



## Programa de **MÁQUINAS PARA FLUIDOS II**

### **1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Máquinas para Fluidos II

### **2. CRÉDITOS**

12 créditos

### **3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Este curso complementa los conocimientos de máquinas hidráulicas brindados en Máquinas para Fluidos I en los siguientes aspectos:

Profundizando en los fundamentos de la operación de las turbomáquinas desde un punto de vista más general y riguroso.

Permitiendo el abordaje de problemas más profundos relacionados con la operación de las máquinas hidráulicas (regímenes transitorios, estabilidad, ruido).

Estudiando con más detalle temas de diseño y operación (pérdidas, empuje, rendimiento) para permitir realizar diseños básicos, reformas y adaptaciones de equipos.

Cubriendo tipos de máquinas no tratados anteriormente (turbinas hidráulicas, aerogeneradores).

### **4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

El curso tendrá una intensidad semanal de 6 horas de clase, distribuidas en la relación: 4 horas de teórico / 2 horas de ejercicios, laboratorios o visitas. Estas horas presenciales se complementan con aproximadamente 6 horas de dedicación personal semanal.

Se podrá realizar una o dos visitas guiadas a laboratorios de ensayo o instalaciones industriales, de asistencia no controlada.

En grupos de no más de 2 estudiantes se desarrollará el proyecto de diseño de una turbomáquina. Este trabajo será supervisado por uno a más docentes.

## 5. TEMARIO

1. Ecuaciones básicas de las turbomáquinas para fluido incompresible: Ecuaciones dinámicas en referenciales rotatorios. Ecuaciones termodinámicas. Flujo vorticoso. Capa límite y separación. Aplicación a pozos y cañerías de toma.
2. Complemento de máquinas centrífugas: Análisis detallado de las pérdidas. Diseño de rotor y difusor de álabes. Diseño de la voluta. Empuje axial y radial. Revisión de similitud y efectos de escala.
3. Máquinas axiales: Descripción de detalles constructivos. Perfiles, sustentación y empuje. Interacción fluido-álabe axial. Grilla de álabes. Flujo en el interior de la máquina. Cálculo de la carga teórica y del rendimiento hidráulico. Elementos de diseño.
4. Aerogeneradores: Tipos, descripción. Ley de Betz, interacción aire-máquina; introducción al diseño de turbinas eólicas, selección y sintonización al recurso eólico.
5. Turbinas hidráulicas: Descripción de los diversos tipos. Salto bruto y neto. Pérdidas y rendimientos. Regulación. Cavitación.
6. Fenómenos acústicos en turbomáquinas: Elementos de acústica, estimación de niveles de ruido en máquinas, insonorización.
7. Fenómenos transitorios en cañerías y en turbomáquinas: Golpe de ariete en conducciones. Procesos de arranque de turbomáquinas. Diagrama de operación en 4 cuadrantes. Fenómenos de inestabilidad en turbomáquinas (surge y stall).
8. Visitas a instalaciones industriales.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
Ecuaciones básicas de las turbomáquinas para fluido incompresible	(1, 3, 5)	
Complemento de máquinas centrífugas	(1, 3, 4, 5)	(10, 11, 12)
Máquinas axiales	(1, 2, 5)	(11, 12, 13)
Aerogeneradores	(1, 8)	(12, 14, 20)
Turbinas hidráulicas	(1, 6)	(15, 16, 17, 18, 19)
Fenómenos acústicos en turbomáquinas	(1, 3, 7)	
Fenómenos transitorios en cañerías y en turbomáquinas	(1, 2, 5, 9)	(11, 12, 13)

### 6.1 Básica

1. Apuntes editados por el IMFIA, actualizados periódicamente.
2. Cumpsty, N.A. (1989). Compressor Aerodynamics. UK: Longman Sci&Tech.
3. Gülich, J.F. (2014). Centrifugal Pumps. Berlín: Springer-Verlag.
4. Neumann, B. (1991). The interaction between Geometry and Performance of a Centrifugal Pump. London: Mech. Eng. Public. Limited.
5. Stepanoff, J. (1993). Centrifugal and Axial Flow Pumps. USA: Krieger Publ. Co.
6. Fritz, J.J. (1984). Small and mini hydropower systems. USA: McGraw-Hill Book Company,
7. Harris, C.M. (1995). Manual de medidas acústicas y control del ruido. España: Mc Graw-Hill.
8. Hansen, M.O.L. (2009). Aerodynamics of wind turbines. UK/USA: Earthscan.
9. J. Abreu; R. Guarga, J. Izquierdo (1995). Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión. Univ. de Coimbra, Univ. Polit.de Valencia, Univ. de la República.

### 6.2 Complementaria

10. Karassik, J. Messina, P. Cooper, C. Heald (2008). Pump Handbook. USA: Mc.Graw-Hill.
11. Brennen, C.E. (2011). Hydrodynamics of pumps. Cambridge University Press, USA.

12. Dixon, S.L., Hall, C.A. (2014): Fluid mechanics, thermodynamics of turbomachinery. 7ª Ed., Ed. Butterworth\_Heinemann, Oxford.
13. Lakshminarayana, B. (1996). Fluid Dynamics and heat transfer of turbomachinery. Wiley & Sons, New York
14. Det Norske Veritas and Riso Nat. Laboratory (2002). Guidelines for design of wind turbines. Denmark.
15. de Souza, Z., Henriques Moreira, A., da Costa, E. (2009). Centrais Hidrelétricas. Implantação e comissionamento. Rio de Janeiro: Edit. Interciência.
16. Zárate, F., Aguerre, C., Aguerre, R. (1987). Turbinas Michell-Banki: Criterios de diseño, selección y utilización. Univ. Nal. de La Plata, Argentina.
17. ESHA (European Small Hydropower Association), (2008). Guía para el desarrollo de una pequeña central Hidroeléctrica.
18. Norma IEC 60193 - 1999: Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines- Model acceptance tests.
19. Norma IEC 60041: 1991: Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines.
20. Norma IEC 61400-1: 2007: Wind turbines-Part 1: Design requirements.

## 7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

**7.1 Conocimientos Previos Exigidos:** Conocimientos avanzados de Mecánica de los Fluidos; buen dominio de la hidráulica. Conocimientos básicos de turbomáquinas y de máquinas para fluidos compresibles. Termodinámica (ecuaciones básicas, principios de conservación, procesos).

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:**

**ANEXO A**  
**Para todas las Carreras**

**A1) INSTITUTO**

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA)

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Semana 1	Tema 1 (6 hs de clase teórico).
Semana 2	Tema 1 (2 hs de clase práctico). Tema 2 (4 hs de clase teórico).
Semana 3	Tema 2 (4 hs de clase teórico - 2 hs de clase práctico).
Semana 4	Tema 3 (6 hs de clase teórico).
Semana 5	Tema 3 (4 hs de clase teórico - 2 hs de clase práctico).
Semana 6	Tema 3 (4 hs de clase teórico - 2 hs de clase práctico).
Semana 7	Tema 4 (6 hs de clase teórico).
Semana 8	Tema 4 (4 hs de clase teórico - 2 hs de clase práctico).
Semana 9	Tema 5 (6 hs de clase teórico).
Semana 10	Tema 5 (4 hs de clase teórico - 2 hs de clase práctico).
Semana 11	Tema 6 (6 hs de clase teórico).
Semana 12	Tema 6 (2 hs de clase teórico - 2 hs de clase práctico). Tema 7 (2 hs de clase teórico).
Semana 13	Tema 7 (4 hs de clase teórico - 2 hs de clase práctico).
Semana 14	Tema 7 (2 hs de clase teórico). Tema 8 (4 hs de visita)
Semana 15	Tema 7 (2 hs de clase práctico).

**A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

Los estudiantes, en grupos de no más de 2, realizarán un proyecto de diseño de una turbomáquina. Cada proyecto tendrá uno o dos docentes como tutores. Se espera que los estudiantes asistan a consulta con el/los docentes/s en forma periódica. Los proyectos contarán con pautas generales y específicas para el avance a lo largo del semestre.

Al promediar el curso, se deberá realizar la primera entrega del proyecto (cubriendo lo establecido en las pautas del proyecto), la cual será defendida mediante una presentación oral. Al finalizar el curso se deberá realizar la entrega final del proyecto (cubriendo lo establecido en las pautas del proyecto), la cual será defendida mediante una presentación oral.

Se realizará un examen final, con una parte práctica (re-entrega del proyecto) y otra parte teórica (preferiblemente oral).

Para alcanzar la exoneración parcial (de la parte práctica del examen), se deberá obtener un mínimo del 25% del puntaje asignado a cada entrega del proyecto, y como suma de los puntajes obtenidos en ambas entregas, un mínimo del 60% de la suma de puntajes asignados a ambas entregas.

No se puede alcanzar la exoneración total del examen.

#### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

No se puede acceder a la Calidad de Libre.

#### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

No tiene cupos.

**ANEXO B para las carreras Ingeniería Industrial Mecánica e Ingeniería Naval**

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Fluidos y Energía.

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso:

Física Térmica (Examen)  
Mecánica de los Fluidos (Examen)  
Máquinas para Fluidos I (Curso)

Examen:

Máquinas para Fluidos I (Examen)  
Máquinas para Fluidos II (Curso)

**ANEXO B para la carrera de Ingeniería Civil.**

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Mecánica de los Fluidos e Hidrología.

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

- curso:  
Examen de Física Térmica,  
Examen de Mecánica de los Fluidos,  
Curso de Máquinas para Fluidos 1.
  
- examen:  
Examen de Máquinas para Fluidos 1  
Curso de Máquinas para Fluidos 2.

APROB. RES. CONSEJO DE FAC. ING.

RECIBO 27/03/2019 EXP 060100-000933-10