

# Contenido



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CENTRO DE MEDIOS  
BIBLIOTECARIOS

4 9 5 7 =

Prólogo xi

Prólogo a la edición española xiv

## CAPÍTULO 1

### Introducción 3

- 1.1. Notas preliminares 3
- 1.2. Concepto de fluido 4
- 1.3. El fluido como medio continuo 5
- 1.4. Dimensiones y unidades 6
- 1.5. Propiedades del campo de velocidades 13
- 1.6. Propiedades termodinámicas de un fluido 15
- 1.7. Viscosidad y otras propiedades secundarias 22
- 1.8. Técnicas básicas de análisis de los flujos 36
- 1.9. Descripción del flujo: líneas de corriente, sendas y líneas de traza 37
- 1.10. El resolvidor de ecuaciones de ingeniería 42
- 1.11. Incertidumbre de los datos experimentales 43
- 1.12. El examen de fundamentos de ingeniería (FE) 44
- 1.13. Técnicas de resolución de problemas 45
- 1.14. Historia y perspectiva de la mecánica de fluidos 45
  - Problemas 46
  - Problemas del examen de fundamentos de ingeniería 54
  - Problemas extensos 54
  - Referencias 57

## CAPÍTULO 2

### Distribución de presiones de un fluido 59

- 2.1. Presión y gradiente de presión 59
- 2.2. Equilibrio de una partícula fluida 61
- 2.3. Distribución de presiones en hidrostática 63
- 2.4. Aplicación a la medida de presiones 69
- 2.5. Fuerzas hidrostáticas sobre superficies planas 73
- 2.6. Fuerzas hidrostáticas sobre superficies curvas 79
- 2.7. Fuerzas hidrostáticas en fluidos estratificados 82
- 2.8. Flotación y estabilidad 84
- 2.9. Distribución de presiones en movimiento como sólido rígido 90
- 2.10. Medida de la presión 98
  - Resumen 102
  - Problemas 102
  - Problemas conceptuales 123

Problemas del examen de fundamentos de ingeniería 124

Problemas extensos 124

Proyectos de diseño 126

Referencias 127

## CAPÍTULO 3

### Relaciones integrales para un volumen de control 129

- 3.1. Leyes básicas de la mecánica de fluidos 129
- 3.2. Teorema del transporte de Reynolds 133
- 3.3. Conservación de la masa 141
- 3.4. Conservación de la cantidad de movimiento 148
- 3.5. Teorema del momento cinético 161
- 3.6. Ecuación de la energía 166
- 3.7. Flujo sin fricción: la ecuación de Bernoulli 177
  - Resumen 185
  - Problemas 186
  - Problemas conceptuales 213
  - Problemas del examen de fundamentos de ingeniería 213
  - Problemas extensos 214
  - Problemas de diseño 215
  - Referencias 216

## CAPÍTULO 4

### Relaciones diferenciales para una partícula fluida 219

- 4.1. El campo de aceleraciones de un fluido 219
- 4.2. La ecuación diferencial de conservación de la masa 221
- 4.3. La ecuación de la cantidad de movimiento en forma diferencial 227
- 4.4. La ecuación diferencial del momento cinético 234
- 4.5. La ecuación diferencial de la energía 235
- 4.6. Condiciones de contorno para las ecuaciones básicas 238
- 4.7. La función de corriente 243
- 4.8. Vorticidad e irrotacionalidad 251
- 4.9. Flujos irrotacionales no viscosos 253
- 4.10. Algunos flujos potenciales planos ilustrativos 258
- 4.11. Algunos flujos viscosos incompresibles ilustrativos 263
  - Resumen 272
  - Problemas 272
  - Problemas conceptuales 282

Problemas del examen de fundamentos de ingeniería	282
Problemas extensos	283
Referencias	284

**CAPÍTULO 5****Análisis dimensional y semejanza 287**

5.1.	Introducción	287
5.2.	El principio de homogeneidad dimensional	290
5.3.	El teorema Pi	295
5.4.	Adimensionalización de las ecuaciones básicas	301
5.5.	La modelización y sus dificultades	310
	Resumen	320
	Problemas	320
	Problemas conceptuales	328
	Problemas del examen de fundamentos de ingeniería	329
	Problemas extensos	329
	Proyectos de diseño	330
	Referencias	331

**CAPÍTULO 6****Flujo viscoso en conductos 335**

6.1.	Regímenes en función del número de Reynolds	335
6.2.	Flujos internos y flujos externos	340
6.3.	Pérdida de carga; el coeficiente de fricción	342
6.4.	Flujo laminar completamente desarrollado en conductos circulares	344
6.5.	Modelización de la turbulencia	347
6.6.	Flujo turbulento en conductos circulares	353
6.7.	Tres tipos de problemas sobre flujo en tubos	360
6.8.	Flujo en conductos no circulares	366
6.9.	Pérdidas localizadas en sistemas de tuberías	376
6.10.	Sistemas de tuberías	384
6.11.	Experimentación de flujos en conductos: actuaciones de un difusor	390
6.12.	Medidores en fluidos	395
	Resumen	414
	Problemas	414
	Problemas conceptuales	431
	Problemas del examen de fundamentos de ingeniería	431
	Problemas extensos	432
	Proyectos de diseño	434
	Referencias	434

**CAPÍTULO 7****Flujo alrededor de cuerpos 437**

7.1.	Efectos geométricos y del número de Reynolds	437
7.2.	Métodos integrales en la teoría de la capa límite	440
7.3.	Las ecuaciones de capa límite	444
7.4.	Capa límite sobre una placa plana	446
7.5.	Capa límite con gradiente de presión	455
7.6.	Experimentación en flujos externos	461

Resumen	487
Problemas	487
Problemas conceptuales	500
Problemas del examen de fundamentos de ingeniería	500
Problemas extensos	501
Proyectos de diseño	502
Referencias	502

**CAPÍTULO 8****Flujo potencial y mecánica de fluidos computacional 505**

8.1.	Introducción y repaso	505
8.2.	Soluciones elementales en flujos planos	508
8.3.	Superposición de soluciones de flujos planos	510
8.4.	Flujos planos alrededor de cuerpos cerrados	516
8.5.	Otros flujos potenciales planos	525
8.6.	Imágenes	530
8.7.	Teoría de perfiles	532
8.8.	Flujo potencial axilimétrico	543
8.9.	Análisis numérico	549
	Resumen	563
	Problemas	563
	Problemas conceptuales	574
	Problemas extensos	574
	Proyectos de diseño	576
	Referencias	576

**CAPÍTULO 9****Flujo compresible 579**

9.1.	Introducción	579
9.2.	La velocidad del sonido	583
9.3.	Flujo estacionario adiabático e isentrópico	586
9.4.	Flujo isentrópico con cambios de área	591
9.5.	La onda de choque normal	599
9.6.	Operación de toberas convergentes y divergentes	606
9.7.	Flujo compresible en conductos con fricción	611
9.8.	Flujo en conductos sin fricción y con adición de calor	623
9.9.	Flujo supersónico bidimensional	627
9.10.	Ondas de expansión de Prandtl-Meyer	637
	Resumen	650
	Problemas	650
	Problemas conceptuales	663
	Problemas del examen de fundamentos de ingeniería	663
	Problemas extensos	664
	Proyectos de diseño	665
	Referencias	666

**CAPÍTULO 10****Flujo en canales abiertos 669**

10.1.	Introducción	669
10.2.	Movimiento uniforme: la fórmula de Chézy	674
10.3.	Canales eficientes para movimiento uniforme	680

- 10.4. Energía específica; calado crítico 682
- 10.5. El resalto hidráulico 689
- 10.6. Movimiento gradualmente variado 694
- 10.7. Control y medida de caudales mediante vertederos 701
  - Resumen 708
  - Problemas 709
  - Problemas conceptuales 720
  - Problemas del examen de fundamentos de ingeniería 720
  - Problemas extensos 720
  - Proyectos de diseño 721
  - Referencias 722

## CAPÍTULO 11

### Turbomáquinas 725

- 11.1. Introducción y clasificación 725
- 11.2. La bomba centrífuga 728
- 11.3. Curvas características de bombas y reglas de semejanza 734
- 11.4. Bombas helicocentrífugas y axiales: la velocidad específica 743

- 11.5. Acoplamiento de bombas a una red 751
- 11.6. Turbinas 756
  - Resumen 769
  - Problemas 769
  - Problemas conceptuales 780
  - Problemas extensos 780
  - Proyecto de diseño 782
  - Referencias 782

**Apéndice A Propiedades físicas de los fluidos 785**

**Apéndice B Tablas para flujos compresibles 791**

**Apéndice C Factores de conversión 807**

**Apéndice D Ecuaciones de movimiento en coordenadas cilíndricas 811**

**Solución de problemas seleccionados 813**

**Índice 821**