

PARCIAL 1-5 EQUIPOS

PROBLEMA 1

- Caudal que llega al tanque A, Potencia que consume la bomba, Riesgo de cavitación.
- Valor de nivel mínimo del tanque T-102 (no afecta al punto operativo del sistema).
- Nuevo punto operativo si se usa un impulsor más grande ($D = 285 \text{ mm}$) sin modificar la válvula.

DATOS → **SISTEMA** →

- Presión del tanque T-102 → $P_0 = 50 \text{ kPa (abs)} = 50000 \text{ Pa}$
- Altura del nivel del tanque T-102 → $Z_0 = 3 \text{ m}$
- Altura del nivel de la bomba → $Z_B = 5 \text{ m}$
- Altura del nivel del tanque A → $Z_A = 8 \text{ m}$
- Presión del tanque A → $P_A = 150 \text{ kPa (man)} = 150000 \text{ Pa}$
- Tramo succión → $D_{ns} = 5'' \text{ Sch 40}$, $L_s = 25 \text{ m}$
- Tramo descarga → $D_{nd} = 5'' \text{ Sch 40}$, $L_d = 105 \text{ m}$
- Tramo A → $D_{nA} = 4'' \text{ Sch 40}$, $L_A = 950 \text{ m}$
- Apertura de la válvula → $\alpha = 30\%$

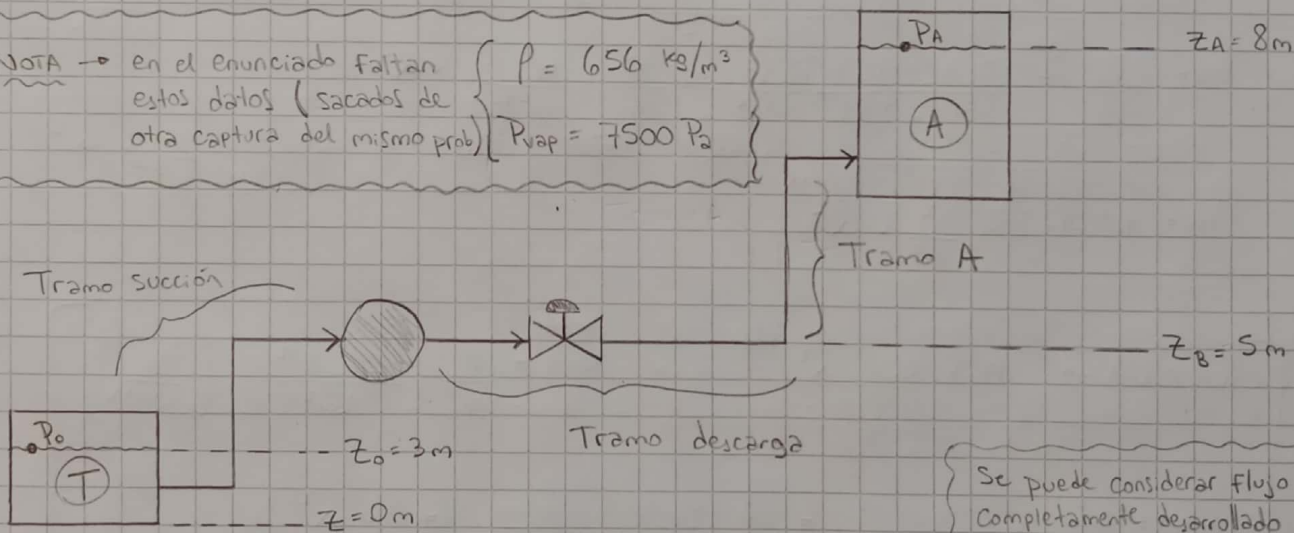
$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$

→ **VÁLVULA** → valores de K_v en función del % de apertura

→ **BOMBA** → valores de H_B , h_v , \dot{W}_B y $ANPA_{req}$ en función de Q
 $N = 2900 \text{ RPM}$, $D = 270 \text{ mm}$

NOTA → en el enunciado faltan estos datos (sacados de otra captura del mismo prob)

$\rho = 656 \text{ kg/m}^3$
 $P_{vap} = 7500 \text{ Pa}$



Se puede considerar flujo completamente desarrollado y pérdidas en accesorios despreciables

⊛ Balance de energía mecánica del sistema:

$$H_s = \frac{P_A - P_0}{\rho \cdot g} + \frac{8Q^2}{\pi^2 \cdot g} \left(\frac{1}{D_{TA}^4} - \frac{1}{D_{TT}^4} \right) + (Z_A - Z_0) + h_f + h_v$$

$\frac{\Delta P_v}{\rho \cdot g}$ para $\alpha = 30\%$

$\hookrightarrow D_{TA}, D_{TT} \gg \rightarrow N \approx 0$ $\hookrightarrow \sum K_{TRAMOS} \cdot Q^2$ ✓

• $h_f = h_{fsuc} + h_{fdes} + h_{fA}$

$$\left(h_{fi} = \frac{8f_i L_i Q^2}{D_i^5 \pi^2 g} \right)$$

→ $D_n = 5'' \text{ Sch 40}$ → $D_i = 5.047'' = 0.128 \text{ m}$
 $f = 0.016$

→ $D_n = 4'' \text{ Sch 40}$ → $D_i = 4.026'' = 0.102 \text{ m}$
 $f = 0.017$

$$h_{f \text{ suc}} = \frac{8 \cdot 0,016 \cdot 25 \text{ m}}{(0,128 \text{ m})^5 \cdot \pi^2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot Q^2 \Rightarrow h_{f \text{ suc}} = 954,654 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \cdot Q^2$$

$$h_{f \text{ des}} = \frac{8 \cdot 0,016 \cdot 105 \text{ m}}{(0,128 \text{ m})^5 \cdot \pi^2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot Q^2 \Rightarrow h_{f \text{ des}} = 4009,548 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \cdot Q^2$$

$$h_{fA} = \frac{8 \cdot 0,017 \cdot 950 \text{ m}}{(0,102 \text{ m})^5 \cdot \pi^2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot Q^2 \Rightarrow h_{fA} = 119331,837 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \cdot Q^2$$

Valores
calculados
en Excel

$$h_f = \sum h_{f,i} \Rightarrow h_f = 124296,039 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \cdot Q^2 \quad \checkmark$$

La válvula está abierta 30% \rightarrow de la tabla leo que corresponde a $K_v = 35,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{bar}}$

$$K_v = Q \sqrt{\frac{P_r}{\Delta P_v}} \Rightarrow \frac{K_v^2}{Q^2} = \frac{P_r}{\Delta P_v} \Rightarrow \Delta P_v = \frac{P_r \cdot Q^2}{K_v^2} = \frac{656/1000}{35,6^2} \cdot Q^2$$

$$\Delta P_v = 5,176 \cdot 10^{-4} \frac{\text{h}^2 \cdot \text{bar}}{(\text{m}^3)^2} \cdot Q^2 \times \frac{100000 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} \times \frac{(3600 \text{ s})^2}{(1 \text{ h})^2} \Rightarrow \Delta P_v = 670824390,9 \frac{\text{Pa} \cdot \text{s}^2}{(\text{m}^3)^2} \cdot Q^2$$

$$h_v = \frac{\Delta P_v}{\rho \cdot g} = \frac{670824390,9 \frac{\text{Pa} \cdot \text{s}^2}{(\text{m}^3)^2} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}}{656 \times 9,81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot Q^2$$

$$h_v = 104240,383 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \cdot Q^2 \quad \checkmark$$

$$\text{OTRA FORMA} \rightarrow h_v = \frac{K_{val} \cdot Q^2}{\rho \cdot g} \rightsquigarrow K_{val} = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} \cdot \frac{1,296 \cdot 10^{12}}{K_v^2} \left[\frac{\text{Pa}}{(\text{m}^3/\text{s})^2} \right]$$

$$K_{val} = \frac{656}{1000} \times \frac{1,296 \cdot 10^{12}}{35,6^2} = 670824390,9 \frac{\text{Pa}}{(\text{m}^3/\text{s})^2} (= \Delta P_v \cdot Q^2)$$

$$h_v = \frac{670824390,9 \cdot Q^2}{656 \cdot 9,81} = 104240,383 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \cdot Q^2 \quad \checkmark$$

Así lo hago yo porq es más directo y me olvido de las unidades

Reemplazo los valores en la expresión del bce de energía para el sistema

$$H_s = \frac{(150000 + 101330) - 50000}{656 \cdot 9,81} + (8 - 3) + 124296,039 \cdot Q^2 + 104240,383 \cdot Q^2 \quad [\text{m}]$$

$$H_s = 36,285 \text{ m} + 228536,422 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \cdot Q^2$$

dando valores a $Q [\text{m}^3/\text{s}]$
puedo graficar la curva
del sistema. \rightarrow Excel

⊛ Grafico la curva de la bomba con los datos de la tabla → Excel

→ H_B vs Q → NOTA → paso de $Q [m^3/h]$ a $Q [m^3/s]$
 porque tengo la curva del sistema en esas unidades ✓

⊛ En las condiciones graficadas, el punto operativo se da en la intersección de las curvas.

→ punto operativo → $H_{op} = 91 \text{ m}$ $Q_{op} = 0,0155 \frac{m^3}{s}$ → caudal que llega al tanque A
 $Q_{op} = 55,8 \frac{m^3}{h}$ → Rta a
 → potencia consumida por la bomba
 → leo en la tabla el valor correspondiente al caudal operativo (interpolo) → $W_B = 26,45 \text{ kW}$ → Rta a ✓

⊛ Riesgo de cavitación → se evita si $ANPA_{disp} \geq ANPA_{req}$

→ para el caudal operativo, leo el $ANPA_{req}$ de la tabla → $ANPA_{req} = 2,374 \text{ m}$

$$ANPA_{disp} = \frac{P_0 - P_{vap}}{\rho \cdot g} + (Z_0 - Z_B) - h_{f_{suc}}$$

$$ANPA_{disp} = \frac{(50000 - 7500) \text{ Pa}}{656 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2}} + (3 - 5) \text{ m} - 954,654 \frac{s^2}{m^5} \times \left(0,0155 \frac{m^3}{s}\right)^2$$

$$ANPA_{disp} = 4,37 \text{ m} > ANPA_{req} \Rightarrow \text{NO hay riesgo de Cavitación}$$

Rta a ✓

⊛ Nivel mínimo del tanque T → debo evitar cavitación

Esto ni se me había ocurrido

→ como el punto operativo no se ve afectado → $Q_{op} = 0,0155 \frac{m^3}{s}$
 → $ANPA_{req} = 2,374 \text{ m}$

→ busco el valor de Z_0 tal que $ANPA_{disp} = ANPA_{req}$

$$2,374 \text{ m} = \frac{(50000 - 7500) \text{ Pa}}{656 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2}} + (Z_0 - 5) \text{ m} - 954,654 \frac{s^2}{m^5} \times \left(0,0155 \frac{m^3}{s}\right)^2$$

Despejando encuentro

$$Z_0 = 1 \text{ m} \rightarrow \text{Rta b}$$

⊕ Se cambia el impulsor por uno de $D = 285 \text{ mm} \rightarrow$ nueva curva de bomba

• El cambio de impulsor implica leyes de la MISMA SERIE o FAMILIA.

$$\frac{Q_{\text{nuevo}}}{Q_{\text{orig}}} = \frac{D_{\text{nuevo}}}{D_{\text{orig}}} \times \frac{H_{\text{nuevo}}}{H_{\text{orig}}} = \left(\frac{D_{\text{nuevo}}}{D_{\text{orig}}} \right)^2 \quad \checkmark$$

$D_{\text{nuevo}} = 285 \text{ mm}$
 $D_{\text{orig}} = 270 \text{ mm}$

Puedo armar una tabla para los nuevos valores de H vs Q para el nuevo diámetro

Ejemplo \rightarrow

	$Q_{\text{orig}} [\text{m}^3/\text{s}]$	$Q_{\text{nuevo}} [\text{m}^3/\text{s}] = Q_{\text{orig}} (285/270)$
a)	0	$0 \cdot (285/270) = 0$
b)	0,00278	$0,00278 \cdot (285/270) = 0,00293$
c)	0,0167	$0,0167 \cdot (285/270) = 0,01762$

	$H_{\text{orig}} [\text{m}]$	$H_{\text{nuevo}} [\text{m}] = H_{\text{orig}} \cdot (285/270)^2$
a)	98	$98 \cdot (285/270)^2 = 109,191$
b)	97,5	$97,5 \cdot (285/270)^2 = 108,634$
c)	91	$91 \cdot (285/270)^2 = 101,392$

En Excel

• Gráfico la nueva curva de la bomba (H_{nuevo} vs Q_{nuevo} , punto a punto)

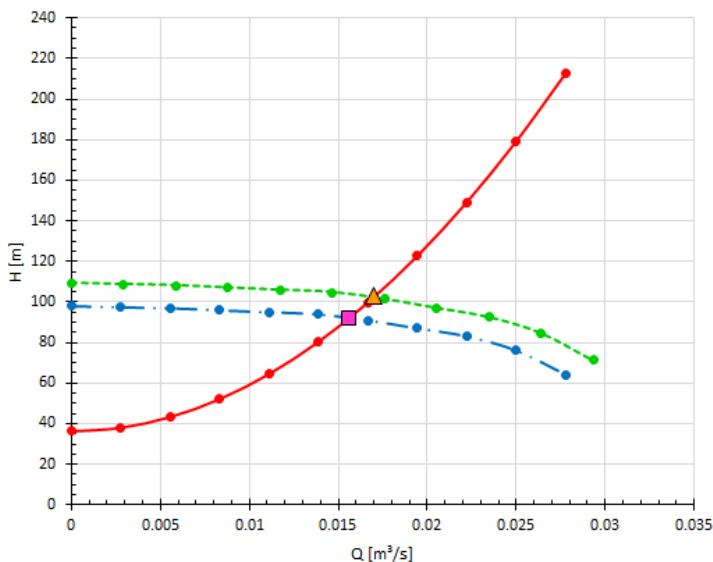
• Como no modifico la apertura de la válvula, la curva del sistema NO cambia. \checkmark

• El nuevo punto operativo se da en la intersección de la curva del sistema y la nueva curva de la bomba

$$H_{\text{op nuevo}} = 102 \text{ m}$$

$$Q_{\text{op nuevo}} = 0,017 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 61,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Rta C



Q [m³/s]	Q [m³/s]	HB [m]	HS [m]	Q nuevo [m³/s]	HB nueva [m]
0	0	98	36.28496	0	109.19136
10	0.00278	97.5	38.04836	0.00293	108.63426
20	0.00556	97	43.33856	0.00586	108.07716
30	0.00833	96	52.15555	0.00880	106.96296
40	0.01111	95	64.49934	0.01173	105.84877
50	0.01389	94	80.36992	0.01466	104.73457
60	0.01667	91	99.76730	0.01759	101.39198
70	0.01944	87	122.69148	0.02052	96.93519
80	0.02222	83	149.14246	0.02346	92.47840
90	0.02500	76	179.12023	0.02639	84.67901
100	0.02778	64	212.62479	0.02932	71.30864

PROBLEMA 2

- Máquina de refrigeración
- Agua fría para condensar
- Refrig. R134a
- Compresor alternativo
- 2 cilindros por etapa
- $D_{cil, et1} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$
- $L_{b, et1} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$
- $E_{v, cil, et1} = 0,822$
- $N = 750 \text{ RPM}$
- $P_{M, gas} = 100,8 \text{ g/mol}$

Determinar

- T_{evap} , T_{cond}
- Sobrecalentamiento
- Subenfriamiento
- Cantidad de etapas de compresión
Relación de compresión
- Caída de presión entre etapas
- R , n de cada etapa
- η_{ad} de cada etapa
- $W_{\text{real total}}$
- $\eta_{\text{ad global}}$
- \dot{M}_{refrig} , $X_{\text{entrada evap}}$
- Hay enfriamiento perfecto?

* Usando el ciclo graficado en el Mollier

→ a) $T_{\text{evap}} = -26^\circ\text{C}$ y $T_{\text{cond}} = 40^\circ\text{C}$ ✓

→ b) Sobrecalentamiento $\rightarrow \begin{cases} T_{\text{evap}} = -26^\circ\text{C} \\ T_{\text{S, evap}} = 10^\circ\text{C} \end{cases} \Delta T = 36^\circ\text{C}$ ✓

→ c) Subenfriamiento $\rightarrow \begin{cases} T_{\text{cond}} = 40^\circ\text{C} \\ T_{\text{S, cond}} = 20^\circ\text{C} \end{cases} \Delta T = 20^\circ\text{C}$ ✓

→ d) Etapas de compresión = 3 etapas

Relación de compresión = $\Gamma_{pj} = P_{sj} / P_{ej}$

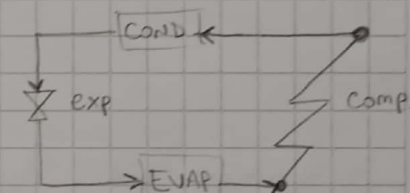
→ etapa 1	$\rightarrow P_{1e} = 1 \text{ bar}$	$P_{1s} = 2,5 \text{ bar}$	$\Rightarrow \Gamma_{p1} = 2,5$
→ etapa 2	$\rightarrow P_{2e} = 2,3 \text{ bar}$	$P_{2s} = 6 \text{ bar}$	$\Rightarrow \Gamma_{p2} = 2,6087$
→ etapa 3	$\rightarrow P_{3e} = 6 \text{ bar}$	$P_{3s} = 10 \text{ bar}$	$\Rightarrow \Gamma_{p3} = 1,6667$

→ e) Caída de presión entre etapas $\rightarrow \Delta P_j = P_{sj} - P_{e(j+1)}$

→ etapa 1-2	$\rightarrow \Delta P_1 = P_{s1} - P_{e2} = 2,5 \text{ bar} - 2,3 \text{ bar} \Rightarrow \Delta P_1 = 0,2 \text{ bar}$
→ etapa 2-3	$\rightarrow \Delta P_2 = P_{s2} - P_{e3} = 6 \text{ bar} - 6 \text{ bar} \Rightarrow \Delta P_2 = 0 \text{ bar}$

→ k) Enfriamiento perfecto \rightarrow etapa 1-2 $\rightarrow T_{1e} = T_{2e} = 10^\circ\text{C} \Rightarrow$ SÍ ES PERFECTO

→ etapa 2-3 $\rightarrow T_{3e} = 30^\circ\text{C} \neq T_{1e} = 10^\circ\text{C} \Rightarrow$ NO ES PERFECTO



$$5) \textcircled{*} V_b = L_b \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0,05 \text{ m} \cdot \frac{\pi \cdot (0,05 \text{ m})^2}{4} \Rightarrow V_b = 9,817 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \rightarrow 1 \text{ cilindro etapa 1}$$

$$\textcircled{*} V_a = V_b \cdot E_v = 9,817 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 0,822 \Rightarrow V_a = 8,07 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$\textcircled{*}$ Del Mollier leo el volumen específico ($1/\rho$) en la condición de entrada a la etapa 1:

$$\rightarrow V_{esp} = 0,225 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \Rightarrow \rho_a = \frac{1}{V_{esp}} = \frac{1}{0,225} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow \rho_a = 4,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rightarrow M_a = \rho_a \cdot V_a = 4,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 8,07 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \Rightarrow M_a = 3,587 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$$

$$\textcircled{*} \dot{M}_{cil} = \frac{M_a \cdot N}{60} = \frac{3,587 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot 750}{60} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \Rightarrow \dot{M}_{cil} = 4,483 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\textcircled{*} \text{Como en la etapa 1 hay 2 cilindros} \rightarrow \dot{M} = 2 \cdot \dot{M}_{cil} = 2 \cdot 4,483 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$\boxed{\dot{M}_{refrig} = 8,97 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}} \quad \checkmark$$

$\textcircled{*}$ Asumiendo que el ingreso al circuito se da en la entrada del evaporador (porque se encuentra dentro de la cámara y puedo leer ahí el título de vapor)

$$\rightarrow \boxed{x_{\text{entrada, evaporador}} = 0,29} \quad \checkmark$$

9) Para obtener la eficiencia adiabática de cada etapa hago $\eta_{ad,j} = \frac{w_{ad,j}}{w_{real,j}}$

\rightarrow En el Mollier puedo leer $w_{real,j} = \Delta h_{real,j}$

\rightarrow En el Mollier, si me muevo desde la condición de entrada hasta llegar a la presión de salida por una trayectoria isentrópica, puedo leer la entalpía de salida adiabática

$$\rightarrow w_{ad,j} = h_{s,ad,j} - h_{e,j} \quad \checkmark$$

$$\bullet \text{ Etapa 1} \rightarrow h_{e1} = 410 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad h_{s1,real} = 455 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad h_{s1,ad} = 430 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{real,1} = (455 - 410) \text{ kJ/kg} \Rightarrow w_{real,1} = 45 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{ad,1} = (430 - 410) \text{ kJ/kg} \Rightarrow w_{ad,1} = 20 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{ad,1} = (w_{ad,1} / w_{real,1}) \cdot 100\% = (20/45) \cdot 100\% \Rightarrow \boxed{\eta_{ad,1} = 44,44\%}$$

• Etapa 2 $\rightarrow H_{2e} = 405 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad H_{2s,\text{real}} = 460 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad H_{2s,\text{ad}} = 430 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$W_{\text{real},2} = (460 - 405) \text{ kJ/kg} \Rightarrow W_{\text{real},2} = 55 \text{ kJ/kg}$

$W_{\text{ad},2} = (430 - 405) \text{ kJ/kg} \Rightarrow W_{\text{ad},2} = 25 \text{ kJ/kg}$

$\eta_{\text{ad},2} = (W_{\text{ad},2} / W_{\text{real},2}) \times 100\% = (25/55) \times 100\% \Rightarrow \boxed{\eta_{\text{ad},2} = 45,45\%}$

• Etapa 3 $\rightarrow H_{3e} = 420 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad H_{3s,\text{real}} = 475 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad H_{3s,\text{ad}} = 430 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$W_{\text{real},3} = (475 - 420) \text{ kJ/kg} \Rightarrow W_{\text{real},3} = 55 \text{ kJ/kg}$

$W_{\text{ad},3} = (430 - 420) \text{ kJ/kg} \Rightarrow W_{\text{ad},3} = 10 \text{ kJ/kg}$

$\eta_{\text{ad},3} = (W_{\text{ad},3} / W_{\text{real},3}) \times 100\% = (10/55) \times 100\% \Rightarrow \boxed{\eta_{\text{ad},3} = 18,18\%}$

h) $W_{\text{real total}} = \sum W_{\text{real},j} = W_{\text{real},1} + W_{\text{real},2} + W_{\text{real},3} \checkmark$

$W_{\text{real total}} = (45 + 55 + 55) \text{ kJ/kg} \Rightarrow \boxed{W_{\text{real total}} = 155 \text{ kJ/kg}}$

i) $\eta_{\text{ad},G} = \frac{W_{\text{ad total}}}{W_{\text{real total}}} \rightsquigarrow W_{\text{ad total}} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{me muevo desde el punto de entrada a} \\ \text{la etapa 1 hasta la presión de salida de} \\ \text{la etapa 2 por una trayectoria isoentrópica} \\ \text{(como si fuera 1 sola etapa)} \Rightarrow W = \Delta H \end{array} \right.$

$H_{3s,\text{ad},G} = 470 \text{ kJ/kg} \quad H_{1e} = 410 \text{ kJ/kg}$

$W_{\text{ad total}} = (470 - 410) \text{ kJ/kg} \Rightarrow W_{\text{ad total}} = 60 \text{ kJ/kg}$

$\eta_{\text{ad},G} = (60/155) \times 100\% \Rightarrow \boxed{\eta_{\text{ad},G} = 38,71\%}$

f) Para gases ideales $\rightarrow \Gamma_{p,j} = \Gamma_{T,j}^{\frac{n_j}{n_j-1}} \rightsquigarrow \text{conozco } \Gamma_{p,j} \times \Gamma_{T,j} \rightarrow \text{despejo } n_j \checkmark$
(proceso politrópico real)

Además $\eta_{\text{ad},j} = \frac{W_{\text{ad},j}}{W_{\text{real},j}} = \frac{\Gamma_{p,j}^{\frac{k_j-1}{k_j}} - 1}{\Gamma_{p,j}^{\frac{n_j-1}{n_j}} - 1} \rightsquigarrow \text{conozco } \eta_{\text{ad},j}, \Gamma_{p,j} \times n_j \checkmark$
despejo k_j

• Etapa 1 $\rightarrow \Gamma_{p,1} = 2,5 \quad \Gamma_{T,1} = \frac{T_{s1}}{T_{e1}} = \frac{(60 + 273) \text{ K}}{(10 + 273) \text{ K}} = 1,1766$

④ $2,5 = 1,177^{\frac{n_1}{n_1-1}} \Rightarrow \boxed{n_1 = 1,216}$

$$\frac{44,44}{100} = \frac{2,5 \cdot \frac{k_1 - 1}{k_1} - 1}{2,5 \cdot \frac{1,246 - 1}{1,246} - 1} \Rightarrow \boxed{k_1 = 1,09}$$

• Etapa 2 $\rightarrow \Gamma_{p2} = 2,6087$ $\Gamma_{T2} = \frac{T_{s2}}{T_{e2}} = \frac{(70 + 273) K}{(10 + 273) K} = 1,212$

$$2,6087 = 1,212 \cdot \frac{n_2}{(n_2 - 1)} \Rightarrow \boxed{n_2 = 1,25}$$

$$\frac{45,45}{100} = \frac{2,6087 \cdot \frac{(k_2 - 1)}{k_2} - 1}{2,6087 \cdot \frac{(1,25 - 1)}{1,25} - 1} \Rightarrow \boxed{k_2 = 1,106}$$

• Etapa 3 $\rightarrow \Gamma_{p3} = 1,6667$ $\Gamma_{T3} = \frac{T_{s3}}{T_{e3}} = \frac{(90 + 273)}{(30 + 273)} = 1,198$

$$1,6667 = 1,198 \cdot \frac{n_3}{n_3 - 1} \Rightarrow \boxed{n_3 = 1,547}$$

$$\frac{18,18}{100} = \frac{1,6667 \cdot \frac{(k_3 - 1)}{k_3} - 1}{1,6667 \cdot \frac{(1,547 - 1)}{1,547} - 1} \Rightarrow \boxed{k_3 = 1,074}$$

Acá los k no cambian mucho pero igualmente te lo pide