

ÍNDICE ANALÍTICO

Nomenclatura XIII

PARTE I: FLUJO DE FLUIDOS Y MEZCLAS

Capítulo 1 / ECUACIONES BÁSICAS PARA EL FLUJO DE FLUIDOS3

Balance de energía total 3. Balance de energía mecánica 5. Energía y potencia de bombeo 6. Ejemplo 1.1: Hidrostática y manómetros 8. Ejemplo 1.2: Contar canarios al estilo italiano 9. Problemas de balances de energía 11.

Capítulo 2 / FLUJO DE FLUIDOS NEWTONIANOS INCOMPRESIBLES EN TUBOS17

Ejemplo 2.1: Cultivo de tomates en ausencia 28. Ejemplo 2.2: Tubería de rebose para una presa 29. Problemas de flujo incompresible en tubos 32.

Capítulo 3 / FLUJO COMPRESIBLE DE GASES39

Flujo adiabático en un tubo con fricción 40. Flujo isoterma en un tubo con fricción 43. Ecuaciones de trabajo para el flujo en tubos 45. Flujo a través de un orificio o boquilla 46. Tubería de descarga de un depósito de almacenamiento 48. Ejemplo 3.1: Nitrógeno para una planta de amoníaco 52. Ejemplo 3.2: Diseño de un medidor de caudal de orificio crítico 53. Ejemplo 3.3: Uso de los gráficos de diseño para el flujo de gases 54. Problemas de flujo de gases 55.

Capítulo 4 / FLUJO MOLECULAR63

Ecuaciones para el caudal, conductancia y velocidad de bombeo 65. Método de cálculo para sistemas de tuberías 73. Puesta en régimen de un sistema de vacío 75. Sistemas de vacío más completos 77. Comentarios 78. Ejemplo 4.1: Flujo de alto vacío en un tubo 78. Ejemplo 4.2: Condiciones en un sistema de vacío en estado estacionario 79. Ejemplo 4.3: Condiciones en otro sistema de vacío 82. Ejemplo 4.4: Evacuación de un sistema de vacío con fugas 83. Problemas de flujo en sistemas de vacío 84.

Capítulo 5 / FLUIDOS NO NEWTONIANOS89

Clasificación de los fluidos 89. Esfuerzo cortante y viscosidad 91. Flujo en tubos 93. Determinación de las propiedades de flujo de los fluidos 99. Discusión sobre no newtonianos 104. Ejemplo 5.1: Flujo de un plástico de Bingham desde un tanque 106. Ejemplo 5.2: Transporte de carbón por tubería 108. Problemas sobre no newtonianos 110.

Capítulo 6 / FLUJO A TRAVÉS DE LECHOS RELLENOS119

Caracterización de un lecho relleno 119. Pérdida friccional para lechos rellenos 125. Balance de energía mecánica para lechos rellenos 127. Ejemplo 6.1: Un experimento de laboratorio en un lecho relleno 129. Problemas sobre lechos rellenos 132.

Capítulo 7 / FLUJO EN LECHOS FLUIDIZADOS135

El estado fluidizado 135. Pérdida friccional y potencia necesaria de bombeo para fluidizar un lecho de sólidos 137. Velocidad mínima de fluidización, u_{mf} 138. Ejemplo 7.1: Potencia para hacer funcionar un incinerador fluidizado de basuras municipales 140. Problemas sobre lechos fluidizados 143.

Capítulo 8 / PARTÍCULAS SÓLIDAS QUE CAEN A TRAVÉS DE FLUIDOS149

Esféricas 149. Cualquier forma de sólidos 150. Ejemplo 8.1: Demanda contra los Estados Unidos por sus volcanes con mal comportamiento 153. Problemas sobre objetos que caen a través de un fluido 155.

Parte II: INTERCAMBIO DE CALOR**Capítulo 9 / LOS TRES MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR: CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN Y RADIACIÓN161**

Transmisión de calor por conducción 161. Transmisión de calor por convección 165.
Transmisión de calor por radiación 178.

Capítulo 10 / COMBINACIÓN DE RESISTENCIAS DE TRANSMISIÓN DE CALOR191

Problemas sobre combinación de resistencias 198.

Capítulo 11 / CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE OBJETOS SÓLIDOS EN ESTADO NO ESTACIONARIO203

Enfriamiento de un objeto cuando toda la resistencia está en su superficie ($Bi = hL/k_s \rightarrow 0$) 205. Enfriamiento de un objeto que tiene una resistencia en la superficie despreciable ($Bi = hL/k_s \rightarrow \infty$) 207. Enfriamiento de un objeto cuando ambas resistencias al flujo de calor interna y en la superficie son importantes 209. Enfriamiento de un sólido semi-infinito para resistencia en la superficie despreciable ($Bi = hL/k_s \rightarrow \infty$) 219. Enfriamiento de un cuerpo semi-infinito con resistencia en la superficie 221. Pérdida de calor en objetos de tamaño L para tiempos cortos de enfriamiento 222. Enfriamiento de objetos finitos tales como cubos, cilindros cortos, paralelepípedos rectangulares, etc. 223. Intrusión de los efectos de radiación 223. Nota sobre el uso de los números de Biot y de Fourier 223. Ejemplo 11.1: Verificación de una hipótesis clave en el análisis de intercambiadores de calor de lecho fluidizado 224. Ejemplo 11.2: Filetes de pescado fritos muy hechos 228. Problemas sobre calentamiento y enfriamiento de objetos sólidos en estado no estacionario 231.

Capítulo 12 / INTRODUCCIÓN A LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR237

Recuperadores (intercambiadores a través de una pared sin almacenamiento de calor) 237. Intercambiadores de contacto directo sin almacenamiento de calor 238. Regeneradores (intercambiadores de contacto directo con almacenamiento de calor) 240. Intercambiadores de calor que utilizan una corriente de ida y vuelta 241. Comentarios 243.

Capítulo 13 / RECUPERADORES: INTERCAMBIADORES A TRAVÉS DE LA PARED SIN ALMACENAMIENTO DE CALOR245

Flujo en pistón en contracorriente y en paralelo 146. Intercambiadores de carcasa y tubos 251. Intercambiadores de flujo cruzado y compactos 259. Intercambiadores de

bayoneta 266. Intercambiadores con flujo mezclado de L /flujo en pistón de G 269. Intercambiadores con flujo mezclado de L /flujo mezclado de G 270. Calentamiento de una carga de fluido 271. Intercambiadores con carga uniformemente mezclada de L /flujo mezclado de G 271. Intercambiadores con carga uniformemente mezclada de L /flujo mezclado, isoterma, de G (condensación o ebullición) 273. Intercambiadores con carga uniformemente mezclada de L /flujo en pistón de G 274. Intercambiador externo con G isoterma/carga uniformemente mezclada de L 275. Intercambiador externo de carcasa y tubos con carga uniformemente mezclada de L 276. Comentarios finales 278. Ejemplo 13.1: Temperatura de salida de un recuperador 281. Ejemplo 13.2: Calentamiento de una carga de líquido 282. Problemas sobre diseño de recuperadores 283.

**Capítulo 14 / INTERCAMBIADORES DE CONTACTO
DIRECTO GAS-SÓLIDO SIN ALMACENAMIENTO DE
CALOR291**

Intercambiadores de calor de lecho fluidizado 291. Consideraciones preliminares 291. Flujo mezclado de G /flujo mezclado de S , o intercambiadores de lecho fluidizado de etapa única 293. Intercambiadores de lecho fluidizado de etapas múltiples con flujo en contracorriente 294. Intercambiadores de calor de lecho fluidizado de etapas con flujo cruzado 296. Intercambiadores de flujo en pistón en contracorriente 297. Flujo cruzado de gases y sólidos 299. Comentarios 302. Ejemplo 14.1: Intercambiador de lecho fluidizado de etapas múltiples con flujo en contracorriente 303. Ejemplo 14.2: Intercambiador de lecho fluidizado de etapas múltiples con flujo cruzado 304. Problemas de intercambiadores de contacto directo sin almacenamiento de calor 306.

**Capítulo 15 / REGENERADORES DE CALOR:
INTERCAMBIADORES DE CONTACTO DIRECTO CON
ALMACENAMIENTO DE CALOR MEDIANTE UNA
CARGA DE SÓLIDOS309**

Regeneradores de lecho relleno. Introducción 310. Regeneradores de lecho relleno. Modelo de frente plano 314. Regeneradores de lecho relleno. Modelo de dispersión 316. Regeneradores de lecho fluidizado 327. Ejemplo 15.1: El gran desastre de los pisapapeles 331. Problemas sobre regeneradores 334.

Capítulo 16 / POPURRÍ DE PROBLEMAS339

Problemas 16.1 y 16.2: "Congelación" de reacciones de alta temperatura 339. Problema 16.3: Calentadores solares de agua caliente 340. Problema 16.4: "Lavador" seco para gases cargados de polvo 341. Problema 16.5: Agua geotérmica para calentar ciudades 341. Problema 16.6: Placas distribuidoras obturadas 342. Problemas 16.7 y 16.8: Enfriamiento de pizarras gastadas 342-343. Problema 16.9: Sílice para células solares 343. Problema 16.10: Petróleo a partir de pizarras 344. Problema 16.11: Calor a partir de salmuera geotérmica 345. Problema 16.12: Enfriamiento de seres humanos 346. Problema 16.13: Calentadores de agua caliente 346. Problema 16.14:

Intercambiador de calor sólido-sólido de flujo en contracorriente 347. Problema 16.15: Calentamiento de sólidos con un gas 348. Problema 16.16: Producción de sílice muy pura 348. Problemas 16.17, 16.18 y 16.19: Intercambio de calor sólido-sólido utilizando un tercer sólido 350. Problemas 16.20, 16.21 y 16.22: Intercambio indirecto de calor entre un líquido y un sólido 351. Problema 16.23: Diseño de un reactor de combustión de lecho fluidizado atmosférico 351.

**Apéndice / DIMENSIONES, UNIDADES, CONVERSIONES,
DATOS FÍSICOS Y OTRA INFORMACIÓN ÚTIL353**

Prefijos SI 353. Longitud 353. Volumen 354. Masa 354. Ley de Newton 354. Fuerza 354. Presión 355. Trabajo, calor y energía 355. Potencia 355. Peso molecular 356. Ley de los gases ideales 356. Densidad 356. Viscosidad 357. Viscosidad cinemática 259. Conductividad térmica 359. Calor específico 360. Difusividad térmica 360. Propiedades radiactivas térmicas 361. Coeficiente de transmisión de calor 361. Grupos adimensionales 362. Tablas de propiedades físicas de los materiales 364.

ÍNDICE DE AUTORES367

ÍNDICE ALFABÉTICO369