



Teoría de máquinas e instalaciones de fluidos

Juan Antonio García Rodríguez y Esteban Calvo Bernad

Prensas de la Universidad de Zaragoza

Textos Docentes, 222

2013, 210 p., 17 x 23 cm.

978-84-15770-26-8

14 euros



Este libro recoge los contenidos teóricos que se imparten en la asignatura *Máquinas e Instalaciones de Fluidos* de los grados en Ingeniería de Tecnologías Industriales y en Ingeniería Mecánica que se imparten en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) de la Universidad de Zaragoza.

Se incluyen también algunos aspectos no tratados en la actual asignatura con la intención de que el texto sirva como una primera aproximación para el tratamiento de las máquinas y de las instalaciones de fluidos.

ÍNDICE

PREFACIO	7
1. CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DE MÁQUINAS DE FLUIDOS	9
1.1. Desarrollo histórico	9
1.2. Intercambio de energía	12
1.3. Clasificación	14
1.4. Máquinas volumétricas	17
2. ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS DE MECÁNICA DE FLUIDOS. APLICACIÓN A TURBINA PELTON	23
2.1. Volumen fluido y volumen de control	23
2.2. Herramientas de cálculo integral y diferencial	25
2.2.1. Derivada de una propiedad Γ asociada a un volumen de control y a un volumen fluido	25
2.2.2. El Teorema de Transporte de Reynolds	26
2.2.3. El teorema de Gauss	26
2.2.4. La derivada sustancial	27
2.3. Leyes físicas	28
2.3.1. La conservación de la masa: ecuación de continuidad	28
2.3.2. Consecuencias de la ecuación de continuidad	30
2.3.3. La ecuación de la cantidad de movimiento	31
2.3.4. La ecuación del momento angular	34
2.3.5. La ecuación de la energía total	34
2.3.6. La ecuación de la energía mecánica	36
2.3.7. La ecuación de la energía interna	39
2.4. Un ejemplo práctico: la turbina Pelton	40
3. ANÁLISIS DIMENSIONAL EN TUBERÍAS Y TURBOMÁQUINAS.	45
3.1. Revisión de conceptos	45
3.1.1. Semejanza geométrica	46
3.1.2. Semejanza cinemática	46
3.1.3. Semejanza dinámica	46
3.1.4. Semejanza física rigurosa	46
3.1.5. Teorema de Vaschy-Buckingham	46
3.2. Aplicación del análisis dimensional al flujo en tuberías	47

3.2.1.	Factor de fricción para régimen laminar.....	48
3.3.	Aplicación del análisis dimensional a turbomáquinas hidráulicas .	52
4.	INSTALACIONES DE BOMBEO Y VENTILACIÓN.....	57
4.1.	Funcionamiento de línea de bombeo o ventilación	57
4.2.	Conceptos básicos de cálculo de redes	61
4.2.1.	Nociones sobre bombas	63
4.2.2.	Arranque de las bombas	64
4.3.	Bombas en paralelo y en serie	66
4.3.1.	Bombas en paralelo	66
4.3.2.	Bombas en serie.....	68
4.4.	Instalaciones con nodo común.....	69
4.5.	Resolución de redes malladas.....	74
	Anexo I: Diagrama de Moody	77
	Anexo II: Hoja de catálogo con curvas características de una bomba.....	78
5.	REGULACIÓN DE CAUDAL EN INSTALACIONES DE BOMBEO Y VENTILACIÓN	79
5.1.	El problema de la regulación de caudal.....	79
5.2.	Regulación por modificación de la curva de instalación $H_I(Q)$	80
5.2.1.	Válvula de regulación en serie.....	80
5.2.2.	Válvula en derivación (bypass)	82
5.2.3.	Comparación entre los métodos con válvula en serie y con válvula en derivación	85
5.3.	Regulación por modificación de $H_B(Q)$	86
5.3.1.	Variación de la velocidad de rotación de la bomba.....	86
5.3.2.	Cambios en la orientación de los álabes	88
5.3.3.	Distribuidor en turbinas	89
5.3.4.	Uso de prerrotadores.....	90
6.	TRANSITORIOS EN INSTALACIONES. GOLPE DE ARIETE	93
6.1.	Establecimiento del flujo.....	93
6.2.	Fórmulas de Joukowsky	97
6.3.	Descripción del golpe de ariete	101
6.4.	Elementos amortiguadores	104
7.	GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA DE TURBOMÁQUINAS HIDRÁULICAS	105
7.1.	Aspectos geométricos.....	105
7.1.1.	Detalles geométricos generales.....	105
7.1.2.	Geometría del rodete	107
7.1.3.	Planos característicos.....	108

7.2.	Definiciones cinemáticas, triángulo de velocidades.....	111
8.	POTENCIAS Y RENDIMIENTOS.....	115
8.1.	Aplicación de la ecuación de la energía total al rodete	115
8.2.	Aplicación de la ecuación de la energía mecánica al rodete	117
8.3.	Pérdidas hidráulicas.....	120
8.4.	Potencias.....	124
8.5.	Rendimientos.....	126
9.	TEORÍA FUNDAMENTAL DE TURBOMÁQUINAS HIDRÁULICAS	129
9.1.	Introducción.....	129
9.2.	Ecuación del momento cinético: teorema de Euler	130
9.3.	Características del teorema de Euler	134
9.4.	Teorema de Euler en sistemas rotantes.....	134
9.4.1.	Equivalencia entre sistema fijo y sistema rotante.....	136
9.5.	Teoría 1D de turbomáquinas	137
9.5.1.	Introducción e hipótesis.....	137
9.5.2.	Curva $H-Q$ en aproximación 1D de máquinas radiales	138
9.5.3.	Aplicación de la teoría 1D a máquinas axiales y mixtas ...	143
9.5.4.	Curva característica de intercambio energético neto $H(Q)$	144
9.6.	Grado de reacción.....	149
9.7.	Difusores	152
9.7.1.	Axiales o lineales.....	153
9.7.2.	Radiales	153
9.7.3.	Volutas o difusores tangenciales	156
10.	AERODINÁMICA APLICADA A MÁQUINAS DE FLUIDOS	159
10.1.	Disco actuador.....	159
10.2.	Fuerzas de sustentación y resistencia	161
10.3.	Teoría del elemento de pala.....	164
11.	TEORÍA DE SEMEJANZA EN TURBOMÁQUINAS Y PARÁMETROS ESPECÍFICOS	169
11.1.	Relación de escalas. Modelización.....	169
11.2.	Semejanza para obtener curvas características de funcionamiento	171
11.2.1.	Variación de la velocidad de giro N	171
11.2.2.	Variación del diámetro de rodete D	173
11.2.3.	Variación de la densidad del fluido ρ	175
11.2.4.	Cambio de varias variables.....	175
11.3.	Parámetros específicos	176
11.4.	Relación de los parámetros específicos con la geometría	179
12.	CAVITACIÓN	183
12.1.	Fenómeno de cavitación en turbomáquinas hidráulicas	183

12.1.1. Cavitación en bombas.....	185
12.1.2. Cavitación en turbinas	187
12.1.3. Referencia en depósito o pozo.....	188
12.1.4. Análisis del <i>NPSHA</i>	189
12.1.5. Interpretación del <i>NPSHR</i>	191
12.2. Determinación del inicio de cavitación	192
12.3. Efectos de la cavitación.....	192
12.3.1. Modificación de curvas características.....	193
12.3.2. Perturbaciones y daños mecánicos	195
12.3.3. Criterios del inicio de la cavitación	196
12.4. Semejanza en cavitación.....	197
12.5. Ensayos de cavitación.....	198
12.6. Números específicos de cavitación.....	202
12.7. La cavitación en el problema de regulación de caudal	203
12.7.1. Cavitación en la regulación con válvula en baipás	203
12.7.2. Cavitación en la regulación variando <i>N</i>	204
BIBLIOGRAFÍA	205