



POLITÉCNICA

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



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

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**65004024 - Energia nuclear y ciclo del combustible**

### PLAN DE ESTUDIOS

06IE - Grado En Ingenieria De La Energia

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2018/19 - Primer semestre

## 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.....                               | 4 |
| 6. Actividades y criterios de evaluación.....    | 7 |
| 7. Recursos didácticos.....                      | 9 |

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |  |
|--|--|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 65004024 - Energía nuclear y ciclo del combustible             |
| <b>No de créditos</b>                      | 6 ECTS   |
| <b>Carácter</b>                            | Optativa   |
| <b>Curso</b>                               | Tercero curso  |
| <b>Semestre</b>                            | Quinto semestre  |
| <b>Período de impartición</b>              | Septiembre-Enero   |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano   |
| <b>Titulación</b>                          | 06IE - Grado en ingeniería de la energía                       |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 06 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía |
| <b>Curso académico</b>                     | 2018-19  |

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                                | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b> | <b>Horario de tutorías</b><br>*        |
|--|-----------------|---------------------------|--|
| Jose Cesar Queral Salazar<br>(Coordinador/a) | 720             | cesar.queral@upm.es       | M - 12:00 - 14:00<br>J - 12:00 - 14:00 |

\* 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

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

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

CE48 - Comprender el aprovechamiento, transformación y gestión de los recursos energéticos.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería de la Energía.

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

CG4 - Comprender el impacto de la ingeniería energética en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

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

CG8 - Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés-castellano).

### 3.2. Resultados del aprendizaje

RA124 - Analizar el comportamiento de la población neutrónica en un reactor nuclear.

RA125 - Diferenciar las diferentes tecnologías de generación térmica nuclear en función del combustible, el moderador y el refrigerante.

RA126 - Analizar el impacto de la gestión del combustible nuclear en los parámetros de seguridad de la planta.

RA127 - Comprender las actividades relacionadas con la primera y segunda parte del ciclo del combustible nuclear.

RA128 - Analizar las posibilidades de tratamiento y gestión de los residuos radiactivos de baja, media y alta actividad.

RA123 - Utilizar los principios de la ingeniería nuclear y la protección radiológica.

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

No hay descripción de la asignatura.

### 4.2. Temario de la asignatura

1. Fisión. Moderación y difusión de neutrones.
  - 1.1. Interacciones de los neutrones. Fisión
  - 1.2. Conceptos básicos de la neutrónica.
  - 1.3. Moderación de neutrones. Moderadores.
  - 1.4. Difusión de neutrones.
2. Tipos de reactores.
  - 2.1. Tipos de reactores
  - 2.2. Reactores de agua a presión
  - 2.3. Reactores de agua en ebullición
3. Ciclo del combustible nuclear y gestión de residuos radiactivos. Clausura y desmantelamiento de instalaciones radiactivas y nucleares.
  - 3.1. Primera parte del ciclo de combustible nuclear.
  - 3.2. Segunda parte del ciclo de combustible nuclear. Ciclo cerrado: reprocesamiento.
  - 3.3. Segunda parte del ciclo de combustible nuclear. Ciclo abierto o cerrado: gestión de los residuos radiactivos.
  - 3.4. Clausura y desmantelamiento de instalaciones nucleares o radiactivas.
4. Radiactividad y protección radiológica. Detectores de partículas radiactivas.
  - 4.1. Mecanismos de generación de las partículas radiactivas.
  - 4.2. Interacciones de la radiación con la materia. Blindajes.
  - 4.3. Efectos biológicos de la radiación. Normativa.
  - 4.4. Detectores de radiación.

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad presencial en aula  | Actividad presencial en laboratorio | Otra actividad presencial | Actividades de evaluación  |
|-----|---|-------------------------------------|---------------------------|--|
| 1   | <p><b>Tema 1. Interacciones de los neutrones. Fisión</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1. Conceptos básicos de la neutrónica.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>                                      |                                     |                           |  |
| 2   | <p><b>Tema 1. Moderación de neutrones. Moderadores.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1. Difusión de neutrones.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |                                     |                           |  |
| 3   | <p><b>Tema 2. Tipos de reactores</b><br/>Duración: 04:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |                                     |                           |  |
| 4   | <p><b>Tema 2. Reactores de agua a presión. Descripción del primario.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2. Reactores de agua a presión. Descripción del secundario.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> |                                     |                           |  |
| 5   | <p><b>Tema 2. Reactores de agua a presión. Sistemas auxiliares.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2. Reactores de agua a presión. Sistemas auxiliares</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>              |                                     |                           | <p><b>Tema 2. Presentación de un reactor nuclear.</b><br/>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo<br/>Evaluación continua<br/>Duración: 03:00</p> |
| 6   | <p><b>Tema 2. Reactores de agua a presión. Sistemas de emergencia.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2. Reactores de agua a presión. Sistemas de emergencia.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>       |                                     |                           |  |

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
| 7  | <p><b>Tema 2. Reactores de agua en ebullición.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2. Reactores de agua en ebullición. Sistemas auxiliares .</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |  |  |  |
| 8  | <p><b>Tema 2. Reactores de agua en ebullición. Sistemas de emergencia.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2. Reactores de agua en ebullición. Sistemas de emergencia.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |  |  | <p><b>Examen temas 1 y 2 .</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación continua<br/>Duración: 02:00</p>   |
| 9  | <p><b>Tema 3. Primera parte del ciclo de combustible nuclear.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3. Segunda parte del ciclo de combustible nuclear. Ciclo cerrado: reprocesamiento</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |  |  |  |
| 10 | <p><b>Tema 3. Segunda parte del ciclo de combustible nuclear. Ciclo abierto o cerrado: gestión de los residuos radiactivos.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3. Clausura y desmantelamiento de instalaciones nucleares o radiactivas.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> |  |  |  |
| 11 |   |  |  | <p><b>Tema 3. Presentaciones en grupos de 2 personas. Cada grupo 10-15 min.</b><br/>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo<br/>Evaluación continua y sólo prueba final<br/>Duración: 04:00</p> |
| 12 |   |  |  | <p><b>Tema 3. Presentaciones en grupos de 2 personas. Cada grupo 10-15 min.</b><br/>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo<br/>Evaluación continua y sólo prueba final<br/>Duración: 04:00</p> |
| 13 | <p><b>Tema 4. Mecanismos de generación de las partículas radiactivas.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4. Interacciones de la radiación con la materia. Blindajes.</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |  |  |  |

|    |  |  |  |   |
|----|--|--|--|---|
| 14 |  |  |  | <b>Examen Tema 4.</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>Duración: 00:30                      |
| 15 | <b>Tema 4. Ejercicios.</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas<br><br><b>Tema 4. Detectores.</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |  |  |   |
| 16 |  |  |  | <b>Tema 4. Trabajo individual</b><br>PI: Técnica del tipo Presentación Individual<br>Evaluación continua<br>Duración: 04:00 |
| 17 |  |  |  | <b>Examen prueba global</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación sólo prueba final<br>Duración: 03:00       |

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1. Evaluación continua

| Sem. | Descripción   | Modalidad                                    | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas                           |
|------|---|--|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 5    | Tema 2. Presentación de un reactor nuclear.                           | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo   | No Presencial | 03:00    | 10%             | 4 / 10      | CE43<br>CG5                                      |
| 8    | Examen temas 1 y 2 .  | EX: Técnica del tipo Examen Escrito          | Presencial    | 02:00    | 40%             | 5 / 10      | CG1<br>CG4<br>CE42<br>CE43<br>CE48<br>CG2<br>CG5 |
| 11   | Tema 3. Presentaciones en grupos de 2 personas. Cada grupo 10-15 min. | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo   | Presencial    | 04:00    | 12.5%           | 4 / 10      | CG1<br>CE42<br>CE43<br>CG2<br>CG5                |
| 12   | Tema 3. Presentaciones en grupos de 2 personas. Cada grupo 10-15 min. | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo   | Presencial    | 04:00    | 12.5%           | 4 / 10      | CG1<br>CG4<br>CE42<br>CE43<br>CG2<br>CG8<br>CG5  |
| 14   | Examen Tema 4.  | EX: Técnica del tipo Examen Escrito          | Presencial    | 00:30    | 10%             | 3 / 10      | CE48<br>CG5                                      |
| 16   | Tema 4. Trabajo individual  | PI: Técnica del tipo Presentación Individual | Presencial    | 04:00    | 15%             | 3 / 10      | CE42<br>CE43                                     |

#### 6.1.2. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción   | Modalidad                                  | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas                           |
|-----|---|--|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 11  | Tema 3. Presentaciones en grupos de 2 personas. Cada grupo 10-15 min. | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 04:00    | 12.5%           | 4 / 10      | CG1<br>CE42<br>CE43<br>CG2<br>CG5                |
| 12  | Tema 3. Presentaciones en grupos de 2 personas. Cada grupo 10-15 min. | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 04:00    | 12.5%           | 4 / 10      | CG1<br>CG4<br>CE42<br>CE43<br>CG2<br>CG8<br>CG5  |
| 17  | Examen prueba global  | EX: Técnica del tipo Examen Escrito        | Presencial | 03:00    | 75%             | 5 / 10      | CG1<br>CG4<br>CE42<br>CE43<br>CE48<br>CG2<br>CG5 |

### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción                        | Modalidad                               | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas                                  |
|------------------------------------|---|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| Temas 1, 2, 3, 4                   | EX: Técnica del tipo Examen Escrito     | Presencial | 02:00    | 75%             | 5 / 10      | CG1<br>CG4<br>CE42<br>CE43<br>CE48<br>CG2<br>CG8<br>CG5 |
| Trabajo individual sobre el Tema 4 | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 04:00    | 25%             | 5 / 10      | CG1<br>CE42<br>CE43<br>CE48<br>CG2<br>CG8<br>CG5        |

## 6.2. Criterios de evaluación

Calificación por evaluación continua: 10% Presentación de un reactor nuclear, 40% examen presencial temas 1 y 2. 25 % Presentación del tema 3. 10% Examen del tema 4, 15% Trabajo del tema 4.

Calificación por prueba final: 25 % Presentación del tema 3. 75% Examen del resto de los temas.

Calificación por evaluación extraordinaria: 25 % Presentación del tema 3. 75% Examen del resto de los temas.

## 7. Recursos didácticos

---

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre  | Tipo         | Observaciones            |
|---|--------------|--------------------------|
| REACTORES NUCLEARES. J.M. MARTÍNEZ-VAL PEÑALOSA, M. PIERA. Editorial: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES. ISBN: 9788474841190 | Bibliografía | Libro                    |
| El ciclo de combustible nuclear. Sociedad Nuclear Española  | Bibliografía | Libro                    |
| TANG, Y.S.; SALING, J.H. Radiactive Waste Management. Hemisphere Publishing Corp. New York, 1990  | Bibliografía | Libro                    |
| Detectores Geiger-Muller y de centelleo.  | Equipamiento | Detectores de radiación. |