

# CONTENIDO

<b>PREFACIO</b>	15
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>FLUIDOS Y SUS PROPIEDADES FÍSICAS</b>	19
1.1 Definición de fluido	19
1.2 Presión, densidad y temperatura	21
1.3 Ley de la viscosidad de Newton	25
1.4 Modelos de fluidos no newtonianos	29
1.5 Compresibilidad	33
1.6 Tensión superficial y capilaridad	35
PROBLEMAS	41
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>HIDROSTÁTICA</b>	49
2.1 Presión en un punto de un fluido estático	49
2.2 Variación de la presión en un fluido estático	51
2.3 Hidrostática	53
2.4 Aerostática	55
2.5 Unidades de la presión	56
2.6 Medición de la presión	59

2.6.1	Medidor de Bourdon	59
2.6.2	Manómetros de columna líquida	60
2.7	Fuerzas hidrosáticas sobre superficies	62
2.7.1	Fuerzas sobre superficies planas	62
2.7.2	Fuerza resultante sobre superficies curvas	66
2.8	Equilibrio de cuerpos flotantes	69
	PROBLEMAS	75

### CAPÍTULO 3

	PRINCIPIOS DEL MOVIMIENTO DE LOS FLUIDOS	87
3.1	Campo de velocidad	88
3.2	Flujo permanente y flujo uniforme	90
3.3	Líneas de corriente y líneas de trayectoria	93
3.4	Coordenadas de corriente o naturales	95
3.5	Principio de la conservación de la masa	99
3.5.1	Principio de la conservación de la masa aplicado al tubo de corriente	99
3.5.2	Ecuación de continuidad en coordenadas cartesianas	102
3.6	Circulación y vorticidad de un elemento de fluido	104
3.7	Ecuaciones del movimiento de un fluido ideal	109
3.8	Ecuación de Bernoulli	114
3.9	Teorema de la circulación de Kelvin	120
3.10	Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli	123
3.10.1	Tubo de impacto	123
3.10.2	Tubo Pitot	124
3.10.3	Tubo Venturi	126
3.10.4	Flujo a través de orificios	129
3.10.5	Flujo a través de vertederos y compuertas	135
3.11	Cavitación	138
	PROBLEMAS	140

### CAPÍTULO 4

	FLUJO POTENCIAL	159
4.1	Potencial de velocidad	160
4.2	Función de corriente en dos dimensiones	161
4.3	Malla de flujo	165
4.4	Principio de superposición	167
4.5	Ejemplos de flujos potenciales	168
4.5.1	Flujo uniforme	168
4.5.2	Flujo de una fuente lineal	169
4.5.3	Flujo de un vórtice libre	170
4.5.4	Flujo del semicuerpo	171
4.5.5	Flujo de un dipolo	173
4.5.6	Flujo de un cilindro sumergido en el flujo uniforme	177
4.5.7	Flujo de un cilindro con circulación	179
4.5.8	Método de imágenes	182
	PROBLEMAS	184

### CAPÍTULO 5

	PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN	193
5.1	Sistemas y volúmenes de control	194
5.2	Propiedades y estado de un sustancia	195
5.3	Tasa de cambio de propiedades extensivas, referida al volumen de control	195
5.4	Principio de conservación de la masa para volúmenes de control	199
5.4.1	Volúmenes de control que coinciden con las paredes del conducto	200
5.5	Ecuación general de la energía	203
5.5.1	Primera ley de la termodinámica	203

5.5.2 Ecuación general de la energía para volúmenes de control	205
5.5.3 Flujos permanentes en una dimensión	208
5.5.4 Líneas de pendiente de energía y de pendiente hidráulica	211
5.6 Ecuación del momento lineal	214
5.6.1 Ecuación de momento lineal para volúmenes de control	216
5.6.2 Flujos permanentes en una dimensión	218
5.6.3 Ejemplos de utilización de la ecuación del momento	218
5.6.3.1 Impacto de un chorro sobre alabes curvos	218
5.6.3.2 Impacto de chorros sobre superficies planas	220
5.6.3.3 Fuerzas sobre codos y otras estructuras cerradas	222
5.7 Ecuación del momento angular	226
5.7.1 Ecuaciones para flujos permanentes aplicadas a turbo maquinaria	228
PROBLEMAS	232

## CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DIMENSIONAL Y SIMILITUD	253
6.1 Dimensiones básicas y unidades	254
6.2 Homogeneidad dimensional	256
6.3 Análisis dimensional de sistemas de fluido	257
6.3.1 Teorema Pi de Buckingham	260
6.3.2 Procedimiento para el cálculo de grupos adimensionales	261
6.4 Similitud dinámica	264
6.4.1 El número de Reynolds como relación de similitud	269
6.4.2 El número de Froude como relación de similitud	274
6.4.3 Distorsión geométrica de modelos [18]	277

6.4.4 Relaciones de similitud para sistemas de flujo rectilíneo y en rotación	279
---	-----

PROBLEMAS	287
-----------	-----

## CAPÍTULO 7

FLUJO VISCOSO INCOMPRESIBLE	295
7.1 Experimento de Reynolds	296
7.2 Equilibrio de fuerzas en un elemento	298
7.3 Flujos laminares	300
7.3.1 Ley de esfuerzos de Stokes	300
7.3.2 Soluciones simples de las ecuaciones de Navier-Stokes	304
7.3.2.1 Flujo laminar entre placas paralelas	305
7.3.2.2 Flujo a lo largo de un plano inclinado	307
7.3.2.3 Flujo laminar por una tubería de sección circular	309
7.4 Efectos de la turbulencia	311
7.5 Teoría de la longitud de mezcla de Prandtl	318
PROBLEMAS	321

## CAPÍTULO 8

CAPA LÍMITE EN FLUJOS INCOMPRESIBLES	331
8.1 Descripción de la capa límite	333
8.2 Ecuaciones de la capa límite	334
8.3 Separación del flujo	335
8.4 Método integral de solución	341
8.4.1 Capa límite laminar sobre una placa plana	343
8.5 Capas límite turbulentas	346
8.5.1 Efecto de las rugosidades de la superficie	351
8.5.2 Capa límite turbulenta sobre una placa plana	352
PROBLEMAS	356

## **CAPÍTULO 9**

<b>FLUJO POR EL INTERIOR DE DUCTOS</b>	363
9.1 Establecimiento del flujo en ductos	363
9.2 Flujo incompresible desarrollado en conductos	367
9.3 Flujo laminar en ductos	369
9.3.1 Fluidos no newtonianos	373
9.4 Flujo turbulento en ductos	377
9.5 Solución del flujo por el interior de tuberías	384
9.5.1 Pérdidas menores en tuberías	389
<b>PROBLEMAS</b>	397

## **CAPÍTULO 10**

<b>ARRASTRE Y SUSTENTACIÓN</b>	407
10.1 Arrastre debido a la forma y la fricción	410
10.1.1 Arrastre sobre esferas y cilindros	412
10.1.2 Arrastre sobre otros cuerpos	415
10.2 Sustentación aerodinámica	418
10.2.1 Sustentación de un ala	421
10.2.2 Vórtice de arranque	422
10.2.3 Arrastre inducido	424
<b>PROBLEMAS</b>	427

## **CAPÍTULO 11**

<b>FLUJO COMPRESIBLE</b>	435
11.1 Velocidad de propagación de una onda de presión	435
11.2 Estados de estancamiento	437
11.3 Flujo no uniforme compresible	441
11.3.1 Flujo isentrópico en toberas y difusores	441
11.3.2 Ondas de choque normales	449

11.3.3 Ondas de choque oblicuas	454
11.4 Flujo compresible en una dimensión	459
11.4.1 Flujo isotérmico con fricción	462
11.4.2 Flujo de la línea de Rayleigh	465
<b>PROBLEMAS</b>	474

## **CAPÍTULO 12**

<b>FLUJO EN CANALES ABIERTOS</b>	485
12.1 Flujo uniforme en canales de sección prismática	486
12.2 Diagramas de energía y descarga en canales abiertos	492
12.3 Flujos gradualmente variados	497
12.4 Ondas y oscilaciones en canales abiertos	506
12.4.1 Velocidad de propagación de pequeñas ondas	506
12.4.2 Resalto hidráulico	509
12.5 Flujos rápidamente variados en canales	514
12.5.1 Ocurrencia del flujo crítico	514
12.5.2 Elevación del fondo y contracción lateral de un canal	516
<b>PROBLEMAS</b>	523

## **ANEXOS**

<b>ANEXO A</b>	533
<b>ANEXO B</b>	537

<b>RESPUESTA A ALGUNOS PROBLEMAS</b>	547
--------------------------------------	-----

<b>ÍNDICE TÊMÁTICO</b>	555
------------------------	-----

<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS</b>	563
-----------------------------------	-----