



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

53002021 - Energía Eólica

PLAN DE ESTUDIOS

05BK - Master Universitario En Ingeniería De La Energía

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - 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.....	5
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	53002021 - Energía Eólica
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05BK - Master Universitario en Ingeniería de la Energía
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2021-22

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
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 EÓlicos
- Fundamentos De Energías Renovables

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

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CE1 - 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.

CE10 - Evaluar el potencial energético de las fuentes de energía renovable: radiación solar, recurso eólico, recurso hidráulico, potencial energético de la biomasa, recurso energético marino, geotérmico, etc.; a partir de las bases de datos meteorológicas y recursos naturales.

CE11 - Analizar el comportamiento energético y control de los sistemas de energías renovables determinando y aplicando criterios innovadores de optimización energética, económica y ambiental, aplicando metodologías de diseño, simulación y análisis de los componentes y sistemas de energías renovables: solares, eólicos, hidráulicos, de biomasa, de energías marinas, geotérmicas y otras energías renovables; para contribuir a su desarrollo tecnológico y a su competitividad con otras tecnologías energéticas.

CE3 - Utilizar las herramientas necesarias para el diseño y análisis de sistemas de generación, transformación, almacenamiento y utilización de energías nucleares, mecánicas, eléctricas, térmicas e hidráulicas.

CG1 - Aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías avanzadas a la práctica profesional o investigadora de la Ingeniería Energética.

CG8 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas avanzadas de la Ingeniería Energética en sus actividades profesionales o investigadoras.

CT1 - Aplica. Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.

CT11 - Usa herramientas. Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería.

CT4 - Trabaja en equipo. Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.

CT5 - Resuelve. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

CT9 - Se actualiza. Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA7 - Capacidades generales para el desarrollo de la actividad profesional en investigación de parques eólicos

RA10 - 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

RA3 - Conocimientos generales de energía eólica

RA8 - Analizar e interpretar el comportamiento energético de los sistemas de energía eólica a partir de modelos teóricos

RA4 - 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.

RA9 - Diseñar sistemas de energía eólica para distintas aplicaciones

RA1 - Comprensión de los fundamentos aerodinámicos del funcionamiento de los modernos aerogeneradores

RA2 - Capacidad para evaluar el potencial eólico de un emplazamiento tanto en sus fases de anteproyecto como de diseño

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura es una introducción al estudio de la energía eólica para alumnos que no tengan conocimientos previos de dicho tipo de energía. 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
 - 3.2. Cálculo de máquinas, diseño y optimización
 - 3.3. Bladed
4. Cálculo energético
5. Programas comerciales de estimación del recurso
 - 5.1. WAsP
 - 5.2. WindSim
 - 5.3. Fluent

6. Estelas

6.1. UPMPARK

7. Predicción

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Teoría tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Teoría tema 1 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo del alumno Rosa de vientos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:30
2	Teoría tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Teoría tema 1 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo del alumno Viento geostrófico TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
3	Teoría tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Teoría tema 1 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo del alumno Viento extremo TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
4	Teoría tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Teoría tema 2 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo del alumno Modelo linealizado TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
5	Teoría tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Teoría tema 2 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
6	Teoría tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Teoría tema 3 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7	Teoría tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Teoría tema 3 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
8	Teoría tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de laboratorio Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Teoría tema 3 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Práctica virtual de laboratorio Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
9		Clase en aula informática para el empleo del Bladed Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	Clase en aula informática virtual para el empleo del Bladed Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	Trabajo del alumno Bladed TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00

10	<p>Teoría tema 4 y 5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Teoría tema 4 y 5 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Trabajo del alumno Cálculo energético TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:30</p>
11		<p>Clase en aula informática para el empleo del WAsP Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>Clase en aula informática virtual para el empleo del WAsP Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>Trabajo del alumno Fichero tab TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:30</p>
12	<p>Teoría tema 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Clase en aula informática para el empleo del WAsP Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Teoría tema 6 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase en aula informática virtual para el empleo del WAsP Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
13		<p>Clase en aula informática para el empleo del UPMPARK Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Clase en aula informática para el empleo del WAsP Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>Clase en aula informática virtual para el empleo del UPMPARK Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Clase en aula informática virtual para el empleo del WAsP Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
14	<p>Teoría tema 7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Teoría tema 7 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Memoria de la práctica de laboratorio TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 02:00</p> <p>Trabajo del alumno Ejercicio WAsP TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 06:00</p>
15				
16				
17				<p>Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p> <p>Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p> <p>Examen virtual final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p> <p>Examen virtual final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final</p>

				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 Rosa de vientos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:30	6%	/ 10	CT1 CB7
2	Trabajo del alumno Viento geostrofico	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	3%	/ 10	CT1 CB7
3	Trabajo del alumno Viento extremo	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	3%	/ 10	CB7 CT1 CE3
4	Trabajo del alumno Modelo linealizado	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	3%	/ 10	CB7 CT1
9	Trabajo del alumno Bladed	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	4%	/ 10	CG8 CT1 CE3 CB7 CT9 CT11 CG1 CE11 CT5
10	Trabajo del alumno Cálculo energético	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:30	3%	/ 10	CT1 CE1 CB7 CE10
11	Trabajo del alumno Fichero tab	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:30	3%	/ 10	CT1 CB7

14	Memoria de la práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	02:00	10%	5 / 10	CG1 CT1 CE3 CB7 CT11 CE11 CT4 CT5
14	Trabajo del alumno Ejercicio WAsP	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	06:00	25%	/ 10	CG1 CG8 CT1 CE1 CE3 CB7 CT9 CT11 CE10 CE11 CT4 CT5
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	/ 10	CG1 CG8 CT1 CE1 CB7 CT9 CE10 CE11
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
14	Memoria de la práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	02:00	10%	5 / 10	CG1 CT1 CE3 CB7 CT11 CE11 CT4 CT5
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CG8 CT1 CE1 CB7 CT9 CE10 CE11 CG1

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 y nota mínima 5/10).

En la evaluación continua es obligatoria la asistencia a clase, permitiéndose únicamente un a falta sin justificar (1 falta). En esta evaluación 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:

3) Aerodinámica

6) Estelas.

7) Predicción.

En la evaluación por examen final no es obligatoria la asistencia a clase. 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	http://www.windpowerwiki.dk/
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