



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y  
Energía

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**65004064 - Seguridad Nuclear**

### PLAN DE ESTUDIOS

06IE - Grado En Ingeniería De La Energía

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	11

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	65004064 - Seguridad Nuclear
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06IE - Grado en Ingeniería de la Energía
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2024-25

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Emilio Castro Gonzalez	Ing. Nuclear	emilio.castro@upm.es	Sin horario. Previa cita.
Eduardo Florentino Gallego Diaz	Ing. Nuclear	eduardo.gallego@upm.es	M - 15:00 - 15:30 Previa cita.
Gonzalo Jimenez Varas (Coordinador/a)	Ing. Nuclear	gonzalo.jimenez@upm.es	M - 15:00 - 15:30 Previa cita.

\* 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
César Queral Salazar	cesar.querel@upm.es	ETSIME

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Transferencia De Calor Y Materia
- Tecnologia Nuclear
- Ecuaciones Diferenciales
- Centrales Nucleares
- Ingenieria De Fluidos
- Mecanica De Fluidos E Hidraulica

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Es recomendable no empezar la asignatura con materias pendientes de cursos previos.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE42 - Conocer y comprender la física y tecnología de la desintegración radiactiva, la fisión y la fusión nuclear.

CE43 - Aplicar los principios de la ingeniería nuclear y de la protección radiológica.

CE53 - Aplicar los principios de la tecnología ambiental a la evaluación de impactos, al tratamiento de residuos y a la sostenibilidad.

CE58 - Aplicar los fundamentos de la prevención de riesgos laborales en los proyectos e instalaciones energéticos.

CG2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos energéticos, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas.

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 energética en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, tanto de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

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 Energética en sus actividades profesionales.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA350 - Iniciación al manejo de algunos programas de ordenador útiles en el análisis de seguridad nuclear

RA239 - Introducir los criterios de seguridad y los aspectos tecnológicos necesarios para el emplazamiento, diseño, construcción y operación de centrales nucleares en condiciones seguras, así como las bases teóricas del análisis de accidentes y del análisis de seguridad.

RA240 - Preparación básica para desempeñar un trabajo en ingeniería o en organismo regulador sobre seguridad de las centrales nucleares

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La seguridad nuclear abarca el conjunto de ciencias y tecnologías para diseñar componentes, sistemas y estructuras nucleares; así como establecer objetivos, principios, criterios y procedimientos para conseguir mantener bajo control, de forma permanente, los productos radiactivos que se acumulan en el combustible nuclear, mientras estén en el núcleo del reactor y fuera de éste.

En esta asignatura, de carácter introductorio, se tratan de introducir los conceptos básicos necesarios en seguridad nuclear, centrados en la dinámica de la acumulación y liberación de radiactividad en las centrales nucleares, los criterios de seguridad nuclear para centrales nucleares y el análisis de accidentes.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. MÓDULO I INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS

- 1.1. Los principios fundamentales de la seguridad nuclear y su aplicación.
- 1.2. El concepto de riesgo y la cuantificación de la seguridad

#### 2. MÓDULO II ACUMULACIÓN Y LIBERACIÓN DE RADIATIVIDAD EN LAS CC.NN.

- 2.1. La acumulación de productos radiactivos en el reactor nuclear
- 2.2. El balance de radiactividad en el refrigerante de una central nuclear
- 2.3. La descarga de radiactividad al medio ambiente

#### 3. MÓDULO III: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS Y ACCIDENTES EN CC.NN.

- 3.1. Introducción a los accidentes en centrales nucleares. Clasificación. Metodologías de análisis determinista y probabilista. Ejemplo de transitorio: disparo de turbina
- 3.2. Accidentes en reactores tipo PWR:
  - 3.2.1. Large Break Loss of Coolant Accident (LBLOCA)
  - 3.2.2. Small Break Loss of Coolant Accident (SBLOCA)
  - 3.2.3. Steam Generator Tube Rupture (SGTR)
  - 3.2.4. Total Loss of Feedwater (TLOFW)
  - 3.2.5. Transitorios de reactividad
  - 3.2.6. Station Blackout (SBO)

3.3. Introducción a los accidentes severos en reactores de agua ligera

3.4. Accidentes históricos en centrales nucleares: TMI-2; Chernóbil; Fukushima

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Cuestionarios breves en clase (sin aviso previo)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00
2	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
6	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
8	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Problemas de desarrollo</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
9	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			



10	<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
11	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica en simulador de Central Nuclear</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Examen y memoria de práctica de laboratorio</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 01:00
13				<b>Examen evaluación progresiva</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00  <b>Examen global</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 03:30
14				
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.

## 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
1	Cuestionarios breves en clase (sin aviso previo)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	10%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CE42 CE43 CE53 CE58
8	Problemas de desarrollo	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	10%	5 / 10	CE42 CE43 CE53 CG2
12	Examen y memoria de práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CE42 CE43
13	Examen evaluación progresiva	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	70%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CE42 CE43 CE53 CG7 CE58

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

12	Examen y memoria de práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CE42 CE43
13	Examen global	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	90%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CE42 CE43 CE53 CE58

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CE42 CE43 CE53 CE58

## 7.2. Criterios de evaluación

EVALUACIÓN PROGRESIVA. La evaluación de la asignatura será progresiva y consistirá en las siguientes actividades, todas ellas OBLIGATORIAS, siendo así mismo obligatoria la asistencia a clase:

Para la evaluación progresiva contarán las asistencias a clase junto con las siguientes actividades de evaluación:

- \* Cuestionarios breves en clase: 3 cuestionarios sin previo aviso (1 punto en total)
- \* Problemas trabajo personal (1 punto)
- \* Práctica de laboratorio (cuestionarios + memoria). Obligatorio realizarla: (1 punto)
- \* Prueba de evaluación global final (7 puntos). Para aprobar la asignatura será necesario obtener más de un 4.0 en ambas partes de la misma (Módulos I+II y Módulo III).

Para los alumnos que no superen la evaluación progresiva, habrá una EVALUACIÓN GLOBAL mediante un examen final en el que se podrán recuperar cada una de las partes incluidas en las evaluaciones parciales, incluida una parte del examen que cubrirá las prácticas.

Nota mínima exigible en el examen final: 5. Para aprobar la asignatura será necesario obtener más de un 4.0 en ambas partes de la misma (Módulos I+II y Módulo III).

### PRÁCTICA DE LABORATORIO

Durante el curso se desarrollará una práctica presencial obligatoria en las horas y días seleccionados por los alumnos en base al calendario publicado en el POD. La práctica de laboratorio se considera parte fundamental de la asignatura siendo obligatoria, y su calificación forma parte de la nota final (1 punto).

El guion de la práctica estará disponible en el Moodle de la asignatura desde el principio del curso, y los alumnos deberán leerlo y superar un cuestionario, que será realizado con anterioridad a la realización de la práctica.

La práctica se evaluará mediante tres actividades: el cuestionario previo, una memoria del desarrollo, y un cuestionario posterior, cuyo peso relativo en la nota de la práctica será del 15%, 60% y 25%, respectivamente.

Como ya se ha mencionado, será imprescindible superar el cuestionario previo (con preguntas sobre el guion de la práctica) para poder desarrollarla; en caso contrario dicha práctica quedará suspensa, y la nota de prácticas será la obtenida en el cuestionario previo. En caso de no asistencia, la nota de prácticas será 0.

En caso de aprobar la práctica, la nota se guardará durante el siguiente curso académico.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes del Profesor	Bibliografía	Editados por el profesor
Moodle o Aula web de la asignatura	Recursos web	Contenidos variados: presentaciones, problemas resueltos, enlaces a webs de interés, etc.
Simulador de central nuclear PWR	Equipamiento	Programa de simulación
Bibliografía complementaria	Bibliografía	Textos para ampliación de temas, a disposición de los alumnos en el Departamento

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

En caso de tener que recurrir a la telenseñanza por medidas de confinamiento, se adoptarán las siguientes medidas:

- Las clases se realizarán por vía telemática, haciendo uso de las herramientas disponibles en la UPM (Windows Teams, Blackboard Collaborate, etc.) o bien se grabarán, se editarán y se subirán a Moodle.
- La comunicación con el profesorado se realizará por correo electrónico y Windows Teams.
- La práctica del simulador del Dpto. pasará a realizarse con un simulador virtual.

Material bibliográfico e informático a disposición de los alumnos:

- Lee J.C., McCormick N. J., Risk and Safety Analysis of Nuclear Systems. Wiley (2011).
- Petrangeli G., Nuclear Safety. Butterworth-Heinemann (2006).
- Abramson P.B. (Editor), "Guidebook to Light Water Reactor Safety Analysis". Hemisphere Publishing Co., Washington (1985).
- Alonso A., "Introducción a la Seguridad Nuclear"; Vol. I: Fundamentos; Vol. II: La seguridad en la ubicación, proyecto, construcción y explotación de las centrales nucleares; Editorial Instituto de Estudios Nucleares, Junta de Energía Nuclear, Madrid (1975).
- Alonso A., y col., "Curso monográfico sobre análisis de accidentes". Editorial Instituto de Estudios de la Energía. CIEMAT, Madrid (1988).
- Eurocourse on Analysis of Severe Accidents in Light Water Reactors. F2I2-ETSII-UPM. 1997.
- Goded, F., Serradell, V., Martínez-Val, J.M y Oltrá, F., Teoría de Reactores y elementos de Ingeniería Nuclear, J.E.N., Madrid (1975, tomo I) (1981, tomo II).
- Lewis E.E., "Nuclear Power Reactor Safety". John Wiley & Sons, N.York (1977).
- Thompson T.J., Beckerley J.G. (Editors), "The Technology of Nuclear Reactor Safety"; Vol 1: Reactor Physics and Control; Vol. 2: Reactor Materials and Engineering. The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts (1964 y 1973).
- Sehgal B.R., Nuclear Safety in Light Water Reactors: Severe Accident Phenomenology. Academic Press. (2012).
