

# ENERGÍA EÓLICA

Curso 2016/2017

(Código: 2880134-)

## 1. PRESENTACIÓN

A partir de la crisis de la energía de 1973 se iniciaron programas de investigación para el desarrollo de tecnologías que permitieran el aprovechamiento de energías renovables. Inicialmente pocos esperaban que los sistemas para aprovechar la energía del viento se fueran a convertir en una de las alternativas más prometedoras. Actualmente ya es claro que la energía producida por los aerogeneradores puede representar una contribución sustancial y económicamente competitiva a las presentes y futuras necesidades de consumo de energía eléctrica en muchos países. Se prevé que en unos años en numerosos países con diferente grado de desarrollo, los sistemas de conversión de energía eólica generen entre el 10 y el 20% de la energía eléctrica consumida. La tecnología de los sistemas de conversión de energía eólica se ha ido desarrollando en las últimas décadas con el impulso de numerosos programas de investigación y desarrollo, con la creación de empresas que han construido y comercializado aerogeneradores, y con la experiencia conseguida a lo largo de tiempos de operación ya muy elevados. En España el esfuerzo realizado en los últimos años ha sido muy importante. El desarrollo de tecnología propia, con la existencia de varias empresas nacionales fabricantes de aerogeneradores, y unido a la existencia de áreas geográficas con gran potencial eólico, hace que nuestro país haya llegado a consolidarse como la segunda potencia mundial. El sector eólico español, por capacidad productiva, ritmo inversor y potencial energético disponible puede llegar a cubrir en 2011 el 16% de la demanda eléctrica del país. España tiene actualmente una potencia instalada superior a los 15.000 MW y un potencial eólico suficiente para superar los 30.000 MW instalados, a lo que habría que añadir el potencial asociado a parques marinos y la repotenciación de parques obsoletos.

La línea de investigación *Eólica* en la que se encuadra el Trabajo fin de Máster está centrada en el estudio de la parte fluidodinámica del aprovechamiento de la energía eólica, concretamente en dos aspectos: el estudio del movimiento del aire en un determinado emplazamiento y el estudio de la aerodinámica de aerogeneradores y de parque eólicos.

Esta línea de investigación es una de las que lleva a cabo el grupo de investigación de Mecánica de Fluidos Computacional del Departamento de Mecánica. A título de ejemplo, a continuación se presentan algunos de los proyectos de investigación y publicaciones en las que ha participado el grupo de investigación en esta línea:

### Proyectos:

- Título: Emplazamiento de parques eólicos en terrenos complejos.  
Entidad financiadora: Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial; GAMESA. Duración: 2000-2001.
- Título: Cost optimization of large scale offshore wind farms.  
Entidad financiadora: Comunidad Económica Europea (programa JOULE III, contrato JOR3-CT-95-0089).  
Duración: 1995-1999.

### Publicaciones:

- R. Gómez-Elvira, A. Crespo, E. Migoya, F. Manuel, J. Hernández, "Anisotropy of turbulence in wind turbine wakes", *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, 93, pp 797-814, 2005.
- Crespo, J. Hernández, S. Frandsen, "Survey of Modelling Methods for Wind-Turbine Wakes and Wind Farms", *Wind Energy*, 2, 1-24, 1999.
- Crespo, J. Hernández, "Turbulence characteristics in wind-turbine wakes", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 61, 71-85, 1996.

## 2. CONTEXTUALIZACIÓN

La línea de investigación Energía Eólica dentro de la cual se puede realizar el Trabajo fin de Máster, es una de las cinco líneas ofertadas desde el Departamento de Mecánica dentro del Máster Universitario en Investigación en Tecnologías



Industriales.

La realización del Trabajo fin de Máster en la línea de investigación Energía Eólica permitirá consolidar los conocimientos adquiridos por los alumnos en el estudio de las asignaturas del itinerario en Ingeniería Mecánica. También permitirá a los estudiantes profundizar en los conocimientos más específicos relacionados con la energía eólica aprendidos en la asignatura Sistemas de Aprovechamiento de la Energía Eólica. Por otro lado, la elaboración de este trabajo permitirá al alumno desarrollar las habilidades y adquirir los conocimientos necesarios para alcanzar la suficiencia investigadora.

### 3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Para poder realizar el Trabajo fin de Máster en la línea de investigación sobre *Energía Eólica*, el estudiante ha de seleccionar las asignaturas a cursar de acuerdo a las siguientes directrices:

1. MODULO I (4 asignaturas).  
OBLIGATORIAS: Las 4 asignaturas del Módulo.
2. MODULO II del Itinerario en Ingeniería Mecánica (3 asignaturas).  
OBLIGATORIAS: Las 3 asignaturas del Módulo.
3. MODULO III del Itinerario en Ingeniería Mecánica (10 asignaturas)  
OBLIGATORIAS: Biodinámica y biomateriales.  
Sistemas de aprovechamiento de la energía eólica.  
OPTATIVAS: Una de las 8 asignaturas restantes.

Para la inicialización del Trabajo no es condición necesaria que haya tenido que aprobar previamente ninguna de las asignaturas del Máster, pero sí que es necesario en la práctica que domine muchos de los conceptos impartidos en algunas de las asignaturas asignadas a la línea de investigación, y fundamentalmente de la asignatura del MODULO II del Itinerario en Ingeniería Mecánica denominada *Sistemas de Aprovechamiento de Energía Eólica*.

Además es necesario tener conocimientos suficientes para lectura en inglés técnico.

### 4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

La realización del trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

- Consolidar los conocimientos adquiridos y profundizar en el estudio de los sistemas de aprovechamiento de la energía eólica.
- Conocer y aplicar las metodologías de investigación tecnológica en este campo de la ingeniería.
- Familiarizarse con las técnicas de simulación y experimentación empleadas en la investigación dentro del campo de la energía eólica.
- Conocer y aplicar las técnicas de interpretación y validación de los resultados de la actividad investigadora.

### 5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Como Trabajo fin de Máster el estudiante realizará un trabajo de investigación en uno de estos campos:

- Movimiento del aire en un determinado emplazamiento.
- Aerodinámica de aerogeneradores y parque eólicos.

El tema del Trabajo y sus contenidos serán acordados previamente con el Equipo Docente. Con carácter general la elaboración del trabajo abordará los siguientes aspectos:

- Selección y definición del campo específico de estudio.
- Revisión bibliográfica.
- Descripción del problema, planteamiento de la metodología a utilizar y definición de los objetivos del trabajo.
- Descripción y justificación de la aportación.
- Discusión de resultados y comparación, en su caso, con los existentes en la literatura.



- Conclusiones.

## 6.EQUIPO DOCENTE

- [PABLO JOAQUIN GOMEZ DEL PINO](#)
- [JULIO HERNANDEZ RODRIGUEZ](#)
- [CLAUDIO ZANZI](#)

## 7.METODOLOGÍA

Para fijar los distintos aspectos que han de abordarse en el trabajo se programarán una serie de seminarios presenciales.

El marco en el que se desarrollará el curso será el curso virtual. La plataforma utilizada actualmente en la UNED es aLF. 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 la elaboración del trabajo y toda la información necesaria actualizada.
2. Un calendario que servirá de referencia en el estudio de los distintos temas, indicando las fechas de los posibles seminarios.
3. Los foros de debate, en los que el estudiante podrá ir planteando las dudas que le vayan surgiendo en el desarrollo del trabajo, y en los que recibirá las correspondientes aclaraciones por parte del equipo docente.
4. Enlaces de interés relacionados con el campo de trabajo.
5. Aplicaciones que permitan realizar implementaciones numéricas de casos sencillos.

## 8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

Cualquiera de estos tres libros:

- Rodríguez Amenedo, J.L., Burgos Díaz, J. C., Arnalte Gómez, S., Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica, Rueda S. L., 2003.
- 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.

## 9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:

- 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, 2006.
- 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.
- Hansen, M.O.L., Aerodynamics of Wind Turbines, Rotors, Loads and Structure, James & James Ltd., Londres, 2000.
- Abott, I.H., von Doenhoff, A.E., Theory of Wing Sections, Dover Publications, Inc., Nueva York, 1959.



- Katz, J., Plotkin, A., Low-Speed Aerodynamics, Segunda Edición, Cambridge University Press, Nueva York, 2001.
- Bertin, J.J., Aerodynamics for Engineers, Cuarta Edición, Prentice Hall, 2002.
- Wind Energy Department of Risoe National Laboratory and Det Norske Veritas, Guidelines for Design of Wind Turbines, Copenhagen, 2001.

A continuación se presenta un listado de revistas científicas, dentro de las que se puede acceder desde la UNED, que el estudiante puede consultar:

- Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Wind Energy.
- Journal of wind engineering and industrial aerodynamics.
- Renewable Energy.
- Annual review of fluid mechanics.
- Journal of fluid Mechanics.
- International journal for numerical methods in fluids.
- Journal of fluids and structures.
- Journal of fluids engineering.

## 10. RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

En el caso de optar por la realización de una simulación numérica, la realización del Trabajo requiere el uso de un software de simulación adecuado. El Departamento dispone del código de propósito general FLUENT y ordenadores de cálculo.

## 11. TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

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. 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

D. Pablo Gómez del Pino  
Miércoles, de 16 a 20 h.  
Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales. Despacho 1.39  
Tel.: 91 398 79 87  
Correo electrónico: pgomez@ind.uned.es

D. Claudio Zanzi  
Lunes, de 16 a 20 h.  
Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales. Despacho 1.42  
Tel.: 91 398 89 13  
Correo electrónico: czanzi@ind.uned.es

## 12. EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

Se llevará a cabo una evaluación continua del trabajo del estudiante mediante un seguimiento por parte del Equipo Docente de las distintas fases de elaboración del trabajo. Una vez acabado el trabajo, el estudiante hará exposición presencial de su contenido.

En la evaluación final del trabajo se tendrán en cuenta los siguientes aspectos generales:

- Interés del trabajo, en su conjunto y aportación del estudio;
- Complejidad del problema físico a estudiar;
- Coherencia, claridad y precisión de los objetivos planteados;



- Pertinencia y justificación de las hipótesis planteadas en el modelo;
- Adecuación, justificación y legitimación del diseño y desarrollo del estudio desde el punto de vista metodológico en el marco del área;
- Oportunidad, relevancia y actualidad de la bibliografía consultada;
- Otros criterios relacionados con la claridad formal y expositiva y la coherencia global del proyecto, tanto en su presentación escrita como en su defensa presencial o en línea.

### 13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.

