

Contenido

CAPÍTULO 1

NATURALEZA DE LOS FLUIDOS

1

1.1	Objetivos del libro	1
1.2	Objetivos del capítulo	2
1.3	Diferencia entre líquidos y gases	2
1.4	Fuerza y masa	3
1.5	Sistema Internacional de Unidades (SI)	3
1.6	Sistema Británico de Unidades	5
1.7	Unidades consistentes en una ecuación	6
1.8	Definición de presión	9
1.9	Compresibilidad	11
1.10	Densidad, peso específico y gravedad específica	12
	Referencias	17
	Problemas de práctica	18
	Tareas de programación en computadora	22

CAPÍTULO 2

VISCOSIDAD DE LOS FLUIDOS

23

2.1	Objetivos	23
2.2	Viscosidad dinámica	23
2.3	Viscosidad cinemática	25
2.4	Fluidos newtonianos y no newtonianos	26
2.5	Variación de la viscosidad con la temperatura	27
2.6	Medición de la viscosidad	29
2.7	Grados de viscosidad SAE	35
2.8	Grados de viscosidad ISO	38
	Referencias	39
	Problemas de práctica	40
	Tareas de programación en computadora	41

CAPÍTULO 3

MEDICIÓN DE PRESIÓN

43

3.1	Objetivos	43
3.2	Presión absoluta y manométrica	43
3.3	Relación entre presión y elevación	46

3.4	Desarrollo de la relación presión-elevación	48
3.5	Paradoja de Pascal	52
3.6	Manómetros	53
3.7	Barómetros	59
3.8	Medidores y transductores de presión	60
3.9	Transductores de presión	62
3.10	Presión expresada como la altura de una columna de líquido	65
	Referencias	65
	Problemas de práctica	66

CAPÍTULO 4

FUERZAS SOBRE ÁREAS PLANAS Y CURVAS SUMERGIDAS

75

4.1	Objetivos	75
4.2	Gases bajo presión	77
4.3	Superficies planas horizontales bajo líquidos	78
4.4	Paredes rectangulares	78
4.5	Áreas planas sumergidas-general	82
4.6	Desarrollo del procedimiento general para fuerzas sobre áreas planas sumergidas	85
4.7	Cabeza piezométrica	88
4.8	Distribución de fuerzas sobre una superficie curva sumergida	89
4.9	Efecto de una presión sobre la superficie del fluido	95
4.10	Fuerzas sobre una superficie curva con fluido por debajo de ella	95
4.11	Fuerzas sobre superficies curvas con fluido por encima y por abajo de ellas	97
	Problemas de práctica	98
	Tareas de programación en computadora	113

CAPÍTULO 5

FLOTABILIDAD Y ESTABILIDAD

115

5.1	Objetivos	115
5.2	Flotabilidad	115
5.3	Estabilidad de los cuerpos en un fluido	124
5.4	Estabilidad de cuerpos completamente sumergidos	124
5.5	Estabilidad de cuerpos flotantes	126
5.6	Grado de estabilidad	132
	Referencia	133
	Problemas de práctica	134
	Tareas de programación en computadora	143

CAPÍTULO 6

FLUJO DE FLUIDOS Y LA ECUACIÓN DE BERNOULLI

145

6.1	Objetivos	145
6.2	Rapidez de flujo de fluido	146

6.3	Ecuación de continuidad	148
6.4	Conductos y tuberías comercialmente disponibles	150
6.5	Velocidad de flujo recomendada en conductos y tuberías	152
6.6	Flujo en secciones no circulares	153
6.7	Conservación de la energía: Ecuación de Bernoulli	155
6.8	Interpretación de la ecuación de Bernoulli	157
6.9	Restricciones a la ecuación de Bernoulli	159
6.10	Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli	159
6.11	Teorema de Torricelli	169
6.12	Flujo debido a una cabeza en descenso	173
	Referencia	176
	Problemas de práctica	176
	Tareas de programación en computadora	189

CAPÍTULO 7

ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA 191

7.1	Objetivos	191
7.2	Pérdidas y adiciones de energía	191
7.3	Nomenclatura de pérdidas y adiciones de energía	195
7.4	Ecuación general de la energía	195
7.5	Potencia requerida por bombas	200
7.6	Potencia suministrada a motores de fluido	204
	Problemas de práctica	206

CAPÍTULO 8

NÚMERO DE REYNOLDS, FLUJO LAMINAR Y FLUJO TURBULENTO 219

8.1	Objetivos	219
8.2	Flujo laminar y flujo turbulento	219
8.3	Número de Reynolds	221
8.4	Números de Reynolds críticos	222
8.5	Perfiles de velocidad	224
8.6	Radio hidráulico para secciones transversales no circulares	227
8.7	Números de Reynolds para secciones transversales no circulares cerradas	228
	Referencias	230
	Problemas de práctica	230

CAPÍTULO 9

PÉRDIDAS DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN 237

9.1	Objetivos	237
9.2	Ecuación de Darcy	237
9.3	Pérdidas de fricción en flujo laminar	238
9.4	Pérdidas de fricción en flujo turbulento	239
9.5	Ecuaciones del factor de fricción	246

9.6	Pérdidas de fricción en secciones transversales no circulares	248
9.7	Perfil de velocidad para flujo turbulento	250
9.8	Fórmula de Hazen-Williams para flujo de agua	252
9.9	Otras formas de la fórmula de Hazen-Williams	255
9.10	Nomografía para resolver la fórmula de Hazen-Williams	255
	Referencias	257
	Problemas de práctica	257
	Tareas de programación en computadora	266

CAPÍTULO 10

PÉRDIDAS MENORES

267

10.1	Objetivos	267
10.2	Fuentes de pérdidas menores	267
10.3	Coefficiente de resistencia	268
10.4	Dilatación súbita	268
10.5	Pérdida de salida	271
10.6	Dilatación gradual	272
10.7	Contracción súbita	274
10.8	Contracción gradual	276
10.9	Pérdida de entrada	279
10.10	Coefficientes de resistencia para válvulas y juntas	280
10.11	Codos de tubería	286
	Referencias	288
	Problemas de práctica	288

CAPÍTULO 11

SISTEMAS DE LÍNEA DE TUBERÍA EN SERIE

293

11.1	Objetivos	293
11.2	Clasificaciones de sistemas	293
11.3	Sistemas Clase I	295
11.4	Sistemas Clase II	300
11.5	Sistemas Clase III	310
11.6	Asistencias al diseño de tuberías	316
	Referencias	316
	Problemas de práctica	317
	Tareas de programación en computadora	326

CAPÍTULO 12

SISTEMAS DE LÍNEA DE TUBERÍA PARALELOS

327

12.1	Objetivos	327
12.2	Principios que rigen los sistemas de línea de tubería paralelos	327
12.3	Sistemas con dos ramas	329
12.4	Sistemas con tres o más ramas: Redes	336

Referencia	345
Problemas de práctica	345
Tareas de programación en computadora	349

CAPÍTULO 13

FLUJO EN CANAL ABIERTO **351**

13.1	Objetivos	351
13.2	Radio hidráulico	351
13.3	Clasificación del flujo en canal abierto	353
13.4	Número de Reynolds en el flujo en canal abierto	354
13.5	Tipos de flujo en canal abierto	355
13.6	Flujo estable uniforme en canales abiertos	356
13.7	Geometría de los canales abiertos típicos	362
13.8	Las formas más eficientes para canales abiertos	365
13.9	Flujo crítico y energía específica	367
13.10	Salto hidráulico	368
	Referencias	371
	Problemas de práctica	371
	Tareas de programación en computadora	374

CAPÍTULO 14

MEDICIONES DE FLUJO **375**

14.1	Objetivos	375
14.2	Factores para la selección de fluxómetros	376
14.3	Medidores de cabeza variable	377
14.4	Medidores de área variable	386
14.5	Fluxómetro de turbina	387
14.6	Fluxómetro de vórtice	388
14.7	Fluxómetro magnético	389
14.8	Medición de flujo de masa	389
14.9	Sondas de velocidad	392
14.10	Adquisición y procesamiento de datos basados en computadora	398
14.11	Medición de flujo en canal abierto	400
	Referencias	403
	Preguntas de repaso	403
	Problemas de práctica	404
	Tareas de programación en computadora	405

CAPÍTULO 15

SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE BOMBAS **407**

15.1	Objetivos	407
15.2	Parámetros implicados en la selección de una bomba	408
15.3	Tipos de bombas	408
15.4	Datos de funcionamiento de bombas de desplazamiento positivo	418

15.5	Datos de funcionamiento de bombas centrífugas	419
15.6	Leyes de afinidad para bombas centrífugas	421
15.7	Datos de los fabricantes de bombas centrífugas	422
15.8	El punto de operación de una bomba	430
15.9	Selección de una bomba	432
15.10	Cabeza de succión positiva neta	435
15.11	Detalles de la línea de succión	438
15.12	Detalles de la línea de descarga	439
	Referencias	441
	Problemas de práctica	441
	Problemas de diseño	443
	Problema de diseño inclusivo	445

CAPÍTULO 16

FUERZAS DEBIDO A FLUIDOS EN MOVIMIENTO

44

16.1	Objetivos	449
16.2	Ecuación de fuerza	449
16.3	Ecuación de impulso-momentum	450
16.4	Método de solución de problemas utilizando la ecuación de fuerza	451
16.5	Fuerzas sobre objetos estacionarios	451
16.6	Fuerzas en codos en líneas de tubería	454
16.7	Fuerzas sobre objetos en movimiento	458
	Problemas de práctica	459

CAPÍTULO 17

ARRASTRE Y SUSTENTACIÓN

46

17.1	Objetivos	467
17.2	Ecuación de la fuerza de arrastre	468
17.3	Presión de arrastre	469
17.4	Coefficiente de arrastre	470
17.5	Fricción de arrastre sobre esferas en flujo laminar	477
17.6	Arrastre de vehículos	478
17.7	Efectos de compresibilidad y cavitación	481
17.8	Sustentación y arrastre en superficies de sustentación	481
	Referencias	484
	Problemas de práctica	485

CAPÍTULO 18

VENTILADORES, SOPLADORES, COMPRESORES Y EL FLUJO DE GASES

49

18.1	Objetivos	491
18.2	Presiones y velocidades de flujo de gas	491
18.3	Clasificación de ventiladores, sopladores y compresores	492

18.4	Flujo de aire comprimido y de otros gases en tuberías	498
18.5	Flujo de aire y otros gases a través de boquillas	505
	Referencias	513
	Problemas de práctica	513
	Tareas de programación en computadora	515

CAPÍTULO 19

FLUJO DE AIRE EN DUCTOS

517

19.1	Objetivos	517
19.2	Un ejemplo de sistema de distribución de aire	517
19.3	Pérdidas de energía en ductos	519
19.4	Ejemplo de diseño de ductos	524
	Referencias	530
	Problemas de práctica	531

APÉNDICES

A	Propiedades del agua	535
B	Propiedades de líquidos comunes	537
C	Propiedades típicas de aceites lubricantes de petróleo	539
D	Variación de la viscosidad con la temperatura	541
E	Propiedades del aire	545
F	Dimensiones de tubos de acero	549
G	Dimensiones de tuberías de acero	551
H	Dimensiones de tuberías de cobre tipo K	553
I	Dimensiones de tubos de hierro dúctil	555
J	Áreas de círculos	557
K	Factores de conversión	559
L	Propiedades de áreas	563
M	Propiedades de los sólidos	565
N	Constante de los gases, exponente adiabático y cociente de presión crítica para algunos gases	567

RESPUESTAS A PROBLEMAS SELECCIONADOS

569

ÍNDICE

577