

**ANX-PR/CL/001-02**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Ampliacion de tecnologia nuclear

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2015-16 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Ampliacion de tecnologia nuclear
<b>Titulación</b>	05AX - Master Universitario en Ingenieria de la Energia
<b>Centro responsable de la titulación</b>	E.T.S. de Ingenieros Industriales
<b>Semestre/s de impartición</b>	Segundo semestre
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Código UPM</b>	53001037
<b>Nombre en inglés</b>	Extended Nuclear Technology

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	4.5	<b>Curso</b>	1
<b>Curso Académico</b>	2015-16	<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

---

### Asignaturas Superadas

El plan de estudios Master Universitario en Ingenieria de la Energia no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Master Universitario en Ingenieria de la Energia no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

---

### Asignaturas Previas Recomendadas

El coordinador de la asignatura no ha definido asignaturas previas recomendadas.

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

Tecnología nuclear: fundamentos de las desintegraciones, reacciones nucleares, ciclo neutrónico en reactores de fisión

Centrales nucleares: reactores de fisión nuclear

## Competencias

---

CE 10. - Aplicar los conocimientos adquiridos en la ciencia y tecnología nuclear para la práctica profesional en las empresas del sector nuclear, diseñando, coordinando, dirigiendo e integrando los conocimientos necesarios para poner en marcha y operar una instalación nuclear.

CE 15 - Analizar y simular los principios de la Física Nuclear y de la estructura de los núcleos, en relación con la Ingeniería nuclear

CE 16 - Capacitar en el cálculo del diseño de los reactores nucleares, mediante herramientas computacionales de simulación neutrónica y termohidráulica. Resolver problemas, interpretar los resultados, y conocer las limitaciones y capacidades de la simulación.

CE 22 - Conocer los criterios básicos de seguridad y protección radiológica, y las tecnologías del blindaje contra las radiaciones.

## Resultados de Aprendizaje

---

RA36 - Aplicabilidad de los códigos de cálculo para física de reactores de fisión

RA163 - Conocimiento avanzado del diseño de los núcleos de reactores de fisión

RA34 - Conocimiento del esquema de cálculo empleado para diseño y análisis de reactores de fisión

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Lorente Fillol, Alfredo	Despacho	alfredo.lorente@upm.es	La hora previa a la impartición de las prácticas.
García Herranz, Nuria ( <b>Coordinador/a</b> )	Despacho	nuria.garcia.herranz@upm.es	La hora previa a la impartición de las clases

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

## Descripción de la Asignatura

---

El objetivo de la asignatura es que los alumnos adquieran un conocimiento avanzado en Física de Reactores de Fisión. Estos reactores permiten hoy en día la explotación comercial de la energía nuclear, no exenta de riesgos; por ello es fundamental conocer de manera rigurosa su diseño y operación. El curso se inicia con una introducción histórica de los reactores nucleares de fisión, definiéndose las distintas generaciones de reactores. La física de estos reactores está gobernada por el comportamiento de los neutrones en su seno. Por ello, la principal parte del curso está dedicada a conocer cómo interaccionan los neutrones y cómo puede predecirse su distribución espacial, energética y temporal, que permitirá conocer la potencia generada en el reactor en cualquier condición operacional.

- En primer lugar se estudia con detalle la interacción de los neutrones con la materia, cuantificada con las secciones eficaces.
- En segundo lugar se presenta la teoría matemática que describe el transporte de neutrones en el contexto de Física de Reactores: la ecuación de transporte neutrónico. Se analizan los distintos métodos de resolución y se utiliza un código de transporte determinista para resolver problemas prácticos. Se presenta así mismo la aproximación de difusión.
- En tercer lugar, se aborda la física de reactores térmicos (críticos). Se estudia el problema de la moderación y termalización para establecer rigurosamente el espectro de flujo neutrónico en un reactor térmico. Se analiza la economía neutrónica en el marco de un reactor térmico homogéneo, y se extienden las consideraciones anteriores a los reactores heterogéneos.
- Por último, se aborda la física de reactores rápidos. Se plantea la transmutación de residuos y la posibilidad de utilizar reactores subcríticos asistidos por acelerador.

Aunque la asignatura se enfoca fundamentalmente a los reactores nucleares para producción de energía eléctrica, también se abordan características generales de los otros tipos de reactores: de investigación y de propulsión.

## Temario

---

1. Introducción a la Física de Reactores
  - 1.1. Breve introducción histórica de los reactores nucleares y definición de las distintas generaciones de reactores
  - 1.2. Secciones eficaces de las reacciones con neutrones
2. Teoría del Transporte Neutrónico
  - 2.1. Ecuación del transporte neutrónico
  - 2.2. Métodos de resolución de la ecuación de transporte
  - 2.3. Aproximación de difusión
3. Física del reactor térmico
  - 3.1. Espectro energético
  - 3.2. Reactor térmico homogéneo
  - 3.3. Reactor térmico heterogéneo
4. Física del reactor rápido

## Cronograma

**Horas totales:** 48 horas

**Horas presenciales:** 48 horas (41%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<b>Impartición Temas 1.1 y 1.2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 2	<b>Ejercicios computacionales del Tema 1.2</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
Semana 3	<b>Impartición Tema 2.1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Entrega de ejercicios Tema 1.2</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial
Semana 4	<b>Ejercicios Tema 2.1</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas <b>Impartición Tema 2.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 5	<b>Impartición Tema 2.2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 6	<b>Impartición Tema 2.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral <b>Ejercicios computacionales Tema 2.2</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			<b>Entrega de ejercicios Tema 2.1</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial
Semana 7	<b>Impartición Tema 2.3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Entrega de ejercicios Tema 2.2</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial
Semana 8	<b>Ejercicios computacionales Tema 2.3</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			

Semana 9	<p><b>Impartición Tema 3.1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios computacionales Tema 3.1</b> Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			<p><b>Entrega de ejercicios Tema 2.3</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 10	<p><b>Impartición Tema 3.2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega de ejercicios Tema 3.1</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 11	<p><b>Ejercicios computacionales Tema 3.2</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
Semana 12	<p><b>Impartición Tema 3.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios computacionales Tema 3.3</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			<p><b>Entrega de ejercicios Tema 3.2</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 13	<p><b>Impartición Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios computacionales Tema 4</b> Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p><b>Práctica de laboratorio: medida del flujo neutrónico</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación de la práctica de laboratorio</b> Duración: 01:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial</p> <p><b>Entrega de ejercicios Tema 3.3</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 14	<p><b>Otros reactores nucleares</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega ejercicios Tema 4</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 15				
Semana 16				
Semana 17				<p><b>Examen de evaluación continua</b> Duración: 02:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p> <p><b>Examen final</b> Duración: 02:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Actividad presencial</p>

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	Entrega de ejercicios Tema 1.2	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CE 10., CE 15
6	Entrega de ejercicios Tema 2.1	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CE 10., CE 15
7	Entrega de ejercicios Tema 2.2	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CE 10., CE 15
9	Entrega de ejercicios Tema 2.3	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CE 10., CE 15
10	Entrega de ejercicios Tema 3.1	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CE 10., CE 15
12	Entrega de ejercicios Tema 3.2	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CE 10., CE 15
13	Evaluación de la práctica de laboratorio	01:00	Evaluación continua y sólo prueba final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Sí	10%	5 / 10	CE 22
13	Entrega de ejercicios Tema 3.3	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CE 10., CE 15
14	Entrega ejercicios Tema 4	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CE 10., CE 15
17	Examen de evaluación continua	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	50%	5 / 10	CE 16
17	Examen final	02:00	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	90%	5 / 10	CE 16, CE 10., CE 15

## Criterios de Evaluación

Dos opciones de evaluación a elegir por el alumno: 1) Evaluación continuay 2) Evaluación final

1) Evaluación continua (la entrega de TODOS los ejercicios es OBLIGATORIA)

- 50% de la nota por evaluación de un examen a celebrar el día del examen final
- 40% de la nota por entrega de ocho ejercicios de trabajo personal
- 10% de la nota por evaluación de las prácticas de laboratorio

2) Evaluación final

- 90% de la nota por evaluación de un examen final
- 10% de la nota por evaluación de las prácticas de laboratorio (OBLIGATORIAS)

## Recursos Didácticos

---

Descripción	Tipo	Observaciones
Apuntes elaborados por el equipo docente	Bibliografía	Apuntes de la asignatura
Duderstadt J.J., Hamilton L.J., Nuclear Reactor Analysis, Ed. John Wiley & Sons, 1976	Bibliografía	Recomendado para los Temas 2 y 3
Martínez-Val J.M., Piera M., Reactores Nucleares, ETSII, UPM, 1997	Bibliografía	Recomendado para el Tema 1
Reuss P., Neutron Physics, EDP Sciences, 2008	Bibliografía	Recomendado para Temas 1 y 3
Stacey W.M., Nuclear Reactor Physics, Ed. John Wiley & Sons, 2001	Bibliografía	Recomendado para Temas 1.2; para Tema 2.2
Waltar A.E., Reynolds A.B., Fast Breeder Reactors, Pergamon Press, 1981	Bibliografía	Recomendado para el Tema 4
Código MARIA	Otros	Código de simulación computacional con el que se resolverán parte de los ejercicios propuestos
Código JANIS	Otros	Código de simulación computacional con el que se resolverán parte de los ejercicios propuestos