



Proba de

Código

OCL

# Operador/ora industrial de caldeiras

## NOTA INFORMATIVA:

O tribunal non terá en conta para a corrección o apartado 2 do problema 4 xa que, segundo se comentou aos asistentes durante a celebración da proba, na edición impresa non aparecía publicada a táboa de datos necesaria para a súa resolución. Publícase a solución do citado apartado unicamente a efectos informativos.

*El tribunal no tendrá en cuenta para la corrección el apartado 2 del problema 4 ya que, según se comentó a los asistentes durante la celebración de la prueba, en la edición impresa no aparecía publicada la tabla de datos necesaria para su resolución. Se publica la solución del citado apartado únicamente a efectos informativos.*

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.

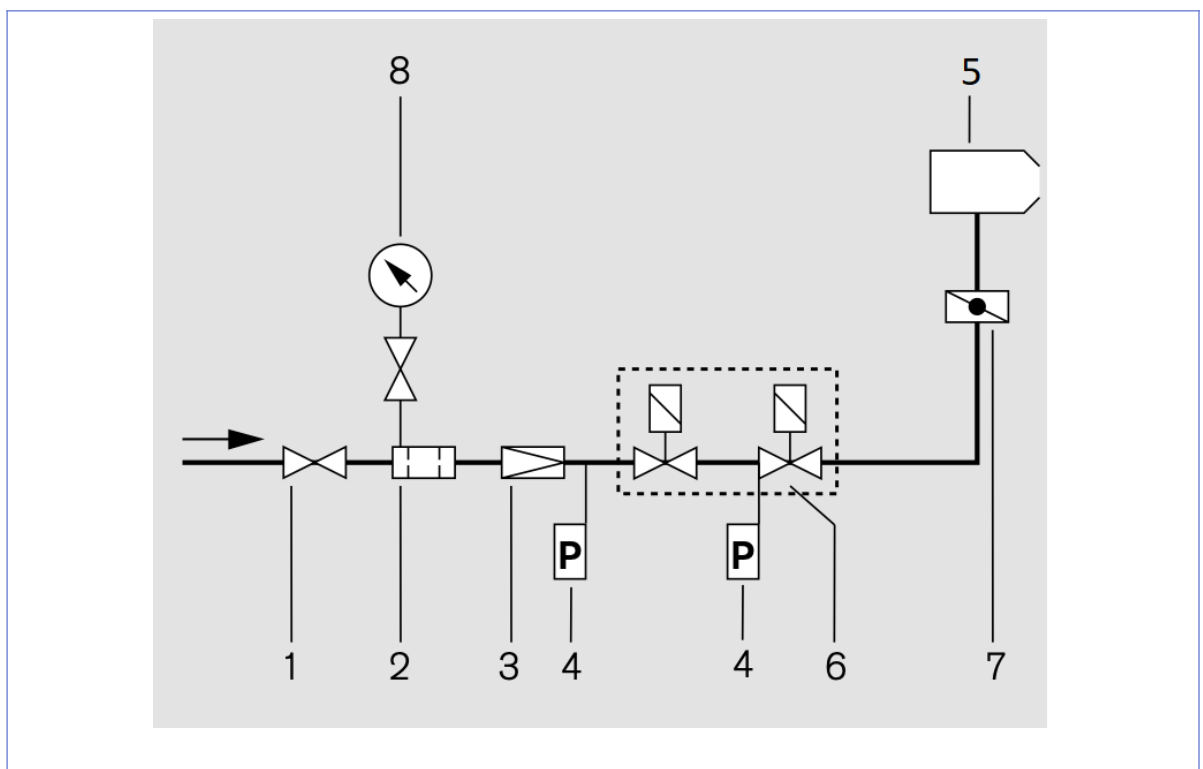


## 2. Exercicio

### Problema 1 [2 puntos]

Identifique cada símbolo do seguinte esquema, relacionando o número do símbolo coa letra asignada ao nome do elemento da táboa seguinte. Responda na folla de respostas:

Identifique cada símbolo del siguiente esquema, relacionando el número del símbolo con la letra asignada al nombre del elemento de la tabla siguiente. Responda en la hoja de respuestas:



A	<ul style="list-style-type: none"><li>Queimador. <i>Quemador.</i></li></ul>	E	<ul style="list-style-type: none"><li>Filtro de gas.</li></ul>
B	<ul style="list-style-type: none"><li>Chave de paso. <i>Llave de paso.</i></li></ul>	F	<ul style="list-style-type: none"><li>Manómetro.</li></ul>
C	<ul style="list-style-type: none"><li>Válvula dobre de gas. <i>Válvula doble de gas.</i></li></ul>	G	<ul style="list-style-type: none"><li>Regulador de presión.</li></ul>
D	<ul style="list-style-type: none"><li>Presóstato de gas. <i>Presostato de gas</i></li></ul>	H	<ul style="list-style-type: none"><li>Clapeta de gas.</li></ul>



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

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

- Lectura do contador de horas de funcionamento do queimador nun día: 16 horas.
- O pulverizador do queimador é do tipo 2 GPH e está axustado a 10 kg/cm<sup>2</sup> (ver táboa).
- A densidade do gasóleo é de 860 kg/m<sup>3</sup> e o seu poder calorífico inferior (H<sub>i</sub>) é de 10500 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: 16 horas.*
- *El pulverizador del quemador es del tipo 2 GPH y está ajustado a 10 kg/cm<sup>2</sup> (ver tabla).*
- *La densidad del gasóleo es de 860 kg/m<sup>3</sup> y su poder calorífico inferior (H<sub>i</sub>) es de 10500 kcal/kg.*

**1.** Calcular os litros de gasóleo consumidos pola caldeira nun día. [1 punto]

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

**2.** Sabendo que o rendemento da caldeira é do 92 %, determinar a potencia, en kW, empregada para producir o vapor de auga. [1,5 punto]

*Sabiendo que el rendimiento de la caldera es del 92 %, determinar la potencia, en kW, empleada para producir el vapor de agua. [1,5 punto]*

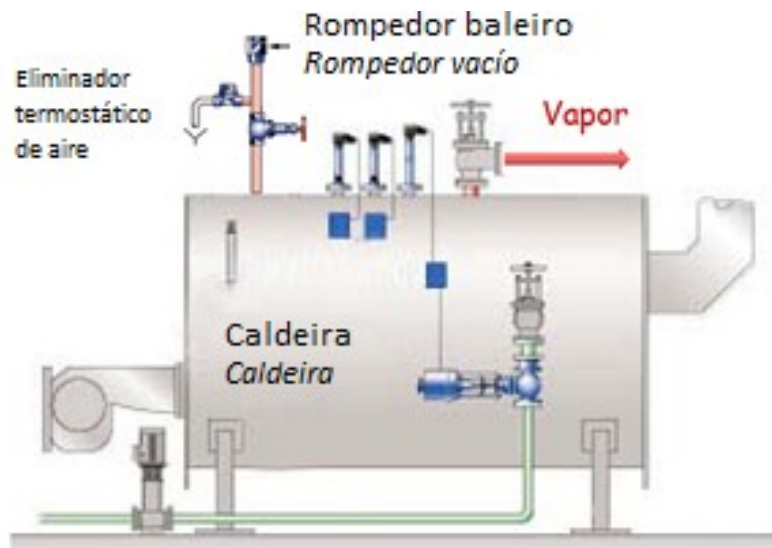
Caudal Nominal Boquilla G.H.P.	Presión Bomba en bar			
	7 Kg/h	10 Kg/h	12 Kg/h	14 Kg/h
0,50	1,6	1,9	2,1	2,3
0,60	2,0	2,3	2,5	2,7
0,65	2,1	2,4	2,7	2,9
0,75	2,4	2,9	3,2	3,4
0,85	2,7	3,2	3,6	3,8
1,00	3,2	3,8	4,2	4,4
1,10	3,4	4,0	4,5	4,8
1,20	3,8	4,6	5,0	5,3
1,35	4,3	5,2	5,6	6,0
1,50	4,8	5,7	6,2	6,8
1,65	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



### Problema 3 [3 puntos]

Temos unha caldeira como a da figura producindo vapor a 10 bar. Responda ás seguintes cuestións relacionadas co seu funcionamento:

*Tenemos una caldera como la de la figura produciendo vapor a 10 bar. Responda a las siguientes cuestiones relacionadas con su funcionamiento:*



Fonte: Spirax Sarco

1. Explicar que ocorrería na caldeira cando se faga unha parada desta, de atoparse bloqueada a válvula rompedora de baleiro. [1,5 puntos]

*Explicar qué sucedería en la caldera cuando se haga una parada de la misma, de encontrarse bloqueada la válvula rompedora de vacío.* [1,5 puntos]

2. Para que serve o eliminador termostático de aire? Cando actuaría? [1,5 puntos]

*¿Para qué sirve el eliminador termostático de aire? ¿Cuándo actuaría?* [1,5 puntos]



**Problema 4** [2,5 puntos]

Temos unha caldeira de gas natural (GN) cunha produción de vapor de 4500 kg/h a unha presión manométrica de 6 bar. A auga bruta ten unha condutividade de 160  $\mu\text{S/cm}$ . Unha vez pasa polo sistema de tratamento, a condutividade é de 12  $\mu\text{S/cm}$ .

*Tenemos una caldera de gas natural (GN) con una producción de vapor de 4500 kg/h a una presión manométrica de 6 bar. El agua bruta tiene una conductividad de 160  $\mu\text{S/cm}$ . Una vez pasa por el sistema de tratamiento, la conductividad es de 12  $\mu\text{S/cm}$ .*

1. Obter o caudal horario de purga para que a condutividade na caldeira non pase de 1000  $\mu\text{S/cm}$ . Non se contempla o retorno de condensados. As medicións de condutividade realízanse con auga de mostras arrefriada a 25 °C. O pH da auga é de 7. [1,25 puntos]

*Obtener el caudal horario de purga para que la conductividad en la caldera no pase de 1000  $\mu\text{S/cm}$ . No se contempla el retorno de condensados. Las mediciones de conductividad se realizan con agua de muestras enfriada a 25 °C. El pH del agua es de 7. [1,25 puntos]*

2. **ANULADA.** Se temos unha lectura no contador de combustible da caldeira de 82576  $\text{m}^3(\text{n})$  e unha hora despois marca 82916  $\text{m}^3(\text{n})$ . Cal é o rendemento da caldeira?

Debe terse en conta que o poder calorífico inferior ( $H_i$ ) medio do gas natural é de 38630  $\text{kJ/m}^3(\text{n})$ .

Supor que a auga se introduce no tanque de alimentación a 28,96 °C. [1,25 puntos]

*Si tenemos una lectura en el contador de combustible de la caldera de 82576  $\text{m}^3(\text{n})$  y una hora después marca 82916  $\text{m}^3(\text{n})$ . ¿Cuál es el rendimiento de la caldera?*

*Debe tenerse en cuenta que el poder calorífico inferior ( $H_i$ ) medio del gas natural es de 38630  $\text{kJ/m}^3(\text{n})$ .*

*Suponer que el agua se introduce en el tanque de alimentación a 28,96 °C. [1,25 puntos]*

**Propiedades da auga saturada (líquido-vapor): táboa de presións** / *Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): tabla de presiones*

Presión bar	Temp. °C	Entalpia		
		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



## 3. Solucións

### Problema 1

5	A	▪ Queimador. <i>Queimador.</i>	E	2	▪ Filtro de gas.
1	B	▪ Chave de paso. <i>Llave de paso.</i>	F	8	▪ Manómetro.
6	C	▪ Válvula dobre de gas. <i>Válvula doble de gas.</i>	G	3	▪ Regulador de presión.
4	D	▪ Presóstato de gas. <i>Presostato de gas</i>	H	7	▪ Clapeta de gas.

### Problema 2

#### Cuestión 1

A caldeira funciona 16 horas ao día e o queimador ten unha boquilla 2 GPH axustada a 10 kg/cm<sup>2</sup> polo que se consultamos á táboa que se achega, observamos que queima 7,7 kg/h. Polo tanto, os litros de gasóleo consumidos nun día serán:

$$V = C \cdot n$$

Sendo:

$$V = \text{volume}$$

$$C = \text{Caudal} = 7,7 \text{ kg/hora}$$

$$n = \text{número de horas} = 16 \text{ horas/día}$$

Por tanto:

$$V = (7,7 \text{ kg/hora}) \cdot (16 \text{ horas/día}) \cdot (1 / 860 \text{ kg/m}^3) \cdot (1000 \text{ litros / m}^3) = 143,26 \text{ litros}$$

Os litros de gasóleo consumidos nun día son 143,26.





La caldera funciona 16 horas al día y el quemador tiene una boquilla 2 GPH ajustada a 10 kg/cm<sup>2</sup> por lo que si consultamos la tabla que se adjunta, observamos que quema 7,7 kg/h. Por lo tanto, los litros de gasóleo consumidos en un día serán:

$$V = C \cdot n$$

Siendo:

$V$  = volumen

$C$  = Caudal = 7,7 kg/hora

$n$  = número de horas = 16 horas/día

Por tanto:

$$V = (7,7 \text{ kg/hora}) \cdot (16 \text{ horas/día}) \cdot (1 / 860 \text{ kg/m}^3) \cdot (1000 \text{ litros / m}^3) = 143,26 \text{ litros}$$

Las litros de gasóleo consumidos en un día son 143, 26

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	6,2	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





## Cuestión 2

---

A potencia empregada para producir o vapor de auga será:

$$P = C \cdot \eta \cdot H_i$$

Onde:

$$C = \text{Caudal} = 7,7 \text{ kg/hora}$$

$$\eta = \text{Rendemento da caldeira} = 0,92$$

$$H_i = \text{Poder calorífico inferior} = 10500 \text{ kcal/kg}$$

Por tanto:

$$P = (7,7 \text{ kg/h}) \cdot 0,92 \cdot (10500 \text{ kcal/kg}) = 74382 \text{ kcal/h}$$

Sabendo que  $1 \text{ kW} = 860 \text{ kcal/h}$  obtemos que a potencia será:  $86,49 \text{ kW}$

*La potencia empleada para producir el vapor de agua será:*

$$P = C \cdot \eta \cdot H_i$$

*Donde:*

$$C = \text{Caudal} = 7,7 \text{ kg/hora}$$

$$\eta = \text{Rendimiento de la caldera} = 0,92$$

$$H_i = \text{Poder calorífico inferior} = 10.500 \text{ kcal/kg}$$

*Por tanto:*

$$P = (7,7 \text{ kg/h}) \cdot 0,92 \cdot (10500 \text{ kcal/kg}) = 74382 \text{ kcal/h}$$

*Sabiendo que  $1 \text{ kW} = 860 \text{ kcal/h}$  obtenemos que la potencia será:  $86,49 \text{ kW}$*



### Problema 3

#### Cuestión 1

---

Cando se fai unha parada da caldeira, esta ten no seu interior a presión de operación, neste caso de 10 bar. A caldeira comeza a arrefriar co que o vapor que hai no seu interior condensa, provocando un baleiro. No caso de estar bloqueada a válvula rompedora de baleiro, podería causar deformacións ou incluso deterioro na caldeira.

*Cuando se hace una parada de la caldera, esta tiene en su interior la presión de operación, en este caso de 10 bar. La caldera comienza a enfriar con lo que el vapor que hay en su interior condensa, provocando un vacío. En el caso de estar bloqueada la válvula rompedora de vacío, podría causar deformaciones o incluso deterioro en la caldera.*

#### Cuestión 2

---

No acendido da caldeira esta está chea de aire (introducido a través da válvula rompedora de baleiro para evitar a presurización negativa da caldeira). Para evitar que este aire pase á rede de vapor elimínase mediante o eliminador termostático de aire que pecha automaticamente ao comezar a producirse vapor.

*En el encendido de la caldera esta está llena de aire (introducido a través de la válvula rompedora de vacío para evitar la presurización negativa de la caldera). Para evitar que este aire pase a la red de vapor se elimina mediante el eliminador termostático de aire que cierra automáticamente al comenzar a producirse vapor.*

### Problema 4

#### Cuestión 1

---

O caudal de purga (P) será:

$$P = V \cdot c_s / (c_m - c_s)$$

onde:

V = Caudal de vapor = 4500 kg/hora

$c_m$  = Conductividade máxima = 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$

$c_s$  = Conductividade sistema = 12  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Por tanto:

$$P = (4500 \text{ kg/h}) \cdot (12 \mu\text{S}/\text{cm}) / (1000 \mu\text{S}/\text{cm} - 12 \mu\text{S}/\text{cm}) = 54,65 \text{ l/h.}$$



El caudal de purga (P) será:

$$P = V \cdot c_s / (c_m - c_s)$$

donde:

$$V = \text{Caudal de vapor} = 4500 \text{ kg/hora}$$

$$c_m = \text{Conductividad máxima} = 1000 \mu\text{S/cm}$$

$$c_s = \text{Conductividad sistema} = 12 \mu\text{S/cm}$$

Por tanto:

$$P = (4500 \text{ kg/h}) \cdot (12 \mu\text{S/cm}) / (1000 \mu\text{S/cm} - 12 \mu\text{S/cm}) = 54,65 \text{ l/h.}$$

## Cuestión 2 (ANULADA)

---

O consumo de GN nunha hora será a diferenza entre as lecturas do contador:

$$C_{1 \text{ HORA}} = 82916 - 82576 = 340 \text{ m}^3(\text{n}).$$

Ao realizarse a alimentación mediante un tanque atmosférico a 28,96 °C a entalpía de vaporización da auga segundo a táboa que se achega é de 121,46 kJ/kg. Consultando a mesma táboa observamos que a entalpía do vapor a unha presión manométrica de 6 bar é de 2763,5 kJ/kg. A diferenza entre ambas entalpías ( $\Delta H$ ) ten que ser achegada polo combustible:

$$\Delta H = H_2 - H_1 = 2763,5 - 121,46 = 2642,04 \text{ kJ/kg}$$

Polo tanto, coñecendo a variación de entalpía ( $\Delta H$ ) e o caudal de vapor (V) calculamos o consumo teórico de gas ( $C_{TH}$ ):

$$C_{TH} = \Delta H \cdot V = 2642,04 \text{ kJ/kg} \cdot 4500 \text{ kg/h} = 11\,889\,180 \text{ kJ/h}$$

Calculamos o consumo enerxético ( $C_E$ ):

$$C_E = C_{1 \text{ HORA}} \cdot H_i = 340 \text{ m}^3(\text{n}) \cdot 38630 \text{ kJ/m}^3(\text{n}) = 13\,134\,200 \text{ kJ}$$

onde:

$$H_i = \text{Poder calorífico inferior} = 38630 \text{ kJ/m}^3(\text{n})$$

O rendemento da caldeira será:

$$\eta = C_{TH} / C_E = 11\,889\,180 / 13\,134\,200 = 0,905$$

O rendemento da caldeira en tanto por cento será:

$$\eta = 90,5\%$$



*El consumo de GN en una hora será la diferencia entre las lecturas del contador:*

$$C_{1\text{HORA}} = 82916 - 82576 = 340 \text{ m}^3(n).$$

*Al realizarse la alimentación mediante un tanque atmosférico a 28,96 °C la entalpía de vaporización del agua según la tabla adjunta es de 121,46 kJ/kg. Consultando la misma tabla observamos que la entalpía de vapor a una presión manométrica de 6 bar es de 2763,5 kJ/kg. La diferencia entre ambas entalpías ( $\Delta H$ ) tiene que ser aportada por el combustible:*

$$\Delta H = H_2 - H_1 = 2763,5 - 121,46 = 2642,04 \text{ kJ/kg}$$

*Por tanto, conociendo la variación de entalpía ( $\Delta H$ ) y el caudal de vapor ( $V$ ) calculamos el consumo teórico de gas ( $C_{TH}$ ):*

$$C_{TH} = 2642,04 \text{ kJ/kg} \cdot 4500 \text{ kg/h} = 11\ 889\ 180 \text{ kJ/h}$$

*Calculamos el consumo energético ( $C_E$ ):*

$$C_E = C_{1\text{HORA}} \cdot H_i = 340 \text{ m}^3(n) \cdot 38630 \text{ kJ/m}^3(n) = 13\ 134\ 200 \text{ kJ}$$

*donde:*

$$H_i = \text{Poder calorífico inferior} = 38630 \text{ kJ/m}^3(n)$$

*El rendimiento de la caldera será:*

$$\eta = C_{TH} / C_{1\text{HORA}} = 11\ 889\ 180 / 13\ 134\ 200 = 0,905.$$

*El rendimiento de la caldera en tanto por ciento será:*

$$\eta = 90,5\%$$