

## INDICE

Prefacio	XVII
Nomenclatura	XXV
<b>Capitulo Ocho. Ciclos de Potencias de Gas</b>	<b>449</b>
8.1. Consideraciones básicas en el análisis de ciclos de potencia	451
8.2. El ciclo de Carnot y su valor en ingeniería	453
8.3. Suposiciones de aire estándar	455
8.4. Breve panorama de las reciprocantes	456
8.5. Ciclo de Otto: el ciclo ideal para las máquinas de encendido de chispa	457
8.6. Ciclo Diesel: el ciclo ideal para las máquinas de encendido por compresión	464
8.7. Ciclos de Stirling y Ericsson	468
8.8. Ciclo Brayton: el ciclo ideal para los motores de turbina de gas	472
8.9. El ciclo Brayton con regeneración	479
8.10. El ciclo Brayton con interenfriamiento, recalentamiento y regeneración	482
8.11. Ciclos ideales de propulsión de chorro	486
8.12. Análisis de segunda ley en ciclos de potencia de gas	493
8.13. Resumen	495
Referencia y lectura sugeridas	498
Problemas	499
<b>9. Ciclos de Potencia de Vapor y Combinado</b>	<b>521</b>
9.1. El ciclo de vapor de Carnot	522
9.2. Ciclo Rankine: el ciclo ideal para los ciclos de potencia de vapor	523
9.3. Desviación de los ciclos de potencia de vapor reales respecto de los idealizados	527
9.4. ¿Cómo Incrementar la eficiencia del ciclo Rankine?	529
9.5. El ciclo Rankine ideal con recalentamiento	534
9.6. El ciclo Rankine ideal regenerativo	537
9.7. Análisis de segunda ley en ciclos de potencia de vapor	546
9.8. Cogeneración	548
9.9. Ciclos de de vapor binarios	552
Resumen	558
Referencia y lectura sugeridas	559
Problemas	560
<b>10. Ciclos de Refrigeración</b>	<b>583</b>
10.1. Refrigeradores y bombas de calor	584
10.2. El ciclo de Carnot invertido	585
10.3. El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	587
10.4. Ciclos reales de refrigeración por compresión de vapor	591
10.5. Selección de refrigerante adecuado	593
10.6. Sistema de bombas de calor	596
10.7. Sistemas innovadores de refrigeración por compresión de vapor	597
10.8. Ciclos de refrigeración de gas	604
10.9. Sistemas de refrigeración por absorción	608
10.10. Generación de potencia eléctrica y sistema de refrigeración	611
10.11. Resumen	

Referencia y lectura sugeridas	614
Problemas	615
<b>11. Relaciones de Propiedades Termodinámicas</b>	629
11.1. Un poco de matemática: derivadas parciales u relaciones asociadas	630
11.2. Las relaciones de Maxwell	635
11.3. La ecuación de Clapeyron	637
11.4. Relaciones generales para $du$ , $dh$ , $ds$ , $c_v$ y $c_p$	639
11.5. El coeficiente Joule – Thomson	646
11.6. Las $A_h$ , $A_u$ y $A_s$ de gases reales	648
11.7. Resumen	653
Referencia y lectura sugeridas	655
Problemas	656
<b>12. Mezcla de Gases</b>	665
12.1. Composición de una mezcla de gases: Masa y fracciones moleculares	666
12.2. Comportamiento $P - v - T$ de mezcla de gases: gases ideales y reales	668
12.3. Propiedades de Mezcla de gases: Gases ideales y reales	672
Resumen	680
Referencia y lectura sugeridas	682
Problemas	682
<b>Cap13. Mezcla de Gas – Vapor y Acondicionamiento de Aire</b>	691
13.1. Aire seco y atmosférico	692
13.2. Humedad específica y relativa del aire	693
13.3. Temperatura de punto de rocío	695
13.4. Temperaturas de saturación adiabática y bulbo húmedo	697
13.5. La carta psicométrica	700
13.6. Comodidad humana y acondicionamiento de aire	701
13.7. Procesos de Acondicionamiento de aire	703
Resumen	717
Referencia y lectura sugeridas	720
Problemas	720
<b>14. Reacciones Químicas</b>	733
14.1. Combustible y combustión	734
14.2. Procesos de combustión teóricos y real	737
14.3. Entalpía de formación y entalpía de combustión	742
14.4. Análisis de primera ley de sistema reactivos	746
14.5. Temperatura de flama adiabática	751
14.6. Cambio de entropía de sistemas reactivos	754
14.7. Análisis de segunda ley de sistema reactivos	756
14.8. Resumen	763
Referencia y lectura sugeridas	765
Problemas	766
<b>15. Equilibrio Químico y de Fase</b>	781
15.1. Criterio para el equilibrio químico	782
15.2. La constante de equilibrio para mezclas de gases ideales	784
15.3. Algunas aclaraciones importantes acerca de la $K_p$ de mezclas de gases ideales	787

15.4. Equilibrio químico para reacciones simultáneas	791
15.5. Variación de Kp con la temperatura	793
15.6. Equilibrio de fase	795
15.7. Resumen	799
Referencia y lectura sugeridas	801
Problemas	801
<b>16. Termodinámica del Flujo de Fluido a Alta Velocidad</b>	<b>811</b>
16.1. Propiedades de estancamiento	812
16.2. Velocidad del sonido y número de mach	816
16.3. Flujo isentrópico unidimensional	819
16.4. Flujo isentrópico a través de toberas	835
16.5. Ondas de choque normales en flujo de tobera	835
16.7. Toberas de vapor	848
16.8. Resumen	851
Referencia y lectura sugeridas	855
Problemas	856
<b>Apéndice 1. Tablas de Propiedades y Diagramas (Unidades del SI)</b>	<b>A-3</b>
Tabla A.1. Masa molar, constante de gas y propiedades del punto – crítico	A-4
Tabla A.2. Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes	A-5
Tabla A.3. Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes	A-8
Tabla A.4. Agua saturada – tabla de temperaturas	A-10
Tabla A.5. Agua saturada – tabla de presiones	A-12
Tabla A.6. Agua sobrecalentada	A-14
Tabla A.7. Agua líquida comprimida	A-18
Tabla A.8. Hielo saturado – vapor de agua	A-19
Tabla A.9. Diagrama T – s para el agua	A-20
Tabla A.10. Diagrama de Mollier para el agua	A-21
Tabla A.11. Refrigerante saturado 12 – Tabla de temperatura	A-22
Tabla A.12. Refrigerante Saturado. Tabla de presión	A-23
Tabla A.13. Refrigerante Sobrecalentado 12	A-24
Figura A.14. Diagrama P – h para el refrigerante 12	A-27
Tabla A.15. Refrigerante 134 <sup>a</sup> sobrecalentado	A-28
Tabla A.16. Refrigerante 134 <sup>a</sup> sobrecalentado	A-30
Tabla A.17. Propiedades de gas ideal del aire	A-34
Tabla A.18. Propiedades de gas ideal del aire	A-34
Tabla A.19. Propiedades de gas ideal de oxígeno, O <sub>2</sub>	A-38
Tabla A.20. Propiedades de gas ideal del dióxido de carbono, CO <sub>2</sub>	A-40
Tabla A.21. Propiedades de gas ideal del monóxido de carbono, CO	A-42
Tabla A.22. Propiedades de gas ideal del hidrógeno, H <sub>2</sub>	A-44
Tabla A.23. Propiedades de gas ideal del vapor de agua, H <sub>2</sub> O	A-45
Tabla A.24. Propiedades de gas ideal del oxígeno monoatómico, O	A-47
Tabla A.25. Propiedades de gas ideal del hidroxilo OH	A-47
Tabla A.26. Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a 25°C 1 atm	A-48
Tabla A.27. Entalpía de combustión y entalpía de vaporización a 25°C 1 atm	A-49
Tabla A.28. Logaritmos base O de la contante de equilibrio Kp	A-50
Tabla A.29. Constante que aparecen en las ecuaciones de estado	A-51

Beattie – Bridgeman y Benedict – Webb – Rubin	
Figura.30. Gráfica generalizada de compresibilidad	A-52
Figura A.31. Gráfica generalizada de compresibilidad	A-55
Figura A.32. Gráfica generalizada de desviación de entropías	A-57
Figura A.33. Gráfica psicométrica a 1 atm de presión total	A-59
Tabla A-34. Funciones del flujo para un gas ideal con calores específicos y masa molar constante, y $k = 1.4$	A-60
Tabla A-35. Funciones de choque normal unidimensional para un gas ideal con calores específicos y masa molar constante, y $K= 1.4$	A-61
<b>Apéndice 2. Tablas de Propiedades, Figuras y Diagramas (Unidades Inglesas)</b>	
Tabla A.1E. Masa molar, constante de gas y propiedades del punto crítico	A-64
Tabla A.3E. Calores específicos y densidades de sólidos y líquidos comunes A-68	A-65
Tabla A.4E. Agua saturada – Tabla de temperatura	A-65
Tabla A.5E. Agua saturada – tabla de presiones	A-70
Tabla A.6E. Agua sobrecalentada	A-72
Tabla A.7E. Agua líquida comprimida	A-76
Tabla A.8E. Hielo Saturado – vapor el agua	A-77
Tabla A.9E. Diagrama T – s para el agua	A-78
Tabla A.10E. Diagrama de Mollier para el agua	A-79
Tabla A.11E. Refrigerante 12 saturado – tabla de temperatura	A-80
Tabla A.12E. Refrigerante 12 saturado – Tabla de presión	A-81
Tabla A.13E. Refrigerante sobrecalentado 12	A-82
Figura A15E. Refrigerante saturado 134a	A-86
Tabla A.16E. Refrigerante sobrecalentado 134a	A-88
Tabla A.17E. Propiedades de gas ideal al aire	A-91
Tabla A.18E. Propiedades de gas ideal de nitrógeno $O_2$	A-95
Tabla A.19E. Propiedades de gas ideal del oxígeno $O_2$	A-95
Tabla A.20E. Propiedades de gas ideal del dióxido de carbono, $CO_2$	A-97
Tabla A.21E. Propiedades de gas ideal del monóxido de carbono $CO$	A-99
Tabla A.22E. Propiedades de gas ideal del hidrogeno $H_2$	A-101
Tabla A.23E. Propiedades de gas ideal del vapor de agua, $H_2O$	A-102
Tabla A.26E. Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a $77^\circ F$ , 1 atm	A-104
Tabla A.27E. Entalpía de combustión y entalpía de vaporización a $77^\circ F$ , 1 atm	A-105
Tabla A -29E Constante que aparecen en las ecuaciones de estado Beattie – Bridgemen y Benedict – Webb – Rubin	A-16
Figura A.33. Gráfica psicométrica a 1 atm de presión total	A-107
<b>Apéndice 3. Acerca de Software</b>	A-109
Índice	I-1