

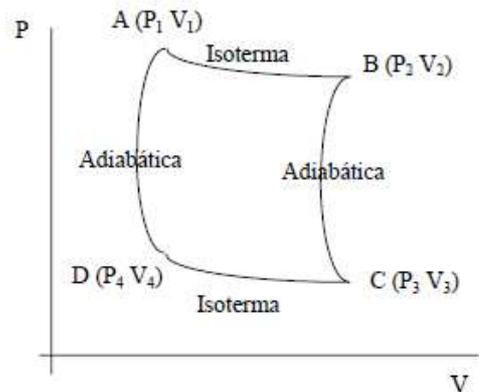
# - TECNOLOGÍA INDUSTRIAL -

## BLOQUE 4: Máquinas. Elementos de máquinas.

### ACTIVIDADES

#### MÁQUINAS TÉRMICAS

1. Calcula el rendimiento de un motor de Carnot que funciona entre una temperatura ambiente de  $20^{\circ}\text{C}$  y una máxima de  $800^{\circ}\text{C}$ .
2. Una máquina de vapor funciona entre dos temperaturas, de  $30^{\circ}\text{C}$  y  $250^{\circ}\text{C}$  y desarrolla una potencia de 6 KW. Si el rendimiento de la máquina es el 65% del de un motor de Carnot que funcione entre las mismas temperaturas, calcula:
  - a) El rendimiento de la máquina.
  - b) El calor por unidad de tiempo que consume la máquina.
  - c) El consumo de carbón en una hora si el poder calorífico de éste es de 7000 Kcal/kg.
3. En un motor de combustión interna, la expansión es al principio isoterma hasta que el volumen  $V_2$  llega a ser  $3V_1$ , siendo el volumen al inicio de la expansión de  $30\text{ dm}^3$ . En este momento (inicio de la expansión) se tienen  $800^{\circ}\text{C}$  y  $36'165\text{ kg/cm}^2$  de presión. Determinar:
  - a) El valor de  $P_2$ .
  - b) El trabajo efectuado en esa fase isoterma.
  - c) El calor aportado al gas durante la misma.
4. Una cantidad de 0,06 moles de nitrógeno a  $51^{\circ}\text{C}$ , se calientan bajo presión constante, hasta triplicar su volumen. Calcular el calor necesario. Dato:  $C_p = 7$ .
5. Partiendo del punto C del ciclo representado en la figura (dos isotermas y dos adiabáticas: ciclo de Carnot), de coordenadas  $P_3 = 10000\text{ kg/m}^2$  y  $V_3 = 0,2\text{ m}^3$ , calcular las coordenadas de los puntos A, B y D. Datos:  $V_3 = 5V_4$ ,  $V_4 = 2V_1$  y  $\alpha = 1,41$  (exponente adiabático).



6. Un motor funciona entre un foco frío y un foco caliente, de tal forma que absorbe 2000 Kcal por cada KWh de trabajo.
  - a) Calcular la temperatura del foco frío si el foco caliente está a  $500^{\circ}\text{K}$
  - b) Calcular la temperatura del foco caliente si el foco frío está a  $0^{\circ}\text{C}$
7. Se comprime un gas a presión constante de 0,8 atm de un volumen de 9 litros a un volumen de 2 litros. En el proceso se escapan del gas 500 J de energía calorífica.
  - a) ¿Cuál es trabajo realizado por el gas?
  - b) ¿Cuál es el cambio en la energía interna del gas?

8. Una máquina térmica absorbe 360 J de calor y realiza un trabajo de 25 J en cada ciclo.
- La eficiencia de la máquina.
  - El calor liberado en cada ciclo.
9. La temperatura del foco frío de una máquina térmica reversible con un rendimiento del 24% es 107 °C, y en cada ciclo la máquina cede 100 Kcal a dicho foco frío. ¿Cuál es el calor de cedido por el foco caliente?
10. Una máquina térmica funcionando entre las temperaturas 500 °K y 300 °K tiene la cuarta parte del rendimiento máximo posible. El ciclo termodinámico de la máquina se repite 5 veces por segundo, y su potencia es de 20 KW. Determinar el trabajo producido en cada ciclo y cuántas Kcal/hora vierte al foco frío.
11. Un frigorífico doméstico que debe mantener el congelador a una temperatura de -18 °C funciona con un COP (coeficiente de funcionamiento frigorífico) igual a la tercera parte del máximo posible. La potencia consumida es de 2 KW. Puede suponerse que el ambiente que lo rodea está a una temperatura fija de 20 °C. ¿Qué energía se está extrayendo del congelador?
12. Para resolver el problema de la calefacción de un edificio que tiene unas pérdidas de 8 KW, un inventor asegura que ha diseñado un sistema de bomba de calor capaz de mantener una confortable temperatura de 22 °C en invierno, extrayendo energía de un lago próximo cuyas aguas se encuentran a una temperatura de 2 °C, todo ello gastando sólo 0,5 KW en el funcionamiento de la bomba de calor. ¿Merece la pena acometer la fabricación del invento?
13. Una máquina térmica tiene una potencia de salida de 2 KW, si su rendimiento es del 40% y cede un calor de 3000 calorías por ciclo:
- Determine el trabajo realizado por ciclo.
  - El tiempo de duración de cada ciclo.
14. Imagina que tienes en casa un congelador que funciona según el ciclo frigorífico de Carnot y enfría a una velocidad de 850 KJ/h. La temperatura de tu congelador debe ser la adecuada para conservar los alimentos de su interior, aproximadamente de -12° C. En tu casa la temperatura ambiente es de unos 21° C. Determina:
- La potencia que debe tener el motor del congelador para cumplir con su misión.
  - La potencia que debería tener el motor en el caso de que el rendimiento fuera de sólo el 50% del rendimiento ideal de Carnot.
15. Una bomba de calor funciona de manera reversible entre dos focos a temperaturas de 7° C y 27° C, y al ciclo se aportan 2 KW·h de energía. Determina:
- Cantidad de calor comunicada al foco caliente.
  - Cantidad de calor absorbida del foco frío.
  - Eficiencia de la bomba, según que funcione como máquina frigorífica o calorífica.
16. Calcula la cilindrada de un motor que tiene las siguientes características: carrera (L) 40 mm, cilindros 4; Diámetro pistón (calibre, D) 250 mm.

17. Un vehículo Seat Ibiza tiene un motor de 4 cilindros. Cada cilindro tiene una carrera ( $L$ ) de 90 mm, un calibre o diámetro del cilindro ( $D$ ) de 80 mm y una cámara de combustión ( $V_{cc}$ ) de 35 cm<sup>3</sup>. Calcular la cilindrada total ( $V_T$ ) y la relación de compresión ( $\rho$ ).
18. Calcular la carrera ( $L$ ) de un motor de 4 cilindros, sabiendo que la cilindrada total es de 1600 cm<sup>3</sup>, su calibre ( $D$ ) 70 mm y la relación de compresión es de 10:1. Calcular también, su volumen de cámara de combustión ( $V_{cc}$ ).
19. Calcular el volumen de cámara de combustión ( $V_{cc}$ ) y la relación de compresión ( $\rho$ ) de un motor monocilíndrico, sabiendo que su carrera ( $L$ ) es de 70 mm, su volumen total es de 450 cm<sup>3</sup> y que es un motor cuadrado (la carrera y el calibre son iguales).
20. Calcular la carrera ( $L$ ) y la relación de compresión ( $\rho$ ) de un motor de 6 cilindros, sabiendo que la cilindrada total es de 1800 cm<sup>3</sup>, su calibre ( $D$ ) 80 mm y su volumen de cámara de combustión ( $V_{cc}$ ) de 50 cm<sup>3</sup>.
21. Un motor tipo Otto de 4 cilindros desarrolla una potencia efectiva o útil de 65 CV a 3500 rpm. Se sabe que el diámetro de cada pistón es de 72 mm, la carrera de 94 mm y la relación de compresión  $\rho = 9:1$ . Determinar:
- Cilindrada del motor.
  - Volumen de la cámara de combustión.
  - Rendimiento térmico del motor. (Tomar el coeficiente adiabático  $\gamma = 1,33$ ).
  - Par motor.
22. Un motor con un rendimiento del 45,30% consume 9 litros de combustible a la hora. Considerando que la densidad del combustible es de 0,72 g/cm<sup>3</sup> y su poder calorífico  $P_c = 10000$  Kcal/kg. Determinar:
- Potencia absorbida por el motor (la potencia se expresará en CV).
  - Potencia útil (la potencia se expresará en CV).
23. Un motor de gasolina consume 7 l/h de gasolina, cuyo poder calorífico es de 9900 Kcal/Kg y cuya densidad es de 0,75 Kg/dm<sup>3</sup>. Si su rendimiento global es del 30%, y gira a 3500 rpm, indica el par motor que suministra, expresado en unidades del S.I.
24. De acuerdo al segundo principio de la termodinámica:
- Explique el fundamento del funcionamiento de los motores térmicos (1 punto)
  - Explique el fundamento del funcionamiento de las máquinas frigoríficas (1 punto)
25. Contesta los dos apartados siguientes teniendo en cuenta que las preguntas pretenden evaluar sus conocimientos de máquinas térmicas:
- Establece una clasificación de los motores térmicos.
  - Define el concepto de par motor.
26. Elige la respuesta correcta en cada uno de los casos.
- 1. Señala cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:**
- En un sistema cerrado no pueden producirse transformaciones exotérmicas.
  - Si tenemos un sistema aislado, todas las transformaciones han de ser adiabáticas.

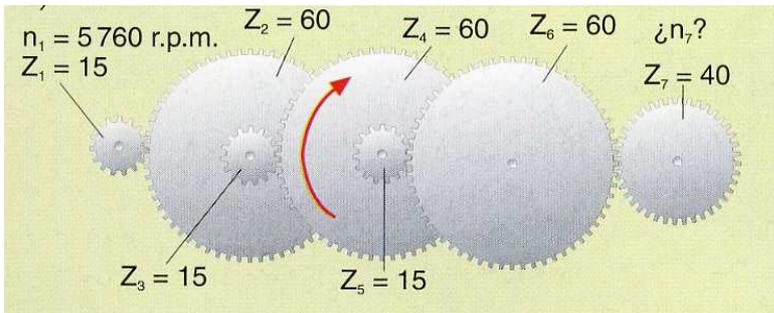
- c) En los sistemas cerrados no pueden producirse transformaciones adiabáticas.  
d) En los sistemas aislados todas las transformaciones han de ser endotérmicas.
- 2. Cuando un sistema termodinámico puede intercambiar energía pero no materia con el exterior, puede definirse desde el punto de vista termodinámico como:**
- a) Un sistema cerrado.  
b) Un sistema intercambiador de energía.  
c) Un sistema abierto.  
d) Un sistema aislado.
- 3. Indique cual de las siguientes afirmaciones es cierta:**
- a) Cualquier proceso real es siempre exotérmico.  
b) Los procesos teóricos son siempre irreversibles.  
c) En los procesos teóricos la entropía nunca aumenta.  
d) Los procesos reales son siempre irreversibles.
- 4. ¿Cuál es la expresión más correcta desde el punto de vista termodinámico para definir una "Máquina térmica"?**
- a) Es un aparato que trabaja a temperaturas altas  
b) Es cualquier aparato capaz de producir calor.  
c) Es todo aparato capaz de trabajar sin consumir calor  
d) Es todo aparato capaz de transformar calor en trabajo
- 5. El rendimiento de una máquina térmica podemos definirlo como:**
- a) Es el número de horas diarias que puede funcionar sin consumir energía.  
b) Es la proporción de calor que es capaz de transformar en trabajo.  
c) Es el cociente entre el calor tomado del foco caliente y el cedido al foco frío.  
d) Es la diferencia entre el calor tomado del foco caliente y el calor cedido al foco frío.
- 6. Desde el punto de vista termodinámico ¿Cómo se podría definir una "máquina térmica"?**
- a) Es un dispositivo que trabaja a temperaturas altas  
b) Es cualquier instrumento capaz de producir calor.  
c) Es todo aparato capaz de transformar calor en trabajo  
d) Es todo aparato capaz de trabajar sin consumir calor
- 7. El rendimiento de una máquina térmica podemos definirlo como:**
- a) Es el número de horas diarias que puede funcionar sin consumir energía.  
b) Es la diferencia entre el calor tomado del foco caliente y el calor cedido al foco frío.  
c) Es el cociente entre el calor tomado del foco caliente y el cedido al foco frío.  
d) Es el cociente entre el calor transformado en trabajo y el calor tomado del foco caliente
- 8. Teniendo en cuenta exclusivamente lo establecido por el *primer principio de la termodinámica*, indicar cuál de las siguientes afirmaciones no es correcta:**

- a) Un cuerpo frío puede ceder calor a otro más caliente aumentando la temperatura de éste y disminuyendo la temperatura del cuerpo frío.
  - b) En toda transformación a volumen constante, cualquier desprendimiento de calor se produce siempre a costa de disminuir la energía interna del sistema.
  - c) La máquina térmica más perfecta es aquella que sin consumir energía sea capaz de producir trabajo.
  - d) El calor intercambiado en cualquier transformación es el mismo tanto si se realiza en un solo paso como si lo hace en varias etapas.
- 27.** Una máquina térmica que funciona con un fluido gaseoso se comporta según un *ciclo de Carnot* perfectamente reversible, tomando un calor  $Q_1$  de un foco caliente, realizando un trabajo  $W$  y cediendo un calor  $Q_2$  a un foco frío.
- a) Represente su correspondiente diagrama p-V (0,5 pts).
  - b) Explique las cuatro etapas de las que consta el ciclo (1 pts).
  - c) Indique la fórmula que permite calcular el rendimiento del ciclo de Carnot descrito (0,5 pts).
- 28.** Contesta razonadamente a las siguientes cuestiones:
- a) Explique el ciclo de funcionamiento de un motor de explosión de dos tiempos (1 pts).
  - b) Indique una ventaja de este tipo de motor (0,5 pts).
  - c) Indique un inconveniente de este tipo de motor (0,5 pts).
- 29.** Contesta razonadamente a las siguientes cuestiones:
- a) Explique dónde se encuentra la principal fuente de emisión de agentes contaminantes por parte de los motores térmicos e indique al menos dos de los compuestos tóxicos que suelen estar presentes en estas emisiones (1 pts).
  - b) Explique cómo podría reducirse la emisión de compuestos tóxicos con los gases de escape de los motores térmicos (1 pts).
- 30.** Contesta razonadamente a las siguientes cuestiones:
- a) Dé una definición de motor térmico (0,5 pts).
  - b) Indique al menos dos de los posibles orígenes de la energía utilizada por este tipo de motor (0,5 pts).
  - c) Indique cuál es la denominación que reciben los motores de combustión en función de dónde se realice la combustión, y cite, al menos, un ejemplo de cada clase (1 pts).

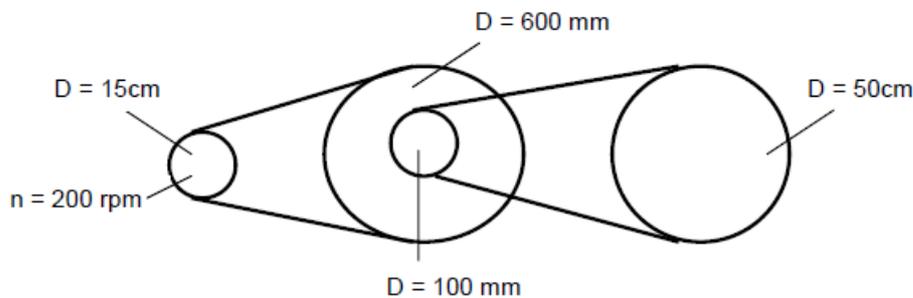
## **MECANISMOS**

- 31.** Un engranaje está formado por un piñón de 24 dientes que gira a 1200 rpm y una rueda dentada de 50 dientes. Calcula la relación de transmisión del engranaje y la velocidad de giro de la rueda conducida. Si el par en la rueda motriz es de 240 N·m, ¿cuál es el par en la rueda conducida?
- 32.** Dado el sistema de engranajes de la figura calcula:
- a) Velocidad de giro de cada uno de los engranajes

b) Relaciones de transmisiones parciales y total del sistema



33. Dado el siguiente tren de poleas, y sabiendo que  $D_1 = 15 \text{ cm}$  ,  $D_2 = 60 \text{ cm}$  ,  $D_3 = 10 \text{ cm}$  ,  $D_4 = 50 \text{ cm}$  , y que la velocidad de la polea 1 es  $n_1 = 200 \text{ rpm}$ ; Calcula las velocidades de las poleas 2, 3 y 4, así como la relación de transmisión del tren de poleas



34. El mecanismo de arrastre de un coche de juguete está formado por los siguientes elementos:
- Sistema de poleas simple. La polea unida al motor tiene un diámetro de 18 cm y gira a 360 rpm. La polea conducida tiene un diámetro de 720 mm.
  - Sistema de engranajes simple unido al eje de salida del anterior. El engranaje conducido o arrastrado gira a 30 rpm y tiene 45 dientes.

Se pide:

- a) Número de dientes del engranaje que falta.
  - c) Relación de transmisión del sistema y de cada mecanismo simple.
  - d) Sentido de giro de cada eje si el eje de salida gira en el de las agujas del reloj.
35. Una bicicleta de paseo tiene un plato con 60 dientes y un piñón de 20 dientes. Si el diámetro de las ruedas es de 80 cm y se dan 20 pedaladas por minuto, ¿cuánto se tardará en recorrer 2 km?
36. El motor de un vehículo proporciona un par de 100 N·m a 2.000 rpm. Si el sistema de transmisión a las cuatro ruedas tiene un rendimiento del 90 %, ¿de qué potencia se dispone en las ruedas del vehículo?
37. Un piñón que gira a 1000 rpm, tiene un módulo de 2 mm y diámetro primitivo 90 mm. Cuando engrana con una rueda de 60 dientes, calcula:
- a) Número de dientes del piñón.
  - b) Diámetro primitivo de la rueda.
  - c) Velocidad de la rueda.

38. Una rueda dentada de 160 mm de diámetro primitivo tiene un paso circular de 12,566 mm. Averigua su módulo y el número de dientes que posee.
39. Se tiene un motor a cuyo eje está acoplado solidariamente un tornillo sinfín, y engranado a éste una rueda dentada de 40 dientes. Si el eje del motor gira a 1.600 rpm, calcular la velocidad de giro de la rueda dentada y el tiempo que tarda en dar una vuelta completa.
40. ¿Qué velocidad de avance llevará la cremallera de un sistema de piñón-cremallera si el piñón tiene 2 mm de paso, 15 dientes y gira a 1.100 rpm? Expresar el resultado en m/s y en km/h.
41. ¿Cuánto tiempo tardará en abrirse o cerrarse una puerta de garaje basada en un mecanismo de piñón-cremallera si el piñón gira a 200 rpm, tiene 24 dientes y un paso de 6 mm? El ancho de la puerta es de 5 m.
42. Se quiere convertir un movimiento giratorio en lineal por medio de un sistema piñón-cremallera. Se sabe que el módulo del engranaje debe ser de 8 y la velocidad de desplazamiento lineal de la cremallera debe ser de 4,02 m/min. Si el eje del piñón gira a 4 rpm, calcular el número de dientes de éste para cumplir las condiciones fijadas y las dimensiones del diente.
43. Calcula el desplazamiento de la broca colocada en el portabrocas de una taladradora de columna si el piñón tiene un módulo de 1,5 mm y 20 dientes, y giramos la manivela 3 vueltas.
44. El carro portaherramientas de un torno se desplaza 20 mm al girar 16 vueltas la manivela cuyo radio es de 40 mm. Calcula el paso de la rosca.
45. Para elevar un coche de 1.500kg se utiliza un gato basado en el mecanismo tornillo-tuerca, en el que la rosca tiene dos entradas y el paso es 5mm. Si el brazo de la fuerza es 20cm y se quiere levantar el coche 20cm, calcular:
- La fuerza que es necesaria para levantar el coche.
  - El trabajo realizado.
46. Se quiere construir un motor de explosión con cuatro cilindros, cuya cilindrada total sea de 2000 cm<sup>3</sup>, y por cuestiones de diseño es preciso que el diámetro de los émbolos sean de 100 mm. Calculad la longitud de manivela que debe tener el cigüeñal.
47. El motor de un tractor suministra una potencia de 90 CV a 2000 rpm. Este movimiento se transmite íntegramente a las ruedas, las cuales giran a 150 rpm. Calcula:
- Par motor disponible.
  - Potencia disponible en las ruedas.
  - Par disponible en las ruedas.
48. Razona la *veracidad* o *falsedad* de las siguientes afirmaciones.
- La ley de la palanca dice que el cociente de la potencia por su brazo es igual al cociente de la resistencia por el suyo.
  - En un mecanismo la rueda conducida gira más deprisa que la motriz.
  - Con una polea fija levanto un objeto con la mitad de esfuerzo.
  - En un sistema reductor la rueda motriz es la más pequeña.

- e) El torno es una polea móvil.
- f) En un sistema multiplicador el engranaje arrastrado gira más deprisa que el motriz.
- g) Una rueda que gira a 6000 rpm gira más deprisa que otra que lo hace 10 rps.
- h) La relación de transmisión para dos ruedas dentadas es  $d_1/d_2$
- i) Un remo es una palanca de 2º género.
- j) Cuanto más largo es el brazo de potencia, más peso puedo levantar.

**49.** Contesta y/o completa las siguientes preguntas.

- a) Si tengo dos ruedas unidas con una correa, de distinto tamaño, ¿cuál de ellas girará más deprisa?, y ¿cuál de ellas transmitirá más fuerza?
- b) En un sistema reductor la rueda motriz es más.....
- c) Una rueda dentada tiene 25 dientes y gira a 200 rpm, está unida a otra rueda dentada de 25 dientes, ¿a qué velocidad gira la segunda rueda?
- d) Una rueda dentada tiene 25 dientes y gira a 100 rpm, está unida a otra rueda dentada de 50 dientes, ¿a qué velocidad gira la segunda rueda?.
- e) Una rueda dentada tiene 25 dientes y gira a 200 rpm, está unida a otra rueda dentada que gira a 100 rpm, ¿cuántos dientes tiene la segunda rueda?
- f) Una polea tiene 10 cm de diámetro y gira a 200 rpm, está unida a otra rueda de 40 cm de diámetro ¿a qué velocidad gira la segunda rueda?
- g) En un tren de poleas formado por cuatro ruedas, la rueda 2 y la rueda 3 giran a .....velocidad por que están en el mismo eje.

**50.** Indica si son *verdaderas* (V) o *falsas* (F) las siguientes afirmaciones:

- a) Un cascanueces es una palanca de tercer grado.
- b) La palanca, la polea y el polipasto son mecanismos de transmisión lineal del movimiento.
- c) El tornillo sin fin es un mecanismo de transformación del movimiento.
- d) El piñón-cremallera, el husillo-tuerca y la manivela-torno, son mecanismos de transmisión circular de movimiento.
- e) La biela-manivela, el cigüeñal, la leva y la excéntrica, son mecanismos de transformación del movimiento.
- f) Son mecanismos reversibles, el piñón-cremallera y la biela-manivela.
- g) La relación de transmisión es la relación que se establece entre el tamaño de las ruedas y su velocidad de giro.
- h) La velocidad de giro de un engranaje se mide en revoluciones por hora.
- i) El engranaje cónico permite la transmisión de movimiento entre ejes paralelos.
- j) En un tornillo sin fin el movimiento sólo se transmite del tornillo hacia la rueda dentada.
- k) Un mecanismo con leva y seguidor transforma el movimiento circular en rectilíneo alternativo.

## SOLUCIONARIO

- $T_1 = 273 + 20 = 293 \text{ K}$  (foco frío);  $T_2 = 273 + 800 = 1073 \text{ K}$  (foco caliente);  
Rendimiento ciclo Carnot  $\rightarrow \eta_c = 1 - T_1/T_2 = 1 - 293/1073 = 0,7269 \rightarrow \eta_c = \mathbf{72,69\%}$
- $T_1 = 273 + 30 = 303 \text{ K}$  (foco frío);  $T_2 = 273 + 250 = 523 \text{ K}$  (foco caliente)  
Rendimiento ciclo Carnot  $\rightarrow \eta_c = 1 - T_1/T_2 = 1 - 303/523 = 0,4206 \rightarrow \eta_c = 42,06\%$ 
  - $\eta = 0,65 \cdot \eta_c = 0,2733 \rightarrow \eta = \mathbf{27,33\%}$
  - $\eta = (W/t) / (Q/t) \rightarrow Q/t = P/\eta = 6000 / 0,2733 = \mathbf{21953,9 \text{ W}}$
  - $21953,9 \text{ W} = 79034040 \text{ J} = 18968169,6 \text{ cal} \rightarrow Q = m \cdot P_c \rightarrow m = Q / P_c = \mathbf{2,71 \text{ Kg}}$
- Datos: ISOTERMA  $\rightarrow T_1 = T_2$ ;  $V_2 = 3V_1$ ;  $V_1 = 30 \text{ dm}^3 = 0,03 \text{ m}^3$ ;  $T_1 = 800 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $P_1 = 36'165 \text{ kg/cm}^2 = 361650 \text{ Kg/m}^2$ 
  - $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \rightarrow P_2 = P_1 \cdot V_1 / V_2$   
 $V_2 = 3V_1 = 3 \cdot 30 \text{ dm}^3 = 90 \text{ dm}^3 = 0,09 \text{ m}^3$   
 $P_2 = P_1 \cdot V_1 / V_2 = 36,165 \cdot 30 / 90 = 12'055 \text{ kg/cm}^2$
  - $V_1 = 30 \text{ dm}^3 = 0'03 \text{ m}^3$   
 $P_1 = 36'165 \text{ kg/cm}^2 = 361650 \text{ kg/m}^2$   
 $W = P_1 \cdot V_1 \cdot \ln(V_2 / V_1) = 361650 \cdot 0,03 \cdot \ln(0,09 / 0,03) = 11919,4 \text{ kgm}$
  - Isoterma  $\rightarrow Q = W$  (calorías)  $\rightarrow 1 \text{ caloría} = 0,427 \text{ kgm} = 4,18 \text{ J}$   
 $Q = 11919,4 / 0,427 = 27914,28 \text{ calorías} \approx 28 \text{ Kcal}$
- Datos: ISOBARA  $\rightarrow P_1 = P_2$ ;  $V_2 = 3V_1$ ;  $T_1 = 51 \text{ }^\circ\text{C} = 51 + 273 = 324 \text{ }^\circ\text{K}$ ;  $C_p = 7$   
 $V_1 / T_1 = V_2 / T_2 \rightarrow T_2 = T_1 \cdot V_2 / V_1 = 324 \cdot 3V_1 / V_1 = 324 \cdot 3 = 972 \text{ }^\circ\text{K}$   
 $Q = n \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) = 0'06 \cdot 7 \cdot (972 - 324) = 273 \text{ calorías}$
- Datos:  $P_3 = 10000 \text{ kg/m}^2$ ;  $V_3 = 0,2 \text{ m}^3$ ;  $V_3 = 5V_4$ ;  $V_4 = 2V_1$ ;  $\alpha = 1,41$ ; AB y CD  $\rightarrow$  Isoterma; BC y DA  $\rightarrow$  Adiabática  
Isoterma CD (3-4)  
 $V_3 = 5V_4 \rightarrow V_4 = V_3 / 5 = 0,2 / 5 = 0,04 \text{ m}^3$   
 $P_3 \cdot V_3 = P_4 \cdot V_4 \rightarrow P_4 = P_3 \cdot V_3 / V_4 = 10000 \cdot 0,2 / 0,04 = 50000 \text{ kg/m}^2$   
 **$V_4 = 0,04 \text{ m}^3$ ;  $P_4 = 50000 \text{ kg/m}^2$**   
Adiabática DA (4-1)  
 $V_4 = 2V_1 \rightarrow V_1 = V_4 / 2 = 0,04 / 2 = 0,02 \text{ m}^3$   
 $P_1 \cdot V_1^\alpha = P_4 \cdot V_4^\alpha \rightarrow P_1 = P_4 \cdot V_4^\alpha / V_1^\alpha = 50000 \cdot (0,04 / 0,02)^{1,41} = 50000 \cdot 2'65 = 132500 \text{ kg/m}^2$   
 **$V_1 = 0'02 \text{ m}^3$ ;  $P_1 = 132500 \text{ kg/m}^2$**   
Punto B (2)  
Isoterma AB (1-2)  $\rightarrow P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \rightarrow 132500 \cdot 0,02 = P_2 \cdot V_2 \rightarrow 2650 = P_2 \cdot V_2$   
Adiabática BC (2-3)  $\rightarrow P_3 \cdot V_3^\alpha = P_2 \cdot V_2^\alpha \rightarrow 10000 \cdot 0,2^{1,41} = P_2 \cdot V_2^{1,41} \rightarrow 1034 = P_2 \cdot V_2^{1,41}$   
 $(1034 / 2650) = (P_2 \cdot V_2^{1,41}) / (P_2 \cdot V_2) \rightarrow 0'4 = V_2^{(1,41 - 1)} = V_2^{0'41} \rightarrow V_2 = 0'4^{1/0'41} = 0'4^{2'44} = 0'1 \text{ m}^3$   
 **$V_2 = 0'1 \text{ m}^3$ ;  $2650 = P_2 \cdot V_2 \rightarrow P_2 = 2650 / 0,1 = 26500 \text{ Kg/m}^2$ ;  $P_2 = \mathbf{26500 \text{ Kg/m}^2}$**

6. 1 kWh = 864 Kcal

a)  $\eta = W / Q_1 = 864 / 2150 = 0,4$

$\eta = (T_1 - T_2) / T_1 \rightarrow T_2 = T_1 \cdot (1 - \eta) = 500 \cdot 0,6 = 300 \text{ }^\circ\text{K}$

b)  $T_1 = T_2 / (1 - \eta) = 273 / 0,6 = 455 \text{ }^\circ\text{K}$

7. Datos: P = 0,8 atm; V<sub>i</sub> = 9 l ; V<sub>f</sub> = 2 l ; Q = - 500 J

a)  $W = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_f - V_i) = 0,8 \cdot (2 - 9) = - 5,6 \text{ atm}\cdot\text{l} = - 567,5 \text{ J}$

b)  $\Delta U = Q - W = -500 + 567,5 = 67,5$

8. Datos: Q<sub>2</sub> = 400 J; W = 30 J

a)  $\eta = W / Q_1 = 30 / 400 = 0,075 \rightarrow \eta = 7,5\%$

b)  $W = Q_1 - Q_2 \rightarrow Q_2 = Q_1 - W = 400 - 30 = 370\text{J}$

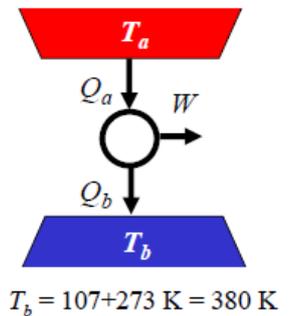
9. Datos:  $\eta_{rev} = 24\%$ ; T<sub>b</sub> = 107 °C = 380 °K; Q<sub>b</sub> = 100 Kcal

$\eta_{rev} = 1 - T_b / T_a = 0,24 \rightarrow 380 / T_a = 1 - 0,24 \rightarrow T_a = 380 / 0,76 = 500 \text{ }^\circ\text{K}$

$\eta_{rev} = 1 - Q_b / Q_a = 1 - 100 / Q_a \rightarrow 0,76 = 100 / Q_a \rightarrow Q_a = 100 / 0,76 =$

**131,58 Kcal**

Q<sub>a</sub> es el calor cedido por el foco caliente a la máquina térmica. Al calor cedido por el foco caliente a la máquina térmica se le debe atribuir signo negativo, ya que es calor que sale del foco caliente considerado como sistema.



10. Datos: T<sub>a</sub> = 500 °K; T<sub>b</sub> = 107 °C = 300 °K; P = 20 KW; el ciclo termodinámico se repite 5 veces por segundo  $\rightarrow t_{ciclo} = 1 / 5 = 0,20 \text{ s}$

$\eta_{rev} = 1 - T_b / T_a = 1 - 300 / 500 = 0,4$  (máximo posible entre 500 °K y 300 °K)

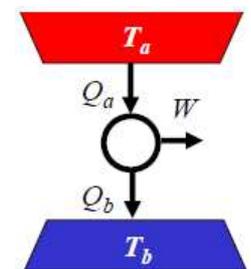
Rendimiento:  $\eta = \eta_{rev} / 4 = 0,1$

Trabajo en cada ciclo:  $P = 20 \text{ KJ / s} = W_{ciclo} / t_{ciclo} = W_{ciclo} / 0,2$

**W<sub>ciclo</sub> = 4 KJ**

Calor extraído del foco caliente en cada ciclo:  $\eta = W_{ciclo} / Q_a \rightarrow Q_a = W_{ciclo} / \eta = 40 \text{ KJ}$

Calor vertido al foco frío en cada ciclo:  $Q_a - |Q_b| = W_{ciclo} \rightarrow |Q_b| = W_{ciclo} - Q_a = 40 - 4 = 36 \text{ KJ}$



11. Datos: T<sub>a</sub> = 20 °C = 273 + 20 = 293 °K; T<sub>b</sub> = -18 °C =

273 - 18 = 255 °K; P = 2 KW; COP = COP<sub>rev</sub> / 3

$\epsilon_{rev} = COP_{rev} = T_b / (T_b - T_a) = 255 / 38 = 6,71$

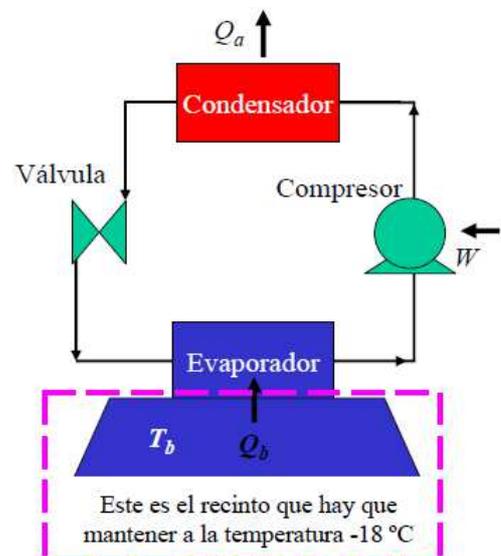
$\epsilon = COP = Q_b / |W| = COP_{rev} / 3 = 2,24$

Es decir, por cada unidad de energía aportada, se extraen 2.24 unidades de energía del foco frío (el congelador).

$Q_b = 2,24 \cdot |W|$

Energía extraída por unidad de tiempo:  $|W| = 2 \text{ KJ / s}$

**Q<sub>b</sub> = 2,24 · |W| = 2,24 · 2 = 4,48 KJ / s**



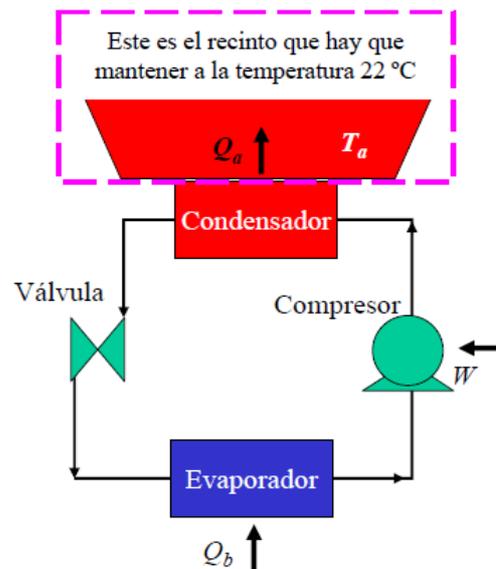
12. Datos:  $T_a = 22\text{ }^\circ\text{C} = 295\text{ }^\circ\text{K}$ ;  $T_b = 2\text{ }^\circ\text{C} = 275\text{ }^\circ\text{K}$ ;  $|W| = 0,5\text{ KW}$ ;  $|Q_a| = 8\text{ KW}$

$$\varepsilon = \text{COP} = Q_a / |W| = 8 / 0,5 = 16$$

Máximo valor de la eficiencia para un ciclo frigorífico usado como bomba de calor entre  $275\text{ }^\circ\text{K}$  y  $295\text{ }^\circ\text{K}$ :

$$\varepsilon_{\text{rev}} = \text{COP}_{\text{rev}} = T_a / (T_a - T_b) = 295 / 20 = 14,75$$

La eficiencia que el inventor atribuye a su invento es mayor que la máxima permitida por la segunda ley, por lo tanto esta bomba de calor no funcionará con las especificaciones que alega el inventor.



13. Datos:  $\eta = 40\%$ ;  $Q_2 = 3000\text{ calorías}$

$$a) \eta = 1 - Q_2 / Q_1 = W / Q_1 \rightarrow Q_1 = Q_2 / (1 - \eta) = 3000 / 0,6 = 5000\text{ calorías}$$

$$\text{Y el trabajo es: } W = Q_1 - Q_2 = 5000 - 3000 = \mathbf{2000\text{ calorías}}$$

$$b) 1\text{ cal} = 4,186\text{ Julios. Como la potencia es } 2000\text{ J/s} \rightarrow 2000\text{ J} = 477,78\text{ calorías}$$

$$\text{El tiempo de duración de cada ciclo es: } t = W / P = 2000 / 477,78 = \mathbf{4,2\text{ s}}$$

14. Datos:  $Q_f = 850\text{ KJ/h}$ ;  $T_c = 21\text{ }^\circ\text{C} = 273 + 21 = 294\text{ }^\circ\text{K}$ ;  $T_f = -12\text{ }^\circ\text{C} = 273 + (-12) = 261\text{ }^\circ\text{K}$ ;

$$\text{COP}_{\text{real}} = 50\% \text{ COP}_{\text{ideal}}$$

a) Aplicando la expresión del ciclo de Carnot frigorífico:

$$\text{COP}_{\text{ideal}} = T_f / (T_c - T_f) = 261 / (294 - 261) = 7,91$$

$$\text{COP}_{\text{ideal}} = Q_f / W \rightarrow W = Q_f / \text{COP}_{\text{ideal}} = 850 / 7,91 = 107,46\text{ KJ (en 1 hora)}$$

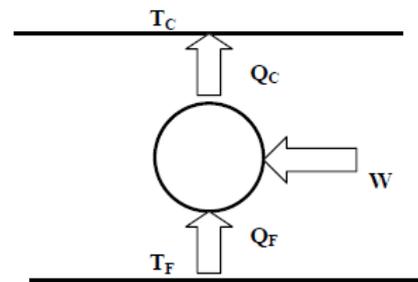
$$P = 107,46\text{ KJ/h} = 29,85\text{ J/s} = \mathbf{29,85\text{ W}}$$

b) La máquina real tiene el 50% del rendimiento ideal:

$$\text{COP}_{\text{real}} = 0,5 \cdot \text{COP}_{\text{ideal}} = 3,955$$

$$\text{COP}_{\text{real}} = Q_f / W \rightarrow W = Q_f / \text{COP}_{\text{real}} = 850 / 3,955 = 214,92\text{ KJ (en 1 hora)}$$

$$P = 214,92\text{ KJ/h} = 59,70\text{ J/s} = \mathbf{59,70\text{ W}}$$



15. Datos:  $W = 2\text{ KW}\cdot\text{h}$ ;  $T_c = 27\text{ }^\circ\text{C} = 273 + 27 = 300\text{ }^\circ\text{K}$ ;  $T_f = 7\text{ }^\circ\text{C} = 273 + 7 = 280\text{ }^\circ\text{K}$

El proceso no se puede realizar en el orden de las cuestiones, pues lo primero que se debe calcular es la eficiencia de la máquina, para después calcular los calores a partir del trabajo aportado.

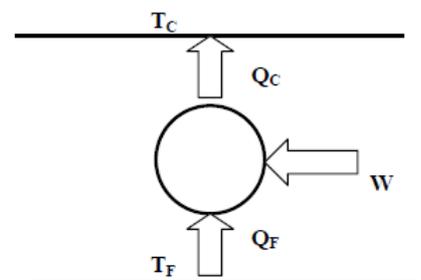
$$\varepsilon_{\text{bomba}} = T_c / (T_c - T_f) = 300 / (300 - 280) = \mathbf{15}$$

$$\varepsilon_{\text{frigorífico}} = T_f / (T_c - T_f) = 280 / (300 - 280) = \mathbf{14}$$

$$2\text{ KW}\cdot\text{h} = 2 \cdot 3600000 = 7200000\text{ J} = 1,728 \cdot 10^6\text{ cal} = 1728\text{ Kcal}$$

$$\varepsilon_{\text{bomba}} = Q_c / W \rightarrow Q_c = \varepsilon_{\text{bomba}} \cdot W = 15 \cdot 1728 = \mathbf{25920\text{ Kcal}}$$

$$Q_f = Q_c - W = 25920 - 1728 = \mathbf{24192\text{ Kcal}}$$



16.  $V_c = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot L = (\pi \cdot 25^2 / 4) \cdot 4 = 1963,5\text{ cm}^3$

$$\text{Al ser 4 cilindros} \rightarrow V_T = V_c \cdot n = 1963,5 \cdot 4 = 7854\text{ cm}^3$$

### 17. Datos

$$n \text{ (número de cilindros)} = 4$$

$$L \text{ (carrera)} = 90 \text{ mm} = 9 \text{ cm}$$

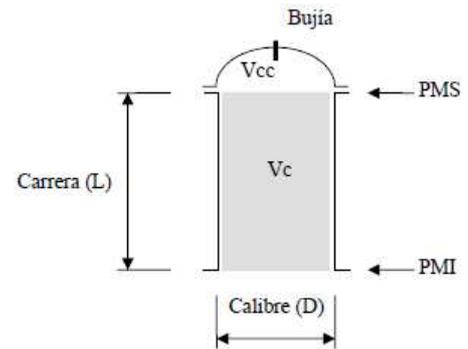
$$D \text{ (calibre)} = 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$$

$$V_{cc} \text{ (volumen cámara de combustión)} = 35 \text{ cm}^3$$

$$V_c \text{ (cilindrada unitaria)} = \text{Área Base} \cdot L = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot L = (\pi \cdot 8^2 / 4) \cdot 9 = 452,4 \text{ cm}^3$$

$$V_T = V_c \cdot n = 452,4 \cdot 4 = 1810 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 1 + (V_c / V_{cc}) = 1 + (452,4 / 35) = 14:1$$



### 18. Datos

$$n = 4; V_T = 1600 \text{ cm}^3; D = 70 \text{ mm} = 7 \text{ cm}; \rho = 10:1$$

$$V_T = V_c \cdot n \rightarrow V_c = V_T / n = 1600 / 4 = 400 \text{ cm}^3$$

$$V_c = \text{Área Base} \cdot L = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot L \rightarrow L = (V_c \cdot 4) / (\pi \cdot D^2) = 400 \cdot 4 / \pi \cdot 7^2 = 10,4 \text{ cm}$$

$$\rho = 1 + (V_c / V_{cc}) \rightarrow V_{cc} = V_c / (\rho - 1) = 400 / (10 - 1) = 44,44 \text{ cm}^3$$

### 19. Datos

$$n = 1; V_T = 450 \text{ cm}^3; \text{motor cuadrado} \rightarrow D = L = 70 \text{ mm} = 7 \text{ cm}$$

$$V_c = \text{Área Base} \cdot L = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot L = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot D = (\pi \cdot D^3) / 4 = (\pi \cdot 7^3) / 4 = 269,4 \text{ cm}^3$$

$$V_T = V_c + V_{cc} \rightarrow V_{cc} = V_T - V_c = 450 - 269,4 = 180,6 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 1 + (V_c / V_{cc}) = 1 + (269,4 / 180,6) = 2,5:1$$

$$V_{cc} = 180,6 \text{ cm}^3; \rho = 2,5 : 1$$

### 20. Datos

$$n = 6; V_T = 1880 \text{ cm}^3; \text{motor cuadrado} \rightarrow D = 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}; V_{cc} = 50 \text{ cm}^3$$

$$V_T = V_c \cdot n \rightarrow V_c = V_T / n = 1880 / 6 = 300 \text{ cm}^3$$

$$V_c = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot L \rightarrow L = (V_c \cdot 4) / (\pi \cdot D^2) = 300 \cdot 4 / \pi \cdot 8^2 = 5,97 \text{ cm}$$

$$\rho = 1 + (V_c / V_{cc}) = 1 + (300 / 50) = 7:1$$

$$L = 5,97 \text{ cm}; \rho = 7:1$$

### 21. Datos: D = 72 mm = 7,2 cm; L = 94 mm = 9,4 cm; P = 65 CV; N (velocidad de giro) = 6500 rpm;

$$\rho = 9:1; n \text{ (nº de cilindros)} = 4$$

$$c) V_c = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot L = (\pi \cdot 7,2^2 / 4) \cdot 9,4 = 382,72 \text{ cm}^3; V_T = V_c \cdot n = 382,72 \cdot 4 \cong 1531 \text{ cm}^3$$

$$d) \rho = 1 + (V_c / V_{cc}) \rightarrow 9 = (382,72 + V_{cc}) / V_{cc} \rightarrow 9 \cdot V_{cc} = 382,72 + V_{cc} \rightarrow 8 \cdot V_{cc} = 382,72; V_{cc} = 47,82 \text{ cm}^3$$

$$e) \gamma - 1 = 1,33 - 1 = 0,33; \eta_T = 1 - 1 / [\rho^{(\gamma - 1)}] = 1 - 1 / 9^{0,33} = 1 - 1 / 2,065 = 0,5157 \rightarrow \eta_T = 51,57\%$$

$$f) 65 \text{ CV} = 47480 \text{ W} \rightarrow P_{\text{util}} = M \cdot \omega = M \cdot (2\pi \cdot N) / 60 \text{ (rad/s)}$$

$$M = (P_{\text{util}} \cdot 60) / (2\pi \cdot N) = (47480 \cdot 60) / (2\pi \cdot 3500) = 130,52 \text{ N}\cdot\text{m}$$

### 22. Datos: $\eta = 45,30\%$ ; consumo = 9 litro/h; d = 0,72 g/cm<sup>3</sup>; Pc = 10000 Kcal/Kg

$$a) d = 0,72 \text{ g/cm}^3 = 0,72 \text{ kg/dm}^3 = 0,72 \text{ kg/litro} \rightarrow m/h = V \cdot d / h = 9 \cdot 0,72 / h = 6,48 \text{ Kg/h}$$

$$Q/h = (m \cdot P_c) / h = 6,48 \cdot 10000 / h = 6,48 \cdot 10^4 \text{ Kcal/h} = 6,48 \cdot 10^7 \text{ cal/h}$$

$$P_{\text{absorvida}} = 6,48 \cdot 10^7 \text{ cal/h} = (6,48 \cdot 10^7 \cdot 4,18) \text{ J} / 3600 \text{ s} = 7,524 \cdot 10^4 \text{ J/s} = 7,524 \cdot 10^4 \text{ W} = \mathbf{102,23 \text{ CV}}$$

$$\text{b) } \eta = P_{\text{útil}} / P_{\text{absorvida}} \rightarrow P_{\text{útil}} = \eta \cdot P_{\text{absorvida}} = 0,4530 \cdot 102,23 = \mathbf{46,31 \text{ CV}}$$

**23. Datos:**  $V = 7 \text{ l}$ ;  $d = 0,75 \text{ Kg/l}$ ;  $P_c = 9900 \text{ Kcal}$ ;  $\eta = 30 \%$ ;  $n = 3500 \text{ rpm}$

$$m = d \cdot V = 0,75 \cdot 7 = 5,25 \text{ Kg}$$

$$Q = m \cdot P_c = 5,25 \cdot 9900 = 51975 \text{ Kcal}; \text{ La cantidad de calor a la hora será } Q/h = 51975 \text{ Kcal/h}$$

Pero como el rendimiento es del 30%, solamente se utilizan  $51975 \cdot 0,3 = 15592 \text{ Kcal/h}$

$$P_{\text{útil}} = 15592 \text{ Kcal/h} = 15592000 \cdot 4,18 / 3600 = 18104,6 \text{ W}$$

$$P = M \cdot \omega = M \cdot (2\pi \cdot n) / 60 \rightarrow 3500 \text{ rpm} = 366,5 \text{ rad/s}$$

$$\mathbf{M = P / \omega = 18104,6 / 366,5 = 49,4 \text{ N}\cdot\text{m}}$$

**24. Solución:**

a) De acuerdo al segundo principio de la termodinámica, los motores térmicos absorben calor de un foco caliente y ceden calor a un foco frío que se encuentre a menor temperatura, transformando en trabajo la diferencia entre ambos calores. Es imposible construir una máquina que, operando cíclicamente, transforme el calor de entrada que recibe íntegramente en trabajo. El *rendimiento máximo* para esta máquina es:  $\eta_{\text{máx}} = 1 - T_f/T_c$ .

b) De acuerdo al segundo principio de la termodinámica, las máquinas frigoríficas absorben calor de un foco frío y ceden calor a un foco caliente que se encuentre a mayor temperatura, consumiendo trabajo para ello. Es imposible construir una máquina que, operando cíclicamente, extraiga calor de un foco frío y lo ceda todo a un foco caliente, sin recibir un trabajo mecánico adicional desde el exterior. La *eficiencia máxima* de esta máquina, entendida como el calor frío que absorbe del foco frío entre el trabajo adicional necesario para ello es:  $\epsilon_{\text{máx}} = T_f/(T_c - T_f)$ .

**25. Clasificación de los motores térmicos**

- **DE COMBUSTIÓN INTERNA** (la combustión se produce dentro del motor en el mismo lugar donde se encuentran alojados los mecanismos de transmisión y transformación del movimiento)
  - *Alternativos* (el movimiento producido es alternativo)
    - Motores de explosión o de encendido provocado (MEP) (motores Otto) → Ciclo Otto. La combustión se inicia por causa externa como una chispa. Ej. Motor de explosión de 2 y 4 tiempos.
    - Motores de combustión, de encendido por compresión (MEC) (motores Diesel) → Ciclo Diesel. La combustión se produce por autoinflamación del combustible. Ej. Motor Diesel de 2 y 4 tiempos.
  - *Rotativos* (el movimiento producido es rotativo)
    - Motor Wankel (MEP): motor rotativo volumétrico.
    - Turbinas de gas de ciclo abierto (motores de propulsión-aviación) → Ciclo Brayton

➤ **DE COMBUSTIÓN EXTERNA** (la combustión se produce en el exterior del motor en diferente lugar a donde se encuentran los mecanismos de transmisión del movimiento, siendo un fluido intermedio el encargado de provocar el movimiento de la máquina)

- *Alternativos*

- Máquina de vapor → Ciclo Rankine
- Motor Stirling

- *Rotativos*

- Turbinas de vapor (en centrales térmicas y nucleares) → Ciclo Rankine
- Turbinas de gas de ciclo cerrado (en plantas o industrias de cogeneración)

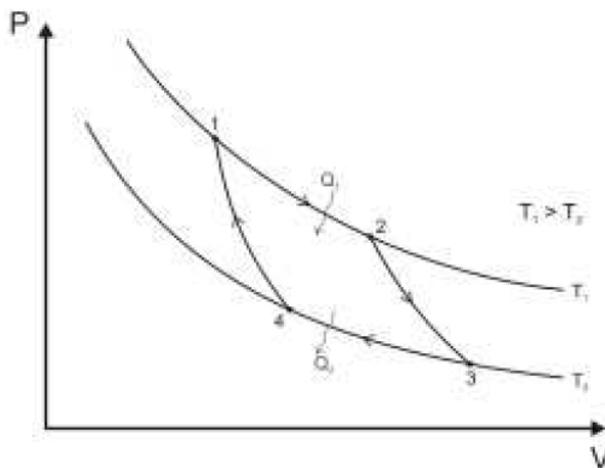
Par motor

Es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia. O dicho de otro modo, momento mecánico de rotación que actúa sobre el eje del motor y lo hace girar. En un motor de 4 tiempos el par motor se obtiene en el cigüeñal y depende del régimen de giro del motor. En el S.I. se mide en  $N \cdot m$ . El par motor no es una constante del motor puesto que es función de la velocidad de giro del mismo. La potencia útil de ese motor vendrá por la siguiente fórmula:  $P_u = M \cdot \omega$  ( $M \rightarrow$  par motor,  $\omega \rightarrow$  velocidad de giro del cigüeñal).

26. 1) b; 2) a; 3) d; 4) d; 5) b; 6) c; 7) d; 8) c

27. Solución:

l) Diagrama p-V



m) A → B: Expansión isoterma a  $T_1$ . Por ser isoterma no varía su energía interna; por tanto, el trabajo que realiza es igual al calor  $Q_1$  que recibe del foco caliente.

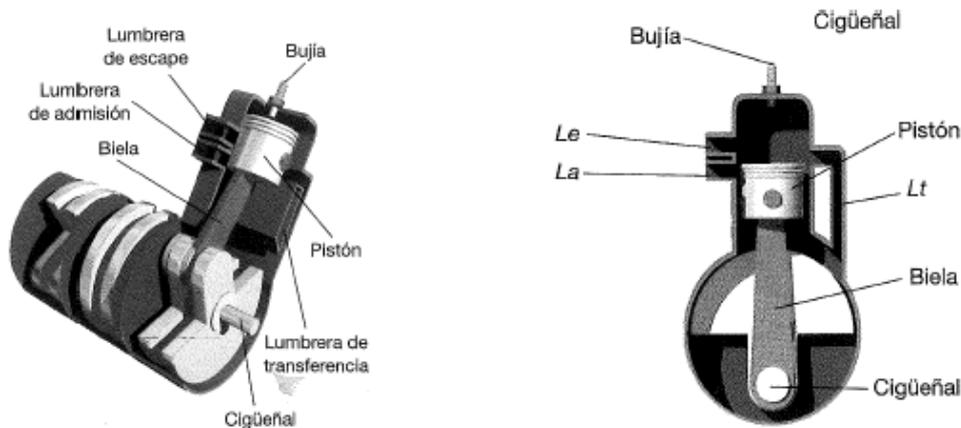
B → C: Expansión adiabática desde  $T_1$  hasta  $T_2 < T_1$ . Por ser adiabático no intercambia calor; por tanto, el trabajo que realiza es igual a la disminución de su energía interna.

C → D: Compresión isoterma a  $T_2$ . Por ser isoterma no varía su energía interna; por tanto, el trabajo que recibe es igual al calor  $Q_2$  que cede al foco frío.

D → A: Compresión adiabática desde  $T_2$  hasta  $T_1 > T_2$ . Por ser adiabático no intercambia calor; por tanto, el trabajo que recibe es igual al aumento de su energía interna.

- n) Para una máquina térmica directa el rendimiento es igual al trabajo que realiza entre el calor de entrada que absorbe del foco caliente. En el caso particular que nos ocupa el rendimiento es el mayor posible:  $\eta = 1 - T_2/T_1$ , siendo  $T_1$  y  $T_2$  las temperaturas del foco caliente y frío respectivamente.

28.



- a) **Primera etapa: Expansión-Escape:** Con la combustión de la mezcla se ejerce una presión sobre el pistón, que desciende arrastrando el cigüeñal. Se descubre la *lumbrera de escape* ( $Le$ ), saliendo al exterior los gases de combustión, y al abrirse la *lumbrera de transferencia* ( $Lt$ ) entra al cilindro la mezcla procedente del cárter, desalojando el resto de los gases de combustión. El pistón, que ahora se encuentra en el *punto muerto inferior (PMI)* está preparado para comenzar un nuevo ciclo.

**Segunda etapa: Admisión-Compresión:** El pistón, impulsado por el cigüeñal, asciende desde el *PMI* hasta el *punto muerto superior (PMS)* comprimiendo la mezcla que está en el cilindro. A la vez, con la lumbrera de escape cerrada, se descubre la *lumbrera de admisión* ( $La$ ) para que entre al cárter una nueva cantidad de mezcla. Cuando el pistón alcanza el *PMS* la chispa ocasiona la combustión de la mezcla presente en el cilindro.

- b) Indicar al menos una ventaja de entre las siguientes:
- Sencillez de construcción (ya que carece de árbol de levas y en consecuencia de la correspondiente correa de distribución)
  - No existen válvulas (que originan problemas de desgaste)
  - Mayor potencia (se genera trabajo útil en cada vuelta de cigüeñal)
  - Mejor funcionamiento del sistema de transmisión.
- c) Indicar al menos un inconveniente de entre los siguientes:
- Mayor temperatura de funcionamiento (ya que la combustión de la mezcla se produce con una frecuencia superior).
  - Mayor desgaste de sus órganos (por la misma razón de antes).
  - Mayores niveles de contaminación generados por la combustión de los aditivos de la mezcla.

29. Solución:

- a) La fuente de emisión fundamental de agentes contaminantes se encuentra en los gases de escape que se producen en la combustión. En el caso ideal estos gases estarían formados por *dióxido de carbono*, *vapor de agua* y *nitrógeno*. Sin embargo, junto a los anteriores también se emiten agentes contaminantes.

Ejemplo 1. Monóxido de carbono: se produce en las combustiones incompletas por escasez de oxígeno. Es muy tóxico, puesto que destruye la hemoglobina en sangre al inhalarse.

Ejemplo 2. Óxidos de azufre: proceden de la oxidación del azufre que contiene el combustible. Son responsables de la lluvia ácida junto con los óxidos de nitrógeno.

- b) La actuación sobre los gases de escape puede efectuarse mediante un *catalizador*, que se encarga de neutralizar simultáneamente los tres contaminantes principales: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos no quemados.

### 30. Solución:

- a) Motor térmico: Dispositivo que funcionando periódicamente transforma calor en trabajo mecánico.
- b) El calor necesario procede, en la mayor parte de los casos, de la energía liberada en una combustión.
- Origen 1. Gas natural.
  - Origen 2. Petróleo: de él se extraen por ejemplo los GLP, gasolina y gasóleo.
- c) Combustión externa: La combustión tiene lugar fuera del motor. Ejemplos: máquina de vapor, motor Stirling, turbina de vapor.

Combustión interna: La combustión tiene lugar en el interior del motor. Ejemplos: De encendido provocado (motor de explosión), de encendido por compresión (motor Diesel).

### 31. Datos: $Z_1 = 24$ dientes; $n_1 = 1200$ rpm; $Z_2 = 50$ dientes; $M_1 = 240$ N·m

$$n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2; i = n_2 / n_1 = Z_1 / Z_2$$

$$i = Z_1 / Z_2 = 24 / 50 = \mathbf{0,48}$$

$$1200 \cdot 24 = n_2 \cdot 50 \rightarrow n_2 = 28800 / 50 = \mathbf{576 \text{ rpm}}$$

El par de la rueda conducida aumenta en la misma proporción que disminuye la velocidad de giro  $\rightarrow M_2 = M_1 / i = 240 / 0,48 = 500$  N·m

### 32. Datos: $Z_1 = Z_3 = Z_5 = 15$ dientes; $n_1 = 5760$ rpm; $Z_2 = Z_4 = Z_6 = 60$ dientes; $Z_7 = 40$ dientes

$$i_T = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 = (Z_1 / Z_2) \cdot (Z_3 / Z_4) \cdot (Z_5 / Z_6) \cdot (Z_6 / Z_7) = (Z_1 / Z_2) \cdot (Z_3 / Z_4) \cdot (Z_5 / Z_7) = \\ = (15 / 60) \cdot (15 / 60) \cdot (15 / 40) = 0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,375 = \mathbf{0,023}$$

$$i_1 = i_2 = i_3 = 15 / 60 = \mathbf{0,25}; i_4 = 60 / 40 = \mathbf{1,5}$$

$$i_T = n_7 / n_1 \rightarrow n_7 = i_T \cdot n_1 = 0,023 \cdot 5760 = \mathbf{135 \text{ rpm}}$$

$i_1 = n_2 / n_1 \rightarrow n_2 = i_1 \cdot n_1 = 0,25 \cdot 5760 = \mathbf{1440 \text{ rpm}}$ ; Como el engranaje 2 y el 3 están en el mismo eje, girarán a la misma velocidad  $\rightarrow n_3 = n_2 = \mathbf{1440 \text{ rpm}}$

$$i_2 = n_4 / n_3 \rightarrow n_4 = i_2 \cdot n_3 = 0,25 \cdot 1440 = \mathbf{360 \text{ rpm}}$$
; Por la razón anterior  $\rightarrow n_5 = n_4 = \mathbf{360 \text{ rpm}}$

$$i_3 = n_6 / n_5 \rightarrow n_6 = i_3 \cdot n_5 = 0,25 \cdot 360 = \mathbf{90 \text{ rpm}}$$

- 33. Datos:**  $D_1 = 15 \text{ cm}$ ;  $D_2 = 60 \text{ cm}$ ;  $D_3 = 10 \text{ cm}$ ;  $D_4 = 50 \text{ cm}$ ;  $n_1 = 200 \text{ rpm}$   
 $i_T = i_1 \cdot i_2 = (D_1 / D_2) \cdot (D_3 / D_4) = (15 / 60) \cdot (10 / 50) = 0,25 \cdot 0,2 = \mathbf{0,05}$   
 $i_1 = n_2 / n_1 \rightarrow n_2 = i_1 \cdot n_1 = 0,25 \cdot 200 = \mathbf{50 \text{ rpm}}$ ; Como la polea 2 y la 3 están en el mismo eje, girarán a la misma velocidad  $\rightarrow n_3 = n_2 = \mathbf{50 \text{ rpm}}$   
 $i_2 = n_4 / n_3 \rightarrow n_4 = i_2 \cdot n_3 = 0,2 \cdot 50 = \mathbf{10 \text{ rpm}}$
- 34. Datos:**  $D_1 = 18 \text{ cm}$ ;  $n_1 = 360 \text{ rpm}$ ;  $D_2 = 72 \text{ cm}$ ;  $Z_4 = 45 \text{ dientes}$ ;  $n_4 = 30 \text{ rpm}$   
 $i_1 = n_2 / n_1 = D_1 / D_2 = 18 / 72 = \mathbf{0,25}$ ;  $n_2 = i_1 \cdot n_1 = 0,25 \cdot 360 = \mathbf{90 \text{ rpm}}$   
 Al estar la polea 2 y el engranaje 3 en el mismo eje  $\rightarrow n_3 = n_2 = \mathbf{90 \text{ rpm}}$   
 $n_3 \cdot Z_3 = n_4 \cdot Z_4 \rightarrow 90 \cdot Z_3 = 30 \cdot 45 \rightarrow 90 \cdot Z_3 = 1350 \rightarrow \mathbf{Z_3 = 1350 / 90 = 15 \text{ dientes}}$   
 $i_2 = Z_3 / Z_4 = 15 / 45 = \mathbf{0,33}$ ;  $i_T = i_1 \cdot i_2 = 0,25 \cdot 0,33 = \mathbf{0,08}$   
 Si el eje de salida gira en el sentido de las agujas del reloj, los demás elementos del sistema lo harán en sentido contrario.
- 35. Datos:**  $Z_1 = 60 \text{ dientes}$ ;  $n_1 = 20 \text{ rpm}$ ;  $Z_2 = 20 \text{ dientes}$ ; diámetro rueda =  $80 \text{ cm}$   
 $i = Z_1 / Z_2 = 60 / 20 = 3$ ;  $i = n_2 / n_1 \rightarrow n_2 = i \cdot n_1 = 3 \cdot 20 = 60 \text{ rpm}$   
 La rueda trasera gira a  $60 \text{ rpm}$ , es decir, da 60 vueltas en un minuto. En cada vuelta, la rueda recorre una distancia igual a  $2 \cdot \pi \cdot r$ ;  
 1 vuelta  $\rightarrow 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 40 = 251,32 \text{ cm}$ ; Si damos 60 vueltas, recorreremos  $15079,2 \text{ cm}$  en un minuto. Como debemos recorrer  $2 \text{ Km}$   $\rightarrow t = 2000 / 150,792 = \mathbf{13,26 \text{ minutos}}$
- 36. Datos:**  $M = 100 \text{ N}\cdot\text{m}$ ;  $n = 2000 \text{ rpm}$ ;  $\eta = 90\%$   
 $\eta = P_{\text{real}} / P_{\text{teórica}}$ ;  $P_{\text{teórica}} = M \cdot (2 \cdot \pi \cdot n) / 60 = 100 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 2000) / 60 = 20943,33 \text{ W}$   
 $P_{\text{real}} = \eta \cdot P_{\text{teórica}} = 0,9 \cdot 20943,33 = 18849 \text{ W}$ ;  $1 \text{ CV} = 735 \text{ W} \rightarrow \mathbf{P_{\text{real}} = 25,64 \text{ CV}}$
- 37. Datos:**  $n = 1000 \text{ rpm}$ ;  $m = 2 \text{ mm}$ ;  $d_p = 90 \text{ mm}$ ;  $Z_r = 60 \text{ dientes}$   
 $d_p = m \cdot Z_p \rightarrow 90 = 2 \cdot Z_p \rightarrow \mathbf{Z_p = 90 / 2 = 45}$   
 $\mathbf{D_p = m \cdot Z_r = 2 \cdot 60 = 120 \text{ mm}}$   
 $n \cdot Z_p = N \cdot Z_r \rightarrow 1000 \cdot 45 = N \cdot 60 \rightarrow \mathbf{N = 45000 / 60 = 750 \text{ rpm}}$
- 38. Datos:**  $D_p = 160 \text{ mm}$ ;  $p$  (paso circular) =  $12,566 \text{ mm}$   
 $p = \pi \cdot m \rightarrow m = p / \pi = 12,566 / 3,1415 = 4$   
 $m = D_p / Z \rightarrow \mathbf{Z = D_p / m = 160 / 4 = 40 \text{ dientes}}$
- 39. Datos:** Tornillo sinfín: si no nos indican nada, suponemos que tiene un diente ( $Z_1 = 1$ );  $n_1 = 1600 \text{ rpm}$ ; Rueda dentada ( $Z_2 = 40 \text{ dientes}$ )  
 $n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2 \rightarrow n_2 = (n_1 \cdot Z_1) / Z_2 = 1600 \cdot 1 / 40 = \mathbf{40 \text{ rpm}} = 40 / 60 \text{ rps} = \mathbf{0,666 \text{ rps}} \rightarrow t = 1 / 0,666 = \mathbf{1,5 \text{ s}}$
- 40. Datos:** velocidad de giro del piñón =  $1100 \text{ rpm}$ ; número de dientes del piñón =  $15 \text{ dientes}$ ; paso de la cremallera ( $p$ ) =  $2$ .  
 $n = 1100 \text{ rpm} = 18,333 \text{ rps} = 18,333 \text{ vueltas/segundo}$   
 En cada vuelta del piñón se arrastran  $15 \text{ dientes}$  de la cremallera  $\rightarrow 15 \text{ dientes/vuelta}$   
 El paso de la cremallera nos indica que cada  $2 \text{ mm}$  hay un diente  $\rightarrow 2 \text{ mm/diente} = 0,002 \text{ m/diente}$

$$v = 18,33 \cdot 15 \cdot 0,002 = \mathbf{0,55 \text{ m/s}} = 0,00055 \text{ Km} / (1/3600) \text{ h} = \mathbf{1,98 \text{ Km/h}}$$

41. Datos: velocidad de giro del piñón = 200 rpm; número de dientes del piñón = 24 dientes; paso de la cremallera (p) = 6 mm

$$n = 200 \text{ rpm} = 3,333 \text{ rps} = 3,333 \text{ vueltas/segundo}$$

En cada vuelta del piñón se arrastran 24 dientes de la cremallera → 24 dientes/vuelta

El paso de la cremallera nos indica que cada 6 mm hay un diente → 6 mm/diente = 0,006 m/diente

$$v = 3,33 \cdot 24 \cdot 0,006 = 0,48 \text{ m/s (velocidad a la que se desplaza la cremallera)}$$

$$\text{Como tenemos que desplazar } 5 \text{ m} \rightarrow t = e / v = 5 / 0,48 = \mathbf{10,41 \text{ s}}$$

42. Datos: m = 8; v = 4,02 m/min = 4020 mm/min; n = 4 rpm

$$\text{El paso de la cremallera será} \rightarrow p = \pi \cdot m = 3,1415 \cdot 8 = 25,12 \text{ mm}$$

$v = p \cdot n \cdot Z$ , siendo Z el número de dientes que desplazamos de la cremallera, o dicho de otro modo, el número de dientes del piñón.

$$Z = v / (p \cdot n) = 4020 / (25,12 \cdot 4) = \mathbf{40 \text{ dientes}}$$

43. Datos: m = 1,5 mm; n° dientes piñón (Z) = 20 dientes; n = 3 vueltas

El módulo del piñón y la cremallera deben de ser iguales, por tanto, el paso será:

$$p = \pi \cdot m = 3,1415 \cdot 1,5 = 4,71 \text{ mm (por cada diente la cremallera se desplaza 4,71 mm)}$$

Si el piñón da tres vueltas desplazará 60 dientes de la cremallera → el desplazamiento (d) de la cremallera será:  $d = p \cdot n^\circ \text{ de dientes} = 4,71 \cdot 60 = 282,6 \text{ mm} = \mathbf{28,26 \text{ cm}}$

44. Datos: desplazamiento (d) = 20 mm; número de vueltas (n) = 16

El sistema del carro portaherramientas es un tornillo-tuerca, lo que implica que, por cada vuelta que demos a la manivela, el tornillo avanza o retrocede el paso del mismo.

$$d = p \cdot n \rightarrow p = d / n = 20 / 16 = \mathbf{1,25 \text{ mm}}$$

45. Datos: m = 1500 Kg; p = 5 mm; brazo manivela = 20 cm; h = 20 cm

$$F_c = m \cdot g = 1500 \cdot 10 = 15000 \text{ N}$$

Por cada vuelta de la manivela la tuerca se desplaza 0,01 m (dado que la rosca tiene dos entradas). Si queremos averiguar el número de vueltas que hay que dar a la manivela para elevar el coche 0,2 m.

$$0,01 \text{ m/vuelta} \cdot n^\circ \text{ de vueltas} = 0,2 \rightarrow n^\circ \text{ de vueltas} = 0,2 / 0,01 = 20 \text{ vueltas}$$

Para calcular la fuerza que hay que realizar para elevar una carga de 15000 N, aplicamos la fórmula del principio de conservación de las máquinas, es decir, del trabajo.

$W_{\text{realizado}} = W_{\text{conseguido}}$ ; desplazamiento manivela = circunferencia que describe la manivela

$$F_{\text{realizada}} \cdot \text{desplazamiento manivela} = F_{\text{conseguida}} \cdot \text{desplazamiento tuerca}$$

$$\text{a) } F_{\text{realizada}} \cdot (2 \cdot \pi \cdot 0,2) = 15000 \cdot 0,01 \rightarrow F_{\text{realizada}} = (15000 \cdot 0,01) / (2 \cdot \pi \cdot 0,2) = \mathbf{119,37 \text{ N}}$$

$$\text{b) El trabajo realizado por el gato es } W = F \cdot d = 15000 \cdot 0,2 = \mathbf{3000 \text{ J}}$$

46. Datos: n = 4;  $V_T = 2000 \text{ cm}^3$ ; D = 100 mm = 10 cm

$$\text{Si } V_T = 2000 \text{ cm}^3 \rightarrow V_c = 500 \text{ cm}^3$$

$$V_c = S \cdot L = (\pi \cdot r^2) \cdot L \rightarrow L = V_c / (\pi \cdot r^2) = 500 / (\pi \cdot 5^2) = 6,37 \text{ cm} = 63,7 \text{ mm}$$

La carrera del émbolo (L) es igual a dos veces la excentricidad de la manivela, que en este caso es la manivela del cigüeñal → **la manivela = 37,83 mm**

**47. Datos:** P = 90 CV;  $n_1 = 2000$  rpm;  $n_2 = 150$  rpm.

c)  $P = M \cdot (2 \cdot \pi \cdot n) / 60 \rightarrow M = (P \cdot 60) / (2 \cdot \pi \cdot n) = \mathbf{316, 28 \text{ N}\cdot\text{m}}$

d) Como el movimiento se transmite íntegramente a las ruedas, la potencia será la misma →

**P = 90 CV = 90 · 736 = 66240 W**

e) Como la velocidad disminuye en una proporción de 150/2000, el par motor en las ruedas aumentará en ese porcentaje →  **$M_r = M / 0,075 = 4217,06 \text{ N}\cdot\text{m}$**

**48. Soluciones:**

f) Falso. La ley de la palanca dice: “Potencia por su brazo, igual a resistencia por su brazo”.

g) Falso. Dependerá del diámetro de cada una de ellas.

h) Falso. Con una única polea no se reduce el esfuerzo.

i) Verdadero. Para reducir la velocidad, la rueda conducida debe ser más grande.

j) Falso. Es una palanca cuyo punto de apoyo es el eje del cilindro y los brazos son la barra de la manivela ( $b_r$ ) y el radio del cilindro ( $r$ ).

k) Verdadero. Para que el engranaje arrastrado gire más deprisa, el motriz debe ser más grande.

l) Falso.  $6000 \text{ rpm} = 6000 \text{ revoluciones} / 60 \text{ segundos} = 100 \text{ rps}$

m) Falso. Es  $i = Z_1 / Z_2$ .

n) Falso. Es de primer grado.

o) Verdadero. Cuanto mayor es el brazo de la potencia, menor es el esfuerzo realizado.

**49. Soluciones:**

a) En un sistema de poleas, la polea de mayor tamaño girará a menor velocidad y transmitirá más fuerza. Y la de menor tamaño, justo al revés.

b) Pequeña.

c) Al tener los engranajes los mismos dientes, girarán a la misma velocidad.

d) Al tener el engranaje arrastrado el doble de dientes, girará a la mitad de la velocidad.

e) Como gira a la mitad de la velocidad, tendrá el doble de dientes (50 dientes).

f) Como la polea conducida tiene un diámetro cuatro veces más grande, girará a  $\frac{1}{4}$  de la velocidad de la polea motriz (50 rpm).

g) La misma velocidad.

**50. Soluciones:** a) F; b) V; c) F; d) F; e) V; f) V; g) V; h) F; i) F; j) V; k) F.