



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Reconquista

Ingeniería Electromecánica



Guía de Ejercicios y Problemas
TERMODINÁMICA TÉCNICA
2024

Equipo docente: *Ing. Mauro Yoris – Ing. Brian Moschen*

Datos a tener en cuenta.

Unidades básicas

Longitud	El metro (m) es la distancia recorrida por la luz en el vacío en 1/299 792 458 s
Tiempo	El segundo (s) es la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo ¹³³ Cs.-
Masa	El kilogramo (kg) es la masa del cuerpo considerado como patrón internacional que se conserva en Sevres, Francia.-
Corriente	El amperio (A) es la corriente que al circular por dos conductores rectilíneos muy largos y paralelos separados 1 m entre sí, da origen a una fuerza magnética por unidad de longitud de 2×10^{-7} N/m.-
Temperatura	El kelvin (K) es 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.-
Intensidad luminosa	La candela (cd) es la intensidad luminosa, en la dirección perpendicular, de la superficie de 1/600000 m ² de un cuerpo negro a la temperatura de congelación del platino a la presión de 1 atm.-

Unidades derivadas

Fuerza	newton (N)	1 N = 1 kg m/s ²
Trabajo, energía	joule (J)	1 J = 1 N m
Potencia	vatio (W)	1 W = 1 J/s
Frecuencia	hertz (Hz)	1 Hz = s ⁻¹
Carga	culombio (C)	1 C = 1 As
Potencial	Voltio (V)	1 V = 1 J/C
Resistencia	ohmio(Ω)	1 Ω = 1 V/A
Capacidad	faradio (F)	1 F = 1 C/V
Campo magnético	tesla (T)	1 T = 1 N/A m
Flujo magnético	weber (Wb)	1 Wb = 1 J/A ²

Datos terrestres

Aceleración de la gravedad g	9,80665 m/s ²
Valor estándar	32,1740 pies/s ²
A nivel del mar, en el ecuador *	9,7804 m/s ²
A nivel del mar, en los polos *	9,8322 m/s ²
Masa de la Tierra, M _T	5,98 x 10 ²⁴ kg
Radio de la Tierra R _T · medio	6,37 x 10 ⁶ m
	3960 millas
Velocidad de escape $\sqrt{2R_T g}$	1,12 x 10 ⁴ m/s
	6,95 millas/s
Constante polar **	1,35 kW/m ²
Temperatura y presión normales (C.N):	
Temperatura	273,15 K
Presión	101,325 kPa
	1,00 atm
Peso molecular del aire	28,97 g/mol
Densidad del aire (C.N), ρ _{aire}	1,293 kg/m ³
Velocidad del sonido (C.N.)	331 m/s
Calor de fusión del H ₂ O (0°C, 1 atm)	333,5 kJ/kg
Calor de vaporización del H ₂ O (100°C, 1 atm)	2,256MJ/kg

* Medida respecto a la superficie de la Tierra.

** Potencia media incidente normalmente sobre 1 m² en el exterior de la atmósfera y a la distancia media de la Tierra al Sol.

Datos astronómicos

Tierra	
Distancia a la Luna *	3,844 x 10 ⁸ m
	2,389 x 10 ⁵ millas
Distancia del Sol, media *	1,496 x 10 ¹¹ m
	9,30 x 10 ⁷ millas
	1,00 AU
Velocidad orbital, media	2,98 x 10 ⁴ m/s

Luna	
Masa	7,35 x10 ²² kg
Radio	1,738 x10 ⁶ m
Período	27,32 d
Aceleración de la gravedad en su superficie	1,62 m/s ²
Sol	
Masa	1,99 x10 ³⁰ kg
Radio	6,96 x10 ⁸ m

* De centro a centro

Constantes físicas

Constante de la gravitación	G	6,672 6 x 10 ⁻¹¹ N m ² /kg ²
Velocidad de la luz	c	2,997 924 58 x 10 ⁸ m/s
Carga del electrón	e	-1,602 177 x 10 ⁻¹⁹ C
Número de Avogadro	N_A	6,022 137 x 10 ²³ partículas/mol
Constante de los gases	R	8,314 51 J/mol K 1,987 22 cal/mol K 8,205 78 x 10 ⁻² Latm/mol K
Constante de Boltzmann	$k = R/N_A$	1,380 658 x 10 ⁻²³ J/K 8,617 385 x 10 ⁻⁵ eV/K
Constante de Stefan - Boltzmann	σ	5,6699 x 10 ⁻⁸ W m ⁻² K ⁻⁴
Unidad de masa unificada	$u = (1/N_A)g$	1,660 540 x 10 ⁻²⁴ g
Constante de Coulomb	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	8,987 551 788 x 10 ⁹ N m ² /C ²
Permitividad del espacio libre	ϵ_0	8,854 187 817 x 10 ⁻¹² C ² /N m ²
Permeabilidad del espacio libre	μ_0	4 π x 10 ⁻⁷ N/A ²
Constante de Planck	h	6,626 076 x 10 ⁻³⁴ J s 4,135 669 x 10 ⁻¹⁵ eV s
	$\hbar = \frac{h}{2\pi}$	1,054 573 x 10 ⁻³⁴ J s
		6,582 122 x 10 ⁻¹⁶ eV s
Masa del electrón	m_e	9,109 390 x 10 ⁻³¹ kg 510,999 1 keV/c ²
Masa del protón	m_p	1,672 623 x 10 ⁻²⁷ kg 938,272 3 MeV/c ²
Masa del neutrón	m_n	1,674 929 x 10 ⁻²⁷ kg 939,565 6 MeV/c ²
Magnetón de Bohr	$m_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$	9,274 015 4 x 10 ⁻²⁴ J/T 5,788 382 63 x 10 ⁻⁵ eV/T
Magnetón nuclear	$m_n = \frac{e\hbar}{2m_p}$	5,050 786 6 x 10 ⁻²⁷ J/T 3,152 451 66 x 10 ⁻⁸ eV/T
Cuanto de flujo magnético	$\phi_0 = h / 2e$	2,067 834 6 x 10 ⁻¹⁵ T m ²
Resistencia Hall cuantizada	$R_k = h / e^2$	2,581 280 7 x 10 ⁴ Ω
Constante de Rydberg	R_H	1,097 373 153 4 x 10 ⁷ m ⁻¹
Cociente frecuencia-tensión Josephson	$2e/h$	4,835 979 x 10 ¹⁴ Hz/V
Longitud de onda Compton	$\lambda_c = h / m_e c$	2,426 310 58 x 10 ⁻¹² m

Factores de Conversión

Las relaciones marcadas con asteriscos son exactas

Longitud

- 1 hm = 0,6215 millas
- 1 milla = 1,609 km
- 1 m = 1,0936 yd = 3,281 pies = 39,37 pulgadas
- *1 pulgada = 2,54 cm
- *1 pie = 12 pulgadas = 30,48 cm
- *1 yd = 3 pie = 91,44 cm
- 1 año-luz = 1 c a = 9,461 x 10¹⁵ m
- *1 Å = 0,1 nm

Área

- *1 m² = 10 cm²
- 1 km = 0,3861 mi² = 247,1 acres
- *1 pulg² = 6,4516 cm²
- 1 pie² = 9,29 x 10⁻² m²
- 1 m² = 10,76 pie²
- *1 acre = 43 560 pie²
- 1 milla² = 640 acres = 2,590 km²

Volumen

- *1 m³ = 10⁶ cm³
- *1 L = 1000 cm³ = 10⁻³ m³
- 1 gal = 3,786 L
- 1 gal = 4 qt = 8 pt = 128 oz = 231 pulg³
- 1 pulg³ = 16,39 cm³
- 1 pie³ = 1728 pulg³ = 28,32 L = 2,832 x 10⁴ cm³

Tiempo

- *1 h = 60 min = 3,6 ks
- *1 d = 24 h = 1440 min = 86,4 ks
- 1 año = 365,24 días = 31,56 Ms

Energía

- *1 kW.h = 3,6 MJ
- *1 cal = 4,1840 J
- 1 pie.lb = 1,365 J = 1,286 x 10⁻³ Btu
- *1 L.atm = 101,325 J
- *1 L.atm = 24,217 cal
- 1 Btu = 778 pie.lb = 252 cal = 1054,35 J
- 1 eV = 1,602 x 10⁻¹⁹ J
- 1 u.c² = 931,50 MeV
- 1 erg = 10⁻⁷ J

Campo magnético

- *1 G = 10⁻⁴ T
- *1 T = 10⁴ G

Velocidad

- 1 km/h = 0,2778 m/s = 0,6215 millas/h
- 1 milla/h = 0,4470 m/s = 1,609 hm/h
- 1 milla/h = 1,467 pies/s

Ángulo y velocidad angular

- * π rad = 180°
- 1 rad = 57,30°
- 1° = 1,745 x 10⁻² rad
- 1 rev/min = 0,1047 rad/s
- 1 rad/s = 9,549 rev/min

Masa

- *1 kg = 1000 g
- *1 tonelada = 1000 kg = 1 Mg
- 1 u = 1,6606 x 10⁻²⁷ kg
- 1 kg = 6,022 x 10²³ u
- 1 slug = 14,59 kg
- 1 kg = 6,852 x 10⁻² slug
- 1 u = 931,50 MeV/c²

Densidad

- * 1 g/cm³ = 1000 kg/m³ = 1 kg/L
- (1 g/cm³)g = 692,4 lb/pie³

Fuerza

- 1 N = 0,2248 lb = 10⁵ dina
- 1 lb = 4,4482 N
- (1 kg)g = 2,2046 lb

Presión

- *1 Pa = 1 N/m²
- *1 atm = 101,325 kPa = 1,01325 bars
- 1 atm = 14,7 lb/pulg² = 760 mmHg
- = 29,9 pulgHg = 33,8 pieH₂O
- 1 lb/pulg² = 6,895 kPa
- 1 torr = 1 mmHg = 133,32 Pa
- 1 bar = 100 kPa

Potencia

- 1 caballo de vapor = 550 pie-lb/s = 745,7 W
- 1 Btu/min = 17,58 W
- 1 W = 1,341 x 10⁻³ 1 caballo de vapor
- = 0,7376 pie.lb/s

Conductividad térmica

- 1 W/m.K = 6,938 Btu.pulg/h.pie² °F
- Btu.pulg/h.pie² °F = 0,1441 W/m.K

Múltiplos, Submúltiplos y Prefijos SI

Múltiplos	Prefijos	Símbolos	Submúltiplos	Prefijos	Símbolos
10 ²⁴	Yotta	Y	10 ⁻¹	deci	d
10 ²¹	Zetta	Z	10 ⁻²	centi	c
10 ¹⁸	Exa	E	10 ⁻³	mili	m
10 ¹⁵	Peta	P	10 ⁻⁶	micro	μ
10 ¹²	Tera	T	10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁹	Giga	G	10 ⁻¹²	pico	p
10 ⁶	Mega	M	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ³	Kilo	K	10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ²	Hecto	H	10 ⁻²¹	septo	z
10 ¹	Deca	D	10 ⁻²⁴	yacto	y

UNIDAD 1.

- 1) Encontrar la temperatura en Kelvin, la temperatura en Rankine, la temperatura en Fahrenheit del punto de ebullición del agua, 100 °C.
- 2) ¿La escala Rankine representa una unidad o intervalo mayor o menor que la Kelvin? ¿Cuál es la relación entre las unidades de temperatura Kelvin y Celcius? ¿Cuál es la relación entre grados Rankine y Fahrenheit? ¿El grado Fahrenheit es una unidad mayor o menor que el grado Celcius?
- 3) Convierta las lecturas siguientes de presión a KPa suponiendo que en el barómetro se leen 760 mmHg.
 - a. 80 cm de Hg.
 - b. Vacío de 30 cm de Hg.
 - c. 1,35 m de H₂O manométrica.
 - d. 4,2 bar.
- 4) En un émbolo de 10 cm de diámetro se aplica una fuerza uniforme d 1000 N. Determinar la presión sobre el émbolo.
- 5) Un tubo contiene un aceite de densidad específica 0,9 hasta una profundidad de 120 cm. Determine la presión manométrica a esta profundidad en KN/m².

UNIDAD 2.

- 1) Un tanque de 0,04 m³ de capacidad se utiliza para almacenar nitrógeno a 120 bar y 20 °C. El tanque está protegido contra una presión excesiva por un tapón fusible, que se fundirá y permitirá que el gas escape si la temperatura sube demasiado.
 - a. ¿Cuántos Kg de nitrógeno contendrá el tanque en las condiciones diseñadas?
 - b. ¿A qué temperatura se debe fundir el tapón fusible a fin de limitar la presión de un tanque lleno a un máximo de 150 bar?

Rta.: 5,51 Kg – 93,7 °C.

- 2) Un recipiente de 3 m³ de capacidad contiene 1 Kgmol de N₂ a 90 °C.
 - a. Calcule la presión y el volumen específico del gas.
 - b. Si la relación de calores específicos es 1,4, evalúe los valores de c_p y c_v.
 - c. Luego, el gas se enfría hasta la temperatura atmosférica de 20 °C, evalúe la presión final del gas.

Rta.: 10,06 bar – 0,107 m³/Kg – c_p = 1,039 KJ/KgK – 0,742 KJ/KgK – 8,12 bar.

- 3) Un análisis gravimétrico del aire arroja los siguientes datos

COMPONENTE	PORCENTAJE	PESO MOLECULAR
Oxígeno	23,14	32
Nitrógeno	75,53	28
Argón	1,28	40
Dióxido de carbono	0,05	44

Determine

- a. La constante de los gases, el peso molecular aparente y el análisis volumétrico del aire.
- b. La presión parcial de cada constituyente cuando la presión total es 1 bar.

Rta.: $R = 287,11 \text{ J/kgK}$; $m = 29,087 \text{ kg/kgmol}$; $p_1 = 0,21 \text{ bar}$; $p_2 = 0,802 \text{ bar}$; $p_3 = 0,0095 \text{ bar}$; $p_4 = 0,00033 \text{ bar}$.

- 4) Un Kg de CO₂ tiene un volumen de 1 m³ a 100 °C. Calcule la presión mediante:
- La ecuación de Van der Waals.
 - La ecuación del gas perfecto.

Rta.: 0,7036 bar – 0,7048 bar.

- 5) Un recipiente de 3 m³ de capacidad contiene 10 Kg de CO₂ a 27 °C. Estime la presión ejercida por el CO₂ empleando:
- La ecuación de Van der Waals.
 - La ecuación del gas perfecto.
 - La ecuación de Beattie Bridgeman.

Rta.: 1,875 bar – 1,889 bar – 1,9 bar.

- 6) 1 kg de aire a una presión de 8 bar y una temperatura de 100 °C experimenta un proceso politrópico reversible con $n = 1,2$. Si la presión final es 1,8 bar. Determine:
- El volumen específico y la temperatura final.
 - El calor que ingresa al sistema y la variación de entalpía.

Rta.: $0,463 \text{ m}^3/\text{kg}$ – 291°K – $59,15 \text{ kJ}$ – $-88,13 \text{ kJ}$.

- 7) Suponer que en el problema anterior la temperatura tiene un valor de 30 °C y calcular la masa del gas que evoluciona:
- Si el mismo es hidrógeno.
 - Si el mismo es anhídrido carbónico.

Rta.: 0,795 Kg – 17,48 Kg.

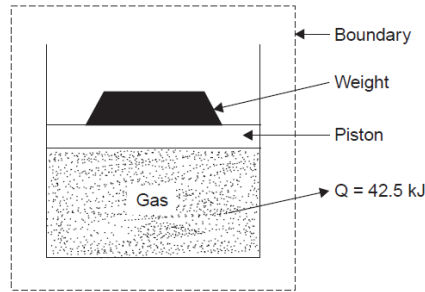
UNIDAD 3

- Un recipiente rígido contiene 50 kg de agua líquida saturada a 90 °C. Determine la presión en el recipiente y el volumen del mismo. Graficar el esquema en un diagrama $T - v$ y $p - v$.
- Un dispositivo que consta de cilindro-émbolo contiene 0,5 m³ de vapor de agua saturado a 8 bar de presión. Determine la temperatura (en °C) y la masa (en Kg) del vapor dentro del cilindro. Grafique el esquema en un diagrama $p - v$.
- Una masa de 200 gramos de agua líquida saturada se evapora por completo a una presión constante de 100 kPa. Determine:
 - El cambio de volumen en m³.
 - La cantidad de energía transferida al agua en KJ.
 - Graficar el proceso en un diagrama $p - v$.
- Un recipiente rígido contiene 10 kg de agua a 90 °C. Si 8 kg del agua están en forma líquida y el resto como vapor, determine:
 - La presión en el recipiente en bar.
 - El volumen del recipiente en m³.

-
- c. El volumen del líquido en m^3 .
 - d. El volumen del vapor en m^3 .
 - e. La calidad del vapor.
 - f. Grafique el esquema en un diagrama $p - v$.
- 5) Se tiene agua a 7 bar y $400\text{ }^\circ\text{C}$. Determine:
- a. La energía interna en KJ/Kg .
 - b. La entalpía en KJ/Kg .
 - c. La entropía en KJ/KgK .
 - d. Graficar el esquema en un diagrama $p - v$.
- 6) Determine la energía interna del agua líquida comprimida a $80\text{ }^\circ\text{C}$ y 5 MPa.
- a. Con datos de la tabla para líquido comprimido
 - b. Con datos para líquido saturado.
 - c. ¿Cuál es el error en el segundo caso?
- 7) Un recipiente que tiene una capacidad de $0,05\text{ m}^3$ contiene una mezcla de agua saturada y vapor saturado a una temperatura de $245\text{ }^\circ\text{C}$. La masa del líquido presente es de 10 Kg. Determine o siguiente:
- a. La presión.
 - b. La masa.
 - c. El volumen específico.
 - d. La entalpía específica.
 - e. La entropía específica.
 - f. La energía interna específica.
- 8) Determine la cantidad de calor que se debe suministrar a 2 Kg de agua a $25\text{ }^\circ\text{C}$ para convertirla en vapor a 5 bar y 0,9 de calidad.
- 9) ¿Qué cantidad de calor requerirá para producir 4,4 Kg de vapor a una presión de 6 bar y a una temperatura de $250\text{ }^\circ\text{C}$ a partir de agua a $30\text{ }^\circ\text{C}$? tome el calor específico para vapor sobrecalentado como $2,2\text{ KJ/Kg.K}$.
- 10) Una caldera genera por hora 1000 Kg de vapor a una presión de 16 bar y 0,9 de calidad. El vapor pasa a través de un sobrecalentador por medio de una válvula de cierre de la caldera donde su temperatura se aumenta a $380\text{ }^\circ\text{C}$. si la temperatura del agua de alimentación es $30\text{ }^\circ\text{C}$, determine:
- a. El calor total suministrado al agua de alimentación por hora para producir vapor húmedo.
 - b. El calor total absorbido por hora en el sobrecalentador.
- 11) Encuentre el volumen específico, la entalpía específica y la entropía específica de un vapor húmedo a 18 bar y una calidad de 0,85.
- 12) Encuentre la energía interna de 1 Kg de vapor a 20 bar cuando:
- a. Está sobrecalentado, su temperatura es $400\text{ }^\circ\text{C}$.
 - b. Está húmedo, su calidad es 0,9.

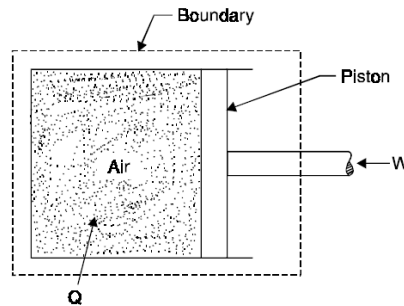
UNIDAD 4

- 1) Cuando una masa estacionaria de gas se comprimió sin fricción a presión constante, su estado inicial de $0,4\text{ m}^3$ y $0,105\text{ MPa}$ se determinó que cambió a un estado final de $0,2\text{ m}^3$ y $0,105\text{ MPa}$. Hubo una transferencia de calor de $42,5\text{ KJ}$ del gas durante el proceso. ¿Cuánto cambió la energía interna del gas?



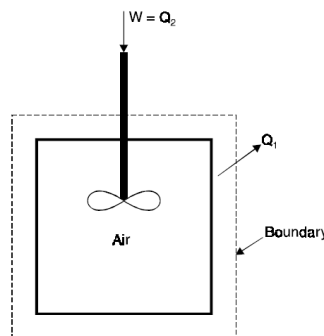
Rta.: 21,5 KJ.

- 2) A un compresor ingresa aire a $1 \cdot 10^5$ Pa y 25°C que tiene un volumen específico de $1,8 \text{ m}^3/\text{Kg}$ y se comprime isotérmicamente a $5 \cdot 10^5$ Pa. Determinar:
- El trabajo realizado.
 - El cambio en la energía interna.
 - El calor transferido.



Rta.: $289,7 \text{ KJ/Kg} - 0 \text{ KJ/Kg} - 289,7 \text{ KJ/Kg}$.

- 2) Un depósito que contiene aire se agita mediante una rueda de paletas. La entrada de trabajo hacia la rueda de paletas es de 9000 KJ y el calor transferido hacia los alrededores desde el depósito es 3000 KJ . Determinar:
- El trabajo realizado.
 - El cambio en la energía interna del sistema.



Rta.: $0 \text{ KJ} - 6000 \text{ KJ}$.

- 3) A partir del primer principio de la termodinámica aplicado a sistemas abiertos de flujo constante, encuentre la ecuación que gobierna en:
- Tobera.
 - Generador de vapor.
 - Turbina.
 - Compresor.
 - Intercambiador de calor.

- 4) Un compresor rotatorio admite 6 m³/min de una gas (R=410 J/kgK, Cp = 1,03 kJ/kgK, k = 1,67) a 105 kPa abs, 27 °C, y lo descarga a 630 kPa. Determine el trabajo si el proceso es:
- Adiabático.
 - Politrópico con n = 1,4.
 - Isotérmico.

Rta.: -1664,34 KJ/min; -1484 KJ/min; -1128 KJ/min.

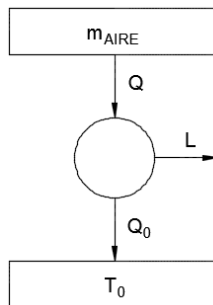
UNIDAD 5.

- 1) Dos máquinas térmicas reversibles están conectadas en serie entre dos fuentes de calor a temperatura T₁ = 1000 K y T₂ = 250 K. La fuente a mayor temperatura entrega a la primera máquina un calor Q₁ = 400 [Kcal]. Sabiendo, además, que ambas máquinas tienen el mismo rendimiento térmico, determinar:
- Temperatura intermedia T_i a la que la primera máquina cede calor y la segunda lo recibe.
 - Trabajo producido por cada una de las máquinas.
 - Calor entregado por la segunda máquina a la fuente fría.
 - Rendimiento térmico de la instalación.

Rta.: 500 K; 200 Kcal – 100 Kcal; 100 Kcal; 0,75.

- 2) Una máquina térmica reversible funciona intercambiando calor con una masa de aire m_{AIRE} = 100 kg, que se enfría a volumen constante desde T₁ = 1200 °C a T₂ = 600°C y con la atmósfera que se encuentra a T₀ = 27 °C.

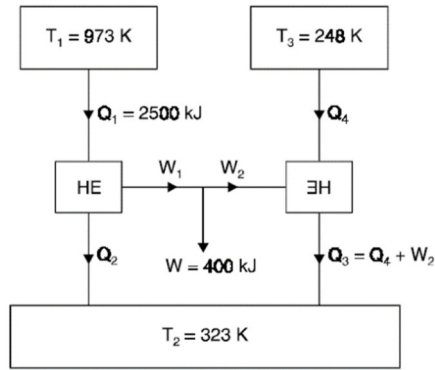
Determinar el rendimiento de la máquina.



Rta.: 65,63 %.

- 3) Una máquina térmica reversible HE opera entre dos reservorios de temperaturas 700 °C y 50 °C. La máquina está vinculada a una máquina frigorífica ∃H reversible que opera entre 50 °C y -25 °C. La máquina toma 2500 kJ de la fuente de calor y la salida de trabajo neto de la planta combinada de la máquina térmica y de la máquina frigorífica es de 400 kJ.

Determinar la transferencia de calor hacia la fuente fría de la máquina térmica (Q₂) y la cantidad neta de calor hacia la fuente fría.



Rta.: 829,9 KJ; 6291,28 KJ.

UNIDAD 6.

- 1) Un kilogramo de agua es calentado desde 10 °C hasta 80 °C por medio de una resistencia eléctrica cuya masa es de 0,1 Kg y cuyo calor específico es de 0,15 kcal/kgK. Calcular la variación de entropía de la resistencia y del universo.

Rta.: 0,042 Kcal/K; 0,263 Kcal/K.

- 2) Un kilogramo de aire a 20 °C, manteniendo su volumen constante, es puesto en contacto con una fuente de calor que se mantiene a 100 °C.

Determinar:

- a. Variación de entropía del aire. (0,1734 KJ/K)
- b. Variación de entropía del conjunto: aire-fuente de calor. (0,0193 KJ/K)

Si el calentamiento del aire se produce mediante dos fuentes de calor, una que se mantiene a 50 °C y lo lleva a esa temperatura y luego otra que se mantiene a 100 °C y calienta el aire de 50 °C a 100 °C.

Determinar:

- c. Variación de entropía del aire. (0,1734 KJ/K)
- d. Variación de entropía del conjunto: aire-fuente de calor. (0,0104 KJ/K)

Indicar como podría lograrse un calentamiento reversible y en esa hipótesis calcular:

- e. Variación de entropía del aire. (0 KJ/K).
- f. Variación de entropía del conjunto: aire-fuente de calor. (0 KJ/K).

UNIDAD 7.

- 1) Un sistema a 500 K, recibe 7200 KJ/min de una fuente a 1000 K. la temperatura de la atmosfera es de 300 K. suponiendo que la temperatura del sistema y de la fuente permanecen constante durante la transferencia de calor, encuentre:

- a. La entropía producida durante la transferencia de calor.
- b. La disminución en la energía disponible después de la transferencia de calor.

Rta.: 7,2 KJ/min.K; 2160 KJ.

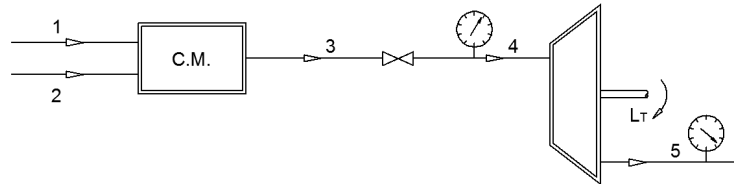
- 2) 5 Kg de aire a 550 K y a 4 bar están contenidos en un sistema cerrado.

- a. Determine la disponibilidad del sistema si la presión y la temperatura circundante son 1 bar y 290 K.
- b. Si el aire se enfría a presión constante hasta la temperatura atmosférica, determine la disponibilidad y la efectividad.

Rta.: 576,7 KJ; 373,86 KJ; 0,648.

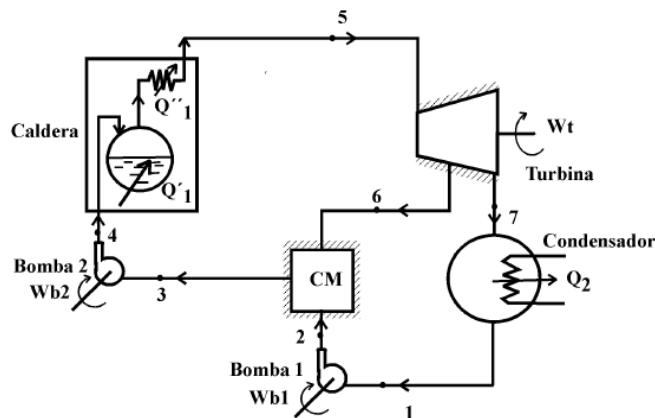
UNIDAD 8.

- 1) Un flujo de vapor de agua, caudal másico $m_1 = 4$ tn/hs, título $x_1=1$ y presión 30 bar se mezcla en una cámara (C. M.) con otro flujo de vapor, caudal másico $m_2 = 1$ tn/hs, $x_2 = 90\%$ y a la misma presión. La mezcla obtenida pasa por una válvula que reduce la presión (a entalpía cte.). El manómetro, ubicado en la posición 4 indica 15 bar. La turbina tiene un rendimiento isoentrópico de 0,7 y la presión que muestra el manómetro 5 es de 0,1 bar. Suponga toda la instalación adiabática y determine:
- Estado del vapor a la salida de la turbina.
 - Potencia obtenida en el eje de la turbina en KW.
 - Variación de entropía del proceso total en KW/K.
 - Represente en un diagrama T-s todos los procesos indicando cada una de las isobaras.



Rta.: 0,1 bar – 0,86; 689,45 KW; 1,363 KJ/K.

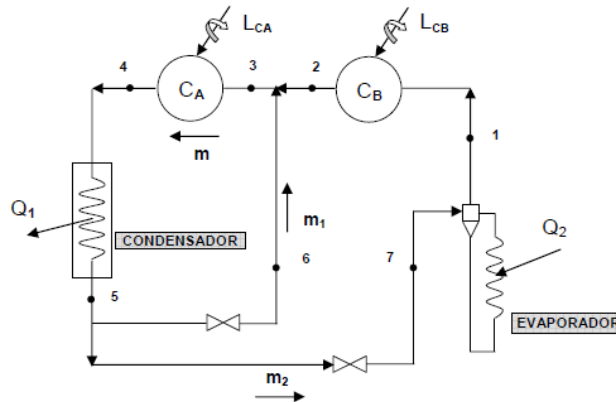
- 2) Una central térmica funciona con un ciclo regenerativo y tiene además un sobrecalentamiento y una extracción (sangrado). La misma posee el diagrama de flujo indicado en la figura. La caldera funciona a 30 bar, la extracción se realiza a 13 bar y el título a la salida de la turbina se limita a 88% a 0,1 bar. Representar el ciclo en un diagrama T-s y determinar:
- La temperatura final del vapor de agua sobrecalentada.
 - La entalpía en cada estado del sistema.
 - El sangrado (masa de vapor que se extrae de la turbina).
 - El trabajo neto del ciclo.
 - La cantidad de calor entregada por la fuente caliente.
 - El rendimiento del ciclo.



UNIDAD 9.

- 1) Un sistema de refrigeración por compresión de vapor emplea R12 con un caudal másico de 6 Kg/min. El refrigerante entra en el compresor como vapor saturado a 1,5 bar, y sale a 7 bar. El rendimiento isoentrópico del compresor es del 70 %. El fluido abandona el condensador como líquido saturado. La temperatura de la cámara es de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, y la del ambiente $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. No hay pérdidas de calor ni de presión en el circuito de refrigerante. Suponiendo que la temperatura del evaporador es $10,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ menor que la cámara y que el condensador tiene una temperatura de $5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ más que la ambiente, se pide:
 - a. Representar el proceso en los diagramas termodinámicos T-s y p-h.
 - b. Calcular el máximo coeficiente de eficiencia frigorífica de un equipo que opere entre estas dos fuentes.
 - c. Calcular el coeficiente de eficiencia frigorífica real de este ciclo.
 - d. Calcular la capacidad de refrigeración, en kW.

- 2) Una instalación frigorífica por compresión está compuesta según el esquema de la figura. La temperatura en el evaporador es de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, el estado 3 es vapor saturado a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura en el condensador es $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las compresiones se asumen adiabáticas y reversibles y el calor recibido en el evaporador es $Q_2 = 100.000\text{ Kcal/hr}$ y el fluido refrigerante es R12.
 - a. Representar el ciclo en un diagrama T-s.
 - b. Calcular las masas m_1 y m_2 en Kg/hr.
 - c. Calcular la potencia en kW para el accionamiento de los compresores.
 - d. Calcular el coeficiente de efecto frigorífico.



UNIDAD 10.

- 1) Se tiene un ciclo reversible de Otto, en un motor que opera con 0.004 kg de aire como gas ideal. Se sabe que la presión máxima en el ciclo es 18 [bar] y su temperatura máxima 750 K . El volumen al inicio de la compresión adiabática es 0.0019 m^3 y la temperatura $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, determine:
 - a. La temperatura y el volumen al final de la compresión.
 - b. La variación de entropía del inicio de la compresión hasta que alcanza la presión máxima.

- 2) En un ciclo Diesel la relación de compresión es 14 y la presión y temperatura al iniciarse la compresión son $1,033\text{ kg/cm}^2$ y $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al final del calentamiento la temperatura es de $1650\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - a. Determinar el rendimiento del ciclo si el fluido es aire.
 - b. Comparar el rendimiento obtenido con el de un ciclo Otto de igual relación de compresión.

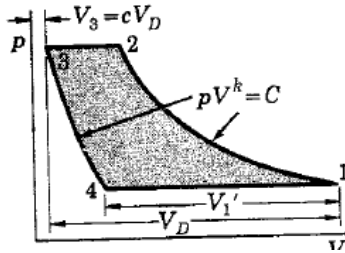
- 3) Aire entra al compresor de una planta de una turbina de gas que funciona en un ciclo Bryton a $101,325\text{ KPa}$ y a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. la relación de presión en el ciclo es de 6 . Calcule la temperatura máxima

en el ciclo y la eficiencia del ciclo. Suponga $W_t = 2,5 W_c$, donde W_t y W_c son el trabajo de la turbina y del compresor respectivamente. Tome $k = 1,4$.

- 4) A una turbina de gas se le suministra gas a 5 bar y a 1000 K y lo expande adiabáticamente hasta 1 bar. Los calores específicos medios a presión constante y volumen constante son 1,0425 KJ/Kg.K y 0,7662 KJ/Kg.K, respectivamente.
 - a. Trace el diagrama temperatura – entropía para representar los procesos del sistema simple de una turbina de gas.
 - b. Calcule la potencia desarrollada en KW por Kg de gas por segundo y la temperatura del gas de salida.

UNIDAD 11.

- 1) Un compresor de aire de doble acción de diámetro 36cmx38cm de carrera, con un factor de espacio muerto de 4%, funciona a 150 RPM. En el estado 1 de la figura, el aire está a 14 psia y 27 °C. La descarga se realiza a 56 psia, la compresión y reexpansión son adiabáticas. El estado de la atmósfera circundante es $p_a = 14,7$ psia y $t_a = 21$ °C.
 - a. Estimar la cantidad de aire libre utilizando la eficiencia volumétrica convencional.
 - b. Calcular la potencia motriz en HP para una eficiencia de compresión de 75%.

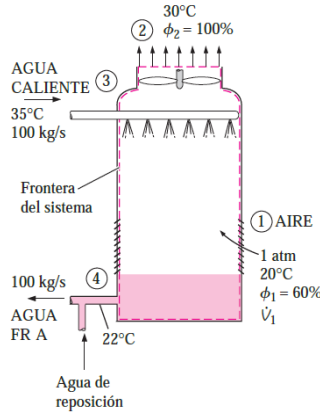


- 2) Se desea construir un compresor para comprimir aire desde una presión de 1 kg/cm² y $t = 20$ °C hasta una presión final de 9 kg/cm². El compresor deberá funcionar a 350 RPM. Se lo construirá con una relación de espacio nocivo de 2% y una relación carrera-diámetro de 1,2. El gasto másico deberá ser de 300 kg/hs y se supondrá que los procesos de compresión y reexpansión son politrópicos con $n = 1,25$ (Cercano a la realidad). Determinar:
 - a. El trabajo a suministrar por cada unidad de masa que circula por el compresor.
 - b. La potencia requerida en CV.
 - c. Carrera y diámetro del compresor.
 - d. Cantidad de calor que deberá extraer el refrigerante
 - e. Determine la potencia requerida si se lo construye en dos etapas en condiciones óptimas.

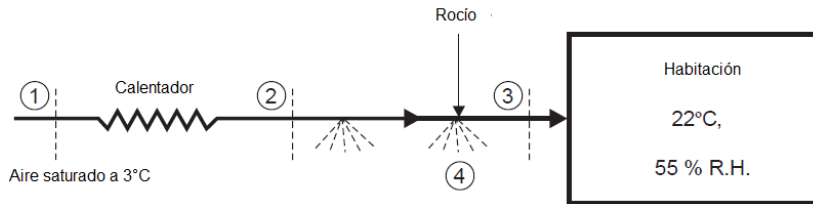
Rta.: -231,9 KJ/Kg; 26,27 CV; 256,32 mm – 307,59 mm; -93,31 KJ/Kg; 23,4 CV.

UNIDAD 12.

- 1) Del condensador de una central eléctrica sale agua de enfriamiento y entra a una torre de enfriamiento a 35 °C, con un flujo másico de 100 kg/s. El agua se enfría hasta 22 °C en la torre de enfriamiento con aire que entra a la torre a 1 atm, 20 °C, con 60 % de humedad relativa y sale saturado a 30 °C. Ignorando la entrada de potencia al ventilador determinar.
 - a. El flujo volumétrico del aire en la torre de enfriamiento.
 - b. El flujo másico del agua de reposición

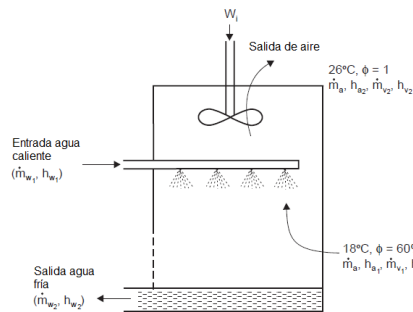


- 2) Se requiere de aire saturado a 3 °C para una habitación donde la temperatura debe mantenerse a 22 °C con una humedad relativa del 55%. El aire se calienta y luego se rocía agua a 10 °C para proporcionar la humedad requerida. Determine:
- La masa del agua rociada requerida por cada m³ de aire en condiciones ambientales.
 - La temperatura a la cual se debe calentar el aire.



- 3) Una torre de enfriamiento de tamaño pequeño está diseñada para enfriar 5,5 litros de agua por segundo, la temperatura de entrada del agua es de 44 °C. El ventilador accionado por un motor induce 9 m³/s de aire a través de la torre y la potencia absorbida es de 4,75 kW. El aire entrante a la torre está a 18 °C y tiene una HR de 60 %. El aire saliente de la torre se puede suponer estar saturado y que su temperatura es de 26 °C. Determinar:
- Caudal másico de agua de reposición.
 - La temperatura final del agua.

Suponer $p = 1,033 \text{ kg/cm}^2$



UNIDAD 13.

- 1) Se desea extraer 1260 kcal/hs de calor a través de una sección plana de 0,929m² compuesta por cobre de 0,762 cm y $k = 32,9$, una película de aire de 0,381 cm y $k = 3,1$ y una película de agua de 0,381 cm de espesor y $k = 57$. Determine:
- La diferencia de temperatura en cada material.
 - La diferencia total de temperatura.

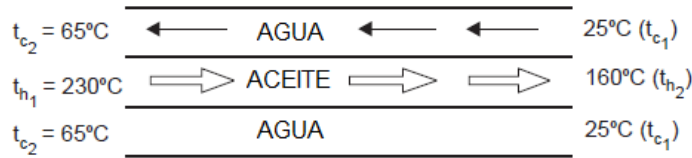
Rta.: 31,41 °C; 166,69 °C; 9,06 °C; 207,17 °C.

- 2) Agua caliente circula por un tubo de acero de 11,4 cm de \varnothing_{ext} , aislado con 5,08cm de magnesia de 85%. Termopares embutidos en las superficies exterior e interior del aislamiento muestran temperaturas de 121 °C y 46,1 °C, respectivamente. Calcúlese la pérdida de calor por hora en 100 metros de longitud

Rta.: 4444,9 Kcal/h.

- 3) En un cambiador de calor con dos tubos de contraflujo, el agua se calienta de 25 a 65°C mediante un aceite con un calor específico de 1,45 kJ/kg/K y tasa de flujo másico de 0,9 kg/s. El aceite se enfría de 230 a 160 °C. Si el coeficiente de transferencia global es de 420 W/m²°C, calcular:

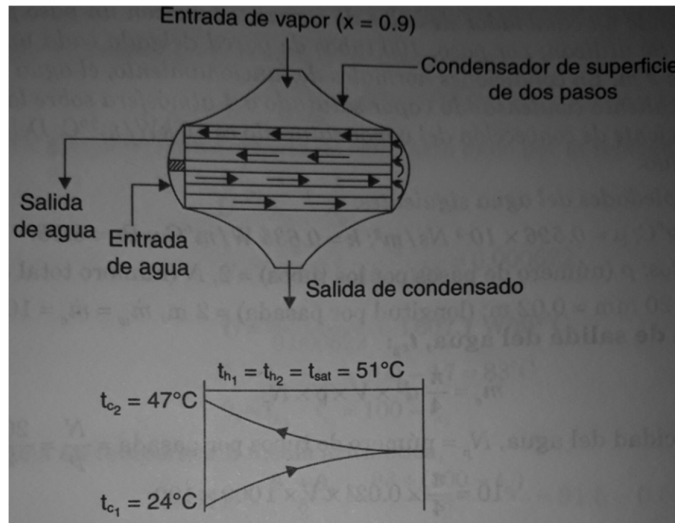
- La tasa de transferencia de calor en KW.
- La tasa de flujo másico del agua en Kg/s.
- El área superficial del cambiador de calor en m².



Rta.: 91,35 KJ/Kg; 0,54 Kg/seg; 1,45 m².

- 4) Un condensador de superficie de dos pasos se requiere que maneje los gases de escape de una turbina que desarrolla 15 MW con un consumo específico de vapor de 5 kg/kWh. El vacío en el condensador es de 660 mmHg cuando en el barómetro se leen 760 mmHg. La velocidad media del agua es 3 m/s, la temperatura de entrada del agua es de 24 °C. El condensado es agua saturada y la temperatura de salida del agua de enfriamiento es 4 °C menor que la temperatura del condensado. La calidad del vapor de escape es 0,9 seco. El coeficiente global de transferencia de calor con base en el área exterior de los tubos es 4000 W/m²°C. El diámetro exterior e interior de los tubos de agua son 38,4 y 29,6 mm respectivamente. Se pide calcular lo siguiente:

- La masa del agua de enfriamiento que circula, en kg/min.
- El área superficial del condensador.
- El número de tubos requeridos por paso.
- La longitud del tubo.
-



Rta.: 30280 kg/min; 1009,1 m²; 245; 17,1 m.