



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE
INGENIEROS DE MINAS

Ríos Rosas, 21
28003 MADRID.

TITULACIÓN: INGENIERO TÉCNICO DE MINAS

ESPECIALIDAD EN: RECURSOS ENERGÉTICOS COMBUSTIBLES Y EXPLOSIVOS

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

INGENIERÍA NUCLEAR

Curso : 3º
Semestre : 1º
Carácter : Troncal

Créditos totales
Teóricos : 2,5
Prácticos : 2

PLAN DE ESTUDIOS 2002

Edición 1: 2004-09-20

INGENIERÍA NUCLEAR: PROGRAMA

a) **OBJETIVOS Y CONTENIDOS**

BLOQUE 1: Radiactividad y protección radiológica

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1.1 Comprender la importancia de la radiactividad natural y la artificial.*
- 1.2 Conocer las técnicas de protección radiológica.*
- 1.3 Conocer las características básicas y aplicaciones de los detectores.*

CONTENIDOS:

1.1: DESINTEGRACIONES RADIOACTIVAS.

1.2: INTERACCIONES DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA.

- Interacciones de fotones.
- Interacciones de partículas β .
- Interacciones de partículas α .

1.3: EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.

- Efectos no-estocásticos.
- Efectos estocásticos.
- Protección radiológica.

1.4: DETECTORES DE PARTÍCULAS RADIOACTIVAS.

- Características de los detectores.
- Tipos de detectores: Ionización, centelleo y semiconductores.

BLOQUE 2: Neutrónica básica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 2.1 Entender los conceptos de fisión, criticidad y moderación.*
- 2.2 Diferenciar las diferentes tecnologías de generación térmica nuclear en función de la composición del combustible que se utilice.*

CONTENIDOS:

2.1: NOCIONES BÁSICAS DE LA NEUTRÓNICA.

- Fisión y masa crítica.

- Especies físis y fértiles.
- Enriquecimiento, moderación y quemado.
- Factor de conversión.
- Tipos de combustible según su composición: UO_2 y MOX.

2.2: DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE REACTORES NUCLEARES.

- Térmicos: PWR, BWR, CANDU, AGR, GCR.
- Rápidos: FBR.

BLOQUE 3: Reactores de agua ligera

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1 Conocer de forma detallada los componentes de los reactores de agua ligera.*
- 3.2 Comprender las diferencias entre los sistemas avanzados y los convencionales.*

CONTENIDOS

3.1.: REACTORES DE AGUA A PRESIÓN (PWR)

- Componentes de los sistemas primario: Vasija, núcleo, elementos combustibles, barras de control, bombas, presionador y generadores de vapor.
- Componentes de los sistemas secundario.
- Sistemas de salvaguardia y su actuación en caso de accidente.

3.2: REACTORES DE AGUA EN EBULLICIÓN (BWR)

- Vasija, núcleo, elementos combustibles y barras de control.
- Lazos de recirculación.
- Sistemas de salvaguardia.

3.3: REACTORES AVANZADOS DE AGUA LIGERA (ALWR)

- Filosofía de seguridad.
- Diferencias con los reactores convencionales.
- Sistemas de salvaguardia.

BLOQUE 4: Ciclos del combustible nuclear y gestión de residuos radiactivos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 4.1 Comprender la dificultad de las operaciones relacionadas con la primera parte del ciclo del combustible nuclear debidas a la baja ley del mineral de uranio.*
- 4.2 Comprender los procesos de enriquecimiento del uranio en su isótopo U-235.*
- 4.3 Comprender las posibilidades de reprocesamiento del combustible irradiado.*
- 4.4 Conocer la clasificación de residuos radiactivos.*

4.5 Comprender la importancia del almacenamiento seguro de los residuos radiactivos para minimizar su efecto sobre el medio ambiente.

4.6 Comprender las soluciones definitivas para residuos de baja y media actividad (RBMA).

4.7 Comprender las soluciones más viables para residuos de alta actividad (RAA) y combustible gastado (CG).

CONTENIDOS:

4.1: TIPOS DE CICLOS DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

- Ciclo abierto.
- Ciclo cerrado.
- Ciclos avanzados.

4.2: PRIMERA PARTE DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

- Criaderos de minerales radiactivos.
- Fabricación de concentrados de uranio y torio.
- Purificación de concentrados.
- Obtención del UF₄ y UF₆.
- Enriquecimiento isotópico.
- Fabricación de UO₂ enriquecido.
- Fabricación de elementos combustibles.

4.3: SEGUNDA PARTE DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

- Características del combustible irradiado.
- Recuperación del uranio y el plutonio del combustible irradiado.

4.4: GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

- Definición de Residuo Radiactivo.
- Clasificaciones según actividad, vida media, tipo de partículas que emiten los residuos etc.
- Generación de residuos radiactivos y combustible gastado en España.
- Plan General de Residuos Radiactivos.
- Almacenamiento definitivo de residuos de media y baja actividad.
- Almacenamiento temporal de residuos de alta actividad procedentes de la central nuclear.
- Gestión final del combustible gastado y residuos de alta actividad.

4.5: CLAUSURA Y DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES RADIATIVAS Y NUCLEARES.

- El caso de Vandellós I.
- Otras instalaciones del ciclo de combustible.

b) BIBLIOGRAFÍA:

BÁSICA:

- *El ciclo del combustible nuclear*, Publicación de la SNE. Madrid, 1997.
- *Descripción del SNGV Westinghouse*, Westinghouse Nuclear Española, Madrid, 1983.
- *BWR/6. General Description of a Boiling Water Reactor*, General Electric, San José (California), 1980.
- *QUERAL C.; KOERTING J. Apuntes de protección radiológica y detección*. ETSI Minas, Madrid 1993.

COMPLEMENTARIA:

- *Quinto plan general de residuos radiactivos*. Ministerio de Industria y Energía. Madrid, 1999.
- TANG, Y.S.; SALING, J.H. *Radiative Waste Management*. Hemisphere Publishing Corp. Nueva York, 1990.
- GLASSTONE, S.; SESONSKE, A., *Nuclear Reactor Engineering*, Chapman & Hall, 4ª Ed., Nueva York, 1994.
- MARSHALL, W. *Nuclear Power Technology*. Oxford Science Publications, Nueva York, 1983.
- KNIEF, R. A. *Nuclear Engineering*. Taylor & Francis, 2ª Ed., Washington, 1992.

c) PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS:

Se realizarán prácticas en grupos reducidos de 6 alumnos en equipos de hasta 3 alumnos. A los alumnos se les entregará un informe de prácticas que deberán completar durante la realización de las mismas y que entregarán al finalizar las prácticas. Se incluirán cuestiones y ejercicios que los alumnos deberán resolver. No será necesario entregar ningún informe posterior.

d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

La nota de la asignatura se compone de tres partes, laboratorio (L), de examen – Teoría (T) y ejercicio (E) – y de ejercicios propuestos de forma aleatoria al final de clase. La nota no podrá ser superior o igual a cinco (aprobado) si la calificación de una de las partes (L, T o E) es inferior a tres (3). La nota podrá ser complementada con trabajos opcionales, que requieren un informe y que serán evaluados, una vez aptos, con 1 punto cada uno. Este complemento sólo se aplica cuando la nota de la evaluación es mayor o igual a cinco.

$$N = \frac{0.5 \times L + T + E}{2.5} + \frac{nea}{nte} + P_{extra}$$

Siendo: N = Nota de la asignatura. L = Nota del laboratorio. T = Examen de teoría. E = Ejercicio práctico. nea = número de ejercicios de clase aptos. nte = número total de ejercicios propuestos. P_{extra} = número de trabajos personales aptos (puntos extra).