



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

55000804 - Tecnología Nuclear

PLAN DE ESTUDIOS

05TI - Grado En Ingeniería En Tecnologías Industriales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Primer 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.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	55000804 - Tecnología Nuclear
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05TI - Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2021-22

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Oscar Luis Cabellos De Francisco	Nuclear Planta2	oscar.cabellos@upm.es	Sin horario. Solicitar por correo electrónico
Manuel Cotelo Ferreiro	Nuclear Planta2	manuel.cotelo@upm.es	Sin horario. Solicitar por correo electrónico

Nuria Garcia Herranz (Coordinador/a)	Nuclear Planta1	nuria.garcia.herranz@upm.es	Sin horario. Solicitar por correo electrónico
Alfredo Lorente Fillol	Laboratorio	alfredo.lorente@upm.es	Sin horario. Solicitar por correo electrónico
Gonzalo Felipe Garcia Fernandez	Nuclear Planta1	gf.garcia@upm.es	Sin horario. Solicitar por correo electrónico

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

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Estructura De La Materia

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Resolución de ecuaciones diferenciales
- Fundamentos de mecánica cuántica y relativista

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial.

CG3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinarios.

CG4 - Comprender el impacto de la ingeniería industrial en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

CG7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la Ingeniería Industrial en sus actividades profesionales.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA419 - Capacidad de abordar un estudio más profundo de las demás asignaturas relacionadas con la Ingeniería Nuclear impartidas en el Grado: Aplicaciones de las radiaciones, Centrales Nucleares, Protección Radiológica, Seguridad Nuclear.

RA420 - Capacidad de síntesis, necesaria para el estudio y aprobado de una asignatura de contenidos tan variados.

RA418 - Fundamentos generales de la física y la tecnología de la fisión y la fusión nuclear, los reactores nucleares y del ciclo del combustible nuclear.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura Tecnología Nuclear tiene como objetivo que los alumnos adquieran los fundamentos generales de la Ingeniería Nuclear, es decir, de todas aquellas aplicaciones en las que juegan un papel fundamental las fuerzas que ligan entre sí a los constituyentes de los núcleos atómicos. Así, en primer lugar, se estudia la radiactividad, las radiaciones ionizantes y su interacción con la materia, así como los principales métodos de detección y medida; se presentarán así mismo las distintas aplicaciones industriales y médicas de las radiaciones ionizantes. En segundo lugar, se estudian las reacciones nucleares, enfocándose en aquellas que permiten la producción eficiente de energía eléctrica, las reacciones de fisión y fusión, estudiándose así mismo las tecnologías asociadas. Al ser hoy en día la fisión la base de la explotación comercial de las materias primas nucleares para generación eléctrica, se hace especial hincapié en la física de los reactores de fisión, fundamental para abordar la asignatura de Centrales Nucleares en el segundo semestre.

A lo largo de la asignatura se transmite la conquista científico-técnica que ha supuesto el control y dominio de la energía nuclear. Los alumnos verán que tiene muchas aplicaciones potencialmente beneficiosas, pero no exentas de riesgos, riesgos asociados a la radiactividad y a la reactividad, por lo que se fomenta la capacidad de análisis de las ventajas e inconvenientes de la energía nuclear y el desarrollo de un espíritu crítico respecto a la misma.

5.2. Temario de la asignatura

1. Conceptos Fundamentales

- 1.1. Estructura básica del átomo y el núcleo
- 1.2. Desintegración radiactiva
- 1.3. Interacción de las partículas cargadas con la materia
- 1.4. Interacción de la radiación electromagnética con la materia
- 1.5. Interacción de las radiaciones ionizantes con la materia viva: Protección Radiológica
- 1.6. Aplicaciones de las radiaciones ionizantes
- 1.7. Detección y medida de las radiaciones
- 1.8. Reacciones nucleares
- 1.9. Secciones eficaces de las reacciones con neutrones

2. Física de Reactores de Fisión

- 2.1. Reacción nuclear de fisión
- 2.2. El ciclo neutrónico: criticidad
- 2.3. Reactores nucleares de fisión
- 2.4. Moderación de neutrones
- 2.5. Difusión de neutrones
- 2.6. Introducción a la cinética
- 2.7. Introducción a la dinámica

3. Tecnología de Fusión Nuclear

- 3.1. Introducción a la Fusión Nuclear
- 3.2. Condiciones de la fusión termonuclear controlada
- 3.3. Conceptos básicos de Física de Plasmas
- 3.4. Fusión por Confinamiento Magnético
- 3.5. Fusión por Confinamiento Inercial
- 3.6. Tecnología de reactores de fusión

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Impartición Tema 1.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Realización de ejercicios Tema 1.1 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		Impartición Tema 1.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Realización de ejercicios Tema 1.1 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
2	Impartición Tema 1.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Realización de ejercicios Tema 1.2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		Impartición Tema 1.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Realización de ejercicios Tema 1.2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
3	Impartición Tema 1.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Impartición Tema 1.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Impartición Tema 1.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Impartición Tema 1.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4	Impartición Tema 1.5 y 1.6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Impartición Tema 1.7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Impartición Tema 1.5 y 1.6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Impartición Tema 1.7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
5	Impartición Tema 1.8 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Realización de ejercicios Temas 1.8 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		Impartición Tema 1.8 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Realización de ejercicios Temas 1.8 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
6	Impartición Tema 1.9 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Realización de ejercicios Temas 1.9 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica de laboratorio: estudio del detector Geiger Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Impartición Tema 1.9 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Realización de ejercicios Temas 1.9 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Evaluación de la práctica de laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00

7	<p>Impartición Temas 2.1 y 2.2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Impartición Temas 2.1 y 2.2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
8	<p>Realización de ejercicios Temas 2.1 y 2.2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Impartición Tema 2.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Realización de ejercicios Temas 2.1 y 2.2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Impartición Tema 2.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Primera entrega de ejercicios para trabajo personal TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p> <p>Primera prueba de evaluación continua EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
9	<p>Impartición Tema 2.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios Temas 2.3 y 2.4 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Impartición Tema 2.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios Temas 2.3 y 2.4 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
10	<p>Impartición Tema 2.5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios Tema 2.5 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Impartición Tema 2.5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios Tema 2.5 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
11	<p>Impartición Tema 2.6 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Impartición Tema 2.6 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
12	<p>Impartición Tema 2.7 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios Temas 2.6 y 2.7 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Impartición Tema 2.7 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios Temas 2.6 y 2.7 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
13	<p>Impartición Temas 4.1, 4.2 y 4.3 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Impartición Temas 4.1, 4.2 y 4.3 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
14	<p>Impartición Temas 4.4, 4.5 y 4.6 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Impartición Temas 4.4, 4.5 y 4.6 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Segunda entrega de ejercicios para trabajo personal TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p> <p>Segunda prueba de evaluación continua EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>

15				
16				
17				Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00

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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Evaluación de la práctica de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG7 CG3 CG4
8	Primera entrega de ejercicios para trabajo personal	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	5 / 10	CG1 CG6
8	Primera prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CG4 CG7
14	Segunda entrega de ejercicios para trabajo personal	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	5 / 10	CG1 CG6
14	Segunda prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CG3 CG4 CG7

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Evaluación de la práctica de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG7 CG3 CG4
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CG1 CG6

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

Dos opciones de evaluación a elegir por el alumno: 1) Evaluación continua y 2) Evaluación final

1) EVALUACIÓN CONTINUA (la asistencia a las clases, tanto presenciales como telemáticas, es obligatoria)

- **80%** de la nota final por evaluación de 2 pruebas de evaluación continua o exámenes parciales eliminatorios (P1 y P2), debiéndose APROBAR AMBOS con una nota igual o mayor que 5 para superar la asignatura. Si el alumno suspende alguno de los dos exámenes parciales, podrá presentarse al parcial suspenso el día del examen final de enero, y nuevamente deberá obtener una nota igual o superior a 5 para superar la asignatura por evaluación continua, no haciéndose media. No se guardará ningún examen parcial para la convocatoria de julio (la evaluación de julio se considera tipo EVALUACIÓN FINAL).
- **10%** de la nota por evaluación de 2 bloques de ejercicios propuestos para trabajo personal (cada bloque correspondiente a un examen parcial, que deberá entregarse manuscrito el día del examen). Sólo se tendrá en cuenta esta nota si AMBOS PARCIALES están aprobados.
- **10%** de la nota por evaluación de las prácticas de laboratorio. Son OBLIGATORIAS y deben aprobarse con una nota igual o superior a 5. Se evaluarán mediante cuestionarios individuales, previo y posterior a la realización de las prácticas, y la elaboración de una memoria en grupo.

La nota final del alumno se calculará de la siguiente forma:

Si $NOTA_P1 \text{ AND } NOTA_P2 \text{ AND } NOTA_LABO \geq 5 \Rightarrow NOTA \text{ FINAL} = 0,4*NOTA_P1 + 0,4*NOTA_P2 + 0,1*NOTA_EJ + 0,1*NOTA_LABO$

Si $NOTA_P1 \text{ OR } NOTA_P2 \text{ OR } NOTA_LABO < 5 \Rightarrow NOTA \text{ FINAL} = \text{MIN}(NOTA_P1, NOTA_P2, NOTA_LABO)$

2) EVALUACIÓN FINAL

- **90%** de la nota por evaluación de un examen final, que debe aprobarse con una nota igual o mayor que 5.
- **10%** de la nota por evaluación de las prácticas de laboratorio. Son OBLIGATORIAS y deben aprobarse con

una nota igual o superior a 5. Se evaluarán mediante cuestionarios individuales, previo y posterior a la realización de las prácticas, y la elaboración de una memoria en grupo.

En cualquier opción de evaluación es necesario aprobar las prácticas de laboratorio para superar la asignatura. Los alumnos de ERAMUS deben contactar con el coordinador de la asignatura.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes elaborados por el equipo docente	Otros	El material necesario para el estudio de la asignatura estará disponible en MOODLE
Ortega X., Jorba J., Radiaciones Ionizantes. Vol. I, Ediciones UPC (1996)	Bibliografía	Bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 1
Lamarsh J.R., Introduction to Nuclear Engineering. Ed. Addison-Wesley Publishing Co., Reading Massachusetts, 1982	Bibliografía	Otra bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 2
Glasstone S., Sesonske A., Ingeniería de Reactores Nucleares. Edit. Reverté, Barcelona (1989)	Bibliografía	Bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 2
Chen F.F., Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion. ISBN 978-1-4757-5595-4 (2016)	Bibliografía	Bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 3
Almenas K., Lee R., Nuclear Engineering, An Introduction. Springer-Verlag (1992)	Bibliografía	Otra bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 2
Fitzpatrick Richard, Plasma Physics: an Introduction. CRC Press, Taylor & Francis Group (2014)	Bibliografía	Otra bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 3. Contenidos: http://farside.ph.utexas.edu/teaching/plasma/Plasma/index.html

Pathways to Energy from Inertial Fusion: An Integrated Approach. IAEA-TECDOC-1704 (2013)	Bibliografía	Otra bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 3 https://www.iaea.org/publications/10379/pathways-to-energy-from-inertial-fusion-an-integrated-approach
Hogan, W.J., & Bertel, E. Introduction: Inertial Fusion Energy Fundamentals. IAEA (1995)	Bibliografía	Otra bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 3
Kikuchi, Mitsuru & Lackner, Karl Tran, Minh Quang (Ed.) Fusion Physics. IAEA (2012)	Bibliografía	Otra bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 3

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

TIPO DE DOCENCIA

La docencia de la asignatura será presencial siempre que las condiciones sanitarias lo permitan. En caso contrario:

- **COMUNICACIÓN CON EL EQUIPO DOCENTE:** Se llevará a cabo preferentemente a través del e-mail institucional y/o a través del chat de Microsoft Teams.
- **PLATAFORMAS DE TELE-ENSEÑANZA:** Las actividades de tele-enseñanza se llevarán a cabo a través de Moodle o Microsoft Teams.

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:

Según el OIEA, numerosos países recurren a la ciencia y la tecnología nucleares para contribuir a sus objetivos de desarrollo y poder cumplirlos en ámbitos como la energía, la salud humana, la producción de alimentos, la gestión del agua y la protección del medio ambiente. El uso de estas técnicas nucleares contribuye de manera directa a 9

de los 17 ODS. (<https://www.iaea.org/es/el-oiea/objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods>). La asignatura permite trabajar algunos de estos ODS, citados a continuación.

ODS 3: "Salud y bienestar"

- La aplicación de la tecnología nuclear en la medicina, especialmente para la lucha contra el cáncer y el diagnóstico de enfermedades.

ODS 7: "Energía asequible y no contaminante"

- La energía nucleoelectrica es una fuente fiable y baja en carbono que muchos países en la actualidad están incorporando o considerando incorporar a su mix-energético.

ODS 9: "Industria, innovación e infraestructura"

Los expertos desarrollan y emplean la tecnología nuclear para crear productos más seguros y de mejor calidad y estimular la productividad industrial:

- Uso de las radiaciones ionizantes para esterilizar productos, garantizar la inocuidad y calidad de los alimentos, conservar y restaurar bienes del patrimonio cultural y eliminar los contaminantes presentes en las aguas residuales industriales y el aire.
- Modificación de materiales para mejorar su calidad y su vida útil, por ejemplo hacer que los cables sean resistentes al fuego, y la creación de materiales nuevos, como embalajes biodegradables para alimentos e hidrogeles que se usan en el tratamiento médico de heridas.
- Uso de radiotrazadores para diagnosticar y mejorar los procesos industriales, por ejemplo, para rastrear y monitorizar el movimiento y la distribución de los sedimentos generados por la construcción, el dragado o el vertido en zonas costeras, o para localizar en el suelo recursos naturales valiosos.
- Ensayo no destructivo con rayos X, rayos gamma o neutrones, como la radiografía industrial, puede ayudar a los expertos a comprobar si existen fisuras y defectos y poder así garantizar la calidad e integridad de los materiales y las estructuras, como aviones, gasoductos y oleoductos.
- Fuentes futuras de energía: fusión nuclear.

ODS 13: "Acción por el clima"

El cambio climático se ha convertido en uno de los mayores retos ambientales a escala mundial. La tecnología nuclear se puede utilizar para vigilar y mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse a ellos:

- Dado que las emisiones de gases de efecto invernadero aceleran el cambio climático, los países tratan de mitigarlas desarrollando planes de energía sostenible, muchos de los cuales incluyen la energía nucleoelectrónica.
- Los investigadores utilizan técnicas nucleares para documentar y vigilar cómo influye el cambio climático en el medio ambiente ¿desde el océano y el agua dulce hasta las montañas y el suelo? así como para localizar las fuentes de contaminantes y emisiones de gases de efecto invernadero.

ODS 17: "Alianzas para lograr los objetivos"

El desarrollo sostenible no puede lograrse con la participación de una única organización o un único Gobierno. Las alianzas son un elemento fundamental para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

- El OIEA, la NEA y otras instituciones internacionales desempeñan un papel importante en la agenda mundial para el desarrollo sostenible al ayudar a los países a utilizar la ciencia nuclear para cumplir sus objetivos de desarrollo y trabajar conjuntamente.
- Esta ayuda consiste en intercambio conocimientos a través de proyectos de investigación, distribución de bases de datos y software, proyectos de cooperación técnica, así como establecimiento de guías y normativas internacionales,