

21-22

MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA NUCLEAR

CÓDIGO 2880624-

Ambito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el Código Seguro de Verificación (CSV) en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



4B19C732E59C9F245009A6CD8628A59C

uned

21-22

TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA NUCLEAR
CÓDIGO 2880624-

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



4B19C732E59C9F245009AGCD8628A59C

Nombre de la asignatura	TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA NUCLEAR
Código	2880624-
Curso académico	2021/2022
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	5
Horas	125.0
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Esta asignatura es obligatoria para todos los alumnos que quieran abordar la especialidad de Ingeniería Nuclear del Máster en Ingeniería Industrial.

Este curso de Tecnologías de la Energía Nuclear trata de los aspectos básicos en que se fundamentan las aplicaciones de la energía nuclear. Como materia, las Tecnologías de la Energía Nuclear están conectadas a muy diversas ramas de la ciencia. Desde el punto de vista académico podría por tanto considerarse que esta asignatura es multidisciplinar, con fundamentos ligados a la termodinámica, hidrodinámica, metalurgia, materiales e incluso economía.

El cuerpo de la asignatura está dedicado a los temas característicos de la tecnología nuclear, lo cual hace imprescindible cierta aclaración sobre la diferencia de objetivos y de metodología entre esta asignatura y la física nuclear. Conviene indicar que la física nuclear tiene como objeto observar e interpretar todos los procesos de la naturaleza en los que intervienen las fuerzas nucleares, es decir, las que ligan entre sí a los constituyentes del núcleo atómico. La física nuclear intenta elaborar modelos que expliquen los procesos observados y predigan otros nuevos. Frente a la reacción de fisión, por ejemplo, la física nuclear utilizará los modelos que interpretan el comportamiento de neutrones y protones para determinar teóricamente las magnitudes de interés, tales como secciones eficaces, defecto de masa, número de neutrones liberados, etc. La tecnología nuclear, por su parte, utilizará esos conocimientos para aplicaciones concretas, y será la fenomenología de los procesos. Por ejemplo, de la fisión, la tecnología nuclear se interesará por la probabilidad de ésta ocurra con neutrones de una determinada energía, por los productos de fisión que aparecen en ella y demás fenómenos, sin entrar en una interpretación exhaustiva de cómo y por qué se producen estos procesos en el microcosmos del núcleo atómico, que es lo propio de la física nuclear. La tecnología trabajará con los fenómenos observables (los cuales habrá que conocer exhaustivamente) e intentará extraer aplicaciones útiles a partir de ellos, ideando sistemas adecuados en los que también intervendrán otras ciencias, ya mencionadas, como la termotecnia y el estudio de materiales. Al ingeniero nuclear le será imprescindible conocer todas las propiedades de los materiales y procesos involucrados en las aplicaciones nucleares. Estas propiedades habrán de analizarse y coordinarse para producir el bien deseado, la generación de energía con la necesaria seguridad.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/validar/>



4B1B9C732E59C9F245009A6CD8628A59C

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Los conocimientos de física, cálculo, ecuaciones diferenciales y física nuclear que el alumno habrá cursado en las asignaturas del grado correspondiente.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	MIREIA PIERA CARRETE (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	mpiera@ind.uned.es
Teléfono	91398-6471
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos	MERCEDES ALONSO RAMOS
Correo Electrónico	malonso@ind.uned.es
Teléfono	91398-6464
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos	JUAN PABLO CATALAN PEREZ
Correo Electrónico	jpcatalan@ind.uned.es
Teléfono	91398-8223
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

El equipo docente de la asignatura tiene asignados unos días de guardia donde el alumno podrá localizar a los profesores y consultarles lo que consideren para resolver las dudas que se les planteen en el estudio de la asignatura. El alumno también puede dirigirse en todo momento, al equipo docente de la asignatura, a través de los foros habilitados al efecto en el Plataforma Alf.

Profesora: D^a Mireia Piera

Horario de guardia: Lunes de 16 a 20 h

Teléfono.: 91 398 64 70

Despacho: 2.21

Correo electrónico: mpiera@ind.uned.es

Profesora:	D ^a . Mercedes Alonso Ramos
Horario de guardia:	Miércoles de 10 a 14 horas
Teléfono:	913986464
Despacho:	0.18
Correo electrónico:	malonso@ind.uned.es

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



4B19C732E59C9F245009A6CD8628A59C

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Competencias Básicas:

CB6 - 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

CB7 - 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

CB8 - 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

CB9 - 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

CB10 - 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.

Competencias Generales:

CG1 - Iniciativa y motivación

CG2 - Planificación y organización

CG3 - Manejo adecuado del tiempo

CG4 - Análisis y síntesis

CG5 - Aplicación de los conocimientos a la práctica

CG6 - Resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos

CG7 - Pensamiento creativo

CG8 - Razonamiento crítico

CG9 - Toma de decisiones

CG10 - Seguimiento, monitorización y evaluación del trabajo propio o de otros

CG11 - Aplicación de medidas de mejora

CG12 - Innovación

CG13 - Comunicación y expresión escrita

CG14 - Comunicación y expresión oral

CG15 - Comunicación y expresión en otras lenguas

CG16 - Comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica

CG17 - Competencia en el uso de las TIC

CG18 - Competencia en la búsqueda de la información relevante

CG19 - Competencia en la gestión y organización de la información

CG20 - Competencia en la recolección de datos, el manejo de bases de datos y su presentación

CG21 - Habilidad para coordinarse con el trabajo de otros

CG22 - Habilidad para negociar de forma eficaz

CG23 - Habilidad para la mediación y resolución de conflictos

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



4B19C732E59C9F245009A6CD8628A59C

CG24 - Habilidad para coordinar grupos de trabajo

CG25 - Liderazgo

CG26 - Conocimiento y práctica de las reglas del trabajo académico

CG27 - Compromiso ético y ética profesional

CG28 - Conocimiento, respeto y fomento de los valores fundamentales de las sociedades democráticas

CG29 - Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, mecánica de fluidos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.

CG36 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

Competencias Específicas:

CE1 - Conocimiento y capacidad para el análisis y diseño de sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica.

CE6 - Conocimientos y capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía.

CE16 - Capacidad para la gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación tecnológica.

CE23 - Conocimientos y capacidades para realizar certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Con el estudio de esta asignatura se pretende que el alumno sea capaz de conseguir los siguientes resultados de aprendizaje:

- Conocer los fundamentos y tecnología de ingeniería nuclear de aplicación en instalaciones nucleares para la generación de energía
- Conocer las características generales de tecnologías nucleares comercializadas para producción de electricidad.

CONTENIDOS

Tema 1. Introducción científica e histórica

- 1.1. El descubrimiento de la fisión y su desarrollo.
- 1.2. Introducción a las interacciones nucleares.
- 1.3. El carácter multidisciplinar de la ingeniería nuclear.
- 1.4. Ingeniería nuclear y seguridad.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



4B19C732E59C9F245009AGCD8628A59C

1.5. Metodología de la ingeniería nuclear.

Tema 2. Radiactividad

2.1. Modos de desintegración.

2.1.1. Radiactividad natural.

2.1.2. Inventario de radiactividad en un reactor nuclear.

2.1.3. La radiactividad en el ciclo del combustible.

2.2. Interacción de las radiaciones con la materia.

2.2.1. Partículas cargadas.

2.2.2. Radiación electromagnética.

2.2.3. Neutrones.

Tema 3. Reacciones nucleares y secciones eficaces.

3.1 Principios y notación.

3.2. Clasificación de reacciones nucleares.

3.3. Reacciones inducidas por neutrones.

3.3.1. Cinemática del choque neutrón-núcleo.

3.4. Fisión.

3.4.1. Naturaleza de la fisión y nucleidos fisionables.

3.4.2. Energía producida en la fisión.

3.4.3. Radiactividad de los productos de fisión.

3.4.4. Multiplicación neutrónica.

3.5 Recorrido libre medio.

3.6. Tipología de secciones eficaces.

3.6.1. Rango térmico.

3.6.2. Rango rápido.

3.6.3. Rango intermedio. Resonancias.

3.7. Secciones eficaces fundamentales.

3.7.1. Dispersiones elásticas e inelásticas.

3.7.2. Captura.

3.7.3. Fisión.

3.7.4. Reacciones de alta energía.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



4B19C732E59C9F245009AGCD8628A59C

Tema 4. El ciclo del combustible.

- 4.1. Introducción.
- 4.2. Descripción básica del ciclo combustible.
- 4.3. Alternativas en el ciclo del combustible.
- 4.4. Economía del ciclo del combustible.
- 4.5. Gestión del combustible para reactores de agua ligera.
- 4.6. Gestión del combustible nuclear para otros reactores.
- 4.7. Diseños del reactor y diseño de ciclos.

Tema 5. Las fases finales del ciclo del combustible y los residuos radiactivos.

- 5.1. Introducción.
- 5.2. Almacenamiento de combustibles irradiados y de otros residuos nucleares.
- 5.3. Transporte de combustible irradiado.
- 5.4. Reelaboración del combustible irradiado.
- 5.5. El reciclado del combustible nuclear.
- 5.6. La gestión de los residuos radiactivos.
- 5.7. Disposición definitiva de residuos radiactivos.
- 5.8. La clausura definitiva de las instalaciones nucleares.

Tema 6. Irradiación neutrónica y materiales.

- 6.1. Introducción: quemado.
- 6.2. Evolución isotópica. Planteamiento general.
 - 6.2.1. Evolución de los actínidos.
 - 6.2.2. Productos de fisión.
 - 6.2.3. Productos de activación.
- 6.3. Efectos del quemado en la reactividad.
 - 6.3.1. Consumo de combustible nuclear.
 - 6.3.2. Envenenamiento por xenon-135.
 - 6.3.3. Envenenamiento por samario-149.
 - 6.3.4. Venenos consumibles.
- 6.4. Efectos de la irradiación de los materiales.
 - 6.4.1. Efectos en el combustible.
 - 6.4.2. Efectos en los metales.



Tema 7. El uranio.

- 7.1. Los minerales. Recursos españoles del uranio.
- 7.2. Prospección y minería.
- 7.3. Los concentrados. Su obtención y su precio.
- 7.4. Producciones de uranio en España y en el resto del mundo.
- 7.5. Consumo de uranio en centrales nucleares. Consumo previsto en España y en el resto del mundo.
- 7.6. Propiedades físico-químicas del uranio más importantes para la tecnología nuclear.
- 7.7. Aleaciones del uranio.
- 7.8. Combustibles nucleares cerámicos del uranio.
- 7.9. Uso del uranio enriquecido.
- 7.10. Métodos posibles de separación isotópica a escala industrial.
- 7.11. La difusión gaseosa. Consideraciones generales.
- 7.12. Método de Becker o de las toberas.
- 7.13. Método de las centrifugadoras.
- 7.14. Unidad de trabajo de separación, capacidad o poder de separación.
- 7.15. Método químico.
- 7.16. Método de láser.
- 7.17. Peligros del uranio enriquecido.

Tema 8. El plutonio como combustible.

- 8.1. El plutonio como combustible de los reactores térmicos.
- 8.2. La reproducción por medio del plutonio. Aspectos más importantes del problema.
- 8.3. El plutonio como combustible de reactores rápidos.
- 8.4. El papel del plutonio en la economía nuclear.
- 8.5. Energía obtenible del uranio según el tipo de reactor en que este se quema.
- 8.6. Ciclo del plutonio.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada es la característica de la UNED, enseñanza a distancia apoyada en el uso de las tecnologías de información y comunicación. La bibliografía básica está especialmente diseñada para facilitar al alumno la asimilación de los contenidos de manera autónoma.

Las actividades de seguimiento y evaluación continua se realizarán a través de las Pruebas de Evaluación Continua (PEC) a distancia.

Por otra parte, la prueba presencial personal será indicadora del nivel global de asimilación alcanzado por el estudiante al finalizar el periodo de aprendizaje de la asignatura.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



Las pruebas de evaluación continua tienen carácter obligatorio y se realizarán paulatinamente a lo largo del curso. Están pensadas para que los estudiantes puedan contrastar su proceso de asimilación en cada uno de los bloques en que se estructura la asignatura.

La labor personal y continuada del alumno es imprescindible para el proceso de aprendizaje, siendo fundamental la asimilación de los nuevos conceptos.

El reparto de la dedicación del estudiante a las diferentes actividades formativas es el siguiente:

- 15 horas de interacción con el docente, parte teórica
- 15 horas de interacción con el docente, parte práctica
- 40 horas de trabajo autónomo, parte teórica
- 30 horas de trabajo autónomo, parte práctica

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	3
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	

Ningún tipo de material

Criterios de evaluación

Adecuacion de la respuesta

% del examen sobre la nota final 90

Nota del examen para aprobar sin PEC

Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC

Nota mínima en el examen para sumar la PEC 4

Comentarios y observaciones

No es posible aprobar la asignatura, independientemente de la nota en el examen, sin haber realizado las PEC con una evaluación mínima de 4.

El número de preguntas de examen es orientativo, puede variar ligeramente en cada examen.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad Si

Descripción

Desarrollo adecuado de las preguntas propuestas

Criterios de evaluación

Adecuacion de la respuesta

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final 90%

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/validar>



4B19C732E59C9F245009AGCD8628A59C

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC?

Si, PEC no presencial

Descripción

Desarrollo de las preguntas propuestas

Criterios de evaluación

Adecuacion de la respuesta

Ponderación de la PEC en la nota final 10%

Fecha aproximada de entrega 12/01/2022

Comentarios y observaciones

Al inicio del curso virtual se pondrán el enunciado de las PEC a disposición de los estudiantes en el apartado "Trabajos" del curso virtual, con la fecha límite para la entrega.

Posteriormente a la calificación de la asignatura en convocatoria ordinaria se abrirá de nuevo el plazo de entrega de las PEC para la convocatoria de septiembre, con la fecha aproximada de entrega del 28/08/2022.

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?

No

Descripción

Criterios de evaluación

Adecuacion de la respuesta

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/validar/>



4B19C732E59C9F245009AGCD8628A59C

La evaluación de la asignatura se realizará en función de las dos actividades obligatorias siguientes:

Práctica Presencial (PraP).

Pruebas de Evaluación Continua (PEC).

La nota final de la asignatura se calcula de acuerdo a los siguientes criterios:

1. La asignatura se aprueba si se obtiene una calificación global igual o superior a cinco, pero además se fija como condicionante adicional para la superación de la misma, el haber obtenido un mínimo de 4 puntos sobre 10 cada una de las dos actividades anteriores.

2. Si se supera el condicionante mencionado, el cálculo de la nota final de la asignatura se hace de acuerdo a la siguiente fórmula:

Nota (final) = 0,1 xPEC + 0,9 xPruP

Si la nota del examen es menor que 4 la nota final en las actas será la nota del examen, sin ponderar con las PEC.

***La Nota asociada a cada una de las actividades se puntúa de 0 a 10.**

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9788474841190

Título:REACTORES NUCLEARES (1ª)

Autor/es:Martínez-Val Peñalosa, José Mª ; Piera, Mireia ;

Editorial:UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

Además del libro, se facilitará documentación adicional en forma de apuntes a los alumnos en el curso virtual.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

La bibliografía complementaria que se cita a continuación no es necesaria para el aprendizaje de la asignatura, pero sí es recomendable para ampliar la cultura nuclear sobre los temas que se tratan en la asignatura.

Título: **222 Cuestiones sobre la energía**, Edit. Foro de la Industria Nuclear Española, 2001, Madrid.

Autor/es: BARRACHINA, M y otros

Editorial: EI FORO NUCLEAR

Este libro estará disponible en formato PDF en el Curso Virtual.

En este texto se presentan los interrogantes que más comúnmente se plantean sobre el tema energético y sobre el papel que la energía nuclear y sus aplicaciones desempeñan en nuestra sociedad. Las cuestiones que se discuten son las fundamentales a la hora de evaluar el problema de la necesidad de utilizar fuentes energéticas respetuosas con el medio

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



4B19C732E59C9F245009AGCD8628A59C

ambiente y compatibles con un crecimiento sostenible.

Por tanto, se ajusta fielmente a los objetivos que se pretenden conseguir en el curso.

Presenta una estructura bastante similar a la del texto base. Muchas de las preguntas que sobre el tema nuclear se plantean, se tratan con más amplitud en el texto base. Otras relacionadas con otras fuentes energéticas distintas a la nuclear, y que apenas se desarrollan en el texto base, son sin embargo fundamentales a la hora de que el alumno encuadre a la energía nuclear en el marco general de las todas las demás fuentes energéticas, comprendiendo sus similitudes y diferencias, ventajas y desventajas.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Es fundamental para el desarrollo de la asignatura que el alumno utilice el Curso Virtual.

Cualquier material complementario adicional que se pueda publicar o aconsejar se encontrará en dicha Plataforma. El alumno puede enviar sus consultas a los distintos foros de debate, o por correo electrónico a la atención de cualquiera de los profesores de la asignatura.

Programas de radio y otros materiales multimedia grabados por el equipo docente:

En el curso virtual de la asignatura se comunicará al alumno la temática del material audiovisual que se emita, así como la significación del mismo en el contexto de la asignatura. Además, podrá encontrar una relación de estos audios o videos con los enlaces adecuados.

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



4B1B0732E59C9F245009A6CD8628A59C