

Nombre del docente: Nedher Sanchez / Naudy Lopez

Alumno:

Apellidos: _____ Nombres: _____

Sección: _____ Fecha: 26/05/2025

Nota:

Indicaciones:

La Duración es de 105 minutos.

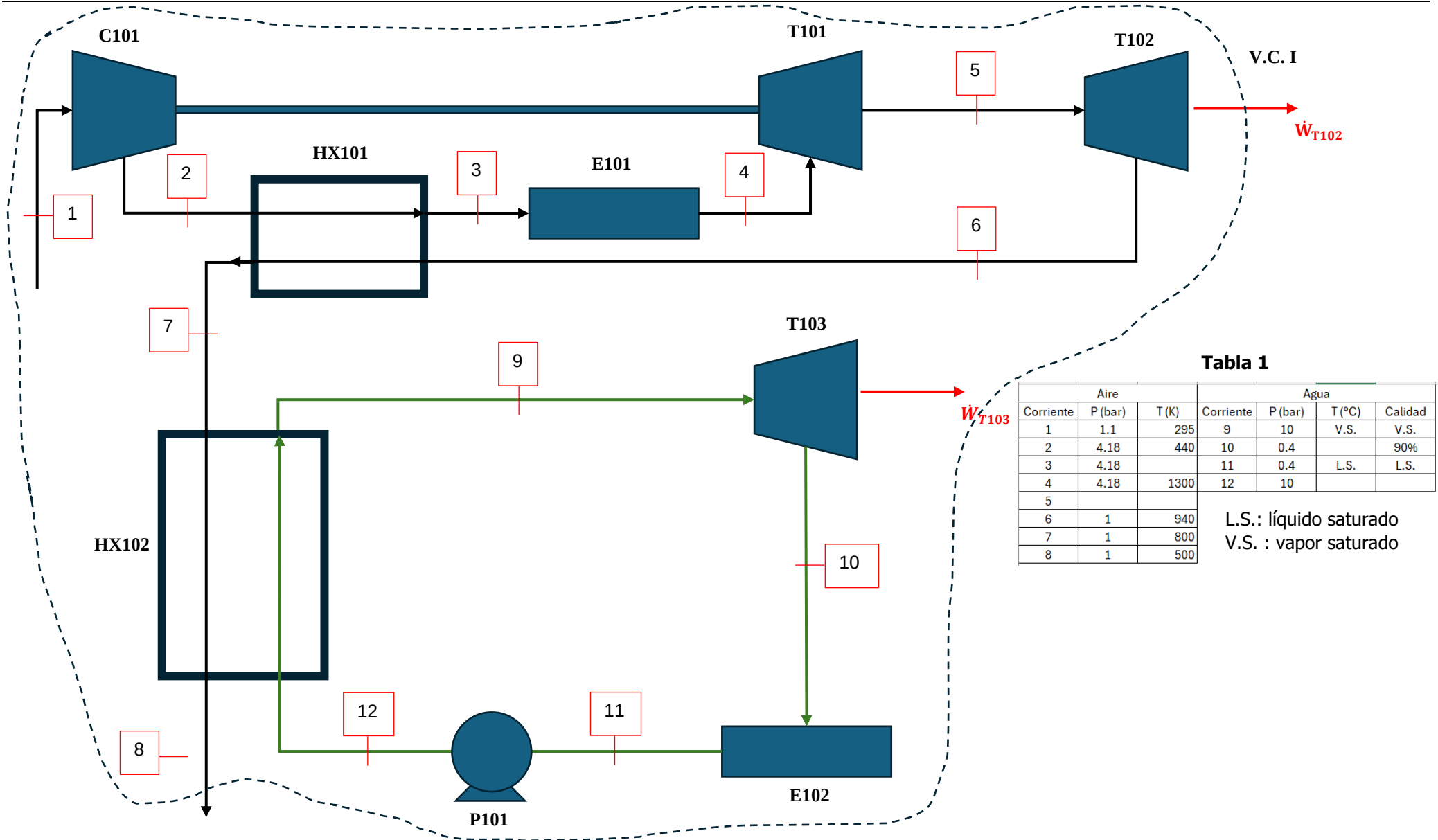
La evaluación consta de 1 pregunta.

Se permite el uso de calculadora científica, tablas y una hoja de formulario escrita a mano (2 páginas). Se debe utilizar, por lo menos, 4 decimales en todos los cálculos.

Pregunta 1 (Max. 20 puntos)

En la Figura 1 se muestra un ciclo combinado de potencia que funciona con aire (**gas ideal**) como fluido de trabajo en estado estacionario. 6.5 kg/s de aire a $P_1 = 1.1$ bar y $T_1 = 295$ K (corriente 1) ingresa al compresor adiabático C101 y sale a $P_2 = 4.18$ bar y $T_2 = 440$ K (corriente 2). La corriente 2 pasa por el intercambiador de calor **de paredes externas** adiabáticas HX101 y el calentador E1, de donde sale a $P_4 = 4.18$ bar y $T_4 = 1300$ K (corriente 4). El aire ingresa a la turbina adiabática T101, la cual produce la potencia requerida por el compresor **adiabático** C101 ($|\dot{W}_{C101}| = |\dot{W}_{T101}|$) y luego termina de expandirse en la turbina adiabática T102, hasta $P_6 = 1$ bar y $T_6 = 940$ K (corriente 6). Las corrientes 7 y 8 a la salida de HX101 y HX102 tienen una temperatura $T_7 = 800$ K y $T_8 = 500$ K. El ciclo adicional funciona opera con agua como fluido de trabajo. El agua sale del condensador E102 como líquido saturado a $P_{11} = 0.4$ bar (corriente 11), la bomba adiabática P101 consume 1.25 kJ/kg ($w_{P101} = 1.25$ kJ/kg) de potencia y eleva la presión del agua hasta $P_{12} = 10$ bar (corriente 12), en el intercambiador **de paredes externas adiabáticas** HX102 el agua recibe energía del aire proveniente de HX101 y aumenta su energía hasta obtener vapor saturado a $P_9 = 10$ bar (corriente 9). Finalmente, el vapor saturado se expande en la turbina adiabática T103 hasta $P_{10} = 0.4$ bar y una calidad de $x_{10} = 90\%$. Con esta información se le pide:

- Calcular la potencia consumida por el compresor C101 (kW) y la entalpía específica h_5 de la corriente 5 (kJ/kg). **(4 puntos)**
- Calcular la temperatura de la corriente 5 (K), el coeficiente politrópico de la expansión en la turbina T101, considerando que es un proceso de expansión reversible y la presión P_5 de la corriente 5 (bar). **(4 puntos)**
- Calcular la potencia producida por la turbina T102 (kW). **(2 puntos)**
- Estimar la entalpía específica h_3 (kJ/kg) de la corriente 3 y el calor que ingresa al calentador E1 (kW). **(3.5 puntos)**
- Calcular la entalpía específica h_{12} (kJ/kg) en la corriente 12 y el flujo másico de agua (kg/s) que circula por el ciclo. **(3.5 puntos)**
- Calcular la potencia producida en la turbina T103 (kW) y el calor removido en el condensador E102 (kW). **(3 puntos)**
- Calcular la eficiencia térmica neta del ciclo combinado (V.C. 1). **(2 puntos)**



a) Potencia consumida por el compresor

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_a(h_1 - h_2) \\ \dot{W} &= \dot{m}_a(h_1 - h_2) \\ \dot{W} &= 6.5 \times (295.17 - 441.61) = -951.86 \text{ kW}\end{aligned}$$

Entalpía específica en la corriente 5

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_a(h_4 - h_5) \\ 951.86 &= 6.5 \times (1395.97 - h_5) \\ h_5 &= 1249.53 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\end{aligned}$$

b) Temperatura de la corriente 5

$$T_5 = \frac{1180 - 1160}{1254.34 - 1230.92}(1249.53 - 1230.92) + 1160 = 1175.8924 \text{ K}$$

Coeficiente politrópico

$$\begin{aligned}\dot{W} &= \frac{P_4 V_4 - P_5 V_5}{n - 1} = \frac{\dot{m}RT_4 - \dot{m}RT_5}{n - 1} \\ \dot{W} &= \frac{\dot{m}R(T_4 - T_5)}{n - 1} \\ 951.86 &= \frac{6.5(8.314/28.97)(1300 - 1175.8924)}{n - 1} \\ n &= 1.2432\end{aligned}$$

Presión de la corriente 5

$$\begin{aligned}P_4 V_4^n &= P_5 V_5^n \\ P_4 \left(\frac{\dot{m}RT_4}{P_4}\right)^n &= P_5 \left(\frac{\dot{m}RT_5}{P_5}\right)^n \\ P_4^{1-n} T_4^n &= P_5^{1-n} T_5^n \\ (1 - n) \ln \frac{P_4}{P_5} &= (n) \ln \frac{T_5}{T_4} \\ (1 - 1.2432) \ln \frac{4.18}{P_5} &= (1.2432) \ln \frac{1175.8924}{1300} \\ P_5 &= 2.5029 \text{ bar}\end{aligned}$$

c) Potencia de la turbina T102

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_a(h_5 - h_6) \\ \dot{W} &= 6.5 \times (1249.53 - 977.92) \\ \dot{W} &= 1765.4650 \text{ kW}\end{aligned}$$

d) La entalpía de la corriente 3

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_a(h_2 - h_3) + \dot{m}_a(h_6 - h_7)$$

$$h_3 = h_2 + h_6 - h_7$$

$$h_3 = 441.61 + 977.92 - 821.95 = 597.58 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Calor en el calentador

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

$$\dot{Q} = 6.5 \times (1395.97 - 597.58)$$

$$\dot{Q} = 5189.5350 \text{ kW}$$

e) Entalpía específica en la corriente 12

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_w(h_{11} - h_{12})$$

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

$$-1.25 = 317.58 - h_{12} \rightarrow h_{12} = 318.83 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Flujo másico de agua

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_a(h_7 - h_8) + \dot{m}_w(h_{12} - h_9)$$

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a \times \frac{h_7 - h_8}{h_9 - h_{12}}$$

$$\dot{m}_w = 6.5 \times \frac{821.95 - 503.02}{2778.1 - 318.83} = 0.8430 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

f) Potencia producida en la turbina

$$h_{10} = 317.58 + 0.9(2636.8 - 317.58) = 2404.8780 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

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

$$\dot{W} = \dot{m}_w(h_9 - h_{10})$$

$$\dot{W}_{T103} = 0.8430 \times (2778.1 - 2404.8780) = 314.6080 \text{ kW}$$

Calor en el condensador

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_w(h_{10} - h_{11})$$

$$\dot{Q} = 0.8430 \times (317.58 - 2404.8780)$$

$$\dot{Q} = -1759.4907 \text{ kW}$$

g) Eficiencia térmica del ciclo combinado

$$\eta = \frac{\dot{W}_{T102} + \dot{W}_{T103} + \dot{W}_{P101}}{\dot{Q}_{E101}}$$

$$\eta = \frac{1765.4650 + 314.6080 + (-1.25 \times 0.8430)}{5189.5350} = 0.4006$$