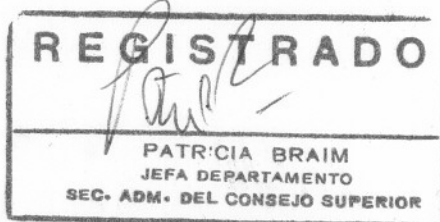


1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

APROBAR EN EL ÁMBITO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

LA MAESTRÍA EN REACTORES NUCLEARES

Embalse (Cba), 9 de octubre de 1998.

VISTO la decisión de jerarquizar la educación de posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional, abarcando los diferentes niveles y aspirando al mayor reconocimiento nacional e internacional, y

CONSIDERANDO:

Que en concordancia con tal decisión el Consejo Superior Universitario aprobó por Ordenanza N° 828 el Reglamento de la Educación de Posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional.

Que es necesario contar con profesionales sólidamente formados en el campo de las tecnologías nucleares y sus aplicaciones, para actuar en las áreas de docencia e investigación y desarrollo.

Que en tal sentido la Universidad Tecnológica Nacional, con la colaboración de profesionales de reconocida trayectoria y prestigio en la disciplina, elaboró el diseño curricular de la Maestría en Reactores Nucleares.

Handwritten mark or signature.

EN EL AÑO DE SU 50 ANIVERSARIO

1948



1998

Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



Que la Comisión de Posgrado de la Universidad avaló el mencionado diseño curricular y la Comisión de Enseñanza recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO DE LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTICULO 1°.- Aprobar la Maestría en Reactores Nucleares como carrera de posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional.

ARTICULO 2°.- Aprobar el diseño curricular de la mencionada carrera, que se agrega como Anexo I y es parte de la presente Ordenanza.

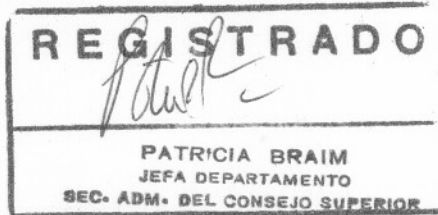
ARTICULO 3°.- Dejar establecido que su implementación en la Universidad, a través de sus Facultades Regionales, debe ser expresamente autorizada por el

Alm

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Consejo Superior Universitario cuando se cumplan las condiciones y los requisitos estipulados en las normativas que rigen la educación de posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

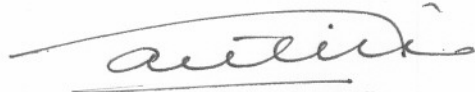
ARTICULO 4°.- Regístrese, comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 872

Alad



Ing. HECTOR CARLOS BROTTTO
RECTOR

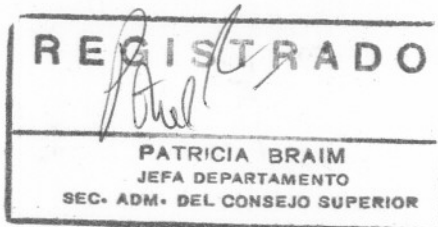


Ing. CARLOS E. FANTINI
SECRETARIO GENERAL A/C

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ANEXO I

ORDENANZA N° 872

MAESTRÍA EN REACTORES NUCLEARES

1- MARCO INSTITUCIONAL.

1.1. Fundamentos. Justificación

El amplio espectro que abarca la tecnología nuclear, la urgencia de implementar proyectos tecnológicos y la necesidad de cumplir con compromisos internacionales determinaron que muchos de los temas nucleares no se consolidaran con una proyección académica.

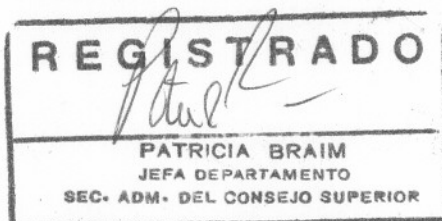
Actualmente, la creciente complejidad de los desarrollos tecnológicos en el campo nuclear y su aplicabilidad en el ámbito de las actividades productivas plantea la necesidad de contar con profesionales altamente calificados.

La Maestría en Reactores Nucleares tiene una íntima relación con diversos temas de ingeniería: electrónica, control, cómputo, cálculo de estructuras, materiales, diseño técnico, química industrial, etc. Todas estas disciplinas corresponden a carreras de grado de la Universidad Tecnológica Nacional. Por ser una rama de la ingeniería no tradicional y poseer un perfil muy técnico y aplicado, estrechamente relacionado con la industria y la producción de energía,

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

su inserción dentro del ámbito de la Universidad Tecnológica Nacional es más que adecuado.

El desarrollo tecnológico nuclear comienza en la década de 1940, alcanzando espectaculares logros en aplicaciones industriales, medicinales, agropecuarias y de producción de energía. Sin embargo, todavía se está lejos de poder manipular nucleones con la facilidad con que se manipulan átomos y moléculas, generando desarrollos de la sutileza del láser o la microelectrónica.

El gran desafío de los años venideros será alcanzar logros similares en la tecnología nuclear y para ello se necesitará poseer una alta capacidad de respuesta en dichos temas. Nuestro país perdió la carrera en muchas ramas de la tecnología. Sin embargo, en el campo de la energía nuclear ha sabido mantener, a lo largo de los años, su presencia internacional.

Este proyecto aspira a convertirse en un puntal para preservar y acrecentar la alta capacitación alcanzada en esta tecnología y pone especial énfasis en la formación de recursos humanos tratando de asegurar que todos los temas relacionados con la tecnología nuclear tengan bases académicas sólidas.

En lo que respecta a su difusión es necesario notar que, en la actual coyuntura, la humanidad toma con mucha desconfianza los beneficios de los desarrollos nucleares. Una de las razones de esta desconfianza es la falta de información y formación adecuada que alcanza incluso los ámbitos científico

1948



1998

REGISTRADO

PATRICIA BRAIM
JEFA DEPARTAMENTO
SEC. ADM. DEL CONSEJO SUPERIOR

Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

tecnológicos. La tecnología nuclear es reciente y no es extraño que así suceda. Muchos de los aspectos básicos que permiten comprenderla han sido incorporados al conocimiento humano hace relativamente pocos años.

La Comisión Nacional de Energía Atómica impulsa en el país el desarrollo tecnológico en el campo nuclear. Sus tareas han abarcado un amplio espectro de actividades y temas. Aplicaciones industriales, agropecuarias y energéticas se han combinado con tareas de producción, comercialización y docencia. Desde sus comienzos la formación de recursos humanos fue un pilar importante en la implementación del desarrollo tecnológico nuclear.

Este proyecto es promovido y avalado por el Instituto de Enseñanza Superior del Centro Atómico Ezeiza. Este Centro Atómico se caracteriza por estar íntimamente ligado a la tecnología nuclear en lo que hace a las aplicaciones industriales, agropecuarias, medicinales y de medio ambiente. Para ello cuenta con equipos de alta tecnología nuclear y un numeroso conjunto de profesionales.

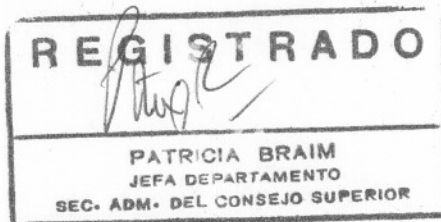
Por su importancia económica y sus aplicaciones a la industria y la medicina, los reactores nucleares representan una actividad fundamental en la cual es necesario formar recursos humanos de recambio y fortalecer sus conocimientos en el área.

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

1.2. Antecedentes

La generación nucleoelectrónica comienza en marzo de 1974 con la puesta en marcha de la Central Nuclear Atucha I y continúa en mayo de 1983 con la Central Nuclear Embalse. Las centrales en operación producen entre el 12% y el 17 % de la energía eléctrica. Trabajan en ellas SETECIENTOS (700) ingenieros y técnicos nucleares. En CNEA operan el RA1, RA3 y RA6 en trabajos relacionados con la producción de radioisótopos y tareas de experimentación y docencia en las Universidades Nacionales de Rosario y de Córdoba.

Desde los años ochenta ha habido un crecimiento importante de las actividades vinculadas con reactores nucleares. Tal los casos del diseño del reactor vendido a Perú, el proyecto RA-6, del diseño del RAE (Argelia), del proyecto CAREM y de la asistencia técnica a las centrales nucleares de Atucha I y Embalse con especial participación del Departamento de Reactores y otros profesionales de CNEA.

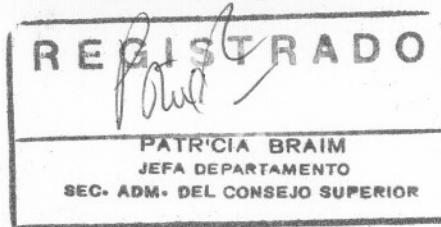
Resulta importante señalar que la Maestría en Reactores Nucleares reconoce como antecedente el Curso de Reactores Nucleares dictado bajo la dirección de la Doctora Clara Mattei. Dicho curso, de carácter intensivo y considerado indispensable en su momento para ingresar a las Centrales Nucleares de Atucha I y Embalse, tenía una duración de 1200 horas.

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Actualmente existe una actividad importante vinculada a reactores de investigación y de potencia desarrollada por la CNEA, la NASA -Nucleoeléctrica Argentina Sociedad Anónima- y la ARN -Autoridad Regulatoria Nuclear- con un gran número de profesionales y técnicos involucrados en ellas.

La Maestría en Reactores Nucleares viene a cubrir una importante necesidad dentro del ambiente nuclear y da una respuesta a la demanda de recursos humanos altamente capacitados planteada tanto por la Comisión Nacional de Energía Atómica como por las empresas vinculadas al quehacer nuclear, NAS, INVAP, Nuclear Mendoza, ENACE, CONUAR.

Estas empresas, para poder satisfacer los requerimientos internacionales en el tema, necesitan un permanente flujo de profesionales sólidamente formados en el tema de Reactores Nucleares que les permita realizar eficientemente una mejora continua de las etapas de diseño y de operación y mantenimiento de las instalaciones, enmarcada en la normativa de la Protección Radiológica y Seguridad Nuclear.

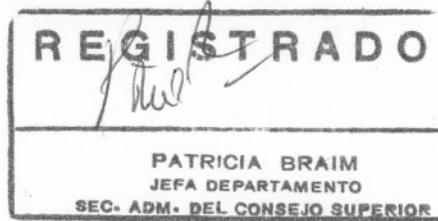
Este proyecto dará al personal que trabaja en relación con reactores nucleares la posibilidad de perfeccionarse y adquirir una formación de nivel de posgrado en el campo específico.

Alent

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

1.3 Objetivos.

Los propósitos de la Maestría en Reactores Nucleares son:

- . Contribuir al fortalecimiento y consolidación de una masa crítica de recursos humanos altamente capacitados en temas nucleares y conexos.
- . Desarrollar programas interdisciplinarios en temas de investigación básica, aplicada y desarrollos tecnológicos que apunten al tema central.
- . Crear un espacio académico interinstitucional que permita integrar el personal académico, científico y técnico, y la capacidad experimental existente, de modo de potenciar los esfuerzos puestos en el desarrollo de los temas nucleares y disciplinas relacionadas.

1.4. Perfil del Graduado.

El Magister en Reactores Nucleares será un profesional con capacidad de:

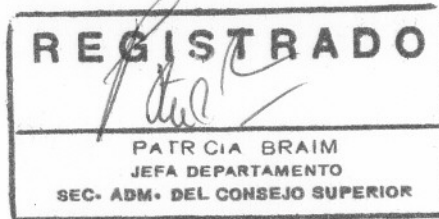
- . Realizar, en forma independiente, investigación y desarrollo científico tecnológico en diversas áreas relacionadas con la tecnología de reactores nucleares.
- . Manejo de los conocimientos acerca del alcance y las aplicaciones de las tecnologías utilizadas en el diseño, operación y mantenimiento de reactores nucleares de investigación y producción.

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

- . Integrar equipos de trabajo necesarios, tanto para la CNEA como para otras empresas nacionales e internacionales relacionadas con el tema.
- . Continuar con el alto desarrollo tecnológico conseguido en el tema por la CNEA.
- . Comprender los estudios de la física nuclear y su aplicación en todo el ciclo del combustible nuclear
- . Desarrollar y aplicar los conceptos de la termohidráulica asociados con los procesos involucrados en los reactores nucleares.
- . Desarrollar nuevas tecnologías aplicadas al diseño, operación y mantenimiento de reactores nucleares de investigación y producción.
- . Desarrollar los sistemas de instrumentación, medición, tareas metrológicas y de control utilizados en los reactores nucleares.
- . Desarrollar aplicaciones en el campo del ciclo del combustible nuclear y de materiales nucleares.
- . Desarrollar los mecanismos que hacen a la protección radiológica y seguridad nuclear.

1.5. Normas de Funcionamiento.

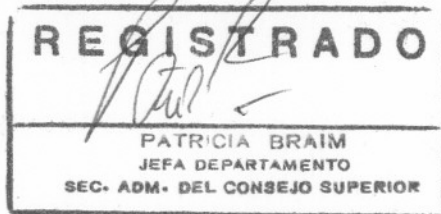
Condiciones de Admisión.

Alf

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Podrán ser admitidos en la Maestría en Reactores Nucleares aquellos profesionales que posean título superior de grado de ingeniero, otorgado por Universidad reconocida.

Aquellos otros profesionales interesados, aún cuando no cumplan con el requisito antes mencionado, podrán postularse como aspirantes; para ello será necesario considerar la compatibilidad de los antecedentes académicos y profesionales con los contenidos de la carrera.

Las condiciones de admisión se ajustarán al Reglamento de la Educación de Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

Promoción

La promoción la obtienen los cursantes que, habiendo asistido con regularidad a las clases (mínimo de 80% de asistencia) y cumplido con los trabajos y/o prácticos determinados por los equipos docentes, aprueben la evaluación prevista al término de cada módulo y seminario.

Condiciones de Graduación.

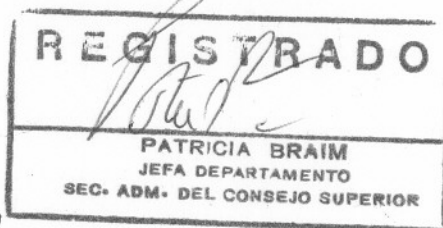
Las establecidas en el Reglamento de la Educación de Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

1948



1998

Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



Modalidad.

La carrera se denomina "Maestría en Reactores Nucleares" y el título académico que otorga es el de "Magister en Reactores Nucleares".

Aquel cursante que habiendo aprobado todos los módulos y seminarios correspondientes al nivel de especialización y opte por no presentar su Tesis en los plazos previstos, podrá solicitar que se le otorgue el título de "Especialista en Reactores Nucleares".

Duración.

Se estima una duración de la maestría no menor a DOS (2) años para los cursos correspondientes a la especialización, siendo su límite superior de CUATRO (4) años para la presentación y defensa de la tesis.

Metodología y Evaluación.

La formación estará centrada en la articulación entre los conocimientos propios del campo de estudio, la experiencia profesional previa y la transferencia de los saberes adquiridos a la generación y manejo de tecnologías y a la investigación. La propuesta de enseñanza-aprendizaje se estructura en torno a:

Prof.

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

- Desarrollo de los aspectos centrales de cada tema mediante exposición, diálogo y uso de variadas técnicas que promuevan la apropiación del conocimiento.
- Trabajos por proyectos, análisis de casos y resolución de situaciones problemáticas.
- Visitas y trabajos de campo.
- Talleres y seminarios complementarios y optativos.

La evaluación de los procesos y de los resultados de enseñanza-aprendizaje será continua y dinámica. Se prevén instancias sistemáticas de evaluación al término de cada módulo y seminario y de evaluación de integración final al término del nivel de especialización.

Para la calificación numérica se utilizará una escala de UNO (1) a DIEZ (10) y la aprobación será con un mínimo de CUATRO (4).

Financiamiento.

La Maestría en Reactores Nucleares deberá autofinanciarse y se desarrollará en la Universidad Tecnológica Nacional a través de las Facultades Regionales, las que deberán hacerse responsables de la inscripción, recepción y evaluación de solicitudes de admisión, cobro de

Handwritten signature or initials.

1948



1998

Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



aranceles y fijación de los montos de los mismos, así como de brindar apoyo técnico y administrativo para su dictado.

2- ESTRUCTURA CURRICULAR

2.1. Organización curricular

El currículo de la Maestría en Reactores Nucleares está orientado a proporcionar una base académica sólida que permita la formación de profesionales para la investigación y desarrollo y la docencia en el área. La carrera de posgrado incluye los niveles de especialización y de maestría.

La formación para el nivel de especialización está organizada en torno a CINCO (5) Cursos de Actualización y el nivel de Maestría prevé la realización de seminarios para la formulación y desarrollo de las tesis. En el cuadro siguiente se presenta, en forma sintética, la estructura curricular.

Alcalá

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
 Universidad Tecnológica Nacional
 Rectorado

NIVELES -CURSOS	CARGA HORARIA
ESPECIALIZACIÓN	600
<ul style="list-style-type: none"> • Curso I: Física de Reactores Nucleares 	150
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 1: Estática y Blindajes 	40
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 2: Códigos de Cálculo 	60
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 3: Cinética de Reactores 	50
<ul style="list-style-type: none"> • Curso II: Termohidráulica de Reactores Nucleares 	90
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 4: Procesos Convencionales de Transferencia de Calor y Mecánica de Fluidos 	20
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 5: Mecánica de Fluidos en Simple Fase 	20
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 6: Procesos de Transferencia de Calor y Mecánica de Fluidos en Doble Fase 	20
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 7: Aplicación a Reactores y Centrales Nucleares 	30
<ul style="list-style-type: none"> • Curso III: Instrumentación y Control de Reactores Nucleares 	100
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 8: Criterios de Diseño e Instrumentación Nuclear 	25
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 9: Detectores de Neutrones y Monitoreo de Radiaciones 	30
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 10: Instrumentación Convencional 	25
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 11: Control de Reactores 	20
<ul style="list-style-type: none"> • Curso IV: Ciclo de Combustibles de Reactores Nucleares 	130
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 12: Ciclo del Combustible 	60
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 13: Materiales Nucleares y su Comportamiento Bajo Irradiación. 	50
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 14: Caracterización de Materias Primas y Componentes. 	20
<ul style="list-style-type: none"> • Curso V: Seguridad Radiológica y Nuclear 	130
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 15: Protección Radiológica 	70
<ul style="list-style-type: none"> Módulo 16: Seguridad Nuclear 	60

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

<p>SEMINARIOS DE TESIS</p> <p>Se organizarán seminarios que profundicen en temáticas relativas tanto al campo específico de estudio como a la formación en epistemología y metodología de la investigación.</p> <p>Los aspirantes a Magister, con la orientación de su Director de Tesis, optarán por profundizar en aquellas temáticas teóricas y metodológicas más pertinentes con los objetivos formulados en su proyecto de Tesis. El mínimo de horas de formación a cumplimentar a través del cursado de Seminarios es de 120.</p>	<p>120 (mínimo)</p>
<p>Total Nivel de Maestría</p>	<p>720</p>

Alud

2.2. Formación Especializada

▪ **Curso I: Física de Reactores Nucleares**

El propósito general es acceder los fundamentos de la radiación y la fisión nuclear, a partir de los modelos de estructura nuclear e introducir el análisis de reactores mediante el uso de códigos específicos, el estudio de blindajes y el transporte de neutrones.

MÓDULO 1: ESTÁTICA Y BLINDAJES

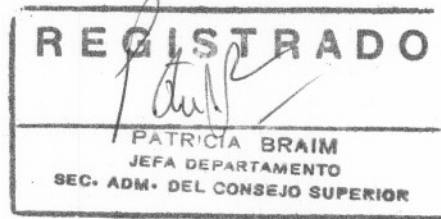
Objetivos:

Introducir a los participantes en los conocimientos básicos de física nuclear para capacitarlos en la comprensión de las reacciones nucleares y decaimientos radioactivos propios de un reactor nuclear y en el estudio de los

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

procesos específicos del funcionamiento de un reactor.

Contenidos Mínimos:

- Física nuclear. Reacciones nucleares. Fisión. Productos de fisión. Decaimiento radiactivo. Secciones Eficaces. Interacción de neutrones con la materia.
- Transporte de neutrones. Aproximaciones. Difusión. Multigrupos. Factor de multiplicación. Criticidad. Reactores homogéneos. Reactores heterogéneos.
- Tipos de reactores y centrales nucleares. Reactores experimentales y de potencia. Reactores tipo piscina. Reactores PWR, BWR, PHWR.
- Códigos de cálculo. Bibliotecas de secciones eficaces.
- Quemado de combustible. Gestión interna de combustible. Diferencias entre tipos de reactores. Envenenamiento por xenón. Coeficientes de reactividad.
- Blindajes. Efectos biológicos de la radiación. Elementos de protección radiológica. Diseño de blindajes. Métodos de cálculo. Códigos de cálculo.

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

MÓDULO 2: CÓDIGOS DE CÁLCULO

Objetivos:

El módulo aborda el uso de los principales códigos relacionados con el cálculo de flujo neutrónico, dosis radioactiva, normas y evaluación de inventario radioactivo.

Contenidos Mínimos:

- Sistema MTR-PC. Breve descripción de utilitarios: Manejador de archivos, Editor y Planilla de Cálculo. Uso de los mismos en ejercicios.
- Problema de neutrónica: núcleo del RA3. Discusión de la entrada de datos para WIMS. Análisis paramétrico.
- Uso de WIMS y HXS para generar una biblioteca de secciones eficaces para el RA3.
- Uso de CITVAP para calcular el núcleo del RA3. Obtención de perfiles de flujo y verificación de las condiciones de operabilidad. Márgenes de reactividad. Normativa argentina.
- Uso de ANISN para la estimación de la dosis axial y radial en un reactor tipo RA3.

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

- Uso de MERCURE. Estimación de la dosis en la Planta Piloto de Producción de Fuentes Selladas de Co60.
- Uso de ORIGEN. Evaluación del inventario radioactivo del RA3.

MÓDULO 3: CINÉTICA DE REACTORES

Objetivos:

El módulo está centrado en el estudio detallado de la reactividad, del control del reactor, de la detección de la reactividad, de la evolución de la potencia incluyendo transitorios y del manejo de códigos de cálculo relacionados.

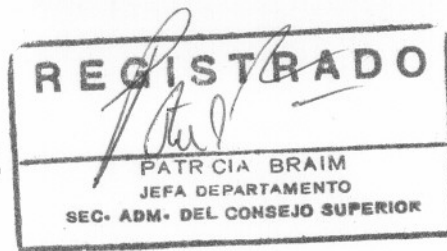
Contenidos Mínimos:

- Cinética. Neutrones instantáneos y retardados. Cinética puntual. Evolución de la densidad neutrónica instantánea y retardada.
- Control del reactor. Evolución de la población neutrónica en un reactor con fuente externa. Aproximación a crítico.
- Métodos experimentales de cinética inversa para la estimación de reactividad. Efectividad de las barras de control. Evaluación por el método de reactor puntual. Exceso de reactividad del núcleo. Métodos

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

de "rod-drop" basados en el modelo de reactor puntual y en la cinética espacial. Reactividad de extinción

- Ruido neutrónico. Densidades espectrales de potencia normalizadas (NPSD). Ajuste de los valores experimentales. Cadena de detección. Eficiencia absoluta de las cámaras de ionización. Constante de evolución del modo fundamental de los neutrones instantáneos y potencia del reactor.
- Transitorios de reactividad. Análisis con el código PARET.

• **Curso II: Termohidráulica de Reactores Nucleares**

El propósito general del Curso se orienta a la comprensión de los procesos de circulación de fluidos, conducción, convección de calor, ebullición, bajo campo de radiación con aplicación al diseño y al análisis de reactores refrigerados con agua.

MÓDULO 4: PROCESOS CONVENCIONALES DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y MECÁNICA DE FLUIDOS

Objetivos:

El módulo plantea una introducción a la termohidráulica, el uso de códigos de cálculo y el estudio de la transferencia de calor en un reactor: convección, conducción y radiación.