



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

53001920 - Ingeniería Nuclear (diseño Y Simulación De Un Reactor Nuclear De Agua A Presión)

PLAN DE ESTUDIOS

05CN - D.M.U. En Ingeniería Industrial Y En Ciencia Y Tecnología Nuclear

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Anual

Índice

Guía de Aprendizaje

| | |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos..... | 1 |
| 2. Profesorado..... | 1 |
| 3. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2 |
| 4. Descripción de la asignatura y temario..... | 3 |
| 5. Cronograma..... | 7 |
| 6. Actividades y criterios de evaluación..... | 11 |
| 7. Recursos didácticos..... | 16 |
| 8. Otra información..... | 16 |

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|---|
| Nombre de la asignatura | 53001920 - Ingeniería Nuclear (Diseño y Simulación de un Reactor Nuclear de Agua a Presión) |
| No de créditos | 12 ECTS |
| Carácter | Obligatoria |
| Curso | Primer curso |
| Semestre | Anual |
| Período de impartición | Septiembre-Junio |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 05CN - D.m.u. en Ingeniería Industrial y en Ciencia y Tecnología Nuclear |
| Centro responsable de la titulación | 05 - E.T.S. De Ingenieros Industriales |
| Curso académico | 2025-26 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|--|-----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Eduardo Oliva Gonzalo (Coordinador/a) | Ing Nuclear | eduardo.oliva@upm.es | Sin horario. |
| Oscar Luis Cabellos De Francisco | Ing Nuclear | oscar.cabellos@upm.es | Sin horario. |

| | | | |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------|
| Manuel Cotelo Ferreiro | Ing Nuclear | manuel.cotelo@upm.es | Sin horario. |
| Gonzalo Felipe Garcia Fernandez | Ing Nuclear | gf.garcia@upm.es | Sin horario. |

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

3. Competencias y resultados de aprendizaje

3.1. Competencias

MUII. (a) - APLICA. Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.

MUII. (b) - EXPERIMENTA. Habilidad para diseñar y realizar experimentos así como analizar e interpretar datos.

MUII. (c) - DISEÑA. Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.

MUII. (d) - TRABAJA EN EQUIPO. Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.

MUII. (e) - RESUELVE. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

MUII. (f) - ES RESPONSABLE. Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.

MUII. (g) - COMUNICA. Habilidad para comunicar eficazmente.

MUII. (h) - ENTIENDE LOS IMPACTOS. Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.

MUII. (i) - SE ACTUALIZA. Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.

MUII. (j) - CONOCE. Conocimiento de los temas contemporáneos.

MUII. (k) - USA HERRAMIENTAS. Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería.

MUII. (m) - PLANIFICA. Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.

MUII. (n) - IDEA. Creatividad

3.2. Resultados del aprendizaje

RA13 - El alumno conocerá y será capaz de trabajar con simuladores comerciales

RA12 - 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.

RA24 - El diseño del componente, proceso o sistema se realiza de acuerdo a las especificaciones dadas

RA9 - Diseño y análisis de reactores nucleares de fisión

RA21 - Identificar, analizar, e interpretar los datos del problema planteado por el profesor.

RA22 - El alumno incrementará su habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.

RA25 - Discusión y justificación del planteamiento de soluciones alternativas

4. Descripción de la asignatura y temario

4.1. Descripción de la asignatura

La asignatura "Diseño y Simulación de un Reactor Nuclear de Agua a Presión" está enmarcada en el bloque "Industriales Ingenia" (12 ECTS) del Máster en Ingeniería Industrial de la ETSI Industriales y del D.M.U. en Ingeniería Industrial y en Ciencia y Tecnología Nuclear de la UPM.

La asignatura, aunque se desarrolla en el ámbito de la Tecnología Nuclear, tiene como objetivo familiarizar a los alumnos con las herramientas de simulación, y en particular, en el diseño de "simuladores" de plantas de generación de energía eléctrica y de otro tipo de procesos industriales.

Hoy en día, la simulación computacional de los procesos que tienen lugar en una instalación industrial permite el análisis de múltiples escenarios útiles para la operación y optimización de la planta, siendo además los simuladores las herramientas básicas utilizadas para la formación y entrenamiento de los operadores de instalaciones industriales, permitiendo transformar el conocimiento científico en un proyecto práctico y real.

Estas herramientas de simulación computacional deben pasar los procesos de Verificación (comprobación de que las ecuaciones están correctamente implementadas) y Validación (comprobación de la exactitud del modelo respecto a una aplicación real). Esto permitirá acotar el campo de predicción de los simuladores. Además, las predicciones de cualquier simulador no son exactas, ya que hay fuentes de incertidumbre tanto en los datos de entrada como en los modelos matemáticos que aproximan el comportamiento físico del problema, así como en los métodos empleados para su resolución. Por lo tanto, la cuantificación de estas incertidumbres juega un papel esencial en la credibilidad de las predicciones realizadas por los simuladores computacionales. Por lo tanto, es el diseño del propio simulador, su verificación, validación y estimación de la confianza en sus resultados, lo que da transversalidad a esta asignatura con respecto a las diferentes especialidades del MII.

A continuación, se exponen los objetivos fundamentales de la asignatura:

1) El primer objetivo de la asignatura es concebir, diseñar, crear y desarrollar un SIMULADOR.

- La asignatura permitirá al alumno conocer las diferentes etapas del diseño de un simulador, y su aplicación a un reactor de una central nuclear de agua a presión.
- El alumno participará en su diseño, conociendo las bases de datos y los códigos de cálculo necesarios en cada etapa de diseño del simulador.
- Se trabajará para implementar, validar y utilizar los códigos y bases de datos.
- La integración de las bases de datos y los códigos de cálculo dará como resultado el SIMULADOR del núcleo del reactor de agua a presión.

2) El segundo objetivo de la asignatura será la validación del SIMULADOR del reactor.

Una vez superada la fase de concepción y diseño, el alumno modelizará las estructuras y componentes de un reactor característico de agua a presión.

- El alumno se familiarizará con el uso del simulador para una central de referencia. Se simulará la operación del reactor en el arranque, en condiciones de operación nominal e incluso en transitorios de operación (como subidas y bajadas de potencia).
- El alumno deberá comparar los resultados de sus simulaciones con los valores del diseño y de la operación real de una central. Los resultados de las simulaciones deberán estar siempre dentro de los criterios de diseño y seguridad del reactor.
- Mediante el simulador, se podrán generar coeficientes de sensibilidad de las magnitudes de operación respecto a las bases de datos utilizadas y a otras magnitudes tecnológicas. Estas sensibilidades se podrán utilizar para estimar las incertidumbres en la operación del simulador y sus implicaciones en la seguridad. Estos conceptos sobre cuantificación de las incertidumbres serán útiles en cualquier disciplina de la ingeniería industrial.

3) Por último, el tercer objetivo de la asignatura será la implementación y operación del SIMULADOR.

- Los resultados obtenidos en la fase de validación podrán ser utilizados por los alumnos para la optimización del propio simulador mediante el análisis de diversas hipótesis y simplificaciones utilizadas: bases de datos, modelos de cálculo, modelización del sistema, etc ...
- El simulador podrá ser utilizado para la optimización de un determinado ciclo de operación. La optimización deberá tener en cuenta tanto criterios económicos como, sobre todo de seguridad.

El alumno podrá comparar las capacidades de este simulador con otras herramientas de simulación disponibles en el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA).

En esta asignatura se utilizarán las herramientas de simulación, códigos de cálculo y bases de datos de:

- la Agencia de Energía Nuclear (NEA, Paris)

- el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA, Viena)
- el Departamento de Ingeniería Nuclear (códigos COBAYA y SIMULA), hoy integrado dentro del Departamento de Ingeniería Energética

Aunque la asignatura se centra en el desarrollo de un simulador para un reactor nuclear de agua a presión, la metodología y los conceptos utilizados (verificación, validación, incertidumbres, alcance, aplicabilidad, etc...) serán extensibles a cualquier otro simulador computacional desarrollado para otra actividad industrial.

4.2. Temario de la asignatura

1. Introducción. ¿qué es un simulador ? Fundamentos del reactor nuclear de agua a presión (PWR). Conceptos básicos.
2. Características de un simulador. Operación de un PWR. Sistema de Control. Recarga de combustible.
3. Introducción a la Simulación. Metodología de simulación de un reactor nuclear PWR.
4. Los bases de datos del simulador. Los datos nucleares. Evaluación de datos nucleares.
5. El procesamiento de las bases de datos nucleares.
6. Validación de las bases de datos. El proyecto OIEA/WLUP.
7. Códigos de cálculo para el cálculo del transporte neutrónico y de quemado.
8. Concepto de benchmarking y validación del simulador. Bases de datos experimentales.
9. Simulación en estado estacionario y transitorio. La evolución temporal del reactor.
10. Diseño y especificaciones de funcionamiento del reactor nuclear de agua a presión. Límites de diseño para operación segura.
11. El simulador SEANAP. Operación nominal y transitorios operacionales.
12. Sesión técnica con expertos
13. Sostenibilidad y responsabilidad social
14. Trabajo en equipo, comunicación y creatividad

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

| Sem | Actividad tipo 1 | Actividad tipo 2 | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|--|------------------|--|---|
| 1 | <p>Introducción. ¿qué es un simulador ? Introducción a los fundamentos del reactor nuclear de agua a presión (PWR). Conceptos básicos. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Diseño del núcleo y de los componentes del reactor. Análisis de un diseño PWR: IAEA-TECDOC-815 Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Introducción. ¿qué es un simulador ? Introducción a los fundamentos del reactor nuclear de agua a presión (PWR). Conceptos básicos. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Diseño del núcleo y de los componentes del reactor. Análisis de un diseño PWR: IAEA-TECDOC-815 Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 2 | <p>Características de un simulador: Operación de un PWR. Sistema de Control. Recarga de combustible. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>El simulador OIEA/NEL Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Características de un simulador: Operación de un PWR. Sistema de Control. Recarga de combustible. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>El simulador OIEA/NEL Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 3 | <p>Introducción a la Simulación: Metodología de simulación de un reactor nuclear PWR. Diagrama de flujo para la modelización simplificada del reactor. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Fuentes de información NEA y OIEA Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Introducción a la Simulación: Metodología de simulación de un reactor nuclear PWR. Diagrama de flujo para la modelización simplificada del reactor. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Fuentes de información NEA y OIEA Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | <p>Evaluación Test de conocimientos ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:15</p> |
| 4 | <p>Los bases de datos del simulador: Los datos nucleares. Evaluación de datos nucleares. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>La librería JEFF-3.3. Visualización de datos nucleares con el programa NEA/JANIS Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Los bases de datos del simulador: Los datos nucleares. Evaluación de datos nucleares. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>La librería JEFF-3.3. Visualización de datos nucleares con el programa NEA/JANIS Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| 5 | <p>El procesamiento de las bases de datos nucleares: librerías en multigrupos y librerías continuas en energía. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Procesamiento de la librería JEFF-3.3 con NJOY2016 Visualización/generación base de datos para JANIS Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>El procesamiento de las bases de datos nucleares: librerías en multigrupos y librerías continuas en energía. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Procesamiento de la librería JEFF-3.3 con NJOY2016 Visualización/generación base de datos para JANIS Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 6 | <p>Validación de las bases de datos. El proyecto OIEA/WLUP para generar secciones eficaces en formato WIMSD. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Procesamiento de JEFF-3.3 en formato WIMSD Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Validación de las bases de datos. El proyecto OIEA/WLUP para generar secciones eficaces en formato WIMSD. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Procesamiento de JEFF-3.3 en formato WIMSD Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 7 | <p>Códigos de cálculo para la simulación: códigos de transporte neutrónico (deterministas-WIMSD5 y estocásticos) y códigos de cálculo de inventario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Simulación con WIMSD5 de una celda y de un elemento combustible. Estudio de la distribución neutrónica, la criticidad, parámetros nucleares Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Códigos de cálculo para la simulación: códigos de transporte neutrónico (deterministas-WIMSD5 y estocásticos) y códigos de cálculo de inventario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Simulación con WIMSD5 de una celda y de un elemento combustible. Estudio de la distribución neutrónica, la criticidad, parámetros nucleares Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 8 | <p>Concepto de benchmarking y validación del simulador. Bases de datos experimentales: ICSBEP, SINBAD y SFCOMPO Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Validación del código WIMSD5 y de las librerías de datos nucleares. Comparación con experimentos integrales de criticidad en la base de datos ICSBEP utilizando la herramienta de visualización NEA/DICE. Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Concepto de benchmarking y validación del simulador. Bases de datos experimentales: ICSBEP, SINBAD y SFCOMPO Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Validación del código WIMSD5 y de las librerías de datos nucleares. Comparación con experimentos integrales de criticidad en la base de datos ICSBEP utilizando la herramienta de visualización NEA/DICE. Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 9 | <p>Simulación en estado estacionario y transitorio. La evolución temporal del reactor: Cálculo de quemado. Productos de fisión: Xenón y Samario. Transmutación de actínidos y razón de conversión. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | <p>Simulación en estado estacionario y transitorio. La evolución temporal del reactor: Cálculo de quemado. Productos de fisión: Xenón y Samario. Transmutación de actínidos y razón de conversión. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Memoria de las características de un simulador TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:15</p> |

| | | | | |
|----|---|--|---|---|
| | <p>Evolución de la criticidad con el quemado del combustible Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Evolución de la criticidad con el quemado del combustible Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 10 | <p>Diseño y especificaciones de funcionamiento del reactor nuclear de agua a presión. Límites de diseño para operación segura Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Seguimiento de parámetros de operación nominal con el simulador OIEA/NEL Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Diseño y especificaciones de funcionamiento del reactor nuclear de agua a presión. Límites de diseño para operación segura Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Seguimiento de parámetros de operación nominal con el simulador OIEA/NEL Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 11 | <p>El simulador SEANAP. Descripción del sistema. Cálculos 2D (COBAYA), y 3D (SIMULA) con termohidráulica simplificada. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Primeras etapas de cálculo. Cálculo 2D de un núcleo PWR con el programa COBAYA Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>El simulador SEANAP. Descripción del sistema. Cálculos 2D (COBAYA), y 3D (SIMULA) con termohidráulica simplificada. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Primeras etapas de cálculo. Cálculo 2D de un núcleo PWR con el programa COBAYA Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 12 | <p>El simulador SEANAP. Simulación de la operación nominal Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>El simulador SEANAP. Descripción del sistema. Cálculos 2D (COBAYA), y 3D (SIMULA) con termohidráulica simplificada. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | <p>El simulador SEANAP. Simulación de la operación nominal Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Cálculo 3D de un núcleo PWR. Operación nominal con el programa SIMULA. Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | <p>Trabajo en equipo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15</p> |
| 13 | <p>El simulador SEANAP. Simulación de la operación y transitorios operacionales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Cálculo 3D de un núcleo PWR. Maniobras operacionales con la versión SIMTRAN del programa SIMULA Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>El simulador SEANAP. Simulación de la operación y transitorios operacionales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Cálculo 3D de un núcleo PWR. Maniobras operacionales con la versión SIMTRAN del programa SIMULA Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| | <p>Sesión técnica/ponencia con expertos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Validación del simulador PWR Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Sesión técnica/ponencia con expertos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Validación del simulador PWR Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | <p>Prueba Módulo C OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> <p>Prueba Módulo B OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial</p> |

| | | | | |
|----|---|--|---|---|
| 14 | | | | <p>Duración: 00:00</p> <p>Examen de prueba de conocimientos (60%) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 00:00</p> <p>Examen de conocimientos de herramientas de simulación (40%) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Global Presencial Duración: 00:00</p> |
| 15 | <p>Sesión técnica/ponencia con expertos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Validación del simulador PWR Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Sesión técnica/ponencia con expertos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Validación del simulador PWR Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |
| 18 | | | | |
| 19 | | | | |
| 20 | | | | |
| 21 | | | | |
| 22 | | | | |
| 23 | | | | |
| 24 | | | | |
| 25 | | | | |
| 26 | | | | |
| 27 | | | | |
| 28 | | | | |
| 29 | | | | |
| 30 | | | | |
| 31 | | | | |
| 32 | | | | |

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.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|--|---|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 3 | Evaluación Test de conocimientos | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | No Presencial | 00:15 | 10% | 5 / 10 | MU.II. (h) MU.II. (i) MU.II. (j) MU.II. (k) |
| 9 | Memoria de las características de un simulador | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:15 | 10% | 5 / 10 | MU.II. (h) MU.II. (j) |
| 12 | Trabajo en equipo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | Presencial | 00:15 | 60% | 5 / 10 | MU.II. (a) MU.II. (b) MU.II. (c) MU.II. (d) MU.II. (e) MU.II. (f) MU.II. (g) MU.II. (h) MU.II. (i) MU.II. (j) MU.II. (k) MU.II. (m) MU.II. (n) |
| 14 | Prueba Módulo C | OT: Otras técnicas evaluativas | Presencial | 00:00 | 10% | 5 / 10 | MU.II. (d) MU.II. (g) MU.II. (h) MU.II. (i) |
| 14 | Prueba Módulo B | OT: Otras técnicas evaluativas | Presencial | 00:00 | 10% | 5 / 10 | MU.II. (d) MU.II. (g) MU.II. (h) MU.II. (i) |

6.1.2. Prueba evaluación global

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

| | | | | | | | |
|----|---|--|------------|-------|-----|--------|---|
| 14 | Examen de prueba de conocimientos (60%) | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 00:00 | 60% | 5 / 10 | MUII. (a) MUII. (c) MUII. (d) MUII. (e) MUII. (f) MUII. (g) MUII. (h) MUII. (i) MUII. (j) MUII. (m) MUII. (n) |
| 14 | Examen de conocimientos de herramientas de simulación (40%) | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 00:00 | 40% | 5 / 10 | MUII. (b) MUII. (k) |

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

6.2. Criterios de evaluación

NOTA: Esta asignatura se cursa con los alumnos de la "INGENIA/NUCLEAR" del MII.

El tema de trabajo para el curso 2025-2026 será sobre producción (en reactores nucleares y aceleradores de partículas cargadas) y uso de radioisótopos en aplicaciones médicas.

. Para aprobar la asignatura será necesario una asistencia mínima del 80% y entregar las distintas actividades solicitadas en cada temática en la fecha indicada.

=====

El objetivo de la asignatura es lograr que el alumno sea capaz de conocer las diferentes etapas del diseño de un

simulador. En esta asignatura lo aplicaremos a un reactor de una central nuclear de agua a presión, introduciendo al alumno en las características particulares de estos sistemas. Se trabajará por tanto desde las bases de datos nucleares a los programas de simulación del reactor.

Para alcanzar este objetivo, se trabajará la asignatura con la siguiente metodología:

- **Multidisciplinariedad:** El diseño de cualquier simulador utilizado en aplicaciones industriales requiere trabajar con diferentes contenidos multidisciplinares (física, termohidráulica-, ... programación computacional, ... estadística, ...) integrados de manera eficaz para la simulación realista de los procesos. En esta asignatura se trabaja con un simulador de un reactor nuclear de agua a presión por lo que es necesario incluir los contenidos básicos sobre tecnología nuclear y física de reactores nucleares.
- **Diseño y Validación:** El alumno se enfrentará al diseño, creación y desarrollo de las distintas etapas de un simulador. Se trabajará en la validación de los sistemas de simulación, mediante comparación con experimentos (el alumno ha de familiarizarse con los experimentos integrales de criticidad, p.e. base de experimentos ICSBEP, o medidas de la propia central nuclear). Esto permitirá al alumno valorar la capacidad de la herramienta diseñada, y la destreza en su uso.
- **Alcance del Simulador:** Las especificaciones de funcionamiento serán las restricciones con las que el alumno trabajará en cualquier instalación industrial. En esta asignatura, el objetivo último es siempre la búsqueda de la máxima seguridad en la operación de la central nuclear. El alumno deberá identificar las limitaciones de los diferentes códigos utilizados, las restricciones de las bases de datos nucleares, etc. Los estudios de estas limitaciones permitirán definir el rango de alcance y validación de las simulaciones.

Respecto al seguimiento del alumno, la asignatura se ha diseñado para un aprendizaje continuo:

1) Primer semestre:

- El alumno comprenderá las diferentes etapas necesarias para abordar la simulación del reactor mediante un período formativo teórico-práctico.
- El alumno dispondrá de las herramientas y metodologías utilizadas actualmente en los simuladores de reactores nucleares. Estas herramientas son bases de datos y programas de cálculo que el alumno tendrá que utilizar y con los que tendrá que construir el simulador.
- Las clases impartidas en este primer semestre incluyen sesiones de 2 horas de lección magistral y 2 horas de ejercicios computacionales. Esta parte práctica de ejercicios computacionales es muy importante para la

concepción, diseño, programación y desarrollo del simulador.

- Para reforzar el contacto con el mundo profesional se proponen 2 sesiones en las que participarán profesores o especialistas invitados.
- En esta primera fase, el trabajo realizado en clase por el alumno será suficiente para seguir la asignatura. No siendo necesario actividades extras fuera del horario lectivo.
- Al finalizar el primer semestre, el alumno domina la metodología del simulador, y será capaz de realizar la validación del simulador mediante comparación con medidas reales de la central.

2) Segundo semestre

- El trabajo de la asignatura será un trabajo en equipo (4 a 5 alumnos por grupo).
- Los alumnos, con la supervisión del profesor, se plantearán una serie de trabajos de interés para la comunidad internacional. Trabajos centrados sobre datos nucleares y/o sobre física de reactores nucleares (p.e. estudio del impacto de utilizar diferentes librerías de datos nucleares, optimización de maniobras o diseños de recarga del reactor, estudios de sensibilidad/incertidumbre sobre el diseño y operación del reactor, ...). Los equipos deberán poner la máxima creatividad para dar su respuesta a estos temas.
- Estos grupos se crearán para fomentar el trabajo multidisciplinar, y conseguir una organización planificada y más eficaz. Cada semana, habrá una breve exposición oral de cada equipo, de los logros conseguidos durante la semana anterior, y la planificación de trabajo para la semana que comienza.
- En esta fase, los alumnos deberán realizar un trabajo adicional durante la semana. Trabajo que será seguido de manera directa por el profesor mediante tutorías individuales o colectivas para el seguimiento de los trabajos, y utilizando las herramientas de comunicación más adecuada (mail, chat, Skype, o presencial).
- El trabajo final de la asignatura consistirá en una presentación oral. Los mejores trabajos que hayan logrado identificar, formular e interpretar aspectos relevantes sobre datos nucleares, serán presentados en la reunión internacional JEFF - Nuclear Data Week de la OECD/NEA, (presentación en inglés).

En cuanto a la evaluación de la asignatura, habrá una calificación individual consistente en:

EVALUACIÓN PROGRESIVA. La evaluación de la asignatura será progresiva y consistirá en las siguientes actividades:

1) 20% de la calificación por las actividades del primer semestre.

1.1) Cuestionarios tipo test durante las sesiones prácticas del primer semestre para valorar la capacidad de destreza del uso de las herramientas de simulación.

1.2) Memoria del Simulador. Breve manual del simulador, que incluya sus especificaciones técnicas. ENTREGA en formato digital e INDIVIDUAL tras finalizar el primer semestre.

2) 60% de la calificación: Evaluación mediante el Trabajo en equipo de la asignatura presentado en la jornada de Presentación fijada por la ETSII, y las entregas o actividades individuales realizadas durante el segundo semestre.

La evaluación del Trabajo de la asignatura consistirá en:

2.1) Memoria de selección de trabajo. Antecedentes y objetivos del trabajo. ENTREGA en formato digital y por grupo tras el primer mes del segundo semestre.

2.2) Documentación de actividades semanales. Informe "individual" muy breve de las actividades semanales dedicadas al proyecto como parte del equipo al que pertenece el alumno. ENTREGA en formato digital INDIVIDUAL y con periodicidad semanal

2.3) Memoria del proyecto. Memoria final, incluyendo los aspectos más relevantes del trabajo, resultados y bibliografía. ENTREGA en formato digital por grupo a fin de curso. Presentación ORAL del trabajo.

La evaluación de la implicación de cada alumno del equipo se hará en base a los informes INDIVIDUALES de seguimiento semanal y mediante las reuniones del grupo con el profesor. El profesor realizará la valoración de cada alumno sobre cómo está trabajando en equipo utilizando por ejemplo preguntas al azar para ver si todos saben de todo, etc

3) 10% de la calificación por las actividades en el Módulo B: Comunicación, Redes sociales

4) 10% de la calificación por las actividades en el Módulo C: Impacto Ambiental

EVALUACIÓN FINAL. Por la naturaleza de la asignatura la evaluación de la asignatura será progresiva. En caso de Evaluación Final:

- Examen de prueba de conocimientos (60%)

- Evaluación práctica de las herramientas de simulación utilizadas en el curso (40%)

7. Recursos didácticos

7.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre | Tipo | Observaciones |
|----------------|--------------|--|
| JANIS | Recursos web | JANIS software |
| DICE-NDAST | Recursos web | DICE y NDAST tools |
| Programas | Otros | Programas de simulacion: NJOY, WIMSD5, códigos sistema SEANAP,... |
| Bases de Datos | Otros | Librerías datos nucleares. Bases de datos de validacion de datos nucleares: ICSBEP, SINBAD,... |
| OIEA/NEL | Otros | Programa de simulación con licencia OIEA |

8. Otra información

8.1. Otra información sobre la asignatura

- La asignatura INGENIA-NUCLEAR abordará la simulación de reactores nucleares de agua a presión pasando por todas las etapas del diseño, desde las bases de datos nucleares, hasta la modelización realista del reactor en 3D, integradas en un único simulador. En esta asignatura se utilizarán las herramientas de simulación, códigos de cálculo y bases de datos actuales disponibles en la NEA, el OIEA, así como en centros de investigación, organismos reguladores o industrias del sector nuclear.
- El Departamento posee experiencia en otro tipo de simuladores con un alcance mayor (incluyendo sistemas secundarios de la Central) como es el Simulador Gráfico Interactivo de la Central Nuclear de José Cabrera -Zorita (SGIZ). El SGIZ fue desarrollado por Tecnomat y donado por Unión Fenosa al Departamento de Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid en 2006. Esta herramienta está siendo particularmente útil tanto a nivel didáctico como de investigación, donde todos los años se realizan prácticas con alumnos y se presentan trabajos fin de grado y de master.
- El equipo docente participa activamente en diversos foros internacionales sobre física de reactores nucleares y evaluación de bases de datos nucleares. El profesor Oscar Cabellos es coordinador de las actividades de Procesamiento, Verificación, Benchmarking y Validación del proyecto JEFF de la Agencia de Energía Nuclear, y ha realizado una estancia de tres años (Oct.2014-Oct.2017) en Comisión de

Servicios Especiales en la OCDE/NEA Data Bank.

- Las clases magistrales y las computacionales se impartirán en un Aula de la Escuela o del propio Departamento. No es necesaria un Aula de informática si, al menos, se dispone de un portátil (particular o de la Biblioteca de la Escuela) por cada dos alumnos.
- Todos los programas de simulación utilizados podrán ser ejecutados en ordenadores portátiles con sistema Windows, algunas simulaciones requerirán acceso a internet.
- Los programas de cálculo podrán ser copiados por los alumnos, aunque para algunos de estos programas, se facilitará a los alumnos un acceso con clave restringida.
- No se requiere financiación. Los profesores/expertos invitados o visitas a simuladores se organizarán durante el curso (p.e. visita al Simulador del Edificio de Ingeniería Nuclear).
- La presentación oral en la reunión JEFF, podrá ser presencial o por teleconferencia.

COMUNICACIÓN alumnos-docentes:

- La solicitud de tutorías o consultas puede realizarse preferentemente via correo electrónico para acordar una fecha y lugar/medio de reunión, bien presencial o telemática

PLATAFORMAS TELEMÁTICAS para realizar actividades:

- Se usará de modo preferente Teams

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

En lo que respecta a la asignatura son varios los ODS que de una u otra manera tienen relación con la docencia impartida sobre el "diseño y simulación de reactores nucleares de agua a presión".

Se citan a continuación algunas de las reseñas indicadas por el OIEA sobre el uso de la energía nucleoelectrica (<https://www.iaea.org/es/el-oiea/objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods>):

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 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

- El cambio climático se ha convertido en uno de los mayores retos ambientales a escala mundial. Dado que las emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano aceleran el cambio climático, los países tratan de mitigarlas desarrollando planes de energía sostenible, muchos de los cuales incluyen la energía nucleoelectrónica.

La asignatura INGENIA/NUCLEAR trabaja estos aspectos mediante el desarrollo y el uso de simuladores de reactores nucleares que permiten mejorar la eficiencia del combustible nuclear, aumentar la seguridad durante la operación del reactor, optimizar las maniobras operacionales para reducir residuos radiactivos, etc...

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 nucleares y software de simuladores de reactores nucleares, proyectos/reuniones de cooperación técnica,...
- Establecimiento de guías y normativas internacionales, etc...

La asignatura INGENIA/NUCLEAR trabaja estos aspectos: asistencia a seminarios con ponentes internacionales de gran prestigio, internacionalización de los alumnos en reuniones como JEFF Nuclear Data Week, uso de bases de datos nucleares de los proyectos JEFF, ENDF, JENDL, ..., utilización de simuladores de la OIEA (NEL/Simulator, ...), aprendizaje de programas tratamiento de datos y simulación (NJOY, WIMSD, ...), etc...