

Índice de contenido

PRIMERA PARTE: RELACIONES BASICAS	13
Prólogo	5
Cap. 1. Introducción. Algunas propiedades de los fluidos	15
1.1. Fluidos, 15. 1.2. Presión, 17. 1.3. Fuerza y masa, 18. 1.4. Densidad y peso específico, 19. 1.5. Densidad de líquidos, 19. 1.6. Ecuación de estado para los gases, 20. 1.7. Definición de viscosidad, 21. 1.8. Unidades de viscosidad dinámica, 23. 1.10. Valores numéricos de la viscosidad, 25. 1.11. La viscosidad de un gas ideal, 28. 1.12. Fluidos y otras sustancias, 29. 1.13. Algunos factores de conversión, 30. <i>Problemas</i> , 31.	
Cap. 2. Estática de fluidos	33
2.1. Presión en un fluido, 33. 2.2. Fluidos estáticos en un campo gravitacional, 35. 2.3. Relaciones de presión y altura para fluidos incompresibles, 36. 2.4. Manómetros, 37. 2.5. Manómetros de Bourdon, 39. 2.6. Fuerza total sobre superficies planas sumergidas, 40. 2.7. Localización de la fuerza total sobre una superficie plana sumergida, 42. 2.8. Fuerzas sobre superficies irregulares sumergidas, 43. 2.9. Flotabilidad y estabilidad estática, 45. 2.10. Relaciones de presión y altura para fluidos compresibles, 48. 2.11. Atmósfera, 50. 2.12. Estabilidad convectiva de masas en los fluidos, 51. <i>Problemas</i> , 53.	
Cap. 3. Ecuaciones de energía, cinemática y dinámica	62
<i>Cinemática del flujo de fluidos</i> , 62. 3.1. Métodos de descripción del movimiento, 62. 3.2. Método unidimensional de análisis de flujo,	

65. 3.3. Ecuación de continuidad y flujo estacionario, 67. 3.4. Ecuación de continuidad de flujo no estacionario, 69. 3.5. Distribución de velocidades, 70. *Ecuación dinámica o del ímpetu*, 72. 3.6. Leyes del movimiento, 72. 3.7. Ecuación de Euler para un líquido sin fricción, 73. 3.8. Algunas ilustraciones, 75. 3.9. Ecuación dinámica con fricción, 76. 3.10. Relación del ímpetu para el flujo estacionario, 77. 3.11. Algunas ilustraciones, 79. 3.12. Principio de D'Alembert, 84. 3.13. Flujo en una trayectoria curvilínea, 86. 3.14. Acción entre el rotor y el fluido, 92. 3.15. Algunos términos, 95. 3.16. Ecuación de energía para un flujo estacionario, 96. 3.17. Trabajo realizado en contra de la fricción, 98. 3.18. Proceso adiabático, 99. 3.19. Valores de entalpía y energía interna, 100. *Problemas*, 101.

SEGUNDA PARTE:

TEMAS ESCOGIDOS DE MECANICA DE FLUIDOS 113

Cap. 4. Análisis dimensional y similitud dinámica 115

Análisis dimensional, 115. 4.1. Dimensiones, 115. 4.2. Ecuaciones y concepto de función, 117. 4.3. Grupos adimensionales, 118. 4.4. Ilustraciones, 121. *Similitud dinámica*, 124. 4.5. Flujos mecánicamente similares, 124. 4.7. Número de Froude, 129. 4.8. Tensión superficial, 130. 4.9. Otros números, 130. *Problemas*, 132.

Cap. 5. Movimiento constante de fluidos viscosos 136

Flujo de fluidos incompresibles en tuberías, 136. 5.1. Flujo laminar y turbulento, 136. 5.2. Números críticos de Reynolds, 137. 5.3. Relaciones de energía para el flujo en tuberías, 139. 5.4. Tuberías lisas y ásperas, 141. 5.5. Pérdidas por fricción en tuberías circulares, 144. 5.6. Ley de Hagen-Poiseuille para el flujo laminar en tuberías circulares, 147. 5.7. Distribuciones de velocidad en tuberías circulares, 150. 5.8. Pérdidas por fricción en tuberías no circulares, 152. 5.9. Pérdidas debidas a un ensanchamiento repentino, 153. 5.10. Eficiencia de difusores, 154. 5.11. Pérdidas en empaques y válvulas, 158. 5.12. Cálculo directo del flujo en líneas de tuberías, 160. 5.13. Tuberías paralelas, 162. *Fuerzas sobre cuerpos sumergidos*, 163. 5.14. Resistencia a la deformación con números de Reynolds muy bajos, 164. 5.15. Resistencia de fluidos con números altos de Reynolds, 164. 5.16. Coeficientes de arrastre, 167. 5.17. Arrastre de esferas, discos y cuerpos de revolución, 168. 5.18. Arrastre de cilindros, placas planas y secciones aerodinámicas, 170. 5.19. Arrastre de placas planas lisas con

fricción superficial, 173. 5.20. Resistencia de los barcos, 175. 5.21. Determinación directa de la velocidad de un cuerpo, 175. 5.22. Desarrollo de impulso ascendente, 177. 5.23. Coeficiente de impulso ascendente, 181. *Flujo de capa límite*, 182. 5. 24. Capa límite, 183. 5.25. Separación, 184. 5.26. Transición entre el flujo laminar y el turbulento, 186. 5.27. Inestabilidad de la capa límite laminar, 186. 5.28. Mecanismo de flujo turbulento, 187. 5.29. Tipos de flujos, 192. 5.30. Estudio del ímpetu de la capa límite, 196. 5.31. Distribuciones de velocidad para el flujo bidimensional, 201. 5.32. Distribución logarítmica de velocidades, 201. *Problemas*, 204.

Cap. 6. Dinámica de gases, flujo compresible en canales 211

Dinámica de gases, 211. 6.1. Algunas relaciones para los gases, 211. 6.2. Módulo volumétrico, 215. 6.3. Ecuación de energía en forma conveniente, 215. 6.4. Velocidad de propagación de la presión, 216. 6.5. Similitud dinámica para flujos compresibles. Número de Mach, 220. 6.6. Presión en un punto de estancamiento, 221. 6.7. Relación entre área y velocidad, 223. 6.8. Flujo entre líneas aerodinámicas convergentes y divergentes sin fricción, 225. 6.9. Flujo entre líneas aerodinámicas convergentes y divergentes con pérdida de energía, 231. 6.10. Choque normal de compresión, 234. 6.11. Estudio de la entropía del choque normal de compresión, 237. 6.12. Choques normales y oblicuos, 239. 6.13. Acción de partículas a velocidades subsónicas y supersónicas, 240. 6.14. Estudios ópticos de los efectos de la compresibilidad, 243. 6.15. Mediciones de velocidad y temperatura, 248. 6.16. Efectos de la compresibilidad sobre las fuerzas de arrastre e impulso ascendente, 251. 6.17. Analogía entre el flujo en canales abiertos y el flujo de fluidos compresibles, 253. 6.18. Tipos de flujo en torno a un cuerpo, 256. 6.19. Flujo de vapores, 257. *Flujo compresible en canales con fricción y transferencia de calor*, 260. 6.20. Relaciones generales para el flujo en tuberías, 260. 6.21. Flujo isotérmico en tuberías con fricción, 262. 6.22. Flujo de gases en tuberías aisladas, 265. 6.23. Difusores supersónicos, 269. 6.24. Caso general de flujo compresible en un canal de área variable con transferencia de calor y fricción, 275. *Problemas*, 281.

Cap. 7. Mediciones del flujo

286

7.1. Tubos pitot, 286. 7.2. Medidor de venturi, 290. 7.3. Boquillas de flujo, 292. 7.4. Flujo a chorro, 293. 7.5. Medidor de orificio, 295. 7.6. Vertederos, 296. 7.7. Anemómetros, 300. 7.8. Algunos medidores volumétricos, 302. 7.9. Método de velocidad de sal para medir la descarga, 304. 7.10. Codo de tuberías como medidor de flujo, 304.

7.11. Rotámetro, 304. 7.12. Viscómetro de tubo capilar, 305. 7.13. Otros tipos de viscosímetros, 307. 7.14. Medidores del gasto en masa de flujo, 310. 7.15. Flujo compresible a través de medidores de fluidos, 311. *Problemas, 314.*

Cap. 8. Maquinaria para fluidos 317

8.1. Terminología, 317. 8.2. Tipos de máquinas, 318. 8.3. Bombas de movimiento alternativo y motores de fluido, 318. 8.4. Otras máquinas de desplazamiento positivo, 320. 8.5. Desempeño característico de los motores de fluidos y las bombas de desplazamiento positivo, 322. 8.6. Máquinas dinámicas, 325. 8.7. Términos de rendimiento para máquinas dinámicas, 329. 8.8. Ecuaciones básicas para máquinas dinámicas, 331. 8.9. Características de desempeño de máquinas dinámicas, 332. 8.10. Combinación de máquinas dinámicas y sistemas, 334. 8.11. Relaciones de similitud, 336. 8.12. Velocidad específica, 338. 8.13. Cavitación, 340. 8.14. Carga positiva neta de succión, 344. 8.15. Tipos de turbinas, 344. 8.16. Turbinas de impulso, 345. 8.17. Turbinas de reacción, 347. 8.18. Rotores de turbinas, 347. 8.19. Características de funcionamiento de las turbinas hidráulicas, 349. 8.20. Plantas de energía, 350. 8.21. Acoplamiento de fluidos, 352. 8.22. Convertidores de torcas por fluidos, 354. 8.23. Combinación de acoplamiento de fluidos y convertidor de torcas, 355. 8.24. Relaciones generales, 356. 8.25. Relaciones especiales para acoplamiento de fluidos, 357. 8.26. Eficiencia máxima de propulsión, 358. 8.27. Características del propulsor, 362. 8.28. Motor turborreactor, 365. 8.29. Motores de cohetes, 367. 8.30. Estudio de fuerzas del movimiento de una nave a través de un fluido, 370. 8.31. Estudio de energía del movimiento de una nave a través de un fluido, 371. *Problemas, 372.*

Cap. 9. Flujo no estacionario, trepidación, choques de agua 37

9.1. El sistema de trepidación, 380. 9.2. Relaciones analíticas generales, 382. 9.3. Ecuaciones del movimiento, 385. 9.4. Condiciones para la trepidación, 386. 9.5. Observaciones experimentales, 387. 9.6. Choques de agua o golpe de presión, 391. 9.7. Velocidad de las ondas de presión, 393. 9.8. Cierre rápido o repentino de válvulas, 395. 9.9. Cierre lento de válvulas, 396. 9.10. Método gráfico de resolución, 399. *Referencias bibliográficas, 401. Problemas, 401.*

Cap. 10. Flujo de líquidos en canales abiertos 402

10.1. Definiciones, 403. 10.2. Relaciones de energía para un flujo estacionario y uniforme, 404. 10.3. Relación de fricción para un flujo

estacionario y uniforme, 405. 10.4. Distribución de velocidades en canales abiertos, 407. 10.5. Energía específica, 409. 10.6. Flujo no uniforme en canales de forma constante, 413. 10.7. Saltos de agua, 417. 10.8. Flujo sobre una caída, 420. 10.9. Flujos supercrítico, crítico y subcrítico, 421. 10.10. Flujo laminar con una superficie libre, 422. *Problemas*, 425.

Cap. 11. Relaciones analíticas generales para flujos viscosos y sin fricción 428

11.1. Velocidad y aceleración, 428. 11.2. Ecuación de continuidad en tres dimensiones, 430. 11.3. Ecuación dinámica para un fluido sin fricción, 432. 11.4. Caso simple de flujo viscoso, 434. 11.5. Componentes de tensión para el caso general, 435. 11.6. Componentes del tensor de la rapidez de cambio de la deformación para el caso general, 437. 11.7. Relación general entre la rapidez de esfuerzo y de deformación, 438. 11.8. Ecuación dinámica con fuerzas viscosas, 441. 11.9. Análisis vectorial en estudios de flujo, 443. 11.10. Productos escalares y vectoriales, 445. 11.11. Cálculo vectorial, 446. 11.12. Ejemplos de flujos utilizando el análisis vectorial, 447. *Problemas*, 450.

Cap. 12. Flujos incompresibles estacionarios bidimensionales 45

12.1. Flujos de fuentes y sumideros, 452. 12.2. Suma vectorial de flujos rectilíneos, de fuente y sumidero, 453. 12.3. Tipos de movimiento, 455. 12.4. Potencial de velocidad y funciones de la corriente, 457. 12.5. Potencial de velocidad para fuentes y sumideros, 459. 12.6. Funciones de corriente para fuentes y sumideros, 460. 12.7. Combinación de flujo rectilíneo y de fuente, 461. 12.8. Doblete, 462. 12.9. Combinación de flujo rectilíneo y de doblete, 464. 12.10. Distribución de presiones en torno a un cilindro circular, 466. 12.11. Integral de línea y circulación, 467. 12.12. Flujo en torno a un cilindro con vórtice libre, 471. 12.13. Vórtices y fuentes, 473. 12.14. Propiedades de la velocidad y funciones de la corriente, 476. *Problemas*, 477.

Soluciones a los problemas 479
Índice alfabético 491