

---

Proba para a obtención da habilitación profesional

# Operador/ora industrial de caldeiras

---

OCL

Parte 2. Proba práctica



# 1. Formato da proba

---

## Formato

- A proba constará de 3 problemas.

## Puntuación

- 10 puntos.

## Materiais e instrumentos que se poden empregar durante a proba

- Bolígrafo con tinta negra ou azul.
- Calculadora científica, excepto as que sexan programables, gráficas ou con capacidade para almacenar e transmitir datos.

## Duración

- Tempo estimado para responder: 60 minutos.

## Advertencias para as persoas participantes

- Cumprirá que se desenvolva o conxunto ou a secuencia de operacións ordenadas que dan lugar ao resultado final, ou a xustificación razoada da resposta, se se require na cuestión algún argumento de reflexión. En caso contrario, non se puntuará o exercicio.
- Os exames non deben levar ningún tipo de marca nin texto que poidan identificar a persoa candidata, agás nos espazos reservados para a súa identificación.

## 2. Exercicio

### Problema 1 [3 puntos]

Temos unha caldeira pirotubular producindo vapor saturado a 6 bar (manométrico) cun queimador de gas natural (GN). Os datos de funcionamento son:

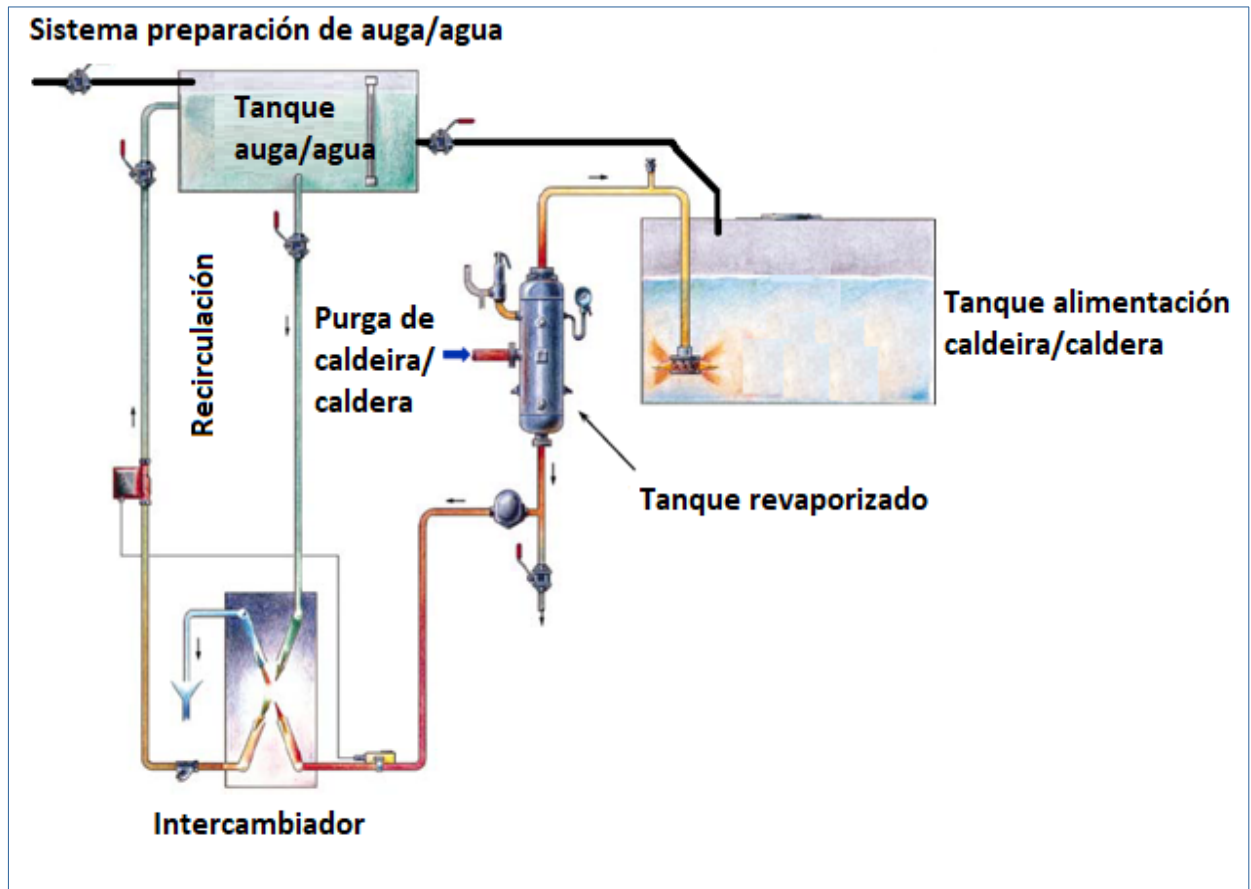
- A caldeira traballa  $n = 7\,500$  horas ao ano.
- O caudal de purga ( $Q_p$ ) é de 150 l/h.
- O poder calorífico inferior ( $H_i$ ) do gas natural é  $9\,314 \text{ kcal/m}^3$  (n).
- A densidade da auga suponse constante e igual a 1 kg/l.

A esta caldeira instálase un sistema de aproveitamento da calor da auga da purga, sendo o esquema da instalación o seguinte:

*Tenemos una caldera pirotubular produciendo vapor saturado a 6 bar (manométrico) con un quemador de gas natural (GN). Los datos de funcionamiento son:*

- *La caldera trabaja  $n = 7\,500$  horas al año.*
- *El caudal de purga ( $Q_p$ ) es de 150 l/h.*
- *El poder calorífico inferior ( $H_i$ ) del gas natural es  $9\,314 \text{ kcal/m}^3$  (n).*
- *La densidad del agua se supone constante e igual a 1 kg/l.*

*A esta caldera se le instala un sistema de aprovechamiento del calor del agua de la purga, siendo el esquema de la instalación el siguiente:*





**Propiedades da auga saturada (líquido-vapor): táboa de presións**

*Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): tabla de presiones*

Presión bar	Temp. °C	Entalpía		
		kJ / kg		
		Líquido sat, $h_f$	Vapor vaporiz, $h_g$	Vapor sat, $h_g$
0,04	28,96	121,46	2432,9	2554,4
0,06	36,16	151,53	2415,9	2567,4
0,08	41,51	173,88	2403,1	2577,0
0,10	45,81	191,83	2392,8	2584,7
0,20	60,06	251,40	2358,3	2609,7
0,30	69,10	289,23	2336,1	2625,3
0,40	75,87	317,58	2319,2	2636,8
0,50	81,33	340,49	2305,4	2645,9
0,60	85,94	359,86	2293,6	2653,5
0,70	89,95	376,70	2283,3	2660,0
0,80	93,50	391,66	2274,1	2665,8
0,90	96,71	405,15	2265,7	2670,9
1,00	99,63	417,46	2258,0	2675,5
1,50	111,4	467,11	2226,5	2693,6
2,00	120,2	504,70	2201,9	2706,7
2,50	127,4	535,37	2181,5	2716,9
3,00	133,6	561,47	2163,8	2725,3
3,50	138,9	584,33	2148,1	2732,4
4,00	143,6	604,74	2133,8	2738,6
4,50	147,9	623,25	2120,7	2743,9
5,00	151,9	640,23	2108,5	2748,7
6,00	158,9	670,56	2086,3	2756,8
7,00	165,0	697,22	2066,3	2763,5

**Nota: As presións da táboa son absolutas** | *Las presiones de la tabla son absolutas*

1. Como funciona o tanque de revaporizado do esquema? [0,5 puntos]

*¿Cómo funciona el tanque de revaporizado del esquema? [0,5 puntos]*

2. Cal será o aforro enerxético, por litro de auga purgada, producido no tanque de revaporizado a 1,5 bar (manométrico)? [0,5 puntos]

*¿Cuál será el ahorro energético, por litro de agua purgada, producido en el tanque de revaporizado a 1,5 bar (manométrico)? [0,5 puntos]*

3. Á saída do tanque de revaporizado, a auga de purga faise pasar por un intercambiador de calor para prequentar a auga de achega que ten unha entalpía de 317,58 kJ/kg. Se este intercambiador ten unha eficiencia do 80 %, cal será o aforro enerxético producido por litro de auga purgada? [1 puntos]

*A la salida del tanque de revaporizado, el agua de purga se hace pasar por un intercambiador de calor para precalentar el agua de aporte que tiene una entalpía de 317,58 kJ/kg. Si este intercambiador tiene una eficiencia del 80 %, ¿cuál será el ahorro energético producido por litro de agua purgada? [1 puntos]*

4. Se o aforro enerxético do sistema instalado fose de 256 kJ/kg, cal será o aforro anual de gas natural producido? [1 puntos]

*Si el ahorro energético del sistema instalado fuese de 256 kJ/kg, ¿cuál sería el ahorro anual de gas natural producido? [1 puntos]*



**Problema 2** [3,5 puntos]

Ao realizar a revisión dunha caldeira de gasóleo, obsérvase o seguinte:

- A lectura do contador de horas de funcionamento do queimador nun día é de 18 horas.
- Ao realizar a análise de combustión obtense un rendemento da caldeira do 94 %.
- A densidade do gasóleo é de 860 kg/m<sup>3</sup> e o seu poder calorífico inferior (H<sub>i</sub>) é de 10 500 kcal/kg.

Responda ás seguintes cuestións:

*Al realizar la revisión de una caldera de gasóleo, se observa lo siguiente:*

- *La lectura del contador de horas de funcionamiento del quemador en un día es de 18 horas.*
- *Al realizar el análisis de combustión se obtiene un rendimiento de la caldera del 94 %.*
- *La densidad del gasóleo es de 860 kg/m<sup>3</sup> y su poder calorífico inferior (H<sub>i</sub>) es de 10 500 kcal/kg.*

*Responda a las siguientes cuestiones:*

Inxector Injector G.P.H.	Presión bomba Kg/cm <sup>2</sup>											
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,40	1,18	1,27	1,36	1,44	1,52	1,59	1,67	1,73	1,80	1,86	1,92	1,98
0,50	1,47	1,59	1,70	1,80	1,90	1,99	2,08	2,17	2,25	2,33	2,40	2,48
0,60	1,77	1,91	2,04	2,16	2,28	2,39	2,50	2,60	2,70	2,79	2,88	2,97
0,65	1,91	2,07	2,21	2,34	2,47	2,59	2,71	2,82	2,92	3,03	3,12	3,22
0,75	2,2	2,38	2,55	2,70	2,85	2,99	3,12	3,25	3,37	3,49	3,61	3,72
0,85	2,5	2,70	2,89	3,06	3,23	3,39	3,54	3,68	3,82	3,96	4,09	4,21
1,00	2,94	3,18	3,40	3,61	3,80	3,99	4,16	4,33	4,50	4,65	4,81	4,96
1,10	3,24	3,50	3,74	3,97	4,18	4,38	4,58	4,77	4,95	5,12	5,29	5,45
1,20	3,53	3,82	4,08	4,33	4,56	4,78	5,00	5,20	5,40	5,59	5,77	5,95
1,25	3,68	3,97	4,25	4,50	4,75	5,00	5,20	5,40	5,60	5,80	6,00	6,20
1,35	3,97	4,29	4,59	4,87	5,13	5,38	5,62	5,85	6,07	6,28	6,49	6,69
1,50	4,42	4,77	5,10	5,41	5,70	5,90	6,24	6,50	6,75	6,98	7,21	7,43
1,65	4,86	5,25	5,61	5,95	6,27	6,58	6,87	7,15	7,42	7,68	7,93	8,18
1,75	5,15	5,56	5,95	6,31	6,65	6,98	7,29	7,58	7,87	8,15	8,41	8,67
2,00	5,89	6,30	6,80	7,21	7,60	7,97	8,33	8,67	8,99	9,31	9,61	9,91
2,25	6,62	7,15	7,65	8,15	8,55	8,97	9,37	9,75	10,12	10,47	10,85	11,15
2,50	7,36	7,95	8,50	9,01	9,50	9,97	10,41	10,83	11,24	11,64	12,02	12,39
3,00	8,83	9,54	10,20	10,82	11,40	11,96	12,49	13,00	13,49	13,96	14,42	14,87

Caudal na saída do pulverizador / Caudal en la salida del pulverizador  
en kg/h

1. Sabendo que o caudal do combustible demandado polo queimador é de 3,99 kg/h, e que a presión da bomba está axustada a 11 kg/cm<sup>2</sup>, indique cal é o tipo de inxector para colocar. [1 puntos]

*Sabiendo que el caudal del combustible demandado por el quemador es de 3,99 kg/h, y que la presión de la bomba está ajustada a 11 kg/cm<sup>2</sup>, indique cuál es el tipo de inyector a colocar. [1 puntos]*

2. Calcular os litros de gasóleo consumidos pola caldeira nun día. [1 puntos]

*Calcular los litros de gasóleo consumidos por la caldera en un día. [1 puntos]*

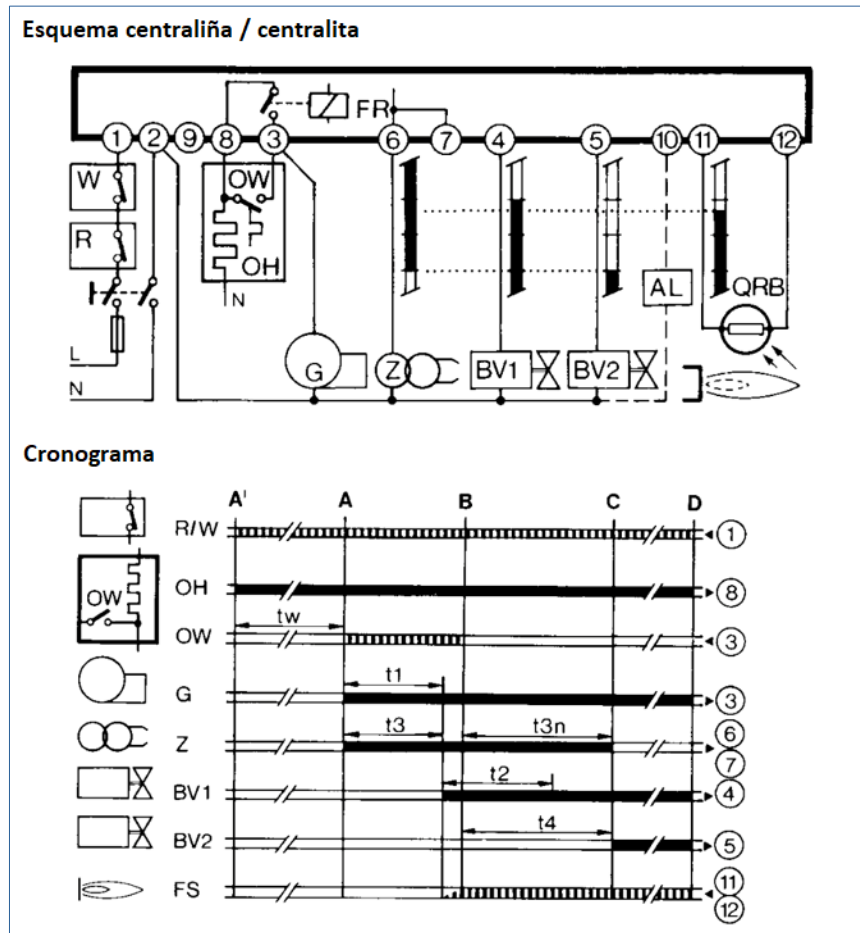
3. Calcular a potencia útil da caldeira, en kW. [1,5 puntos]

*Calcular la potencia útil de la caldera, en kW. [1,5 puntos]*

**Problema 3** [3,5 puntos]

Un quemador de gasóleo presenta o seguinte esquema e cronograma da central de mando:

*Un quemador de gasóleo presenta el siguiente cronograma y esquema de la centralita de mando:*



1. Indicar entre que bornes do esquema da central estaría conectada a electroválvula de primeira lapa. [0,75 puntos]

*Indicar entre que bornes del esquema de la centralita estaría conectada la electroválvula de primera llama.* [0,75 puntos]

2. Indicar a letra do cronograma na que se activará a segunda lapa. [0,75 puntos]

*Indicar la letra del cronograma en la que se activará la segunda llama.* [0,75 puntos]

3. Con respecto ao tipo de quemador do enunciado, indicar dúas causas polas que se poida dar a situación na que o motor non xire. [1 puntos]

*Con respecto al tipo de quemador del enunciado, indicar dos causas por las que se pueda dar la situación en la que el motor no gire.* [1 puntos]

4. Con respecto ao tipo de quemador do enunciado indicar dúas causas polas que poida non entrar a segunda etapa do quemador. [1 puntos]

*Con respecto al tipo de quemador del enunciado indicar dos causas por las que pueda no entrar la segunda etapa del quemador.* [1 puntos]



## 3. Solucións

### Problema 1

#### Cuestión 1

No tanque de revaporizado prodúcese unha redución de presión súbita da auga de purga que provoca a vaporización instantánea de unha parte desta auga (vapor flash). Este vapor aproveitase para requecer o tanque de condensados.

*En el tanque de revaporizado se produce una reducción de presión súbita del agua de purga que provoca la vaporización instantánea de parte de este agua (vapor flash). Este vapor se aprovecha para recalentar el tanque de condensados.*

#### Cuestión 2

Para o cálculo do aforro enerxético debemos calcular a diferenza de entalpías:

$$\Delta H = H_2 - H_1 = 697,22 \text{ kJ/kg} - 535,37 \text{ kJ/kg} = 161,85 \text{ kJ/kg}$$

sendo:

- $H_2$  = entalpía a 6 bar (manométricos).
- $H_1$  = entalpía a 1,5 bar (manométricos).

O aforro enerxético nas condicións indicadas é de 161,85 kJ/kg

*Para el cálculo del ahorro energético debemos calcular la diferencia de entalpías:*

$$\Delta H = H_2 - H_1 = 697,22 \text{ kJ/kg} - 535,37 \text{ kJ/kg} = 161,85 \text{ kJ/kg}$$

*siendo:*

- $H_2$  = entalpía a 6 bar (manométricos).
- $H_1$  = entalpía a 1,5 bar (manométricos).

*El ahorro energético en las condiciones indicadas es de 161,85 kJ/kg*

#### Cuestión 3

Calculamos a enerxía aforrada (E) nas condicións indicadas:

$$E = \eta \cdot (H_2 - H_1) = 0,80 \cdot (535,37 - 317,58) \text{ kJ/kg} \cdot 1 \text{ kg/l} = 174,23 \text{ kJ/l}$$

sendo:

- $\eta$  = rendemento = 0,80
- $H_2$  = entalpía a 1,5 bar (manométricos) = 535,37 kJ/kg
- $H_1$  = entalpía da auga de achega = 317,58 kJ/kg

*Calculamos la energía ahorrada (E) en las condiciones indicadas:*

$$E = \eta \cdot (H_2 - H_1) = 0,80 \cdot (535,37 - 317,58) \text{ kJ/kg} \cdot 1 \text{ kg/l} = 174,23 \text{ kJ/l}$$

*siendo:*

- $\eta$  = rendimiento = 0,80
- $H_2$  = entalpía a 1,5 bar (manométricos) = 535,37 kJ/kg
- $H_1$  = entalpía del agua de aportación = 317,58 kJ/kg



#### Cuestión 4

---

A enerxía aforrada (E) será:

$$E = A_e \cdot Q_p \cdot n = 256 \text{ kJ/kg} \cdot 150 \text{ kg/h} \cdot 7\,500 \text{ h/ano} = 288\,000\,000 \text{ kJ/ano}$$

sendo:

- $A_e$  = aforro enerxético no sistema = 256 kJ/kg
- $Q_p$  = caudal de purga = 150 kg/h
- $n$  = número de horas de funcionamento anuais = 7 500 h/ano.

Tendo en conta que o poder calorífico inferior do GN é de 9 314 kcal/m<sup>3</sup>, podemos calcular o volume de gas aforrado (V):

$$V = E / H_i = (288\,000\,000 \text{ kJ/ano}) / (38\,932,52 \text{ kJ/m}^3(n)) = 7\,397,41 \text{ m}^3(n) \text{ /ano}$$

sendo:

- $E$  = enerxía aforrada = 288 000 000 kJ/ano
- $H_i$  = poder calorífico inferior do gas = 9 314 kcal/m<sup>3</sup>(n) · 4,18 kJ/kcal = 38 932,52 kJ/m<sup>3</sup>(n)

*La energía ahorrada (E) será:*

$$E = A_e \cdot Q_p \cdot n = 256 \text{ kJ/kg} \cdot 150 \text{ kg/h} \cdot 7\,500 \text{ h/ano} = 288\,000\,000 \text{ kJ/ano}$$

*siendo:*

- $A_e$  = ahorro energético en el sistema = 256 kJ/kg
- $Q_p$  = caudal de purga = 150 kg/h
- $n$  = número de horas de funcionamiento anuales = 7 500 h/ano.

*Teniendo en cuenta que el poder calorífico inferior del GN es de 9 314 kcal/m<sup>3</sup>, podemos calcular el volumen de gas ahorrado (V):*

$$V = E / H_i = (288\,000\,000 \text{ kJ/ano}) / (38\,932,52 \text{ kJ/m}^3(n)) = 7\,397,41 \text{ m}^3(n) \text{ /ano}$$

*siendo:*

- $E$  = energía ahorrada = 288 000 000 kJ/ano
- $H_i$  = poder calorífico inferior del gas = 9 314 kcal/m<sup>3</sup>(n) · 4,18 kJ/kcal = 38 932,52 kJ/m<sup>3</sup>(n)





## Problema 2

### Cuestión 1

Tendo en conta que a presión de axuste da bomba é de 11 kg/cm<sup>2</sup>, da táboa obtense que para o caudal demandado o inxector debe ser 1 GPH.

*Teniendo en cuenta que la presión de ajuste de la bomba es de 11 kg/cm<sup>2</sup>, de la tabla se obtiene que para el caudal demandado el inyector debe ser 1 GPH.*

Inxector Inyector G.P.H.	Presión bomba Kg/cm <sup>2</sup>											
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,40	1,18	1,27	1,36	1,44	1,52	1,59	1,67	1,73	1,80	1,86	1,92	1,98
0,50	1,47	1,59	1,70	1,80	1,90	1,99	2,08	2,17	2,25	2,33	2,40	2,48
0,60	1,77	1,91	2,04	2,16	2,28	2,39	2,50	2,60	2,70	2,79	2,88	2,97
0,65	1,91	2,07	2,21	2,34	2,47	2,59	2,71	2,82	2,92	3,03	3,12	3,22
0,75	2,2	2,38	2,55	2,70	2,85	2,99	3,12	3,25	3,37	3,49	3,61	3,72
0,85	2,5	2,70	2,89	3,06	3,23	3,39	3,54	3,68	3,82	3,96	4,09	4,21
1,00	2,94	3,18	3,40	3,61	3,80	3,99	4,16	4,33	4,50	4,65	4,81	4,96
1,10	3,24	3,50	3,74	3,97	4,18	4,38	4,58	4,77	4,95	5,12	5,29	5,45
1,20	3,53	3,82	4,08	4,33	4,56	4,78	5,00	5,20	5,40	5,59	5,77	5,95
1,25	3,68	3,97	4,25	4,50	4,75	5,00	5,20	5,40	5,60	5,80	6,00	6,20
1,35	3,97	4,29	4,59	4,87	5,13	5,38	5,62	5,85	6,07	6,28	6,49	6,69
1,50	4,42	4,77	5,10	5,41	5,70	5,90	6,24	6,50	6,75	6,98	7,21	7,43
1,65	4,86	5,25	5,61	5,95	6,27	6,58	6,87	7,15	7,42	7,68	7,93	8,18
1,75	5,15	5,56	5,95	6,31	6,65	6,98	7,29	7,58	7,87	8,15	8,41	8,67
2,00	5,89	6,30	6,80	7,21	7,60	7,97	8,33	8,67	8,99	9,31	9,61	9,91
2,25	6,62	7,15	7,65	8,15	8,55	8,97	9,37	9,75	10,12	10,47	10,85	11,15
2,50	7,36	7,95	8,50	9,01	9,50	9,97	10,41	10,83	11,24	11,64	12,02	12,39
3,00	8,83	9,54	10,20	10,82	11,40	11,96	12,49	13,00	13,49	13,96	14,42	14,87

Caudal na saída do pulverizador / Caudal en la salida del pulverizador  
en kg/h

### Cuestión 2

Calculamos o volume de gasóleo V consumido tendo en conta que a caldeira funciona 18 horas ao día e que o caudal utilizado é de 3,99 kg/h. Xa que logo:

$$V = m / d$$

Sendo:

- V = volume de gasóleo
- m = masa de gasóleo = (3,99 kg/h) · (18 h/día) = 71,82 kg/día
- d = densidade do gasóleo = 860 kg/m<sup>3</sup>

Polo tanto:

$$V = (71,82 \text{ kg/día}) / (860 \text{ kg/m}^3) = 0,0835 \text{ m}^3/\text{día}$$

O gasóleo consumido nun día será:

$$V = 0,0835 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 1000 \text{ l/m}^3 = 83,5 \text{ litros/día}$$



Calculamos el volumen de gasóleo  $V$  consumido teniendo en cuenta que la caldera funciona 18 horas al día y que el caudal utilizado es de 3,99 kg/h. Por tanto:

$$V = m / d$$

Siendo:

- $V$  = volumen de gasóleo
- $m$  = masa de gasóleo =  $(3,99 \text{ kg/h}) \cdot (18 \text{ h/día}) = 71,82 \text{ kg/día}$
- $d$  = densidad del gasóleo =  $860 \text{ kg/m}^3$

Por tanto:

$$V = (71,82 \text{ kg/día}) / (860 \text{ kg/m}^3) = 0,0835 \text{ m}^3/\text{día}$$

El gasóleo consumido en un día será:

$$V = 0,0835 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 1000 \text{ l/m}^3 = 83,5 \text{ litros}$$

### Cuestión 3

---

Calculamos a potencia útil da caldeira a partir da fórmula:

$$P_u = Q \cdot \eta \cdot H_i$$

Sendo:

- $P_u$  = Potencia útil da caldeira
- $\eta$  = Rendemento da caldeira = 0,94
- $Q$  = Caudal (kg/h) = 3,99 kg/h
- $H_i$  = Poder calorífico inferior = 10 500 kcal/kg

Polo tanto:

$$P_u = Q \cdot \eta \cdot H_i = 3,99 \text{ kg/h} \cdot 0,94 \cdot 10 500 \text{ kcal/kg} = 39 381,3 \text{ kcal/h}$$

Tendo en conta que 1 kW = 860 kcal/h obtemos:

$$P_u = 39 381,3 \text{ kcal/h} \cdot (1 \text{ kW h} / 860 \text{ kcal}) = 45,79 \text{ kW}$$

Calculamos la potencia útil de la caldera a partir de la fórmula:

$$P_u = Q \cdot \eta \cdot H_i$$

Siendo:

- $P_u$  = Potencia útil de la caldera
- $\eta$  = Rendimiento de la caldera = 0,94
- $Q$  = Caudal (kg/h) = 3,99 kg/h
- $H_i$  = Poder calorífico inferior = 10 500 kcal/kg

Por tanto:

$$P_u = Q \cdot \eta \cdot H_i = 3,99 \text{ kg/h} \cdot 0,94 \cdot 10 500 \text{ kcal/kg} = 39 381,3 \text{ kcal/h}$$

Teniendo en cuenta que 1 kW = 860 kcal/h obtenemos:

$$P_u = 39 381,3 \text{ kcal/h} \cdot (1 \text{ kW} \cdot \text{h} / 860 \text{ kcal}) = 45,79 \text{ kW}$$



## Problema 3

### Cuestión 1

---

Números 2 e 4.

*Números 2 y 4.*

### Cuestión 2

---

Letra c.

### Cuestión 3

---

- Falta de enerxía eléctrica.
- Fusibles fundidos.
- Os termóstatos non pechan contacto (ambiente, caldeira, seguridade).
  - *Falta de enerxía eléctrica.*
  - *Fusibles fundidos.*
  - *Los termostatos no cierran contacto (ambiente, caldera, seguridad).*

### Cuestión 4

---

- Bobina segunda etapa avariada.
- Inxector 2ª etapa obstruído ou desgastado.
- Sistema hidráulico defectuoso.
  - *Bobina segunda etapa averiada.*
  - *Inyector 2ª etapa obstruido o desgastado.*
  - *Sistema hidráulico defectuoso.*