

INDICE

Prólogo	5
Símbolos	15
1. Algunos Comentarios Introdutorios	19
1.1. La termoeléctrica simple, 19. 1.2. Celdas de combustible, 23. 1.3. El ciclo de refrigeración por compresión de vapor, 25. 1.4. El refrigerador termoeléctrico, 26. 1.5. La planta para separación de aire, 28. 1.6. La turbina de gas, 30. 1.7. La máquina de cohete químico, 32. 1.8. Actualidades sobre el ambiente	
2. Algunos Conceptos y Definiciones	35
2.1. Un sistema termodinámico y el volumen de control, 35. 2.2. Puntos de vista macroscópico y microscópico, 37. 2.3. Propiedades y estado de una sustancia, 38. 2.4. Procesos y ciclos, 38. 2.5. Unidades para masa, longitud, tiempo y fuerza, 40. 2.6. Energía, 43. 2.7. Volumen específico, 45. 2.8. Presión, 47. 2.9. Igualdades de temperatura, 49. 2.10. La ley cero de la termodinámica, 49. 2.11. Escalas de temperaturas, 50. 2.12. La escala internacional de temperatura de 1990, 51	
3. Propiedades de una Sustancia Pura	61
3.1. La sustancia pura, 61. 3.2. Equilibrio de fases vapor – líquido – sólido en una sustancia pura, 61. 3.3. Propiedades independientes de una sustancia pura, 66. 3.4. Ecuaciones de estado para la fase vapor de una sustancia compresible simple, 68. 3.5. Tablas de propiedades termodinámicas, 73. 3.6. Superficies termodinámica	
4. Trabajo y Calor	91
4.1. Definición de trabajo, 91. 4.2. Unidades para el trabajo, 92. 4.3. Trabajo realizando en el límite de un sistema compresible simple en un proceso en cuasiequilibrio, 93. 4.4. Algunos otros sistemas en los que realiza trabajo en el límite móvil de un sistema, 99. 4.5. Sistema que tiene otras formas de trabajo, 101. 4.6. Algunas observaciones concluyentes relacionadas con el trabajo, 103. 4.7. Definición de calor, 105. 4.8. Unidades de calor, 105. 4.9. Comparación entre calor y el trabajo, 106	
5. La Primera Ley de la Termodinámica	117
5.1. La primera ley de la termodinámica para una masa de control que experimenta un ciclo, 117. 5.2. LA primera ley de la termodinámica para un cambio en el estado de una masa de control, 118. 5.3. Energía interna: una propiedad termodinámica, 122. 5.4. Técnica para analizar y resolver problemas, 124. 5.5. La propiedad termodinámica de entalpía, 129. 5.6. Calores específicos a volumen constante y a presión constante, 133. 5.7. Energía interna, entalpía y calor específico de los gases ideales, 135. 5.8. LA primera ley como una ecuación de rapidez, 143. 5.9. Conservación de la masa, 144. 5.10. Conservación de la masa y el volumen de control, 145. 5.11. LA primera ley de la termodinámica para un volumen de control, 149. 5.12. El proceso a régimen permanente con flujo estable, 153. 5.13. El coeficiente de Joule – Thomson y el proceso de obturación, 166. 5.14. El proceso en estado uniforme con flujo uniforme, 168	
6. La Segunda Ley de la Termodinámica	221
6.1. Máquinas térmicas y refrigerados, 221. 6.2. Segunda ley de la	

termodinámica, 225. 6.3. El proceso reversible, 228. 6.4. Factores que hacen irreversibles los procesos, 229. 6.5. El ciclo de Carnot, 232. 6.6. Dos proporciones sobre la eficiencia de un ciclo de Carnot, 234. 6.7. LA escala termodinámica de temperaturas, 235. 6.8. La escala de temperaturas del gas ideal. 239. 6.9. Equivalencias de la escala de temperaturas del gas ideal y de la escala termodinámica, 240. 6.10. La salida de potencia y el ciclo de Carnot, 242	
7. Entropía	251
7.1. Desigualdades de Calusius, 251. 7.2. Entropía: propiedad de un sistema, 255. 7.3. La entropía de una sustancia pura, 257. 7.4. Cambio de entropía en procesos reversibles, 259. 7.5. La relación de la propiedad termodinámica, 263. 7.6. Cambio de entropía en una masa de control durante un proceso irreversible, 264. 7.7. Generación de entropía, 266. 7.8. Principio del incremento de entropía, 268. 7.9. Cambio de entropía de un sólido o un líquido, 272. 7.10. Cambio de entropía de un gas ideal, 273. 7.11. El proceso politrópico reversible para un gas ideal, 279. 7.12. LA segunda ley de la termodinámica para un volumen de control, 283. 7.13. Proceso a régimen permanente con flujo estable y proceso en estado uniforme con flujo uniforme, 285. 7.14. Proceso reversible a régimen permanente con flujo estable, 292. 7.15. Principio del incremento de entropía, 296. 7.16. Eficiencia, 297. 7.17. Comentarios generales sobre la entropía, 299	
8. Irreversibles y Disponibilidad	239
8.1. Energía disponible, trabajo reversible e irreversibilidad, 329. 8.2. Disponibilidad y eficiencia según la segunda ley, 341. 8.3. Proceso con reacción química, 352	
9. Sistemas de Potencia y Refrigeración	369
9.1. Introducción a los sistemas de potencia, 369. 9.2. El ciclo de Rankine, 371. 9.3. Efecto de la presión y la temperatura en el ciclo de Rankine, 375. 9.4. El ciclo de recalentamiento, 380. 9.5. El ciclo regenerativo, 383. 9.6. Divergencia entre los ciclo reales y los ciclos ideales, 389. 9.7. Cogeneración, 395. 9.8. Ciclos de potencia con estándar de aire, 396. 9.9. El ciclo de Brayton, 397. 9.10. El ciclo de la turbina de gas simple con un regenerador, 404. 9.11. El ciclo de potencia ideal en la turbina de gas de varias etapas de compresión con interenfriamiento, expansión en varias etapas con recalentamiento y un regenerador, 407. 9.12. El ciclo con estándar de aire para propulsión a chorro, 410. 9.13. El ciclo de Otto, 411. 9.14. El ciclo de Diesel, 418. 9.15. El ciclo de Stirling, 421. 9.16. Introducción a los sistemas de refrigeración, 421. 9.17. El ciclo de refrigeración por compresión de vapor, 422. 9.18. Fluidos de trabajo para sistemas de refrigeración por compresión por compresión de vapor y el ciclo ideal, 426. 9.20. Ciclo de refrigeración por absorción de amoníaco, 428. 9.21. Ciclo de refrigeración con estándar de aire, 430. 9.22. Sistemas de potencia y refrigeración con ciclos combinados, 436	
10. Relaciones Termodinámicas	467
10.1. Dos relaciones importantes, 467. 10.2. Relaciones de Maxwell, 470. 10.3. Ecuación de Clapeyron, 473. 10.4. Algunas relaciones termodinámicas en que intervienen la entalpía, la energía interna y la entropía, 475. 10.5. Algunas relaciones termodinámicas en que	

interviene el calor específico, 480. 10.6. Expansividad volumétrica y compresibilidad isotérmica y adiabática, 482. 10.7. Obtención de tablas de propiedades termodinámicas a partir de datos experimentales, 486. 10.8. El gas ideal. 488. 10.9. El comportamiento de los gases reales, 490. 10.10. Ecuaciones de estado, 495. 10.11. Tabla o carta generalizada para los cambios de entalpía a temperatura constante, 500. 10.12. Tabla o carta generalizada para los cambios de entropía a temperatura constante, 503. 10.13. Fugacidad y la carta generalizada de fugacidad, 506	
11. Mezcla y Soluciones	525
11.1. Consideraciones generales y mezcla de gases ideales, 525. 11.2. Modelo simplificado de una mezcla en que interviene gases y un vapor, 532. 11.3. La primera ley aplicada a mezcla de vapor – gas, 538. 11.4. El proceso de saturación adiabática, 541. 11.5. Temperaturas de bulbo húmedo, 543. 11.6. La carta psicométrica, 544. 11.7. Introducción a las mezclas y a las soluciones reales, 545. 11.8. Modelos de sustancias pseudopuras para mezcla de gases reales, 546. 11.9. Propiedades al mezclar, 555. 11.10. Cambio de las propiedades al mezclar, 555. 11.11. Relación entre las propiedades termodinámicas para una composición variable, 556. 11.12. Definición general de la función de Gibbs y la entalpía, 558. 11.13. Fugacidad en una mezcla y su relación con otras propiedades, 561. 11.14. La solución ideal, 565. 11.15. Actividad, 569	
12. Reacciones Químicas	595
12.1. Combustible, 595. 12.2. El proceso de combustible, 598. 12.3. Entalpía de formación, 606. 12.4. Análisis con la primera ley de los sistemas reaccionantes, 608. 12.5. Temperatura de flama adiabáticas, 614. 12.7. La tercera ley de la termodinámica y la entropía absoluta, 620. 12.8. Análisis con la segunda ley de los sistemas reaccionantes, 622. 12.9. Evaluación de los procesos de combustión reales, 632	
13. Introducción al Equilibrio Químico y de Fases	653
13.1. Condiciones para el equilibrio, 653. 13.2. Equilibrio entre dos fases de una sustancia pura, 655. 13.3. Equilibrio de un sistema de componentes múltiples y fases múltiples, 660. 13.4. Regla de las fases de Gibbs (sin reacción química), 669. 13.5. Equilibrio metaestable, 670. 13.6. Equilibrio químico, 672. 13.7. Reacciones simultánea, 682. 13.8. Ionización, 686	
14. Flujo por Toberas y Pasajes de Álabes	701
14.1. Propiedades de estancamiento, 701. 14.2. La ecuación de momentum para el volumen de control, 703. 14.3. Fuerzas que actúan en una superficie de control, 706. 14.4. Flujo estable a régimen permanente, adiabático, unidimensional, de un flujo incompresible a través de una tobera, 708. 14.5. Velocidad del sonido en un gas ideal, 710. 14.6. Flujo reversible, adiabático, unidimensional y estable de un gas a través de una tobera, 713. 14.7. Flujo masivo de un gas ideal por tobera isentrópica, 716. 14.8. Choque normal en un gas ideal que fluye por tobera, 721. 14.9. Flujo de vapor por una tobera, 726. 14.10. Coeficiente de toberas y difusores, 728. 14.11. Toberas y orificios como dispositivos para la medición del flujo, 731. 14.12. Flujo por pasajes entre álabes, 735. 14.13. Etapas de impulso y reacción para turbinas, 740. 14.14. Otras consideraciones sobre las etapas de impulso, 741. 14.15.	

Consideraciones adicionales sobre las etapas de impulso, 741. 14.15. Consideraciones adicionales sobre las etapas de reacción, 744	
Apéndice A. Tablas, Figuras y Cartas	755
Apéndice B. Tablas y Cartas de compresibilidad generalidades	875
Bibliografía	881
Respuestas a problemas seleccionados	883
Índice	889