ASIGNATURA DE MÁSTER:

TECNOLOGÍAS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIOACTIVOS

Curso 2017/2018

(Código:28806254)

1.PRESENTACIÓN

La asignatura Tecnologías de la Gestión de Residuos Radioactivos es una asignatura que tiene el carácter de obligatoria (asignatura de itinerario específico) para todos los alumnos que quieran abordar la Especialidad de INGENIERÍA NUCLEAR del Máster en INGENIERÍA INDUSTRIAL.

En esta asignatura se introducen los conceptos y criterios asociados a las 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, y se presentan las normativas nacionales e internacionales relativas a las distintas opciones de gestión de residuos radiactivos. En la fase final el estudiante tendrá que ser capaz de hacer una propuesta de gestión para los residuos generados en la instalación que se le indique. Los datos de partida para este problema, tales como la cantidad e inventario isotópico del material activado producido a lo largo de la vida de la instalación, y que hay que gestionar como residuo, será distinto para cada estudiante.

Los objetivos de esta asignatura son primeramente: i) adquirir los conocimientos que permitan abordar actividades profesionales y de investigación en el campo de la gestión de residuos, y ii) conocer las metodologías de simulación y las normativas utilizadas en la evaluación de la radiotoxicidad de los residuos y en la evaluación/diseño y selección de distintas opciones de gestión (tales como almacenamiento, transmutación, reciclado, desclasificación, etc.). Finalmente, el estudiante ha de adquirir las capacidades necesarias para aplicar dichos conocimientos a la evaluación de distintas opciones de gestión, y así poder realizar propuestas fundamentadas de gestión frente a materiales radiactivos que se presenten como un problema de residuos a gestionar.

En la Guía II se proporcionan también las indicaciones del Plan de Trabajo con un cronograma de actividades y tiempos de preparación para orientar el estudio de la asignatura. Esta Guía se pondrá a disposición de los alumnos matriculados dentro del curso virtual implementado en la plataforma de aprendizaje aLF de la UNED.

2.CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura Tecnologías de la Gestión de Residuos Radioactivos es una asignatura ofertada desde el Departamento de Ingeniería Energética. La asignatura trata a un nivel especializado uno de los temas de preocupación e investigación más relevantes sobre la explotación de la fuente de energía nuclear de fisión y la futura de fusión: la gestión de los residuos nucleares.

En ella pretenderemos que el alumno se familiarice con el origen y características de los distintos tipos de residuos radiactivos, entienda las diferentes opciones que se pueden concebir para su gestión, entienda para qué tipos de residuos hay soluciones aceptables y para cuáles se precisa investigación y desarrollo, sea para mejorar algunas ya demostradas, demostrar algunas ya planteadas o plantear algunas nuevas.

Además debe llegar a conocer las herramientas computacionales que se emplean para diseñar y evaluar distintas opciones de gestión, y el papel que juegan en la caracterización del inventario radiactivo y radiotoxicidad de los residuos que se generan durante el funcionamiento de la instalación por efecto del campo de radiación existente en lo materiales presentes.

Las principales competencias que se pretende que adquieran los estudiantes son las siguientes:

1. Conocer y entender la problemática asociada a la gestión de los residuos radiactivos.
2. Identificar y diferenciar las soluciones de gestión planteadas sobre residuos radiactivos.
3. Conocer las técnicas de simulación y experimentación empleadas en la investigación sobre residuos nucleares.
4. Identificar necesidades y demandas de desarrollo e innovación.
5. Analizar información científica y técnica.
6. Sintetizar información científica y técnica.
7. Conocer los métodos y técnicas de investigación científica y desarrollo tecnológico.
8. Conocer los requisitos exigibles a las herramientas de simulación computacional a emplear en el campo de la gestión de residuos.
9. Destrezas en la búsqueda y gestión bibliográfica y documental.
10. Planificar actividades de investigación.
11. Capacidad de razonamiento crítico.
12. Elaborar y exponer informes científicos.
13. Aplicar conocimientos a la realización futura del trabajo de investigación del Máster y de la Tesis Doctoral.
14. Analizar la mayor o menor potencialidad de los distintos tipos de energía nuclear (fisión y fusión) como fuentes de energía medioambientalmente atractivas: generadoras de residuos radiactivos con opciones atractivas de gestión para la sociedad.

La relevancia de la investigación sobre la gestión de residuos radiactivos, y por tanto de los contenidos de esta asignatura, se pone de manifiesto en Horizonte 2020, que es el Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea que se ejecutará de 2014 a 2020. Una de las partes incluidas en el Programa es la de Retos Sociales, que incluye ocho retos, uno de los cuales es Energía segura, limpia y eficiente. Dentro de éste, uno de sus objetivos específicos es el de la Energía Nuclear Sostenible, en el que se encuadran todos los aspectos relacionados con el tema de residuos radiactivos de las instalaciones nucleares.

Por otra parte, el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación español, en estrecha alineación con los objetivos en materia de I+D+i establecidos en Horizonte 2020, contempla en relación con los temas de residuos nucleares los mismos grados de alta prioridad que los contemplados en Horizonte 2020.

Los temas identificados como prioritarios en relación a la gestión de residuos en HORIZONTE 2020, a nivel europeo, y dentro el 7º Plan General de Residuos Radiactivos, a nivel nacional, son el objeto fundamental de los contenidos de la asignatura.

3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

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.
Debe saber hacer uso de las características de Microsoft Excel como hoja de cálculo.

Aunque no es necesario, sería útil el conocimiento de algún lenguaje de programación en un nivel medio. Los lenguajes de programación con los que se puede trabajar son C, C++ y

Fortran, bajo entornos UNIX y PC.

4.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 qué 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.
30. Analizar la potencialidad de la fusión nuclear como fuente de energía medioambientalmente atractiva: generadora de residuos radiactivos con opciones atractivas de gestión para la sociedad.

5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

La asignatura consta de una parte teórico-práctica que se encuentra dividida en seis bloques y una actividad complementaria, denominada Pruebas de Evaluación Continua (PEC). Estas están pensadas para que los estudiantes puedan contrastar su proceso de

asimilación de la asignatura, así como elemento de seguimiento y evaluación del proceso de aprendizaje.

En la Guía II de la asignatura se da la información oportuna al respecto, encuadrándose en el marco del Plan de Trabajo propuesto y del cronograma de actividades.

Parte teórico-práctica

Como ya se ha mencionado en el párrafo anterior está dividida en seis bloques:

BLOQUE 1. Generación de residuos radiactivos, su clasificación y definición de principios y actividades para su gestión

Tema 1. Origen de los residuos radiactivos y volúmenes generados.

Tema 2. Clasificación de los residuos radiactivos y definición de principios y etapas para su gestión.

BLOQUE 2. Seguridad y protección radiológica asociadas a la gestión de residuos radiactivos.

Tema 3. Radiotoxicidad de los residuos radiactivos y objetivos de seguridad y protección radiológica.

Tema 4. Normativa aplicable a la gestión de residuos radiactivos en España.

Tema 5. Evaluación de la seguridad de almacenamientos.

BLOQUE 3. Gestión de residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad (RBMA).

Tema 6. Exenciones del control regulador. Materiales residuales con contenido radiactivo mínimo.

Tema 7. Sistemas de almacenamiento. Descripción y evaluación de las instalaciones de “El Cabril”.

Tema 8. Clausura de instalaciones: Residuos radiactivos y seguridad.

BLOQUE 4. Tecnología y opciones tecnológicas para la gestión del combustible gastado y residuos de alta actividad.

Tema 9. Características del combustible gastado: radionucleidos existentes y radiotoxicidad; y metodología computacional para predicción de inventario isotópico y funciones-respuesta asociadas.

Tema 10. Ciclos de combustible: opciones de gestión del combustible gastado.

Tema 11. Almacenamiento temporal: funciones, criterios de seguridad y soluciones técnicas.

Tema 12. El almacenamiento geológico profundo: principios generales, conceptos de almacenamiento, evaluación de la seguridad y desarrollo y verificación del conocimiento y tecnologías necesarias.

Tema 13. Separación y transmutación de actínidos minoritarios y algunos productos de fisión.

BLOQUE 5. Opciones tecnológicas para la gestión de los residuos radiactivos procedentes del desmantelamiento de las actuales centrales nucleoeléctricas de fisión nuclear y de las futuras centrales de fusión nuclear.

Tema 14. Exención-desclasificación, reciclado.

Tema 15. Enterramiento superficial versus enteramiento geológico profundo.

BLOQUE 6. Trabajo final de síntesis (obligatorio).

Proyecto en el que se tendrán como datos de partida una instalación determinada, con un material inicial dado y sometido a unas condiciones de irradiación determinadas. Serán también datos la cantidad de residuos producidos a lo largo de la vida de la instalación y su inventario isotópico. El trabajo consistirá en proponer la estrategia de gestión a utilizar para dichos residuos. Es por esto que el estudiante tendrá que contemplar opciones atractivas de gestión tales como la desclasificación, el reciclado o el enterramiento superficial en instalaciones del tipo de la de El Cabril. Se tendrá también que analizar si se precisaría del almacenamiento geológico profundo (AGP) para gestionar algunos de los residuos generados. Y también, el papel que podría poder jugar la opción de transmutación.

Pruebas de Evaluación Continua (PEC)

Actividades de seguimiento del proceso de asimilación/aprendizaje en cada uno de los bloques en que se estructura la asignatura.

Se plantean una serie de cuestiones estructuradas en ocho partes diferentes. Las siete primeras están ordenadas de acuerdo a su secuencia de aparición en el texto básico de la asignatura. En la octava se plantea una pregunta de carácter totalmente abierto, para cuyo desarrollo será fundamental la utilización de los conocimientos adquiridos y las reflexiones realizadas en el estudio de los temas que ha tenido que abordar parar responder a las preguntas de las siete partes anteriores.

En cada una de las partes se indican las cuestiones a resolver y la referencia a los contenidos específicos de los libros de texto que le permitirán abordar las mismas.

Las pruebas se estructuran en las siguientes ocho partes:

PRIMERA PARTE: Cuestiones generales sobre tipos de residuos radiactivos y su gestión

SEGUNDA PARTE: Cuestiones relativas a los criterios básicos de seguridad y protección radiológica en la gestión de los residuos radiactivos.

TERCERA PARTE: Cuestiones relativas al problema de la desclasificación de material/residuos radiactivos.

CUARTA PARTE: Cuestiones relativas a la gestión de residuos de media, baja y muy baja actividad específica. Y cuestiones relativas a la comprensión de las características de la instalación de El Cabril.

QUINTA PARTE: Dentro de la gestión de residuos de alta actividad específica, se plantean cuestiones relativas a las tecnologías de almacenamiento temporal del combustible irradiado y al almacenamiento geológico profundo.

SEXTA PARTE: Reelaboración y Transmutación

SÉPTIMA PARTE: Desmantelamiento.

OCTAVA PARTE:

Cuestión: ¿Cree que el problema de la gestión de residuos radiactivos procedentes de las centrales nucleares de fisión está resuelto? Justifique la respuesta.

6.EQUIPO DOCENTE

- PATRICK SAUVAN

- MERCEDES ALONSO RAMOS

7.METODOLOGÍA

Esta asignatura ha sido diseñada según la 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, que incluye la Guía II de estudio, con las orientaciones didácticas elaboradas para que el estudiante pueda estudiar a distancia de forma autónoma.

La pruebas de evaluación continua (estructuradas en ocho partes) se han diseñado de forma que incluyen: i) cuestiones y ejercicios que permitirán al alumno valorar el grado de asimilación de contenidos a nivel de temas, ii) temas de desarrollo y problemas que permitirán al alumno valorar el grado de asimilación de contenidos a nivel de Bloque temático, y iii) preguntas de desarrollo cuya contestación solo se podrá efectuar tras haber estudiado los distintos temas y bloques temáticos del programa, y que permitirán al alumno valorar el grado de asimilación de la asignatura.

Finalmente el alumno llevará a cabo el trabajo final, denominado trabajo final de síntesis, asociado al Bloque 6 del contenido del Programa, de contenido eminentemente práctico. Su realización sólo se podrá llevar a cabo de forma exitosa tras haber estudiado todos los temas del programa y permitirá al alumno valorar el grado de asimilación de la signatura y las capacidades que ha adquirido para trabajar en el campo de la gestión de residuos radiactivos.

En definitiva, y dadas las características de la materia, se ha propuesto abordar su aprendizaje de forma escalonada, y tal como sucintamente se ha comentado.

8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

1. CURSO sobre GESTIÓN DE RESIDUOS RADIACTIVOS. Edición 2011. Edit. CIEMAT. Madrid 2011.

Los contenidos de los Bloques de la asignatura se pueden abordar con todas las garantías mediante la utilización de este texto.

En la sección del curso virtual denominada “bibliografía básica”, se le indica en el documento correspondiente, las lecciones del texto que debe consultar, así como las secciones cuyos contenidos debe estudiar y asimilar dentro de cada una de estas lecciones. Además, se relacionan dichas secciones con cada uno de los bloques de preguntas que el alumno debe contestar en la prueba de evaluación continua .

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

Este libro es de descarga gratuita en la web.

Los capítulos de interés para la asignatura son: Capítulos 1, 2, 4, 5 y 6

Magnífico texto, cuyas secciones específicas a estudiar y asimilar aparecen explicitados en el documento correspondiente, en la sección del curso virtual denominada “bibliografía básica”.

Aunque se hace referencia explícita a pocas secciones del mismo en relación al aprendizaje de la asignatura y la elaboración y preparación de las pruebas de evaluación continua, 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).

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

Con el objetivo de que el alumno asimile los objetivos de parte de la investigación que nuestro equipo ha realizado en el campo de la transmutación y la metodología que se ha seguido para su realización, se tendrá colgada la documentación apropiada en el curso virtual en la subsección denominada "bibliografía_investigacion_UNED", dentro de la sección "bibliografía básica".

9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:

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 web.

C) 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.

Nota: En la sección del curso virtual denominada "bibliografía básica", se le indica en el documento correspondiente, a qué bloques temáticos de la asignatura se asocia el material complementario indicado, y para qué bloques de preguntas de la prueba de evaluación continua es recomendable su utilización.

10.RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

Curso Virtual: La utilización por el estudiante del curso virtual resulta imprescindible para la preparación y desarrollo del aprendizaje de la asignatura.

Cualquier material complementario que se pueda publicar o aconsejar se encontrará alojado en el curso virtual.

El alumno deberá enviar sus consultas a la atención de cualquiera de los profesores de la asignatura a través del curso virtual, y fundamentalmente mediante el uso de los foros de debate, pero también podrá utilizar otros medios (correo electrónico, teléfono, correo postal) tal como se indica en la sección de Tutorización.

Programas de radio: En la sección correspondiente del curso virtual de la asignatura se comunicará al alumno la temática del programa que se emita así como la significación del mismo en el contexto de la asignatura y podrá encontrar una relación de los programas emitidos con los links adecuados.

11.TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán fundamentalmente a través del curso virtual.

Por otra parte, el equipo docente de la asignatura tiene asignados unos días de guardia donde el alumno podrá contactar personalmente o por teléfono con los profesores y consultarles lo que consideren oportuno para resolver las dudas que se le planteen en el estudio de la asignatura. El alumno también puede dirigirse en todo momento al equipo docente de la asignatura a través de los foros habilitados al efecto en la Plataforma Alf.

Se pueden realizar consultas a los profesores de la asignatura personalmente o por teléfono en el siguiente horario:

D. Javier Sanz Gozalo
Horario de guardia: Jueves, de 16 a 20 horas.
Teléfono: 91-3986463
Despacho 2.18
Correo electrónico: jsanz@ind.uned.es

D. Patrick Sauvan
Horario de guardia: Jueves, de 16 a 20 horas
Teléfono: 91 398 87 31
Despacho 0.16
Correo electrónico: psauvan@ind.uned.es

D.ª Mercedes Alonso Ramos
Horario de guardia: Lunes de 10 a 14 horas.
Despacho: 0.18.
Teléfono: 913986464.
Correo electrónico: malonso@ind.uned.es

12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

En el proceso de evaluación se consideran tres elementos:

- Trabajo final de síntesis
- Prueba presencial
- Pruebas de evaluación continua

Su ponderación a la nota final es la siguiente: trabajo final de síntesis 20%; prueba presencial 60% y pruebas de evaluación continua 20%.

13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.