

¿POR QUÉ MATERIALES EN EL INSTITUTO SABATO?

Carranza, R.M., Monti¹, A.M. y Roberti, L.A.

Comisión Nacional de Energía Atómica Argentina
Instituto Sabato (UNSAM-CNEA)
Centro Atómico Constituyentes, Avenida General Paz 1499, B1650KNA, San Martín, Argentina.

La Comisión Nacional de Energía Atómica Argentina (CNEA) fue creada el 31 de mayo de 1950 para promover el desarrollo de ciencia y tecnologías en materia nuclear, comprendida la realización de programas de desarrollo y la promoción de emprendimientos de innovación tecnológica. La multiplicidad de funciones de CNEA requirió, desde su creación, la formación de profesionales y técnicos especializados en áreas no cubiertas por el sistema universitario argentino. Dicha formación, adecuadamente planificada, dio origen a los Cursos de Metalurgia organizados desde 1955 por la joven División Metalurgia. Los objetivos de la misma fueron diseñar y fabricar los elementos combustibles para el reactor RA-1 (primer reactor nuclear latinoamericano, actualmente operativo) e instituir la Metalurgia como disciplina académica específica en el país. La formación de profesionales metalurgistas fue iniciada mediante cursos de posgrado los cuales, a partir de 1962, se abrieron a la comunidad internacional como *Cursos Panamericanos de Metalurgia* organizados con el apoyo de OEA, y otras organizaciones nacionales e internacionales. Con estos antecedentes nace el *Instituto de Tecnología Profesor Jorge Alberto Sabato* (ITS) en noviembre de 1993, mediante convenio entre CNEA y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). El ITS, dedicado a la Ciencia y la Tecnología tanto en el grado como en el posgrado, lleva el nombre del primer director de la División Metalurgia y funciona en el Centro Atómico Constituyentes (CAC). El ITS contribuye con la industria nuclear nacional capacitando en los diferentes tipos de materiales requeridos en instalaciones nucleares, con énfasis en la metalurgia de los combustibles, sin descuidar (entre otros) los conocimientos requeridos por la industria electromecánica-metalúrgica a fin de resolver problemas relacionados con aceros, soldadura, forja, fisuras, etc. En esta presentación se comentarán modalidades de las carreras de grado y posgrado que ofrece el ITS en el área Materiales.²

1. ANTECEDENTES

El nombre de Jorge A. Sabato está indisolublemente ligado a la metalurgia y, por extensión, a los materiales. Su pionero accionar ha quedado reconocido de muchas maneras en el país y en el extranjero. En el país su nombre está presente en la Casa de Gobierno, en el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, y en la Asociación Argentina de Materiales a través de sendos premios que estimulan el desarrollo y la innovación tecnológica, en escuelas, en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), específicamente en el Instituto de Tecnología Prof. Jorge A. Sabato, esto es, el Instituto Sabato, perteneciente a CNEA y a la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).

¿Por qué Sabato y Metalurgia? Muy brevemente describimos los siguientes hitos que permiten comprender dicha relación.

En diciembre de 1954 Jorge A. Sabato es nombrado asesor de la recientemente creada CNEA (31 de mayo de 1950) en el área de la metalurgia. Dicho por Sabato, sus objetivos eran desarrollar los elementos combustibles del primer reactor experimental que tendría Argentina (y Latinoamérica) el RA-1, y brindarle a la metalurgia el carácter de disciplina científica [1], para lo cual habría de iniciar un largo y fructífero camino académico.

¹ monti@cnea.gov.ar

Para ello, el 1 de julio de 1955 en las instalaciones de CNEA comienza la formación de recursos humanos en Metalurgia, contando con docentes locales (incluido el propio Sabato) y las visitas de especialistas extranjeros. Los alumnos son graduados universitarios en diferentes ramas de la ingeniería. Se incorporan también licenciados en química.

¿Dónde hacer las investigaciones? Con el propósito de ampliar los dos escasos laboratorios y el taller con que contaba Metalurgia en la Sede Central de CNEA, y con el apoyo invaluable de Jorge Kittl, se construyen nuevos laboratorios en lo que es actualmente el Centro Atómico Constituyentes (CAC), los que son inaugurados por el Presidente de la Nación en julio de 1960. Los laboratorios se equipan conforme a la idea de Sabato, tener un laboratorio lo más versátil posible a fin de abocarse a un amplio espectro de problemas metalúrgicos sin restringirse a lo exclusivamente nuclear. Según sus palabras: “el Departamento de Metalurgia debe hacer Metalurgia al más alto nivel ...ayudar al país a adquirir capacidad autónoma en materia nuclear...cooperar estrechamente con la industria electro-mecánica-metalúrgica argentina para hacer posible su máxima participación en el desarrollo nuclear nacional”[1].

¿Dónde discutir los problemas metalúrgicos? Para incentivar la discusión de los mismos, el 20 de diciembre de 1955 Sabato convoca a una reunión en la Facultad de Ciencias Exactas, Física y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, en la que un conjunto de 65 profesionales crea la Sociedad Argentina de Metales (SAM) refundada en 1993 como Asociación Argentina de Materiales. Desde entonces y con regularidad en las últimas décadas, la SAM organiza su congreso anual en conjunto con la Sociedad Chilena de Metalurgia y Materiales (SOCHIM), asimismo organiza desde 2007 los Encuentros de jóvenes investigadores en Ciencia y Tecnología de Materiales (JIM) que tienen lugar los años impares y se realizan en diferentes puntos del país, y edita su propia revista.

¿Cómo contribuir con la industria nacional? En 1961 Sabato crea el Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI), abriendo el laboratorio de Metalurgia a la industria nacional, cuyos objetivos fueron [1]: actuar como consultor científico tecnológico de la industria metalúrgica en problemas relacionados con los procesos y fabricación de metales y aleaciones, desarrollar métodos de control de calidad incluyendo ensayos no destructivos, facilitar el acceso de la industria a una mejor información científica y técnica y actuar como centro de entrenamiento para técnicos y profesionales en el área de la Ingeniería Metalúrgica.

¿Primeros resultados? Basado en estos conceptos y empuje el sector Metalurgia proporciona los elementos combustibles para el RA-1 que alcanza el estado crítico el 17 de enero de 1958, y continúa con la formación de recursos humanos, los dos objetivos primarios de Sabato en CNEA.

Centrándonos en este último objetivo, al curso de 1955, le siguen otros en 1959 y 1960, de 9 meses de duración cada uno. En 1960 comienzan a realizarse sistemáticamente tesis de doctorado en el Departamento de Metalurgia. En 1962, con el apoyo de varias instituciones tales como la Organización de Estados Americanos (OEA), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) entre otros, se organiza el *Primer Curso Panamericano de Metalurgia Nuclear* con la participación de 13 alumnos de Latinoamérica. Hubo un total de 10 cursos similares, el último de los cuales tuvo lugar en 1974. De un total de 190 alumnos de estos cursos, un poco más del 40 % fueron argentinos y el resto provino de Colombia, México, Brasil, Chile, Perú, Bolivia, Ecuador, Venezuela, Estados Unidos, Nicaragua, Honduras, España, El Salvador, República Dominicana, Costa Rica, Guatemala.

Una vez finalizados estos 10 cursos, los requerimientos del Plan Nuclear del país demandaron la capacitación de más profesionales, algunos de los cuales luego integrarían el plantel de la casa. Es así que se dictaron 5 *Cursos de Entrenamiento Avanzado en Metalurgia* (1976-1980) y 13 *Cursos de Metalurgia y Tecnología de Materiales* (1981-1993). Para el dictado de estos cursos se contó con docentes locales y una significativa concurrencia de alumnos de la región. Desde 1962 a 1993 egresaron más de 530 profesionales y se realizaron más de 100 tesis de doctorado en la temática.

Con estos antecedentes, el 16 de noviembre de 1993 se firmó el convenio entre la CNEA y la muy joven UNSAM para crear el *Instituto de Tecnología* que, por explícito deseo de ambas partes, lleva el nombre del *Profesor Jorge A. Sabato*.

2. ACTUALIDAD: CARRERAS DEL INSTITUTO SABATO EN EL CAMPO DE LOS MATERIALES

El *Instituto Sabato (ITS)*, organizado sobre la base de los conocimientos, laboratorios y la biblioteca del CAC, cuenta actualmente con 1 carrera de grado, 5 carreras de posgrado, una Diplomatura y varios cursos de extensión universitaria.

Por orden cronológico ellas son: la *Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales*, creada en 1993, que cuenta actualmente con 182 egresados; la *Ingeniería en Materiales*, creada en 1996, que tiene 163 egresados; el *Doctorado en Ciencia y Tecnología, mención Materiales*, creado en 1997, que tiene 68 egresados; el *Doctorado en Ciencia y Tecnología, mención Física*, creado en 1999, que cuenta con 38 egresados; la *Especialización en Ensayos No Destructivos*, creada en 2003, que cuenta con 46 egresados, el *Doctorado en Astrofísica* (que se desarrolla en el ITEDA, *Instituto en Tecnologías de Detección y Astropartículas*), creado en 2015, que no cuenta aún con egresados. A lo anterior se suma la *Diplomatura en Materiales para la Industria Nuclear*, creada en 2015, que cuenta con 20 egresados. Anualmente, un promedio de 300 personas reciben capacitaciones cortas en diversas temáticas, entre las que se cuentan los *Cursos de Nivel I y II* que se dictan en conjunto con la *Asociación Argentina de Ensayos No Destructivos y Estructurales* en el marco de la *Cátedra Juan Nicolás Báez*.

Siguiendo el pensamiento de su inspirador, el *ITS* complementa la rigurosidad científica con un enfoque tecnológico y transfiere a la comunidad parte de los conocimientos de CNEA y sus investigadores. Está orientado principalmente a temas de interés prioritario de CNEA, pero con aplicación inmediata a otros sectores afines dedicados a la investigación, desarrollo y producción. El cuerpo docente está formado mayormente por investigadores de CNEA. La calidad de la enseñanza se logra a través de una alta relación docente/alumno y la permanente actualización de los contenidos de estudio y de los temas de investigación. A esto se suman un equipamiento adecuado y la infraestructura, constituidos mayormente por los laboratorios del CAC, y la posibilidad de un acceso permanente y directo a toda la red de bibliotecas de CNEA.

2.1 Ingeniería en Materiales.

Sustentada por la física y la química estudia las relaciones entre las estructuras microscópicas, los procesos, y las propiedades de los materiales, a fin de poder predecir el comportamiento, evaluarlo en condiciones de servicio, o diseñar nuevos materiales apropiados a las exigencias de un proceso o producto final. Los egresados de esta carrera

pueden trabajar en la obtención, caracterización, y comportamiento de los materiales usados para fabricar diversidad de productos, y su área de inserción es muy amplia, puesto que los materiales no constituyen por sí mismos un sector industrial definido.

Para ingresar a la carrera se requieren los conocimientos básicos en matemáticas, física y química que se imparten en los dos primeros años de cualquier carrera de ingeniería o de ciencias afines que se dictan en el país. A fin de garantizar la igualdad de oportunidades y la dedicación exclusiva al estudio se otorgan becas. Éstas permiten que alumnos que no residen en la ciudad de Buenos Aires o alrededores puedan instalarse en las cercanías. La carrera se desarrolla en 8 cuatrimestres con modalidad estructurada. En cada mes de febrero se realizan prácticas profesionales en laboratorios de investigación y desarrollo. En los últimos seis meses de la carrera se lleva a cabo un Trabajo de Seminario cuyos objetivos son: adquirir conocimientos científicos y técnicos así como la metodología del desarrollo de un trabajo de ingeniería en una planta industrial u organismo científico-tecnológico, iniciarse en el conocimiento del ambiente laboral existente en una planta o un laboratorio, comprender los roles que desarrollan los diferentes actores en las instituciones, plantas o laboratorios, y adquirir práctica en la presentación, oral y escrita, de informes sobre la actividad desarrollada.

Parte de los conocimientos impartidos comprenden el comportamiento, los procesos y los problemas a que pueden estar sometidos los materiales en las instalaciones nucleares (reactores, planta de agua pesada, etc.) en temas como daño por radiación, fragilización por hidrógeno, corrosión, selección de materiales, soldadura, extensión de vida, control no destructivo, etc. La formación recibida habilita para desempeñarse tanto en actividades académicas como en el sector industrial, dependiendo de las inclinaciones personales.

En las dos oportunidades en que la carrera se presentó a acreditación y categorización de CONEAU (Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria) recibió la máxima acreditación que ésta otorga.

2.2 Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales.

Esta Maestría toma como base el tradicional *Curso Panamericano de Metalurgia*. Brinda a los participantes una sólida formación en temas básicos de Ciencia de Materiales y sus relaciones con la Tecnología y la Industria. Ha sido acreditada y categorizada con el máximo nivel en las tres oportunidades en que fue evaluada por CONEAU. Está destinada a egresados de carreras universitarias en Física, Química o Ingeniería. Dado lo imprescindible que resulta para este tipo de estudios la dedicación exclusiva al mismo, se contempla un sistema de becas que requiere aprobar un examen de ingreso. Las becas para aspirantes argentinos o residentes en el país son otorgadas por CNEA. Los aspirantes extranjeros, ciudadanos de países miembros de OEA, pueden solicitarlas a dicha organización invocando la cooperación vigente entre UNSAM y OEA para este fin.

La duración de la carrera es de dos años, incluye un Ciclo de Estudios compuesto por 20 asignaturas obligatorias en el primer año y 3 de áreas humanísticas en el segundo año. Durante este último se lleva a cabo un Trabajo de Tesis bajo la dirección de investigadores de reconocidos antecedentes. Dicho trabajo debe ser aprobado por un jurado compuesto por investigadores internos y externos y defendido públicamente. El Instituto Sabato promueve la presentación de temas de tesis en áreas de interés de la industria nuclear y convencional.

Un análisis de la formación de grado revela que los alumnos de esta carrera son mayoritariamente Ingenieros en distintas especialidades (Mecánica, Aeronáutica, Química, Metalúrgica, Materiales, Electrónica, Sonido, Bioingeniería, Militar, Civil, Minas, Electricista, Industrial, Electromecánica) y un 25% son Licencias en Física o Química, procedentes de diferentes universidades del país.

Los alumnos extranjeros provienen de Chile, Colombia, Cuba, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, México, Nicaragua, Panamá, Perú y Venezuela.

2.3 Doctorado en Ciencia y Tecnología, mención Materiales.

Desde que CNEA inició sus actividades como organismo eminentemente de investigación y desarrollo, tuvo entre sus objetivos la formación de recursos humanos en distintas áreas del conocimiento. Por ello existe en el CAC una larga tradición en la formación de doctores con títulos otorgados por diferentes universidades del país y del extranjero. Ésta dio origen a los *Doctorados en Ciencia y Tecnología del Instituto Sabato*, con menciones en *Física y Materiales*, ambas acreditadas y categorizadas con nivel A por la CONEAU. El doctorado está destinado a egresados universitarios que deseen dedicarse a la investigación, requiere el cursado de materias y la aprobación de un trabajo original de tesis realizado bajo dirección de investigadores expertos. La tesis debe consistir en una real contribución al progreso del conocimiento en el tema elegido, en el campo de la investigación científica o tecnológica. La duración promedio de la carrera es de cuatro años.

2.4 Materiales que han sido objeto de tesis, tanto Doctorales como de Maestría, en el ITS

Doctorado en Ciencia y Tecnología, mención Materiales: Aproximadamente el 50% de las tesis estudian diversos aspectos de materiales utilizados en la industria nuclear: en particular circonio y sus aleaciones, uranio y sus óxidos, aceros para vasijas de recipiente de presión y reactores de cuarta generación, aleaciones y hormigones para contenedores de residuos nucleares; un 25% aborda nanomateriales, biomateriales y materiales para celdas de combustibles de óxido sólido (estos temas contribuyen casi en la misma proporción a dicho porcentaje); el 25% restante se distribuye en el estudio de diferentes aleaciones y superaleaciones, cerámicos semiconductores, materiales compuestos (algunos incluyen fibras naturales), recubrimientos y avances en técnicas de caracterización de diferentes tipo de propiedades [2].

Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales: también la mitad de los trabajos de tesis abordan aspectos relacionados con la industria nuclear. A los materiales de este grupo que dieron lugar a las tesis de doctorado ya defendidas, se suman los polímeros de coordinación para la extracción e inmovilización de lantánidos y actínidos, la ingeniería de cerámicos porosos refractarios para la producción limpia de Mo-99, el diseño y la caracterización de material compuesto para rotores de alta velocidad, entre otros temas. Se registra aproximadamente un 10% de trabajos referidos a avances en la implementación de técnicas de ensayos no destructivos para diferentes objetivos, tales como la inspección de componentes de uso nuclear, o el estudio de procesos de maquinado mediante el análisis de señales de emisión acústica durante el corte, o la aplicación de la gammagrafía para el estudio de la corrosión del acero en estructuras de hormigón armado, entre otros temas. El 40% de los trabajos restantes abordan diferentes tipos de materiales tales como: polímeros

biodegradables para actividad antimicrobiana, desarrollo de sensores ópticos basados en cristales fotónicos porosos, materiales con memoria de forma, materiales para la fabricación de implantes permanentes, materiales compuestos auto-reforzados basados en telas comerciales de polipropileno, materiales para remediación de aguas. En dicho 40% se incluyen también trabajos de tesis referidos a diversos procesos que afectan las propiedades de materiales y componentes tales como: el desgaste en tubos de generadores de vapor, la propagación dinámica axial de fracturas en tubos de conducción, la integridad estructural de una turbina de vapor, la sellabilidad en uniones de tubos petroleros, el daño por hidrógeno en aceros para gasoductos y en aleaciones base Zr, por citar algunos [2].

Esta amplitud temática responde al interés en producir conocimiento y aportar soluciones en campos vinculados a diferentes industrias, en particular la nuclear, y también las asociadas a otros tipos de energías así como a las industrias: siderúrgica, petrolera, y de la salud, entre las más abordadas.

2.5 Egresados del Instituto Sabato en el área Materiales

A la fecha, el Instituto cuenta con alrededor de 500 egresados de sus diferentes carreras universitarias, siendo las tres carreras aquí referidas las que han aportado más del 80% de los mismos.

Como consecuencia de la formación recibida, el destino laboral de los graduados de estas carreras es amplio destacándose el sector nuclear. También se desempeñan en las industrias arriba referidas, y en consultoras afines a sus temáticas. El 80% de los graduados trabaja en Argentina. En particular CNEA ha absorbido a aproximadamente el 35%, constituyendo así los cuadros necesarios para la concreción y continuidad de los objetivos de la casa. De los posgrados ha egresado un 10% de extranjeros que, en su mayoría, regresaron a sus países de origen.

Un análisis de los egresados por género revela los siguientes porcentajes de egresadas: *Ingeniería en Materiales*: 12%, *Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales*: 30%, *Doctorado en Ciencia y Tecnología, mención Materiales*: 44%

Esto es, el porcentaje de egresadas aumenta conforme aumenta el grado académico. Por otro lado, no se observa ninguna tendencia de crecimiento en función del tiempo. Por ejemplo, en la *Ingeniería en Materiales*, dicho porcentaje tomado anualmente sobre las 18 promociones indica que en 2017 se alcanzó el mayor porcentaje histórico de egresadas, 33%, pero en 2016 ese valor fue 0%. Fluctuaciones similares se observan en los posgrados en Materiales.

3. CONCLUSIONES

Los egresados del Instituto Sabato son requeridos tanto por el sector industrial como el académico. Esto se atribuye a la conjunción teórico-práctica de la formación recibida que se basa en la experiencia técnica y profesional acumulada en CNEA en el campo de los Materiales, la Física, la Química y los Ensayos No Destructivos. La misma se transmite en los diferentes grados académicos mediante clases presenciales e interactivas, y especialmente, mediante el acceso al valioso equipamiento utilizado por los profesionales y técnicos de CNEA.

Este escenario pone al alumno en contacto cotidiano con la realidad laboral y posibilita la transmisión de conocimientos y experiencias logrados a través de años de trabajo en un organismo de investigación, desarrollo, innovación y transferencia, dando así egresados preparados para encarar trabajos de envergadura tanto en el área nuclear como en otras áreas afines a la formación recibida.

El sistema de becas de arancel y estipendio que permiten la dedicación exclusiva al estudio y la igualdad de oportunidades, así como la alta relación docente/alumno, habilitan a aplicar altos requisitos de exigencias. Éstas se traducen en el reconocimiento general de la calidad de la formación brindada por la realidad educativa que es el *Instituto de Tecnología Prof. Jorge A. Sabato*.

4. REFERENCIAS

1. Jorge Sabato, Creador de la Metalurgia en CNEA, o ¿Cómo se hace para crear un laboratorio de excelencia?, José Rodolfo Galvele, 1a ed.-San Martín: Instituto de Tecnología Profesor Jorge A. Sabato, 2009.

2. <http://www.isabato.edu.ar>