

Plan 210 Ing. Ind.

Asignatura 16047 MAQUINAS HIDRAULICAS

Grupo 1

### Presentación

La asignatura parte de un bloque de temas en los que, tras hacer una clasificación y descripción de las máquinas hidráulicas, se revisan brevemente conocimientos adquiridos por los estudiantes en la asignatura de Mecánica de Fluidos I, como son: el balance de energía mecánica e interna para una máquina hidráulica.

La teoría general de máquinas hidráulicas establece un balance de cantidad de movimiento entre la entrada y la salida de la máquina sin considerar la geometría de la misma.

La teoría ideal unidimensional permite relacionar la potencia intercambiada entre rodete y fluido con la geometría de éste. La limitación de esta teoría se basa en las restrictivas hipótesis impuestas por la teoría unidimensional. Por lo cual suelen aplicarse coeficientes de corrección que aunque se comenta su utilidad y se utilizan en problemas, no serán objeto de estudio en esta asignatura.

La hipótesis de flujo ideal es sumamente restrictiva, por lo que el bloque siguiente estará orientado a la estimación de las pérdidas debidas a los esfuerzos cortantes en contacto con las paredes de la máquina y al desprendimiento de la capa límite. Establecido un modelo para evaluar las pérdidas, es posible estimar las curvas características que muestran las prestaciones de la máquina.

Esta claro que no se puede disponer de infinitas curvas características asociadas a diferentes regímenes de giro o a máquinas geoméricamente semejantes con diferentes tamaños. Por lo que se requiere de la obtención de las curvas adimensionales de la máquina (bloque V). La dificultad estriba en la imposibilidad de garantizar la semejanza dinámica.

El bloque de cavitación es de gran importancia por determinar las condiciones operativas en las que la presencia de cavitación impedirá que la bomba preste servicio en las condiciones estimadas por la curva característica teórica.

A continuación se estudia la selección del tipo de bomba o grupo de bombas que deben utilizarse para satisfacer la demanda, así como los mecanismos de regulación más adecuados a cada situación.

Finalmente se revisan brevemente las características básicas de las máquinas de desplazamiento positivo.

### Programa Básico

I. CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS HIDRÁULICAS.

II. BALANCE ENERGÉTICO EN MÁQUINAS HIDRÁULICAS.

III. RENDIMIENTOS EN MÁQUINAS HIDRÁULICAS.

IV. TEOREMA DE EULER.

V. DEDUCCIÓN ALTERNATIVA DEL TEOREMA DE EULER.

VI. TEORÍA IDEAL UNIDIMENSIONAL DE TURBOMÁQUINAS HIDRÁULICAS.

VII. CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN TURBOMÁQUINAS.

VIII. SEMEJANZA EN MÁQUINAS HIDRÁULICAS.

IX. CAVITACIÓN EN TURBOMÁQUINAS.

X. SELECCIÓN E INSTALACIÓN.

XI. REGULACIÓN DE BOMBAS HIDRÁULICAS

### Objetivos

Se persigue establecer los conocimientos básicos que permitan afrontar las labores de selección de la máquina, acoplamiento con una instalación y regulación de la misma para obtener las condiciones operativas deseadas con un rendimiento aceptable.

LECCIÓN 1ª Descripción de las Máquinas Hidráulicas

1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE FLUIDO

1.1.1. Sentido de transferencia de la energía

1.1.2. Grado de compresibilidad del fluido

1.1.3. Principio de funcionamiento

1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS BOMBAS HIDRÁULICAS ROTODINÁMICAS

1.2.1. Elementos característicos de una bomba

1.2.2. Otros criterios de clasificación

1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS

1.3.1. Elementos característicos de una turbina

1.3.2. Turbinas Francis

1.3.3. Turbinas Hélice y Kaplan

1.3.4. Turbinas Dériaz

1.3.5. Turbinas tubulares

1.3.6. Descripción y campo de aplicación de las turbinas Pelton

LECCIÓN 2ª Balance Energético en una Máquina Hidráulica

2.1 INTRODUCCIÓN

2.2 BALANCE DE ENERGÍA TOTAL EN MÁQUINAS DE FLUIDOS

2.3 BALANCE DE ENERGÍA INTERNA EN MÁQUINAS HIDRÁULICAS

2.4 BALANCE DE ENERGÍA MECÁNICA EN UNA MÁQUINA HIDRÁULICA

2.5 DEFINICIÓN DE ALTURAS EN UNA BOMBA HIDRÁULICA

2.6 DEFINICIÓN DE ALTURAS EN UNA TURBINA HIDRÁULICA

2.7 RENDIMIENTOS MANOMÉTRICO E HIDRÁULICO

2.8 LÍNEA DE CARGA Y PIEZOMÉTRICA EN BOMBAS

LECCIÓN 3ª Teoría General de Máquinas Hidráulicas

3.1 SISTEMAS DE REFERENCIA. TRIÁNGULOS DE VELOCIDAD

3.2 TEOREMA DE EULER

3.2.1. Máquinas Radiales

3.2.2. Máquinas Axiales

3.3 HIPÓTESIS REALIZADAS

3.4 DEDUCCIÓN ALTERNATIVA DEL TEOREMA DE EULER

3.4.1. Máquinas Radiales

3.4.2. Máquinas Axiales

3.5 CONSIDERACIONES SOBRE EL SENTIDO DEL FLUJO Y LA DISPOSICIÓN DE LOS ÁLABES EN BOMBAS Y TURBINAS

3.6 GRADO DE REACCIÓN

LECCIÓN 4ª Teoría Ideal Unidimensional de Turbomáquinas Hidráulicas

4.1 INTRODUCCIÓN

4.2 APROXIMACIÓN UNIDIMENSIONAL

4.3 DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DENTRO DE UNA TURBOMÁQUINA

4.4 HIPÓTESIS DE LA TEORÍA UNIDIMENSIONAL

4.5 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

4.6 RELACIÓN ENTRE LOS TRIÁNGULOS DE VELOCIDAD Y LA DIRECCIÓN DE LOS ÁLABES

4.7 DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO A LO LARGO DE LA CUERDA DE LOS ÁLABES

4.8 DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO Y ÁNGULO DE LOS ÁLABES A LO LARGO DE LOS BORDES DE ENTRADA Y SALIDA

4.9 GEOMETRÍAS COMPATIBLES CON LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA UNIDIMENSIONAL

4.10 CURVA CARACTERÍSTICA IDEAL DE BOMBAS

4.11 LIMITACIONES DE LA APROXIMACIÓN UNIDIMENSIONAL

LECCIÓN 5ª Pérdidas de Energía en Bombas

5.1 INTRODUCCIÓN

5.2 PÉRDIDAS HIDRÁULICAS

5.2.1. Pérdidas por rozamiento

5.2.2. Desprendimiento de capa límite

5.2.3. Curvas características teóricas de una bomba

5.3 PÉRDIDAS VOLUMÉTRICAS

5.4 PÉRDIDAS ORGÁNICAS

5.4.1. Pérdidas por rozamiento de disco y ventilación

5.4.2. Pérdidas mecánicas

5.4.3. Rendimiento orgánico

5.5 RENDIMIENTO TOTAL

---

## 5.6 EVOLUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS CON EL CAUDAL

### LECCIÓN 6ª Semejanza en Máquinas Hidráulicas

#### 6.1 INTRODUCCIÓN

#### 6.2 VARIABLES DEL PROBLEMA Y OBTENCIÓN DE PARÁMETROS

#### 6.3 PARÁMETROS ADIMENSIONALES MÁS SIGNIFICATIVOS. INTERPRETACIÓN FÍSICA

##### 6.3.1. Coeficiente de caudal

##### 6.3.2. Número de Reynolds

##### 6.3.3. Coeficiente de presión

#### 6.4 INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DEL RÉGIMEN DE GIRO EN LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

#### 6.5 INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MÁQUINA EN LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

#### 6.6 CURVAS CARACTERÍSTICAS ADIMENSIONALES

#### 6.7 CONCEPTO DE VELOCIDAD ESPECÍFICA

### LECCIÓN 7ª Selección e Instalación de bombas

#### 7.1 CURVA CARACTERÍSTICA DE LA INSTALACIÓN

#### 7.2 PUNTO DE FUNCIONAMIENTO Y DE DISEÑO

#### 7.3 ACOPLAMIENTO DE BOMBAS EN PARALELO

##### 7.3.1. Acoplamiento en paralelo de dos bombas iguales

##### 7.3.2. Acoplamiento en paralelo de dos bombas diferentes

#### 7.4 ACOPLAMIENTO DE BOMBAS EN SERIE

##### 7.4.1. Acoplamiento en serie de dos bombas iguales

##### 7.4.2. Acoplamiento en serie de dos bombas diferentes

#### 7.5 TORNEADO DEL RODETE

### LECCIÓN 8ª Regulación de bombas hidráulicas

#### 8.1 INTRODUCCIÓN

#### 8.2 VARIACIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DE LA RED

##### 8.2.1. Estrangulamiento con una válvula

##### 8.2.2. Apertura de una salida secundaria de descarga

##### 8.2.3. Introducción de aire en la aspiración

##### 8.2.4. Cierre de escalones en paralelo o paso a configuración en serie

#### 8.3 VARIACIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA

##### 8.3.1. Variación del régimen de giro del rodete

##### 8.3.2. Orientación de una corona directriz a la entrada del rodete

##### 8.3.3. Orientación de los álabes móviles

#### 8.4 COMPARACIÓN DE MÉTODOS

#### 8.5 VARIACIÓN SIMULTÁNEA DE AMBAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

### LECCIÓN 9ª Cavitación en turbomáquinas

#### 9.1 NATURALEZA DEL FENÓMENO

#### 9.2 PRESIÓN DE VAPOR Y CAVITACIÓN

#### 9.3 EFECTOS DE LA CAVITACIÓN EN TURBOMÁQUINAS

#### 9.4 ALTURA NETA DE ASPIRACIÓN: NPSH (NET POSITIVE SUCTION HEAD)

#### 9.5 DETERMINACIÓN DEL NPSH REQUERIDO

#### 9.6 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL NPSH REQUERIDO

---

## Programa Práctico

Los objetivos del programa de prácticas de "Máquinas Hidráulicas" son que el alumno pueda verificar experimentalmente los principios básicos de la teoría y realice ensayos de caracterización de turbomaquinaria hidráulica.

En la sesión de prácticas primero se presentan las prácticas a realizar y a continuación se realizan las prácticas en el laboratorio.

### PRÁCTICAS

1.-Ensayo de una bomba centrífuga.

2.-Curvas características de bombas acopladas en serie.

3.-Curvas características de bombas acopladas en paralelo.

4.-Ensayo de cavitación.

---

## Evaluación

Prácticas de laboratorio obligatorias.

Examen escrito:

Cuestiones teórico-prácticas.

Problemas.

---

MACINTYRE, A.J. (1987) Bombas e Instalacoes de Bombeamento edit. Guanabara.

El libro esta claramente dividido en dos partes. En la primera se revisan los principios de funcionamiento de las bombas de una forma completa aunque sin profundizar en las distintas teorías. La segunda parte está dedicada a describir diferentes disposiciones constructivas de bombas, agrupandolas según campos de aplicación. Es un libro claro y didáctico, aunque no comprende toda la extensión del programa actual. Sin embargo, puede ser muy útil para la asignatura de Máquinas Hidráulicas de los nuevos planes de estudio.

MATAIX, C. (1976) Turbomáquinas Hidráulicas edit. Dossat.

Es un libro que proporciona una buena visión en conjunto de la materia, versátil al no preestablecer un nivel inicial y al desarrollarse desde cuestiones elementales a temas avanzados. A lo largo de toda la obra hace énfasis en cálculos prácticos de ingeniería, presentando un gran número de tablas y gráficas.

PFLEIDERER, C. (1960) Bombas Centrífugas y Turbocompresores edit. Labor.

Este libro es un clásico dentro del campo de las turbomáquinas. Está dedicado a las bombas centrífugas y a los turbocompresores. A las máquinas axiales las dedica solo un capítulo y no estudia directamente las turbinas hidráulicas. Es un libro riguroso en el tratamiento de las diferentes teorías. Aporta numerosa información de carácter semiempírico y un buen numero de ejemplos resueltos. Es un magnifico libro de consulta, cuyo contenido en lo relativo a máquinas radiales sobrepasa el programa de la asignatura.

---