



---

Proba de

Código

# Operador/ora industrial de caldeiras

---

OCL

Parte 2. Proba práctica



# 1. Formato da proba

---

## Formato

- A proba consta de catro 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]

Nunha caldeira de vapor, alimentada por gasóleo, obtemos os seguintes datos:

- Lectura do contador de horas de funcionamento do queimador nun día: 18 horas.
- O pulverizador do queimador é do tipo 5 GPH e está axustado a  $12 \text{ kg/cm}^2$  (ver táboa).
- O gasóleo presenta unha densidade de  $860 \text{ kg/m}^3$  e o seu poder calorífico inferior ( $H_i$ ) é de  $10500 \text{ kcal/kg}$ .

*En una caldera de vapor, alimentada por gasóleo, obtenemos los siguientes datos:*

- *Lectura del contador de horas de funcionamiento del quemador en un día: 18 horas.*
- *El pulverizador del quemador es del tipo 5 GPH y está ajustado a  $12 \text{ kg/cm}^2$  (ver tabla).*
- *El gasóleo presenta una densidad de  $860 \text{ kg/m}^3$  y su poder calorífico inferior ( $H_i$ ) es de  $10500 \text{ kcal/kg}$ .*

Caudal Nominal Boquilla G.H.P.	Presión Bomba en bar			
	7	10	12	14
	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/h
0,50	1,6	1,9	2,1	2,3
0,60	2,0	2,3	2,5	2,7
0,65	2,1	2,4	2,7	2,9
0,75	2,4	2,9	3,2	3,4
0,85	2,7	3,2	3,6	3,8
1,00	3,2	3,8	4,2	4,4
1,10	3,4	4,0	4,5	4,8
1,20	3,8	4,6	5,0	5,3
1,35	4,3	5,2	5,6	6,0
1,50	4,8	5,7	6,2	6,8
1,65	5,3	6,3	7,0	7,4
1,75	5,6	6,7	7,4	7,9
2,00	6,4	7,7	8,5	9,2
2,25	7,2	8,6	9,5	10,2
2,50	8,0	9,4	10,6	11,9
2,75	8,8	10,4	11,6	12,8
3,00	9,6	11,3	12,7	13,6
3,50	11,2	13,2	14,0	14,7
4,00	12,7	15,0	16,9	18,0
4,50	14,3	16,8	19,0	20,3
5,00	15,9	18,8	21,1	22,5
5,50	17,5	20,6	23,3	24,8
6,00	19,1	22,5	25,5	27,0
6,50	21,0	24,5	27,6	29,2
7,00	22,3	26,5	29,7	31,5

### 1. Calcular os litros de gasóleo consumidos pola caldeira nun día. [1,5 puntos]

*Calcular los litros de gasóleo consumidos por la caldera en un día. [1,5 puntos]*

### 2. Sabendo que o rendemento da caldeira é do 94 %, determinar a potencia empregada para producir o vapor de auga. [1,5 punto]

*Sabiendo que el rendimiento de la caldera es del 94 %, determinar la potencia empleada para producir el vapor de agua. [1,5 punto]*



## Problema 2 [3 puntos]

Unha caldeira produce vapor saturado a 7 bar (absolutos) a razón de 2000 kg/h. Esta caldeira funciona con gas natural cun poder calorífico inferior ( $H_i$ ) de 10,83 kWh/m<sup>3</sup>(n).

Obter o rendemento da caldeira, desprezando o retorno de condensados e supondo unha entrada de auga de reposición cunha entalpía de 83,93 kJ/kg, se o contador de gas da caldeira marcaba 10724 m<sup>3</sup>(n) e unha hora despois marca 10874 m<sup>3</sup>(n).

Notas: Supor constante a densidade da auga. As presións indicadas na táboa son absolutas.

*Una caldera produce vapor saturado a 7 bar (absolutos) a razón de 2000 kg/h. Esta caldera funciona con gas natural con un poder calorífico inferior ( $H_i$ ) de 10,83 kWh/m<sup>3</sup>(n).*

*Obtener el rendimiento de la caldera, despreciando el retorno de condensados y suponiendo una entrada de agua de reposición con una entalpía de 83,93 kJ/kg, si el contador de gas de la caldera marcaba 10724 m<sup>3</sup>(n) y una hora después marca 10874 m<sup>3</sup>(n).*

*Nota: Suponer constante la densidad del agua. Las presiones indicadas en la tabla son absolutas.*

**Propiedades da auga saturada (líquida-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

## Problema 3 [2 puntos]

Indique tres tarefas que deba realizar o persoal encargado da condución dunha caldeira.

*Indique tres tareas que deba realizar el personal encargado de la conducción de una caldera.*

- Diariamente.
- Semanalmente.



**Problema 4** [2 puntos]

Relacionar as impurezas que pode conter a auga de alimentación dunha caldeira cos efectos nocivos que pode producir nesta. Responder na folla de respostas.

*Relacionar las impurezas que puede contener el agua de alimentación de una caldera con los efectos nocivos que puede producir en la misma. Responder en la hoja de respuestas.*

Impurezas	Efectos nocivos
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Dióxido de carbono.</li><li>▪ Materiais en suspensión / <i>Materiales en suspensión</i></li><li>▪ Sílices.</li><li>▪ Osíxeno / <i>Oxígeno</i>.</li><li>▪ Alcalinidade / <i>Alcalinidad</i>.</li><li>▪ Manganeso.</li><li>▪ Cloruros.</li><li>▪ Aceite.</li><li>▪ Acidez.</li><li>▪ Dureza da auga / <i>Dureza del agua</i>.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Corrosión.</li><li>▪ Depósitos, espumas e /ou arrastres. <i>Depósitos, espumas y/o arrastres.</i></li></ul>



## 3. Solucións

### Problema 1

A caldeira funciona 18 horas nun día.

O queimador ten unha boquilla 5 GPH e está axustado a 12 kg/cm<sup>2</sup>, polo que segundo a táboa queima 21,1 kg/h.

*La caldera funciona 18 horas en un día.*

*El quemador tiene una boquilla 5 GPH y está ajustado a 12 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que según la tabla quema 21,1 kg/h.*

Caudal Nominal Boquilla G.H.P.	Presión Bomba en bar			
	7 Kg/h	10 Kg/h	12 Kg/h	14 Kg/h
0,50	1,6	1,9	2,1	2,3
0,60	2,0	2,3	2,5	2,7
0,65	2,1	2,4	2,7	2,9
0,75	2,4	2,9	3,2	3,4
0,85	2,7	3,2	3,6	3,8
1,00	3,2	3,8	4,2	4,4
1,10	3,4	4,0	4,5	4,8
1,20	3,8	4,6	5,0	5,3
1,35	4,3	5,2	5,6	6,0
1,50	4,8	5,7	6,2	6,8
1,65	5,3	6,3	7,0	7,4
1,75	5,6	6,7	7,4	7,9
2,00	6,4	7,7	8,5	9,2
2,25	7,2	8,6	9,5	10,2
2,50	8,0	9,4	10,6	11,9
2,75	8,8	10,4	11,6	12,8
3,00	9,6	11,3	12,7	13,6
3,50	11,2	13,2	14,0	14,7
4,00	12,7	15,0	16,9	18,0
4,50	14,3	16,8	19,0	20,3
5,00	15,9	18,8	21,1	22,5
5,50	17,5	20,6	23,3	24,8
6,00	19,1	22,5	25,5	27,0
6,50	21,0	24,5	27,6	29,2
7,00	22,3	26,5	29,7	31,5

1.

$$\text{Volume / Volumen} = 21,1 \text{ kg/h} \cdot 18 \text{ h} \cdot (1/860) \text{ m}^3/\text{kg} \cdot 1000 \text{ l/m}^3 = 441,62 \text{ litros de gasóleo}$$





## 2.

$\eta$ = Rendemento $P$ = Potencia $H_i$ = Poder calorífico inferior $C$ = Caudal de combustible	$\eta$ = Rendimiento $P$ = Potencia $H_i$ = Poder calorífico inferior $C$ = Caudal de combustible
---	--

$$C \text{ (kg/h)} = P \text{ (kcal/h)} / (\eta \cdot H_i \text{ (kcal/kg)})$$

$$21,1 \text{ kg/h} = \text{Potencia (kcal/h)} / (0,94 \cdot 10500 \text{ kcal/kg})$$

$$P = 208257 \text{ kcal/h}$$

Agora calculamos o valor en kW da Potencia empregada para producir o vapor de auga.

*Ahora calculamos el valor en kW: de la Potencia empleada para producir el vapor de agua*

$$P = 208257 \text{ kcal/h} = 208257 \text{ kcal/h} \cdot 1 \text{ kW}/860 \text{ kcal/h} = 242,16 \text{ kW}$$

## Problema 2

O caudal de gas consumido é de:

$$10874 \text{ m}^3(\text{n}) - 10724 \text{ m}^3(\text{n}) = 150 \text{ m}^3(\text{n})$$

A enerxía xerada será:

$$150 \text{ m}^3(\text{n}) \times 10,83 \text{ kW h}/\text{m}^3(\text{n}) = 1624,5 \text{ kW h}$$

A entalpía de entrada (dato de partida) é de 83,93 kJ/kg, e a entalpía de saída obtense da táboa dando un valor de 2763,5 kJ/kg:

*El caudal de gas consumido es de:*

$$10874 \text{ m}^3(\text{n}) - 10724 \text{ m}^3(\text{n}) = 150 \text{ m}^3(\text{n})$$

*La energía generada será:*

$$150 \text{ m}^3(\text{n}) \times 10,83 \text{ kW h}/\text{m}^3(\text{n}) = 1624,5 \text{ kW h}$$

*La entalpía de entrada (dato de partida, es de 83,93 kJ/kg, y la entalpía de salida se obtiene de la tabla dando un valor de 2763,5 kJ/kg.*

**Propiedades da auga saturada (líquida-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., $h_{fg}$	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	2766,8
7,00	165,0	697,22	2066,3	2763,5

O incremento de entalpía  $\Delta H$  é de:

$$\Delta H = 2763,5 - 83,93 \text{ kJ/kg} = 2679,57 \text{ kJ/kg}$$

A calor absorbida polo fluído é o produto do caudal de auga polo incremento de entalpía:

$$Q = C \cdot \Delta H = 2000 \text{ kg/h} \cdot 2679,57 \text{ kJ/kg} = 5359140 \text{ kJ/h} \cdot 1\text{h}/3600 \text{ s} = 1488,65 \text{ kW}$$

Onde:

- $Q$  = Calor absorbida.
- $C$  = Caudal de auga.
- $\Delta H$  = Incremento de entalpía

O rendemento  $\eta$  é de:

$$\eta = 1488,65 \text{ kW} / 1624,5 \text{ kW} = 0,916$$

$$\eta = 0,916 \cdot 100 = 91,6 \%$$

*El incremento de entalpía  $\Delta H$  es de:*

$$\Delta H = 2763,5 - 83,93 \text{ kJ/kg} = 2679,57 \text{ kJ/Kg}$$

*El calor absorbido por el fluido es el producto del caudal de agua por el incremento de entalpía:*

$$Q = C \cdot \Delta H = 2000 \text{ kg/h} \cdot 2679,57 \text{ kJ/kg} = 5359140 \text{ kJ/h} \cdot 1\text{h}/3600 \text{ s} = 1488,65 \text{ kW}$$

*Donde:*

- $Q$  = Calor absorbido.
- $C$  = Caudal de auga.
- $\Delta H$  = Incremento de entalpía

*El rendimiento  $\eta$  es de:*

$$\eta = 1488,65 \text{ kW} / 1624,5 \text{ kW} = 0,916$$

$$\eta = 0,916 \cdot 100 = 91,6 \%$$





### Problema 3

**Diariamente:** purgar a caldeira, purgar botellíns e niveis, limpar boquillas do queimador e purgar o manómetro.

**Semanalmente:** erguer manualmente as válvulas de seguridade, limpar os filtros de auga e combustibles líquidos e gasosos, limpar o sistema de acendido do queimador, facer funcionar o segundo sistema de alimentación (se existe) para evitar que agarrote.

*Diariamente: purgar la caldera, purgar los botellines y niveles, limpiar boquillas del quemador y purgar el manómetro.*

*Semanalmente: levantar manualmente las válvulas de seguridad, limpiar filtros de agua y combustibles líquidos y gaseosos, limpiar el sistema de encendido del quemador; hacer funcionar el segundo sistema de alimentación (si existe) para evitar que se agarrote.*

### Problema 4

Corrosión: dióxido de carbono, osíxeno, acidez, cloruros.

Depósitos, espumas e /ou arrastres: materiais en suspensión, aceite, alcalinidade, manganeso, dureza da auga, sílices.

*Corrosión: dióxido de carbono, oxígeno, acidez, cloruros.*

*Depósitos, espumas y/o arrastres: materiales en suspensión, aceite, alcalinidad, manganeso, dureza del agua, sílices.*