

INGENIERÍA TÉRMICA – Examen de enero de 2021

Ejercicio 1. Dos tubos concéntricos de 9.5 m de longitud conducen por el tubo interior 0.9 kg/s de aceite para motor que entra a 106 °C y sale a 96 °C, mientras por el tubo exterior circula agua que entra a 14 °C y sale a 25 °C. El diámetro interior del tubo interior es de 2.5 cm, su espesor de 0.5 cm y el diámetro interior del tubo exterior es de 5 cm. Si el tubo interior tiene una conductividad de 55 W/m·K, calcúlense las temperaturas superficiales interior y exterior del tubo interior. Despréciense las pérdidas de calor entre el tubo exterior y el medio circundante.

Tómense los siguientes datos para cada fluido:

	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kg·K)]	k [W/(m·K)]	μ [kg/(m·s)]	ν [m ² /s]	Pr [-]
Aceite motor	839,445	2224,4	0,1366	0,0168355	$2,005 \cdot 10^{-5}$	273,96
Agua	998,11	4182,3	0,5971	0,0010156	$1,0175 \cdot 10^{-6}$	7,118

Ejercicio 2. Calcúlese la exergía destruida y el rendimiento exergético del proceso que ocurre entre agua y aceite en el ejercicio anterior. Tóme la temperatura del fluido a menor temperatura como temperatura de referencia para el cálculo de la exergía.

Ejercicio 3. El agua del ejercicio 2, a la salida de la conducción de 9.5 m, se envía a una cámara adiabática, donde se mezcla con 1 kg/s de vapor de agua a 400 °C y 6 bar. Calcúlese:

- a- El rendimiento exergético de la bomba necesaria antes de la cámara, si ésta tiene un rendimiento interno del 82%.
- b- La exergía destruida en la cámara de mezcla.

Tómese la misma temperatura de referencia para el cálculo de la exergía que el ejercicio anterior, y considérese la presión del agua a la entrada de la bomba igual a 1.4 bar.

Tiempo: 3.5 horas

Cada ejercicio vale un tercio del valor del examen total.

Las hojas de examen que no estén identificadas con nombre y apellidos, DNI, número de grupo y titulación, no serán corregidas.

1 Ariketa. 9.5 m-ko luzera duten bi hodi zentrukideen barneko hoditik, 0,9 kg/s-ko motor-olio gastua daroa, 106 °C-tan sartuz eta 96 °C-tan irtenez. Kanpoko hoditik ura pasatzen da, 14 °C-tan sartuz eta 25 °C-tan irtenez. Barneko hodiaren barne-diametroa 2.5 cm da eta lodiera 0.5 cm. Kanpoko hodiaren barne-diametroa 5 cm da. Hodiaren eroankortasun termikoa 55 W/mK da. Kotsidera bedi kanpoko hodia eta kanpo-ingurunearen artean ez dagoela bero trukerik. Kalkula bitez barneko hodiaren barne eta kanpo gainazalen tenperaturak.

Erabil bitez fluidoaren ondorengo datuak:

	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kg·K)]	k [W/(m·K)]	μ [kg/(m·s)]	ν [m ² /s]	Pr [-]
Motor-olioa	839,445	2224,4	0,1366	0,0168355	$2,005 \cdot 10^{-5}$	273,96
Ura	998,11	4182,3	0,5971	0,0010156	$1,0175 \cdot 10^{-6}$	7,118

2 Ariketa. Kalkula bedi aurreko ariketan ura eta olioaren artean gertatzen den prozesuan zeharreko exergia suntsiketa eta prozesuaren etekin exergetikoa. Har bedi exergiaren kalkulurako erreferentzia tenperatura gisa, tenperatura baxuena duen fluidoaren tenperatura.

3 Ariketa. Bigarren ariketako ura, 9.5 m-ko hoditik irten ondoren, nahasketa ganbara adiabatiko batetara eramaten da, non 400 °C eta 6 bar-etan dagoen 1 kg/s ur lurrunarekin nahasten den. Kalkula bitez:

- a- Ganbara aurretik jarri beharreko ponparen etekin exergetikoa, bere barne etekina % 82 bada.
- b- Nahasketa ganbaran suntsitutako exergia

Har bedi aurreko ariketako exergiaren kalkulurako erreferentzi tenperatura berdina eta kotsidera bedi ponparen sarreraren uraren presioa 1.4 bar dela.

Denbora: 3.5 ordu

Ariketak bakoitzak azterketa osoak balio duenaren herena balio du.

Hurrengo datuak idatzi behar dira entregatutako orri guztietan, bestela orri horiek ez dira zuzenduko: Izena eta abizenak, NAN zenbakia, espezialitatea eta taldea.



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

EJERCICIO 1

Datos:

Aceite de motor:

$$\dot{m}_{am} = 0.9 \text{ kg/s}$$

$$\theta_{e,am} = 106^\circ\text{C}$$

$$\theta_{s,am} = 96^\circ\text{C}$$

Agua:

$$\theta_{e,a} = 14^\circ\text{C}$$

$$\theta_{s,a} = 25^\circ\text{C}$$

$$\theta_1, \theta_2 ?$$

Tubos:

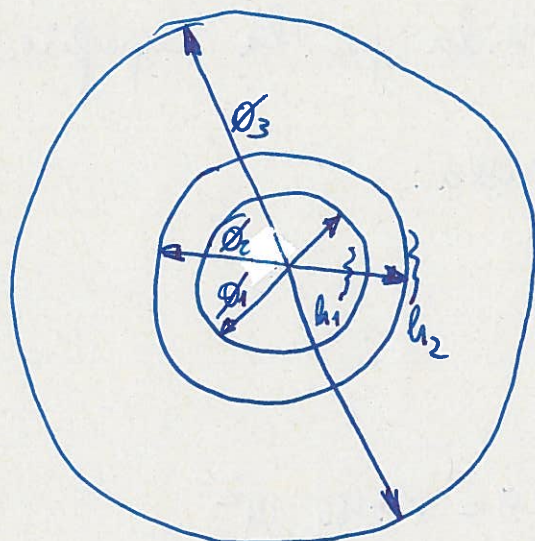
$$L = 9.5 \text{ m}$$

$$\phi_1 = 0.025 \text{ m}$$

$$\phi_2 = 0.035 \text{ m}$$

$$\phi_3 = 0.05 \text{ m}$$

$$K = 55 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$



Este problema de transmisión de calor en régimen permanente. El calor que cede el motor de aceite lo recibe

la superficie interior del tubo interior, desde esta superficie el calor se transmite por conducción hasta la superficie

externo del tubo interno. Desde esta superficie, el agua recibe el calor por convección. Por lo tanto, los intercambios de calor entre los fluidos y el tubo interno se produce por convección forzada. El calor que cede el aceite lo recibe el agua.

El calor que cede el aceite de motor:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{am} &= \dot{m}_{am} \cdot c_{p,am} (\theta_{e,am} - \theta_{s,am}) = 0'9 \cdot 2224'4 \cdot 10 = \\ &= 20019'6 \text{ W}\end{aligned}$$

Esta cantidad de calor es recibida por la superficie interior del tubo por convección forzada:

$$\dot{Q}_{am} = h_1 \cdot A_1 \cdot (\theta_{am} - \theta_1)$$

$$A_1 = 2\pi \frac{\phi_1}{2} \cdot L = 2\pi \cdot \frac{0'025}{2} \cdot 9'5 = 0'746 \text{ m}^2$$

$$h_1 = \frac{Nu \cdot K_{am}}{\phi_1}$$



Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Para calcular el número de Nusselt, por tratarse de convección forzada interior a un conducto, utilizaremos la expresión propuesta por Dittus-Boelter

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.3} \quad (\text{se enfría el fluido})$$

$$Re = \frac{C_{am} \cdot \phi_1}{L_{am}}$$

$$C_{am} = \frac{\dot{m}_{am}}{\rho_{am} A_{am}} = \frac{0.9}{829.445 \cdot \pi \frac{0.025^2}{4}} = 2.184 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{2.184 \cdot 0.025}{2.005 \cdot 10^{-5}} = 2722.3 > 2100$$

$$Nu = 0.023 \cdot 2722.3^{0.8} \cdot 273.96^{0.3} = 69.34$$

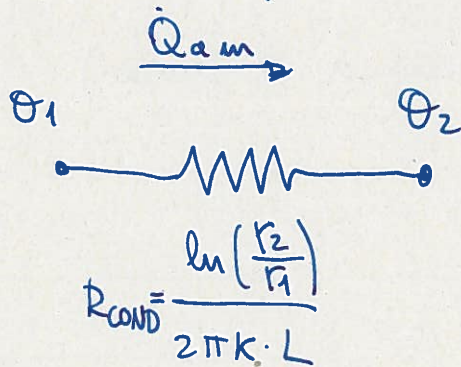
$$h_1 = \frac{69.34 \cdot 0.1366}{0.025} = 378.88 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$\dot{Q}_{am} = h_1 \cdot A_1 (\Theta_{am} - \Theta_1) \rightarrow \Theta_1 = \Theta_{am} - \frac{\dot{Q}_{am}}{h_1 \cdot A_1}$$

$$\boxed{\Theta_1 = \frac{106 + 96}{2} - \frac{20019'6}{378'88 \cdot 0'746} = 30'18^\circ\text{C}}$$

Para calcular la temperatura de la superficie externa del tubo interior, se puede proceder de dos formas:

1ª Considerando el calor que se transmite a través del tubo por conducción



$$\dot{Q}_{am} = \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{R_{COND}}$$

$$R_{COND} = \frac{\ln\left(\frac{0'035}{0'025}\right)}{2\pi \cdot 55 \cdot 9'5} = 0'000102 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$\boxed{\Theta_2 = \Theta_1 - \frac{\dot{Q}_{am}}{R_{COND}} = 30'18 - \frac{20019'6}{0'000102} = 28'13^\circ\text{C}}$$



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

GIPUZKOAKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IRASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2ª Considerando el calor que recibe el agua por convección forzada.

$$\dot{Q}_{am} = h_2 \cdot A_2 \cdot (\theta_2 - \theta_a) = \dot{m}_a \cdot c_{p,a} \cdot (\theta_{s,a} - \theta_{e,a})$$

$$h_2 = \frac{Nu \cdot \phi_2}{k_a}$$

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

$$Re = \frac{Ca \cdot \phi_2}{D_a}$$

$$Ca = \frac{\dot{m}_a}{\rho_a \cdot A_a}$$

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{Q}_{am}}{c_{p,a} (\theta_{s,a} - \theta_{e,a})} = \frac{20019.6}{4182.3 (25 - 14)} = 0.435 \text{ kg/s}$$

$$C_a = \frac{\dot{m}_a}{\rho_a \cdot A_a} = \frac{0'435}{998'11 \cdot \pi \frac{(\phi_2^2 - \phi_1^2)}{4}} = 0'435 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{C_a \cdot \phi_2}{\nu_a} = \frac{0'435 \cdot 0'035}{1'0175 \cdot 10^{-6}} = 6418'1 > 2100$$

$$Nu = 0'023 \cdot 6418'1^{0'8} \cdot 7'118^{0'3} = 56'05$$

$$h_2 = \frac{Nu \cdot \phi_2}{k_a} = \frac{56'05 \cdot 0'035}{0'5971} = 2231'27 \frac{W}{m^2 K}$$

$$\dot{Q}_{am} = h_2 \cdot A_2 (\theta_2 - \theta_a) \rightarrow \theta_2 = \frac{\dot{Q}_{am}}{h_2 A_2} + \theta_a$$

$$\boxed{\theta_2 = \frac{20019'6}{2231'27 \cdot 1'045} + \frac{25 + 14}{2} = 28'09 \text{ } ^\circ\text{C}}$$



Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO INGENIARITZA ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IRASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA
CALIFICACIÓN

EJERCICIO 2

Datos:

Aceite de motor:

$$\dot{m}_{am} = 0.9 \text{ kg/s}$$

$$\theta_{e,am} = 106^\circ\text{C}$$

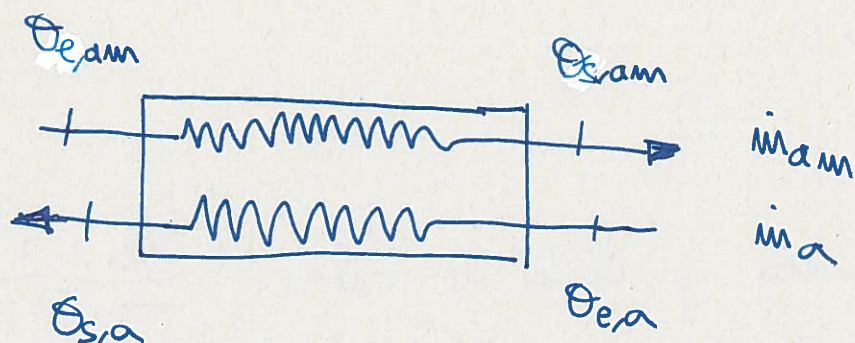
$$\theta_{s,am} = 96^\circ\text{C}$$

Agua:

$$\dot{m}_a = 0.435 \text{ kg/s} \text{ (resultado del ejercicio anterior)}$$

$$\theta_{e,a} = 14^\circ\text{C}$$

$$\theta_{s,a} = 25^\circ\text{C}$$



Se pide:

$$- \dot{E}_x$$

$$- \dot{Q}_{EX}$$

• Sistema abierto

• Régimen permanente

• Se desprecia $\Delta E_c, \Delta E_p$

La energía destruida en el proceso se puede calcular a partir de la entropía generada obtenida del balance de entropía para sistemas abiertos ($\dot{E}x_d = T_0 \cdot \dot{S}_G$), o directamente utilizando el balance de energía de sistemas abiertos.

- Aplicando el balance de entropía para sistemas abiertos:

$$\dot{S}_G = \dot{m}_{am} (S_{s,am} - S_{e,am}) + \dot{m}_a (S_{s,a} - S_{e,a}) - \int_{s.c} \frac{\delta \dot{Q}_i}{T_i} \geq 0$$

Debido a que no hay pérdidas de calor $\int_{s.c} \frac{\delta \dot{Q}_i}{T_i} = 0$

$$\dot{S}_G = \dot{m}_{am} (S_{s,am} - S_{e,am}) + \dot{m}_a (S_{s,a} - S_{e,a})$$



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Se consideran el agua y el aceite de motor fluidos incompresibles

$$S_{s,am} - S_{e,am} = c_{p,am} \ln \frac{T_{s,am}}{T_{e,am}} = 2224'4 \cdot \ln \frac{(273+96)}{(273+106)} = -59'45 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$S_{s,a} - S_{e,a} = c_{p,a} \ln \frac{T_{s,a}}{T_{e,a}} = 4182'3 \cdot \ln \frac{(273+25)}{(273+14)} = 157'31 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$\dot{S}_G = 0'9 \cdot (-59'45) + 0'435 \cdot 157'31 = 14'92 \frac{KW}{K}$$

$$\boxed{\dot{E}x_d = T_0 \cdot \dot{S}_G = (273+14) \cdot 14'92 = 4281'9 \text{ KW}}$$

- Aplicando el balance de exergía para sistemas abiertos:

$$\dot{W} = \dot{m}_{am} \cdot (a_{f,eam} - a_{f,s,am}) + \dot{m}_a \cdot (a_{f,era} - a_{f,s,ra}) + \int_{S.C.} \left(1 - \frac{T_0}{T_i}\right) \delta \dot{Q}_i - \dot{E}x_d$$

■ No existe trabajo de eje, ni intercambio de calor con el entorno:

$$\dot{E}x_d = \dot{m}_{am} \cdot (a_{f,eam} - a_{f,s,am}) + \dot{m}_a (a_{f,era} - a_{f,s,ra})$$

$$a_{f,eam} - a_{f,s,am} = (h_{eam} - h_{s,am}) - T_0 (s_{eam} - s_{s,am}) =$$

$$= c_{p,am} \cdot (\theta_{eam} - \theta_{s,am}) - T_0 \cdot c_{p,am} \cdot \ln \frac{T_{eam}}{T_{s,am}} =$$

$$= \blacksquare 5173'4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$a_{f,era} - a_{f,s,ra} = (h_{era} - h_{s,ra}) - T_0 (s_{era} - s_{s,ra}) =$$

$$= c_{p,ra} (\theta_{era} - \theta_{s,ra}) - T_0 c_{p,ra} \cdot \ln \frac{T_{era}}{T_{s,ra}} =$$



Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

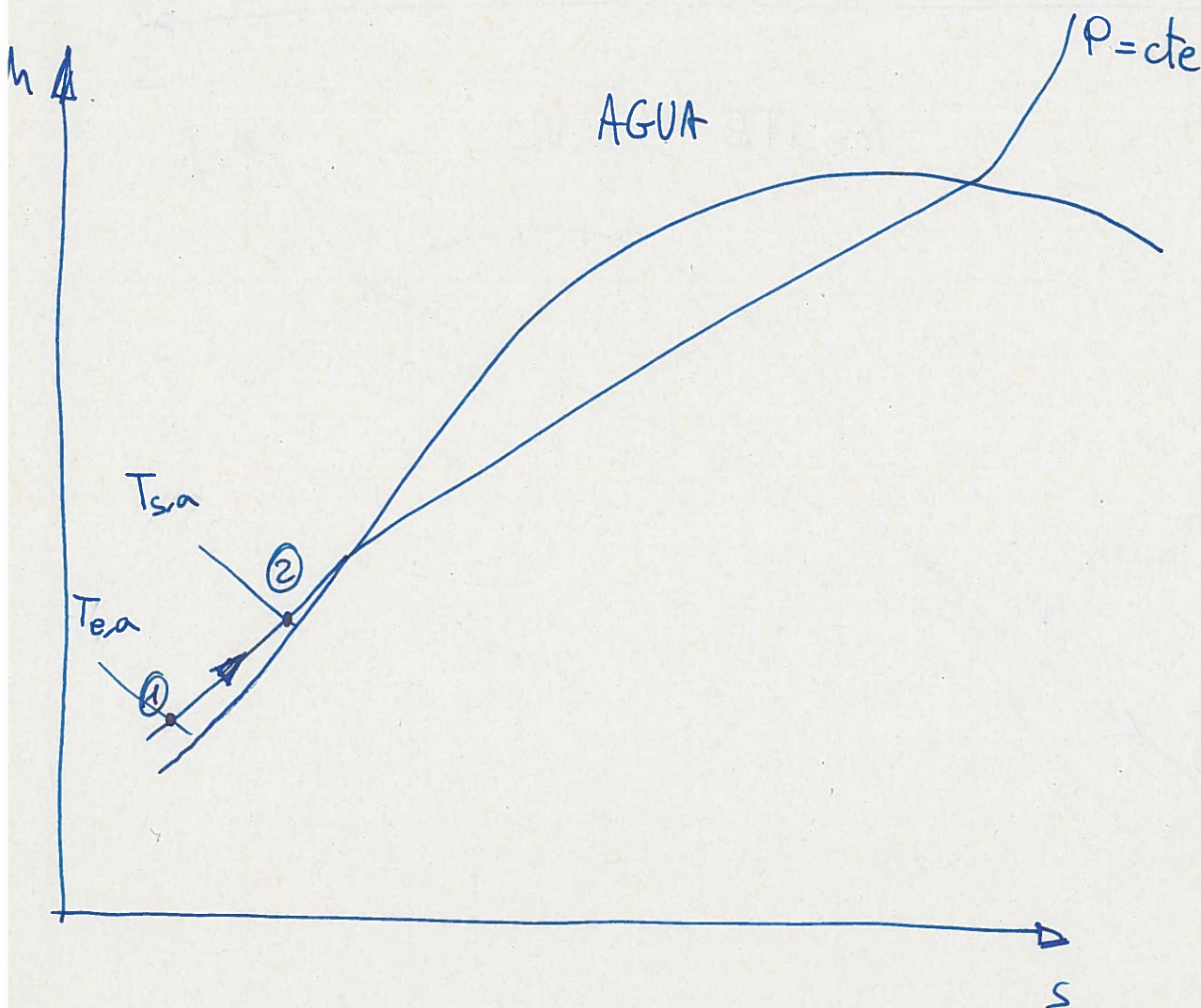
IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

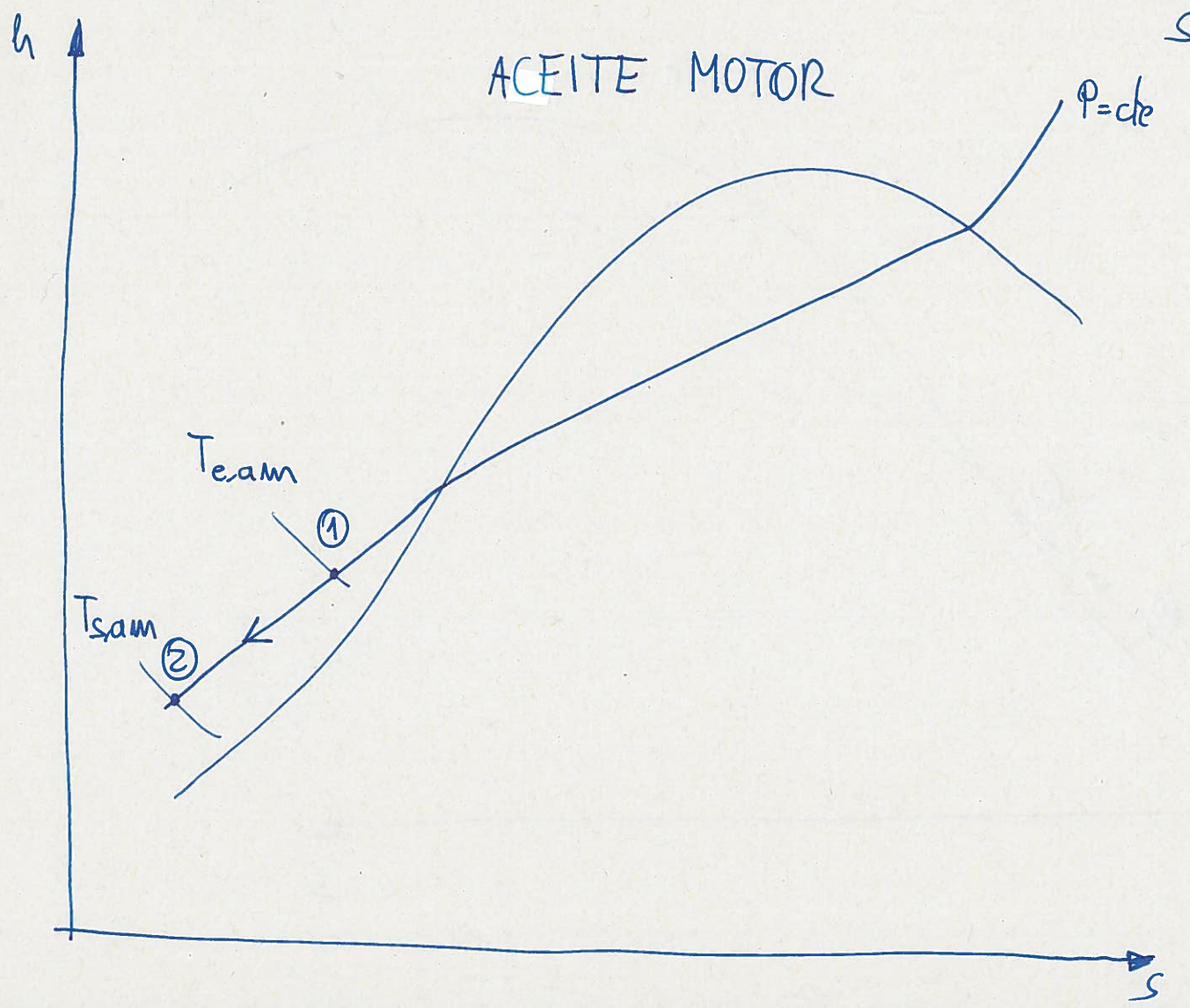
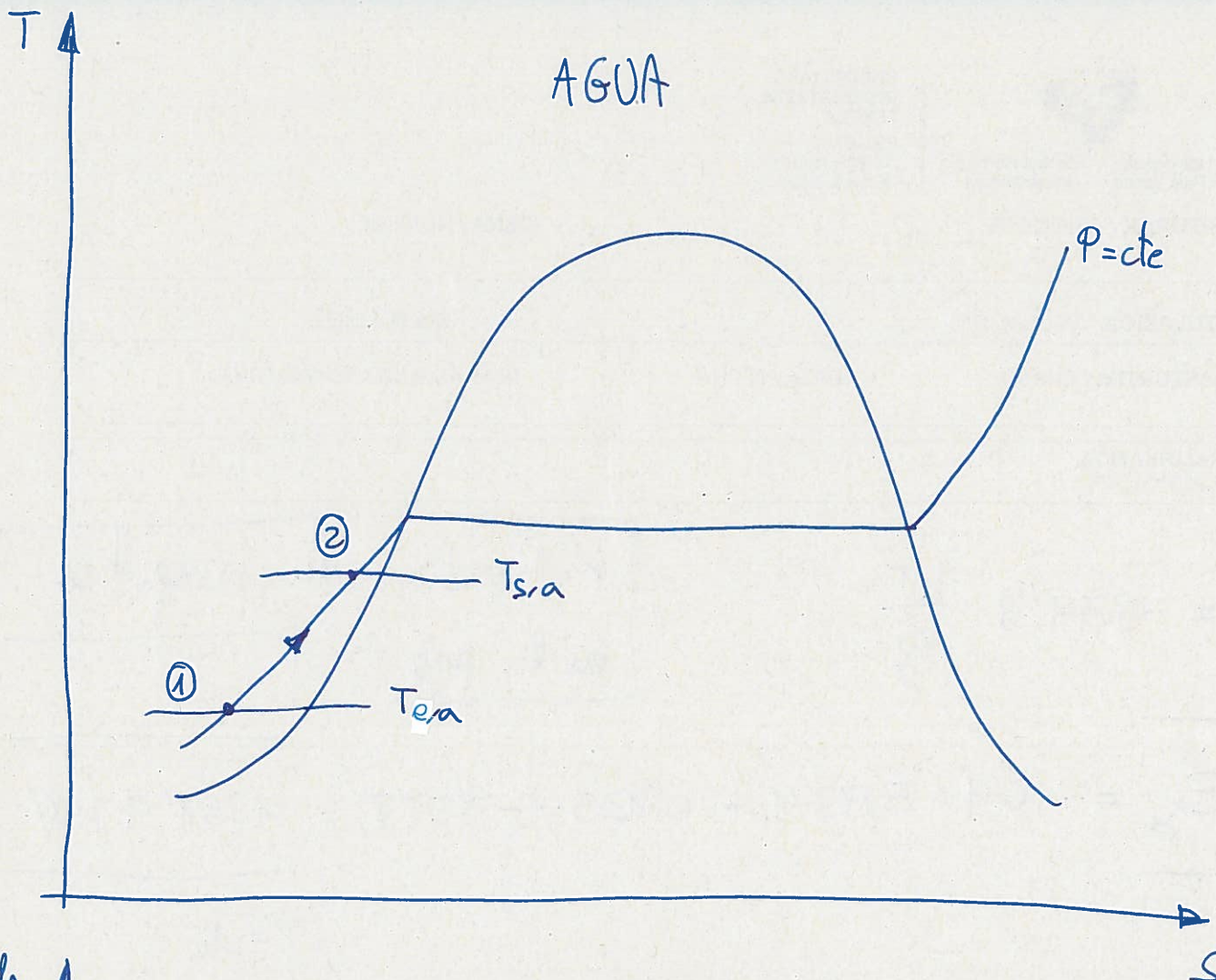
KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

$$= -859'8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

* Rendimiento exergético
en la pág 7

$$\dot{E}_{x_d} = 0'9 \cdot 5173'4 + 0'435 \cdot (-859'8) = 4281'9 \text{ kW}$$





IZENA / NOMBRE:

N.A.N. / D.N.I.

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

ACEITE MOTOR

T

$P=cte$

①

T_{amb}

②

T_{som}

S

* Rendimiento exergético del proceso

$$h_{EX} = \frac{\dot{m}_a (a_{f_{sa}} - a_{f_{ea}})}{\dot{m}_{am} (a_{f_{eam}} - a_{f_{sam}})} \times 100 = 8.035\%$$



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

GIPUZKOAKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA
CALIFICACIÓN

EJERCICIO 3

Datos:

$$\dot{m}_1 = 0.435 \text{ kg/s} \quad (\text{del ejercicio 1})$$

$$\dot{m}_3 = 1 \text{ kg/s}$$

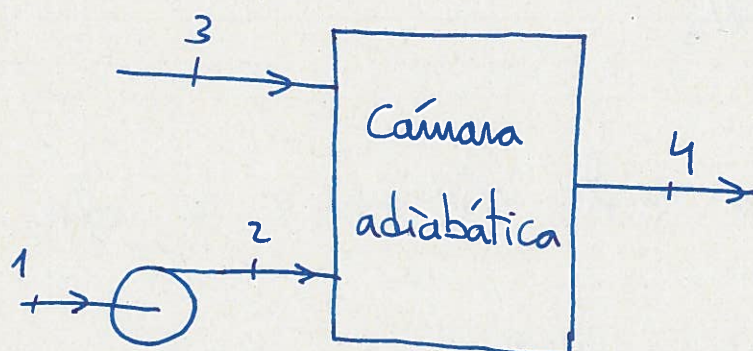
$$\eta_{iB} = 82\%$$

$$\theta_1 = 25^\circ\text{C}$$

$$\theta_3 = 400^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 1.4 \text{ bar}$$

$$P_3 = 6 \text{ bar}$$

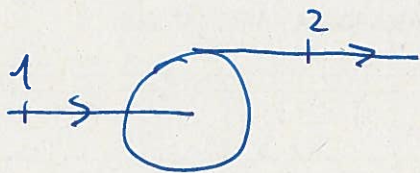


Se pide:

- $\eta_{Ex,B}$
- $\dot{E}_{x_{d,CM}}$

- Sistema abierto
- Régimen permanente
- Se desprecia $\Delta E_p, \Delta E_c$

a) Se considera el agua líquida a la entrada y salida de la bomba fluido incompresible.



$$\eta_{Ex} = \frac{\dot{m}_1 (a_{f2} - a_{f1})}{|\dot{W}_b|} \times 100$$

Balance de energía en la bomba aplicando la ecuación de la energía

$$\dot{Q}_b = \dot{m}_1 \cdot (h_2 - h_1) + \dot{W}_b$$

Se considera que no existe intercambio de calor a través de la superficie externa de la bomba

$$\dot{W}_b = \dot{m}_1 (h_1 - h_2) = \dot{m}_1 \cdot c_p (\theta_1 - \theta_2)$$

$$\eta_{iB} = \frac{(\theta_2' - \theta_1)}{(\theta_2 - \theta_1)}$$



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

GIPUZKOAKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN												
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Si el proceso en la bomba fuese isentrópico
(adiabático y reversible):

$$\dot{W}_{SB} = \dot{m}_1 \left(- \int v dP \right) = - \dot{m}_1 \cdot v \cdot (P_2 - P_1) =$$

$$= - 0'435 \cdot \left(\frac{600000 - 140000}{998'11} \right) = - 0'2 \text{ kW}$$

$$\eta_{iB} = \frac{\dot{W}_{SB}}{\dot{W}_B} \times 100 \rightarrow \dot{W}_B = \frac{\dot{W}_{SB}}{\eta_{iB}} \times 100$$

$$\dot{W}_B = \frac{-0'2}{82} \times 100 = - 0'245 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_B = \dot{m}_1 \cdot (h_1 - h_2) = \dot{m}_1 \cdot c_p (\theta_1 - \theta_2)$$

$$h_2 = h_1 - \frac{\dot{W}_B}{\dot{m}_1} = 104'89 - \frac{(-0'244)}{0'435} = 105'45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\theta_2 = \frac{h_2}{c_p} = 25'2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a_{f2} - a_{f1} = (h_2 - h_1) - T_0 (s_2 - s_1) =$$

$$= c_p(\theta_2 - \theta_1) - T_0 \left(c_p \ln \frac{T_2}{T_1} \right) =$$

$$= 4'182(25'13 - 25) - (273+14) \cdot 4'182 \ln \frac{(273+25'13)}{(273+25)} =$$

$$= 0'0218 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\boxed{\eta_{\text{Ex}} = \frac{\dot{m}_1(a_{f2} - a_{f1})}{|\dot{W}_b|} \times 100 = \frac{0'435 \cdot 0'0218}{0'244} \times 100 = 3'88\%}$$

b) La exergía destruida en la cámara de mezcla se puede calcular mediante el cálculo de la entropía generada o aplicando el balance de exergía en sistemas abiertos.

- Calculando la entropía generada: Se aplica el balance de entropía a la cámara adiabática.



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

GIPUZKOAKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IRASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

$$\dot{S}_G = (\dot{m}_1 + \dot{m}_3) \cdot s_4 - \dot{m}_1 \cdot s_2 - \dot{m}_3 \cdot s_3 - \int_{s.c.} \frac{\delta \dot{Q}_i}{T_i} \geq 0$$

La cámara es adiabática $\rightarrow \int_{s.c.} \frac{\delta \dot{Q}_i}{T_i} = 0$

$$\dot{S}_G = (0.435 + 1) \cdot 5.73 - 0.435 \cdot 0.368 - 1 \cdot 7.71 = 0.344 \frac{\text{KW}}{\text{K}}$$

$$\boxed{\dot{E}_{x_d} = T_0 \cdot \dot{S}_G = (273 + 14) \cdot 0.344 = 98.87 \text{ KW}}$$

- Aplicando el balance de energía en el sistema abierto

$$\dot{W} = \dot{m}_1 (a_{f2} - a_{f0}) + \dot{m}_3 (a_{f3} - a_{f0}) - (\dot{m}_1 + \dot{m}_3) \cdot (a_{f4} - a_{f0}) + \int_{s.c.} \left(1 - \frac{T_0}{T_i}\right) \delta \dot{Q}_i - \dot{E}_{x_d}$$

- No existe trabajo de eje
- No hay pérdidas de calor

$$\dot{E}_{x_d} = \dot{m}_1 (a_{f_2} - a_{f_0}) + \dot{m}_3 (a_{f_3} - a_{f_0}) - (\dot{m}_1 + \dot{m}_3) (a_{f_4} - a_{f_0})$$

$$a_{f_2} - a_{f_0} = (h_2 - h_0) - T_0 (s_2 - s_0) = c_p (\theta_2 - \theta_0) - T_0 \cdot c_p \ln \frac{T_2}{T_0} =$$

$$= 4'182 \cdot (25'2 - 14) - (273+14) \cdot 4'182 \cdot \ln \left(\frac{273+25'2}{273+14} \right) =$$

$$= 0'909 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$a_{f_3} - a_{f_0} = (h_3 - h_0) - T_0 (s_3 - s_0) = 3270'3 - 58'8 -$$

$$- (273+14) (7'71 - 0'21) = 1057'7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$a_{f_4} - a_{f_0} = (h_4 - h_0) - T_0 (s_4 - s_0) = 2310'7 - 58'8 -$$

$$- (273+14) (5'73 - 0'21) = 668'4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\boxed{\dot{E}_{x_d} = 0'435 \cdot 0'909 + 1 \cdot 1057'7 - (0'435 + 1) \cdot 668'4 = 98'87 \text{ kW}}$$



DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

[illegible]