



Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales



Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales

Máster en Aprovechamiento de las Energías Renovables Marinas

2022/23

5^a EDICION





DIRECCIÓN

Director

Antonio Crucelaegui Corvinos
Profesor Titular de Universidad
Universidad Politécnica de Madrid - ETSI Navales

Coordinador General

José Luis Morán González
Director de Soluciones Energéticas Integradas
Green Enesys Group

Secretario

Enrique Tremps Guerra
Profesor Titular de Universidad
Universidad Politécnica de Madrid - ETSI Navales

COMISIÓN ACADÉMICA

Antonio Crucelaegui	-	UPM / ETSIN
José Luis Morán González	-	Green Enesys - UPM / ETSIN
Enrique Tremps Guerra	-	UPM / ETSIN
Vicente Negro Valdecantos	-	UPM / ETSICCP
Miguel Ángel Herreros Sierra	-	UPM / ETSIN
Sergio Martínez González	-	UPM / ETSII
Jaime Domínguez Soto	-	BlueFloat Energy

JUSTIFICACIÓN DEL MÁSTER

Aunque, en sentido estricto, las Energías Renovables Marinas se definen como aquellas energías generadas por el océano, aprovechando la energía de sus olas, corrientes, mareas y, en menor escala, el gradiente térmico o de salinidad, la energía eólica *offshore* es normalmente incluida entre ellas y aunque la energía proceda del viento y no del mar, son similares tanto los desafíos que plantean como las tecnologías implicadas y la cadena de abastecimiento necesaria. Un caso especial es la energía eólica flotante *offshore*, donde las industrias naval y eólica se fusionan.

Estas energías, principalmente la eólica *offshore* y, en menor escala, las producidas por olas y corrientes, están sólidamente establecidas en el norte de Europa, y están

mostrando signos claros de crecimiento en el Lejano Oriente (China, Corea del Sur, Taiwán, Japón,..). Últimamente, después de un largo camino, los Estados Unidos se han unido a los países que fueron pioneros del sector a escala comercial en una fecha tan reciente como los primeros años del siglo XXI.

Aprovechando que en la actualidad existe una sólida base marítima industrial y el apoyo relevante de muchos gobiernos, que tienen el compromiso vinculante sancionado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de aumentar las tecnologías de baja emisión de carbono y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, este sector muestra, año tras año, índices de crecimiento constantes.

España, un país con una gran historia marítima y una potente industria naval y tecnológica, no podía permitirse el lujo de estar al margen de este revolucionario proceso.

De hecho, España, aun sin contar con que las energías renovables marinas sean un objetivo preferente en nuestro actual Plan Nacional de Energía, es un líder mundial entre las empresas que desarrollan plantas de energías renovables marinas y las dedicadas al diseño y fabricación de generadores eólicos *offshore*. Asimismo, se han desarrollado varias tecnologías (en fase de prototipo) de olas y corrientes y se dispone de instalaciones de pruebas y centros de ensayo *offshore*, oficinas técnicas para toda la gama de embarcaciones especializadas que deben apoyar la instalación y el mantenimiento de las plantas eléctricas *offshore* y por último, pero no menos importante, cuenta con una cadena de suministro industrial, fabricando todo tipo de maquinaria, estructuras, sistemas y dispositivos necesarios en estos desarrollos *offshore*.

Sin embargo, estas importantes empresas echan en falta en su personal técnico la formación adecuada en las tecnologías y el conocimiento que cualquier interacción con el océano exige.

El sector tecnológico e industrial de las Energías Renovables Marinas está en auge y necesita profesionales especializados con urgencia, no solo en España sino también en Alemania, Reino Unido, Francia, Portugal, y previsiblemente, en los Estados Unidos.

Este Máster en Aprovechamiento de las Energías Renovables Marinas (MAERM) en el que te estás interesando supone una amplia formación académica especializada, muy solicitada por el sector, y la primera en su tipo que se imparte en España.



El programa del Máster MAERM abarca todas las disciplinas, y estudia cada tema específico de modo que llena el vacío en la formación de los técnicos que reclaman cubrir todas las empresas del sector.

Los más de 40 profesores del Máster MAERM son profesionales de alto nivel, procedentes de Universidades, Institutos de Tecnología y de algunas de las empresas de energías renovables marinas más relevantes, y todos ellos están especializados en uno o varios de los 94 temas ofrecidos.

OBJETIVOS DEL MASTER

El objetivo principal del Máster MAERM es proporcionar a los estudiantes una formación completa en las materias necesarias que demandan el diseño, desarrollo del proyecto, construcción, operación y mantenimiento de una planta de energía renovable *offshore*.

El contenido de los cursos ha sido cuidadosamente diseñado, después de una evaluación completa de las necesidades de formación realizada en las principales empresas que trabajan en el aprovechamiento de energías renovables marinas, una industria que exige ingenieros con formación multidisciplinar.

Este Máster está dirigido tanto a los ingenieros con experiencia profesional como a recién titulados que buscan una formación específica y especializada para entrar en una creciente y prometedora industria de las energías renovables.

PROGRAMA DEL MÁSTER

El Máster en aprovechamiento de las energías renovables marinas es una titulación propia de la Universidad Politécnica de Madrid. Tiene una carga docente de 60 créditos ECTS, dividida en ocho módulos que suman 46 ECTS más un trabajo fin de máster al que se asignan 14 ECTS.

Los ocho módulos que componen el Máster son:

- 1.- Oceanología
 - 1.1.- Condiciones del emplazamiento y recursos
- 2.- Diseño estructural
 - 2.1.- Evaluación del emplazamiento

- 2.2.- Diseño
- 2.3.- Diseño de eólica flotante
- 2.3.- Nuevas tecnologías
- 3.- Tecnología de generación y exportación
 - 3.1.- Convertidores de energía *offshore*
 - 3.2.- Tecnología de red
 - 3.3.- Tecnologías de almacenamiento *offshore*
- 4- Operaciones marítimas y fabricación
 - 4.1.- Fabricación
 - 4.2.- Tipos de buques
 - 4.3.- Operaciones marinas
 - 4.4.- Operación y mantenimiento
- 5- Gestión y operación del proyecto
 - 5.1.- Aspectos financieros
 - 5.2.- Proceso contractual
- 6.- Análisis Estructural de plataformas *offshore*
 - 6.1.- Diseño estructural de una subestructura para un generador eólico: *jacket*, *monopile*, mediante modelado con ANSYS. Estudio de casos
 - 6.2.- Flotador y dinámica de amarre: modelado experimental y computacional
- 7.- Desarrollo de la red eléctrica de un parque eólico *offshore*
 - 7.1.- Configuración de un parque eólico.
 - 7.2.- BoP en plantas *offshore*
 - 7.3.- BoP case study
 - 7.4.- Sistemas de monitorización y scada
- 8.- Desarrollo de proyecto de una planta de energía *offshore*
 - 8.1.- Descripción general del proyecto de parque eólico *offshore*
 - 8.2.- Pre-FID (Final Investment Decision)
 - 8.3.- Post-FID
 - 8.4.- Consideraciones de las conexiones de red
 - 8.5.- Perspectiva del sector eólico *offshore*

Trabajo Fin de Máster

CALENDARIO

El Máster tiene una duración de 9 meses, de septiembre a junio. Las sesiones presenciales tendrán lugar los lunes y miércoles de 18:15 a 21:15 (3 horas) y viernes de 16:00 a 20:00 (4 horas).

Calendario preliminar:

September '22

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

October '22

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

November '22

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

December '22

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

January '23

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

February '23

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28					

March '23

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

April '23

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

May '23

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

June '23

Mo	Tu	We	Th	F	Sa	Su
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

General issues

Module 1:

Module 2:

Module 3:

Module 4:

Module 5.1:

Modules 5.2:

Modules 6 & 7

Module 8:

TFM

Los horarios de tutorías se anunciarán al principio de cada curso.



IDIOMA

Tendrá carácter bilingüe en español e inglés, dado el carácter internacional del mercado de trabajo. El material académico que se oferte a los alumnos estará en inglés, pudiendo, a juicio del profesor, impartir las clases en cualquiera de los dos idiomas.

CUADRO DOCENTE

El cuadro docente se compone de un grupo de Catedráticos y Profesores Titulares de Universidad de la Universidad Politécnica de Madrid, pertenecientes a las Escuelas de Ingenieros Navales (ETSIN), Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) e Industriales (ETSII) así como de profesionales con alto nivel de conocimientos y experiencia de las más relevantes empresas del sector de las Energías Renovables Marinas, tales como Iberdrola, Siemens, Scottish Power Renewables, Siemens Gamesa, Sener, Naturgy, Proes, etc.

Al final de este documento se incluye el listado completo del cuadro docente.

METODOLOGÍA

- Sesiones teóricas: Clases presenciales sobre las materias del programa. Hasta un 50% de las clases se podrán seguir por medio de la plataforma on-line *Webex*.
- Sesiones prácticas: Trabajos para su entrega escrita o presentación oral sobre aspectos concretos del programa. Seminarios. Tareas a realizar a través de la plataforma educativa *Moodle*.
- Estudio autónomo: lectura, preparación de trabajos escritos y presentaciones orales, y tareas en *Moodle*.
- Ensayos: en instalaciones de ensayos hidrodinámicos de la ETSIN y la ETSICCP.
- Prácticas en empresas: existe la posibilidad de realizar los trabajos de fin de máster dentro de empresas o de grupos de investigación.

EVALUACIÓN

Módulos (46 ECTS): serán evaluados mediante una combinación de evaluación continua (trabajos y mini proyectos de diseño) y exámenes.

Cada módulo se califica de acuerdo con su peso en ECTS en el Máster. La nota mínima en cada módulo debe ser 3 sobre 10.

La nota final será el promedio de todos los módulos, y debe ser igual o mayor que 5.0.

La calificación final se establecerá del siguiente modo:

Módulos 1 a 5:

- Examen escrito: 70%
- Participación en clase y actividades on-line: 30%

Módulos 6 a 8:

- Realización de tareas: 70%
- Participación en clase y actividades on-line o examen: 30%

El Trabajo Final de Máster (14 ECTS) será evaluado por medio de la elaboración de un proyecto y su presentación oral ante el tribunal designado por la Comisión Académica.

En el caso de que un alumno no alcance el nivel exigido en alguno de los módulos, la Comisión Académica podrá proponer y calificar un examen o trabajo complementario, a fin de completar los requisitos necesarios para obtener el título de Máster MAERM.

REQUISITOS PREVIOS

Para acceder al Máster MAERM el candidato debe poseer una de las siguientes titulaciones académicas:

- Ingeniero Naval y Oceánico, Ingeniero Caminos, Canales y Puertos, Ingeniero Industrial, Ingeniero Aeronáutico o su equivalente Máster.
- Graduados en Arquitectura Naval, Ingeniería Marítima, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Civil e Ingeniería de la Energía.



En el caso de otras titulaciones, la Comisión Académica estudiará su adecuación al Máster de forma individualizada.

Los alumnos deberían tener un nivel de inglés B2 o superior.

La selección de candidatos se realizará teniendo en cuenta el nivel y afinidad de los estudios previos y el expediente académico. El interés en las Energías Renovables Marinas será objeto de consideración.

PREINSCRIPCIÓN Y MATRÍCULA

Los alumnos interesados en cursar el Máster deberán preinscribirse, contactando con el Secretario Administrativo, entre el 1 de abril y el 10 de septiembre de 2022.

Debido al número limitado de plazas, se hará una primera preselección de candidatos con las solicitudes recibidas antes del 15 de julio de 2022. A los candidatos preseleccionados se les solicitará un pago de 900 € en concepto de reserva de plaza. Los alumnos que hayan sido admitidos deberán matricularse durante los meses de julio y septiembre de 2022.

Las tasas académicas del Máster ascienden a 9.000 €, que se pagarán en tres plazos:

- El primero, de 900 €, se abonará en el momento de realizar la preinscripción
- El segundo, de 3.600 €, se abonará en el momento de la matrícula, que se realizará entre el 15 de julio y el 30 de septiembre.
- El tercero, de 4.500 €, se abonará en el mes de marzo.

El máximo número de alumnos se ha establecido en 20.

LUGAR	CONTACTO
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales Universidad Politécnica de Madrid Avda. de la Memoria, 4 Ciudad Universitaria 28040 Madrid	Secretario Administrativo: D. José Antonio Muñoz Cubillo E-mail: master.maerm.navales@upm.es Teléfono: +34 910676108 Coordinador Máster: D. José Luis Morán González E-mail: jose Luis.moran@upm.es
Web: http://www.maerm.es	



Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales



CUADRO DOCENTE

Surname	Name	Academic Education	Company	Present Professional responsibility
Aguinaga Arena	Manuel	Industrial Engineer	Scottish Power	O&M Package Manager
Aguirre Alti	Jon	Lawyer	Scottish Power	Principal Contract Manager
Barredo López	Jorge	Naval Engineer	Naturgy	Managing Director Renewables, Innovation and New Businesses
Calvo Herrera	Ignacio	Civil Engineer	Acciona	Innovation & DT Director Master Technical Leader
Crucelaegui Corvinos	Antonio	Ph.D. Naval Engineer	UPM-ETSIN	Associate Professor
Cruz Fernandez	Jonay	Sea Sciences	Worley Parsons España	Principal Coastal Engineer
Cuadrado Martín	Alejandro	Naval Engineer	Ocean Winds (EDP)	Offshore T&I Engineer
de Castro Fernández	Rosa María	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Associate Professor
de Faragó Botella	Enrique	Civil Engineer	Robert West Consulting	Marine Department Director
de la Jara	Julio	Industrial Engineer MSc Renewable Energies	Capital Energy	Head of Wind Turbine Procurement and Contract Management
de Vicente Peño	Mario	Naval Engineer MEng. Numerical Simulation	Sener UPM-ETSIN	Structural Design Leader Part-time Lecturer
Domínguez Soto	Jaime	Naval Engineer	BlueFloat Energy	Offshore Floating Wind Package Manager
Esteban Pérez	M ^a Dolores	Ph.D. Civil Engineer	Iberdrola UPM - ETSICCP	Part-time Lecturer
Fernández Beites	Luis	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Associate Professor
Fernández Bejarano	José Luis	Naval Engineer	Acciona	Offshore Wind Group Infrastructures Area
Fernández Uranga	Salvador	Industrial Engineer	Independent Advisor	Advisor
Fernández Viñuela	Pedro	Industrial Engineer	Scottish Power	Head of Contract Management
García Muiña	José Manuel	Civil Engineer	Proes	Harbours Director
Gómez Alonso	Pablo	Ph.D. Mechanical Engineer	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Engineer
González Palacios	Ángel	Aeronautic Engineer	Siemens Gamesa	Floating offshore wind R&D engineer
González Palacios	Leo M.	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSIN	Associate Professor
Herreros Sierra	Miguel Ángel	Ph.D. Naval Engineer	UPM-ETSIN	Associate Professor Deputy Director
Izquierdo Labella	Ricardo	Naval Engineer	pHYnix Energy	Operations Manager
Lampreave García	Óscar	Industrial Engineer	Scottish Power	Lead Contract Manager
Leo Mena	Teresa	Ph.D. Chemistry	UPM - ETSIN	Full Professor Deputy Director
López Gutiérrez	José Santos	Ph.D. Civil Engineer	UPM - ETSICCP	Associate Professor Deputy Director
López Leiva	Juan de Dios	Aeronautic Engineer	Siemens Gamesa	Chief Functional Engineer
López Pavón	Carlos		Core Marine	
Martínez Caminero	Alfonso	Naval Engineer	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Project Manager
Martínez González	Sergio	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Associate Professor
Martínez Vivas	Ana Isabel		Iberdrola	
Migoya Valor	Emilio	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Associate Professor

Surname	Name	Academic Education	Company	Present Professional responsibility
Morán González	José Luis	Ph.D. Naval Engineer	Green Enesys Group UPM-ETSIN	Director of Integrated Energy Solutions
Moya García	Juan	Naval Engineer	SAITEC Offshore Technologies	Business Development Manager
Muñoz Paniagua	Jorge	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Assistant Professor
Negro Valdecantos	Vicente	Ph.D. Civil Engineer	UPM - ETSICCP	Associate Professor Deputy Director
Palacín Sotillo	Diego	Naval Engineer	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Project Manager
Paredes Ortiz	Juan Luis	Industrial Engineer	Iberdrola Engineering and Construction	Commissioning Manager
Pérez Arribas	Francisco	Ph.D. Naval Engineer	UPM - ETSIN	Associate Professor Department Director
Pérez de Andrés	Juan Miguel	Industrial Engineer	Siemens SA	Division Director (Energy Management)
Pérez Fernández	Rodrigo	Ph.D. Naval Engineer	Sener UPM-ETSIN	Responsible Military Area (Naval Business)
Pérez Maza	Óscar	Industrial Engineer	Iberdrola Renovables	Project Manager
Pérez Rojas	Luis	Ph.D. Naval Engineer	UPM - ETSIN	Full Professor
Platero Gaona	Carlos	Ph.D. Industrial Engineer	UPM-ETSII	Research Associate
Rol Rúa	Laura	Industrial Engineer	Repsol	Senior Analyst in Energy Markets
Saettone	Simone	Naval Engineer	UPM-ETSIN	Researcher in CEHINAV
Soria Ruiz	Pedro	Naval Engineer	Siemens Gamesa	Offshore Wind Loads and Control Specialist
Souto Iglesias	Antonio	Ph.D. Naval Engineer	UPM - ETSIN	Full Professor
Suárez Bermejo	Juan Carlos	MSc Physics Ph.D. Materials Science and Engineering, IWE	UPM - ETSIN	Director of CIME Full Professor
Tremps Guerra	Enrique	Ph.D. Mining Engineer	UPM - ETSIN	Associate Professor