

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

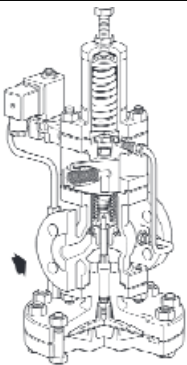
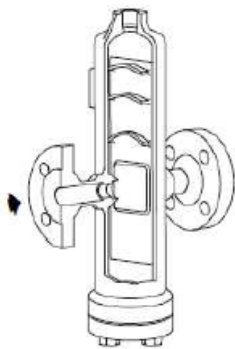
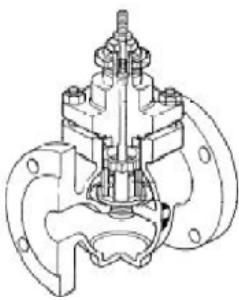
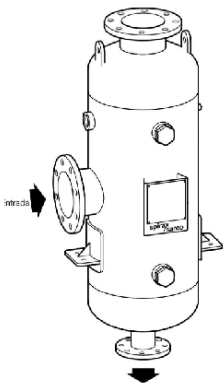
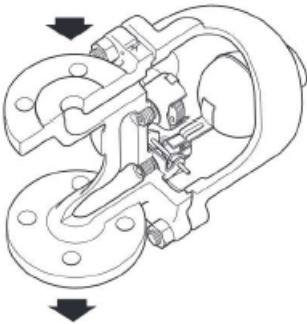
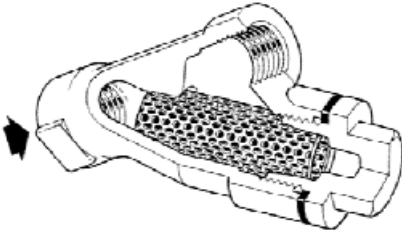
Problema 1 [3,5 puntos]

Relacionar os elementos/equipamentos que se recollen nas imaxes da táboa 1 cos nomes que se recollen na táboa 2:

Relacionar los elementos/equipos que se recogen en las imágenes de la tala 1 con los nombres que se recogen en la tabla 2.

Táboa 1:

Tabla 1:

Nº	Elemento	Nº	Elemento
1		6	
2		7	
3		8	

4		9	
5		10	

Fonte: SPIRAX SARCO

Táboa 2:

Tabla 2:

A	Válvula reductora de presión pilotada <i>Válvula reductora de presión pilotada</i>	F	Purgador de boia <i>Purgador de boya</i>
B	Eliminador de aire	G	Indicador de nivel
C	Válvula de retención	H	Separador
D	Filtro tipo Y	I	Válvula de control
E	Intercambiador	L	Tanque de revaporizado



Problema 2 [4 puntos]

Temos unha caldeira de gasóleo, que se emprega para a produción continua de vapor.

Responder ás cuestións que se indican tendo en conta as seguintes características de funcionamento, así como a táboa de propiedades da auga saturada que se achega:

- A produción de vapor (P_v): 1 500 kg/h
- O volume total da caldeira (V_T): 2,5 m³
- A presión máxima de servizo ($P_{m\acute{a}xS}$): 8 bar manométrico.
- O poder calorífico do gasóleo ($H_{i_{gas}}$): 10 170 kcal/kg.
- A densidade do gasóleo (r_{gas}): 0,82 kg/l

Tenemos una caldera de gasóleo, que se emplea para la producción continua de vapor.

Responder a las cuestiones que se indican teniendo en cuenta las siguientes características de funcionamiento, así como la tabla de propiedades del agua saturada que se adjunta:

- *La producción de vapor (P_v): 1 500 kg/h*
- *El volumen total de la caldera (V_T): 2,5 m³*
- *La presión máxima de servicio ($P_{m\acute{a}xS}$): 8 bar manométrico.*
- *El poder calorífico del gasóleo ($H_{i_{gas}}$): 10 170 kcal/kg.*
- *La densidad del gasóleo (r_{gas}): 0,82 kg/l.*

1. De que clase sería a caldeira? Sería necesario o carné de operadora/or de caldeiras para a súa condución? Razoe ambas as respostas. [1 puntos]

¿De qué clase sería la caldera? ¿Sería necesario el carnet de operador de calderas para su conducción? Razone ambas respuestas. [1 puntos]

2. Se o contador de gasóleo indica un consumo de 95 litros na última hora e a auga entra a 165 °C, cal está a ser o rendemento da caldeira, sabendo que a presión **manométrica** de traballo é de 6 bar? [1,5 puntos]

*Si el contador de gasóleo indica un consumo de 95 litros en la última hora y el agua entra a 165° C, ¿cuál es el rendimiento de la caldera, sabiendo que la presión **manométrica** de trabajo es de 6 bar?* [1,5 puntos]

3. Se lle facemos un *bypass* (ponte) ao recuperador de calor, para ter a mesma produción de vapor o consumo de gasóleo aumenta en 3 litros por hora. Cal é o aforro, en termos de potencia, que produce o recuperador cando este funciona correctamente ? [1,5 puntos]

*Si le hacemos un *bypass* (puente) al recuperador de calor, para tener la misma producción de vapor el consumo de gasóleo aumenta en 3 litros por hora. ¿Cuál es el ahorro, en términos de potencia, que produce el recuperador cuando esté funciona de forma correcta?* [1,5 puntos]

Propiedades da auga saturada (líquida–vapor): táboa de presións
Propiedades del agua saturada (líquida–vapor): tabla de presiones

Presión bar	Temp., °C	Entalpía kJ / kg			Entropía kJ / kg K	
		Líquido sat,	Vapor vaporiz,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor sat,
		h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
0,04	28,96	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746
0,06	36,16	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304
0,08	41,51	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287
0,10	45,81	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502
0,20	60,06	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085
0,30	69,10	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686
0,40	75,87	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700
0,50	81,33	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939
0,60	85,94	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320
0,70	89,95	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797
0,80	93,50	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346
0,90	96,71	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949
1,00	99,63	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594
1,50	111,4	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233
2,00	120,2	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271
2,50	127,4	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527
3,00	133,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919
3,50	138,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405
4,00	143,6	604,74	2133,8	2738,6	1,7766	6,8959
4,50	147,9	623,25	2120,7	2743,9	1,8207	6,8565
5,00	151,9	640,23	2108,5	2748,7	1,8607	6,8212
6,00	158,9	670,56	2086,3	2756,8	1,9312	6,7600
7,00	165,0	697,22	2066,3	2763,5	1,9922	6,7080
8,00	170,4	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	6,6628
9,00	175,4	742,83	2031,1	2773,9	2,0946	6,6226
10,0	179,9	762,81	2015,3	2778,1	2,1387	6,5863
15,0	198,3	844,84	1947,3	2792,2	2,3150	6,4448
20,0	212,4	908,79	1890,7	2799,5	2,4474	6,3409
25,0	224,0	962,11	1841,0	2803,1	2,5547	6,2575
30,0	233,9	1008,4	1795,7	2804,2	2,6457	6,1869
35,0	242,6	1049,8	1753,7	2803,4	2,7253	6,1253
40,0	250,4	1087,3	1714,1	2801,4	2,7964	6,0701
45,0	257,5	1121,9	1676,4	2798,3	2,8610	6,0199
50,0	264,0	1154,2	1640,1	2794,3	2,9202	5,9734

Nota: as presións indicadas na táboa son presións absolutas

Nota: las presiones indicadas en la tabla son presiones absolutas



Problema 3 [2,5 puntos]

Temos unha caldeira para a produción de vapor saturado coas seguintes características:

- Producción de vapor: 10 toneladas/hora.
- Presión manométrica de traballo: 6 bar.
- Volume da caldeira: 8,25 m³.
- Condutividade da auga de alimentación: 8 μS/cm.
- Non hai retorno de condensados.

Tenemos una caldera para la producción de vapor saturado con las siguientes características:

- *Producción de vapor: 10 toneladas/hora.*
- *Presión manométrica de trabajo: 6 bar.*
- *Volumen interno: 8,25 m³.*
- *Conductividad del agua de alimentación: 8 μS/cm.*
- *No hay retorno de condensados.*

1. Cal será o caudal mínimo de purga para manter a condutividade da auga da caldeira por baixo dos 550 μS/cm? [2,5 puntos]

¿Cuál será el caudal mínimo de purga para mantener la conductividad del agua de la caldera por debajo de los 550 μS/cm? [2,5 puntos]



Soluciones

Problema 1

Cuestión 1

A	Válvula reductora de presión pilotada => 1	F	Purgador de boia => 3
B	Eliminador de aire => 5	G	Indicador de nivel => 4
C	Válvula de retención => 10	H	Separador => 6
D	Filtro tipo Y => 8	I	Válvula de control => 2
E	Intercambiador => 9	L	Tanque de revaporizado => 7

Problema 2

Cuestión 1

Unha caldeira é de clase 2ª cando $V_T \cdot P_{ms} > 15\ 000$

La caldera es de clase 2ª cuando $V_T \cdot P_{ms} > 15\ 000$

Neste caso:

En este caso:

- $V_T = 2,5\ m^3 = 2\ 500$ litros
- $P_{ms} = 8$ bar.

Xa que logo:

Por tanto:

$$V_T \cdot P_{ms} = 2500 \cdot 8 = 20\ 000 > 15\ 000 \Rightarrow \text{A caldeira será de clase 2ª.}$$

$$V_T \cdot P_{ms} = 2500 \cdot 8 = 20\ 000 > 15\ 000 \Rightarrow \text{La caldera será de clase 2ª.}$$

Si, podemos afirmar que é necesario o carné de operadora/or industrial de caldeiras para a condución desa caldeira segundo o artigo 13 da ITC-EP1.

Sí, podemos afirmar que es necesario el carné de operadora/or industrial de calderas para la conducción de esa caldera, según el artículo 13 de la ITC-EP1.

Cuestión 2

Tendo que conta que a caldeira está a producir 1 500 kg/h de vapor (P_v) e extraendo da táboa que se achega os valores das entalpías correspondentes a unha presión de 7 bares, calculamos o valor da enerxía producida (E):

Teniendo en cuenta que la caldera está produciendo 1 500 kg/h de vapor (P_v) y extrayendo de la tabla que se adjunta los valores de las entalpías correspondientes a una presión de 7 bares, calculamos el valor de la energía producida (E):

$$E = P_v \cdot \Delta H = 1\,500 \text{ kg/h} \cdot (2763,5 \text{ kJ/kg} - 697,22 \text{ kJ/kg}) = 3\,099\,450,45 \text{ kJ/h}$$

Por outra banda, a enerxía contida no combustible consumido E_c é:

Por otra parte, la energía contenida en el combustible consumido E_c es:

$$E_c = H_i \cdot C \cdot r_{\text{gas}} = 4,18 \text{ kJ/kcal} \cdot 10\,170 \text{ kcal/kg} \cdot 95 \text{ l/h} \cdot 0,82 \text{ kJ/l} = 3\,311\,575,74 \text{ kJ/h}$$

O rendemento da caldeira (η) será:

El rendimiento de la caldera (η) será:

$$\eta = E / E_c = (3\,099\,450,45 \text{ kJ/h}) / (3\,311\,575,74 \text{ kJ/h}) = 0,936 \Rightarrow 93,6 \%$$

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	2756,8
7,00	165,0	697,22	2066,3	2763,5
8,00	170,4	721,11	2048,0	2769,1
9,00	175,4	742,83	2031,1	2773,9
10,0	179,9	762,81	2015,3	2778,1
15,0	198,3	844,84	1947,3	2792,2
20,0	212,4	908,79	1890,7	2799,5
25,0	224,0	962,11	1841,0	2803,1
30,0	233,9	1008,4	1795,7	2804,2
35,0	242,6	1049,8	1753,7	2803,4
40,0	250,4	1087,3	1714,1	2801,4
45,0	257,5	1121,9	1676,4	2798,3
50,0	264,0	1154,2	1640,1	2794,3



Cuestión 3

Tendo que conta que a caldeira está a producir 1 500 kg/h de vapor (P_v) e extraendo da táboa que se achega os valores de entalpía correspondentes a unha presión de 7 bares, calculamos o valor da enerxía producida (E):

Teniendo en cuenta que la caldera está produciendo 1 500 kg/h de vapor (P_v) y extrayendo de la tabla que se adjunta los valores de entalpía correspondientes a una presión de 7 bares, calculamos el valor de la energía producida (E):

$$E = P_v \cdot \Delta H = 1\,500 \text{ kg/h} \cdot (2\,763,5 \text{ kJ/kg} - 697,22 \text{ kJ/kg}) = 3\,099\,450,45 \text{ kJ/h}$$

Por outra banda, a enerxía contida no combustible consumido, tendo en conta que o consumo de gasóleo aumenta en 3 litros, será:

Por otra parte, la energía contenida en el combustible consumido, teniendo en cuenta que el consumo de gasoil aumenta en 3 litros, será:

$$E_c = H_i \cdot C \cdot r_{\text{gas}} = 4,18 \text{ kJ/kcal} \cdot 10\,170 \text{ kcal/kg} \cdot (95 + 3) \text{ l/h} \cdot 0,82 \text{ kJ/l} = 3\,416\,151,82 \text{ kJ/h}$$

O aforro (A), en termos de potencia, será:

El ahorro (A), en términos de potencia, será:

$$A = E_c - E = (3\,416\,151,82 \text{ kJ/h}) - (3\,099\,450,45 \text{ kJ/h}) = 104\,576,076 \text{ kJ/h}$$

$$104\,576,076 \text{ kJ/h} \cdot 1 \text{ h} / 3600 \text{ s} = 29,048 \text{ kW}$$

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
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
8,00	170,4	721,11	2048,0	2769,1
9,00	175,4	742,83	2031,1	2773,9
10,0	179,9	762,81	2015,3	2778,1
15,0	198,3	844,84	1947,3	2792,2
20,0	212,4	908,79	1890,7	2799,5
25,0	224,0	962,11	1841,0	2803,1
30,0	233,9	1008,4	1795,7	2804,2
35,0	242,6	1049,8	1753,7	2803,4
40,0	250,4	1087,3	1714,1	2801,4
45,0	257,5	1121,9	1676,4	2798,3
50,0	264,0	1154,2	1640,1	2794,3



Problema 3

Cuestión 1

Temos unha produción de vapor de 10 000 kg/h e sen retorno do condensado. Podemos calcular o caudal mínimo de purga tendo en conta que a salinidade (como condutividade) de entrada ($S_{ENTRADA}$) é igual á salinidade (como condutividade) de saída ($S_{SAÍDA}$).

$$S_{ENTRADA} = S_{SAÍDA} \Rightarrow (V - C + P) \cdot Ca = P \cdot Cp$$

sendo,

V = Caudal de produción de vapor, en kg/h = 10 000 kg/h

C = Caudal de condensado recuperado, en kg/h = 0

P = Caudal de purga, en kg/h

Ca = Condutividade da auga de achega, en $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Cp = Condutividade da purga, en $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$

xa que logo:

$$S_{ENTRADA} = S_{SAÍDA} \Rightarrow (V - C + P) \cdot Ca = P \cdot Cp$$

$$(V \cdot Ca) - (C \cdot Ca) + (P \cdot Ca) = P \cdot Cp \Rightarrow$$

$$(V \cdot Ca) - (C \cdot Ca) = (P \cdot Cp) - (P \cdot Ca) \Rightarrow$$

$$(V \cdot Ca) - (C \cdot Ca) = P \cdot (Cp - Ca) \Rightarrow$$

$$P = (V \cdot Ca - C \cdot Ca) / (Cp - Ca) \Rightarrow$$

$$P = (10\,000 \text{ kg/h} \cdot 8 \mu\text{S}/\text{cm} - 0 \cdot 8 \mu\text{S}/\text{cm}) / (550 \mu\text{S}/\text{cm} - 8 \mu\text{S}/\text{cm}) = 14,76 \text{ kg/h}$$

Tenemos una producción de vapor de 10 000 kg/h y sen retorno de condensado. Podemos calcular el caudal mínimo de purga teniendo en cuenta que la salinidad (como condutividad) de entrada ($S_{ENTRADA}$) es igual a la salinidad (como condutividad) de salida (S_{SALIDA})

$$S_{ENTRADA} = S_{SALIDA} \Rightarrow (V - C + P) \cdot Ca = P \cdot Cp$$

siendo:

V = Caudal de produción de vapor, en kg/h = 10 000 kg/h

C = Caudal de condensado recuperado, en kg/h = 0

P = Caudal de purga, en kg/h

Ca = Condutividade del auga de aportación, en $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Cp = Condutividade de la purga, en $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$

por tanto:

$$S_{ENTRADA} = S_{SALIDA} \Rightarrow (V - C + P) \cdot Ca = P \cdot Cp$$

$$(V \cdot Ca) - (C \cdot Ca) + (P \cdot Ca) = P \cdot Cp \Rightarrow$$

$$(V \cdot Ca) - (C \cdot Ca) = (P \cdot Cp) - (P \cdot Ca) \Rightarrow$$

$$(V \cdot Ca) - (C \cdot Ca) = P \cdot (Cp - Ca) \Rightarrow$$

$$P = (V \cdot Ca - C \cdot Ca) / (Cp - Ca) \Rightarrow$$

$$P = (10\,000 \text{ kg/h} \cdot 8 \mu\text{S}/\text{cm} - 0 \cdot 8 \mu\text{S}/\text{cm}) / (550 \mu\text{S}/\text{cm} - 8 \mu\text{S}/\text{cm}) = 14,76 \text{ kg/h}$$