

24-25

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA EÓLICA (PLAN 2024)

CÓDIGO 28010307

Aviso: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada  
mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/validar>



62CB9FDD9A03997901FD716737F30761

24-25

SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE  
ENERGÍA EÓLICA (PLAN 2024)

CÓDIGO 28010307

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
IGUALDAD DE GÉNERO

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



62CB9FDD9A03997901FD716737F30761

|                           |                                                                   |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Nombre de la asignatura   | SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA EÓLICA (PLAN 2024)         |
| Código                    | 28010307                                                          |
| Curso académico           | 2024/2025                                                         |
| Título en que se imparte  | MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES |
| Tipo                      | CONTENIDOS                                                        |
| Nº ETCS                   | 5                                                                 |
| Horas                     | 125                                                               |
| Periodo                   | SEMESTRE 1                                                        |
| Idiomas en que se imparte | CASTELLANO                                                        |

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura *Sistemas de aprovechamiento de energía eólica*, de carácter optativo, es una de las cinco asignaturas ofertadas desde el Departamento de Mecánica dentro del *Máster Universitario en Investigación en Tecnologías Industriales*. La asignatura tiene como objeto completar y ampliar los conocimientos adquiridos por los alumnos durante sus estudios de grado en materias relacionadas con aerodinámica (estudiada a nivel introductorio en asignaturas de mecánica de fluidos), máquinas de fluidos e ingeniería energética. También permitirá a los estudiantes profundizar en los conocimientos aprendidos en asignaturas más específicas relacionadas con la energía eólica.

Esta asignatura se oferta desde el itinerario de Ingeniería Mecánica y da acceso a la línea de investigación Energía eólica de dicho itinerario. También puede cursarse como una asignatura optativa desde los itinerarios Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control, Ingeniería Energética y Tecnologías Aplicadas al Medioambiente.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Para iniciar el estudio del curso son necesarios conocimientos previos de mecánica de fluidos y máquinas de fluidos. A medida que se avance en el estudio, puede resultar necesario repasar algunos conceptos generales, las ecuaciones de conservación en forma integral y conceptos sobre turbulencia. Si dichos conocimientos previos son limitados, debe consultarse con el equipo docente para recibir orientaciones precisas que permitan enfocar el estudio de forma adecuada.

## EQUIPO DOCENTE

|                    |                                                          |
|--------------------|----------------------------------------------------------|
| Nombre y Apellidos | JULIO HERNANDEZ RODRIGUEZ                                |
| Correo Electrónico | jhernandez@ind.uned.es                                   |
| Teléfono           | 91398-6424                                               |
| Facultad           | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES                 |
| Departamento       | MECÁNICA                                                 |
| Nombre y Apellidos | PABLO JOAQUIN GOMEZ DEL PINO (Coordinador de asignatura) |
| Correo Electrónico | pgomez@ind.uned.es                                       |
| Teléfono           | 91398-7987                                               |

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/validar>



Facultad  
Departamento

ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES  
MECÁNICA

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán a través del curso virtual. También se pueden realizar consultas presenciales a los profesores del equipo docente en el siguiente horario:

### **D. Pablo Gómez del Pino**

Miércoles, de 10 a 14 h.

Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales. Despacho 1.38

Tel.: 91 398 7987

Correo electrónico: pgomez@ind.uned.es

### **D. Julio Hernández Rodríguez**

Lunes, de 16,00 a 20,00 h.

Depto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 1.45

Tel.: 91 398 64 24

Correo electrónico: jhernandez@ind.uned.es

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### COMPETENCIAS

CP1 Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos; habilidades en investigación; y creatividad.

CP2 Cuantificar los beneficios y costes de las tecnologías industriales bajo estudio.

CP3 Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CP4 Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

### CONOCIMIENTOS O CONTENIDOS

C1 Adquirir el conocimiento de los métodos y técnicas de investigación.

C2 Evaluar el impacto medioambiental de las tecnologías industriales bajo estudio.

C3 Elaborar y tratar modelos matemáticos que representen el comportamiento de los sistemas industriales.

C5 Tomar conciencia de la importancia de la adquisición del conocimiento científico a la luz de la teoría de la ciencia actual, así como de la diversidad metodológica.

C6 Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



62CB9FDD9A03997901FD716737F30761

originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

### HABILIDADES O DESTREZAS

H1 Desarrollar capacidad de análisis y síntesis de la información científico-técnica.

H2 Adquirir destrezas en la búsqueda y gestión bibliográfica y documental.

H3 Desarrollar capacidad de razonamiento crítico.

H4 Desarrollar habilidades técnicas, de análisis y síntesis: resolución de problemas, toma de decisiones y comunicación de avances científicos.

H5 Planificar las actividades de investigación.

H6 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.

H7 Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS

CP1 Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos; habilidades en investigación; y creatividad.

CP2 Cuantificar los beneficios y costes de las tecnologías industriales bajo estudio.

CP3 Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CP4 Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

### CONTENIDOS

#### 1. Introducción. Desarrollo histórico y estado actual. Tipos de aeroturbinas

1.1. Evolución histórica de los sistemas de aprovechamiento de energía eólica

1.2. Situación de la energía eólica en España

1.3. Tipos de aeroturbinas y componentes

1.3.1. Clasificación según la potencia nominal

1.3.2. Clasificación según la orientación del eje de la aeroturbina

#### 2. Características del viento, datos meteorológicos y potencial eólico

2.1. Las capas de la atmósfera

2.2. Propiedades termodinámicas de la atmósfera



- 2.3. Movimiento del aire en la atmósfera
  - 2.3.1. Movimiento a gran escala. Viento geostrófico
  - 2.3.2. Vientos locales
- 2.4. Variabilidad temporal del viento
- 2.5. Características de la capa límite atmosférica
- 2.6. Potencial eólico

### 3. Aerodinámica de turbinas de eje horizontal

- 3.1. Potencia extraída del viento. Teoría del disco actuador
- 3.2. Teoría del disco actuador con estela giratoria
- 3.3. Teoría del elemento de pala
  - 3.3.1. Flujo irrotacional bidimensional alrededor de perfiles aerodinámicos
  - 3.3.2. Coeficientes de resistencia y sustentación en un perfil aerodinámico
  - 3.3.3. Análisis dinámico del elemento de pala

### 4. Actuaciones y curvas características de aeroturbinas

- 4.1. Curvas características de un aerogenerador
  - 4.1.1. Curva de potencia
  - 4.1.2. Curva de par
  - 4.1.3. Coeficiente de empuje
  - 4.1.4. Rendimiento
- 4.2. Sistemas de regulación y control
  - 4.2.1. Sistema supervisor del aerogenerador
  - 4.2.2. Sistema de control de orientación
  - 4.2.3. Sistema de control de potencia
  - 4.2.4. Sistema de control de la velocidad de giro
- 4.3. Cargas sobre el aerogenerador

### 5. Componentes y diseño de aerogeneradores

- 5.1. Componentes de un aerogenerador de eje horizontal
  - 5.1.1. Palas
  - 5.1.2. Buje
  - 5.1.3. Multiplicador
  - 5.1.4. Generador eléctrico
  - 5.1.5. Bastidor
  - 5.1.6. Góndola

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



62CB9FDD9A03997901FD716737F30761

- 5.1.7. Frenos
- 5.1.8. Torre
- 5.1.9. Cimentación
- 5.1.10. Mecanismo de orientación
- 5.1.11. Sistema de Control
- 5.1.12. Sistema de seguridad
- 5.1.13. Instalación eléctrica
- 5.2. Diseño de aerogeneradores
  - 5.2.1. Disposición del eje de la aeroturbina
  - 5.2.2. Diámetro de la aeroturbina
  - 5.2.3. Velocidad nominal del aerogenerador
  - 5.2.4. Velocidad de rotación y tipo de generador
  - 5.2.5. Número de palas
  - 5.2.6. Sistema de frenos
  - 5.2.7. Posición de la aeroturbina con respecto al viento

## 6. Parques eólicos. Estimación de la generación de energía. Aspectos económicos y medioambientales

- 6.1. Parque eólicos
  - 6.1.1. Características de los parques eólicos
  - 6.1.2. Estimación de la generación de energía
- 6.2. Selección de emplazamientos
- 6.3. Aspectos económicos y medioambientales
  - 6.3.1. Aspectos económicos
  - 6.3.2. Aspectos medioambientales

## METODOLOGÍA

La metodología que se sigue en el estudio de esta asignatura se basa en el modelo metodológico de educación a distancia de la UNED. Las actividades formativas se basan en la interacción con el Equipo Docente y el trabajo autónomo. El Equipo Docente proporcionará orientaciones y material de apoyo para el estudio de la asignatura y atenderán las consultas que planteen los alumnos. El trabajo autónomo estará marcado por una serie de actividades de aprendizaje, tales como el estudio de contenidos teóricos y la realización de ejercicios prácticos, pruebas de evaluación a distancia y pruebas presenciales.

En una primera etapa el estudiante debe estudiar los contenidos teóricos de la asignatura. A lo largo del curso se realizarán una serie de pruebas de evaluación a distancia que consistirán cuestiones teóricas y ejercicios teórico-prácticos relacionados con los aspectos tratados.

En una segunda etapa, una vez estudiados los distintos temas del programa, el alumno

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



62CB9FDD9A03997901FD716737F30761

realizará una prueba de evaluación a distancia que consistirá en un trabajo práctico que le permitirá aplicar los conocimientos adquiridos, y cuyo contenido se describirá en el curso virtual.

El marco en el que se desarrollará el curso será el *curso virtual*. El curso virtual será la herramienta principal de comunicación entre los alumnos y el equipo docente y de los alumnos entre sí. A través de esta plataforma virtual el alumno tendrá acceso a los siguientes elementos de apoyo:

1. El módulo de contenidos, donde se pondrá a disposición de los alumnos los apuntes de la asignatura en los que se recogen los contenidos teóricos, las guías de estudio que recogen recomendaciones en el estudio de la asignatura y toda la información necesaria actualizada.
2. Un calendario que servirá de referencia en el estudio de los distintos temas, marcando los plazos de entrega de los distintos ejercicios.
3. Pruebas de evaluación, que consistirán en una serie de cuestiones teórico-prácticas de tipo test, que permitirán realizar un seguimiento del progreso del alumno en la adquisición y asimilación de conocimientos.
4. Los foros de debate, en los que el estudiante podrá ir planteando las dudas que le vayan surgiendo en el estudio de los contenidos de la asignatura y en la realización de los ejercicios y el trabajo final, y en los que recibirá las correspondientes aclaraciones por parte del equipo docente. Será una tarea fundamental del equipo docente dinamizar el foro, de forma que los alumnos participen en los foros contestando a las cuestiones formuladas por sus compañeros.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

|                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| Tipo de examen                  | Examen de desarrollo |
| Preguntas desarrollo            |                      |
| Duración del examen             | 120 (minutos)        |
| Material permitido en el examen |                      |

Todo tipo de material impreso y calculadora.

Criterios de evaluación

Se valorará el conocimiento y grado de asimilación de los contenidos de la asignatura y la capacidad de aplicarlos en la resolución de problemas.

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| % del examen sobre la nota final                                 | 40 |
| Nota del examen para aprobar sin PEC                             |    |
| Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC |    |
| Nota mínima en el examen para sumar la PEC                       |    |
| Comentarios y observaciones                                      |    |

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



62CB9FDD9A03997901FD716737F30761

**CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS**

Requiere Presencialidad

No

Descripción

**Trabajo de síntesis**

**Una vez estudiados los distintos temas del programa, el alumno deberá realizar un trabajo práctico que le permitirá aplicar los conocimientos adquiridos. Puede elegirse cualquiera de las 3 alternativas siguientes:**

Un proyecto preliminar de parque eólico., en el que se abordarán los siguientes aspectos:

Evaluación de un emplazamiento.

Determinación del potencial eólico del emplazamiento a partir de los datos meteorológicos existentes.

Selección del modelo de aeroturbina.

Estimación de la potencia generada por el parque eólico.

Un trabajo que se centre en uno solo de los aspectos enumerados en el punto anterior, o bien en otros relacionados con el temario de la asignatura. Podrá utilizarse toda la bibliografía que se considere necesaria.

Revisión de uno o varios artículos de investigación que traten aspectos relacionados con el temario de la asignatura. Se facilitará el acceso a las siguientes revistas:

Journal of wind engineering and industrial aerodynamics

Wind Energy

**Se puede entregar el trabajo tanto en la convocatoria de febrero como en la de septiembre. El plazo de entrega se publica oportunamente en el curso virtual.**

**Criterios de evaluación**

Se valorará la aportación personal del alumno, la dificultad e interés del tema elegido, el planteamiento y la metodología utilizada, la validez y el alcance de los resultados y la presentación de los contenidos.

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final 40 %

Fecha aproximada de entrega 16/02

Comentarios y observaciones

**PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)**

¿Hay PEC?

Si,PEC no presencial

Descripción

A lo largo del curso se realizará una prueba de evaluación a distancia que consistirá en la resolución de cuestiones teóricas y ejercicios teórico-prácticos relacionados con los contenidos de la asignatura.

**La realización de esta prueba es optativa. En el caso de que no se realice en el plazo que se establezca (antes de la prueba presencial de febrero), su peso en la nota final pasará a incrementar el de la prueba presencial.**

**Criterios de evaluación**

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



62CB9FDD9A03997901FD716737F30761

Se valorará el conocimiento y grado de asimilación de los contenidos de la asignatura y la capacidad de aplicarlos en la resolución de problemas.

Ponderación de la PEC en la nota final 20 %

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

#### OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

#### ¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

El peso de cada una de las partes en la calificación final será el siguiente:

Prueba presencial 40%

Prueba de evaluación continua 20% (en el caso de que no se realice, o si la nota es inferior a la obtenida en la prueba presencial, se tomará la nota de esta última).

Trabajo final 40%

**Para aprobar la asignatura será necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10 en la prueba presencial y 5 puntos sobre 10 en la calificación global.**

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Apuntes elaborados por el equipo docente.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9788472071391

Título: SISTEMAS EÓLICOS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA 2003 edición

Autor/es: Rodríguez Amenedo, J.L., Burgos Díaz, J. C., Arnalte Gómez, S.

Editorial: Rueda S. L.

Además del libro SISTEMAS EÓLICOS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, escrito en Castellano, se recomiendan los siguientes textos:

- Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E., Wind Energy Handbook, John Wiley & Sons, 2001.
- Manwell, J.F., McGowan, J.G., Rogers, A.L., Wind Energy Explained. Theory, Design and Application, John Wiley & Sons, 2002.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



62CB9FDD9A03997901FD716737F30761

- Harrison, R., Hau, E., Snel, H., Large Wind Turbines. Design and Economics, John Wiley & Sons, 2000.
- Hau. E., Windturbines: Fundamentals, Technologies, Application and Economics, Springer Verlag, 2000 (pendiente de reimpresión).
- Spera, D.A. (Editor), Wind Turbine Technology: Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering, American Society of Mechanical Engineers, 1994.
- Troen, I., Petersen, E.L., European Wind Atlas, Risoe National Laboratory, Risoe, Dinamarca, 1991.

El sexto capítulo del libro de problemas de Hernández, Gómez y Zanzi contiene ejercicios resueltos de exámenes de cursos anteriores de asignaturas sobre energía eólica de planes de estudios antiguos y vigentes.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

La programación radiofónica relacionada con la asignatura puede consultarse en la Guía de Medios Audiovisuales.

El principal medio de apoyo lo constituye el curso virtual. En él se incluyen foros de debate, preguntas frecuentes, anuncios, información actualizada; en particular, apuntes, la guía de estudio, información sobre trabajos fin de curso, etc.

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/validar>



62CB9FDD9A03997901FD716737F30761