

17-18

MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS

CÓDIGO 28801123



Ámbito: GUJ - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



77669A006C1946A07AE222EA7051E863

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN	
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA	
EQUIPO DOCENTE	
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE	
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE	
RESULTADOS DE APRENDIZAJE	
CONTENIDOS	
METODOLOGÍA	
SISTEMA DE EVALUACIÓN	
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA	
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA	
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA	



Nombre de la asignatura	TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS
Código	28801123
Curso académico	2017/2018
Títulos en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	4,5
Horas	112.5
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

En esta asignatura se introducen los conceptos y criterios asociados a las distintas actividades involucradas en el diseño de las distintas estrategias posibles de gestión de residuos radiactivos. Se presentan las metodologías computacionales involucradas en la evaluación de la radiotoxicidad del residuo y en la selección de la estrategia de gestión a utilizar. En la fase final el estudiante tendrá que utilizar códigos de inventario para, dado un material y unas condiciones de irradiación determinadas, predecir el inventario isotópico y radiotoxicidad asociada al residuo/material activado resultante.

Los objetivos de esta asignatura son primeramente: i) adquirir los conocimientos que permitan abordar actividades de investigación en el campo de la gestión de residuos, y ii) conocer las metodologías de simulación utilizadas en la evaluación de la radiotoxicidad de los residuos y en la evaluación/diseño de distintas opciones de gestión (tales como almacenamiento, transmutación, etc.). Finalmente, el estudiante ha de adquirir las capacidades necesarias para aplicar dichos conocimientos a la evaluación de distintas opciones de gestión; y hacer uso de códigos para la predicción de inventario isotópico y radiotoxicidad de residuos/material activado que se retira tras acabar su vida útil en un ambiente de irradiación.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Para iniciar el estudio del curso son necesarios conocimientos de ciencia y tecnología nuclear a nivel fundamental. Si dichos conocimientos previos son limitados, debe consultarse con el equipo docente para recibir orientaciones precisas que permitan enfocar el estudio de forma adecuada, y en su caso estudiar durante el curso algún tema de apoyo.

Es recomendable tener conocimientos suficientes para lectura en inglés técnico.



EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos
Correo Electrónico
Teléfono
Facultad
Departamento

JAVIER SANZ GOZALO
jsanz@ind.uned.es
91398-6463
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos
Correo Electrónico
Teléfono
Facultad
Departamento

PATRICK SAUVAN -
psauvan@ind.uned.es
91398-8731
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
INGENIERÍA ENERGÉTICA

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán a través del curso virtual. También se pueden realizar consultas a los profesores de la asignatura personalmente o por teléfono en el siguiente horario:

D. Javier Sanz

Martes, de 16 a 20 h.

Dpto. de Ingeniería Energética
ETS de Ingenieros Industriales
despacho 2.18

Tel.: 91 398 64 63

Correo electrónico: jsanz@ind.uned.es

D. Patrick Sauvan

Jueves, de 16,00 a 20,00 h.

Dpto. de Ingeniería Energética
ETS de Ingenieros Industriales
despacho 0.16

Tel.: 91 398 87 31

Correo electrónico: psauvan@ind.uned.es

D. Juan Pablo Catalán Pérez

Jueves de 16,00 a 20,00 h.

Dpto. de Ingeniería Energética
ETS de Ingenieros Industriales
despacho 0.15

Tel.: 91 398 82 23

Correo electrónico: jpcatalan@bec.uned.es



COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Los objetivos de la asignatura son los siguientes:

1. Revisar el concepto de residuo radiactivo.
2. Conocer las fuentes de producción más importantes de residuos radiactivos.
3. Entender los principios utilizados en la clasificación de los residuos radiactivos.
4. Conocer las distintas etapas y actividades involucradas en la gestión de los residuos radiactivos.
5. Entender el concepto de radiotoxicidad y saber utilizar la formulación adecuada para su cálculo.
6. Saber fundamentar la necesidad de regular los almacenamientos de residuos radiactivos.
7. Entender los principios fundamentales de la regulación.
8. Saber plantear la matriz de la seguridad de los almacenamientos de residuos radiactivos.
9. Establecer las bases de la evaluación de la seguridad y protección radiológica de un almacenamiento.
10. Entender los diferentes elementos integrantes de la metodología de cálculo a utilizar en la evaluación de la seguridad de un almacenamiento.
11. Conocer las actividades asociadas a la gestión de residuos de muy baja, baja y media actividad.
12. Evaluar el atractivo y las posibilidades de optimización de la aplicación práctica del proceso de desclasificación de materiales residuales con contenido radiactivo mínimo.
13. Conocer y diferenciar distintos sistemas de almacenamiento de residuos de baja y media actividad(RMBA).
14. Describir los componentes y funciones de las instalaciones de "El Cabril".
15. Entender como se ha llevado a cabo la evaluación de seguridad del sistema de almacenamiento de "El Cabril".
16. Entender y diferenciar la problemática asociada a la clausura de las distintas instalaciones nucleares y radiactivas en cuanto a gestión de residuos y prácticas de seguridad y protección radiológica.
17. Conocer la composición isotópica y las distintas funciones respuesta asociadas a la actividad del combustible gastado relevantes para su gestión.
18. Conocer la metodología computacional necesaria para la predicción del inventario isotópico y respuestas radiológicas asociadas del combustible gastado.



19. Conocer los distintos ciclos de combustible gastado y analizar a nivel básico su viabilidad.
20. Conocer las funciones y criterios de seguridad para el almacenamiento temporal.
21. Conocer las tecnologías de almacenamiento temporal existentes en operación y aquellas en fase de proyecto.
22. Conocer en que consiste el reproceso del combustible gastado.
23. Conocer los procesos de separación de actínidos minoritarios y algunos productos de fisión.
24. Conocer distintos diseños conceptuales de sistemas transmutadores.
25. Conocer las características que debe cumplir el encapsulado de combustibles gastados y residuos de alta actividad vitrificados.
26. Conocer los principios generales del almacenamiento profundo (AGP).
27. Conocer distintos conceptos de AGP
28. Conocer la metodología seguida en la evaluación de la seguridad del AGP.
29. Analizar resultados de evaluaciones de seguridad del AGP.

CONTENIDOS

METODOLOGÍA

Esta asignatura ha sido diseñada según modalidad a distancia, por ello, el estudiante contará con el material necesario para afrontar el estudio de forma autónoma. No obstante es necesaria una planificación objetiva de las tareas programadas.

El estudio de la materia se hará a través de los textos básicos recomendados, apoyados con material virtualizado disponible en la plataforma de aprendizaje y en las orientaciones didácticas elaboradas para que el estudiante pueda estudiar a distancia de forma autónoma. En una primera etapa el estudiante debe estudiar los contenidos teóricos de la asignatura. Al final de cada tema, deberá realizar una prueba de autoevaluación consistente en la resolución de algunas cuestiones y ejercicios, que le permitirá valorar la asimilación de los contenidos.

En una segunda etapa, una vez estudiados los distintos temas de cada Bloque temático, el alumno llevará a cabo la resolución de un problema para cada uno de los bloques del Programa.

En una tercera etapa, y una vez una vez estudiados los distintos temas del programa, el alumno realizará una prueba de evaluación a distancia que consistirá en la contestación a preguntas de desarrollo, preguntas que incluirán en su desarrollo las cuestiones planteadas en los ejercicios/cuestiones de autoevaluación de cada tema.

Finalmente el alumno llevara a cabo el trabajo final.

En definitiva, y dadas las características de la materia, se ha propuesto emplear, de forma escalonada, y tal como sucintamente se ha comentado, tres metodologías de aprendizaje: Resolución de cuestiones y ejercicios de autoevaluación:



Boque I-IV:

Esta metodología se utiliza como herramienta básica de aprendizaje. A partir de un problema enunciado, relevante en cuanto a los conocimientos a manejar en el planteamiento de la investigación sobre residuos nucleares, se plantean cuestiones teórico prácticas cuya solución requiere de los conocimientos implicados fundamentalmente en cada unidad temática, aunque se pueden retomar también algunas cuestiones específicas de las anteriores. El alumno recibirá, al final de la realización de estos ejercicios de autoevaluación indicaciones relativas al grado de avance así como explicaciones y alternativas (basadas en cuestiones teóricas) de solución a los errores detectados. La realización de los ejercicios en si mismos no tiene contribución a la nota final. Ahora bien la prueba de evaluación a distancia que se deberá realizar una vez realizados los ejercicios/tests de evaluación correspondientes a todos los temas, y cuyo periodo de duración será de dos horas, se basará totalmente en este tipo de cuestiones. Dicha prueba contribuirá en un 20% a la nota final. En este tipo de metodología el alumno empleará 61,5 horas (el 55% de las 112.5 asignadas a la materia)

Aprendizaje basado en problemas:**Bloque I-IV:**

Esta metodología se emplea al final de cada bloque temático. El alumno deberá desarrollar la solución a un problema práctico, representativo de alguna de las actividades de investigación que hay que abordar en el desarrollo de un Proyecto de investigación en el campo de los Residuos Nucleares. La resolución al problema se deberá presentar en formato "informe de investigación". Este trabajo será evaluado completo, sobre esta evaluación se informará de forma detallada al alumno, advirtiéndole de los errores, pero sin aportar indicios relativos a los errores, teniendo el alumno que buscar las soluciones correctas. La resolución de los distintos problemas contribuirá en un 30% a la nota final. En este tipo de metodología el alumno empleará 31 horas (el 27,5 % de las 112.5 asignadas a la materia).

En este apartado incluimos las prácticas en línea que consistirán en resolver problemas relacionados con cada bloque utilizando herramientas computacionales disponibles a través del curso virtual de la UNED. Dentro del programa "Redes II" promocionado por el Instituto Universitario de Educación a Distancia de la UNED, se han desarrollado herramientas orientadas a facilitar el uso de las aplicaciones computacionales para cálculos de inventario radiactivo y caracterización por tanto, de la composición y radiotoxicidad del residuo. En la asignatura se incluirán prácticas virtuales con ayuda de dichas herramientas.

Aprendizaje orientado a proyectos:**Trabajo final**

Se planteará un problema bastante general, cuyo único punto de partida será el material y las condiciones de irradiación a las que estará sometido. A partir de aquí, el alumno tendrá que ser capaz de predecir mediante simulación numérica el inventario isotópico y radiotoxicidad asociada al residuo/material activado resultante, y propondrá el tipo de gestión que consideraría más adecuada para el mismo. En todo caso, siempre tendrá que responder a la cuestión de si la opción de transmutación podría ser atractiva para el caso que se plantee. En definitiva, este trabajo ha de contar con un grado de autonomía muy elevado, es decir el



alumno determina y configura en buena medida el problema de investigación, desarrolla la búsqueda bibliográfica para contextualización teórica, el estado de la cuestión etc. Realiza la simulación numérica, analiza los datos en función de distintas opciones de gestión que pudiera plantear, y propone una o varias soluciones alternativas indicando las ventajas e inconvenientes de cada una. En este tipo de metodología el alumno empleará 20 horas (el 17,5% de las 112.5 horas asignadas a la materia). La realización del Trabajo final contribuirá en un 50% a la nota final.

Los elementos de evaluación correspondientes a este planteamiento metodológico se pueden estructurar de forma genérica en dos grandes grupos: **i) pruebas de evaluación/trabajos a desarrollar a distancia por el alumno, y ii) prueba presencial.** Consideraciones más específicas referidas a temas de calificación final y ponderación asignada a dichos elementos se exponen en la última sección de esta guía correspondiente a evaluación de aprendizajes.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Bibliografía recomendada

1. CURSO sobre GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS.

Edición 2009. Edit. CIEMAT. Madrid 2009.

Depósito Legal: M-8013-2009. ISBN: 978-84-7834-603-5. NIPO: 471-09-005-1

2. Gestión de Residuos Radiactivos: Situación, Análisis y Perspectiva.

Edit. Fundación para Estudios sobre la Energía. Volumen 1,. Madrid, 2007.

Depósito Legal: M-40848-2007.

Nota: Ambos textos están colgados en el curso virtual en la sección denominada “bibliografía recomendada”.

También se considerará bibliografía básica algunos artículos de investigación realizados por el equipo docente sobre el tema de **Transmutación de residuos radiactivos**

El libro Gestión de Residuos Radiactivos: Situación, Análisis y Perspectiva esta disponible en <http://www.fundacionenergia>. Descarga gratuita del libro en PDF.

Los capítulos de interés son:

Capítulos: 1, 2, 4,5 y 6



1.1 Comentarios relativos al texto:

CURSO sobre GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS. Edición 2009. Edit. CIEMAT. Madrid 2009.

Los contenidos de los Cuatro Bloques de la asignatura se pueden abordar con todas las garantías mediante la utilización del texto: CURSO sobre GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS. Edición 2009. Edit. CIEMAT. Madrid 2009

En concreto tendrá que consultar los contenidos de las lecciones siguientes:

Lección 2ª: Generación y características de los nucleidos radiactivos. La clasificación de los residuos radiactivos

Lección 5ª: Los residuos en las centrales nucleares

Lección 8ª.- Los principios fundamentales de seguridad del OIEA y su aplicación en la gestión de los residuos radiactivos.

Lección 9ª: Criterios y objetivos de la protección radiológica en la gestión de los residuos radiactivos

Lección 11ª: Criterios para la gestión de materiales con muy bajo contenido radiactivo

Lección 12ª : Evaluación del impacto radiológico ambiental asociado a la gestión de residuos radiactivos.

Lección 15ª: Caracterización de residuos. I+D asociados

Lección 16ª: Criterios básicos de gestión y almacenamiento

Lección 17ª: Instalaciones de "El Cabril"

Lección 18ª: Instalaciones para almacenamiento de residuos de muy baja actividad

Lección 19ª: Almacenamiento temporal del combustible irradiado: Soluciones técnicas y criterios de seguridad

Lección 20ª: Almacenamiento temporal del combustible irradiado: aplicaciones y situación en España.

Lección 21ª: Almacenamiento definitivo de residuos de actividad elevada: soluciones técnicas, criterios de seguridad y diseño conceptual

Lección 22ªa: Almacenamientos geológicos profundos: El campo próximo.

Lección 25ª: La reelaboración del combustible gastado y la separación de elementos químicos conteniendo radionucleidos de vida larga.

Lección 26ª: Transmutación de residuos radiactivos de vida larga

Lección 27ªb: Desmantelamiento de centrales nucleares en España

Dentro de las lecciones mencionadas el alumno tendrá que estudiar y asimilar los contenidos referidos solamente a unas cuantas secciones de las mismas. Las secciones cuyos contenidos debe estudiar y asimilar se indican detalladamente en el documento/fichero referido a la prueba/trabajo a distancia, encuadrándose dichas



secciones de forma detallada dentro de cada uno de los bloques de preguntas que el alumno debe contestar.

1.2. Comentarios relativos al texto:

Gestión de Residuos Radiactivos: Situación, Análisis y Perspectiva. Edit. Fundación para Estudios sobre la Energía. Volumen 1,. Madrid, 2007.

http://www.fundacionenergia.es/contenido_02.htm. Capítulos: 1, 2, 4,5 y 6

Magnifico texto, cuyas secciones especificas a estudiar y asimilar aparecen explicitadas en el documento referido a la prueba/trabajo a distancia así como en el referido a la prueba presencial.

Aunque se hace referencia explicita a pocas secciones del mismo en relación a la elaboración y preparación de dichas pruebas, su uso es muy recomendado para su buen desarrollo. Es muy útil para consultar/buscar de forma rápida en el mismo (buscador electrónico del pdf) los conceptos a los que se hace referencia en dichas pruebas, tratándolos siempre de una manera precisa y claramente entendible (lo que logra con un apoyo impreso y gráfico de mucha calidad).

Por otra parte, su uso es muy recomendable para desarrollar con un alto nivel de calidad la pregunta de la Parte/Bloque 8 incluida en la prueba de evaluación/trabajo a distancia, la cual es considerada dentro del mismo como la de mayor importancia.

2. Bibliografía relacionada con la investigación realizada en el campo de la transmutación por nuestro equipo.

Como se indicó en el documento correspondiente a la prueba presencial, un 25% de la misma se orientará a que el alumno presente los objetivos de parte de la investigación que nuestro equipo ha realizado en el campo de la transmutación y a que exponga la metodología que se ha seguido para su realización. La documentación apropiada para que el alumno pueda alcanzar el objetivo propuesto se colgará en el curso virtual en la sección denominada **“bibliografía_investigacion_UNED”**.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

En esta sección queremos destacar lo siguiente.

A) De cara a tener información actualizada sobre el estado de las actividades de gestión de residuos radiactivos en España se aconseja consultar el link de ENRESA

<http://www.enresa.es/>

B) En la página web de ENRESA puede encontrar también material didáctico. A este respecto queremos recomendar el documento denominado:

“Fichas de trabajo para alumnos visitantes a nuestros centros de información”



Como se indica en dicha página, es un conjunto de nueve fichas, con imágenes a todo color, que tratan temas relacionados con la radiactividad y sus aplicaciones, la protección radiológica y la gestión de los residuos radiactivos.

Se puede descargar libremente en la dirección:

<http://www.enresa.es/Red+Documental/Publicaciones/Material+didactico/es/fichasdetrabajo.htm?pagina=1>

El documento aparece descargado en el curso virtual en la sección denominada “**bibliografía complementaria**”.

Nota: Se aconseja la utilización de este documento para desarrollar la pregunta de la Parte/Bloque 8 incluida en la prueba de evaluación/trabajo a distancia.

Lecturas recomendadas

SCHAPIRA, J.P; BRAVO, I; MARY, G, NIFENECKER, H, GIORNIO, A, LOISEAUX, J.M; KEMPI, H. (1997). Dossier ¿Es posible desprenderse de los residuos radiactivos?: Mundo Científico, Vol. 184, pp. 953-975.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

La utilización por el estudiante del curso curso virtual resulta imprescindible para la preparación de la asignatura.

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no hayan sido sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.

