

Nombre del docente: Nedher Sanchez / Naudy Lopez

Alumno:

Apellidos: _____ Nombres: _____

Sección: _____ Fecha: 07/07/2025

Nota:

Indicaciones:

La Duración es de 105 minutos.

La evaluación consta de 1 pregunta.

Se permite el uso de calculadora científica, tablas y dos hojas de formulario escrita a mano (4 páginas). Se debe utilizar, por lo menos, 4 decimales en todos los cálculos.

Pregunta 1 (20puntos)

La figura muestra un proceso que opera en estado estacionario, opera con agua como fluido de trabajo y se usa en acondicionamiento de aire. En la siguiente tabla se resumen algunas condiciones de las corrientes en el proceso:

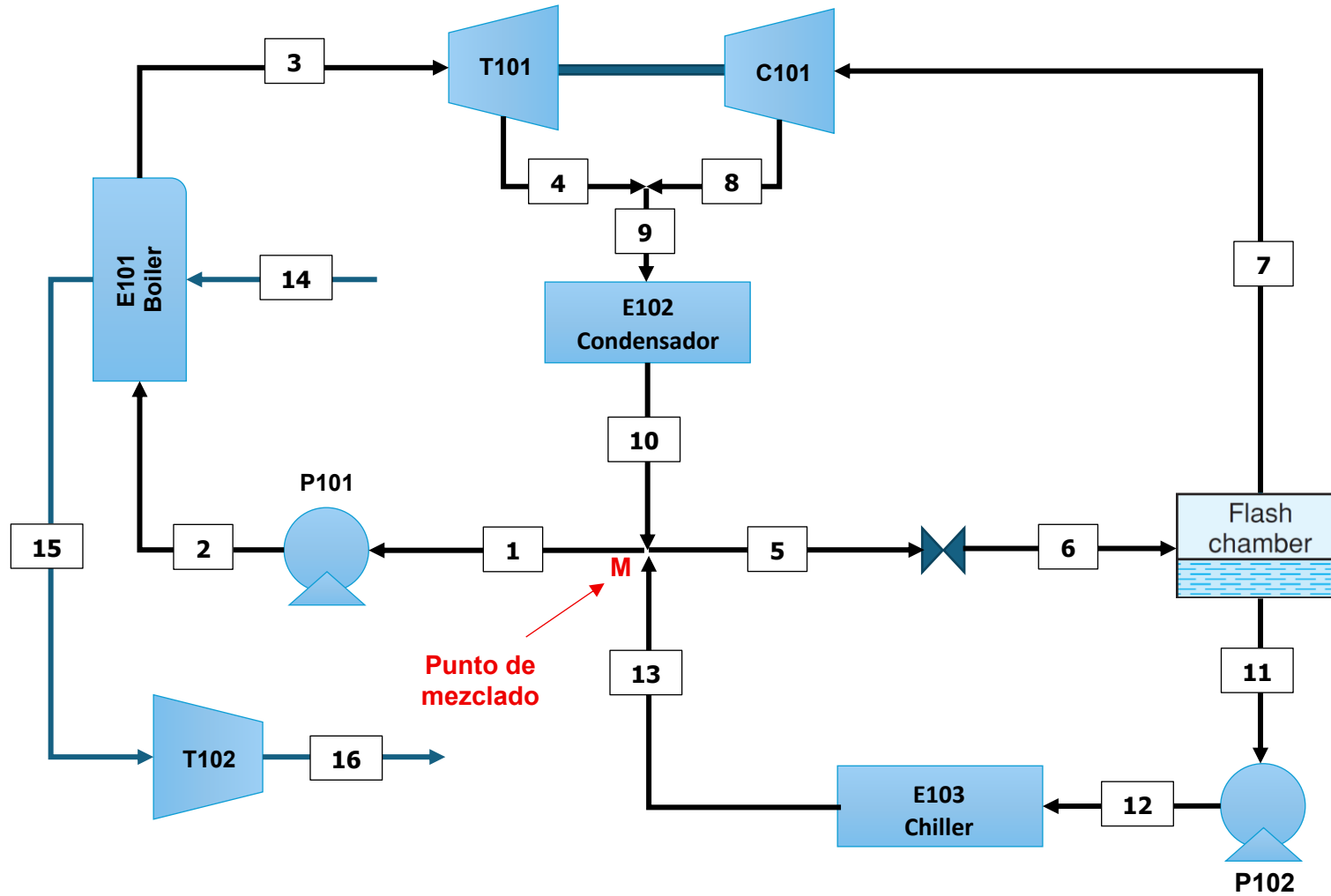
Corriente	Sustancia	Presión (bar)	Temperatura	Flujo másico (kg/s)	Comentario
1	Agua	0.06	Igual a la corriente 5	1.5	
2	Agua	Igual a la corriente 3		1.5	
3	Agua		160 °C	1.5	Vapor Saturado
4	Agua	0.06		1.5	80% de calidad
5	Agua	0.06	Igual a la corriente 1		
6	Agua		10 °C		
7	Agua		10 °C		Vapor Saturado
8	Agua	0.06	160 °C		
9	Agua	0.06			
10	Agua	0.06			Líquido Saturado
11	Agua		10 °C		Líquido Saturado
12	Agua	0.06			
13	Agua	0.06	20 °C		
14	Aire	30	600 K		
15	Aire	30	500 K		
16	Aire	5			

Considere, también, la siguiente información:

- Todos los equipos son adiabáticos, excepto el boiler (E101), el condensador (E102) y el chiller (E103).
- Las bombas P101 y P102 operan con 70% de eficiencia isoentrópica.
- La corriente 4 y la corriente 8 se mezclan adiabáticamente para producir la corriente 9.
- Punto de mezclado M: la corriente 10 y la corriente 13 se mezclan adiabáticamente para producir las corrientes 1 y 5. Las propiedades de las corrientes 1 y 5 son iguales.
- Toda la potencia producida por la turbina T101 es utilizada por el compresor C101.
- Al boiler E101 ingresa aire a $P_{14} = 30$ bar y $T_{14} = 600$ K, y sale a $P_{15} = 30$ bar y $T_{15} = 500$ K. Luego, la corriente se expande hasta $P_{16} = 5$ bar en turbina T102, de 90% de eficiencia isoentrópica.
- El chiller E103 absorbe calor de una fuente a 30°C (303.15 K).

Se le pide:

- a) Calcular la potencia producida (**kW**) y la eficiencia isoentrópica de la turbina T101. **(3.5 puntos)**.
- b) Calcular **la potencia específica consumida (kJ/kg)** y la eficiencia isoentrópica del compresor C101. **(3.5 puntos)**.
- c) Calcular el flujo másico de agua (**kg/s**) que circula por el compresor C101 y la generación de entropía en el compresor C101 (**kW/K**). **(3.5 puntos)**.
- d) **El flujo másico que circula por la bomba P102 es $\dot{m}_{11} = 199.5007$ kg/s y la entalpía específica de las corrientes 1 y 5 son $h_1 = h_5 = 85.6364$ kJ/kg. Calcular $\dot{m}_5$ (kg/s) y verificar el cumplimiento de la primera ley con un balance masa y de energía en el punto de mezclado M respectivamente. (2 puntos).**
- e) Calcular la potencia consumida en la bomba P102 (**kW**) y la entalpía específica h_{12} (**kJ/kg**). **(3 puntos)**.
- f) Calcular el calor absorbido (**kW**) en el chiller E103 y la generación de entropía (**kW/K**) tomando como volumen de control el conjunto “bomba P102 + chiller E103”. **(3.5 puntos)**.
- g) Calcular **la potencia específica (kJ/kg) producida** en la turbina T102, la entalpía específica de la corriente 16 (**kJ/kg**) y la generación de entropía específica (**kJ/kg. K**) en la turbina T102. **Emplear la tabla A22 para estimar las propiedades del aire. (3 puntos)**.



a) Pregunta A

Potencia de la turbina T101

$$h_4 = 151.53 + 0.80(2567.4 - 151.53) = 2084.2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}_{T101} + \dot{m}_3(h_3 - h_4)$$

$$\dot{W}_{T101} = 1.5 \times (2758.1 - 2084.2260)$$

$$\dot{W}_{T101} = 1010.8110 \text{ kW}$$

Eficiencia isoentrópica de la turbina T101

$$s_{4s} = s_3 = 6.7502 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$x_{4s} = \frac{6.7502 - 0.5210}{8.3304 - 0.5210} = 0.797654$$

$$h_{4s} = 151.53 + 0.797654 \times (2567.4 - 151.53) = 2078.5586 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_{T101} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}} = \frac{2758.1 - 2084.2260}{2758.1 - 2078.5586} = 0.9917$$

b) Pregunta B

Potencia de la turbina T101

$$h_8 = 2802.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}_{C101} + \dot{m}_7(h_7 - h_8)$$

$$\frac{\dot{W}_{C101}}{\dot{m}_7} = 2519.8 - 2802.5$$

$$\frac{\dot{W}_{C101}}{\dot{m}_7} = -282.7000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Isoentrópico

$$s_{8s} = s_7 = 8.9008 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$h_{8s} = \frac{2802.5 - 2726.0}{8.9693 - 8.7840} (8.9008 - 8.7840) + 2726.0 = 2774.2202 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_{C101} = \frac{h_7 - h_{8s}}{h_7 - h_8}$$

$$\eta_{C101} = \frac{2519.8 - 2774.2202}{2519.8 - 2802.5} \rightarrow \eta_{C101} = 0.9000$$

c) Pregunta C

Flujo másico

$$\begin{aligned}
 \dot{W}_{T101} &= \dot{m}_7 \left| \frac{\dot{W}_{C101}}{\dot{m}_7} \right| \\
 1010.8110 &= \dot{m}_7 (282.7000) \\
 \dot{m}_7 &= 3.5756 \frac{\text{kg}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Generación de entropía

$$\begin{aligned}
 s_8 &= 8.9693 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\
 \frac{dS}{dt} &= \frac{\dot{Q}}{T_0} + \dot{m}_7 (s_7 - s_8) + \dot{\sigma}_{C101} \\
 0 &= 0 + 3.5756 \times (8.9008 - 8.9693) + \dot{\sigma}_{C101} \\
 \dot{\sigma}_{C101} &= 0.24493 \frac{\text{kW}}{\text{K}}
 \end{aligned}$$

d) Pregunta D

En el punto de mezclado:

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_{10} + \dot{m}_{13} &= \dot{m}_1 + \dot{m}_5 \\
 5.0756 + 199.5007 &= 1.5 + \dot{m}_5 \\
 \dot{m}_5 &= 203.0763 \frac{\text{kg}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Balance de energía en el punto de mezclado:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= h_5 = 85.6364 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\
 \dot{m}_{10} h_{10} + \dot{m}_{13} h_{13} &= \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_5 h_5 \\
 5.0756 \times 151.53 + 199.5007 \times 83.96 &= 1.5 \times 85.6364 + 203.0763 \times 85.6364 \\
 17519.1844 \text{ kW} &= 17519.1779 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

e) Pregunta E

Bomba

$$\begin{aligned}
 \dot{W}_{P102} &= \dot{m}_{11} \frac{v_{11}(P_{11} - P_{12})}{\eta_{P102}} \\
 \dot{W}_{P102} &= 199.5007 \times \frac{1.004 \times 10^{-3} (1.228 - 6)}{0.70} = -1.3655 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$h_{12} = h_{11} - \frac{\dot{W}_{P102}}{\dot{m}_{11}}$$

$$h_{12} = 42.01 - \frac{-1.3655}{199.5007} = 42.0168 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

f) Pregunta F

Calor en el chiller

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q}_{E103} - \dot{W}_{P102} + \dot{m}_{11}(h_{12} - h_{13})$$

$$0 = \dot{Q}_{E103} - 0 + 199.5007 \times (42.0168 - 83.96)$$

$$\dot{Q}_{E103} = 8367.6978 \text{ kW}$$

Generación de entropía con el volumen de control chiller + bomba

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}}{T_0} + \dot{m}_1(s_1 - s_3) + \dot{\sigma}_{E101+P101}$$

$$\dot{\sigma}_{E101+P101} = \frac{8367.6978}{30 + 273.15} + 199.5007 \times (0.1510 - 0.2966) = 1.44480 \frac{\text{kW}}{\text{K}}$$

g) Pregunta G

$$h_{15} = 503.02 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, s_{15}^0 = 2.21952 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}, p_{r15} = 8.411$$

$$p_{r16} = \frac{P_{16}}{P_{15}} p_{r15} \rightarrow p_{r16} = \frac{5}{30} \times 8.411 = 1.40183$$

$$h_{16s} = \frac{305.22 - 300.19}{1.4686 - 1.3860} (1.40183 - 1.3860) + 300.19 = 301.1542$$

$$\frac{\dot{W}_{T102}}{\dot{m}} = (h_{15} - h_{16s}) \eta_{T102}$$

$$\frac{\dot{W}_{T102}}{\dot{m}} = (503.02 - 301.1540) \times 0.9 \rightarrow \frac{\dot{W}_{T102}}{\dot{m}} = 181.6794 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{16} = h_{15} - \frac{\dot{W}_{T102}}{\dot{m}}$$

$$h_{16} = 503.02 - 181.6794$$

$$h_{16} = 321.3406 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Interpolando

$$s_{16}^0 = \frac{1.78249 - 1.76690}{325.31 - 320.29} (321.3406 - 320.29) + 1.76690 = 1.77016 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

Generación

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}}{T_0} + \dot{m}_{15} \left(s_{15}^0 - s_{16}^0 - R \ln \frac{P_{15}}{P_{16}} \right) + \dot{\sigma}_{T102}$$

$$0 = 0 + \dot{m}_{15} \left(2.21952 - 1.77016 - \frac{8.314}{28.97} \ln \frac{30}{5} \right) + \dot{\sigma}_{T102}$$
$$\frac{\dot{\sigma}_{T102}}{\dot{m}_{15}} = 0.06485 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$