

EJERCICIO 1

Una barra de acero de **16 mm** de diámetro, **500 mm** de longitud y módulo de elasticidad de **220 MPa** está sometida a tracción.

- Calcular la fuerza necesaria, expresada en **N**, para alargar la barra elásticamente hasta una longitud total de **510 mm**. **(1 punto)**
- Determinar si la barra de acero se deformará plásticamente al aplicarle una fuerza de **100000 N**, sabiendo que su límite elástico es **400 MPa**. **(1 punto)**
- Indicar la diferencia fundamental entre los ensayos dinámicos y los ensayos estáticos de los materiales. Proponer un ejemplo de cada tipo. **(0.5 puntos)**

- a. Como la barra se va a alargar elásticamente, se cumple la Ley de Hooke:

$$\sigma = \frac{F}{S} \Rightarrow F = \sigma \cdot S$$

Como

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

y

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

entonces:

$$F = E \cdot \epsilon \cdot S = E \cdot \frac{\Delta L}{L_0} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$F = 220 \cdot 10^6 Pa \cdot \frac{10mm}{500mm} \cdot \frac{\pi \cdot (16 \cdot 10^{-3}m)^2}{4} = 884.7N$$

- b. Calculamos la tensión con esa fuerza.

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} =$$

$$= \frac{4 \cdot 100000N}{\pi \cdot (16 \cdot 10^{-3}m)^2} = 497.4 \cdot 10^6 Pa$$

Tenemos que la tensión es mayor que la tensión de límite elástico

$$497.4 \text{ Mpa} > 400 \text{ MPa}$$

Por tanto, la barra se deformará de forma plástica.

- c. La diferencia fundamental entre los ensayos dinámicos y estáticos es la velocidad con la que se aplica la carga sobre el material en el ensayo.
- Ensayos estáticos. La carga se aplica de forma lenta y gradual, permitiendo que los cambios internos del material se equilibren a medida que se deforma.
 - Ensayos dinámicos. La carga se aplica de forma rápida o cíclica. Estos ensayos miden la capacidad del material para absorber energía en un golpe o para resistir cargas repetidas en el tiempo.

EJERCICIO 2

Para determinar la dureza Brinell de un material se ha utilizado una bola de **5 mm** de diámetro y se ha elegido una constante de **K = 30 kp/mm²**, obteniéndose una huella de **2 mm** de diámetro.

- a. Determinar la profundidad de la huella. **(1 punto)**
b. Calcular la dureza Brinell. **(1 punto)**
c. Explicar la diferencia fundamental entre los ensayos destructivos y no destructivos de los materiales. Indicar un ejemplo de cada uno de ellos. **(0.5 puntos)**

- a. Con los datos proporcionados, la profundidad de la huella será:

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2} =$$
$$= \frac{5 \text{ mm} - \sqrt{(5 \text{ mm})^2 - (2 \text{ mm})^2}}{2} = 0.209 \text{ mm}$$

- b. La dureza Brinell se calcula a través de la expresión:

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

Necesitamos calcular previamente la fuerza con la que se realiza el ensayo, que podemos obtenerla a través de la constante del ensayo:

$$F = k \cdot D^2 \Rightarrow F = 30 \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2} \cdot (5 \text{ mm})^2 = 750 \text{ kp}$$

Por tanto:

$$HB = \frac{2 \cdot 750 \text{ kp}}{\pi \cdot 5 \text{ mm} \cdot (5 \text{ mm} - \sqrt{(5 \text{ mm})^2 - (2 \text{ mm})^2})} = 228.8 \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$$

- c. Los ensayos destructivos alteran de forma permanente o inutilizan la pieza ensayada para determinar sus propiedades mecánicas.

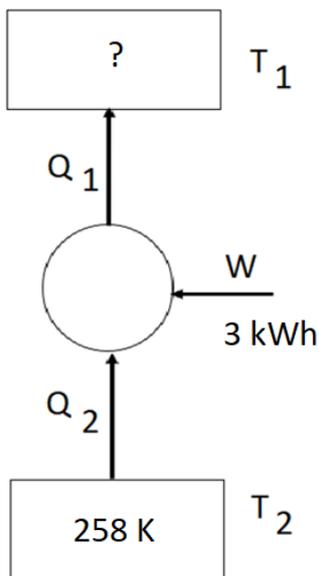
Los ensayos no destructivos evalúan las propiedades del material sin alterar su forma, propiedades ni utilidad, permitiendo que se pueda utilizar tras el ensayo.

EJERCICIO 3

Una máquina frigorífica que trabaja según el ciclo de Carnot tiene una eficiencia de 5 y debe mantener una temperatura interior de -15°C .

- Calcular la temperatura media de local donde está situada la máquina. **(1 punto)**
- Si la máquina consume **3 kWh**, determinar el calor extraído del foco frío en kJ. **(1 punto)**
- Explicar la función de las lumbreras de admisión, escape y transferencia en un motor de explosión de dos tiempos **(0.5 puntos)**.

- a. Dado que la máquina funciona según un ciclo de Carnot, tenemos que:



$$\epsilon_c = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$T_1 = \frac{T_2 \cdot (1 + \epsilon_c)}{\epsilon_c}$$

$$= \frac{258\text{K} \cdot (1 + 5)}{5} = 309.6\text{K}$$

- b. Dado que el calor también está relacionado con la eficiencia, tenemos que:

$$\epsilon = \frac{Q_2}{W} \Rightarrow Q_2 = \epsilon \cdot W$$

$$Q_2 = 5 \cdot 3\text{kWh} \cdot \frac{3600\text{kJ}}{1\text{kWh}} = 54000\text{kJ}$$

- c. En un motor de explosión de dos tiempos, las lumbreras son orificios en la pared del cilindro que son cubiertos y descubiertos por el propio pistón en su movimiento. Su función es controlar el flujo de gases sin necesidad de un sistema de válvulas.

- Lumbrera de admisión:** Comunica el carburador con el cárter. Cuando el pistón sube, crea un vacío en el cárter que succiona la mezcla de aire y combustible a través de esta lumbrera.
- Lumbrera de transferencia:** Conecta el cárter con la parte superior del cilindro. Cuando el pistón baja, comprime la mezcla en el cárter y, al descubrir

esta lumbrera, permite que la mezcla fresca suba hacia la cámara de combustión.

- **Lumbrera de escape:** Es la salida de los gases quemados. El pistón la descubre en su carrera descendente justo antes de abrir la lumbrera de transferencia, permitiendo que la presión de los gases de escape los expulse fuera del cilindro. La entrada de la mezcla fresca desde la lumbrera de transferencia ayuda a "barrer" y expulsar los gases quemados restantes.

EJERCICIO 4

Un motor Otto de cuatro cilindros, de **85 mm** de diámetro y **90 mm** de carrera, alcanza su par máximo de **350 Nm** a **3000 rpm**, consumiendo **19 l/h** de un combustible de densidad **0.85 kg/l** y poder calorífico **41400 kJ/kg**.

- Calcular la cilindrada total y la potencia desarrollada a par máximo. **(1 punto)**
- Determinar el rendimiento del motor cuando trabaja a par máximo. **(1 punto)**
- Explicar brevemente en qué consiste una bomba de calor reversible. **(0.5 puntos)**

- Comenzamos por calcular el volumen de un cilindro.

$$V_u = S \cdot L = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L =$$

$$= \frac{\pi \cdot (8.5cm)^2}{4} \cdot 9cm = 510.7cm^3$$

Luego la cilindrada total será la de un cilindro multiplicada por el número de cilindros:

$$V_T = 510.7cm^3 \cdot 4 = 2042.8cm^3$$

Para calcular la potencia a par máximo:

$$P = M \cdot \omega = 350Nm \cdot 3000rpm \cdot 2\pi \frac{rad}{rev} \cdot \frac{1min}{60s} = 109956W$$

- El rendimiento es la relación entre la potencia útil y la potencia calorífica consumida de combustible. La potencia útil la hemos calculado en el apartado anterior.

Calculamos ahora la potencia calorífica.

$$\text{Tenemos un consumo de } 19 \frac{l}{h} \cdot 0.85 \frac{kg}{l} = 16.15 \frac{kg}{h}$$

$$16.15 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} = 4.486 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{s}$$

Por tanto:

$$P_c = 4.486 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{s} \cdot 41400 \frac{kJ}{kg} = 185.725 kW$$

Luego el rendimiento:

$$\eta = \frac{P_u}{P_c} \cdot 100 = \frac{109956W}{185725W} \cdot 100 = 59.2\%$$

- c. Una bomba de calor reversible es un sistema de climatización todo en uno que puede proporcionar tanto calefacción en invierno como refrigeración en verano.

Su funcionamiento se basa en el mismo ciclo termodinámico que un frigorífico, pero con la capacidad de invertir la dirección del flujo de refrigerante mediante una válvula de inversión.

- En modo calefacción: Extrae calor del ambiente exterior (incluso si está frío) y lo transfiere al interior del local para calentarlo.
- En modo refrigeración: Invierte el ciclo, extrayendo el calor del interior del local (enfriándolo) y expulsándolo al exterior.

Esencialmente, funciona como un aire acondicionado que puede "funcionar al revés" para generar calor de manera muy eficiente.

EJERCICIO 5

Un cilindro de doble efecto, de **10 cm** de carrera, cuyos émbolo y vástago tienen **8 cm** y **2 cm** de diámetro respectivamente, se conecta a una red de aire comprimido con una presión de **1 MPa**. El rozamiento se considera nulo.

- Calcular la fuerza ejercida por el vástago en la carrera de avance. **(1 punto)**
- Calcular la fuerza ejercida por el vástago en el retroceso. **(1 punto)**
- Indicar la diferencia entre un manómetro y un barómetro. **(0.5 punto)**

- a. En la carrera de avance, el cilindro avanza gracias a la fuerza de presión sobre el émbolo.

$$F_A = p \cdot S_e = p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$
$$F_A = 10^6 Pa \cdot \frac{\pi \cdot (8 \cdot 10^{-2} m)^2}{4} = 5027 N$$

- b. En la carrera de retroceso el cilindro avanza gracias a la fuerza de presión sobre la superficie del émbolo menos la del vástago.

$$\begin{aligned} F_R &= p \cdot (S_e - S_v) = p \cdot \left[\left(\frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \right) \right] = \\ &= p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_e^2 - d_v^2) = \\ &= 10 \cdot 10^6 Pa \cdot \frac{\pi}{4} \cdot [(8 \cdot 10^{-2} m)^2 - (2 \cdot 10^{-2} m)^2] = 4712 N \end{aligned}$$

- c. La diferencia fundamental radica en qué presión miden y con respecto a qué referencia lo hacen.
- Un manómetro mide la presión de un fluido (gas o líquido) en un recipiente cerrado. Generalmente, mide la presión manométrica, que es la diferencia entre la presión absoluta del fluido y la presión atmosférica exterior.
 - Un barómetro es un tipo específico de manómetro diseñado exclusivamente para medir la presión atmosférica absoluta. Su punto de referencia es el vacío absoluto.

EJERCICIO 6

La pala de una máquina excavadora es accionada mediante un cilindro hidráulico de doble efecto y una bomba de engranajes, que es accionada a su vez por un motor eléctrico. Durante el avance, el émbolo realiza una fuerza de **20 kN** con una presión de **2 MPa**, siendo despreciable la fuerza del émbolo durante el retroceso.

- Si el émbolo se mueve con una velocidad de **0.1 m/s**, tanto en el avance como en el retroceso, calcular el caudal mínimo necesario de la bomba. **(1 punto)**.
- Suponiendo un rendimiento hidráulico del **100%**, calcular la potencia mínima del motor eléctrico. **(1 punto)**
- Explicar brevemente la utilidad de los siguientes componentes hidráulicos: bomba hidráulica y filtro. **(0.5 puntos)**

- a. Para calcular el caudal usamos la expresión:

$$Q = S \cdot v$$

El área podemos calcularla a partir de los datos de la presión y la fuerza del émbolo:

$$Q = \frac{F}{p} \cdot v = \frac{20 \cdot 10^3 N}{2 \cdot 10^6 Pa} \cdot 0.1 \frac{m}{s} = 0.001 \frac{m^3}{s}$$

- b. Ya que el rendimiento es del 100 %, la potencia del motor eléctrico será igual a la potencia hidráulica producida.

$$P_h = p \cdot Q = 2 \cdot 10^6 Pa \cdot 0.001 \frac{m^3}{s} = 2000W$$

- c. Bomba hidráulica

La bomba hidráulica es el componente fundamental en cualquier sistema hidráulico. Su principal utilidad es convertir la energía mecánica (suministrada por el motor eléctrico en este caso) en energía hidráulica. Lo logra al generar un flujo de fluido hidráulico (aceite) a presión. Este fluido presurizado se dirige a través del sistema para accionar componentes como el cilindro hidráulico, que es el encargado de realizar el trabajo (por ejemplo, mover la pala de la excavadora). Sin la bomba, no habría movimiento de fluido ni presión para alimentar el sistema.

Filtro

El filtro es un componente esencial para mantener la vida útil y la eficiencia de un sistema hidráulico. Su principal utilidad es eliminar los contaminantes (como suciedad, partículas metálicas y otros residuos) del fluido hidráulico. Con el tiempo, el desgaste del sistema y la contaminación externa pueden introducir partículas en el fluido. Estas partículas pueden causar daños significativos a componentes sensibles como bombas, válvulas y cilindros, provocando un mayor desgaste, una reducción del rendimiento e incluso fallos catastróficos. Al asegurar que el fluido hidráulico se mantenga limpio, el filtro ayuda a prevenir daños en los componentes, reducir los costos de mantenimiento y extender la vida útil general del sistema hidráulico.

EJERCICIO 7

Se pretende diseñar un circuito digital que muestre el resultado de la votación de un concurso musical de manera automática mediante el encendido de una lámpara (**L**). El jurado está formado por tres componentes. Cada uno dispone de un pulsador (**J₁**, **J₂**, **J₃**) para emitir su voto, asignándoles el valor 1 en caso de votar SI y el valor 0 si se vota NO.

En el caso de que la persona que concursa obtenga dos o más votos favorables la lámpara se encenderá (**L=1**). En cualquier otro caso la lámpara permanecerá apagada (**L=0**).

- a. Obtener la tabla de verdad para la salida **L** del sistema, así como su función algebraica. **(1 punto)**

- b. Simplificar por el método de Karnaugh la función **L** del sistema, así como su función algebraica. **(1 punto)**
 c. En relación con los sistemas de control, explicar la función del regulador o controlador. **(0.5 puntos).**

- a. Completamos la tabla de la verdad con tres variables y una salida con las condiciones del enunciado.

J ₁	J ₂	J ₃	L
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Su función algebraica será (minterms):

$$L = \bar{J}_1 \cdot J_2 \cdot J_3 + J_1 \cdot \bar{J}_2 \cdot J_3 + J_1 \cdot J_2 \cdot \bar{J}_3 + J_1 \cdot J_2 \cdot J_3$$

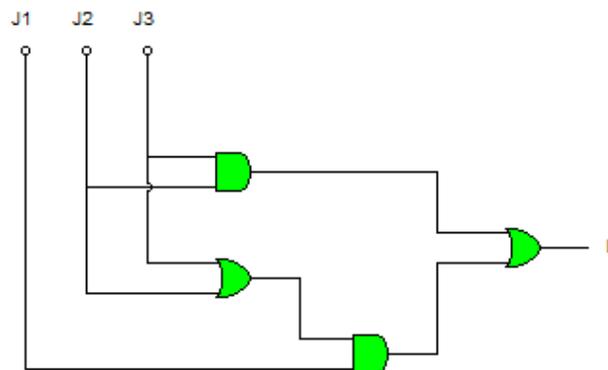
- b. Dibujamos el mapa de Karnaugh para tres variables:

	J ₂ J ₃			
	00	01	11	10
J ₁				
0			1	
1		1	1	1

Que nos da una función simplificada:

$$L = J_2 \cdot J_3 + J_1 \cdot J_3 + J_1 \cdot J_2 = J_2 \cdot J_3 + J_1 \cdot (J_2 + J_3)$$

Cuya implementación es:



- c. El regulador o controlador es el "cerebro" del sistema de control. Su función principal es mantener una variable de salida de un proceso (la variable controlada) lo más cerca posible de un valor deseado o de referencia (el punto de consigna o *setpoint*), a pesar de las perturbaciones que puedan afectar al sistema.

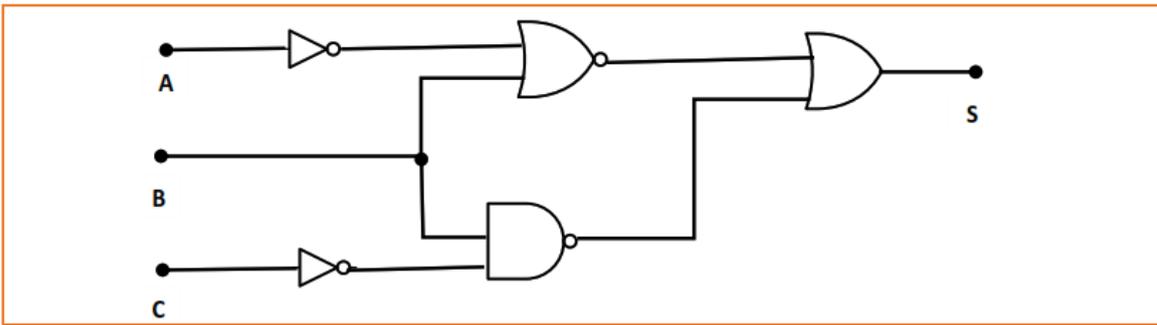
Para lograr esto, el regulador realiza las siguientes acciones clave:

- Recibe la señal de error: El controlador recibe información constante de un sensor sobre el estado actual de la variable que se desea controlar (por ejemplo, la temperatura de un horno, la velocidad de un motor, la presión en un tanque). Esta medida se compara con el valor deseado (punto de consigna). La diferencia entre la medida y el punto de consigna es lo que se conoce como señal de error.
- Procesa la señal de error: Basándose en esta señal de error y en algoritmos de control predefinidos (como los controladores PID: Proporcional, Integral y Derivativo, que son muy comunes), el regulador calcula una acción de control. Este cálculo determina cuánto y cómo debe ajustarse el proceso para corregir la desviación.
- Genera una señal de control: El regulador envía una señal de salida (la señal de control) a un actuador. El actuador es el elemento que directamente influye en el proceso (por ejemplo, una válvula que abre o cierra para regular un flujo, un motor que cambia su velocidad, un elemento calefactor que aumenta o disminuye la potencia).
- Corrige la desviación: El actuador, al recibir la orden del controlador, modifica la variable manipulada del proceso para que la variable controlada se acerque al punto de consigna. Este ciclo se repite continuamente, formando un bucle de retroalimentación (o lazo cerrado), lo que permite al sistema adaptarse y mantener la estabilidad frente a los cambios.

EJERCICIO 8

La figura muestra un circuito lógico con tres entradas (**A**, **B** y **C**) y una salida **S**.

- Obtener la tabla de verdad y la expresión algebraica de la función lógica de salida **S**. **(1 punto)**
- Simplificar dicha función por el método de Karnaugh e implementarla con puertas lógicas de tipo NAND **(1 punto)**
- Convertir a decimal los siguientes números binarios: **0110**, **1110**, **0001**, **1000** y **1111**. **(0.5 puntos)**



a. De la puerta NOT superior sale la señal \bar{A}

De la puerta NOT inferior sale la señal \bar{C}

De la puerta NOR superior sale la señal $\overline{\bar{A} + B}$

De la puerta NAND inferior sale la señal $\overline{B \cdot \bar{C}}$

De la puerta OR final sale la señal $S = \overline{\bar{A} + B} + \overline{B \cdot \bar{C}}$

Cuya tabla de la verdad será:

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	\bar{A}	\bar{C}	$\overline{\bar{A} + B}$	$\overline{B \cdot \bar{C}}$	<i>S</i>
0	0	0	1	1	0	1	1
0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	1	1
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	1

La expresión algebraica en 2ª forma canónica (maxterms) será:

$$S = (A + \bar{B} + C) \cdot (\bar{A} + \bar{B} + C)$$

b. Dibujamos el mapa de Karnaugh para tres variables.

	BC	00	01	11	10
A					
0				0	
1				0	

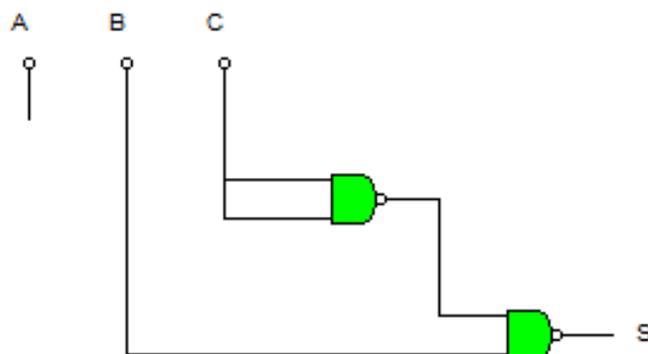
Que nos da la siguiente expresión simplificada:

$$S = \overline{B} + C$$

Para implementarla con puertas lógicas de tipo *NAND* negamos dos veces y aplicamos las Leyes de De Morgan

$$S = \overline{\overline{\overline{B} + C}} = \overline{\overline{\overline{B}} \cdot \overline{\overline{C}}} = \overline{B \cdot \overline{C}}$$

Su implementación con puertas *NAND* será:



- c. Podemos realizar la conversión utilizando potencias de 2, pero en este caso es sencillo, ya que son números de la primera quincena de decimales.

0110 – 6

1110 – 14

0001 – 1

1000 – 8

1111 – 15

$$0110 = 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 6$$

$$1110 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 14$$

$$0001 = 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 1$$

$$1000 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 8$$

$$1111 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 15$$