

# Contenido

## CAPÍTULO 1

### LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA

1

1.1	Panorama	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Conceptos fundamentales introductorios	3
1.4	El sistema internacional de unidades (SI)	4
1.5	El sistema tradicional de unidades de Estados Unidos	5
1.6	Peso y masa	6
1.7	Temperatura	8
1.8	Unidades consistentes en una ecuación	9
1.9	Definición de presión	11
1.10	Compresibilidad	13
1.11	Densidad, peso específico y gravedad específica	14
1.12	Tensión superficial	19
	Referencias	21
	Sitios de Internet	21
	Problemas	21
	Tarea de programación de computadoras	24

## CAPÍTULO 2

### VISCOSIDAD DE LOS FLUIDOS

26

2.1	Panorama	26
2.2	Objetivos	26
2.3	Viscosidad dinámica	27
2.4	Viscosidad cinemática	29
2.5	Fluidos newtonianos y no newtonianos	30
2.6	Variación de la viscosidad con la temperatura	33
2.7	Medición de la viscosidad	35
2.8	Grados SAE de viscosidad	44
2.9	Grados ISO de viscosidad	46
2.10	Fluidos hidráulicos para sistemas de fluido de potencia	46
	Referencias	48
	Sitios de Internet	48
	Problemas	49
	Tarea de programación de computadoras	51

### **CAPÍTULO 3**

#### **MEDICIÓN DE LA PRESIÓN**

**52**

3.1	Panorama	52	
3.2	Objetivos	52	
3.3	Presión absoluta y manométrica	53	
3.4	Relación entre la presión y la elevación	55	
3.5	Desarrollo de la relación presión-elevación	57	
3.6	Paradoja de Pascal	61	
3.7	Manómetros	62	
3.8	Barómetros	67	
3.9	La presión expresada como altura de una columna de líquido		69
3.10	Medidores y transductores de presión	70	
	Referencias	74	
	Sitios de Internet	75	
	Problemas	75	

### **CAPÍTULO 4**

#### **FUERZAS DEBIDAS A FLUIDOS ESTÁTICOS**

**83**

4.1	Panorama	83	
4.2	Objetivos	85	
4.3	Gases bajo presión	85	
4.4	Superficies planas horizontales bajo líquidos	86	
4.5	Paredes rectangulares	87	
4.6	Áreas planas sumergidas —en general	90	
4.7	Desarrollo del procedimiento general para fuerzas en áreas planas sumergidas	94	
4.8	Carga piezométrica	96	
4.9	Distribución de la fuerza sobre una superficie curva sumergida		97
4.10	Efecto de una presión sobre la superficie del fluido	103	
4.11	Fuerzas sobre una superficie curva con fluido debajo de ella		103
4.12	Fuerzas sobre superficies curvas con fluido arriba y abajo		104
	Problemas	105	
	Tarea de programación de computadoras	122	

### **CAPÍTULO 5**

#### **FLOTABILIDAD Y ESTABILIDAD**

**123**

5.1	Panorama	123	
5.2	Objetivos	124	
5.3	Flotabilidad	124	
5.4	Materiales para flotabilidad	132	
5.5	Estabilidad de cuerpos sumergidos por completo		133
5.6	Estabilidad de cuerpos flotantes	135	
5.7	Grado de estabilidad	140	
	Referencia	142	
	Sitios de Internet	142	
	Problemas	142	
	Tarea de programación de computadoras		152

## **CAPÍTULO 6**

### **EL FLUJO DE LOS FLUIDOS Y LA ECUACIÓN DE BERNOULLI**

**153**

<b>6.1</b>	Panorama	153	
<b>6.2</b>	Objetivos	154	
<b>6.3</b>	La tasa de flujo de un fluido y la ecuación de continuidad		154
<b>6.4</b>	Tuberías y tubos disponibles comercialmente	158	
<b>6.5</b>	Velocidad de flujo recomendable en tuberías y ductos		161
<b>6.6</b>	Conservación de la energía —ecuación de Bernoulli		165
<b>6.7</b>	Interpretación de la ecuación de Bernoulli	167	
<b>6.8</b>	Restricciones de la ecuación de Bernoulli	169	
<b>6.9</b>	Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli	169	
<b>6.10</b>	Teorema de Torricelli	179	
<b>6.11</b>	Flujo debido a una disminución de la carga		182
	Referencias	185	
	Sitios de Internet	185	
	Problemas	186	
	Tarea de programación de computadoras		196

## **CAPÍTULO 7**

### **ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA**

**197**

<b>7.1</b>	Panorama	197	
<b>7.2</b>	Objetivos	199	
<b>7.3</b>	Pérdidas y ganancias de energía	199	
<b>7.4</b>	Nomenclatura de las pérdidas y ganancias de energía		202
<b>7.5</b>	Ecuación general de la energía	202	
<b>7.6</b>	Potencia que requieren las bombas	207	
<b>7.7</b>	Potencia suministrada a motores de fluido		211
	Problemas	213	

## **CAPÍTULO 8**

### **NÚMERO DE REYNOLDS, FLUJO LAMINAR, FLUJO TURBULENTO Y PÉRDIDAS DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN**

**226**

<b>8.1</b>	Panorama	226	
<b>8.2</b>	Objetivos	229	
<b>8.3</b>	Número de Reynolds	230	
<b>8.4</b>	Números de Reynolds críticos	231	
<b>8.5</b>	Ecuación de Darcy	233	
<b>8.6</b>	Pérdida por fricción en el flujo laminar	233	
<b>8.7</b>	Pérdida de fricción en el flujo turbulento	235	
<b>8.8</b>	Ecuaciones para el factor de fricción	242	
<b>8.9</b>	Fórmula de Hazen-Williams para el flujo de agua		243
<b>8.10</b>	Otras formas de la fórmula de Hazen-Williams	245	
<b>8.11</b>	Nomograma para resolver la fórmula de Hazen-Williams		245
	Referencias	247	
	Sitios de Internet	247	
	Problemas	247	
	Tarea de programación de computadoras		254

## CAPÍTULO 9

### PERFILES DE VELOCIDAD PARA SECCIONES CIRCULARES Y FLUJO EN SECCIONES NO CIRCULARES 255

- 9.1 Panorama 255
- 9.2 Objetivos 256
- 9.3 Perfiles de velocidad 256
- 9.4 Perfil de velocidad para el flujo laminar 257
- 9.5 Perfil de velocidad para el flujo turbulento 258
- 9.6 Flujo en secciones no circulares 260
- 9.7 Dinámica de fluidos computacional 266
  - Referencias 268
  - Sitios de Internet 268
  - Problemas 268
  - Tarea de programación de computadoras 277

## CAPÍTULO 10

### PÉRDIDAS MENORES 278

- 10.1 Panorama 278
- 10.2 Objetivos 280
- 10.3 Coeficiente de resistencia 281
- 10.4 Expansión súbita 281
- 10.5 Pérdida en la salida 284
- 10.6 Expansión gradual 286
- 10.7 Contracción súbita 288
- 10.8 Contracción gradual 290
- 10.9 Pérdida en la entrada 292
- 10.10 Coeficientes de resistencia para válvulas y acoplamientos 293
- 10.11 Aplicación de válvulas estándar 300
- 10.12 Vueltas de tubería 303
- 10.13 Caída de presión en válvulas de potencia de fluidos 305
- 10.14 Coeficientes de flujo para válvulas, por medio del  $C_v$  310
- 10.15 Válvulas de plástico 311
  - Referencias 313
  - Sitios de Internet 313
  - Problemas 314
  - Análisis asistido por computadora y ejercicios de diseño 319

## CAPÍTULO 11

### SISTEMAS DE TUBERÍAS EN SERIE 320

- 11.1 Panorama 320
- 11.2 Objetivos 321
- 11.3 Sistemas de clase I 321
- 11.4 Solución de problemas de clase I, con ayuda de una hoja de cálculo 327
- 11.5 Sistemas de clase II 330
- 11.6 Sistemas de clase III 339
- 11.7 Diseño de tuberías para la integridad estructural 343
  - Referencias 345

Sitios de Internet	346	
Problemas	346	
Tarea de análisis y diseño asistidos por computadora		357

## **CAPÍTULO 12**

### **SISTEMAS DE TUBERÍAS EN PARALELO**

**358**

<b>12.1</b>	Panorama	358	
<b>12.2</b>	Objetivos	360	
<b>12.3</b>	Sistemas con dos ramas	361	
<b>12.4</b>	Sistemas con tres o más ramas (redes)	368	
	Referencia	377	
	Sitios de Internet	377	
	Problemas	377	
	Tarea de programación de computadoras		381

## **CAPÍTULO 13**

### **SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE BOMBAS**

**382**

<b>13.1</b>	Panorama	382	
<b>13.2</b>	Objetivos	384	
<b>13.3</b>	Parámetros involucrados en la selección de bombas	385	
<b>13.4</b>	Tipos de bombas	385	
<b>13.5</b>	Bombas de desplazamiento positivo	385	
<b>13.6</b>	Bombas cinéticas	392	
<b>13.7</b>	Datos de rendimiento de bombas centrífugas	398	
<b>13.8</b>	Leyes de afinidad para bombas centrífugas	400	
<b>13.9</b>	Datos del fabricante de bombas centrífugas	401	
<b>13.10</b>	El punto de operación de una bomba y la selección de ésta		410
<b>13.11</b>	Carga de succión neta positiva	411	
<b>13.12</b>	Detalles de la línea de succión	417	
<b>13.13</b>	Detalles en la línea de descarga	418	
<b>13.14</b>	Diseño de sistemas de tubería y procedimiento de selección de bombas	419	
<b>13.15</b>	Modos de operación de sistemas alternos	423	
<b>13.16</b>	Selección de la bomba y velocidad específica	429	
<b>13.17</b>	Costos del ciclo de vida para sistemas de bombeo de fluidos	430	
<b>13.18</b>	Software para diseñar sistemas de tuberías y seleccionar bombas		433
	Referencias	434	
	Sitios de Internet	434	
	Software para diseño de sistemas de tubería		435
	Problemas	436	
	Problemas de diseño	438	
	Problema exhaustivo de diseño		441

## **CAPÍTULO 14**

### **FLUJO EN CANALES ABIERTOS**

**443**

<b>14.1</b>	Panorama	443	
<b>14.2</b>	Objetivos	444	
<b>14.3</b>	Clasificación del flujo en canales abiertos	445	

<b>14.4</b>	Radio hidráulico y número de Reynolds en el flujo en canales abiertos	446	
<b>14.5</b>	Tipos de flujo en canales abiertos	447	
<b>14.6</b>	Flujo estable uniforme en canales abiertos	448	
<b>14.7</b>	Geometría de los canales abiertos más comunes	453	
<b>14.8</b>	Las formas más eficientes de los canales abiertos	456	
<b>14.9</b>	Flujo crítico y energía específica	457	
<b>14.10</b>	Salto hidráulico	459	
<b>14.11</b>	Medición del flujo en canales abiertos	462	
	Referencias	467	
	Sitios de Internet	467	
	Problemas	468	
	Tarea de programación de computadoras	471	

## **CAPÍTULO 15**

### **MEDICIÓN DEL FLUJO**

<b>15.1</b>	Panorama	473	
<b>15.2</b>	Objetivos	474	
<b>15.3</b>	Factores de selección de un medidor de flujo	474	
<b>15.4</b>	Medidores de carga variable	476	
<b>15.5</b>	Medidores de área variable	485	
<b>15.6</b>	Medidor de flujo de turbina	486	
<b>15.7</b>	Medidor de flujo de vórtice	487	
<b>15.8</b>	Medidor de flujo magnético	487	
<b>15.9</b>	Medidores de flujo ultrasónicos	489	
<b>15.10</b>	Medidores de desplazamiento positivo	489	
<b>15.11</b>	Medidor de flujo másico	490	
<b>15.12</b>	Sondas de velocidad	492	
<b>15.13</b>	Medición del nivel	497	
<b>15.14</b>	Obtención y procesamiento de datos por medio de computadora		
	Referencias	499	
	Sitios de Internet	499	
	Preguntas de repaso	500	
	Problemas	501	
	Tarea de programación de computadoras	502	

## **CAPÍTULO 16**

### **FUERZAS DEBIDO A LOS FLUIDOS EN MOVIMIENTO**

<b>16.1</b>	Panorama	503	
<b>16.2</b>	Objetivos	504	
<b>16.3</b>	Ecuación de fuerza	504	
<b>16.4</b>	Ecuación del impulso-cantidad de movimiento	505	
<b>16.5</b>	Método de solución de problemas por medio de las ecuaciones de fuerza	505	
<b>16.6</b>	Fuerzas sobre objetos estacionarios	506	
<b>16.7</b>	Fuerzas sobre las vueltas de las tuberías	509	
<b>16.8</b>	Fuerzas sobre objetos en movimiento	513	
	Problemas	514	

<b>CAPÍTULO 17</b>		
<b>ARRASTRE Y SUSTENTACIÓN</b>		<b>520</b>
17.1	Panorama	520
17.2	Objetivos	521
17.3	Ecuación de la fuerza de arrastre	522
17.4	Arrastre de presión	523
17.5	Coefficiente de arrastre	524
17.6	Arrastre de fricción sobre esferas en flujo laminar	530
17.7	Arrastre de vehículos	531
17.8	La compresibilidad y los efectos de la cavitación	533
17.9	La sustentación y el arrastre sobre los aeroplanos	534
	Referencias	537
	Sitios de Internet	537
	Problemas	537
<b>CAPÍTULO 18</b>		
<b>VENTILADORES, SOPLADORES, COMPRESORES Y EL FLUJO DE LOS GASES</b>		<b>542</b>
18.1	Panorama	542
18.2	Objetivos	543
18.3	Flujos volumétricos y presiones de los gases	543
18.4	Clasificación de los ventiladores, sopladores y compresores	544
18.5	Flujo de aire comprimido y otros gases en tubos	549
18.6	Flujo de aire y otros gases a través de las boquillas	556
	Referencias	564
	Sitios de Internet	564
	Problemas	565
	Ejercicios de programación de computadoras	567
<b>CAPÍTULO 19</b>		
<b>FLUJO DE AIRE EN DUCTOS</b>		<b>568</b>
19.1	Panorama	568
19.2	Objetivos	570
19.3	Pérdidas de energía en el sistema	570
19.4	Diseño de ductos	576
19.5	Eficiencia energética y consideraciones prácticas en el diseño de ductos	583
	Referencias	584
	Sitios de Internet	584
	Problemas	585
<b>APÉNDICES</b>		<b>589</b>
A	Propiedades del agua	589
B	Propiedades de los líquidos comunes	591
C	Propiedades comunes de aceites lubricantes derivados del petróleo	593

## Contenido

<b>D</b>	Variación de la viscosidad con la temperatura	594
<b>E</b>	Propiedades del aire	597
<b>F</b>	Dimensiones de tuberías de acero	601
<b>G</b>	Dimensiones de tubos de acero	603
<b>H</b>	Dimensiones de tubos de cobre tipo K	604
<b>I</b>	Dimensiones de tuberías de hierro dúctil	605
<b>J</b>	Áreas de círculos	606
<b>K</b>	Factores de conversión	608
<b>L</b>	Propiedades de las áreas	611
<b>M</b>	Propiedades de los sólidos	613
<b>N</b>	Constante de los gases, exponente adiabático y relación de presión crítica para gases seleccionados	615

**RESPUESTAS DE LOS PROBLEMAS SELECCIONADOS** 616

**ÍNDICE** 623