



POLITÉCNICA

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**53001050 - Energía hidráulica**

### PLAN DE ESTUDIOS

05AX - Master Universitario en Ingeniería de la Energía

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2017-18 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos .....	1
2. Profesorado .....	1
3. Conocimientos previos recomendados .....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje .....	2
5. Descripción de la asignatura y temario .....	4
6. Cronograma .....	6
7. Actividades y criterios de evaluación .....	8
8. Recursos didácticos .....	11
9. Otra información .....	11

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1 Datos de la asignatura

<b>Nombre de la Asignatura</b>	53001050 - Energia hidraulica
<b>Nº de Créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Hydraulic power
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05AX - Master Universitario en Ingenieria de la Energia
<b>Centro en el que se imparte</b>	Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales
<b>Curso Académico</b>	2017-18

## 2. Profesorado

---

### 2.1 Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías*</b>
Juan Luis Prieto Ortiz	14	juanluis.prieto@upm.es	M - 16:00 - 20:00 J - 16:00 - 18:00 Pedir cita por Email
Fernando Jaime Manuel Martin (Coordinador/a)	2	fernando.manuel.martin@upm.es	M - 10:30 - 14:30 X - 12:30 - 14:30 Pedir cita por Email

Javier Garcia Garcia	8	javier.garciag@upm.es	L - 08:30 - 11:00 X - 08:30 - 11:00 J - 11:30 - 12:30 Solicitar tutoría por Email
----------------------	---	-----------------------	---

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

#### 3.1 Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de la Energía no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

#### 3.2 Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Mecánica de fluidos
- Conocimientos básicos de programación (Matlab u otros)
- Cálculo diferencial e integral

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1 Competencias que adquiere el estudiante al cursar la asignatura

CE 1 - Ser capaz de aplicar conocimientos y capacidades a estudiar, analizar y auditar programas de optimización energética en los diferentes sectores industriales, residenciales, domésticos, plantas de potencia y a la industria térmica y de fluidos en general, en los ámbitos de la eficiencia, la diversificación y la reducción de su impacto en el medio ambiente.

CE 2 - Utilizar habilidades y aplicar conocimientos para calcular, diseñar y analizar máquinas térmicas e hidráulicas en su aplicación a los diferentes sectores de las energías convencionales, renovables y nucleares, actuales y futuras

CE 26 - Evaluar el potencial energético de las fuentes de energía renovable: radiación solar, recurso eólico,

recurso hidráulico, potencial energético de la biomasa, recurso energético marino, etc.; a partir de las bases de datos meteorológicas

CE 27 - Diseñar sistemas de energías renovables, para aplicaciones diversas y complejas, dentro de contextos multidisciplinares analizando de forma crítica las implicaciones ambientales

CE 28 - Analizar el comportamiento energético de los sistemas de energías renovables determinando y aplicando criterios innovadores de optimización energética, económica y ambiental

CE 3 - Utilizar las herramientas necesarias para el diseño y análisis de sistemas de generación, transformación y utilización de energías mecánicas, eléctricas, térmicas e hidráulicas

CE 30 - Aplicar metodologías de diseño, simulación y análisis de los componentes y sistemas de energías renovables: solares, eólicos, hidráulicos, de biomasa, de energías marinas y otras energías renovables; para contribuir a su desarrollo tecnológico y a su competitividad con otras tecnologías energéticas

CE 34 - Analizar una instalación y establecer criterios de mejora energética y económica.

CE 4. - Disponer de habilidades, criterios y conocimientos para investigar, desarrollar e innovar en el campo de las máquinas térmicas y de fluidos, en los sistemas de producción de calor y frío, en sus aplicaciones a los sectores del transporte, residencial, plantas de potencia y a la industrial térmica y de fluidos en general en el ámbito industrial y residencial.

CE 9. - Integrar conocimientos, formular juicios y comunicar sus conclusiones en el marco conceptual en que se basan, tanto a expertos como no expertos en el diseño, control y aplicación de nuevas técnicas de generación de energía no convencionales como pilas de combustible y vectores energéticos como el hidrógeno.

CG 1 - Aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías avanzadas a la práctica profesional o investigadora de la Ingeniería Energética.

CG 2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos energéticos, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales avanzadas

CG 3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos multidisciplinares de la Ingeniería Energética.

CG 5 - Comprender el impacto de la Ingeniería Energética en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG 6. - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones (y los conocimientos y razones últimas que las sustentan), de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin

ambigüedades.

CG 7 - Poseer habilidades de aprendizaje que le permitan continuar estudiando, de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, para su adecuado desarrollo profesional o como investigador

## 4.2 Resultados del aprendizaje al cursar la asignatura

RA95 - Diseño turbinas CFD

RA178 - Cavitación en máquinas hidráulicas

RA180 - regulación de máquinas hidráulicas

RA183 - Semejanza en máquinas hidráulicas

RA182 - Turbinas hidráulicas

RA179 - bombas centrífugas

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1 Descripción de la asignatura

La asignatura "Energía Hidráulica" nace como un esfuerzo por acercar a los graduados de Ingeniería a una fuente de energía renovable muy importante dentro del panorama energético mundial..

La familiaridad con la maquinaria e instalaciones propias de este tipo de energías, su diseño fundamental, el uso de herramientas computacionales empleadas efectivamente en la industria, la claridad de exposición, o el auto-aprendizaje y revisión bibliográfica, forman parte del conjunto de capacidades que el alumno ha de adquirir para superar satisfactoriamente la asignatura.

El temario se estructura en dos partes, la primera parte del temario se dedica a las instalaciones de aprovechamiento y a la infraestructura de una central hidroeléctrica . La segunda parte se dedica al diseño unidimensional de la maquinaria, radial y axial; a la descripción del funcionamiento de la maquinaria e instalaciones y su acoplamiento al sistema eléctrico; a los métodos diseño de los tipos más importantes de turbinas hidráulicas: Francis, Kaplan, Pelton; y al empleo de herramientas de CFD ('Computational Fluid Dynamics') como instrumento de análisis y optimización del diseño de la maquinaria.

## 5.2 Temario de la asignatura

1. MODULO 1: Información general de la asignatura
  - 1.1. Tema 1: Información general de la asignatura
2. MODULO 2: Energía Hidráulica y Centrales Hidroeléctricas
  - 2.1. Tema 2: Introducción a la Energía Hidráulica y las Centrales Hidroeléctricas
  - 2.2. Tema 3: El Recurso Hidráulico
  - 2.3. Tema 4: Aprovechamiento del Recurso Hidráulico: caudal instalado, potencia instalada, energía producible
  - 2.4. Tema 5: Desarrollo Histórico de los Aprovechamientos Hidroeléctricos
  - 2.5. Tema 6: Ventajas y Desventajas de los Aprovechamientos Hidroeléctricos
  - 2.6. Tema 7: Clasificación de los Aprovechamientos Hidroeléctricos. Componentes principales.
  - 2.7. Tema 8: Nociones sobre diseño de los componentes principales de los Aprovechamientos Hidroeléctricos.
    - 2.7.1. Presas, Azudes, Toma, Canales, Cámara de carga, Tuberías, Chimenea de equilibrio, etc.
3. MODULO 3: Diseño de Turbinas Hidráulicas
  - 3.1. Tema 9: Máquina Hidráulica: definición
  - 3.2. Tema 10: Clasificación de las Máquinas Hidráulicas
  - 3.3. Tema 11: Turbinas Hidráulicas para Aprovechamientos Hidroeléctricos
  - 3.4. Tema 12: Teoría Unidimensional para Turbomáquinas Radiales: Consideraciones Energéticas, Alturas, Potencias y Rendimientos
  - 3.5. Tema 13: Semejanza en Máquinas Hidráulicas. Concepto de velocidad específica.
  - 3.6. Tema 14: Curvas de Funcionamiento.
  - 3.7. Tema 15: Cavitación y Parámetro de Thoma
  - 3.8. Tema 16: Nociones de Diseño de Turbinas Pelton
  - 3.9. Tema 17: Nociones de Diseño de Turbinas Francis
  - 3.10. Tema 18: Nociones de Diseño de Turbinas Kaplan
4. MODULO 4: Aplicación de Herramientas de Cálculo Numérico y CFD al diseño de Máquinas Hidráulicas
  - 4.1. Tema 19: Diseño de Turbinas Hidráulicas por CFD: NUMECA

## 6. Cronograma

### 6.1 Cronograma de la asignatura\*

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades de Evaluación
1	<b>Temas 1 y 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Temas 3 y 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Temas 5 y 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Temas 7 y 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Temas 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Tema 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Tema 8</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Trabajo del alumno</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 04:00
8	<b>Temas 9 y 10</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00
9	<b>Temas 11 y 12</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	<b>Tema 12</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Temas 13 y 14</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>Tema 15</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
13	<b>Temas 16, 17 y 18</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			



14	<b>Tema 19: Clase en el aula de informática para el empleo del CFC Numeca</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo del alumno</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 04:00
15				
16				
17				<b>Examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00  <b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1 Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1 Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Trabajo del alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	10%	5 / 10	CE 27 CE 3 CG 5 CE 28 CE 26
8	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	5 / 10	CG 1 CG 3 CE 1 CE 34 CE 3 CG 7 CG 5 CE 26
14	Trabajo del alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	10%	5 / 10	CG 1 CG 2 CE 1 CG 6. CE 30 CE 34 CE 3 CG 7 CG 5 CE 2 CE 4.
17	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CG 1 CG 2 CE 1 CG 6. CE 30 CE 34 CG 7 CG 5 CE 2 CE 4.

#### 7.1.2 Evaluación sólo prueba final

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG 1 CG 2 CG 3 CE 1 CE 27 CG 6. CE 30 CE 34 CE 3 CG 7 CG 5 CE 2 CE 4. CE 28 CE 26

### 7.1.3 Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2 Criterios de Evaluación

### Procedimiento de evaluación

Para los alumnos que se acojan a la evaluación continua, se ponderará la nota adquirida por este procedimiento de la siguiente forma:

- 80% de la nota final: Dos pruebas parciales, una durante el curso y la otra coincidiendo con el examen final de la asignatura. El contenido de cada parcial se centrará en una parte del temario: centrales hidroeléctricas para la primera prueba, y turbinas hidráulicas para la segunda; si bien se necesitarán (y podrán solicitarse) los conocimientos generales adquiridos hasta ese momento en la asignatura. La nota mínima exigible en cada una de las dos pruebas parciales es de 4.
- 20% de la nota final: Ejercicios planteados por los profesores de la asignatura que los alumnos deben entregar antes del segundo parcial para beneficiarse de este procedimiento de evaluación

La opción de evaluación continua, que requiere un esfuerzo y participación activa por parte del alumno, sólo es posible si se cumplen las dos condiciones siguientes:

1. El alumno ha solicitado, en un plazo indicado por el profesor desde el comienzo del curso, acogerse a la evaluación continua.
2. El alumno ha superado la primera prueba parcial con una nota superior al 4.

En el caso en que no se verifique alguna de las condiciones anteriores, el alumno automáticamente pasa a la opción de evaluación final, en el que todos los conocimientos mostrados a lo largo del curso son exigibles en un único examen final. El aprobado se obtiene, en este caso, con una nota igual o superior al 5.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1 Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes de la asignatura	Otros	Apuntes de la asignatura disponibles en Moodle.

## 9. Otra información

---

### 9.1 Otra información sobre la asignatura

### Bibliografía

**Mecánica de Fluidos Crespo, A** Editorial Thomson, 2006 **Teoría y Problemas de Máquinas Hidráulicas A. Viedma Robles, B. Zamora Parra** , 2002 (ISBN: 9788493165048) **Teoría y Problemas de Máquinas Hidráulicas A. Viedma Robles, B. Zamora Parra** , 2002 (ISBN: 9788493165048) **Turbomáquinas Hidráulicas Claudio Mataix** Editorial ICAI, 2011 **Problemas de Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas Julio Hernández, Antonio Crespo** Editorial UNED, 1996 **Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery S.L. Dixon** Editorial Elsevier, 2010 **Hydraulic Machines: Turbines and Pumps G. Krivechenko** Editorial CRC Press, 1994; **"Saltos Hidroeléctricos: Conceptos Básicos y Aplicaciones"** Castor Javier García Alarcón, Delta (ISBN 978849295), **"Aprovechamientos hidroeléctricos"** Luis Cuesta Diego y Eugenio Vallarino, (ISBN: 9788438001677)