

## DIPLOMATURA EN MATERIALES PARA LA INDUSTRIA NUCLEAR

Zorrilla, J.<sup>1</sup> y Monti, A.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina

Instituto Sabato, Universidad Nacional de San Martín- Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina

### RESUMEN

La concreción de las actividades propias de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), y de la industria nuclear en general, requiere la contribución de personal técnico capacitado para cumplir invalorable funciones en calidad de asistentes en laboratorios e instalaciones diversas. Este personal cuenta con formación secundaria completa la cual puede tener una orientación técnica. Sin embargo, los conocimientos técnicos propios de instituciones del área nuclear, en particular los vinculados al campo de los materiales, no pueden ser brindados por el sistema educativo de nivel medio con la profundidad requerida debido a la especificidad de los mismos. Por dicha razón, desde 2015 el Instituto Sabato ofrece anualmente la *Diplomatura en Materiales para la Industria Nuclear*. El objetivo de esta capacitación es brindar los elementos necesarios para comprender la interrelación estructura-propiedades-procesos en materiales de interés nuclear, y conocer la potencialidad de diversas técnicas experimentales de uso indispensable en un laboratorio dedicado a los mismos. Se comentarán las características de la Diplomatura, su organización, contenidos, y en particular los beneficios de su dictado.

### 1. INTRODUCCIÓN

Un análisis del grado de formación de parte del personal ingresado a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en los últimos años para cumplir actividades en instalaciones del Centro Atómico Constituyentes (CAC) y Centro Atómico Ezeiza (CAE) muestra que:

- Muchos grupos de trabajo han incorporado personal técnico o afines para distintas tareas en laboratorios y grupos de investigación.
- El personal técnico ha recibido capacitación para llevar a cabo tareas específicas del área o sector donde desempeña sus actividades, pero no en las generalidades de la industria nuclear.
- En gran parte de las actividades llevadas a cabo en dependencias de CNEA el conocimiento referido a materiales es sumamente necesario, dado que se requieren materiales, procesos, mecanismos de degradación, etc. propios del ámbito nuclear y muy difíciles de conocer desde la industria convencional.
- La CNEA y en particular el Instituto de Tecnología Prof. Jorge A. Sabato (ITS) cuentan con una larga trayectoria en formación y capacitación de recursos humanos, habiendo existido en décadas anteriores un “cursillo para técnicos de la CNEA”. Éste consistía en un curso sistemático y común a los técnicos ingresantes a CNEA, que formaba a los mismos en las tareas requeridas por diversas áreas de la institución.

Basados en estas observaciones, el ITS convocó a un grupo de profesionales y docentes de sus carreras de grado y posgrado en el campo de los materiales para elaborar un curso sistemático que pudiera cubrir, al menos parcialmente, las necesidades formativas.

## 2. DESARROLLO DE LA DIPLOMATURA EN MATERIALES PARA LA INDUSTRIA NUCLEAR

### 2.1. Marco Académico

El Consejo Superior de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), a través de la Actuación CS 71/11 y ante la necesidad de unificar terminología, carga horaria, requisitos de ingreso y formatos curriculares, definió distintos tipos de “Cursos de formación académica”. Ello permitió encuadrar el curso de capacitación en cuestión bajo la modalidad de “Diplomatura”, la cual se caracteriza por:

- Requisito del ingresante: título secundario
- Carga horaria mínima 60 horas
- Carga horaria máxima 120 horas
- Elaboración y aprobación de contenidos y emisión de certificados dentro del ámbito del ITS.

De esta forma, la *Diplomatura en Materiales para la Industria Nuclear* fue creada por Disposición Decanal Nro11/15 contando con recomendación favorable del Consejo Académico del ITS. Así se pudo dar un marco académico al curso, haciendo posible la emisión del correspondiente certificado de estudio a quienes completasen el mismo. A la vez se contó con el dinamismo y la flexibilidad que reviste una actividad enmarcada completamente en la unidad académica ITS.

### 2.2. Contenido curricular.

En la siguiente tabla (tabla 1) pueden apreciarse los módulos que componen la Diplomatura:

	Contenidos mínimos
Introducción a los Reactores Nucleares y su Ciclo de Combustibles (20hs)	Modelo del átomo. Física nuclear. Reactores nucleares. Tipos de reactores. Principales hitos de la industria nuclear nacional. Tipos de combustibles nucleares. Métodos de obtención de uranio enriquecido. Ciclo de combustible abierto y cerrado. Reprocesamiento de combustibles nucleares. Nociones de radioprotección, concepto de dosis, unidades utilizadas.
Introducción a la Ciencia de Materiales (24 hs)	Enlaces atómicos. Tipos de materiales: metales y aleaciones, cerámicos, polímeros, materiales

	compuestos. Cristalografía, apilamientos. Defectos puntuales. Difusión. Diagramas de equilibrio. Transformaciones de fases. Solidificación. Deformación elástica y plástica. Dislocaciones.
Taller de tecnología (24 hs)	Metrología. Mediciones térmicas, mecánicas, eléctricas. Vacío. Instrumentación electrónica. Sistemas de adquisición de datos.
Relación microestructura-propiedades (12 hs)	Microconstituyentes en materiales metálicos. Mecanismos de endurecimiento. Tratamientos térmicos en aleaciones metálicas. Propiedades de los principales materiales metálicos empleados en la industria nuclear y su relación con la microestructura.
Caracterización de materiales (15 hs)	Microscopía óptica, preparación de superficies metalográficas. Identificación de fases y constituyentes metalográficos mediante metalografía y el diagrama de fases. Ensayos mecánicos. Ensayos no destructivos.
Procesos de fabricación de materiales (15 hs)	Procesos de conformado, procesos de deformación, procesos de recubrimiento, procesos de mecanizado, procesos de unión.
Degradación de materiales (15 hs)	Introducción a los principales modos de falla de los materiales. Clasificación de los procesos de corrosión. Ensayos de corrosión. Prevención de la corrosión. Daño por irradiación. Problemas de corrosión en la industria nuclear. Daño por radiación en polímeros
Materiales en instalaciones nucleares (5 hs)	Materiales metálicos ferrosos y no ferrosos: aleaciones base Al, Zr, Ti. Materiales cerámicos: compuestos de U: tecnologías de fabricación Materiales poliméricos: propiedades reológicas y mecánicas. Plásticos, polímeros para altas temperaturas, resinas.

**Tabla 1: carga horaria y contenidos mínimos de los módulos de la Diplomatura**

### 2.3. Calendario.

La Diplomatura se desarrolla desde abril a octubre en las instalaciones del ITS en el CAC, a razón de entre 3 y 6 horas semanales distribuidas en hasta dos encuentros, en horario laboral, con un total de 120 horas presenciales y obligatorias dedicadas a clases teóricas y prácticas de laboratorio. Si bien sería posible cubrir el curso en un tiempo calendario más acotado, la modalidad no intensiva de la cursada permite una mejor armonización de la misma con las distintas tareas y responsabilidades laborales de los estudiantes.

## 2.4. Proceso de inscripción.

El proceso de inscripción se realiza en el mes de febrero a fin de evaluar el ingreso o no de un postulante basado en las vacantes disponibles. La planilla de inscripción, donde constan los datos del postulante, debe ir acompañada de una autorización a cursar firmada por el responsable directo del mismo.

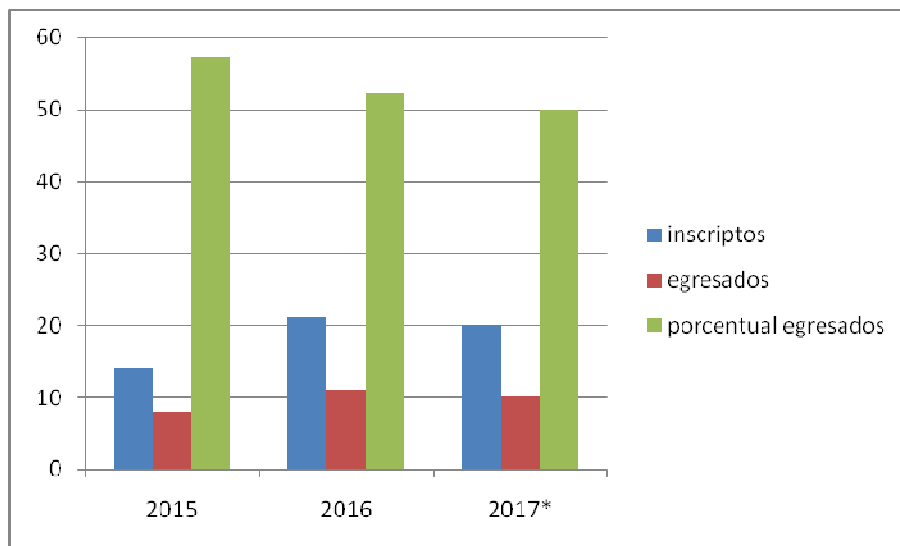
## 2.5. Requisitos para obtención de diploma

Para la obtención del diploma se deben cursar y aprobar todos los módulos, pudiendo completar la cursada en más de un año. Se realiza una evaluación parcial al finalizar cada módulo. Se requiere 80% de asistencia en cada módulo para tener derecho a la evaluación correspondiente.

# 3. EXPERIENCIA EN LA IMPLEMENTACION

## 3.1. Inscriptos y egresados.

En la siguiente figura (figura 1) pueden observarse la cantidad de inscriptos, egresados y el porcentaje de egresados por inscriptos de cada año, que ha sido prácticamente el mismo hasta el presente.



**Figura 1 inscriptos, egresados y el porcentaje de egresados**

\*la cantidad de egresados 2017 corresponde a los alumnos que actualmente se encuentran en capacidad de egresar

## 3.2. Testimonios de alumnos y egresados

Tanto al momento de egresar como durante la cursada los alumnos fueron consultados sobre su grado de satisfacción con los contenidos de la Diplomatura y su organización. Los aspectos positivos de la Diplomatura fueron:

- Los contenidos de la Diplomatura permitieron integrar conocimientos previos adquiridos en CNEA en el marco de las actividades propias de la industria nuclear.
- Se acercó a los alumnos a la comprensión de la interrelación estructura-propiedades-procesos en materiales de interés nuclear, y a la comprensión de la potencialidad de diversas técnicas experimentales de caracterización, análisis de falla, etc. de uso habitual en laboratorios dedicados a actividades propias de la industria nuclear.
- Se brindó una base sólida de conocimiento y a la vez se dieron pautas para la autoformación de los alumnos a través de bibliografía recomendada en cada área de conocimiento abarcada.
- Permitió el contacto de alumnos con docentes de CNEA, que son profesionales y técnicos expertos en distintas áreas del conocimiento, estableciendo así un camino para futuras consultas y colaboraciones en el ámbito laboral.

#### **4. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESAFIOS**

En términos generales, la *Diplomatura en Materiales para la Industria Nuclear* ha satisfecho la demanda de formación del personal técnico de la CNEA que desarrolla sus actividades en aspectos vinculados a los materiales, brindando conocimientos que permiten una mejor comprensión de las situaciones que deben abordar. Hasta el presente se ha registrado una demanda sostenida de postulantes a realizar la cursada.

Tomando como base la experiencia de estos 3 primeros años, se ha considerado la posibilidad de ofrecer esta capacitación a distintos actores de la industria nuclear, específicamente a los vinculados a la producción de energía así como a los vinculados a los aspectos regulatorios, ya que profundizar en el conocimiento de las propiedades de los materiales involucrados contribuye a comprender los procesos que sufren, por ejemplo, diferentes componentes de instalaciones nucleares en servicio.

#### **5. AGRADECIMIENTOS**

Los autores del presente trabajo quieren agradecer a quienes hicieron y hacen posible la realización de la *Diplomatura en Materiales para la Industria Nuclear*, con especial mención de los docentes de la misma sin los cuales la misma no sería posible: Esp. Ing. Martin

Marchena, Ing. Horacio Dhers, Dr. Manuel Iribarren, Esp. Ing. Pablo Crubellier, Ing. Andrés Pastor, Dr. Sergio Aricó, Dra. Patricia Bozzano, Dr. Eduardo Vicente, Dr. Mariano Kappes, Ing. Juan Ranalli