

FORMACION DE POSTGRADO EN EL DEPARTAMENTO DE MATERIALES DE LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

D. Vassallo y S. Volman de Tanis
Comisión Nacional de Energía Atómica

Daniel Vassallo

- Formación profesional en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe).
- Tecnólogo en la Compañía Dradema Argentina de Petróleo.
- Estudio de perfeccionamiento en metalurgia en la Comisión Nacional de Energía Atómica.
- Trabajo de perfeccionamiento en el Service Technique del Ministerio de Marina de la República Francesa, en el Comisariato de Energía Atómica de ese mismo país y Centro de Estudios Nucleares de Karlsruhe, República Federal de Alemania.
- Jefe de la División Metalografía y Técnicas Especiales de la Comisión Nacional de Energía Atómica, hasta 1977.
- Actualmente, Jefe del Departamento de Materiales de CNEA.

Sara Volman de Tanis

- Dra. en Química, Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Estudios de postgrado en la Universidad de Sussex, Gran Bretaña.
- Actividad profesional dentro de los temas metalurgia física, transferencia de tecnología y análisis de información.
- Jefa de trabajos prácticos del Curso Panamericano de Metalurgia, OEA-CNEA.
- Asesora, a través de OEA, en México.
- Vocal permanente de la Comisión para la integración de la Industria Nuclear, CNEA.
- Responsable del Servicio de Análisis de Información, Gcia. de Desarrollo, CNEA.
- Adjunta a la Jefatura del Dto. de Materiales de CNEA.

RESUMEN

Se realiza una presentación cronológica de la evolución de las actividades de los actuales Departamentos de Materiales, de Elementos Combustibles e INEND (Instituto Nacional de Ensayos No Destructivos que incluye el Servicio de Asistencia Técnica a la Industria) de la Gerencia de Desarrollo de la Comisión Nacional de Energía Atómica, conjuntamente con la de la problemática referente a la formación de recursos humanos para investigación y desarrollo.

Se considera exitoso el resultado de las tareas que en ese aspecto se han desarrollado en las dependencias citadas. Ese éxito se atribuye a la conjunción de dos factores: por una parte que en dichos laboratorios se realizan una intensa actividad en I y D y por otra parte la creación de cursos adaptados a las necesidades de los mismos.

Se da información sobre el potencial de formación de personal del Departamento de Materiales y sus requerimientos de profesionales en el futuro.

FORMACION POSTGRADO EN EL DEPARTAMENTO DE MATERIALES DE LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

D. Vassallo y S. Volman de Tanis
Comisión Nacional de Energía Atómica

INTRODUCCION

El objeto de este trabajo es presentar la experiencia acumulada durante más de veinte años, sobre aspectos vinculados con los requerimientos y formación de recursos humanos a nivel profesional en dependencias de la Gerencia de Desarrollo de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

Dicha Gerencia está integrada por los Departamentos de Combustibles Nucleares, INEND (Instituto Nacional de Ensayos no Destructivos, que incluye al Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI)) y de Materiales, los que anteriormente integraban la Gerencia de Tecnología y por los Departamentos de Reactores y de Instrumentación y Control. Por haber sido el Departamento de Materiales el origen de la Gerencia de Tecnología, su problemática se halla estrechamente ligada a la de las otras dependencias y es por esta razón que se hará permanente mención a las mismas. A los fines prácticos de simplificar su mención, serán en conjunto designadas como Laboratorios de Tecnología. Asimismo se hará referencia a programas generados en la Gerencia de Tecnología tal como el Programa Multinacional de Metalurgia OEA-CNEA (PMM) y en la Gerencia de Desarrollo, como el Programa de Apoyo a Ciencia y Tecnología (PACTE).

El objetivo inicial de la creación de un laboratorio de metalurgia en CNEA, era desarrollar capacidad para resolver problemas que en el ámbito de esos materiales planteara la Institución. Para cumplir con este requerimiento se propuso una estrategia (1) que consideraba que si se deseaba realizar desarrollo en el campo nuclear, era necesario cumplir con las premisas siguientes: 1) Se debía tener un plantel de profesionales con una muy buena formación en metalurgia convencional; 2) Para lograr el punto anterior era necesario que se realizara investigación de alto nivel en el tema; 3) Debían arbitrarse los medios para formar los recursos humanos necesarios para los desarrollos a encarar, habida cuenta de la inexistencia en el momento de creación del grupo que dio origen a la Gerencia, de institutos de donde egresaron metalurgistas con formación moderna; 4) Debía interactuarse con la industria, con el objeto de colaborar a elevar el nivel técnico de la misma, ya que no se consideraba posible crear una industria nuclear sin la base de una industria convencional capaz de manejar tecnologías de avanzada.

La prueba de que esta estrategia era correcta es que ella permitió:

En el ámbito nuclear, el desarrollo y la fabricación de los elementos combustibles para los reactores RA-1 (1958) y RA-3 (1965), la posibilidad de fabricar elementos combustibles MZFR para el reactor de potencia MZFR del Centro de Energía Nuclear de Karlsruhe, Alemania, realizar la adaptación de la tecnología para fabricar los elementos combustibles del reactor de Atucha que será empleada en la Fábrica de Elementos Combustibles de Ezeiza, encarar el estudio de los problemas de fabricación de elementos combus-

tibles para el reactor tipo CANDU de la Central Nuclear Embalse, así como el desarrollo de la tecnología de fabricación de barras y tubos de zircaloy aptos para ser usados en la fabricación de vainas y componentes de elementos combustibles nucleares.

En el ámbito de la investigación metalúrgica, ha impulsado trabajos de investigación que han originado más de 275 publicaciones en periódicos científicos y más de 455 publicaciones internas y presentaciones a congresos, 14 patentes, además de informes internos de distribución limitada.

Basado en esa estrategia, en el campo de la formación de recursos humanos se han realizado más de 45 tesis doctorales. El Departamento de Metalurgia es Centro Sede del Programa Multinacional de Metalurgia, se han realizado 14 cursos anuales de postgrado en Metalurgia y cuatro seminarios postdoctorales, además de gran número de cursillos para la industria. Más de 2000 personas se puede decir que han sido influenciadas por el laboratorio.

Cumpliendo con la cuarta premisa, en el campo del asesoramiento a la industria, se han evacuado más de 600 consultas. Además, el Instituto Nacional de Ensayos No Destructivos, resultado de un convenio entre Naciones Unidas y la Argentina, tiene su sede en los laboratorios de Tecnología.

Los mismos, cuentan con más de 250 personas entre profesionales y técnicos, sus laboratorios y plantas piloto superan los 6000 m². El presupuesto de la Gerencia fue, el año 1978, del orden de 5.000.000 U\$S.

PRIMERA ETAPA

Se considera conveniente exponer el tema del trabajo, realizando una presentación cronológica de la evolución de las actividades de los laboratorios de Tecnología, conjuntamente con la de la problemática referente a la formación de recursos humanos.

Entre 1955, año de la creación de la División Metalurgia del Departamento de Reactores, núcleo de la actual Gerencia, hasta 1959 se realiza la incorporación y formación de los primeros investigadores. Profesores extranjeros (E. Gebhart de Alemania, P. Lacombe de Francia y R. Cahn de Inglaterra) realizaron estadas trimestrales dictando cursos. En 1956 y 1958 se dictaron cursos para graduados con algunos pocos expertos del país. Pero fundamentalmente, su formación se realizó mediante estadas de perfeccionamiento en el exterior. Esto era inevitable, por cuanto en esa etapa, no se contaba en CNEA con facilidades experimentales adecuadas para realizar investigación en metalurgia. Por otra parte no se dictaba en el país, ninguna carrera de Ingeniería Metalúrgica.

Los profesionales que se incorporaron inicialmente, provenían principalmente del campo de la ingeniería. El primer plantel estaba formado por un ingeniero civil, cinco ingenieros químicos, dos ingenieros electromecánicos, un ingeniero aeronáutico, un ingeniero industrial y seis químicos. En ese período se inician algunos trabajos de investigación, fijándose las líneas de especialización de los diferentes investigadores, pero el resultado más sobresaliente fue la fabricación de los elementos combustibles para el primer reactor argentino en 1957. Este hecho demostró que la premisa de que se había

partido, referente a que era factible abordar la Metalurgia Nuclear si se contaba con una buena base de metalurgia básica, era correcta. Los elementos fueron fabricados en muy breve tiempo, por profesionales que nunca habían pisado un instituto de energía nuclear (1).

SEGUNDA ETAPA

Formación de Recursos Humanos

Entre 1959 y 1960 se inicia otra etapa cuyo fin se puede fijar en 1967-1969. El año 1959 es interesante desde el punto de vista de la formación de personal, por cuanto se comienza a dictar un curso de Metalurgia de un año de duración, que sirve de antecedente de los Cursos Panamericanos de Metalurgia y Cursos de Entrenamiento Avanzado en Metalurgia. Estaba dividido en dos partes, la primera dedicada a los conceptos básicos e incluía temas tales como: Ensayos mecánicos, Termodinámica, Rayos X, Deformación Plástica, Teoría de Dislocaciones, Solidificación, Diagramas de Equilibrio, Recristalización, etc. y una segunda parte dedicada a tecnología metalúrgica, incluyendo temas tales como Soldadura, Extrusión, Laminación, Acería, Metalurgia de no Ferrosos, Fundición, etc. La primera parte estuvo dictada en su casi totalidad, por los primeros integrantes que ya habían regresado del exterior. La segunda parte, estuvo dictada por profesionales de la industria.

Cada uno de los cinco integrantes del curso (un ingeniero civil, dos ingenieros electromecánicos, un ingeniero químico y un licenciado en química) contaba con becas de la CNEA.

Las clases teóricas ocupaban todas las mañanas y durante la tarde se realizaban las tareas de entrenamiento experimental. Cada alumno fue colocado bajo la supervisión de un investigador responsable de dichas tareas. Estos consistían en el estudio de un problema metalúrgico cuyo desarrollo llevaba cuatro o cinco meses; se trataban más de un trabajo de seminario que de un trabajo práctico. Así, por ejemplo, se estudió la recristalización de latones, la precipitación en aleaciones de aluminio-zinc, el fenómeno de Portevin-Le Chatelier en aleaciones de aluminio, etc. En el transcurso de los trabajos, se aprendían las diferentes técnicas metalúrgicas, tales como Pirometría, Metalografía, Rayos X, Ensayos Mecánicos, etc. y al mismo tiempo se comenzaba a manejar la literatura especializada sobre el tema.

Una característica del curso, era la independencia que existía para encarar la realización de los trabajos experimentales. Si bien esto podía demorar los plazos para cumplir con las diferentes obligaciones de los mismos, esto estaba más que compensado con las ventajas que se derivaban de la necesidad que tenían los alumnos de hacer uso de la iniciativa y la imaginación para resolver los problemas planteados.

En 1960 se realizó un segundo curso de características similares. La composición del alumnado fue sin embargo, diferente. A él asistieron un ingeniero y cinco licenciados en química. Ese mismo año, el Departamento se desplaza a sus laboratorios en el Centro Atómico Constituyentes y su personal llega a las 50 personas.

Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI)

En 1962 se puso en práctica una de las ideas básicas de la estrategia a que se hizo mención: se creó el Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI). La premisa que le dió origen era que, existiendo un laboratorio capacitado tanto en personal como en equipamiento, para resolver problemas generados por la CNEA (caso del elemento combustible del reactor RA-1); el mismo, respondiendo a una actitud vital, debía expandir sus actividades y ponerse al servicio de la industria. De este modo, se favorecería además la creación de la futura industria nuclear que necesitaría el país en el futuro.

En el mismo año, en base a un razonamiento similar en el campo de la formación de recursos humanos comienza el dictado del Primer Curso Panamericano de Metalurgia. Este curso estaba destinado, no ya como los anteriores a la formación de personal incorporado a la CNEA sino a la formación de un mayor número de profesionales de Argentina y Latinoamérica, no necesariamente destinado a formar parte del plantel de la Comisión.

Curso Panamericano de Metalurgia (CPM)

El Primer Curso Panamericano de Metalurgia (CPM) fué diseñado sobre una base similar al de 1959, en lo que se refiere a la existencia de un cuatrimestre de metalurgia básica y un cuatrimestre de metalurgia aplicada, la dedicación de tiempo completo de los alumnos, que contaban con becas y a la realización intensiva de trabajos experimentales. Los cursos fueron dictados por profesores extranjeros y los trabajos prácticos fueron divididos por materias. Detalles sobre los CPM han sido publicados (3,4). En años siguientes, el CPM fue evolucionando sin apartarse de su esquema básico. El número de profesores argentinos fue aumentando hasta llegar a ser el 100%. El número de alumnos era de aproximadamente 20 por año.

En esta etapa se realiza un considerable esfuerzo en tareas de investigación básica y de formación de personal.

Investigación

En este período se incorporan al Departamento de Metalurgia, preferentemente egresados de Facultades de Ciencias, en especial del Instituto de Física Balseiro, dependiente de la U.N. de Cuyo y de la Comisión Nacional de Energía Atómica y de la Universidad de Buenos Aires. Los incorporados realizan tesis doctorales en temas tales como Rayos X, Daño por Radiación, Propiedades Mecánicas, Transformaciones de Fase, Solidificación, Corrosión, etc. La incorporación no va acompañada de la obligación de asistir al CPM. La razón de esto, era no recargar las actividades del tesista con tareas ajenas a su tesis. Lo acertado de esta decisión para personal de un laboratorio de Desarrollo es discutible.

Esta actividad se refleja en el número de publicaciones originadas en el laboratorio, cuyo número crece de aproximadamente diez por año, en la época del 60, a 60 en el año 1969. Es de hacer notar que como resultado de ese esfuerzo y con el apoyo del Programa Multinacional de Metalurgia, del que se hablará luego, en el año 1971 se realizan alrededor de 80 publicaciones y en el año 1972, más de cien. El año 1972 marca el record en número de pu-

blicaciones.

En este período se incorpora un menor número relativo de egresados de carreras de ingeniería. Estos van a prestar servicios preferentemente a los Departamentos de Elementos Combustibles y de Asistencia Técnica a la Industria. Estos profesionales adquirieron su formación a través del CPM y posteriormente interviniendo en las tareas de desarrollo que se llevaban a cabo en los grupos de trabajo en que fueron incorporados. Esa formación fue luego completada con estadas de perfeccionamiento en el exterior. Profesionales incorporados en este período, ocupan actualmente tareas de responsabilidad en el Departamento de Elementos Combustibles como Jefes de Proyecto.

Movimiento de Profesionales

En el Departamento de Materiales, la incorporación de egresados de Facultades de Ciencias trajo una modificación de la relación Ingenieros/Doctores que luego se vió acentuada por otros motivos que se mencionarán más adelante.

Es interesante consignar que ese predominio de egresados de la Facultad de Ciencias sobre ingenieros, influyó sobre el carácter de la producción de la dependencia que se caracterizó por un mayor interés en los temas de investigación que en los de desarrollo.

Desarrollo

Durante el período que se está considerando, el logro más importante en el ámbito de la metalurgia nuclear fue el desarrollo y la fabricación de elementos combustibles tipo MTR, para el reactor de ensayo y producción de radioisótopos RA-3 del Centro Nuclear de Ezeiza. Ese desarrollo es destacable por cuanto en las técnicas de fabricación, se introdujeron interesantes mejoramientos originales, generados en los laboratorios de Tecnología. Se debe destacar en especial la preparación de la aleación aluminio-uranio por reducción directa del hexafluoruro de uranio y el sellado de los laminables, por un procedimiento de soldadura por deformación, resultado de la aplicación de la experiencia obtenida estudiando la soldadura por colaminación. Hubo asimismo que resolver serios problemas originados por la segregación por gravedad que presentan las aleaciones aluminio-uranio.

TERCERA ETAPA

Entre los años 1969 y 1974, los compromisos tomados por la CNEA emergentes de la decisión de construir la primera central nucleoelectrónica de América Latina en Atucha, introduce modificaciones en la fisonomía de los laboratorios de Tecnología. El Servicio de Asistencia Técnica a la Industria comienza a trabajar estrechamente con el proyecto. La intención de CNEA de llevar al máximo la participación de la industria nacional en ese proyecto, origina la creación de una dependencia encargada de dicha tarea, la que está centrada en el SATI.

La inspección de componentes de la Central, en Alemania, obliga a que profesionales se trasladen a Europa. El Jefe del SATI fue responsable de la oficina de enlace que la CNEA mantenía en Alemania.

Por su parte, en el Departamento de Elementos Combustibles se comienza a trabajar en la fabricación del primer prototipo de elemento combustible de potencia (uno de los objetivos finales de los Laboratorios de Tecnología). Este elemento fué irradiado en 1970 en el reactor MZFR del Centro Nuclear de Karlsruhe (ese reactor fué el prototipo del reactor de Atucha) y se comprobó su buen comportamiento durante irradiación, luego de su examen en celdas calientes en 1971.

En el Departamento de Metalurgia las actividades de investigación comienzan a interesarse sobre materiales de uso en centrales nucleares de potencia, en especial aleaciones de circonio. La falta de definición sobre el tipo de central que se construiría, había imposibilitado que esto ocurriera en años anteriores.

El Programa Multinacional de Metalurgia (PMM)

Por otra parte, se pone en funcionamiento el Programa Multinacional de Metalurgia OEA-CNEA (5). Del mismo modo, como la creación del SATI y del CPM había sido respectivamente una apertura hacia la industria y hacia la enseñanza de la metalurgia, fuera del ámbito de los intereses inmediatos de la CNEA, el PMM era una apertura hacia el exterior, tendiente a posibilitar la realización de trabajos de investigación a profesionales de países latinoamericanos, en los laboratorios de la CNEA.

Esto surgió de una muy sabia decisión de la Reunión de Presidentes de Punta del Este, que consideró más conveniente que la creación a partir de cero de laboratorios multinacionales, el apoyo a Centro de Excelencia ya existentes y del hecho de haber sido considerado el Departamento de Metalurgia como el único Centro de Excelencia de la especialidad en latinoamérica y en consecuencia Centro Sede del PMM.

La idea era formar profesionales concentrando el esfuerzo en cinco áreas de interés general (excluyendo temas en los cuales, si bien existía en los laboratorios capacidad de formación, eran de carácter más específico).

Apoyado por el PMM, en el lapso de nueve años un grupo de profesionales latinoamericanos trabajando en el Departamento de Metalurgia, realizaron tareas de formación de postgrado obteniendo el Doctorado en Física o Ingeniería.

De esta manera el citado Departamento, que había visto disminuir la incorporación de personal en beneficio de los Departamentos SATI y Combustibles Nucleares, más estrechamente ligados al proyecto de Atucha, vió transitoriamente reforzado su fuerza de trabajo.

Las tesis se formalizaron dentro del marco de las Universidades Nacionales del Sur y de Rosario. Desde el punto de vista formal la concreción de los Doctorados en Ciencias no presentó mayores problemas, no así la referente a los Doctorados en Ingeniería, que padeció la falta de fluidez debido a la ausencia de antecedentes en la materia.

Movimiento de Profesionales

En la etapa final de este período, por motivos en algunos casos vinculados a la inestabilidad política del momento, se produce un movimiento de de-

serción de profesionales de los Laboratorios de Tecnología. Hasta ese momento y salvo en 1964 por razones posiblemente económicas, el número de deserciones experimentadas había sido extremadamente bajo, si se tiene en cuenta las excelentes posibilidades de trabajo que existían para la mayoría de los investigadores, en especial fuera del país.

Es oportuno agregar que otra ola de deserción se produce en 1976. En este caso se trata de la conjunción de dos situaciones. Por una parte, la depresión de los salarios de la Administración Pública y por otra parte, la necesidad de la industria de incorporar personal capacitado (parte de esa industria estaba relacionada con la construcción de la Central Nuclear Embalse) y en consecuencia dispuesta a pagar salarios elevados.

En estos casos, las deserciones fueron más numerosas entre los ingenieros que entre los físicos o químicos y este fue el otro factor a que se hizo referencia anteriormente, que influyó para determinar la proporción de las especialidades dentro del plantel profesional.

CUARTA ETAPA

El período 1974-1978 está influido por la puesta en marcha de la Central Nuclear en Atucha y la iniciación de la Central Nuclear Embalse. En este período proyectos de Desarrollo y Tecnología comienzan a adquirir importancia. Tales los proyectos de: Planta Piloto de Elementos Combustibles, Fábrica de Elementos Combustibles, Elementos Combustibles Enriquecidos con Plutonio, Planta Piloto de Aleaciones Especiales, etc. Para cumplir con esos nuevos compromisos, se trata de incorporar ingenieros para los diferentes proyectos. Por razones de índole salarial, sin embargo, en algunos casos vacantes destinadas a ingenieros son llenadas por licenciados en Ciencias. Personal del escalafón técnico que seguía estudios universitarios egresa y se incorpora al plantel profesional. Como resultado de todos estos movimientos, el personal dedicado a tareas de Desarrollo y Tecnológicas supera al personal dedicado a la Investigación.

Formación de Recursos Humanos

Desde el punto de vista de formación de personal, en el año 1974 se realizó el último Curso Panamericano de Metalurgia y se crearon los Seminarios Postdoctorales. Estos seminarios, destinados a profesionales latinoamericanos con experiencia, se centran en un tema dado que cambia todos los años. Durante tres meses dichos profesionales, que son rigurosamente seleccionados, asisten a conferencias dictadas por profesores e investigadores de primer nivel internacional y se discuten trabajos. Debido a que subsistía la necesidad de formación de personal de acuerdo al modelo del PMM, se decidió en 1976, reiniciar ese tipo de cursos bajo la denominación de Curso de Entrenamiento Avanzado en Metalurgia (CEAM). Ese año se crea el Programa de Apoyo a Ciencia y Tecnología (PACITE) dependiente de la Gerencia de Desarrollo con el objeto de servir de enlace entre dicha Gerencia y los organismos de educación y de investigación y desarrollo. El fin de su creación era instrumentar el apoyo que la CNEA podía brindar a esos organismos para desarrollar trabajos de interés para la Institución.

Las características del CEAM son muy similares a las del CPM, sobre todo en cuanto a su filosofía. Sin embargo, ha sufrido algunas modificaciones para adaptarse a la situación actual. En primer lugar, se le ha dado una estructura modular, esto es, a diferencia de los CPM, que los alumnos seguían durante nueve meses el curso completo con dedicación total, en este curso no se exige asistencia completa. De este modo, personal de la industria puede asistir a uno o varios módulos sin interrumpir sus actividades habituales, salvo por un período de tiempo más o menos corto (cada módulo puede durar entre tres días y dos semanas).

El primer CEAM contó con 103 asistentes y el segundo con 102. Esto pone de manifiesto el interés que estos cursos han despertado en la industria.

Si bien esa característica modular tiene la ventaja ya apuntada de permitir la asistencia de profesionales dedicados a la actividad productiva, sigue siendo más eficiente (mejores resultados en relación al esfuerzo realizado) la formación de personal a través de la asistencia al curso completo ya que sólo esto da una visión de conjunto de la problemática de la Metalurgia. Al mismo tiempo la dedicación a tiempo completo permite aumentar el énfasis puesto en la realización de tareas experimentales y por último permite una más completa interacción con las tareas de investigación que se realizan en el Departamento de Materiales.

Personal de los laboratorios de Tecnología asiste a módulos de los CEAM, pero debido, en general a los compromisos de trabajo que pesan sobre los profesionales últimamente incorporados y destinados a proyectos encuadrados dentro de cronogramas, la tendencia es que sólo siguen el curso completo los becados por diversas instituciones, tales como la SECYT, la CIC, etc.

Es necesario tener en cuenta, por otra parte, que para ciertos temas, especialmente en áreas de tecnología nuclear, tales como diseño, el Departamento de Materiales no cuenta con personal especializado para los alcances del CEAM. En consecuencia no se ha encarado la formación postgrado en temas de la índole del citado. En el futuro será necesario modificar esta situación realizando los cursos de capacitación dentro de la CNEA o fuera de ella.

Esa falta de capacidad para cubrir ciertas áreas sobre las cuales no existe experiencia suficiente podría ser resuelta posibilitando la concreción de las tareas de perfeccionamiento profesional realizando actividades en más de un organismo de I y D o universidades con capacidad para realizar este tipo de tareas. Esa capacidad se manifiesta por la existencia del personal capacitado, el equipamiento para la realización de los necesarios trabajos experimentales y antecedentes en este tipo de actividades.

En caso que no exista capacidad de formación en el país la misma deberá realizarse en el exterior. Esto es lo que se hizo cuando se formó la División Metalurgia entre 1955 y 1958. Las estadías en el exterior son además un complemento indispensable para terminar la formación postgrado.

Movimiento de personal

Una característica ya señalada del período anterior fue la transferencia de personal formado en investigación o desarrollo a otras actividades, por ejemplo la Ingeniería o la gestión técnico-administrativa. En este último período

do la existencia de los Proyectos y la construcción de la Central Nuclear Embalse hace que se mantenga esa situación. Un ejemplo es el Proyecto Planta Piloto de Aleaciones Especiales cuyo personal profesional se integró con cinco investigadores del Departamento de Materiales.

Si bien se considera normal un flujo de personal de investigación o desarrollo a tareas de otra índole, el mismo debe mantenerse permanentemente bajo control. Durante la década 60-70 el Departamento de Materiales formó un plantel de investigadores que a lo largo del tiempo ha contribuido a cubrir las necesidades de personal altamente calificado de otros organismos de la CNEA o de la industria privada. El caso del Proyecto Planta Piloto de Aleaciones Especiales es un buen ejemplo de este tipo de transferencia. Para que la misma no genere problemas por debilitamiento de los grupos proveedores de personal es necesario por una parte asegurar el reemplazo de los profesionales desplazados y por otra parte que el personal desplazado no sea el de máximo nivel. El sistema podrá funcionar en estado de régimen si los grupos de investigación proveyeran personal con cinco o seis años de experiencia y contaran con personal a mitad de camino, con posibilidad de ser transferido a los dos o tres años y personal en la etapa inicial de formación. Ese personal en etapa inicial podría estar formado por becados recibiendo enseñanza postgrado.

Situación Actual

La situación actual en los laboratorios de Tecnología se puede resumir de la siguiente manera. El Departamento de Materiales continuará con sus tareas de investigación y desarrollo trabajando preferentemente en temas de interés para la CNEA. Deberá incorporar en el próximo quinquenio del orden de 40 profesionales que deberán recibir entrenamiento avanzado en investigación. Esos profesionales servirán para reemplazar los que serán transferidos a otros sectores de CNEA o abandonen la Institución y para volver a completar el plantel disminuido por las transferencias que ya han ocurrido. La mayor parte del entrenamiento de los profesionales a incorporar será en el área de materiales y se hará dentro del marco actualmente existente ya descripto. Posiblemente algunos deberán realizar su formación en forma parcial en otros organismos de I y D.

Ateniéndose a la experiencia de los laboratorios de Tecnología, para los egresados de facultades de ingeniería de especialidad no metalúrgica, la formación estaría preferentemente dada a través del CEAM seguido de la realización de un trabajo de desarrollo o investigación, lo que sería equivalente a la formación de Maestrado. Para los egresados de facultades de ingeniería metalúrgica la formación estaría dada a través de trabajos de desarrollo o investigación complementada con algunos módulos del CEAM. Para profesionales de la industria la formación estaría basada fundamentalmente en los módulos del CEAM, los Seminarios Postdoctorado y eventualmente a través de convenios, por cursos especialmente diseñados al efecto. Para dichos profesionales el Maestrado se podría concretar mediante los módulos del CEAM y la realización de un trabajo de desarrollo que podría ser realizado en instalaciones de la misma industria, de ser esto posible. En este planteo se ha tenido en consideración que la formación postgrado debe ser realizada en el mínimo tiempo compatible con u-

na buena formación, habida cuenta de la duración de las carreras de ingeniería en el país y del potencial mercado de trabajo.

Para los licenciados en Ciencias la formación se haría fundamentalmente a través de una Tesis Doctoral.

Las tareas de enseñanza de postgrado involucrarán una cantidad de profesionales mucho mayor que los cuarenta citados ya que se preve continuar con los CEAM y los Seminarios Postdoctorales, además de la realización de tesis doctorales por parte de becados de la Institución y de otros organismos de apoyo a la investigación.

Un análisis reciente realizado a los fines de evaluar la capacidad de oferta disponible de formación de personal en temas de metalurgia en nivel postgrado del Departamento de Materiales indicó que se podían incorporar en forma inmediata quince egresados a trabajar en temas tales como "Relación entre relajación de tensiones y creep en metales", "Fatiga a alta temperatura", "Corrosión bajo tensiones", "Análisis de fallas", "Microscopía electrónica de pequeños defectos cristalinos", "Fenómenos de transición dúctil-frágil en aceros", "Influencia de microaleantes en los fenómenos de deformación en caliente de aceros", "Difusión de Nb, y otros elementos en Fe y aleaciones de Fe", "Estudio de superficies por espectrometría de electrones Auger y ESCA", "Difusión en metales hexagonales compactos", "Cinética de descomposición de hidruros", "Migración y recombinación de defectos en materiales", "Unión de metales h.c.p. por difusión eutéctica", "Análisis de interacción entre iones y electrones en cristales".

En la actualidad el Departamento de Materiales cuenta con 25 profesionales con más de diez años en la investigación y que en consecuencia poseen la formación necesaria para realizar tareas de enseñanza a nivel postgrado. Cuenta además con otros 25 profesionales con experiencia comprendida entre tres y diez años que pueden servir de apoyo a esas tareas. Se considera que ese conjunto de profesionales es capaz de formar entre 30 y 40 egresados. En la actualidad reciben entrenamiento 13 personas lo que indica que existe una capacidad potencial para formar más de 25 profesionales.

Es de destacar que como consecuencia de la evolución de requerimientos que sufrieron los laboratorios de Tecnología a partir de 1969, existe en la actualidad una mayor oferta de capacitación en Desarrollo.

Con respecto a los Departamentos de Elementos Combustibles e INEND durante el próximo quinquenio deberán incorporar un número importante de profesionales parte de los cuales deberá recibir enseñanza de posgrado fuera de la CNEA.

CONCLUSIONES

A partir de la experiencia acumulada de más de veinte años en un organismo creado con el fin de realizar tareas de I y D y cuya trayectoria se considera exitosa se pueden sacar las siguientes conclusiones:

1- Para alcanzar los resultados propuestos un organismo de I y D debe contar con una filosofía adecuada, producto de un correcto análisis de la realidad circundante. Esa filosofía debe ser capaz de generar una estrategia en lo que hace a formación de recursos humanos.

2- Se considera un requisito imprescindible para la formación de recursos humanos a nivel postgrado contar con laboratorios adecuadamente equipados para realizar investigación. Esto es importante por cuanto una de las fallas de la enseñanza universitaria es la de no entrenar en las técnicas experimentales necesarias para la investigación por carecer del equipamiento necesario en actividad. Otro requisito fundamental es contar con personal experimentado en tareas de I y D en actividad permanente.

Por contar con ambos requisitos se considera que los institutos u organismos de I y D de nivel adecuado son lugares idóneos para la formación postgrado de profesionales, quizás en mayor medida que las universidades en el momento actual.

3- El Departamento de Materiales de CNEA posee una infraestructura apta para realizar enseñanza en el campo de la ciencia de los materiales, tanto para egresados de Facultades de Ciencias como de Ingeniería. Para ello cuenta con el personal, las instalaciones y la experiencia necesaria que se señalan en el punto anterior. También puede realizar tareas de entrenamiento avanzado a través de a) los módulos del CEAM; b) los Seminarios Postdoctorales.

4- Se considera una experiencia valiosa la manera como se ha realizado la formación postgrado de profesionales de distinto origen en el Departamento de Materiales, adaptándose a las condiciones existentes a través de dos mecanismos. La formación de ingenieros argentinos se concretó mediante la realización de tareas de investigación o desarrollo y el apoyo de un curso según el modelo CPM. Para egresados de Facultades de Ciencias y para profesionales de países latinoamericanos los estudios de postgrado se concretaron en tesis de Doctorado en Física o Ingeniería.

Ambos mecanismos se han mostrado aptos para cumplir con el objetivo propuesto por cuanto se han basado fundamentalmente en la realización de tareas de investigación o desarrollo. Los resultados obtenidos en ambos casos se consideran altamente satisfactorios teniendo en cuenta las trayectorias cumplidas por los profesionales involucrados.

5- No es necesario contar con grandes recursos para realizar tareas de formación de personal. El ejemplo dado con cierto detalle referente a los cursos que se dictaron en el Departamento de Metalurgia los años 1959 y 1960 cuando el mismo era de dimensiones reducidas así lo muestra.

6- A los fines de integrar un programa de formación a nivel postgrado puede ser altamente conveniente la colaboración de diferentes organismos de I y D y Universidades cada uno de los cuales cubriría un área de su especialidad. Esto permitiría ampliar el campo de la actividad.

7- Es necesario que exista un flujo continuado de personal para proveer a las necesidades de profesionales formados que requiere el país. Para ello es necesario la incorporación del personal necesario para reemplazar al que es transferido a otras actividades. Una buena manera de materializar esa incorporación es a través de becas para la realización de tareas de formación de postgrado.

8- Se considera un elemento importante en la formación del ingeniero y como culminación de una formación postgrado las estadas de perfeccionamiento en el exterior. Las mismas deben ser apoyadas. Debería asimismo posibi

litarse la realización de años sabáticos para los investigadores.

9- La proporción de investigación y desarrollo que realiza un organismo de I y D está influida por la proporción de Ingenieros y de Doctores en Ciencia con que cuenta.

RECOMENDACIONES

1- La enseñanza de la ingeniería a nivel postgrado debe ser reconocida como de alta prioridad en materia educacional.

2- Las carreras de Maestrado y de Doctorado pueden ser un marco adecuado dentro del cual se realice esta enseñanza.

3- Deben apoyarse aquellas acciones que permitan la capacitación de los ingenieros en el campo de la investigación y el desarrollo. Estas acciones deben comprender tanto el desarrollo de los marcos legales dentro de los cuales se pueda institucionalizar la capacitación como la obtención del apoyo económico necesario.

4- Una de las acciones a que se hace referencia en el punto anterior es el apoyo a los organismos de alto nivel y tradición en este campo de actividades y con capacidad no totalmente aprovechada.

5- La capacitación debe hacerse efectiva por el único procedimiento válido que es la realización de tareas de investigación o desarrollo.

6- Esa formación debe realizarse en organismos que cuenten con el equipamiento adecuado y personal que acredite conocimientos, experiencia, una labor permanente en tareas de investigación o desarrollo.

7- La formación de máximo nivel no debe demandar más de ocho años de estudio hasta la obtención del título y la de nivel intermedio no más de seis. Deben tomarse las medidas necesarias para que esto se cumpla.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Sabato, Jorge; Ciencia Nueva, N° 15, p. 7.
- 2) Sabato, Jorge; La formación de especialistas en metalurgia en la Argentina. Ciencia Interamericana 3 (1) Enero-Febr. 1962.
- 3) Libanati, Nelly-Sabato, Jorge; El Curso Panamericano de Metalurgia. Una experiencia de educación de postgrado. Trabajo presentado en el Congreso Interamericano sobre Ciencia y Tecnología, San Antonio, Texas, USA, 10-14 Mayo 1968.
- 4) Libanati, Nelly; Cursos Panamericanos de Metalurgia. Evaluación y perspectivas. Trabajo presentado en la II Conferencia Interamericana en Tecnología de Materiales, México D.F., Mexico, 24-27 Agosto 1970.
- 5) Biloni, H.; El Programa Multinacional de Metalurgia OEA-CNEA. Antecedentes, origen, desarrollo, perspectivas. Trabajo presentado en el 1° Congreso Argentino de Políticas de la Ingeniería, Buenos Aires, 5-9 Septiembre 1977.