



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

53001589 - Fusión Nuclear

PLAN DE ESTUDIOS

05BF - Master Universitario En Ciencia Y Tecnologia Nuclear

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	10
9. Otra información.....	10

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	53001589 - Fusión Nuclear
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Inglés/Castellano
Titulación	05BF - Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Pedro Velarde Mayol	ETSII - Nuclear	pedro.velarde@upm.es	Sin horario. Es necesario solicitar la tutoría mediante correo electrónico.
Manuel Cotelo Ferreiro (Coordinador/a)	ETSII - Nuclear	manuel.cotelo@upm.es	Sin horario. Es necesario solicitar la tutoría mediante correo electrónico.

Elisa Alejandra Vazquez Fernandez Tello	ETSII - Nuclear	ea.vazquez@upm.es	Sin horario. Es necesario solicitar la tutoría mediante correo electrónico.
--	-----------------	-------------------	---

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Eduardo Oliva Gonzalo	eduardo.oliva@upm.es	ETSII

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Física Nuclear
- Teoría Del Transporte De Partículas Y Radiación

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Estructura de la materia
- Electromagnetismo
- Mecánica de fluidos

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB06 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB08 - 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

CE01 - Entiende a fondo las leyes básicas y avanzadas de la física atómica y nuclear y las ciencias de la ingeniería pertinentes aplicables a la tecnología de las plantas de energía nuclear de fisión y/o fusión

CE06 - Concibe la utilización de los aceleradores de partículas como herramientas avanzadas en la investigación física, y sus aplicaciones en la medicina e industria

CG01 - Tener conocimientos avanzados de los aspectos científicos y tecnológicos de la energía nuclear

CG04 - Ser capaz 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

CT08 - Entiende los impactos. Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global

CT10 - Conoce. Conocimiento de los temas contemporáneos

4.2. Resultados del aprendizaje

RA9 - Conocer los Principios de la Física de los Plasmas de alta y baja densidad con o sin campos electromagnéticos

RA10 - Entender de los Principios de la Tecnología de Generación de Energía por Fusión Nuclear por Confinamiento Magnético e Inercial

RA11 - Analizar el estado de instalaciones actuales y futuras. Sistemas y Materiales.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura parte de la introducción a fusión nuclear vista en Tecnología Nuclear y de los conocimientos de la reacción de fusión impartidos en Física Nuclear. Por tanto, el alumno profundizará en los fundamentos de la Fusión Nuclear como fuente de energía así como en el análisis crítico de las tecnologías en desarrollo para su futura implantación comercial. La asignatura comienza con una introducción a modo de resumen de conocimientos vistos en otras asignaturas previas de la titulación. A partir de esto se estudiarán los plasmas aplicados a fusión nuclear y la asignatura finalizará con un amplio estudio de las tecnologías para reactores de fusión nuclear.

Esta asignatura se impartirá en inglés.

This course is based on the introduction to nuclear fusion seen in the previous courses Nuclear Technology and from the knowledge of the fusion reaction taught in Nuclear Physics. Therefore, the student will study in more detail the fundamentals of Nuclear Fusion as a source of energy as well as the critical analysis of the technologies under development for their future commercial implementation. The subject begins with an introduction as a summary of knowledge seen in other previous courses. From this, plasmas applied to nuclear fusion will be studied and the subject will end with a comprehensive study of technologies for nuclear fusion reactors.

5.2. Temario de la asignatura

1. Fundamentos de Fusión Nuclear (Nuclear Fusion fundamentals)
 - 1.1. Reacciones de fusión nuclear y cinética de reacciones (Nuclear Fusion reaction and reaction kinetics)
 - 1.2. Física de plasmas aplicada a fusión nuclear (Plasma physics applied to Nuclear Fusion)
2. Plasmas de fusión nuclear (Nuclear Fusion plasmas)
 - 2.1. Confinamiento inercial (Inertial Confinement)
 - 2.1.1. Tipos de blancos (Target characteristics)
 - 2.1.2. Interacción láser-blanco (Driver-target interaction)
 - 2.1.3. Compresión hidrodinámica (Hydrodynamic compression)
 - 2.1.4. Esquemas de ignición (Ignition schemes)
 - 2.1.5. Ganancia de energía Energy gain and yield)
 - 2.2. Confinamiento magnético (Magnetic confinement)
 - 2.2.1. Tokamak y stellarator (Tokamak and stellarator)
 - 2.2.2. Calentamiento del plasma (Plasma heating)
 - 2.2.3. Ignición y ganancia (Ignition and gain)
 - 2.2.4. Efectos de borde (Border effects)
 - 2.2.5. Inestabilidades (Instabilities)
3. Tecnologías de planta de potencia (Nuclear Fusion power plant technologies)
 - 3.1. Interacción Radiación-Materia (Radiation-matter interaction)
 - 3.2. Confinamiento inercial (Inertial confinement)
 - 3.2.1. Sistemas de planta (Power plant systems)
 - 3.2.2. Tipos de cámara (Reaction chamber characteristics)
 - 3.2.3. De NIF y LMJ a plantas de potencia (From NIF and LMJ to a power plant)
 - 3.3. Confinamiento magnético (Magnetic confinement)
 - 3.3.1. Tecnologías de calentamiento (Heating technologies)
 - 3.3.2. Primera pared, divertor y manto reproductor (First wall, divertor and breeding blanket)
 - 3.3.3. De JET e ITER a plantas de potencia (From JET and ITER to a power plant)

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega de trabajos (Delivery of exercises) TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 08:00
6	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega de trabajos (Delivery of exercises) TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 08:00
10	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase práctica de ejercicios en python (Hand on python exercises) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

12	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
13	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	Lección presencial (Face to face lesson) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Presentaciones trabajos individuales (Report and oral presentation) PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 12:00
15				
16				
17				

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Entrega de trabajos (Delivery of exercises)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	08:00	15%	4 / 10	CE01 CG01 CT08 CB06
9	Entrega de trabajos (Delivery of exercises)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	08:00	15%	4 / 10	CE06 CG04 CB06 CB08
14	Presentaciones trabajos individuales (Report and oral presentation)	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	12:00	70%	4 / 10	CG01 CG04 CB06 CB08 CT10

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Entrega de trabajos (Delivery of exercises)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	08:00	15%	4 / 10	CE01 CG01 CT08 CB06
9	Entrega de trabajos (Delivery of exercises)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	08:00	15%	4 / 10	CE06 CG04 CB06 CB08
14	Presentaciones trabajos individuales (Report and oral presentation)	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	12:00	70%	4 / 10	CG01 CG04 CB06 CB08 CT10

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

La evaluación consiste en las siguientes pruebas:

- Entrega de ejercicios de Fusión Nuclear con un peso del 15%
- Entrega de ejercicios de programación en python con un peso del 15%
- Presentación oral e informe de un tema monográfico sobre Fusión Nuclear, con un peso del 70%

The evaluation consists on the following activities:

- Delivery of Nuclear Fusion exercises with a weight of 15%
- Delivery of programming exercises in python with a weight of 15%
- Oral presentation and report of a monographic topic on Nuclear Fusion, with a weight of 70%

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Bibliografía (Bibliography)	Bibliografía	Referencias bibliográficas relevantes comentadas (Relevant bibliographic references with comments)
Recursos web (Web resources)	Recursos web	Aplicaciones abiertas, simuladores y páginas de referencia, comentadas para profundizar en la asignatura (Open software, reference web pages and other resources)
Apuntes (Course notes)	Otros	Apuntes de asignatura con el contenido completo de la asignatura y aspectos adicionales para autoestudio (Notes of the lessons covering the whole content of the course)
Moodle	Recursos web	

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Los alumnos dispondrán de todos los recursos y actividades a través de la plataforma Moodle de la UPM. La comunicación entre alumno y profesores se realizará preferentemente a través de la plataforma Moodle. La Fusión Nuclear es una nueva fuente de energía con un enorme potencial por explotar. Este potencial puede ayudarnos a alcanzar varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- ODS7 Energía asequible y no contaminante: El potencial de explotación de la Fusión Nuclear es virtualmente inagotable. Por tanto se puede hacer un uso sostenible de esta fuente de energía en el tiempo y además se basa en recursos muy abundantes, por lo que cualquier nación puede acceder a esta fuente de energía. Además es una

fuentes de energía con bajas emisiones de gases de efecto invernadero y la generación de residuos radiactivos es mucho más limitada que en la tecnología de fisión nuclear.

- ODS9 Industrial, innovación e infraestructuras: El desarrollo de la Fusión Nuclear requiere todavía el desarrollo de nuevas técnicas y materiales para poder explotarla de manera controlada y segura. Estos desarrollos generarán un avance tecnológico del que pueden aprovecharse la industria y por tanto hacer crecer a las economías de los países.

- ODS13 Acción por el clima: Al ser la Fusión Nuclear una tecnología de producción de energía de bajas emisiones de gases de efecto invernadero, nos ayuda a mitigar el cambio climático al reducir las emisiones derivadas de la producción de energía.

Students will have access to all the resources and activities through the UPM's Moodle platform. Communication between students and teachers will preferably be done through the Moodle platform. Nuclear Fusion is a new source of energy with enormous potential to be exploited. This potential can help us achieve several of the Sustainable Development Goals:

- SDG7 Affordable and non-polluting energy: The potential for exploiting Nuclear Fusion is virtually inexhaustible. Therefore, sustainable use of this energy source can be made over time and it is also based on very abundant resources, so any nation can access this energy source. It is also an energy source with low greenhouse gas emissions and the generation of radioactive waste is much more limited than in nuclear fission technology.

- SDG9 Industrial, innovation and infrastructure: The development of Nuclear Fusion still requires the development of new techniques and materials to be able to exploit it in a controlled and safe manner. These developments will generate a technological advance that the industry can take advantage of and therefore make the economies of the countries grow.

- SDG13 Climate action: As Nuclear Fusion is a technology for energy production with low greenhouse gas emissions, it helps us mitigate climate change by reducing emissions from energy production.