

Nombre del docente: Nedher Sanchez / Naudy Lopez

Alumno:

Apellidos: _____ Nombres: _____

Sección: _____ Fecha: 15/07/2024

Nota:

--

Indicaciones:

La Duración es de 105 minutos.

La evaluación consta de 1 pregunta.

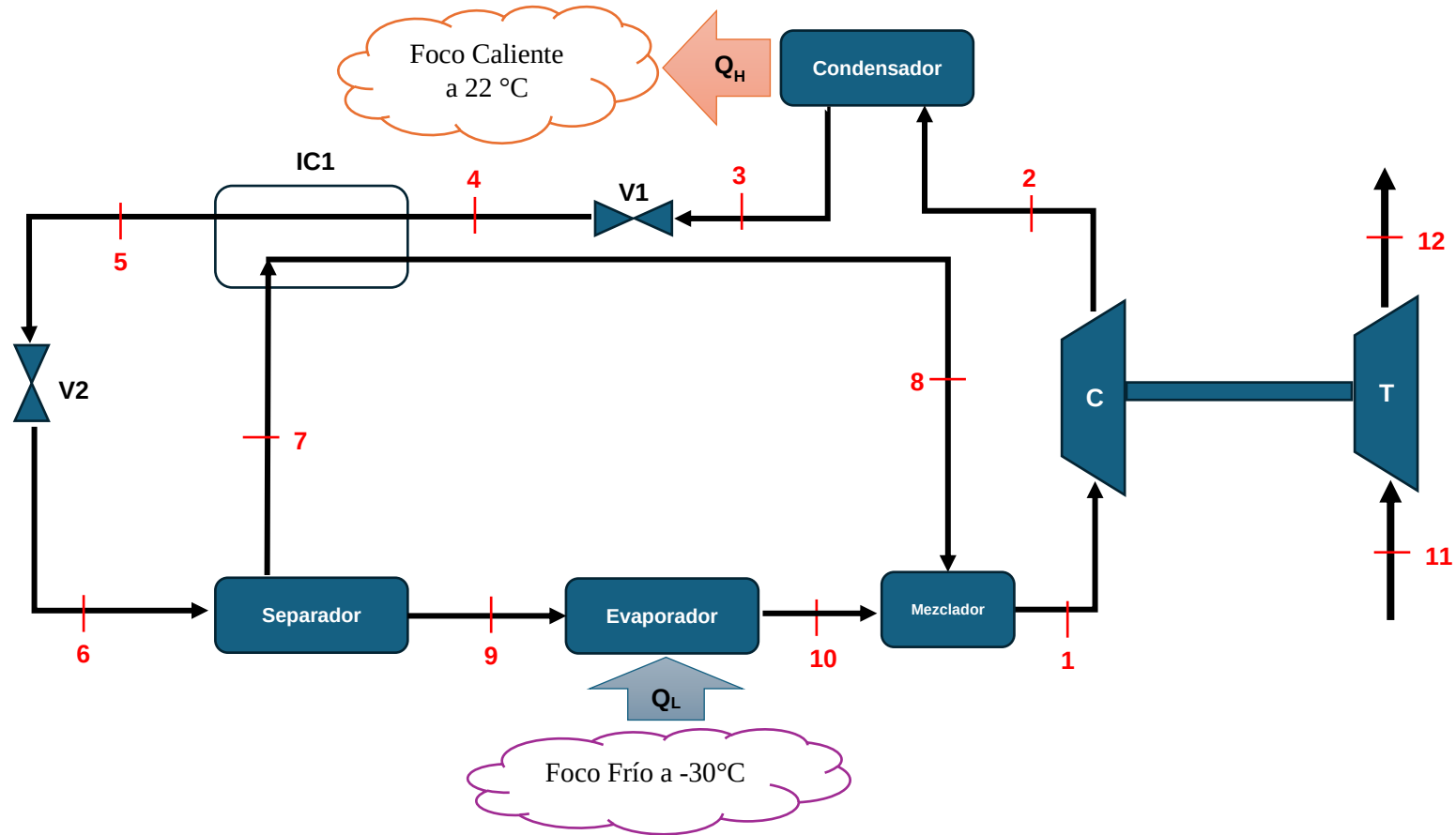
Se permite el uso de calculadora científica, tablas y una hoja de formulario escrita a mano (2 páginas).

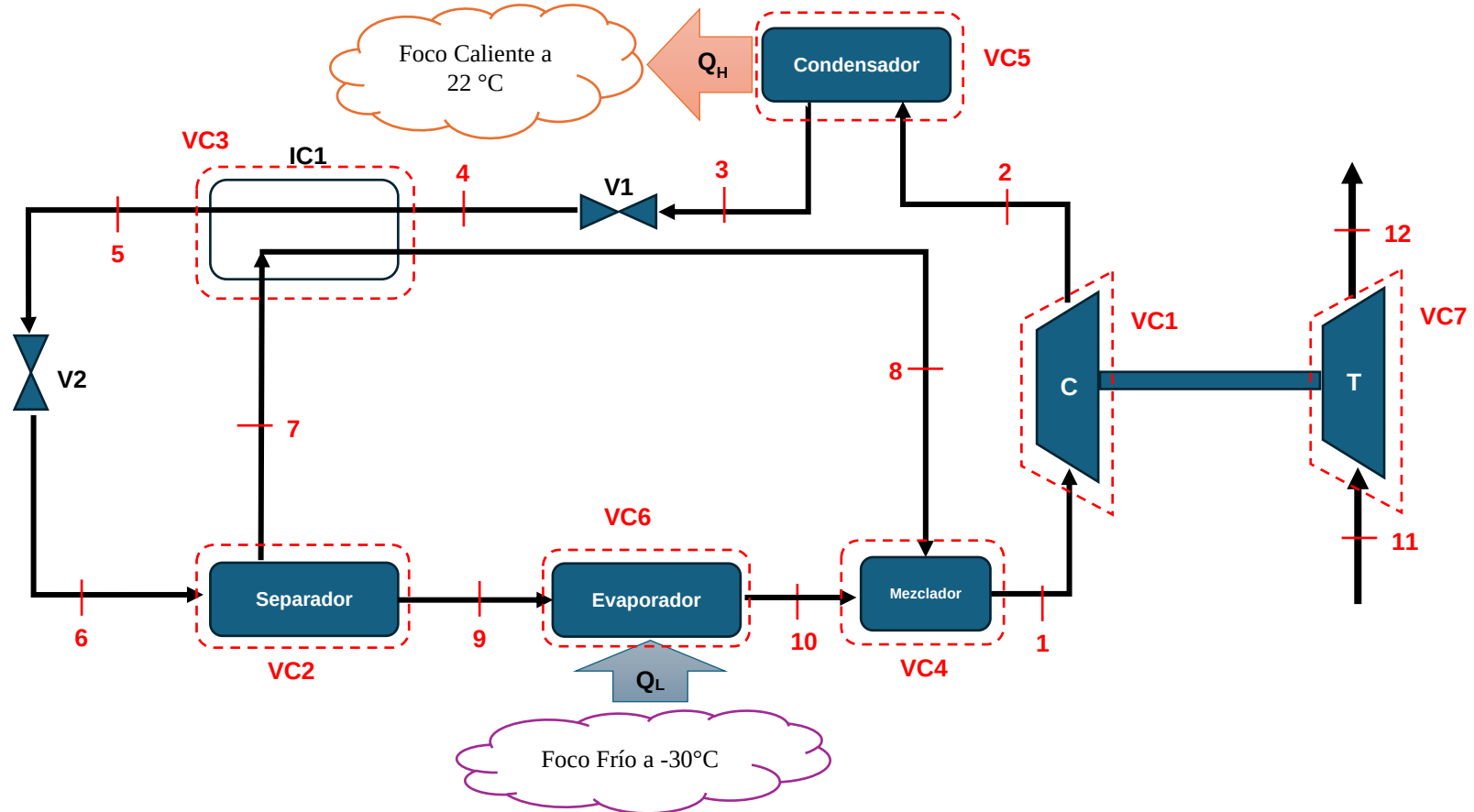
Pregunta 1 (20puntos)

En la Figura 1 se muestra un ciclo de refrigeración que funciona con amoníaco como fluido de trabajo. 4.0 kg/s de amoníaco ingresa al compresor (corriente 1) a 0.8 bar y -30°C , y sale de este a 12 bar y 180°C (corriente 2) para ingresar al condensador. Luego de esto, el amoníaco sale del condensador como líquido saturado a 12 bar (corriente 3), se expande en la válvula isoentálpica V1 hasta 4.25 bar (corriente 4) e ingresa al intercambiador de calor IC1, de donde sale con 10.8% de calidad (corriente 5). A su salida se vuelve a expandir en la válvula isoentálpica V2 hasta 0.8 bar (corriente 6), antes de ingresar al separador adiabático. Del separador sale la corriente 7 (vapor saturado) y la corriente 9 (líquido saturado). El amoníaco que sale del evaporador (corriente 10), y se mezcla adiabáticamente con la corriente 8 para producir la corriente 1 y cerrar el ciclo. El compresor C recibe energía de la turbina adiabática T, la cual opera con aire caliente presurizado (gas ideal) y tiene 90% de eficiencia isoentrópica. La corriente 11 ingresa a la turbina a 35 bar y 450 K y sale de la turbina a 7 bar. Todos los equipos operan en estado estacionario. No hay caídas de presión (salvo en válvulas, compresores y turbinas). Todos los dispositivos son adiabáticos excepto el condensador y evaporador. Con esta información se le pide:

- A) Calcular la potencia (kW) y la eficiencia isoentrópica del compresor C y la entropía específica de la corriente 2 (kJ/kg. K). (3 puntos)
- B) Calcule la calidad en la corriente 6 y el flujo másico de las corrientes 7 y 9 (kg/s). (3 puntos)
Sugerencia: recuerde que $h_5 = h_6$.
- C) La temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la entalpía específica (kJ/kg) de la corriente 8. (3 puntos)
Sugerencia: recuerde que $h_3 = h_4$ y luego realice un balance de energía en el IC1.
- D) La entalpía específica (kJ/kg) y la entropía específica (kJ/kg. K) de la corriente 10. (3 puntos)
Sugerencia: realice un balance de energía en el mezclador.
- E) El calor absorbido por el ciclo $\dot{Q}_L$ (kW) y el calor liberado por el ciclo $\dot{Q}_H$ (kW). (3 puntos)
- F) La generación de entropía (kW/K) en el condensador y el evaporador. (3 puntos)
- G) La potencia específica producida en la turbina (kJ/kg aire) y la temperatura (K) de la corriente 12. Usar la tabla A-22. (2 puntos)
- H) El flujo másico (kg/s) de aire que fluye por la turbina. (2 puntos)
Sugerencia: recuerde que toda la potencia consumida por el compresor proviene de la turbina.

FIGURA 1





a) En VC1

$$P_1 = 0.8 \text{ bar}, T_1 = -30^\circ\text{C}, h_1 = 1409.15 \text{ kJ/kg}, s_1 = 5.9900 \text{ kJ/kgK}$$

$$P_2 = 12 \text{ bar}, T_2 = 180^\circ\text{C}, h_2 = 1856.63 \text{ kJ/kg}, s_2 = 6.0145 \text{ kJ/kgK}$$

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}(h_1 - h_2)$$

$$\dot{W}/\dot{m} = w_{ac} = h_1 - h_2 = 1409.15 - 1856.63 = -447.48 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{2s} = \frac{1856.63 - 1806.81}{6.0145 - 5.9021} (5.9900 - 5.9021) + 1806.81 = 1845.7707 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_c = \frac{h_1 - h_{2s}}{w_{ac}} = \frac{1409.15 - 1845.7707}{-447.48} = 0.9757$$

$$\dot{W}_{ac} = \dot{m} w_{ac} = 4 \times -447.48 = -1789.9200 \text{ kW}$$

b) Con las válvulas y VC2

$$h_5 = h_6 = 178.62 + 0.108 \times (1441.63 - 178.62) = 315.0251 \text{ kJ/kg}$$

$$315.0251 = 9.04 + x_6(1391.78 - 9.04)$$

$$x_6 = 0.2213$$

$$\dot{m}_7 = x_6 \dot{m} = 0.2213 \times 4 = 0.8852 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_9 = (1 - x_6) \dot{m} = (1 - 0.2213) \times 4 = 3.1148 \text{ kg/s}$$

c) Balance de energía en IC1 – VC3

$$h_4 = h_3 = 327.01 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}(h_4 - h_5) + \dot{m}_7(h_7 - h_8)$$

$$\dot{m}(h_4 - h_5) = \dot{m}_7(h_8 - h_7)$$

$$4 \times (327.01 - 315.0251) = 0.8852 \times (h_8 - 1391.78)$$

$$h_8 = 1445.9368 \text{ kJ/kg}$$

$$T_8 = \frac{-15 - (-10)}{1441.72 - 1452.53} (1445.9368 - 1452.53) + (-10) = -13.05^\circ\text{C}$$

d) Balance de energía en el punto de mezclado – VC4

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_8 h_8 + \dot{m}_{10} h_{10} - \dot{m}_1 h_1$$

$$0 = 0.8852 \times 1445.9368 + 3.1148 \times h_{10} - 4 \times 1409.15$$

$$h_{10} = 1398.6969 \text{ kJ/kg}$$

$$s_{10} = \frac{5.9446 - 5.9900}{1398.23 - 1409.15} (1398.6969 - 1398.23) + 5.9446 = 5.9465 \text{ kJ/kgK}$$

e) Balance de energía en el condensador – VC5

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q}_H - \dot{W} + \dot{m}(h_2 - h_3)$$

$$0 = \dot{Q}_H - 0 + 4 \times (1856.63 - 327.01)$$

$$\dot{Q}_H = -6118.4800 \text{ kW}$$

Balance de energía en el evaporador – VC6

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q}_L - \dot{W} + \dot{m}_9(h_9 - h_{10})$$

$$0 = \dot{Q}_L - 0 + 3.1148 \times (9.04 - 1398.6969)$$

$$\dot{Q}_L = 4328.4983 \text{ kW}$$

f) Generación en el condensador – VC5

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}_H}{T_H} + \dot{m}(s_2 - s_3) + \dot{\sigma}_{\text{cond}}$$

$$0 = \frac{-6118.4800}{22 + 273.15} + 4 \times (6.0145 - 1.2152) + \dot{\sigma}_{\text{cond}}$$

$$\dot{\sigma}_{\text{cond}} = 1.53287 \text{ kW/K}$$

Generación en el evaporador – VC6

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}_L}{T_L} + \dot{m}_9(s_9 - s_{10}) + \dot{\sigma}_{\text{evap}}$$

$$0 = \frac{4328.4983}{-30 + 273.15} + 3.1148 \times (0.0386 - 5.9465) + \dot{\sigma}_{\text{evap}}$$

$$\dot{\sigma}_{\text{evap}} = 0.600145 \text{ kW/K}$$

G) Balance de energía en la turbina – VC7

$$P_{11} = 35 \text{ bar}, T_{11} = 450 \text{ K}, h_{11} = 451.80 \text{ kJ/kg}, p_{r11} = 5.775$$

$$p_{r12} = p_{r11} \times \frac{P_{12}}{P_{11}} \rightarrow p_{r12} = 5.775 \times \frac{7}{35} = 1.1550$$

$$h_{12s} = \frac{285.14 - 280.13}{1.1584 - 1.0889} (1.1550 - 1.0889) + 280.13 = 284.8949 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{W}_T = \dot{m}_a (h_{11} - h_{12s}) \eta_T \rightarrow \frac{\dot{W}_T}{\dot{m}_a} = (h_{11} - h_{12s}) \eta_T$$

$$\frac{\dot{W}_T}{\dot{m}_a} = (451.80 - 284.8949) 0.9$$

$$\frac{\dot{W}_T}{\dot{m}_a} = 150.2146 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{12} = h_{11} - (h_{11} - h_{12s}) \eta_T$$

$$h_{12} = 451.80 - (451.80 - 284.8949) \times 0.90$$

$$h_{12} = 301.5854 \text{ kJ/kg}$$

$$T_{12} = \frac{305 - 300}{305.22 - 300.19} (301.5854 - 300.19) + 300 = 301.3871 \text{ K}$$

H) Flujo másico

$$\dot{W}_T = \dot{m}_a (h_{11} - h_{12s}) \eta_T = -\dot{W}_C$$

$$\dot{m}_a \times (451.80 - 284.8949) \times 0.90 = -(-1789.9200)$$

$$\dot{m}_a = 11.9158 \text{ kg/s}$$