



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**53001049 - Energia Eolica**

### PLAN DE ESTUDIOS

05AX - Master Universitario en Ingenieria de la Energia

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53001049 - Energia Eolica
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<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 responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Javier Garcia Garcia	8	javier.garciag@upm.es	Sin horario. Solicitar cita en clase o por email
Juan Luis Prieto Ortiz	14	juanluis.prieto@upm.es	Sin horario. Solicitar cita en clase o por email

Emilio Migoya Valor (Coordinador/a)	4	emilio.migoya@upm.es	M - 11:00 - 12:30 M - 17:00 - 18:30 X - 11:00 - 12:30 X - 17:00 - 18:15 Solicitar cita en clase o por email
--	---	----------------------	--

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

### 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Antonio Crespo	crespo@etsii.upm.es	Emerito ETSII-UPM
Jorge Navarro Montesinos	jorge.navarro@ciemat.es	CIEMAT

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

- Aerogeneradores Y Parques Eolicos

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

- Sistemas de unidades
- Estadística básica
- Máquinas eléctricas
- Mecánica de fluidos
- Manejo de excel o códigos de programación
- Cálculo

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

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

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

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 8 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas avanzadas de la Ingeniería Energética en sus actividades profesionales o investigadoras.

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA14 - Comprensión de los fundamentos aerodinámicos del funcionamiento de los modernos aerogeneradores

RA13 - Capacidad para evaluar el potencial eólico de un emplazamiento tanto en sus fases de anteproyecto como de diseño

RA12 - Conocimientos generales de energía eólica

RA15 - Capacidad de fijar los criterios básicos que permiten determinar y dimensionar el mejor aerogenerador para un determinado emplazamiento, incluyendo la evaluación de la idoneidad del mismo según la turbulencia total que soporte la máquina.

RA16 - Conocimientos que permitan diseñar la disposición de los aerogeneradores en un parque eólico en función del recurso eólico disponible y la interferencia de las estelas generadas

RA17 - Capacidades generales para el desarrollo de la actividad profesional en investigación de parques eólicos

RA18 - Analizar e interpretar el comportamiento energético de los sistemas de energía eólica a partir de modelos teóricos

RA19 - Diseñar sistemas de energía eólica para distintas aplicaciones

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura aporta conocimientos que capacitan al alumno para entender el funcionamiento y la problemática de los aspectos aerodinámicos y mecánicos de las aeroturbinas y para juzgar e interpretar la normativa correspondiente. Así mismo se espera que el alumno salga capacitado para integrarse en tareas de anteproyecto y posterior diseño de aeroturbinas. También se trata de que el alumno conozca las características del viento y la influencia en el mismo de la topografía y de las estelas, adquiriendo conocimientos necesarios para la estimación de los recursos eólicos. Se presta especial atención al diseño y configuración del parque en cuanto al posicionamiento de los aerogeneradores en el terreno en función del recurso eólico disponible y las estelas que unos aerogeneradores generen sobre el resto. También se trata de conocer las cargas no permanentes sobre las aeroturbinas debidas a la turbulencia del viento, que condicionan la vida de las mismas.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción y características generales del viento
2. Modelos de recurso eólico
  - 2.1. Correlaciones
  - 2.2. Modelos linealizados
  - 2.3. Modelos de conservación de masa
  - 2.4. CFD
3. Aerodinámica
  - 3.1. Curva de potencia
4. Cálculo energético
5. Programas comerciales de estimación del recurso
  - 5.1. WAsP
  - 5.2. WindSim
  - 5.3. Fluent
6. Cálculo de máquinas, diseño y optimización
  - 6.1. Aerodinámica y cargas
  - 6.2. Bladed

## 7. Estelas

### 7.1. UPMPARK

## 8. Predicción

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Teoría tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Teoría tema 1</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Trabajo del alumno</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
2	<b>Teoría tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Teoría tema 1</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Trabajo del alumno</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:30  <b>Trabajo del alumno</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:30
3	<b>Teoría tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Teoría tema 2</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Trabajo del alumno</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:30
4	<b>Teoría tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica de laboratorio</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Teoría tema 3</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica virtual de laboratorio</b> Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
5	<b>Teoría tema 4 y 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Teoría tema 4 y 5</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Trabajo del alumno</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
6		<b>Clase en aula informática para el empleo del WAsP</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Clase en aula informática virtual para el empleo del WAsP</b> Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Trabajo del alumno</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:30
7	<b>Teoría tema 5.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Teoría tema 5.3</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	



8	<b>Teoría tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Teoría tema 6</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
9	<b>Teoría tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Clase en aula informática para el empleo del WAsP</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Teoría tema 6</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Clase en aula informática virtual para el empleo del WAsP</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	
10		<b>Clase en aula informática para el empleo del Bladed</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Clase en aula informática virtual para el empleo del Bladed</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Trabajo del alumno</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:30
11		<b>Clase en aula informática para el empleo del WAsP</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Clase en aula informática virtual para el empleo del WAsP</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Memoria de la práctica de laboratorio</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 02:30
12	<b>Teoría tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Teoría tema 7</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
13		<b>Clase en aula informática para el empleo del UPMPARK</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Clase en aula informática virtual para el empleo del UPMPARK</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	
14	<b>Teoría tema 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Teoría tema 8</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Trabajo del alumno</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 06:00
15				
16				
17				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00  <b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00  <b>Examen virtual final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:00  <b>Examen virtual final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 00:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del

plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 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
1	Trabajo del alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	3.58%	/ 10	CE 26
2	Trabajo del alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:30	3.57%	/ 10	CE 26
2	Trabajo del alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:30	3.57%	/ 10	CG 1
3	Trabajo del alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:30	3.57%	/ 10	CE 26
5	Trabajo del alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	3.57%	/ 10	CE 26
6	Trabajo del alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:30	3.57%	/ 10	CE 26 CG 1 CG 3
10	Trabajo del alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:30	3.57%	/ 10	CG 1 CG 8 CG 3
11	Memoria de la práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	02:30	10%	/ 10	CG 1 CG 8

14	Trabajo del alumno	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	06:00	25%	/ 10	CE 26 CG 1 CG 8 CG 3
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	/ 10	CG 1 CG 3
17	Examen virtual final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:00	0%	/ 10	

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
11	Memoria de la práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	02:30	10%	/ 10	CG 1 CG 8
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CG 8 CG 3 CE 26 CG 1
17	Examen virtual final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:00	0%	5 / 10	

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Tanto en la evaluación continua como en la evaluación por examen final, los alumnos deberán obligatoriamente realizar las prácticas y entregar una memoria con los resultados y conclusiones de las mismas (10% de la nota).

En la evaluación continua se plantea, como trabajo fundamental a hacer en grupos de dos alumnos, la selección de las ubicaciones óptimas de los aerogeneradores de un parque eólico mediante el programa WAsP (25% de la nota). Puesto que el WAsP es una caja negra en cuanto a los cálculos, a lo largo del curso se irán planteando ejercicios individuales más cortos correspondientes a esos cálculos internos del programa (25% de la nota). En el examen de junio, los alumnos que vayan por evaluación continua, sólo tendrán que examinarse de la parte de la asignatura no evaluada en los ejercicios anteriormente mencionados (40% de la nota). Es decir, tendrán que examinarse de:

2.4) Modelos de recurso eólico: CFD

3) Aerodinámica y curva de potencia.

6.1) Cálculo de máquinas, diseño y optimización: Aerodinámica y cargas

7) Estelas.

8) Predicción.

El examen por evaluación por prueba final incluirá todo el temario. Se deberá obtener en dicho examen una nota mínima de 5. La nota de la asignatura en la evaluación por prueba final será un 90% la nota del examen y un 10% la nota de prácticas.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Básica 1	Bibliografía	Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica. J. L. Rodríguez, J. C. Burgos y S. Arnalte. Editorial Rueda SL, 2003.  
Básico 2	Bibliografía	Energías Renovables para el desarrollo (Capítulo 5º: La Energía Eólica). J. M. De Juana. Editorial Thomson-Paraninfo, 2003.
Moodle	Recursos web	Presentaciones, trabajos,...
Tutorial	Recursos web	<a href="http://www.windpowerwiki.dk/">http://www.windpowerwiki.dk/</a>
Complementaria 1	Bibliografía	Wind energy explained. J.F.Manwell, J.G. MCGowan, A.L. Rogers, John Wiley & Sons, 2009
Complementaria 2	Bibliografía	Wind energy conversión system. L.L. Freris. Editorial Prentice Hall, 1990.
Complementaria 3	Bibliografía	Wind energy handbook. T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi. Editorial John Wiley & Sons, 2001
Complementaria 4	Bibliografía	Wind Turbine Technology. D. A. Spera. ASME PRESS, 1994.
Complementaria 5	Otros	Revistas: Journal of wind energy, Journal of wind engineering and industrial aerodynamics.....
Normativa	Otros	Normativa IEC 61400
Laboratorio	Equipamiento	Práctica de laboratorio

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Las presente guía se ha realizado en el supuesto que la actividad académica en el segundo semestre será presencial. En caso de que no fuese así, toda la actividad se pasaría al formato online en el momento que fuese necesario respetando el cronograma, actividades y la forma de evaluación. Se emplearían los siguientes medios y procedimientos:

- \* En todos los casos, los trabajos se entregarán a través de Moodle en el periodo indicado en dicha aplicación.
- \* Las clases en la modalidad online se darían mediante TEAMS.
- \* En el caso de modalidad online, los exámenes tendrán el mismo formato que en el caso presencial pero el envío y entrega será mediante el email oficial de la universidad con supervisión visual a través de Zoom.

-----

SE RECOMIENDA DISPONER DE UN ORDENADOR PERSONAL. En caso contrario, podrán hacerse las prácticas en las aulas informáticas (presencial o virtualmente) de la escuela previa petición.

-----

Son varios los ODS, metas e indicadores que, de una u otra manera, pueden tratarse con la asignatura:

ODS 7 Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos

Meta 7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

Indicador 7.1.1 Proporción de la población con acceso a la electricidad

Indicador 7.1.2 Proporción de la población cuya fuente primaria de energía consiste en combustibles y tecnología limpios

Meta 7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de

fuentes energéticas.

Indicador 7.2.1 Proporción de la energía renovable en el consumo final total de energía

ODS 8 Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.

Meta 8.2 Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra.

Indicador 8.2.1 Tasa de crecimiento anual del PIB real por persona empleada

Meta 8.4 Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados.

Indicador 8.4.1 Huella material en términos absolutos, huella material per cápita y huella material por PIB

ODS 12 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

Meta De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.

Indicador 12.2.1 Huella material en términos absolutos, huella material per cápita y huella material por PIB

Indicador 12.2.2 Consumo material interior en términos absolutos, consumo material interior per cápita y consumo material interior por PIB