

ANX-PR/CL/001-01

LEARNING GUIDE

SUBJECT

83000089 - Power Plants And Alternative Fuels In The Marine Environment

DEGREE PROGRAMME

08IN - Master Universitario En Ingenieria Naval Y Oceanica

ACADEMIC YEAR & SEMESTER

2024/25 - Semester 1

Index

Learning guide

1. Description.....	1
2. Faculty.....	1
3. Prior knowledge recommended to take the subject.....	2
4. Skills and learning outcomes	3
5. Brief description of the subject and syllabus.....	4
6. Schedule.....	7
7. Activities and assessment criteria.....	10
8. Teaching resources.....	18
9. Other information.....	21

1. Description

1.1. Subject details

Name of the subject	83000089 - Power Plants And Alternative Fuels In The Marine Environment
No of credits	6 ECTS
Type	Optional
Academic year of the programme	Second year
Semester of tuition	Semester 3
Tuition period	September-January
Tuition languages	English
Degree programme	08IN - Master Universitario en Ingenieria Naval y Oceanica
Centre	08 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Navales
Academic year	2024-25

2. Faculty

2.1. Faculty members with subject teaching role

Name and surname	Office/Room	Email	Tutoring hours *
Rafael Federico D'amore Domenech (Subject coordinator)		r.damore@upm.es	Sin horario. To be arranged with the Professor by email
Teresa De Jesus Leo Mena		teresa.leo.mena@upm.es	Sin horario. To be arranged with the Professor by email

Vladimir Luis Meca Lopez		vl.meca@upm.es	Sin horario. To be arranged with the Professor by email
--------------------------	--	----------------	--

* The tutoring schedule is indicative and subject to possible changes. Please check tutoring times with the faculty member in charge.

2.2. Research assistants

Name and surname	Email	Faculty member in charge
Posada Sanchez, Elena	elena.posada@upm.es	Leo Mena, Teresa De Jesus

3. Prior knowledge recommended to take the subject

3.1. Recommended (passed) subjects

- Diseño Integral De Plantas De Energía Y Propulsión

3.2. Other recommended learning outcomes

- Psychrometrics/Aire húmedo
- Chemistry/Química
- English/Inglés
- Thermodynamics/Termodinámica
- Reactive Mixtures/Mezclas Reactivas

4. Skills and learning outcomes *

4.1. Skills to be learned

CE02 - Capacidad para analizar soluciones alternativas para la definición y optimización de las plantas de energía y propulsión de buques.

CG1 - 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.

CG2 - 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.

CG3 - 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.

CG4 - (S1) 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.

CTUPM01 - (S2) Creatividad. Los estudiantes deben resolver de forma nueva, original y aportando valor, situaciones o problemas en el ámbito de la ingeniería.

CTUPM04 - (S5) Uso de la lengua inglesa. Los estudiantes establecen conversaciones con nativos sin tener problemas de comunicación adicionales tanto de forma oral como escrita.

CTUPM06 - (S7) Comunicación oral y escrita. Los estudiantes transmiten conocimientos y expresan ideas y argumentos de manera clara, rigurosa y convincente, tanto de forma oral como escrita, utilizando los recursos gráficos y los medios necesarios adecuadamente y adaptándose a las características de la situación y de la audiencia.

CTUPM07 - (S8) Respeto al medio ambiente. Los estudiantes desarrollan las mejores prácticas para interactuar con el entorno, de forma ética, responsable y sostenible, con el objetivo de evitar o disminuir los efectos negativos que ocasiona la actividad humana, así como promover los beneficios que pueda generar la actividad profesional en el ámbito medioambiental, teniendo en cuenta sus implicaciones económicas y sociales.

CTUPM12 - Gestión económica y administrativa. Los estudiantes son capaces de realizar las operaciones administrativas vinculadas a la gestión económica y de recursos humanos.

CTUPM13 - Trabajo en contextos internacionales. Los estudiantes son capaces de integrarse en un grupo o equipo, colaborando y cooperando con otros. Tienen la capacidad para trabajar con estudiantes de otras disciplinas y de aceptar la diversidad social y cultural.

4.2. Learning outcomes

RA7 - Capacidad de optimización energética y medioambiental de plantas de energía y propulsión en el ámbito de la titulación

RA50 - COMPETENCIAS: Capacidad para identificar los cambios que son necesarios en las plantas de generación a bordo para incrementar la capacidad de almacenamiento de la energía producida.

RA51 - COMPETENCIAS: Capacidad para identificar los cambios que son necesarios en las plantas de generación a bordo y sistemas asociados para adaptarse a combustibles alternativos: gas natural, amoníaco, metanol, hidrógeno, etc.

RA57 - S2 Creatividad

RA56 - S1 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

RA59 - S7 Comunicación oral y escrita.

* The Learning Guides should reflect the Skills and Learning Outcomes in the same way as indicated in the Degree Verification Memory. For this reason, they have not been translated into English and appear in Spanish.

5. Brief description of the subject and syllabus

5.1. Brief description of the subject

The subject of Alternative Fuel Plants in the Marine Environment (PECAMM) focuses on exploring emerging technologies and innovative solutions for the production, storage, distribution, and use of alternative fuels in the maritime sector. Throughout the course, students will delve into topics such as sustainability, low-carbon fuels, energy efficiency, carbon dioxide capture, and fuel cells, among others. Additionally, laboratory practices and case studies will allow students to apply theoretical knowledge in practical and real-world contexts. Teaching methodologies will include theoretical classes, practical laboratory sessions, and interactive workshops to promote comprehensive learning. Active student participation will be encouraged through project work, presentations, and class discussions. Assessment will be progressive, including partial exams, research papers, and final project presentations demonstrating understanding and application of the studied concepts.

La asignatura de Plantas de Combustibles Alternativos en el Medio Marino (PECAMM) se centra en la exploración de las tecnologías emergentes y las soluciones innovadoras para la producción, almacenamiento, distribución y uso de combustibles alternativos en el sector marítimo. A lo largo del curso los estudiantes se sumergirán en temas como la sostenibilidad, los combustibles hipocarbónicos, la eficiencia energética, la captura de dióxido de carbono, y las pilas de combustible, entre otros. Además, se abordarán las prácticas de laboratorio y casos de estudio que permitirán a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos en contextos prácticos y próximos a la realidad. En cuanto a las metodologías de enseñanza, se emplearán clases teóricas, sesiones prácticas de laboratorio y talleres interactivos para fomentar un aprendizaje integral. Se promoverá la participación activa de los estudiantes mediante la realización de proyectos, presentaciones y debates en clase. La evaluación será progresiva con exámenes parciales, trabajos de investigación, la presentación de proyectos finales que reflejen la comprensión y aplicación de los conceptos estudiados.

5.2. Syllabus

1. Introduction to alternative fuels
2. Mechanisms for the reduction of emissions on board
 - 2.1. Waste heat recovery systems
 - 2.2. Wind-assisted propulsion
 - 2.3. Hydrodynamic appendages
 - 2.4. Alternative fuels. Introduction
 - 2.5. Carbon dioxide capture
3. Alternative fuels and their properties
 - 3.1. Substance models
 - 3.2. Real properties. Use of tables, diagrams and databases
4. Production of alternative fuels
 - 4.1. Bio-fuels and e-fuels
 - 4.2. Hydrogen production
 - 4.3. Methanol production
 - 4.4. Ammonia production

5. Storage of alternative fuels

5.1. Pressurized storage solutions

5.2. Liquid-state storage solutions

5.3. Storage in solids

6. Distribution of alternative fuels by sea

6.1. Ship transport

6.2. Pipeline transport

7. Fuel cells

7.1. Fuel cell types

7.2. Fuel cell components

7.3. Fuel cell systems. Balance of plant (BOP)

7.4. Thermodynamics and electrochemistry

7.5. Polarizations and efficiencies

7.6. Hybridization with batteries

7.7. Exergy analysis

7.8. Fuel cell modelling

7.9. Characterization

7.10. Maritime applications

8. Other power plants for alternative fuels

9. Energy, exergy and emissions analysis of power plants for alternative fuels

6. Schedule

6.1. Subject schedule*

Week	Type 1 activities	Type 2 activities	Distant / On-line	Assessment activities
1	Unit 1 Duration: 02:00 Unit 2 Duration: 02:00			
2	Unit 2 Duration: 02:00 Unit 3 Duration: 02:00			
3	Unit 3 Duration: 02:00 Unit 3 Duration: 02:00			
4	Unit 3 Duration: 02:00 Unit 3 Duration: 02:00			
5	Unit 4 Duration: 04:00	Lab Practice 1 Duration: 02:00	Lab Practice script test 1 Duration: 00:10 Submission of the Lab Practice Report 1 Duration: 02:00	Lab Practice Script test 1 Progressive assessment and Global Examination Not Presential Duration: 00:10 Submission of the Lab Practice Report 1 Progressive assessment and Global Examination Not Presential Duration: 02:00
6	Unit 4 Duration: 01:00 Unit 4 Duration: 01:00 Unit 5			

	Duration: 02:00			
7	Unit 5 Duration: 01:00 Unit 6 Duration: 03:00			
8	Exam Units 1-6 Duration: 01:30 Unit 7 Duration: 02:30			Exam Units 1-6 Progressive assessment Presential Duration: 01:30
9	Unit 7 Duration: 02:00 Unit 7 Duration: 02:00			
10	Unit 7 Duration: 02:00 Unit 7 Duration: 02:00	Lab Practice 2 Duration: 02:00	Lab Practice script test 2 Duration: 00:10 Submission of the Lab Practice Report 2 Duration: 02:00	Lab Practice Script test 2 Progressive assessment and Global Examination Not Presential Duration: 00:10 Submission of the Lab Practice Report 2 Progressive assessment and Global Examination Not Presential Duration: 02:00
11	Unit 7 Duration: 02:00 Unit 7 Duration: 02:00			
12	Unit 7 Duration: 02:00 Unit 7 Duration: 02:00	Lab Practice 3 Duration: 02:00	Lab Practice script test 3 Duration: 00:10 Submission of the Lab Practice Report 3 Duration: 02:00	Lab Practice Script test 3 Progressive assessment and Global Examination Not Presential Duration: 00:10 Submission of the Lab Practice Report 3 Progressive assessment and Global Examination Not Presential Duration: 02:00

13	Unit 7 Duration: 01:30 Unit 8 Duration: 01:00 Design thinking Unit 9 Duration: 01:30 Research-based learning			Unit 9 Research Presentations: co-evaluation Progressive assessment Presential Duration: 02:00
14	Unit 9 Duration: 00:30 Research-based learning Exam Units 7-9 Duration: 01:30		Unit 9 written research report: co-evaluation Duration: 02:00	Exam Units 7-9 Progressive assessment Presential Duration: 01:30 Unit 9 written research report: co-evaluation Progressive assessment Not Presential Duration: 02:00
15		Technical Visit to Research Center or Industrial Site relevant to the Subject Duration: 04:00 Practice field trip		
16				
17				Exam Units 1-9 Global examination Presential Duration: 03:00

Depending on the programme study plan, total values will be calculated according to the ECTS credit unit as 26/27 hours of student face-to-face contact and independent study time.

7. Activities and assessment criteria

7.1. Assessment activities

7.1.1. Assessment

Week	Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Evaluated skills
5	Lab Practice Script test 1		No Presential	00:10	1.67%	5 / 10	CTUPM04
5	Submission of the Lab Practice Report 1		No Presential	02:00	1.67%	5 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM06
8	Exam Units 1-6		Face-to-face	01:30	30%	3 / 10	CG3 CTUPM07 CTUPM04 CTUPM12 CTUPM06 CG2
10	Lab Practice Script test 2		No Presential	00:10	1.67%	5 / 10	CTUPM04
10	Submission of the Lab Practice Report 2		No Presential	02:00	1.67%	5 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM06
12	Lab Practice Script test 3		No Presential	00:10	1.67%	5 / 10	CTUPM04
12	Submission of the Lab Practice Report 3		No Presential	02:00	1.67%	5 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM06

13	Unit 9 Research Presentations: co-evaluation		Face-to-face	02:00	15%	3 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM12 CTUPM06
14	Exam Units 7-9		Face-to-face	01:30	30%	3 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM12 CTUPM06
14	Unit 9 written research report: co-evaluation		No Presential	02:00	15%	3 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM12 CTUPM06

7.1.2. Global examination

Week	Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Evaluated skills
5	Lab Practice Script test 1		No Presential	00:10	1.67%	5 / 10	CTUPM04
5	Submission of the Lab Practice Report 1		No Presential	02:00	1.67%	5 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM06

10	Lab Practice Script test 2		No Presential	00:10	1.67%	5 / 10	CTUPM04
10	Submission of the Lab Practice Report 2		No Presential	02:00	1.67%	5 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM06
12	Lab Practice Script test 3		No Presential	00:10	1.67%	5 / 10	CTUPM04
12	Submission of the Lab Practice Report 3		No Presential	02:00	1.67%	5 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM06
17	Exam Units 1-9		Face-to-face	03:00	90%	5 / 10	CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG2 CG3 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM12 CTUPM06

7.1.3. Referred (re-sit) examination

Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Evaluated skills
Exam Units 1-9		Face-to-face	03:00	90%	5 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM12 CTUPM06
Lab Practice script tests during the teaching period		Face-to-face	00:30	5%	5 / 10	CTUPM04
Submission of the Lab Practice Reports during the teaching period		Face-to-face	06:00	5%	5 / 10	CG2 CG3 CTUPM13 CE02 CTUPM07 CG1 CG4 CTUPM01 CTUPM04 CTUPM06

7.2. Assessment criteria

The student will be able to pass the subject both in the Ordinary Call and in the Extraordinary Call (Re-sit). In both calls, it will be necessary to have previously passed the laboratory practices, which must be carried out and passed during the teaching period of the subject. It will not be possible to pass in any of the calls without having passed the laboratory practices.

A) Ordinary Call

The student will be able to pass the subject in the ordinary call through progressive evaluation or through a global evaluation. It will not be necessary to notify the type of evaluation chosen by the student.

The progressive evaluation is broken down into the following elements:

1. Exam 1 (U1-U6): 30%
2. Exam 2 (U7-U9): 30%
3. Research work (U9): 30%. Oral presentation (15%) Written report (15%)
4. Laboratory practices during the teaching period of the subject: 10%

To pass by progressive evaluation, the student must attend all the elements described above and obtain a grade equal to 3.0 points out of 10.0 in each of them. The minimum grade to pass the laboratory practices and to average will be 5.0 points out of 10.0. A grade lower than 5.0 points in the laboratory practices will eliminate the possibility of passing the subject in any of the calls. If during the progressive evaluation a grade equal to or higher than 5.0 points out of 10.0 is obtained in Exam 1 or Exam 2, but the average grade of all the grades is less than 5.0 points out of 10.0, in the global evaluation exam of the ordinary call, the grade that was higher than 5.0 in the corresponding topics can be kept. Under no circumstance will grades from the progressive evaluation exams be kept for getting exemptions in parts of the extraordinary call.

The global evaluation is broken down into the following elements:

1. Exam 1 (U1-U6): 45%

2. Exam 2 (U7-U9): 45%

3. Laboratory practices during the teaching period of the subject: 10%

To pass by global evaluation, the student must attend all the tests described above and obtain a grade equal to 3.0 points out of 10.0 in each of them. The minimum grade to pass the laboratory practices and to average will be 5.0 points out of 10.0. A grade lower than 5.0 points in the laboratory practices will eliminate the possibility of passing the subject in any of the calls. To pass the subject, it is necessary to obtain an average grade greater than or equal to 5.0 points out of 10.0.

In either case, it will be necessary to pass all the laboratory practices, which are taught during the teaching period of the subject.

B) Extraordinary Call (Re-sit)

The student will be able to pass the subject in the extraordinary call (Re-sit) through global evaluation only, as described above. To pass, it is necessary to obtain a score equal to or greater than 3.0 out of 10.0 in each of the sections. The minimum grade required to pass the laboratory practices and calculate averages will be 5.0 out of 10.0. A grade below 5.0 points in the laboratory practices will eliminate the possibility of passing the subject.

C) Laboratory Practices

Laboratory practices will take place during the teaching period of the subject and account for 10% of the overall grade in any of the exam sessions. It will not be possible to pass the subject in any of the Calls without successfully completing the laboratory practices. Three laboratory practices are proposed, and their grades will be kept only for the academic year in which they are completed, up to and including the extraordinary call. To pass the laboratory practices, students must complete pre-knowledge questionnaires related to the script of each practice and obtain a score of 5.0 out of 10.0 in each questionnaire. It will also be necessary to achieve a score equal to or greater than 5.0 out of 10.0 in each of the practice reports, with a minimum of 5.0 points out of 10.0 across all laboratory practices.

The pre-knowledge questionnaires related to the practice scripts will be conducted on the Moodle platform and account for 5% of the grade in any of the Calls.

Practice reports should be submitted via the Moodle platform and account for 5% of the grade in any of the Calls.

El estudiante podrá superar la asignatura tanto en Convocatoria Ordinaria como en Convocatoria Extraordinaria. En ambas convocatorias será necesario haber superado previamente las prácticas de laboratorio, las cuales deben realizarse y superarse en periodo docente de la asignatura. No será posible aprobar en ninguna de las convocatorias sin haber superado las prácticas de laboratorio.

A) Convocatoria ordinaria

El estudiante podrá superar la asignatura en la convocatoria ordinaria mediante evaluación progresiva o mediante prueba global. No será necesario notificar el tipo de evaluación escogido por el estudiante.

La evaluación progresiva se desglosa en los siguientes elementos:

1. Prueba 1 (U1-U6): 30%
2. Prueba 2 (U7-U9): 30%
3. Trabajo de investigación (U9): 30%. Presentación oral (15%) Documento escrito (15%)
4. Prácticas de laboratorio en periodo docente de la asignatura: 10%

Para aprobar por evaluación progresiva el estudiante deberá presentarse a todas las pruebas arriba descritas y obtener una calificación igual a 3,0 puntos sobre 10,0 en cada una de ellas. La nota mínima para superar las prácticas de laboratorio y hacer media será de 5,0 puntos sobre 10,0. Una nota inferior a 5,0 puntos en las prácticas de laboratorio eliminará la posibilidad de aprobar la asignatura en cualquiera de las convocatorias. Si durante la evaluación progresiva se obtuviese una nota igual o superior a 5,0 puntos sobre 10,0 en la prueba 1 o en la prueba 2, pero la nota media de todas las calificaciones resultase inferior a 5,0 puntos sobre 10,0, en la prueba de evaluación global de la convocatoria ordinaria se podrá conservar la nota que hubiere sido superior a 5,0 en los temas correspondientes. En ningún caso se conservarán calificaciones de las pruebas de la evaluación progresiva para liberar partes en la convocatoria extraordinaria.

La evaluación por prueba global se desglosa en los siguientes elementos:

1. Prueba 1 (U1-U6): 45%
2. Prueba 2 (U7-U9): 45%
3. Prácticas de laboratorio en periodo docente de la asignatura: 10%

Para aprobar por evaluación prueba global el estudiante deberá presentarse a todas las pruebas arriba descritas y obtener una calificación igual a 3,0 puntos sobre 10,0 en cada una de ellas. La nota mínima para superar las prácticas de laboratorio y hacer media será de 5,0 puntos sobre 10,0. Una nota inferior a 5,0 puntos en las prácticas de laboratorio eliminará la posibilidad de aprobar la asignatura en cualquiera de las convocatorias.

Para superar la asignatura es necesario obtener una calificación media mayor o igual a 5,0 puntos sobre 10,0.

En cualquiera de los dos casos será necesario superar todas las prácticas de laboratorio, las cuales se imparten en periodo docente de la asignatura

B) Convocatoria extraordinaria

Se realizará una prueba global de evaluación según se ha descrito más arriba.

Para hacer media es necesario obtener una calificación igual o superior a 3,0 puntos sobre 10,0 en cada una de las partes. La nota mínima requerida para poder superar las prácticas de laboratorio y hacer medias será de 5,0 puntos sobre 10,0. Una nota inferior a 5,0 puntos en las prácticas de laboratorio eliminará la posibilidad de aprobar la asignatura.

C) Prácticas de laboratorio

Las prácticas de laboratorio se realizarán durante el periodo docente de la asignatura, y tienen un peso total en la calificación del 10% en cualquiera de las convocatorias. No será posible aprobar en ninguna de las convocatorias sin haber superado las prácticas de laboratorio.

Se proponen 3 prácticas de laboratorio cuya calificación se conservará únicamente en el curso académico en el que se realizan, hasta la convocatoria extraordinaria inclusive. Para aprobar las prácticas de laboratorio el alumno deberá realizar los cuestionarios de conocimientos previos sobre el guion de cada práctica y obtener una calificación de 5,0 puntos sobre 10,0 en cada cuestionario. Será necesario también obtener una calificación igual o superior a 5,0 puntos sobre 10,0 en cada una de las memorias de prácticas, siendo necesario obtener al menos 5,0 puntos sobre 10,0 en el conjunto de todas las prácticas de laboratorio.

Los cuestionarios de conocimientos previos sobre los guiones de las prácticas se realizarán en la plataforma moodle y tendrán un peso total del 5% en cualquiera de las convocatorias.

Las memorias de las prácticas se entregarán mediante la plataforma moodle hoy tendrán un peso total del 5% de la calificación en cualquiera de las convocatorias.

8. Teaching resources

8.1. Teaching resources for the subject

Name	Type	Notes
Materials available in Moodle	Bibliography	
Tables and diagrams available in Moodle	Bibliography	
"Thermodynamics", K. Wark, 6th Ed.: McGraw-Hill. 1999. Versión española Edit. McGraw-Hill, 2001	Bibliography	

"Fundamentals of Engineering Thermodynamics", M.J. Moran, H.W. Shapiro, D.D. Boettner y M.B. Bailey, 8th ed., Edit. John Wiley & Sons, Inc., 2014.	Bibliography	
Çengel, Y.A., Boles, M.A. y Kanoglu, M., 2019. Termodinámica. 9ª ed. Mexico, D.F.: McGraw-Hill Interamericana. ISBN 978-1-4562-7208-1	Bibliography	
"Termodinámica: estructura y aplicaciones. Parte I", P. Pérez del Notario y Teresa J. Leo, 2018 (http://oa.upm.es/51445/)	Bibliography	
"Termodinámica: estructura y aplicaciones. Parte II", P. Pérez del Notario y Teresa J. Leo, 2019 (http://oa.upm.es/51445/)	Bibliography	
moodle.upm.es	Web resource	
http://webbook.nist.gov/chemistry	Web resource	
ingenio.upm.es	Web resource	
scholar.google.com	Web resource	
Larminie, James. Fuel cell systems explained, Ed. John Wiley & Sons, 2000	Bibliography	
Li, Xianguo. Principles of fuel cells, Ed. Taylor & Francis, 2006	Bibliography	
Barclay, Frederick J. Fuel cells, engines and hydrogen: an exergy approach, McGraw-Hill, 1999. Versión española Edit. McGraw-Hill, 2001.	Bibliography	

O'Hayre R, Cha S-W, Colella W, Prinz F B. Fuel cells fundamentals, 2nd ed, John Wiley & Sons, New York, 2009	Bibliography	
Dicks, A.L., Rand, D.A.J. Fuel cell systems explained, Ed. John Wiley & Sons, 2018.	Bibliography	
Huang, H., Yuan, X-Z, Li, H., Eds. PEM Fuel Cell Diagnostic Tools, Ed. CRC Press, 2012.	Bibliography	
Stolten, D., Samsun, R.C., Garland, N., Eds. Fuel cells. Data, Facts and Figures, Ed. Wiley-VCH, 2016.	Bibliography	
AGATA GODULA-JOPEK, 2015. Hydrogen Production: by Electrolysis. 1. Newark: Wiley. ISBN 352767652X.	Bibliography	
Chatenet, Marian, et al. "Water electrolysis: from textbook knowledge to the latest scientific strategies and industrial developments." Chemical Society Reviews 51.11 (2022): 4583-4762.	Bibliography	https://doi.org/10.1039/D0CS01079K

9. Other information

9.1. Other information about the subject

The schedule of the subject follows a theoretical plan that may undergo modifications during the course. In the schedule a technical visit appears in the 15th week with an estimated duration of four hours. The actual place and date of the visit will be planned at the beginning of the semester.

The course includes formal lecture hours, laboratory practice, seminar sessions, and scheduled tutorials. During lecture sessions, theory and exercises are combined, requiring active participation from students. Students are divided into three-member groups, each assigned a subject for class presentations and paper writing. Before their class presentations, each student delivers a brief summary (approximately 300 words) to their colleagues. The purpose of scheduled tutorials is to address specific problems related to the assigned subject, and students attend these tutorials in groups. Seminars focus on practical work and aim to develop the competencies expected in the course. Laboratory practice includes both experimental and computational work.

The subject is related to the following Sustainable Development Goals (SDGs):

SDG 4: Quality Education

SDG 7: Affordable and Clean Energy

SDG 9: Industry, Innovation, and Infrastructure

El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso. En el cronograma figura una visita técnica en la semana 15 con una duración estimada de 4 horas. El lugar y la fecha de la visita se planificará al inicio del cuatrimestre.

El curso contiene clases presenciales en aula, prácticas de laboratorio, horas de Seminario y Tutorías programadas. Las sesiones en el aula combinarán teoría y ejercicios. Esto último requerirá la participación activa

de los estudiantes. Los alumnos se dividirán en grupos de tres miembros. A cada grupo se le asignará y desarrollará un tema para hacer una presentación en clase y escribir un artículo sobre el mismo. Cada estudiante, antes de su presentación en clase, entregará a sus colegas un breve resumen sobre el tema (trabajo individual de 300 palabras aproximadamente). El objetivo de las Tutorías programadas es que los estudiantes traigan problemas específicos relacionados con la preparación del tema asignado. Los estudiantes acudirán en grupo. Los seminarios están orientados hacia el trabajo práctico y facilitarán el desarrollo de las competencias que se espera adquirir en el curso.

La asignatura se relaciona con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible:

ODS 4: Educación de calidad

ODS 7: Energía limpia y asequible

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura