

23-24

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA  
TERCER CURSO

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## SEGURIDAD DE CENTRALES NUCLEARES

CÓDIGO 68053048

UNED

23-24

SEGURIDAD DE CENTRALES NUCLEARES  
CÓDIGO 68053048

# ÍNDICE

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

Nombre de la asignatura	SEGURIDAD DE CENTRALES NUCLEARES
Código	68053048
Curso académico	2023/2024
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA
Título en que se imparte	GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA
Curso	TERCER CURSO
Periodo	SEMESTRE 2
Tipo	OPTATIVAS
Nº ETCS	5
Horas	125.0
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La seguridad nuclear es un área de la ingeniería nuclear que tiene como objetivo reducir la probabilidad de que ocurra un accidente y mitigar sus consecuencias, y que por tanto abarca todo el conjunto de principios y criterios que regulen dicha actividad, así como los procedimientos y tecnologías desarrollados para satisfacerlos. Esta área es muy probablemente el pilar fundamental sobre el que se apoya el desarrollo y uso de la tecnología nuclear, así como el de la tecnología de las radiaciones y de los radioisótopos. Garantizar la seguridad de las correspondientes instalaciones nucleares y radiactivas en todas las fases de su ciclo de vida (emplazamiento, diseño, construcción, operación, desmantelamiento y clausura) es el objetivo que debe prevalecer sobre el resto de otros objetivos y cuestiones.

En la actividad asociada a la operación de instalaciones nucleares y radiactivas contamos con la presencia de un elemento peligroso, la radiación ionizante, la cual puede producir efectos muy nocivos a la salud de las personas y al medio ambiente en general. Las personas pueden sufrir dos tipos de exposición a la radiación: la que denominamos exposición o irradiación externa, que tiene lugar cuando la fuente de radiación se encuentra fuera del individuo; y exposición o irradiación interna cuando la irradiación se debe a fuentes localizadas en el interior del organismo. Esta última se debe a sustancias radiactivas que penetran en los cuerpos de los seres vivos por distintas vías: inhalación e ingestión de sustancias contaminadas por productos radiactivos entre otras. Los trabajadores de la instalación, como los miembros del público situados fuera del emplazamiento de esta, pueden estar sometidos a estos dos tipos de exposición, tanto en operación normal, como en condiciones anormales y accidentales de la instalación.

Las fuentes de radiación, causantes de la posible exposición de trabajadores y público, que podemos encontrar en general en una instalación nuclear y radiactiva son de dos tipos: los aparatos o sistemas generadores de radiación y las sustancias radiactivas que se generan y acumulan en la instalación durante su operación por la interacción de los campos de radiación existentes en ella con los distintos materiales de esta. Estas sustancias radiactivas dan origen a la denominada contaminación radiactiva, que es la presencia no deseada de materiales radiactivos en cualquier superficie, materia o medio, incluyendo las personas.

La asignatura se centra en la seguridad específicamente de un tipo de instalaciones: las centrales nucleoelectricas de fisión. En Fundamentos de Ingeniería Nuclear ha quedado

claro que en las centrales nucleares se producen las reacciones de fisión que generan la energía, pero en ellas también se amplifica la radiactividad natural originaria de su combustible de una forma muy significativa. Esta radiactividad y radiación asociada al proceso de producción de energía ha de ser confinada en el seno del reactor para que ni en condiciones accidentales llegue en cantidades inadmisibles al medio ambiente humano. Este es el objetivo de la seguridad nuclear aplicado a las centrales nucleares.

En Fundamentos de Ingeniería Nuclear también se describieron los elementos fundamentales de una central nuclear de agua ligera en cuanto a sus funciones para convertir la energía nuclear del combustible en energía eléctrica. Las consideraciones de seguridad nos permitirán tener una visión integral de la central, en la que se ha de tomar conciencia de que además de aquellos, existen diversos sistemas no orientados a la producción de energía eléctrica, sino enfocados únicamente a garantizar la seguridad de la instalación.

Por otra parte en un contexto profesional, hay que señalar que la elaboración de los estudios de seguridad es capítulo fundamental de la documentación que hay que presentar para solicitar la autorización de una instalación nuclear. El proceso de licenciamiento consta de las distintas autorizaciones necesarias de emplazamiento, construcción, explotación, modificación, transporte, desmantelamiento y clausura de las instalaciones. Las evaluaciones de seguridad son elemento fundamental en las mismas. El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) es el encargado de emitir el informe preceptivo en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. Este informe es vinculante en caso de ser denegatorio y en cuanto a las condiciones que establece para la concesión de la autorización. En este contexto se justifica el que entre los objetivos de la asignatura se encuentre el de aportar una preparación básica para desempeñar un trabajo en ingenierías o en organismos reguladores. Además, debe recalcar, que la seguridad es uno de los motores fundamentales en la evolución de la ingeniería nuclear hacia la propuesta e implementación de nuevas generaciones de centrales nucleares.

Por otra parte, la asignatura se puede considerar que contribuye en el marco de La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible al ODS7: Energía asequible y no contaminante. El reto en este contexto podría ser el de hacer viable y fomentar el uso eficiente y seguro de la energía nuclear para satisfacer de manera eficiente las crecientes demandas de energía. Su logro redundaría en mejorar la seguridad energética, reducir los efectos ambientales y de salud de la producción de energía y mitigar el cambio climático.

## **REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA**

Para poder entender el problema al que se enfrenta la disciplina de la Seguridad Nuclear, las estrategias, ideas y conceptos que se plantean para su resolución en el campo de las Centrales Nucleares, y los procedimientos y soluciones técnicas para implementar dichas estrategias, es muy conveniente que el estudiante posea muchos de los conocimientos que se imparten en la asignatura de Fundamentos de Ingeniería Nuclear, en la que se presentan los conocimientos básicos de la ciencia e ingeniería nuclear aplicados a la producción de

energía.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JAVIER SANZ GOZALO (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	jsanz@ind.uned.es
Teléfono	91398-6463
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	ANTONIO JESUS LOPEZ REVELLES
Correo Electrónico	alopez@ind.uned.es
Teléfono	91398-6464
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización se realizará fundamentalmente en línea, mediante la participación en los Foros de Debate de la plataforma virtual, si bien también pueden enviarse desde esta misma plataforma correos personales a los distintos profesores del equipo docente.

Además, el equipo docente de la asignatura tiene asignados unos días y horarios de guardia donde el alumno podrá contactar personalmente o por teléfono con los profesores y consultarles lo que considere oportuno para resolver las dudas que se le planteen en el estudio de la asignatura. También podrán hacerse consultas en otros días y horarios cuando sea posible mediante acuerdo previo del estudiante con el profesor.

**Profesor: D. Javier Sanz Gozalo** (coordinador de la asignatura)

Horario de guardia: jueves de 16 a 20 horas

Teléfono: 913986463

Despacho: 2.18

Correo electrónico: jsanz@ind.uned.es

**Profesor: D<sup>a</sup>. Mercedes Alonso Ramos**

Horario de guardia: miércoles de 10 a 14 horas

Teléfono: 913986464

Despacho: 2.22

Correo electrónico: malonso@ind.uned.es

**Profesor: D. Antonio Jesús López Revelles**

Horario de guardia: miércoles de 10 a 12 horas

Teléfono: 913986464

Despacho: 0.18

Correo electrónico: alopez@ind.uned.es

## TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

- Tutorías de centro o presenciales:** se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.

- Tutorías campus/intercampus:** se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 68053048

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### COMPETENCIAS BÁSICAS, GENERALES Y ESPECÍFICAS DEL GRADO (ORDEN CIN 351-2009)

#### COMPETENCIAS BASICAS

CB1. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

CB2. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

#### COMPETENCIAS GENERALES (OBJETIVOS)

CG.3. Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

CG.4. Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

CG.5. Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

CG.6. Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

CG.10. Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

## ESPECÍFICAS

De acuerdo con la memoria actualmente vigente del Grado, de la lista de competencias específicas recogidas en ella, la que cabe atribuir a la asignatura de Seguridad de Centrales Nucleares es la siguiente:

CFC04 - Conocimientos de ingeniería nuclear.

Esta competencia se podría entender de una forma más específica para esta asignatura como:

Capacidad para comprender y aplicar los principios de la seguridad nuclear a la ingeniería de las centrales nucleares.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

De acuerdo con la memoria verificada, los Resultados del Aprendizaje de la asignatura son los siguientes:

RA.1. Entender los objetivos y los fundamentos básicos de la seguridad nuclear.

RA. 2. Comprender los criterios generales de diseño que son aplicables a las centrales nucleares.

R.A.3. Conocer los accidentes históricos en centrales nucleares y su importancia para la mejora de la seguridad.

R.A.4. Contextualizar los avances en la tecnología de producción de energía de origen nuclear en el marco de la seguridad nuclear.

R.A.5. Conocer las metodologías para la evaluación y el análisis de la seguridad nuclear.

R.A.6. Entender la importancia del factor humano en el contexto de la Cultura de Seguridad Nuclear y de la Gestión del Conocimiento en las organizaciones del sector nuclear.

Aparte de estos, cabría añadir dos adicionales, que concretan un poco más algunos de los indicados arriba:

1.- Argumentar y aportar soluciones en base al principio de defensa en profundidad, así como en base a la llamada cultura de seguridad.

2.- Construir el esquema y mapa conceptual del desarrollo e un accidente.

## CONTENIDOS

### ESTRUCTURA

La asignatura consta de una parte teórica que se encuentra dividida en 7 Temas y de dos tipos de actividades complementarias:

1. Prácticas presenciales.

2. Pruebas de evaluación continua (PEC), pensadas para que los estudiantes puedan contrastar su proceso de asimilación de la asignatura, así como elemento de seguimiento

y evaluación del proceso de aprendizaje.

Seguidamente se presenta el Programa de contenidos de la parte teórica.

### TEMA 1. Principios fundamentales de la seguridad de las centrales nucleares

- Estados posibles de las centrales nucleares.
- El campo de la protección radiológica y la seguridad nuclear.
- Bases de la seguridad en centrales nucleares.
- El principio de defensa en profundidad aplicado a la seguridad de las centrales nucleares.
- Importancia de la cultura de la seguridad nuclear.
- Esquema conceptual del proceso acumulación-liberación-impacto de material radioactivo en las personas y medio ambiente.
- Esquema general de una central nuclear tipo PWR para análisis de seguridad.
- Tipología de accidentes en centrales nucleares.
- Cuantificación de la seguridad: aproximaciones determinista y probabilista.

### TEMA 2. Inventario radiactivo en el combustible y materiales estructurales

- Acumulación de productos radiactivos en el combustible: productos de fisión y transuránidos.
- Acumulación de productos radiactivos de activación en vainas, vasija y otros materiales estructurales.
- Evolución de la actividad después del apagado del reactor.
- Actividad en el almacenamiento temporal individualizado (ATI) de la central.

### TEMA 3. Inventario radiactivo en el refrigerante de una central nuclear.

- Contaminación del refrigerante con productos de fisión.
- Modelo para el cálculo de la actividad de los productos de fisión en el refrigerante.
- Contaminación del refrigerante con productos de activación.
- Activación del refrigerante y de sus impurezas: fenomenología y modelo para el cálculo de la actividad.
- Activación de los productos de corrosión.
- Activación del aire presente en el interior del edificio de contención.

### TEMA 4.- Liberación de radiactividad en instalaciones nucleares.

- Mecanismos de escape de los productos radiactivos generados en la instalación.
- Descarga de radiactividad durante la explotación normal.
- Modelo y evaluación de la descarga de residuos radiactivos gaseosos en reactores de agua a presión.



- Descarga de materiales radiactivos en condiciones de accidente.
- Modelo para la evaluación del término fuente de escape: implementación en sistemas de contención simples y dobles.
- Efecto de las salvaguardias de la contención en la mitigación del término fuente.
- Evaluación del escape en accidente de pérdida de refrigerante en un reactor de agua a presión.

TEMA 5. Dispersión atmosférica y deposición de material radiactivo e impacto radiológico.

- Conceptos básicos de la teoría de difusión atmosférica.
- Contaminación radiactiva en aire: concentración de los distintos contaminantes.
- Deposición de material radiactivo y contaminación superficial.
- Vías de exposición del público a la radiación.
- Dosis por exposición a la irradiación de los fotones generados en la nube radioactiva.
- Dosis por inhalación de los isótopos críticos emitidos al exterior de la central.

TEMA 6.- Protección contra accidentes, sistemas de seguridad y criterios de diseño en centrales nucleares tipo PWR.

- Niveles de protección para evitar o mitigar la dispersión de material radiactivo al ambiente.
- Clasificaciones de los accidentes en centrales nucleares.
- Características de seguridad intrínseca de una central PWR.
- Sistemas de seguridad de una central PWR.
- Análisis de la fenomenología de distintos accidentes base de diseño en reactores tipo PWR.
- Introducción a los accidentes severos en reactores de agua ligera.
- Criterios generales en el diseño de estructuras, sistemas y componentes relacionados con la seguridad de una central nuclear PWR.
- Planes de emergencia interior y exterior en centrales nucleares.

TEMA 7. Metodologías de evaluación de la seguridad, selección del emplazamiento y discusión guiada de casos prácticos.

- La metodología determinista.
- La metodología probabilista.
- Integración de las metodologías determinista y probabilista.
- Cuantificación de la seguridad de las centrales nucleares: efecto del emplazamiento y de las características de la central.
- Evaluación de emplazamientos nucleares.

- Estudio comparativo resumido de la seguridad de centrales PWR de distintas Generaciones.
- Estudio comparativo resumido de la seguridad de centrales PWR y de centrales de fusión nuclear.
- Principales accidentes en la historia de las centrales nucleares: TMI-2; Chernóbil; Fukushima.

## 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 harán mediante la realización de las pruebas de evaluación continua (PEC) a distancia.

Por otra parte, la prueba presencial personal y las prácticas presenciales serán indicadoras del nivel global de asimilación alcanzado por el estudiante al finalizar el periodo de aprendizaje de la asignatura.

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: i) individualizado para cada uno de los Temas en que se estructura la asignatura; y ii) global e integrado de los contenidos de todos los Temas, mediante los ejercicios de síntesis que se planteen.

Las prácticas presenciales obligatorias tienen como objetivo fundamental que el estudiante entre en contacto con instalaciones de carácter nuclear o radiactivo, y vea in situ como se ha implementado la estrategia de seguridad concebida para la instalación visitada. En caso de realizar las prácticas en los locales del Departamento de Ingeniería Energética de la E.T.S. Ingenieros Industriales, aparte del interés científico-técnico de las actividades que se elijan para las prácticas, el objetivo fundamental será analizar la estrategia e implementación de la seguridad asociada al desarrollo de esas actividades.

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

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	5
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	

Dependiendo del contenido del examen, y fundamentalmente del tipo de problemas que se pongan, se consideran dos posibilidades: que no se permita ningún tipo de material; o que solo se permita calculadora no programable. Se indicará con la debida antelación la opción que se utilice.

#### Criterios de evaluación

El examen constará de dos partes: una de problemas y otra de cuestiones teórico-prácticas.

**Se pondrán uno o dos problemas, e irán orientados a que el estudiante demuestre su capacidad para calcular la acumulación y liberación de radiactividad en las centrales nucleares, así como el impacto ambiental en termino de dosis. A partir de los cálculos de dosis deberá hacer las consideraciones pertinentes sobre la elección del emplazamiento.**

**Las cuestiones teórico-prácticas (entre 2 y 5, dependiendo de su complejidad) irán orientadas a que el estudiante demuestre: i) su capacidad de razonar y aportar soluciones en base al principio de defensa en profundidad, así como en base a la llamada cultura de seguridad; ii) que conoce los principios, criterios y estrategia de seguridad, como se implementa tecnológicamente y como se aplica en las fases de justificación del emplazamiento, diseño, construcción y operación de centrales nucleares; iii) que conoce que en una central nuclear existen diversos sistemas no orientados a la producción de energía eléctrica, sino enfocados únicamente a la seguridad de la instalación, y que comprende sus funciones; iv) que es capaz de construir el esquema conceptual del desarrollo e un accidente, y que conoce los elementos esenciales de las metodologías para análisis de accidentes y análisis de seguridad; v) etc.**

**Cada una de las partes contribuye a la nota final del examen en un 50%.**

% del examen sobre la nota final 80

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 4  
PEC

Comentarios y observaciones

No es posible aprobar la asignatura, independientemente de la nota en el examen, sin haber realizado tanto las PECs como las prácticas presenciales con una calificación mínima de 4 en cada una de ellas.

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

#### PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si

Descripción

Las pruebas de evaluación continua tienen carácter obligatorio y se recomienda realizarlas paulatinamente a lo largo del curso. Están pensadas para que los estudiantes puedan contrastar su proceso de asimilación en cada uno de los temas en que se estructura la asignatura. El estudiante debe realizar cinco PECs, cuyo título y relación con los temas del programa se indica a continuación.

**PEC 1 (ligada al Tema 1): Fundamentos de la Seguridad de Centrales Nucleares.**

**PEC 2 (ligada a los Temas 2 y 3): Inventario radiactivo/fuentes de radiación presentes en una central nuclear.**

**PEC 3 (ligada al Tema 4): Liberación de material radiactivo al medio ambiente.**

**PEC 4 (ligada al Tema 5): Contaminación del medio ambiente e impacto radiológico**

**PEC 5 (ligada a los Temas 6 y 7 específicamente, y de forma indirecta a todos los anteriores): Fundamentos de los accidentes y evaluación de impacto radiológico y seguridad en general: uso integrado de los conocimientos adquiridos en la asignatura.**

#### Criterios de evaluación

Se debe obtener una nota igual o superior a 4 puntos en la nota global de las PECs para poder aprobar la asignatura.

Ponderación de la PEC en la nota final	10%
Fecha aproximada de entrega	10/05/2023

#### Comentarios y observaciones

Los enunciados de las PECs se irán poniendo a disposición de los estudiantes en el apartado "Trabajos" del curso virtual.

**En el plan de trabajo se pondrá un calendario con la información sobre las fechas de la puesta a disposición de los enunciados de las PECs, las fechas recomendadas para la entrega de la PEC de cada tema, y la fecha límite para la entrega de todas ellas.**

**Posteriormente a la calificación de la asignatura en convocatoria ordinaria, se abrirá de nuevo el plazo de entrega de las PECs para la convocatoria de septiembre, con la fecha aproximada de entrega del 28/08/2023.**

#### OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si

#### Descripción

**Prácticas presenciales.**

**La descripción de las prácticas está disponible en el apartado "Prácticas de laboratorio" de esta guía.**

#### Criterios de evaluación

Se debe obtener una nota igual o superior a 4 puntos para poder aprobar la asignatura.

Ponderación en la nota final	10%
Fecha aproximada de entrega	31/06/2023

### Comentarios y observaciones

La información sobre la fecha definitiva de realización de prácticas presenciales puede obtenerse tras consultar el calendario de prácticas del Grado para asignaturas del segundo semestre, una vez esté disponible.

**La información sobre las características de las prácticas está disponible en el apartado “Prácticas de laboratorio” de esta guía.**

### ¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La evaluación de la asignatura se realizará en función del desempeño en las siguientes actividades, todas ellas obligatorias.

Prueba Presencial (PruP).

Práctica Presencial (PraP).

Pruebas de Evaluación Continua (PECs).

**La nota final de la asignatura se calcula de acuerdo con 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 esta, el haber obtenido un mínimo de 4 puntos sobre 10 en cada una de las anteriores actividades.**

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

**Nota (final) = 0,1×PraP + 0,1×PECs + 0,8×PruP**

**Si la nota del examen es menor que 4 la nota final en las actas será la nota del examen, sin ponderar con las otras dos actividades.**

**\*La Nota asociada a cualquier actividad se puntúa de 0 a 10.**

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Para la preparación de la asignatura se utilizará como texto base:

Título: APUNTES DE SEGURIDAD DE CENTRALES NUCLEARES

Autor/es: SANZ, J y ALONSO, M.

Este texto, para el presente curso académico, se pondrá a disposición del estudiante en formato electrónico en el curso virtual.

Este libro, escrito y revisado por el equipo docente, está concebido para ajustarse estrictamente a los contenidos del Programa de la asignatura. En este sentido se estructura con los mismos Temas y Secciones que los del Programa de Contenidos de la asignatura. Es un texto pensado para estudiantes que por vez primera se enfrentan a cuestiones relacionadas con la Seguridad Nuclear, cubriendo por tanto en profundidad los conceptos y principios básicos del campo de la Seguridad de Centrales Nucleares, y tratando de forma más limitada en extensión, que no en profundidad, la aplicación práctica de los mismos. Así en el campo de las aplicaciones prácticas, los casos seleccionados para discutir y aplicar las estrategias, conceptos y principios de seguridad explicados se han referido mayoritariamente

a uno de los tipos de central de agua ligera, las centrales de reactores de agua a presión (centrales tipo PWR, Pressurized Water Reactors).

## **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

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

El libro arriba indicado, no es un libro sobre seguridad nuclear. Es un excelente libro de física de reactores, pero se ha querido incluir aquí, porque también cumple en buena parte la función de fuente recopilatoria de conocimientos sobre reactores y centrales nucleares, en el que, de forma general, pero con un gran rigor y claridad se abordan la mayoría de los asuntos referidos a la producción de energía eléctrica de origen nuclear. En este sentido podría contemplarse como un texto equivalente y ampliado al libro de texto de la signatura de Fundamentos de Ingeniería Nuclear del Grado, texto que también puede ser muy útil para el estudiante.

La bibliografía complementaria propiamente dicha sobre seguridad nuclear es la que se describe en el párrafo siguiente, y dado a como se ha concebido el libro de texto base de la asignatura, no es necesaria para su aprendizaje. Su uso es recomendable si se quiere ampliar los conocimientos obtenidos del estudio-aprendizaje de algunos de los asuntos tratados en el libro de texto. Para contribuir de forma eficiente a este fin, se ha incluido en el libro de texto una breve guía orientadora sobre su uso.

La bibliografía complementaria fundamental es aquella en la que se ha basado la elaboración del libro de texto "Apuntes de Seguridad Nuclear". Esta aparece en la sección de Bibliografía del libro, indicándose para cada una de las fuentes cuales han sido los aspectos concretos que se han utilizado, y cuál puede ser el aporte de conocimiento añadido que el uso de cada una de las fuentes en toda su extensión puede suponer sobre el que se obtenga del estudio-aprendizaje de los contenidos del libro de texto.

De forma general podemos decir que en muy buena parte esta bibliografía la constituye Legislación, Reglamentos, Normas, Instrucciones y Guías sobre seguridad nuclear. Entre ellas podemos citar las Guías de Seguridad del OIEA, las Instrucciones (IS) y Guías de Seguridad (GS) del Consejo de Seguridad Nuclear, y distintos Reales Decretos sobre seguridad nuclear en instalaciones nucleares y en instalaciones radiactivas.

Un material complementario que también puede ser de interés es: MOOCs "Introducing Safety Culture and its application to the nuclear field", disponibles en la plataforma de MOOCs UNED Abierta. Hay tres minicursos o NOOCs (Nano Open Online Courses) independientes:

- NOOC I What is safety culture?
- NOOC II Understanding Nuclear Safety Culture
- NOOC III Developing leadership for safety

Se trata de 3 cursos gratuitos, abiertos y masivos en inglés producidos por UNED y Tecnatom en el marco del proyecto europeo Euratom H2020 ANNETTE. Directores: Mercedes Alonso Ramos (UNED) y Fernando González González (Tecnatom). Edición permanente iniciada en 2020.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

### Texto base:

El texto base que ha de utilizarse para asimilar esta asignatura está concebido con dos objetivos: tener incluido todo lo que se necesita para acometer los objetivos docentes y facilitar la obtención de los resultados de aprendizaje de la asignatura; y a la vez, ajustarse estrictamente a los contenidos del Programa de esta.

En la sección del libro de texto base dedicada a su Presentación, se indica la lógica de su estructura general y de cómo ha de utilizarse para abordar esta asignatura. En la parte restringida de esta guía de estudio, disponible en el curso virtual para todos los alumnos matriculados, se indica ya de forma específica los objetivos y estructura lógica de cada uno de los temas.

### Curso virtual:

**Es fundamental para el desarrollo de la asignatura que el alumno utilice su 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. Para facilitar el seguimiento por parte de todos de las consultas realizadas, se abrirán siete foros de debate, correspondientes a cada uno de los Temas del programa.

En el curso virtual estarán a disposición de los alumnos, entre otros elementos los siguientes:

- materiales de apoyo para el estudio de los Temas, que podrán incluir además material multimedia o vínculos a materiales producidos por el equipo docente o de interés para la asignatura
- un calendario para las PECs
- un vídeo de presentación de los profesores y de introducción a la asignatura con la presentación de cada tema por el profesor responsable
- enunciados de problemas resueltos y sin resolver
- otros materiales y vínculos de interés

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO

**¿Hay prácticas en esta asignatura de cualquier tipo (en el Centro Asociado de la Uned, en la Sede Central, Remotas, Online,..)?**

Si

### **CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Presencial: Si

Obligatoria: Si

Es necesario aprobar el examen para realizarlas: No

Fechas aproximadas de realización: A lo largo el mes de junio

Se guarda la nota en cursos posteriores si no se aprueba el examen: Si. Durante 1 curso

Cómo se determina la nota de las prácticas: Nivel de participación en la sesión práctica y fundamentalmente por evaluación del informe redactado sobre su realización y resultados.

### **REALIZACIÓN**

Lugar de realización: Sede central

N.º de sesiones: 1

Actividades a realizar:

La primera opción es la visita a una Instalación Nuclear o Radiactiva. El objetivo es que, partiendo del contacto directo con la realidad y complejidad de la instalación visitada, el estudiante trate de argumentar como puede ajustar los contenidos dados en la signatura con la estrategia de seguridad concebida en la instalación, y de visualizar como se ha implementado dicha estrategia en ella.

Una segunda opción sería la realización de prácticas en los locales del Departamento de Ingeniería Energética de la E.T.S. Ingenieros Industriales. Estas consistirían en utilizar las fuentes radiactivas de las que se dispone en el Departamento para realizar determinadas actividades de interés científico-tecnológico, poniéndose el énfasis en la estrategia e implementación de la seguridad asociada al desarrollo de estas actividades.

### **OTRAS INDICACIONES:**

Las prácticas se realizarán en el periodo de prácticas de las asignaturas del segundo semestre del grado, que es en principio en el mes de junio. No hay sesión de prácticas en el mes de septiembre y por lo tanto, y dado el carácter obligatorio de las mismas, cualquiera que sea el plan que el alumno tenga de examinarse (junio/septiembre) siempre tendrá que realizar las prácticas en el mes de junio.

Con antelación a la realización de las prácticas, los alumnos recibirán vía correo electrónico toda la información necesaria sobre las mismas: horarios, actividades, objetivos, guía para redacción y evaluación del informe correspondiente y material necesario.

Esa misma información aparecerá en el curso virtual de la asignatura.



## 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.