



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

**53001605 - Seguridad Nuclear: Introducción**

### PLAN DE ESTUDIOS

05BF - Master Universitario En Ciencia Y Tecnologia Nuclear

### 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.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	10
9. Otra información.....	10

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53001605 - Seguridad Nuclear: Introducción
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05BF - Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Eduardo Florentino Gallego Díaz (Coordinador/a)	Ing. Nuclear	eduardo.gallego@upm.es	M - 15:00 - 15:30 Previa cita.
Gonzalo Jimenez Varas	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.

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Larriba Del Apio, Samantha	samantha.larriba@upm.es	Jimenez Varas, Gonzalo

## 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
César Queral Salazar	cesar.querel@upm.es	ETS Minas y Energía

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

El plan de estudios Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Es recomendable no empezar la asignatura con materias pendientes de cursos previos.
- Tecnología Nuclear y Centrales nucleares

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

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.

CE04 - Es capaz de diseñar nuevos sistemas para centrales nucleares de fisión, con todos sus componentes principales, atendiendo en particular a su influencia sobre la seguridad

CE05 - Entiende a fondo el sistema de regulación de la seguridad, está comprometido con la seguridad y es consciente de la importancia de la cultura de seguridad para las aplicaciones de la energía nuclear, así como las implicaciones ético-sociales del manejo de residuos radiactivos y materiales del ciclo nuclear

CE07 - Es capaz de trabajar profesionalmente en las empresas del sector nuclear, diseñando, coordinando,

dirigiendo e integrando los conocimientos necesarios para participar en la puesta en marcha y apoyo a operación de las instalaciones nucleares

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

CG04 - Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CT05 - Resuelve. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

CT06 - Es responsable. Comprensión de la responsabilidad ética y profesional

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

CT10 - Conoce. Conocimiento de los temas contemporáneos

CT12 - Es bilingüe. Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano)

## **4.2. Resultados del aprendizaje**

RA75 - Una preparación básica para desempeñar un trabajo en ingeniería o en organismo regulador sobre seguridad de las centrales nucleares

RA73 - La Iniciación al manejo de algunos programas de ordenador útiles en el análisis de seguridad nuclear

RA74 - La introducción de 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

## 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 LOS CRITERIOS DE SEGURIDAD NUCLEAR PARA CC.NN.

- 3.1. Criterios de seguridad en la selección de emplazamientos para reactores nucleares
- 3.2. Criterios de seguridad en el diseño de reactores nucleares

#### 4. MÓDULO IV: INTRODUCCIÓN A LOS ACCIDENTES EN CC.NN.

- 4.1. Accidentes en centrales nucleares. Clasificación. Metodologías de análisis determinista y probabilista.
- 4.2. Accidentes en reactores tipo PWR:
  - 4.2.1. Accidentes con pérdida de refrigerante (Loss of Coolant Accident, LOCA). Grandes y pequeñas roturas. Roturas de tubos del Generador de Vapor (Steam Generator Tube Rupture, SGTR).
  - 4.2.2. Otros accidentes en PWR: Pérdida total de agua de alimentación. Transitorios de reactividad. Pérdida total de suministro eléctrico (Station Black Out, SBO)

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

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

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	<b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
	<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
3	<b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
	<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4	<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Problemas para trabajo personal</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
	<b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
5	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
6	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Examen y memoria de práctica de laboratorio</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 01:00
8	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
9	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	

10	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
11	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<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>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica en simulador virtual</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
13	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
14	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
15				
16				
17				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:30  <b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00

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
4	Problemas para trabajo personal	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	10%	5 / 10	CT05 CT06 CB10 CE07 CG04 CE04
7	Examen y memoria de práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:00	10%	5 / 10	CE05 CE07 CG04 CG01 CT05
12	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CG01 CT05 CT06 CT08 CT10 CE04 CE05 CE07 CG04
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	40%	5 / 10	CG01 CT05 CT06 CT08 CT10 CB10 CE04 CE05 CE07 CG04

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

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

7	Examen y memoria de práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:00	10%	5 / 10	CE05 CE07 CG04 CG01 CT05
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	90%	5 / 10	CG01 CT05 CT06 CT08 CT10 CB10 CE04 CE05 CE07 CG04

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

### 7.2. Criterios de evaluación

Evaluación continua: Tipos de pruebas y peso en la nota final (recomendable superior al 35%):

- 70 % Controles escritos (prueba parcial).
- 10 % Ejercicios periódicos (tutoría grupal).
- 10 % Trabajos tutelados, individuales o en grupo.
- 0 % Autoevaluación (AulaWeb, Mecfunnet).
- 0 % Exposiciones orales en sesión pública.
- 10 % Prácticas.
- 0 % Otros (especifíquese):

Examen final: 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).

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes del Profesor	Bibliografía	Editados por los profesores
Moodle de la asignatura	Recursos web	Contenidos variados: presentaciones, problemas resueltos, enlaces a webs de interés, etc.
Simulador de central nuclear PWR	Equipamiento	Simulador de la central nuclear "José Cabrera"
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).

Manuales de programas de ordenador empleados en clases prácticas y trabajos tutelados:

- Bowman S.M. and Leal, L.C. ORIGEN-ARP: Automatic rapid process for spent fuel depletion, decay, and source term analysis. NUREG/CR-0200 Revision 6. Oak Ridge National Laboratory (March 2000).
- SAPHIRE (Systems Analysis Program for Hands-on Integrated Reliability Evaluations (SAPHIRE) Version 6.0. Reference Manual. NUREG/CR-6116. Idaho National Engineering Laboratory. (February 1998).
- Micro-Simulation Technology, "PCTRAN/U 2-Loop for Windows. Personal Computer Transient Analyzer for a Two-Loop PWR. Version 4.0.5", Montville, New Jersey, USA (2001)
