



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

**53001601 - Gestión de Residuos Radiactivos**

### PLAN DE ESTUDIOS

05BF - Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Conocimientos previos recomendados.....       | 2  |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 3  |
| 6. Cronograma.....                               | 6  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 8  |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 9  |
| 9. Otra información.....                         | 10 |

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 53001601 - gestión de residuos radiactivos                  |
| <b>No de créditos</b>                      | 3 ECTS  |
| <b>Carácter</b>                            | Optativa  |
| <b>Curso</b>                               | Primer curso  |
| <b>Semestre</b>                            | Segundo semestre  |
| <b>Período de impartición</b>              | Febrero-Junio   |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano  |
| <b>Titulación</b>                          | 05BF - Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 05 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales    |
| <b>Curso académico</b>                     | 2020-21   |

## 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>*   |
|--|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Eduardo Florentino Gallego<br>Díaz (Coordinador/a) | Ing. Nuclear    | eduardo.gallego@upm.es    | M - 17:00 - 17:30<br>Previa cita. |

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

## 2.3. Profesorado externo

| Nombre                           | Correo electrónico            | Centro de procedencia                |
|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Francisco Javier Elorza Tenreiro | franciscojavier.elorza@upm.es | ETS de Ingenieros de Minas de la UPM |

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

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

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

- Tecnología Nuclear - Ciclo del combustible nuclear
- Protección Radiológica

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB09 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

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

CE07 - Es capaz de trabajar profesionalmente en las empresas del sector nuclear, diseñando, coordinando, dirigiendo e integrando los conocimientos necesarios para participar en la puesta en marcha y apoyo a operación de las instalaciones nucleares

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

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

vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CT04 - Trabaja en equipo. Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares

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

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

CT10 - Conoce. Conocimiento de los temas contemporáneos

CT13 - Planifica. Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA60 - Conocer y razonar los criterios básicos de seguridad y protección radiológica.

RA21 - Conocer con detalle la problemática de los residuos radiactivos y nucleares en general

RA16 - Conocer las tecnologías para la gestión de residuos de baja, media y alta actividad específica, así como para el desmantelamiento de instalaciones.

RA23 - Abordar las cuestiones éticas, sociales, legales e institucionales relacionadas con la gestión de residuos radiactivos

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La toxicidad de los residuos radiactivos obliga a que su gestión se realice en condiciones seguras, de tal modo que el riesgo para las personas y el medio ambiente resulte aceptable. La asignatura "Gestión de Residuos Radiactivos" tiene como objetivo principal permitir al alumno:

- Conocer con detalle la problemática de los residuos radiactivos y nucleares en general.
- Conocer y razonar los criterios básicos de seguridad y protección radiológica.
- Conocer las tecnologías para la gestión de residuos de baja, media y alta actividad específica, así como para el desmantelamiento de instalaciones.
- Abordar las cuestiones éticas, sociales, legales e institucionales relacionadas con la gestión de residuos radiactivos.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

- 1.1. Generación, tipos y clasificación de los residuos radiactivos
- 1.2. Los residuos de la primera parte del ciclo del combustible y su estabilización
- 1.3. Los residuos en las centrales nucleares
- 1.4. Los residuos en las instalaciones radiactivas
- 1.5. El Plan General de residuos radiactivos de España

### 2. CRITERIOS BÁSICOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- 2.1. Los principios fundamentales de seguridad del OIEA. Aplicación a la gestión de residuos radiactivos
- 2.2. Detección y dosimetría de la radiación
- 2.3. Efectos sobre la salud derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes
- 2.4. Criterios y objetivos de la protección radiológica
- 2.5. Criterios para la gestión de materiales con muy bajo contenido radiactivo
- 2.6. Normativa aplicable a la gestión de residuos radiactivos en España
- 2.7. Modelización de la biosfera en el análisis de seguridad

### 3. GESTIÓN DE RESIDUOS DE MEDIA, BAJA Y MUY BAJA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

- 3.1. Inventario y caracterización de residuos
- 3.2. Entrega y transporte de residuos radiactivos
- 3.3. Criterios básicos de gestión y almacenamiento definitivo en instalaciones superficiales
- 3.4. Evaluación de la seguridad de las instalaciones superficiales de almacenamiento definitivo
- 3.5. Almacén centralizado de RBMA de "El Cabril".
- 3.6. Instalaciones para almacenamiento de residuos de muy baja actividad

### 4. GESTIÓN DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

- 4.1. Almacenamiento temporal del combustible irradiado: Soluciones técnicas y criterios de seguridad

- 4.2. Almacenamiento temporal del combustible irradiado: Aplicaciones y situación en España
  - 4.3. El Almacén Temporal Centralizado (ATC) del combustible irradiado y residuos radiactivos de alta actividad
  - 4.4. La reelaboración del combustible gastado y la separación de los productos de vida larga
  - 4.5. Transmutación de residuos radiactivos de vida larga
  - 4.6. Almacenamiento definitivo de residuos de actividad elevada: Soluciones técnicas, criterios de seguridad y diseño conceptual
  - 4.7. Almacenamientos geológicos profundos: El campo próximo y la geosfera
  - 4.8. Almacenamientos geológicos profundos: Evaluación del comportamiento
  - 4.9. Caracterización de emplazamientos
  - 4.10. Análogos naturales del AGP: El fenómeno de Oklo y otras analogías naturales
  - 4.11. La I + D en la gestión de los residuos radiactivos
5. DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES
- 5.1. Desmantelamiento de las instalaciones nucleares
  - 5.2. Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del CIEMAT (PIMIC). Proyecto de desmantelamiento
  - 5.3. Proyecto de desmantelamiento y clausura de la C.N. José Cabrera
6. ASPECTOS GENERALES E INSTITUCIONALES
- 6.1. Calidad en la gestión de residuos radiactivos
  - 6.2. Panorama internacional
  - 6.3. Información al público y comunicación

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad presencial en aula  | Actividad presencial en laboratorio | Tele-enseñanza   | Actividades de evaluación |
|-----|---|-------------------------------------|--|---------------------------|
| 1   | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 2   | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 3   | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 4   | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 5   | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 6   | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 7   |   |                                     |  |                           |
| 8   | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 9   |   |                                     |  |                           |
| 10  |   |                                     |  |                           |
| 11  | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     | <b>Visita Técnica Almacén de residuos radiactivos de "El Cabril"</b><br>Duración: 04:00<br>OT: Otras actividades formativas        |                           |
| 12  | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 13  | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 14  | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |  |                           |
| 15  | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     | <b>Visita Técnica desmantelamiento de la Central Nuclear "José Cabrera"</b><br>Duración: 04:00<br>OT: Otras actividades formativas |                           |



|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
| 16 | <b>Presentación en clase</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |  |  |
| 17 |   |  |  | <b>Preparación y entrega de trabajos de evaluación</b><br>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>No presencial<br>Duración: 32:00 |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

| Sem. | Descripción                                     | Modalidad                               | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas   |
|------|---|---|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 17   | Preparación y entrega de trabajos de evaluación | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 32:00    | 100%            | 5 / 10      | CG01<br>CT06<br>CT10<br>CT13<br>CE05<br>CG04<br>CE07<br>CB09<br>CT04<br>CT08 |

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción                                     | Modalidad                               | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas   |
|-----|---|---|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 17  | Preparación y entrega de trabajos de evaluación | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 32:00    | 100%            | 5 / 10      | CG01<br>CT06<br>CT10<br>CT13<br>CE05<br>CG04<br>CE07<br>CB09<br>CT04<br>CT08 |

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

La asignatura tiene una orientación clara hacia la tecnología y las cuestiones de actualidad en cuanto al campo de la gestión de residuos radiactivos. En ella se pone énfasis en las soluciones técnicas empleadas en España.

La evaluación de los alumnos se basa esencialmente en el desarrollo de un trabajo sobre alguna de las cuestiones abordadas en el temario de la asignatura. En su valoración se tiene en cuenta, entre otros, los criterios de profundidad del trabajo, originalidad, aportación personal y validez de las conclusiones. Se trata de que el alumno demuestre que ha adquirido las competencias previstas en la asignatura y adquirido la madurez y responsabilidad deseables.

La asistencia a clase se controla mediante firma y también se tiene en cuenta, de forma no precisa, la participación que el alumno haya hecho en las clases, sus intervenciones sobre los temas tratados y el interés general demostrado por la temática de la asignatura.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre                   | Tipo         | Observaciones   |
|--------------------------|--------------|---|
| Biblioteca especializada | Bibliografía | Informes especializados de proyectos de investigación internacionales y nacionales, así como de estudios y evaluaciones de los organismos reguladores y centros de investigación. |
| Biblioteca de ENRESA     | Bibliografía | La Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) ofrece acceso a su biblioteca a los alumnos de la asignatura.  |

|                 |              |  |
|-----------------|--------------|--|
| Libro del curso | Bibliografía | Libro con los textos escritos de cada lección.<br>Editado por CIEMAT.        |
| Aula Virtual    | Recursos web | Aula Virtual en Moodle con los contenidos y presentaciones de la asignatura. |

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura está planteada como curso de postgrado y de Máster, con la participación como conferenciantes de expertos de la UPM, ENRESA, el CIEMAT, el Consejo de Seguridad Nuclear e Iberdrola. Para su impartición en el formato presente, cuenta con el patrocinio de ENRESA y la colaboración del CIEMAT en su organización. en 2021 se impartirá por trigésima ocasión. El Coordinador de la asignatura actúa como Director del Curso de postgrado.

La asignatura se relaciona con el ODS 7- Energía asequible y no contaminante.

En el Curso 2020 - 2021 , debido a las limitaciones impuestas por las medidas contra la COVID-19, de no poderlo hacer en el aula, las clases serán impartidas telemáticamente, en cuyo caso:

- **COMUNICACIÓN CON EL EQUIPO DOCENTE:** Se llevaría a cabo preferentemente a través del e-mail institucional y/o a través del chat de la plataforma de tele-enseñanza utilizada.
- **PLATAFORMAS DE TELE-ENSEÑANZA:** Las actividades de tele-enseñanza se llevarían a cabo utilizando la plataforma Microsoft Teams. La asistencia a las clases telemáticas, al igual que las presenciales, sería obligatoria