



POLITÉCNICA

ETSI AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



PR-CL-PF-001.- COORDINACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

GUÍA DE APRENDIZAJE

CURSO 2017/18

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
2. CONOCIMIENTOS PREVIOS
3. COMPETENCIAS
4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE
5. PROFESORADO
6. PROGRAMA
7. PLAN DE TRABAJO
8. SISTEMA DE EVALUACIÓN
9. RECURSOS DIDÁCTICOS
10. OTRA INFORMACIÓN

PLAN 14IB – MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA

Código 143003016

Asignatura SISTEMAS EÓLICOS TERRESTRES Y OCEÁNICOS

Nombre en Inglés ON-SHORE AND OFF-SHORE WIND TURBINE SYSTEMS

Módulo AERONAVES

Idiomas CASTELLANO

Curso SEGUNDO

Semestre TERCERO

Carácter OB

Créditos 4.5 ECTS

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura versa sobre la simulación computacional del comportamiento de aerogeneradores en emplazamientos tanto terrestres como oceánicos sometidos a la acción del viento atmosférico turbulento.

2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

a) CONOCIMIENTOS PREVIOS NECESARIOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

Asignaturas superadas: Aerodinámica, estructuras y aeroelasticidad.

Otros requisitos:

b) CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

Se recomienda tener superadas las Asignaturas:

Otros Conocimientos:

3. COMPETENCIAS

- CG1.-** Capacidad para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales, con sus correspondientes subsistemas.
- CG2.-** Capacidad para planificar, proyectar y controlar los procesos de construcción de infraestructuras, edificios e instalaciones aeroportuarias, así como su mantenimiento, conservación y explotación.
- CG3.-** Capacidad para la dirección general y la dirección técnica de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos aeronáuticos y espaciales.
- CG4.-** Capacidad de integrar sistemas aeroespaciales complejos y equipos de trabajo multidisciplinares.
- CG5.-** Capacidad para analizar y corregir el impacto ambiental y social de las soluciones técnicas de cualquier sistema aeroespacial.
- CG6.-** Capacidad para el análisis y la resolución de problemas aeroespaciales en entornos nuevos o desconocidos, dentro de contextos amplios y complejos.
- CT2.-** Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.
- CT3.-** Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.
- CT4.-** Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.
- CT5.-** Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.
- CT6.-** Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos.
- CE-VA-2.-** Conocimiento adecuado de Mecánica de Fluidos Avanzada, con especial incidencia en la Mecánica de Fluidos Computacional y en los fenómenos de Turbulencia.
- CE-VA-3.-** Comprensión y dominio de las leyes de la Aerodinámica Externa en los distintos regímenes de vuelo, y aplicación de las mismas a la Aerodinámica Numérica y Experimental.

CE-VA-4.- Aplicación de los conocimientos adquiridos en distintas disciplinas a la resolución de problemas complejos de Aeroelasticidad.

CE-VA-8.- Conocimientos y capacidades para el Análisis y el Diseño Estructural de las Aeronaves y los Vehículos Espaciales, incluyendo la aplicación de programas de cálculo y diseño avanzado de estructuras.

CE-VA-9.- Capacidad para diseñar, ejecutar y analizar los Ensayos en Tierra y en Vuelo de los Vehículos Aeroespaciales, y para llevar a cabo el proceso completo de Certificación de los mismos.

CE-VA-10.- Conocimiento adecuado de los distintos Subsistemas de las Aeronaves y los Vehículos Espaciales.

4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

RA1.- Conocimiento, comprensión y aplicación de la aerodinámica de los rotores, las actuaciones y la controlabilidad de aerogeneradores.

RA2.- Conocimiento y aplicación de los aspectos más destacados del comportamiento estructural de los aerogeneradores.

RA3.- Conocimiento, comprensión, aplicación y análisis del diseño preliminar de aerogeneradores y sus costes operacionales.

RA4.- Conocimiento y aplicación de la simulación computacional del problema de diseño del aerogenerador.

5. PROFESORADO

Departamento: AERONAVES Y VEHÍCULOS ESPACIALES

Coordinador de la Asignatura: Oscar LOPEZ GARCÍA

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
Álvaro CUERVA TEJERO	alvaro.cuerva@upm.es	Ed. C
Cristóbal José GALLEGO CASTILLO	cristobaljose.gallego@upm.es	Ed. C
Fernando GANDÍA AGÜERA	fernando.gandia@upm.es	Ed. B
Oscar LÓPEZ GARCÍA	oscar.lopez.garcia@upm.es	Ed. C
Ángel RODRÍGUEZ SEVILLANO	angel.rodriguez.sevillano@upm.es	Ed. B

Los horarios de tutorías estarán publicados en la web del departamento.

6. TEMARIO

Bloque 1. Principios tecnológicos de funcionamiento de sistemas eólicos terrestres y oceánicos. Introducción al recurso eólico y a la tecnología. Criterios y normativa de diseño. (RA3).

Bloque 2. Recurso Eólico. Modelización y simulación del viento turbulento. Caracterización del viento turbulento como un proceso estocástico estacionario. Generación de series temporales de viento turbulento. Muestreo rotacional. Implementación en Matlab. (RA1, RA4).

Bloque 3. Modelización y simulación de la aerodinámica del rotor de sistemas eólicos terrestres y oceánicos. Retraso de la entrada en pérdida y aumento rotacional. Modelización del comportamiento aerodinámico del rotor desalineado. Aerodinámica no estacionaria y entrada en pérdida dinámica. Implicaciones en las actuaciones y el control de los aerogeneradores. Implementación en Matlab. (RA1, RA3, RA4).

Bloque 4. Modelización y simulación de la dinámica estructural y aeroelasticidad de sistemas eólicos. Respuesta de sistemas dinámicos a procesos estocásticos estacionarios. Simulación de la respuesta dinámica de aerogeneradores. Implementación en Matlab. (RA1, RA2, RA4).

Bloque 5. Modelización y predicción de la potencia de sistemas eólicos Simulación de la potencia eléctrica y su predicción computacional. Implementación en Matlab. (RA3, RA4).

Bloque 6. Modelización y simulación de sistemas eólicos oceánicos. Entorno oceánico y tecnología eólica oceánica. Consideraciones sobre la simulación de sistemas eólicos oceánicos y sus implicaciones en el diseño. (RA3, RA4).

7. PLAN DE TRABAJO

a) Cronograma.

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
1	Presentación/encuesta	Introducción a los sistemas eólicos		
2	Introducción a los sistemas eólicos	Introducción a WToolBox		
3	Modelización del viento turbulento como proceso estocástico estacionario			
4	Modelización del viento turbulento como proceso estocástico estacionario	Simulación del viento turbulento		
5		Simulación del viento turbulento		
6	Modelización aerodinámica del retraso en la entrada en pérdida	Simulación aerodinámica del retraso en la entrada en pérdida		
7	Modelización aerodinámica del rotor desalineado	Simulación aerodinámica del retraso en la entrada en pérdida		
8		Simulación aerodinámica del rotor desalineado		
9	Modelización aerodinámica no estacionaria y entrada en pérdida dinámica			
10	Modelización aerodinámica no estacionaria y entrada en pérdida dinámica	Simulación aerodinámica no estacionaria y entrada en pérdida dinámica		
11	Modelización de la respuesta estructural estocástica de palas			
12	Modelización de la respuesta estructural estocástica de palas			
13	Modelización de la respuesta estructural estocástica de palas	Simulación de la respuesta estructural estocástica de palas		
14	Modelización de la predicción de potencia	Simulación de la predicción de potencia		

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
15	Modelización de sistemas eólicos oceánicos	Simulación de sistemas eólicos oceánicos		
16				Prueba individual. Evaluación de trabajos.

b) Actividades formativas.

Actividades formativas	EP	CT	CP	PL	TIE	TP	Otros*
ECTS	0.6	0.8	0	0.8	1.8	0.5	

EP: ESTUDIO Y TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNO

CT: CLASES DE TEORÍA

CP: CLASES DE PROBLEMAS

PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO

TIE: TRABAJOS INDIVIDUALES O EN EQUIPO

TP: TUTORÍAS PROGRAMADAS

***Otros** (especificar):

c) Metodologías Docentes.

Métodos Docentes	LM	PBL	RPA/MC	EIP	PL	Otros*
SI / NO	SI	SI	NO	NO	SI	

LM: LECCIÓN MAGISTRAL

PBL: APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

RPA/MC: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA / MÉTODO DEL CASO

EIP: EXPOSICIÓN DE INFORMES Y PROYECTOS

PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO

***Otros** (especificar):

8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

a) Tribunal de Evaluación.

Presidente:	Oscar LÓPEZ GARCÍA
Vocal:	Cristóbal José GALLEGO CASTILLO
Secretario:	Álvaro CUERVA TEJERO
Suplente:	Fernando GANDÍA AGÜERA

b) Actividades de Evaluación.

Semana Nº	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
6	Informe sobre simulación de viento turbulento atmosférico (EPT).	Entrega del informe	Clásica		15%	0	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CE-VA-2, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10
9	Informe sobre las actuaciones de un rotor en condiciones de flujo desalineado y considerando el retraso en pérdida atmosférico (EPT).	Entrega del informe	Clásica		15%	0	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CE-VA-2, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10
11	Informe sobre la aerodinámica no estacionaria y pérdida dinámica (EPT).	Entrega del informe	Clásica		15%	0	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CE-VA-2, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10
16	Informe sobre la respuesta estructural estocástica de palas (EPT).	Entrega del informe	Clásica		15%	0	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CE-VA-2, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10
16	Informe sobre predicción de potencia de sistemas eólicos (EPT).	Entrega del informe	Clásica		10%	0	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CE-VA-2, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10
16	Prueba objetiva individual				30%	3.5	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CE-VA-2, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10

c) Criterios de Evaluación.

Los alumnos pueden elegir a principios de curso el método de evaluación entre las modalidades de prueba final única (PFU) o evaluación continua de actividades de aprendizaje basado en proyectos con prueba final global (ABP).

Aquellos alumnos que elijan la modalidad ABP deben satisfacer los dos siguientes requisitos:

- Asistir a más del 85% de las clases presenciales. La no asistencia a clase justificada por causas de salud y otros motivos relevantes no se tendrán en cuenta.
- Rellenar todas las encuestas de dedicación horaria semanal.

El incumplimiento de cualquiera de los dos anteriores requisitos implica que el alumno será evaluado por la modalidad PFU.

A continuación se define la forma de obtener la nota final de la asignatura dependiendo de la modalidad elegida.

Modalidad PFU.

La nota final, NF, se obtiene en una prueba final única PFU que consiste en un examen completo de los contenidos de la asignatura en el que se preguntaran conceptos tanto teóricos como prácticos. Esta nota final NF debe ser $NF \geq 5$ para poder aprobar la asignatura tanto en la convocatoria de Febrero como en la extraordinaria de Julio.

Modalidad ABP.

La nota final, NF, en la convocatoria de Febrero debe ser $NF \geq 5$ para poder aprobar la asignatura, y se obtiene como

$$NF = 0.7 EPT + 0.3 POF \text{ si } POF \geq 3.5 \text{ y } EPT \geq 5$$

$$NF = EPT \text{ si } POF \geq 3.5 \text{ y } EPT < 5$$

$$NF = POF \text{ si } POF < 3.5$$

donde EPT es la nota de la evaluación de proyectos/trabajos sobre 10 puntos y POF es la nota de la Prueba Objetiva Final sobre 10 puntos. La prueba objetiva final POF consiste en un examen de tiempo reducido en el que se preguntará sobre los conceptos básicos adquiridos en los proyectos/trabajos.

En la convocatoria extraordinaria de Julio debe ser $NF \geq 5$ para poder aprobar la asignatura.

Para aquellos alumnos de la modalidad ABP que suspendan en la convocatoria de Febrero, en la convocatoria extraordinaria de Julio se distinguen dos casos.

Caso 1. Alumnos que hayan obtenido una $EPT < 5$. Estos alumnos deberán realizar una prueba final única PFUJ siendo la nota final, NF, según

$$NF = PFUJ$$

Caso 2. Alumnos que hayan obtenido una $EPT \geq 5$. Estos alumnos deberán realizar una prueba objetiva final POFJ siendo la nota final, NF, según

$$NF = 0.7 EPT + 0.3 POFJ \text{ si } POFJ \geq 3.5$$

$$NF = POFJ \text{ si } POFJ < 3.5$$

9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
Apuntes de la asignatura	Bibliografía	Disponibles a través de Moodle
Burton, T., et al., Wind Energy Handbook, John Wiley & Sons, Chichester, 2001.	Bibliografía	
Hansen, Martin O.L., Aerodynamics of wind turbines : rotors, loads and structures, James & James London, 2000.	Bibliografía	
Rodríguez Amenedo, J., Arnalte Gómez, L., Burgos Díaz, J., Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica, Rueda. Madrid, 2003	Bibliografía	
Harrison, R., Hau, E., Snel, H., Large wind turbines: design and economics, John Wiley and Sons Chichester, 2000.	Recursos web	
WTTToolBox	Software	Herramienta de simulación
Moodle	Recursos web	
Norma IEC 61400-1-Ed 3	Bibliografía	

10. OTRA INFORMACIÓN

Durante el curso se impartirán dos conferencias por parte de reconocidos profesionales de la industria eólica cuyo objetivo primordial es transmitir a los alumnos el proceso de diseño de los sistemas eólicos terrestres y oceánicos.