



E.T.S. de Ingeniería de  
Caminos, Canales y Puertos y  
de Ingeniería de Minas  
Universidad Politécnica  
de Cartagena



## Guía docente de la asignatura

### *Ingeniería Nuclear*



**Titulación: Grado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energía**

## 1. Datos de la asignatura

<b>Nombre</b>	Ingeniería Nuclear (Nuclear Engineering)				
<b>Materia*</b>	Ingeniería y tecnología energética				
<b>Módulo*</b>	De formación específica				
<b>Código</b>	517103006				
<b>Titulación</b>	Grado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energía				
<b>Plan de estudios</b>	2010				
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas				
<b>Tipo</b>	Obligatoria				
<b>Periodo lectivo</b>	Cuatrimstral	<b>Cuatrimestre</b>	1º	<b>Curso</b>	3º
<b>Idioma</b>	Castellano				
<b>ECTS</b>	4,5	<b>Horas / ECTS</b>	30	<b>Carga total de trabajo (horas)</b>	135

\* Todos los términos marcados con un asterisco que aparecen en este documento están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos:*

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

## 2. Datos del profesorado

<b>Profesor responsable</b>	Javier Mulas Pérez		
<b>Departamento</b>	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
<b>Área de conocimiento</b>	Máquinas y Motores Térmicos		
<b>Ubicación del despacho</b>	Despacho 2.23, Edificio Minas, Campus AXIII		
<b>Teléfono</b>	968 325990	<b>Fax</b>	968 325999
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:javier.mulas@upct.es">javier.mulas@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>	Aula Virtual UPCT		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Consultar en el departamento. Concertar por email		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	En el despacho o por email		

<b>Titulación</b>	Ingeniero de Minas por la UPM
<b>Vinculación con la UPCT</b>	Profesor Colaborador
<b>Año de ingreso en la UPCT</b>	2003
<b>Nº de quinquenios (si procede)</b>	3
<b>Líneas de investigación (si procede)</b>	Grupo de investigación de Modelado de Sistemas térmicos y Energéticos. Líneas de investigación relacionadas con la asignatura y el Área.
<b>Nº de sexenios (si procede)</b>	Ninguno
<b>Experiencia profesional (si procede)</b>	3 años en Iberdrola Ingeniería y Consultoría en el Departamento de Combustible Nuclear.
<b>Otros temas de interés</b>	Licencia de Supervisor Instalaciones Radiactivas

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura

La asignatura Ingeniería Nuclear tiene como objetivo que los alumnos de la Titulación de Graduado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energía adquieran los fundamentos generales sobre radiactividad y radiaciones ionizantes efectos biológicos de las mismas y aplicarlos a la protección radiológica. También tiene como objetivos que adquieran los fundamentos generales sobre reacciones nucleares para poder analizar el comportamiento de los reactores nucleares de fisión y fusión, y que adquieran el conocimiento sobre la tecnología de centrales nucleares donde se estudiarán aspectos relacionados con su funcionamiento, los tipos de reactores empleados, la seguridad y el ciclo del combustible nuclear y gestión de residuos radiactivos para ser capaz de iniciarse profesionalmente en el sector nuclear.

Asimismo, la teoría se complementa con prácticas realizadas en el aula de informática y en el laboratorio con el objeto de que el alumno asimile de forma más eficiente los competencias planteadas, y tenga un conocimiento más específico y exacto de los equipos reales y su funcionamiento.

Se fomenta también el desarrollo de habilidades y competencias genéricas como el trabajo en equipo, aprendizaje autónomo y la capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica.

#### 3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

La asignatura contribuye a desarrollar las competencias del ámbito profesional de la explotación de los recursos energéticos con el adecuado rigor científico y técnico. Una de las competencias principales recogida en la memoria del título es Ingeniería Nuclear y Protección Radiológica, por lo que en este sentido la asignatura contribuye a desarrollar dichas competencias, aportando, por tanto, parte de la formación necesaria para que el futuro titulado pueda desarrollar adecuadamente las atribuciones profesionales.

#### 3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

*Ingeniería Nuclear* es una asignatura cuatrimestral que se imparte en el primer cuatrimestre de tercer curso. Por su situación en el plan de estudios y las competencias específicas que desarrolla está muy relacionada con la asignatura *Centrales Térmicas* que se imparte en el segundo cuatrimestre del segundo curso, y con *Gestión y logística energética* que se imparte en el primer cuatrimestre de cuarto.

#### 3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

No existen.

#### 3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Es necesario cursar previamente otras asignaturas de diferentes cursos, entre ellas: Matemáticas I y Física I y II e Informática de primer curso, Tecnología Eléctrica, Termodinámica aplicada y fenómenos de transporte de segundo curso.

Aunque la asignatura de Centrales Térmicas de segundo curso no es un prerrequisito de matrícula sí se recomienda haberla aprobado antes de cursar Ingeniería Nuclear.

Es recomendable que el estudiante cuente con conocimientos básicos de manejo de hojas de cálculo.

### 3.6. Medidas especiales previstas

Los estudiantes que por sus circunstancias puedan necesitar de medidas especiales deben comunicárselo al profesor al principio del cuatrimestre. Se estudiará la posibilidad de adoptar medidas especiales de integración para aquellos estudiantes que tienen que simultanear los estudios con el trabajo, por ejemplo, mediante la programación de tutorías de grupo y/o entrega de actividades a través del Aula Virtual.

Para aquellos casos excepcionales en los que no sea posible la integración de los estudiantes, se preverá una prueba final de carácter global según se establece en el artículo 5, apartado 4 del Reglamento de las Pruebas de Evaluación de los Títulos Oficiales de Grado y de Máster con Atribuciones Profesionales de la UPCT.

Los estudiantes extranjeros que tengan alguna dificultad con el idioma deben comunicarlo al profesor. Las pruebas de evaluación pueden desarrollarse en inglés.



## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

### 4.1. Competencias básicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

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.

### 4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

CG01: Capacitación científico-técnica para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Minas y conocimiento de las funciones de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, construcción, mantenimiento, conservación y explotación.

CG02: Comprensión de los múltiples condicionamientos de carácter técnico y legal que se plantean en el desarrollo, en el ámbito de la ingeniería de minas, que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 de la orden CIN/306/2009, la prospección e investigación geológica-minera, las explotaciones de todo tipo de recursos geológicos incluidas las aguas subterráneas, las obras subterráneas, los almacenamientos subterráneos, las plantas de tratamiento y beneficio, las plantas energéticas, las plantas mineralúrgicas y siderúrgicas, las plantas de materiales para la construcción, las plantas de carboquímica, petroquímica y gas, las plantas de tratamientos de residuos y efluentes y las fábricas de explosivos y capacidad para emplear métodos contrastados y tecnologías acreditadas, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia dentro del respeto por el medio ambiente y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y usuarios de las mismas.

### 4.3. Competencias específicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

EE06: Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de ingeniería nuclear y protección radiológica.

EE10: Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de control de la calidad de los materiales empleados.

### 4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

CT17: Aplicar criterios éticos y de sostenibilidad en la toma de decisiones NIVEL 2

### 4.5. Resultados\*\* del aprendizaje de la asignatura

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

1. Analizar el contexto actual del sector nuclear.
2. Comparar los efectos de los diferentes tipos de radiaciones ionizantes y el blindaje frente a la radiación.
3. Comprender los procesos de interacción neutrónica, y en particular el proceso de fisión.
4. Diferenciar las diferentes tecnologías de generación térmica nuclear en función del combustible, el moderador y el refrigerante.
5. Conocer de forma detallada los componentes de los reactores de agua ligera.
6. Diferenciar entre las diferentes tecnologías de reactores avanzados.
7. Comprender las actividades relacionadas con la primera y segunda parte del ciclo del combustible nuclear.



8. Analizar las posibilidades de tratamiento y gestión de los residuos radiactivos de baja, media y alta actividad.
9. Diferenciar las distintas metodologías de análisis de seguridad de instalaciones nucleares.
10. Comprender las distintas alternativas para desarrollar reactores de fusión comerciales.

Las actividades de enseñanza/aprendizaje diseñadas permitirán al alumno desarrollar su capacidad de trabajo en equipo, análisis y síntesis de información, expresión escrita y comunicación oral mediante la redacción de informes técnicos y la exposición oral de los mismos.

**\*\* Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

[http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes\\_v02.pdf](http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf)

## 5. Contenidos

### 5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Radiactividad y reacciones nucleares. Interacción de la radiación con la materia. Efectos biológicos de la radiación. Protección Radiológica. Fisión nuclear. Tipos de reactores nucleares y componentes característicos. Centrales nucleares. Control de la calidad de los materiales empleados. Seguridad nuclear. Ciclo del combustible nuclear. Gestión de residuos radiactivos.

### 5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

Los contenidos de la asignatura se han agrupado en nueve Unidades Didácticas (UD).

#### **UD I. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA NUCLEAR**

- I.1. El sector nuclear en España y en el mundo
- I.2. Costes de la energía nuclear
- I.3. Energía nuclear y medio ambiente

#### **UD II. CONCEPTOS BÁSICOS, RADIATIVIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

- III.1. Estructura básica del átomo y el núcleo
- III.2. Estabilidad
- III.3. Radiactividad
- III.4. Interacciones de la radiación con la materia
- III.5. Efectos biológicos de la radiación
- III.6. Protección Radiológica

#### **UD III. FÍSICA DE REACTORES DE FISIÓN**

- 3.1. Reacciones nucleares
- 3.2. Interacción de los neutrones con la materia
- 3.3. Secciones eficaces de las reacciones neutrónicas y fisión nuclear
- 3.4. Moderación y difusión de neutrones
- 3.5. Reacción en cadena. Criticidad
- 3.6. Análisis simplificado del ciclo neutrónico
- 3.7. Desarrollo histórico. Proyecto Manhattan

#### **UD IV. MATERIALES NUCLEARES. TIPOS DE REACTORES**

- 4.1. Materiales nucleares
- 4.2. Tipos de reactores nucleares

#### **UD V. CENTRALES NUCLEARES**

- 5.1. Centrales PWR
- 5.2. Centrales BWR
- 5.3. Centrales Nucleares Avanzadas (Generación III)
- 5.4. Generación IV

#### **UD VI. CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR**

- 6.1. Introducción
- 6.2. Minerales radiactivos más significativos
- 6.3. Primera parte del ciclo
- 6.4. Segunda parte del ciclo
- 6.5. La situación en España

#### **UD VII. GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS**



- 7.1. Residuos radioactivos. Conceptos básicos
- 7.2. Origen y clasificación de los residuos radiactivos
- 7.3. Gestión y almacenamiento de residuos radiactivos
- 7.4. La gestión de los residuos radiactivos en España
- 7.5. Consideraciones finales

#### **UD VIII. SEGURIDAD NUCLEAR**

- 8.1. Conceptos Básicos de Seguridad Nuclear
- 8.2. Salvaguardias.
- 8.3. Escenario Accidental de la Contención. Accidente Severo
- 8.4. Accidentes de TMI-2, Chernobil, Fukushima
- 8.5. No proliferación

#### **UD IX. FUSIÓN NUCLEAR**

- 9.1. Energía de la fusión
- 9.2. Plasmas
- 9.3. Reactores de fusión: confinamiento inercial y confinamiento magnético
- 9.4. Proyecto ITER

### **5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)**

Algunas prácticas se complementan y fundamentan en la realización de actividades o trabajos asistidos, en los que el alumnado, en grupos de trabajo y con las orientaciones proporcionadas por el profesor, profundizará en alguno de los contenidos del temario.

Las prácticas a realizar son las siguientes:

- P1. Radiactividad y desintegraciones radiactivas.** Resolución de problemas en el aula de informática.
- P2. Cálculo de la energía de una reacción nuclear.** Resolución de problemas en el aula de informática.
- P3. Prácticas de detectores y protección radiológica.** A realizar en el laboratorio y aula de informática.
  - Detectores de radiación.
  - Eficacia de detección de una fuente.
  - Fuentes gamma, beta y alfa.
  - Protección radiológica. .
- P4. Análisis de un tipo de reactor nuclear.** Se realizará un trabajo asistido de forma individual.
- P5. Análisis de la secuencia accidental de un accidente severo.** Actividad realizada en el aula de teoría.
- P6. Visita a una instalación radiactiva o nuclear.**
- P7. Asistencia a conferencias o seminarios relacionados con la asignatura.**

La práctica 3 es de asistencia obligatoria y puede complementarse con una prueba escrita breve a su finalización con el fin de evaluar la misma. Para la evaluación de la práctica 4 se entregará una rúbrica. Las prácticas 1, 2 y 5 se evalúan por medio de entregables. Las prácticas 6 y 7 se programarán en función de que se puedan adaptar al calendario académico del curso.

En caso de no aprobar la asignatura en un curso, las notas de prácticas no se conservarán para cursos posteriores.

## Prevención de riesgos

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un "Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos" que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.

### 5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

#### NUCLEAR ENGINEERING

1. Introduction to Nuclear Energy
2. Fundamentals of Nuclear Physics, Radioactivity and Radiological Protection
3. Nuclear Reactor Theory
4. Nuclear Materials. Nuclear Power Reactor Types.
5. Nuclear Power Plants
6. Nuclear Fuel Cycle
7. Nuclear Waste Management
8. Nuclear Safety
9. Nuclear Fusion



## 6. Metodología docente

### 6.1. Metodología docente\*

Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva empleando el método de la lección. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes.	Presencial: Toma de apuntes. Planteamiento de dudas.	21
		No presencial: Estudio de la materia.	15
Clase de problemas	Se resolverán problemas tipo. Se enfatizará en plantear métodos de resolución y no en los resultados. Se plantearán problemas para que los estudiantes los vayan resolviendo individualmente o por parejas.	Presencial: Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas.	9
		No presencial: Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor.	3
Clase de prácticas: elementos constructivos, sesiones de laboratorio y aula de informática	Las sesiones prácticas permiten enlazar contenidos teóricos y prácticos de forma directa. Mediante las sesiones de aula de informática se pretende que los alumnos adquieran habilidades básicas computacionales y manejen programas y herramientas de cálculo.	Presencial: Participación activa. Utilización de programas informáticos, montaje de componentes. Planteamiento de dudas.	15
		No presencial: Prácticas en grupo de utilización de los programas informáticos. Las dudas se resuelven en tutorías abiertas.	6
Seminarios de problemas	Se realizarán varios seminarios de problemas a lo largo del curso. Resolver dudas y aclarar conceptos.	Presencial: Los alumnos trabajan en grupo para resolver un conjunto de problemas. Planteamiento de dudas.	3
		No presencial: Las dudas se resuelven en tutorías abiertas.	6
Trabajo de síntesis: estudio de un tipo de reactor y elaboración de un informe	Se realizará una actividad individual de recopilación de información, síntesis e integración con los contenidos similares de la asignatura. Resolver dudas y aclarar conceptos.	Presencial:	
		No presencial: Planteamiento de dudas. Las dudas se resuelven en tutorías abiertas.	21
Actividades de evaluación formativa	Se plantean varias pruebas tipo test tras completar cada bloque de contenidos. Se realizan y corrigen en el aula virtual. Se dispone así de un seguimiento del grado de asimilación de los contenidos. Se emplea para la evaluación del alumno pero sí para reforzar contenidos en caso necesario.	Presencial:	
		No presencial: Realización del test. Corrección del test mediante el aula virtual. Planteamiento de dudas	9
Visitas técnicas, charlas o conferencias	Apoyo didáctico durante la actividad para relacionar los contenidos vistos en clase con los elementos de la instalación y procesos, contenidos de la conferencia, etc.	Presencial: Asistencia a la visita.	6
		No presencial:	
Tutorías individuales y de grupo	Resolución de dudas sobre teoría, ejercicios y seguimiento de los trabajos de grupo y aprendizaje.	Presencial: Planteamiento de dudas en horario de tutorías.	6
		No presencial: Planteamiento de dudas por correo electrónico	3
Actividades de evaluación sumativa	Se realizarán varias pruebas escritas de tipo individual, distribuidas a lo largo del curso. Permiten comprobar el grado de consecución de las competencias específicas.	Presencial: Realización de la prueba escrita.	6
		No presencial:	
Exámenes	Evaluación escrita (examen oficial).	Presencial: Realización del examen.	6
		No presencial:	
			135

## 6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1)

	Resultados del aprendizaje (4.5)									
Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clase de teoría	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Clase de problemas		X	X	X						
Clase de prácticas: elementos constructivos, sesiones de laboratorio y aula de informática		X	X	X						
Seminarios de problemas		X	X							
Trabajo de síntesis: estudio de un tipo de reactor y elaboración de un informe				X	X	X				X
Actividades de evaluación formativa	X							X	X	X
Visitas técnicas, charlas o conferencias				X	X	X				X
Tutorías individuales y de grupo		X	X	X	X				X	
Actividades de evaluación sumativa	X								X	
Exámenes		X	X	X	X		X	X		



## 7. Metodología de evaluación

### 7.1. Metodología de evaluación\*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
<b>Examen (E):</b> Prueba escrita individual (PEI), de teoría y problemas <sup>(1)(2)</sup>	X		<b>Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas (T):</b> Entre 25 y 40 preguntas de test por Unidad Didáctica. Se orientan a conceptos, definiciones, etc. Se evalúan principalmente los conocimientos teóricos aunque se pueden evaluar cálculos sencillos.	60-70 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
	X		<b>Problemas (P):</b> De dos a cinco problemas de pequeña extensión a resolver en el aula de informática. Se evalúa principalmente la capacidad de aplicar conocimientos a la práctica y la capacidad de análisis. Puede evaluarse durante el curso mediante actividades formativas propuestas.	Hasta 10 %	2, 3, 4, 5
<b>Prácticas de laboratorio (L):</b> Prueba escrita u oral de (práctica 3)	X		Cuestiones prácticas sobre detectores de radiaciones ionizantes y su funcionamiento. Cálculos de blindajes y atenuación. Se evalúa principalmente la comprensión de conceptos y conocimientos teóricos.	Hasta 5 %	1, 4
<b>Trabajo individual (TI):</b> Análisis de un tipo de Reactor Nuclear <sup>(3)</sup>	X		Se propondrá un trabajo individual. La documentación puede estar en inglés. Se evalúa por medio de un entregable.	Hasta 20 %	2, 3, 6, 7
<b>Evaluación sumativa (S):</b> Prueba escrita (prácticas 1, 2, 5 )	X		Ejercicios o actividades propuestas por el profesor, pruebas tipo test, cuestiones de clase y, en general, resto de actividades evaluables.	Hasta 10%	1-5, 7
<b>Evaluación formativa</b>		X	Realización de pruebas tipo test en aula virtual. Evalúan la evolución del aprendizaje.	No interviene	1, 3, 7

La evaluación se realiza mediante la valoración de las actividades realizadas en el aula, actividades propuestas y obligatorias, prácticas y los resultados de pruebas de control que se distribuirán a lo largo del curso. También hay un examen final para aquellas personas que no superen los mínimos en las pruebas de control en las que se incluye el temario no superado.

La nota final de la asignatura (N), será:

- La nota del examen (E), si es menor que 5,0.
- La media ponderada entre la nota del examen y las notas obtenidas en el resto de actividades formativas si la nota del examen (E) es mayor o igual que cinco:  $N=0,65T+0,35(TI+S+L+P)$ , estando N, E y (TI+S+L+P) expresadas sobre 10 puntos.



<sup>(1)</sup> Durante la realización del examen de teoría no se permitirá consultar ningún tipo de apuntes ni bibliografía. Si en el examen se deben resolver cálculos sencillos será necesario traer una calculadora no programable y una tabla periódica.

<sup>(2)</sup> Las PEIs parciales que se realicen durante el curso eliminarán contenido del examen final siempre que se superen con una nota mayor de 5 sobre 10. La nota del examen será la media ponderada de todas las PEIs. Las pruebas pueden ser de teoría o de problemas.

<sup>(3)</sup> Para aprobar la asignatura es necesario que la nota de (TI) sea mayor o igual a 5/10.

Tal como prevé el artículo 5.4 del *Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales* de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.

## 7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante las siguientes actividades docentes:

1. Cuestiones planteadas en clase, problemas, pruebas tipo test y actividades de aprendizaje cooperativo informal por grupos en clase de teoría y problemas para consolidar, evaluar y cuantificar los conceptos más importantes de la asignatura, así como detectar posibles lagunas formativas.
2. Seminarios o sesiones de discusión y de síntesis en las que se debatirá sobre las principales ideas de algunos de los bloques temáticos desarrollados en las sesiones de exposición o que se hayan planteado en ejercicios propuestos
3. Actividades o trabajos asistidos, en los que el alumnado, con las orientaciones proporcionadas por el profesor, profundizará en alguno de los contenidos del temario o resolverán problemas que se hayan planteado en alguna de las sesiones anteriores o mediante el aula virtual.
4. Realización de ejercicios de control evaluables, asignación de actividades obligatorias o propuestas, tanto de forma individual como para grupos reducidos por medio del aula virtual.
5. Uso del aula virtual para seguimiento de la evaluación continua y también del alumnado con dificultades para asistir con suficiente regularidad a las sesiones académicas en el aula.
6. Tutorías individuales o de grupo.



## 8 Bibliografía y recursos

### 8.1. Bibliografía básica\*

- MULAS, J., *Apuntes de la asignatura* (en Reprografía/aula virtual).
- MARTÍNEZ-VAL, J. M., PIERA, M. *Reactores Nucleares*. Sección de Publicaciones de la ETSII de Madrid. 1997.
- GLASSTONE, S., SESONSKE, A., *Nuclear Reactor Engineering*, Van Nostrand Reinhold Co., 1994.
- DUDERSTADT, J. J., *Nuclear Reactor Analysis*, Wiley & Sons, 1976
- LAMARSH, J. R., *Introduction to Nuclear Engineering*. Addison Wesley, 1984.
- *El ciclo de combustible nuclear*, SNE, 1997.
- *Origen y Gestión de Residuos Radiactivos*, Ilustre Colegio Oficial de Físicos, 2000.

### 8.2. Bibliografía complementaria\*

- LEWIS, E.E. *Nuclear Reactor Safety*. Wiley Interscience. 1977.
- LAMARSH, J. R., *Introduction to Nuclear Reactor Theory*. Addison Wesley Co. 1975.
- COLLIER, J. G., HEWITT, G. F., *Introduction to Nuclear Power*, Hemisphere Publishing Corp., 1987.
- *Sexto Plan General de Residuos Radiactivos*, MITYC, 2006
- ORTEGA, X., JORBA, J. *Las radiaciones ionizantes: aplicaciones y riesgos.*, Edicions UPC. Barcelona , 1994
- RÓDENAS, J., *Problemas ambientales de la Energía Nuclear*, Servicio de Publicaciones UPV, 1994.

### 8.3. Recursos en red y otros recursos

- Asignatura en Aula Virtual: Enlaces a páginas web, presentaciones visuales, vídeos y otros recursos de utilidad para resolución de ejercicios y problemas así como para complementar la teoría. Se utilizará el foro de la asignatura como herramienta básica para el seguimiento de la asignatura.
- Apuntes de la asignatura en formato electrónico.
- Cuestiones y Problemas resueltos de la asignatura

