Machining steels										
M2	F20400	0.85-0.90	0.15-0.40		3.75-4.50	0.30 max	4.50-5.50	5.50-6.75	1.75-2.20	
Aluminum steels										
A2	E30100	0.95-1.05	1.00 max	0.70 max	4.75-5.20	0.30 max	0.90-1.40		0.15-0.20	
High carbon, high chromium steels										
H2	E30400	1.40-1.60	0.60 max	0.40 max	11.00-13.00	0.30 max	0.70-1.20		1.10 max	1.00 max
Oil-hardening steels										
O1	O11000	0.85-1.00	1.00-1.40	0.70 max	0.40-0.60	0.30 max		0.40-0.60	0.30 max	
Shock-resisting steels										
S1	S11000	0.40-0.55	0.10-0.40	0.15-1.20	1.00-1.40	0.30 max	0.50 max	1.50-1.00	0.15-0.30	
Low alloy, special purpose steels										
L2	L01000	0.45-1.00	0.10-0.40	0.70-1.20		0.25 max			0.10-0.30	
Low carbon steels										
P2	P01000	0.10 max	0.10-0.40	0.10-0.40	0.75-1.25	0.10-0.50	0.15-0.40			
Water-hardening steels										
W1	W01000	0.70-1.30	0.10-0.40	0.10-0.40	0.15 max	0.20 max	0.10 max	0.15 max	0.10 max	
W10	W10100									
W12	W12100									

Source: Data from Metals Handbook, 9th ed., Vol. 3, American Society for Metals, Metals Park, OH, 1980.

Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables resisten la corrosión en muchos ambientes. El cromo con un mínimo de 12% en peso es el principal elemento de aleación. El Ni y Mo mejoran esta resistencia.

Tipos: Martensítico, Ferrítico, y Austenítico, Duplex y Endurecibles por precipitación.

Amplia gama de propiedades mecánicas combinadas con excelente resistencia a la corrosión, muy versátil pero caro. Los austeníticos son los más resistentes a la corrosión (alto % Cr y Ni) y muy utilizados, los martensíticos y los ferríticos son magnéticos, no así los austeníticos.

Se utilizan principalmente en ambientes extremos a elevadas temperaturas (1000°C) donde la integridad mecánica y la resistencia a la corrosión los hacen insustituibles.

Los **aceros de herramientas** presentan resistencia y dureza máximas, y se emplean para cortar, mecanizar o dar forma a otro material. Resulta común la adición de gran cantidad de aleantes a este tipo de materiales, y las propiedades deseadas determinan la composición. Se requiere límite elástico elevado, por lo que la estructura óptima es la de bonificado con revenidos bajos y alto contenido en carbono. Para mejorar la tenacidad se añade silicio. Para tener resistencia en caliente se añaden W, Mo, Cr y V. Si se busca indeformabilidad durante el tratamiento térmico, se añaden grandes proporciones de Cr y Mn. Los aceros rápidos presentan gran dureza en caliente y se utilizan para mecanizar a gran velocidad.

Cuestión 3: Polímeros. Cristalinidad

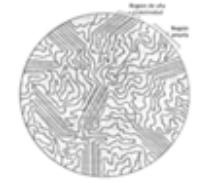
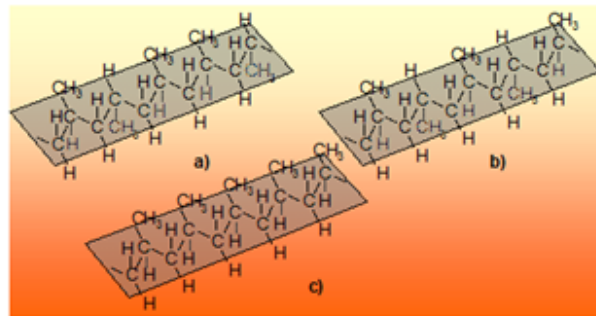
12.1- Polímeros. Cristalinidad

Ordenamiento regular de las cadenas poliméricas formando estructuras regulares: **cristales**.

Entre otros factores, el grado de cristalinidad de un polímero viene influenciado por la estereoisomería

- a) Isómero atáctico,
- b) isómero isotáctico, y
- c) isómero sindiotáctico.

Isotáctico muestra mayor cristalinidad y por lo tanto mayores características resistentes



Modelo de micela con filamentos de un polímero semicristalino, mostrando las regiones cristalina y amorfa

La cristalinidad se manifiesta como:

- ✓ **Ligero aumento de la densidad:** la mejor ordenación hace que para la misma masa se ocupe menos volumen
- ✓ **Pérdida de transparencia:** los cristales producen reflexiones en múltiples direcciones (color blanco)
- ✓ **Mayor resistencia a disolventes** (que el equivalente amorfo). Los disolventes atacan con mayor dificultad una estructura compacta.
- ✓ **Temperatura de fusión definida.**
- ✓ **Mejores propiedades mecánicas tras estiramiento**, ya que se produce un alineamiento de las cadenas.

Materiales poliméricos: cristalinidad
(UPV)

Cuestión 4: Métodos de prevención de la corrosión

13.6. Métodos de prevención de la corrosión

Selección del material



Fundamento: utilización de materiales más nobles o que se pasiven.

- ✓ Aceros inoxidables
- ✓ Aluminio
- ✓ Titanio
- ✓ Polímeros y compuestos



Recubrimientos

Recubrimientos: **barreras físicas** como películas y recubrimientos superficiales.

Pueden ser metales, cerámicas y polímeros

Preferiblemente deben tener:

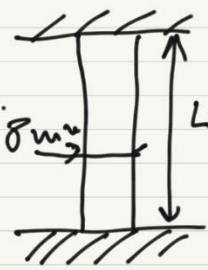
- Alto grado de **adherencia**
- Ser **inertes** al medio corrosivo
- **Resistencia** frente al deterioro mecánico

Recubrimientos protectores para la prevención de la corrosión.

Category	Examples
Metallic	Chrome plating Galvanized steel
Ceramic	Stainless steel Porcelain enamel
Polymeric	Paint

Problema 5: La capacidad de dilatación de los materiales se usa para dispositivos pasivos de seguridad. Una pieza de cerámica de alúmina (Al_2O_3) de 5 cm de longitud y 8 mm de diámetro, a 25°C , se utiliza para esta finalidad. Esta pieza se encuentra empotrada axialmente en un dispositivo y se debe de romper si se alcanza la temperatura de 1000°C para evitar riesgos en la instalación. *Justifica si es posible utilizar este material cerámico para dicha aplicación.*

Datos de la alúmina (Al_2O_3):	Formulas:
Resistencia a compresión: 2585 MPa,	Capacidad calorífica: $C = \frac{Q}{\Delta T}$
Resistencia a tracción: 207 MPa	Calor específico: $c = \frac{q}{m\Delta T}$
Resistencia a flexión: 345 MPa	Dilatación térmica: $\varepsilon = \alpha(\Delta T)$
Módulo de elasticidad: 380 GPa	Conductividad térmica: $k = \frac{-\Delta Q}{A \left(\frac{\Delta T}{\Delta x} \right)}$
Coefficiente de Poisson: 0.26	Índice resistencia al choque térmico: $I_r = k \cdot R / \alpha \cdot E \cdot C_p$
Tenacidad a fractura: $4 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$	
Coefficiente de dilatación: $8.8 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}\cdot\text{K}$	
Temperatura de fusión: 2373K	
Temperatura máxima de utilización continua: 1973K	



Para utilizar el dispositivo, tendré que romper al alcanzar los 1000°C .

La deformación por cuestión térmica sera $\varepsilon = \alpha \Delta T = 8.8 \times 10^{-6} \text{ mm/mm} \cdot (1000 - 25)$

$\varepsilon_{\text{termica}} = 8.58 \times 10^{-3} \text{ mm/mm}$

El dispositivo trabaja a compresión. Luego romperá cuando la tensión supere la resistencia a compresión

$\sigma = E \cdot \varepsilon = 380 \times 10^3 \text{ MPa} \times 8.58 \times 10^{-3} \text{ mm/mm}$

$= 3260 \text{ MPa} > \sigma_R (2585 \text{ MPa})$

Rompe antes de alcanzar 1000°C

La temperatura a la que se rompe será:

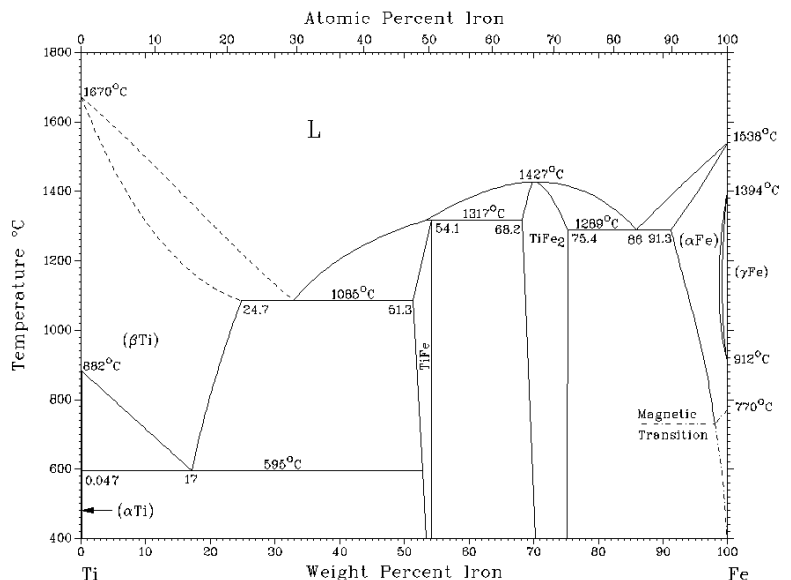
$T_f = \frac{\sigma}{E \cdot \alpha} + T_0 = \frac{2585 \text{ MPa}}{380 \times 10^3 \text{ MPa} \cdot 8.8 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}\cdot\text{K}} + 25 =$

$= 798^\circ\text{C}$

NO SIRVE

Problema 6: En el diagrama de equilibrio de fases Ti-Fe, representado en la figura, determinar:

- La proporción y composición de los constituyentes microestructurales de la aleación con el 28% en peso de Fe a los 700°C.
- La proporción y composición de los constituyentes microestructurales de esta misma aleación a los 500°C.



a) De acuerdo al diagrama de equilibrio, los constituyentes y porcentaje para la aleación con el 28% de Fe a 700°C, son:

Constituyentes	Composición (% Fe)	Porcentaje
- Titanio fase β	18.5	$\frac{33 - 28}{33 - 18.5} \times 100 = 31.5\%$
- Eutéctico Ti-Fe	33.0	$\frac{28 - 18.5}{33 - 18.5} \times 100 = 65.5\%$

b) Cuando la aleación se encuentra a 500°C el eutéctico, formado por láminas de fase beta y láminas de TiFe, sufre la transformación eutéctica de la fase beta a fase α TiFe, por lo que los constituyentes se van:

Constituyentes	Composición (% Fe)	Porcentaje
- Eutéctico	17.0	$\frac{53 - 28}{53 - 17} \times 100 = 69.4\%$
- Intermetálico Ti-Fe	53.0	$\frac{28 - 17}{53 - 17} \times 100 = 30.6\%$

Problema 7: Para la fabricación de un material compuesto, reforzado con fibras continuas y alineadas, necesitamos conocer la fracción de fibra a utilizar.

Este material compuesto ha de tener al menos 110 GPa de módulo de elasticidad en condiciones de isodeformación, al menos 5 GPa en condiciones de isotensión; y como máximo la densidad ha de ser de 1380 kg/m³.

Determinar en qué rango de fracción de fibra se cumplirán dichos criterios.

Datos de las materias primas:

	Módulo, GPa	Densidad, g/cm ³	Resistencia a tracción, MPa
Fibra de carbono	280	1.5	2800
Resina	2.5	1.2	50

Regla de las mezclas:

$$\rho_{\text{cuerpo}} = \chi_{\text{matriz}} \cdot \rho_{\text{matriz}} + \chi_{\text{refuerzo}} \cdot \rho_{\text{refuerzo}}$$

Longitud crítica de fibra: $l_c = \frac{\sigma_f \cdot d}{\tau_c}$

Dirección longitudinal de la carga

• Escriba aquí la ecuación. $F_c = F_m + F_f$

• $\sigma_c = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f$

• $E_c = E_m V_m + E_f V_f$

Dirección transversal de la carga

• $\sigma = \sigma_c = \sigma_m = \sigma_f$

• $\epsilon_c = \epsilon_m V_m + \epsilon_f V_f$

$$E_c = \frac{E_m E_f}{V_m E_f + V_f E_m}$$

Para determinar el rango, primero aplico el criterio de la densidad

$$\left. \begin{aligned} \rho_c &= \rho_m \chi_m + \rho_f \chi_f \\ \chi_m + \chi_f &= 1 \end{aligned} \right\} \chi_f = \frac{\rho_c - \rho_m}{\rho_f - \rho_m} = \frac{1.380 \text{ g/cm}^3 - 1.2 \text{ g/cm}^3}{1.5 \text{ g/cm}^3 - 1.2 \text{ g/cm}^3}$$

$$\chi_f = 0.6 \quad \chi_m = 0.4$$

Continuo con el criterio de ISODEFORMACIÓN.

$$\left. \begin{aligned} E_{c||} &= E_m \chi_m + E_f \chi_f \\ \chi_m + \chi_f &= 1 \end{aligned} \right\} \chi_f = \frac{E_{c||} - E_m}{E_f - E_m} = \frac{110 \text{ GPa} - 2.5 \text{ GPa}}{280 \text{ GPa} - 2.5 \text{ GPa}}$$

$$\chi_f = 0.387 \quad \chi_m = 0.613$$

Finalmente aplico el criterio de ISOTENSIÓN

$$\left. \begin{aligned} E_{c\perp} &= \frac{E_m \cdot E_f}{\chi_m E_f + \chi_f \cdot E_m} \\ \chi_m + \chi_f &= 1 \end{aligned} \right\} \chi_f = \frac{E_m \cdot E_f - E_c}{E_m - E_f} = \frac{2.5 \cdot 280 - 5}{2.5 - 280} = 0.15$$

$$\chi_m = 0.5$$

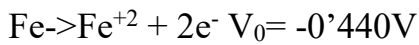
χ_f	ρ (kg/m ³)	$E_{ }$ (GPa)	E_{\perp} (GPa)
0.387	1320 ✓	110 ✓	4.06 ✗
0.5	1350 ✓	141 ✓	5 ✓
0.6	1380 ✓	169 ✓	6.17 ✓

Se cumplen los 3 criterios entre [0.5-0.6] de fibra

Problema 8: Un tanque cilíndrico de acero suave (bajo en carbono) de 1 m de altura y 50 cm de diámetro, contiene agua aireada hasta un nivel de 60 cm y muestra una pérdida de peso debido a la corrosión de 304 g al cabo de 6 semanas.

Calcular: a) la corriente de corrosión; b) la densidad de corriente implicada en la corrosión del tanque. Supóngase que la corrosión es uniforme sobre la superficie interior del tanque y que el acero se corroe en la misma forma que el hierro puro.

Datos:



Masa atómica Fe: 55,847 g/mol;

Radio atómico: 0.126 pm;

Estructura cristalina: bcc.

Densidad: 7.86 g/cm³;

F=96500 A·s/mol; R=8.314 J/(mol·K)

$$r = \frac{i}{nF}$$

r = velocidad de corrosión (mol/m²·s)

i = densidad de corriente (A/m², C/s.m²)

n = nº electrones reacción anódica

1) Usaremos la siguiente ecuación para calcular la corriente de corrosión.

$$I = \frac{w \cdot n \cdot F}{E \cdot M}$$

Debemos el tiempo, 6 semanas, en segundos. y sustituir todos los valores en la ecuación

$$I = \frac{304 \text{ g} \cdot 2 \cdot 96500 \text{ A}\cdot\text{s}/\text{mol}}{6 \text{ sem} \cdot \frac{7 \text{ días}}{\text{sem}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{\text{día}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{\text{hora}} \cdot 55.847 \text{ g}/\text{mol}} = 0.2895 \text{ A}$$

2) La densidad de corriente es $i \left(\frac{\text{A}}{\text{m}^2} \right) = \frac{I(\text{A})}{\text{área}(\text{m}^2)}$

Área de la superficie corroída del tanque =

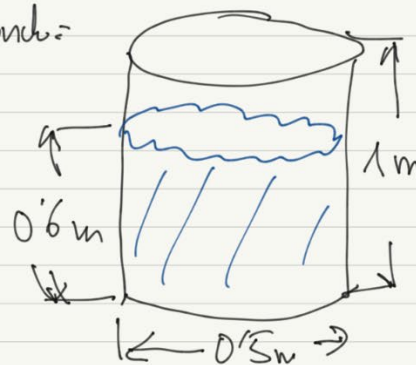
= Área lateral + Área de fondo =

$$= \pi D \cdot h + \frac{\pi}{4} D^2 =$$

$$= \pi \cdot 0.5 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m} + \frac{\pi}{4} (0.5 \text{ m})^2 =$$

$$= 1.1388 \text{ m}^2$$

$$i = \frac{0.2895 \text{ A}}{1.1388 \text{ m}^2} = 0.25 \text{ A}/\text{m}^2$$



1 La energía necesaria para elevar 1 grado la temperatura de 1 mol de material se denomina:

- A. Cantidad calorífica a P o V constante
- B. Capacidad específica
- C. **Capacidad calorífica**
- D. Caloridad específica a P o V constante

2 En comparación con el material compacto, un material con muy alta porosidad interna presenta:

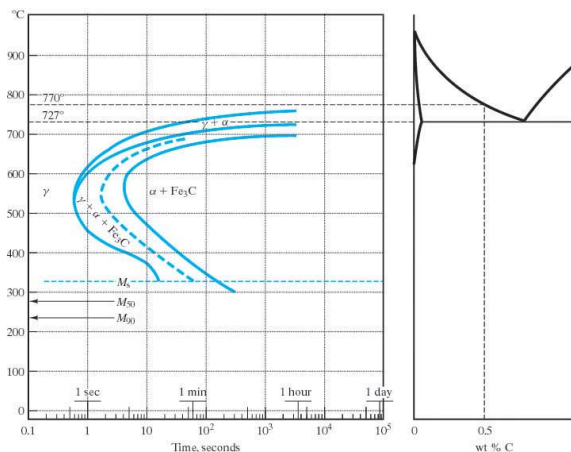
- A. Mayor conductividad térmica.
- B. Mayor densidad.
- C. Mayor calor específico.
- D. **Mejor capacidad de aislamiento térmico.**

3 Los diagramas de equilibrio o diagramas de fases...

- A. ... **predicen la microestructura de los materiales para transformaciones lentas.**
- B. ... representan la evolución de la microestructura en función del tiempo de transformación.
- C. ... predicen la microestructura después de cualquier tratamiento térmico, como el temple.
- D. ... predicen la microestructura de los materiales en cualquier condición.

4 Utilizando el diagrama TTT, de obtención de constituyentes isotérmicamente, de un acero con un 0,5% de carbono y el diagrama de equilibrio de fases del Fe-C.

Una muestra de este acero es sometida a austenización a 800°C durante 1 hora. A continuación, se somete al siguiente ciclo de enfriamiento (todos los enfriamientos bruscos los realizamos a 800°C/s).



-Enfriamiento brusco con mantenimiento en baño de sales a 600°C durante 100 segundos.

-A continuación, enfriamiento brusco con mantenimiento en baño de sales a 400°C durante 10 segundos.

-Finalmente, enfriamiento con agua hasta temperatura de 25°C.

¿Tras el enfriamiento solamente obtenemos Bainita?

- A. Verdadero
- B. **Falso**

5 La fundición gris, es muy frágil:

- A. Por qué los nódulos de grafito actúan de concentradores de tensiones.
- B. Por qué la perlita actúa de concentrador de tensiones.
- C. Por qué la cementita actúa de concentrador de tensiones
- D. **Por qué las láminas de grafito actúan de concentradores de tensiones**

6 Experiencia: *Análisis del cambio de fase en estado sólido*, ¿Por qué austenizamos a diferentes temperaturas?

- A. **Porque la temperatura de austenización es única para cada material**
- B. Porque todo el material a tratar no cabe en un horno y gastamos dos
- C. Para diferenciar el material por el color rojo incandescente que presenta
- D. Para mejorar el revenido posterior

7 Experiencia: *Endurecimiento por deformación plástica*, durante el proceso de confirmado plástico podemos asegurar:

- A. Que mantenemos la forma
- B. **Que mantenemos el volumen**
- C. Que mantenemos la longitud
- D. Que mantenemos el espesor

8 Experiencia: *Determinación del coeficiente térmico de la resistividad eléctrica*, Un dato imprescindible es conocer la longitud del material sobre el que la vamos a determinar.

- A. Verdadero
- B. **Falso**

9 Experiencia: *Determinación del coeficiente de dilatación térmica*, en el rango de temperaturas donde se ha observado la dilatación de la varilla, encontramos dos valores de coeficientes diferentes.

- A. Verdadero
- B. **Falso**

10 Experiencia: *Ley de mezclas: determinación de la composición*, la determinación de la densidad por el Principio de Arquímedes, solo podemos utilizar cuerpos regulares.

- A. Verdadero
- B. **Falso**