

CNEA-NT 9/76

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

20 AÑOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

Sara Volman de Tanis

Jorge Kittl

Departamento de Metalurgia
Buenos Aires - Argentina
1976

INDICE

Introducción General	1
Comienzo de la Metalurgia en la CNEA	3
Recursos humanos	6
Infraestructura	7
Capacitación	7
Tareas de Investigación	9
Actividades de desarrollo	11
Interacción con la industria	12
Interacción con otros centros de investigación	16
Participación en la instalación de Centrales Nucleares	17
Desarrollos a mediano y largo plazo	23
Evaluación	25
Referencias	29

20 AÑOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

Sara Volman de Tanis y Jorge Kittl

1) Introducción General

Este trabajo está basado en hechos que tuvieron lugar cuando un grupo de investigadores y técnicos trabajaron por un objetivo común a todos ellos: desarrollar una capacidad industrial nacional con un alto grado de independencia vinculados a los fines específicos de la Comisión Nacional de Energía Atómica de la Argentina.

Este ente tiene la responsabilidad de promover la generación de energía a través de reactores. El crecimiento económico y el progreso técnico depende de la producción de bienes y servicios a través del uso coordinado de los recursos disponibles en habilidad humana, capital, territorio y recursos naturales. El crecimiento económico se puede deber a una mayor productividad a través del uso más eficiente de los recursos. La tecnología contribuye en ambos aspectos, a través del crecimiento de las utilidades de los recursos disponibles, ya sean por el cultivo de las tierras ó por explotaciones de recursos minerales, y por el aumento de la productividad a través de recursos humanos, mejorando métodos y maquinarias.

La ciencia provee el "pool" de conocimientos básicos y entendimiento del cual la tecnología depende en forma creciente. En resumen, tecnología es "know-how", mientras que ciencia es "know-why". La ciencia produce conocimientos, la tecnología ayuda a producir prosperidad (1).

Las inversiones que un país realiza en ciencia y tecnología pueden generar sustanciales recompensas económicas. Ellas no deben considerarse como actividades aisladas, sino como componentes de un sistema dinámico para convertir la habilidad humana y la empresa en una nueva fuente de riqueza material y amenidad social.

El marco de referencia con que cuenta la CNEA desde su creación está insertado en el cuarto de siglo que comienza en 1940 y se extiende hasta 1965, y constituye uno de los períodos más espectaculares por su riqueza en hechos. En el mismo se dio lugar preponderante a la ciencia y la tecnología en la política y estrategia mundial. Es difícil establecer concretamente cuando el proceso mundial empieza efectivamente a repercutir en el ámbito nacional, tentativamente lo podemos relacionar con la primera bomba de plutonio detonada en 1945, seguida de la destrucción de Hiroshima y Nagasaki en el mismo año. Por lo tanto, en la década del 40 la energía atómica es identificada con lo bélico y lo estratégico y es recién en los comienzos de la década del 50 que se piensa orientarla a las aplicaciones pacíficas. Es así como en 1953, el presidente Eisenhower de los EEUU, anunció el programa Atomos para la Paz, que condujo a su país a celebrar una serie de acuerdos bilaterales

de cooperación y a organizar en 1955 la primera conferencia mundial sobre la aplicación pacífica de la energía atómica.

La decisiva influencia en el desarrollo económico, social y político que el área nuclear podría tener para el país determinó la creación de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) por Decreto No 10936/50, fijándole como funciones específicas la de coordinar, estimular y controlar las investigaciones atómicas. Con varios decretos posteriores se definió la orientación netamente pacífica de la institución. Los minerales de uranio existentes en el país fueron motivo de otro decreto presidencial, y se puso en vigencia el reglamento para el uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes que rige en la actualidad.

Esta estructura legal es una de las más completas hasta la fecha en Latinoamérica (2).

Los primeros laboratorios que se instalaron fueron los de física, aplicaciones médicas de radioisótopos, química, etc. En 1953 se dictó el primer curso de reactores nucleares con 7 participantes y se estableció el Instituto de Física en Bariloche (Pcia. de Neuquén) en convenio con la Universidad de Cuyo, continuando en forma ininterrumpida dicha actividad hasta el presente.

En enero de 1955 se creó la División Metalurgia encomendando dicha tarea al Profesor Jorge A. Sabato. Dicha decisión se debió a que la metalurgia no existía como disciplina académica en el país, por lo tanto faltaba elemento humano como para resolver los problemas metalúrgicos que la Casa tenía. Se encargó la organización integrando un equipo formado por 12 profesionales extraídos de las más diversas ramas de la ingeniería y algunos licenciados en química y física.

El medio metalúrgico en esos días estaba formado por algunos profesionales incorporados a la industria metal-mecánica, había algunos laboratorios en las universidades discretamente equipados, pero no había actividad académica en el sentido orgánico. La universidad no producía doctores ni licenciados en metalurgia, ningún físico trabajaba en teoría de metales, y no había una sola persona dedicada full-time a la investigación metalúrgica.

2) Comienzo de la Metalurgia en la C. N. E. A.

Desde los comienzos la CNEA sabía lo que quería: instalar un laboratorio capacitado de resolver los problemas referentes a combustibles nucleares - era la época de reactores a uranio metálico refrigerados a gas -. Si bien en ese momento no se había adoptado aún ninguna decisión referente a la instalación de reactores de investigación o de potencia, se presuponía que en algún futuro no muy lejano eso iba a ocurrir, además la CNEA había comenzado a producir uranio e incluso tenía instalada una planta en Ezeiza (localidad cercana a Bs. As.) para la fabricación de uranio metálico.

En función de los datos de la realidad, y de acuerdo a la propia concepción de las soluciones para los objetivos del momento, los miembros de la división resolvieron: instalar un laboratorio de investigaciones metalúrgicas capaz de resolver los problemas nucleares, pero capaz también de resolver los problemas metalúrgicos mucho más generales (3). Otras decisiones que se tomaron al comienzo, consideramos importante transcribirlas, pues ellas definieron las actividades posteriores, y pueden explicar algunos de los logros obtenidos.

La primer decisión fue que "el laboratorio debería ser un laboratorio creativo, por cierto que de entrada no tenía más remedio que copiar, pero hacerlo sabiendo que esa era sólo una etapa en un camino que nos debía conducir a desarrollos originales. Para hacer posible esta creación, era menester construir una base de conocimientos científico-técnicos, lo más amplia y sólida posible, de manera de poder enfocar problemas específicos con amplitud de miras".

En consecuencia se decidió ver a la metalurgia nuclear como una rama de la metalurgia, y definir a un metalurgista nuclear como aquel metalurgista que aplica sus conocimientos a la solución de problemas nucleares, y que lo hará tanto mejor cuanto mejor sea su base técnico-científica en metalurgia.

Como ya dijimos, en la Argentina de 1955 la metalurgia no existía como disciplina académica, en consecuencia el laboratorio no tenía en donde apoyarse, por lo tanto debía construir sus propias bases. Los futuros grupos de investigación organizaron su actividad científica como la de un centro de investigación o universidad, expresando sus tareas a través de cursos, conferencias, trabajos científicos, simposios, etc.

Teniendo bien presente que la disponibilidad de tecnología se refiere concretamente a la existencia de conocimiento tecnológico y a la posibilidad de acceso al mismo, se consideró exhaustivamente el caso de la industria nuclear. El conocimiento

to de dicha tecnología se encuentra concentrado en un número muy reducido de empresas, las cuales no siempre lo obtienen del resultado de sus propias actividades de I y D. La inversión requerida para producir tecnología que a la empresa le permita mantenerse líder en dicho campo, las exigencias son generalmente elevadas. Los resultados de estos esfuerzos de creación tecnológica original, se convierten en parte del patrimonio de la empresa y su difusión es controlada estrictamente, al menos durante el tiempo en que la misma puede obtener una ventaja competitiva como poseedora de dicho conocimiento en forma exclusiva.

Para poder llegar a esta etapa del desarrollo es necesario contar con una infraestructura en el país, tanto en el sector científico-técnico como el industrial, pues solamente de un esfuerzo conjunto se logra la evolución y concreción de una industria de avanzada. En países como el nuestro donde debemos comenzar a absorber la tecnología nuclear encontrándose ella en una etapa ya más avanzada, resulta necesario implementar con métodos eficientes la captación y digestión de los conocimientos ya generados por otros.

Por lo tanto se decidió que el laboratorio debía estar capacitado para organizar y aprovechar su personal científico y técnico para conocer y transformar la información contenida en revistas, libros y otras fuentes de información libre, y llegar a ser los vehículos efectivos a través de los cuales se transfiera tecnología a quien lo requiriera. Estas fueron las principales razones que llevaron al laboratorio a tener una conformación tan heterodoxa, ya que debía cubrir bajo un mismo techo a especialistas en diversas disciplinas desde ingenieros en procesos metalúrgicos, físicos del estado sólido, químicos analíticos, etc.; por ello se pidió a las autoridades de la CNEA la más completa libertad para elegir el camino más conveniente para cumplirlo.

En abril de 1957, la CNEA tomó dos decisiones:

a) instalar su primer reactor nuclear de investigaciones, y

b) resolvió que ese primer reactor no iba a ser adquirido en el extranjero, sino que construido en el país. En el Departamento de Metalurgia se decidió de inmediato que debían fabricarse los elementos combustibles a pesar del equipamiento inexistente y con experiencia nula en elementos combustibles.

El 20 de enero de 1958 fue inaugurado el reactor RA-1, y su núcleo estaba íntegramente compuesto por elementos combustibles fabricados en la Argentina en el tiempo récord de 9 meses. Durante la fabricación se introdujeron modificaciones fundamentales que reducían el tiempo de producción y garantizaban la constancia de propiedades. Lo cierto es que ese "know-how" interesó a una firma alemana que tenía que fabricar elementos análogos, y en agosto de ese mismo año compró el know-how (3). Así fue que por primera vez Argentina exportó tecnología nuclear a un

país de alta tradición científica.

Fue en 1959 cuando la CNEA y el país atravesaban una situación muy difícil, y habiendo desaparecido la primera necesidad de la fabricación de los elementos combustibles, es que se replantearon los objetivos del Departamento en forma un poco independiente de las decisiones de la CNEA, resolviendo:

- 1) hacer metalurgia al más alto nivel,
- 2) desarrollar todo el conocimiento metalúrgico necesario para ayudar al país a adquirir capacidad de decisión autónoma en materia nuclear,
- 3) desarrollar la metalurgia nuclear hasta permitir al país tener capacidad propia de producción y diseño de elementos combustibles,
- 4) cooperar estrechamente con la industria electro-mecánico-metalúrgica, para hacer posible su máxima participación en el desarrollo nacional.

Podemos definir con el nombre de "mission oriented laboratory", al Departamento de Metalurgia (actual Gerencia de Tecnología) por todo lo antedicho (4).

3.1. Recursos humanos

Desde el mismo momento de la creación del departamento, se dio prioridad a la formación de sus cuadros técnico-científicos, y en tal sentido realizó una tarea permanente, que por cierto costó dinero y esfuerzos, hasta llegar al plantel actual integrado por:

- a) profesionales dedicados a investigación y desarrollo = 136,
- b) técnicos de investigación y desarrollo = 64.

La distribución en función de los años y su movimiento, se ve en la figura No 1.* Se observa un pico en el ingreso en los años 1968-70, y se debe a la incorporación de personal a través del contrato de instalación de la Central Nuclear Atucha. Evolución similar se observará con los sucesivos contratos que celebre la institución, observándose ya un incremento en 1975 debido al comienzo de la construcción de la Central Nuclear Córdoba.

Es de señalar que la relación de personal profesional/personal técnico es alta, (aprox. 2 a 1), la misma distorsión en estos valores observó A. Araoz para la actividad científica en general en la Argentina (5). Este hecho podemos explicarlo de la siguiente manera: en los últimos años no se ha incorporado nuevo personal, muchos de los técnicos de la gerencia han ingresado en calidad de tales, pero la gran mayoría paralelamente ha realizado estudios universitarios, y con el transcurso del tiempo obtuvieron su título de profesional.

Es de hacer notar que el retiro de los profesionales y técnicos de la gerencia en general es bajo en número. En los 20 años se fueron 71 profesionales y 22 técnicos, con un promedio de su estadía de 5 años. Se observaron 2 picos, uno correspondiente al año 1964 (posible causa: grave crisis económica en el país), y otro en 1973 (quizás debido a cambios en las estructuras).

Al clasificar al personal profesional por categorías se encuentra que un 30% corresponde a la categoría más alta, la de "investigadores independientes", un 17,4% a la de "investigadores asociados", un 34,2% a la de "investigadores principiantes", y un 18,3% a la de "ayudantes de investigación". Las cifras correspondientes a la actividad científica para Argentina a estas categorías son: 35% de investigadores independientes, 25,5% de investigadores asociados, 19,3% de investigadores

*Para mayores datos ver figs. 4 y 5 de ref. No 19.

principiantes, y 17,9% de ayudantes de investigación (5). Esta pirámide invertida no parece corresponder a un sistema científico dinámico y en crecimiento, pues habría que mostrar las proporciones más elevadas en las categorías más bajas. Pero esta distorsión en los valores se debe:

1) a la falta de un buen sistema de becas, y

2) a la no incorporación de personal en los últimos años en la medida que debiera enriquecer a los grupos de investigación existentes. En el departamento se complementa la actividad formativa tomando tesis de la área latinoamericana a través del Programa Multinacional de Metalurgia (este punto será desarrollado en la ref. 6).

3.2. Infraestructura

Las facilidades en edificios con que cuenta la Gerencia a diciembre de 1975 son: laboratorios 1955 m² (31,8%); galpones 2660 m² (43,2%); depósitos y talleres 790 m² (12,8%); administrativas 161 m² (2,6%); otros 589 m² (9,5%). La suma totaliza 6155 m² cubiertos. La evolución a través del tiempo se vé en la figura No 2.

Las inversiones de la CNEA totales fueron de 7,8 millones de u\$s en 1955, siendo el presupuesto del Departamento de Metalurgia del 1%, posteriormente el presupuesto de la CNEA evolucionó según se vé en la fig. No 3, representando el presupuesto de la Gerencia entre el 5 y 6% del total, llegando a ser en 1975 de 150,3 millones de u\$s (7).

3.3. Capacitación

En la formación de recursos humanos, la actual Gerencia de Tecnología ha desarrollado numerosas actividades, y podemos clasificarlas de acuerdo a los tipos de cursos organizados:

1) cursos de post-grado: destinados a dar formación metalúrgica a graduados universitarios en las disciplinas de física, química, ingeniería. Se comenzó en 1962 con el primer curso panamericano de metalurgia, el segundo se dictó en 1965, y luego como actividad continuada a partir de 1967 hasta el 10o curso que fue

dictado en 1974.

A partir del quinto curso fue incorporado dentro de las actividades del Programa Multinacional de Metalurgia, por lo tanto el detalle de ellos será descrito en el trabajo presentado por dicho Programa (6). (Para detalles consultar ref. 8 y 10).

2) cursos de actualización para investigadores y profesores universitarios: se dictan desde 1969, y su objetivo es perfeccionar a los participantes en temas específicos. Las características de estos cursos o seminarios, es que tratan temas muy específicos y con una duración de una ó dos semanas. En los últimos 2 años, se cambió la modalidad, organizándose seminarios de mayor extensión para desarrollar la parte básica y aplicada de una especialidad, formando el seminario por una serie de cursos que tienen continuidad y permiten al participante actualizar sus conocimientos (caso del seminario de solidificación y fundición, y otros que serán mencionados en la ref. 6). Se procura en todos los casos realizar trabajos además de evaluación y discusión de programas de trabajos de desarrollo en curso.

3) cursos de reciclado para el personal profesional de la industria metalúrgica: se dictan a profesionales con formación básica en cualquiera de las ramas de la ingeniería o licenciaturas en física ó química, y que se hayan desempeñado varios años en la industria metalúrgica. Son cursos de corta duración con dedicación full-time algunos, o part-time en los casos que se dictaren para un grupo de profesionales de una determinada industria. En ellos se abordan temas especializados de acuerdo al interés de los asistentes, y en muchos casos se complementaron con seminarios de especialistas extranjeros que visitaron el país (9).

4) bajo la dirección de investigadores asociados o independientes del Departamento se realizaron 53 tesis de doctorado presentadas a las diversas universidades del país, y trabajos de seminarios para optar al título de licenciado en alguna de las ciencias exactas.

Los tesisistas en muchos casos han gozado de becas otorgadas por organismos como CNEA, CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), o por el PMM (Programa Multinacional de Metalurgia). El listado completo de estos trabajos figuran en la referencia 11.

5) la Gerencia ha puesto un gran esfuerzo en el entrenamiento de su personal profesional y técnico para que realice estadías de 1 a 2 años en universidades

y/o laboratorios de renombre mundial. En la mayoría de los casos el personal viajó ya con formación de post-grado, algunos con nivel de investigadores asociados ó profesores invitados, otros han obtenido el título de master of sciences (en diversas disciplinas), o doctorados. Hubo casos en que el viaje se realizó para obtener entrenamientos muy específicos, como ser el mantenimiento de un microscopio electrónico.

También resultaron muy provechosas las salidas del personal que debió actuar como inspector durante la fabricación de componentes para centrales nucleares (para mayores aclaraciones ver la referencia 12).

3.4. Tareas de Investigación

Como corolario de las primeras actividades en el laboratorio de entrenamiento del personal en el exterior y varios cursos y visitas de expertos del nivel del Profesor P. Lacombe, Prof. R. Cahn y del Prof. G. Gebhardt, se elaboró un plan de actividades a cinco años.

Se preveía el desarrollo de áreas básicas de metalurgia de transformaciones, y ellas fueron: fundición, deformación, tratamientos térmicos, pulvimetalurgia, etc. Los grupos de investigación fueron definiéndose a través del tiempo, algunas disciplinas se desarrollaron durante algunos años y luego fueron abandonadas pues sus integrantes derivaron sus intereses hacia otras áreas. Podemos mencionar que entre 1960-65 coexistieron varias líneas de investigación con grupos integrados por 3 a 5 investigadores, tales como: solidificación, plasticidad, recristalización, difusión, fricción interna, difracción de rayos X, sinterización, etc.

Posteriormente dados los compromisos con la industria, algunos investigadores dedicaron sus esfuerzos a trabajos de desarrollo ó asesoramiento, y el compromiso contraído con otros departamentos de la CNEA algunos volcaron todos sus esfuerzos hacia ellos.

Hacia 1968 podemos definir los siguientes grupos de investigación con un número promedio de integrantes de 5 personas: aceros, corrosión, daños por radiación, difracción de rayos X, difusión en metales, gases en metales, fundición, transformaciones de fase y tratamientos térmicos y transformación mecánica.

Con la creación del Programa Multinacional de Metalurgia en 1969, cinco de esos grupos pasaron a engrosar las filas de la actividad de investigación que apoya el Programa, ellos son: aceros, deformación plástica, transformaciones de fase y tra

tramientos térmicos, solidificación y fundición, y corrosión.

Dichos grupos comenzaron a recibir becarios y tesis de latinoamérica, cumplimentando así la tarea que ya venía desarrollándose en todo el laboratorio para la formación de las nuevas generaciones de investigadores.

En todos los grupos se observa una temática central de investigación con pequeñas desviaciones según los intereses del investigador principal y/o por otros compromisos.

Podemos ejemplificar la creación y formación de un grupo reseñando la evolución del de corrosión. Se orientó el primer trabajo a ser realizado en dicha disciplina por un interés propio de CNEA.

Para tal fin se tomó a un licenciado en química para que realice su tesis de doctorado, contando con una beca de iniciación como apoyo otorgado por el CONICET, en el tema: corrosión de vainas de aluminio en agua, problema del que debía tenerse conocimiento pues el elemento combustible del reactor RA-1 está envainado en aluminio. Una vez terminado el trabajo, al cabo de 3 años, esta persona fue enviada a recibir mayor entrenamiento a un grupo de primera línea que trabaja en temas de corrosión. Regresó al país al cabo de 2 años, y comenzó a equipar un laboratorio especializado, incorporando en forma progresiva algunos profesionales, seminaristas y técnicos. Al final de 15 años el equipo está formado por 6 profesionales y 2 técnicos, y el laboratorio cuenta con un grupo sólidamente formado en temas de corrosión capaz de encarar, plantear y/o resolver problemas que surgen de la Casa, como de la industria metalúrgica.

Hacia 1975 podemos observar que se han restringido algunas actividades o se han interrumpido algunas disciplinas, pues el número de ayudantes de investigación es bajo y el número de investigadores independientes disminuyó. En la actualidad se cuentan los siguientes grupos: aceros, daños por radiación, soldadura, fundición, técnicas especiales, transporte y tratamientos térmicos. Además funcionan varios servicios altamente especializados como son: gases en metales, análisis de información, ensayos mecánicos.

En la actualidad este proceso está sufriendo varios cambios en su orientación, ya que la CNEA ha decidido realizar desarrollos tendientes a solucionar el abastecimiento de algunos suministros a las centrales nucleares en operación y en instalación.

Podemos mencionar que algunos grupos dedican mayor esfuerzo a tareas de desarrollo como son: nuevas calidades de aceros, aleaciones de circonio, etc. Ha disminuido el esfuerzo en el número de trabajos que podemos denominar netamente básicos, debido a las necesidades de la CNEA, pues ellas han influido para que

se reorienten algunas líneas de investigación hacia trabajos más aplicados.

En la figura No 4, se observa el crecimiento de las publicaciones del Departamento de Metalurgia, servicio de asistencia técnicas a la industria y combustibles desde 1957 hasta diciembre de 1975. (Para mayores datos sobre títulos, autores, temas, etc., ver referencia No 11).

La orientación del esfuerzo se puede cuantificar aproximadamente clasificando los trabajos publicados por el "campo de acción probable". Los resultados muestran que 75,4% de las publicaciones responden a trabajos de adquisición de conocimientos y el 24,6% restante, a trabajos de desarrollo experimental. Podemos concluir que el esfuerzo, de acuerdo con las pautas definidas durante la creación del Departamento, se fueron cumpliendo; ya que se realizó un gran esfuerzo en los comienzos para la capacitación del personal. Esta conclusión está directamente ligada al alto porcentaje de publicaciones que resultan formativas, y además con ellas se demuestra que en cierta medida se ha logrado uno de los objetivos, llegar a ser creativo.

Se observa un incremento en el número de publicaciones denominadas de desarrollo experimental, a partir de 1972. Dichos trabajos responden en la mayoría de los casos, a algunos desarrollos que resultaron como corolario de problemas presentados por la industria. En el punto 3.6. se desarrollará más en detalle.

En cuanto a servicios la Gerencia ha puesto énfasis en desarrollar aquéllos que son necesarios tanto para la Casa como para la industria metalúrgica. Podemos mencionar el esfuerzo que se realizó en la adquisición de información escrita, comenzando en 1955 con suscripciones que eran únicas en el país. La compra de libros, documentos, publicaciones periódicas, ocuparon una parte importante del presupuesto consiguiendo formar una biblioteca con la mejor colección, en la actualidad y en el país, de la rama metalúrgica. Desde 1970 se formó un servicio de documentación que presta asesoramiento y servicios varios a la industria metalúrgica que lo solicite, como así también a otros centros de investigación del país.

Con esta experiencia un grupo de empresas del sector eléctrico solicitó un estudio de relevamiento de los servicios técnicos especializados del país y su evaluación. (Ver referencia 15).

3.5. Actividades de desarrollo

La Gerencia ha realizado un programa de elementos combustibles que es una de sus mayores contribuciones en actividades de desarrollo experimental y fabri-

cación con tecnología propia. La tecnología en la mayoría de los casos ha sido obtenida como corolario de trabajos de los grupos de investigación. Sirven de ejemplos los elementos de los reactores RA-0 y RA-1, que han utilizado polvo de UO_2 y vaina de aluminio, dichos materiales fueron objeto de estudio por varios grupos que han encarado procesos como la sinterización, soldadura, etc. El elemento combustible utilizado por el reactor tipo MTR instalado en Ezeiza, es de desarrollo propio que tuvo su origen en el grupo de deformación plástica. En 1970 se ensayó por irradiación el primer elemento combustible de potencia manufacturado en la Argentina. El ensayo se realizó en un reactor alemán de 50.000 KW de potencia, dicho ensayo significó un avance importante, dado que las exigencias de calidad y performance en un reactor de potencia son muy superiores a las que corrientemente se presentan en un reactor de investigación. El elemento se comportó normalmente durante la operación del reactor, repitiéndose dicha experiencia con 2 unidades más. (Para mayores datos, ver ref. 11 cap III, 1).

Otro hecho promisorio en actividades de desarrollo será la puesta en funcionamiento de la primer planta piloto de combustibles nucleares durante el transcurso del presente año. Dicha planta se construyó con diseño propio, la mayoría de los componentes de su instalación son de fabricación nacional, el control de calidad de la instalación fue realizado por el mismo personal que intervino en el diseño y seguimiento de la obra. La instalación del laboratorio demandó 6 años, y ha contado durante los primeros 4 años con 2 profesionales a cargo de la misma. Recién en la etapa de puesta en marcha y desarrollos experimentales se incorporaron 5 profesionales, 3 técnicos y 4 operarios de mantenimiento.

En los últimos años ya se está volcando cierto esfuerzo en la formación de un grupo de diseño y comportamiento de combustible, que tiene como meta mejorar el diseño del elemento combustible utilizado actualmente por la Central Nuclear Atucha, además ha puesto énfasis en la formación de profesionales en ensayos de post-irradiación. Nombramos estas disciplinas para señalar el proceso creciente de líneas de investigación aplicada y desarrollos que aparecen como corolario de la incorporación de tecnología nuclear.

3.6. Interacción con la industria

Dentro de la filosofía de la creación y desarrollo del laboratorio se planteó como uno de los objetivos el asegurar la mayor rentabilidad de las inversiones que la CNEA hacía en esta actividad. Esta rentabilidad se podía acrecentar si al mismo tiempo que desarrollaba las tareas de formación de personal y de investigación, promovía la transferencia de conocimientos al sector industrial.

Durante algún tiempo se hizo de manera informal, sobre la base de relaciones personales se contestaban preguntas, se asesoraba a quienes lo solicitaban y se proveían algunos análisis y servicios técnicos especializados. El 21 de marzo de 1961 se suscribió el convenio entre la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina, que puso en funcionamiento el Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI). Sus objetivos eran, resumiendo:

- 1) prestar asesoramiento científico-técnico a la industria metalúrgica en problemas de fabricación y uso de metales y aleaciones,
- 2) difundir métodos de producción y aplicación de nuevos metales y materias primas,
- 3) facilitar el acceso a una mejor y más completa información científica y técnica,
- 4) desarrollar nuevos métodos de control de calidad,
- 5) emprender investigaciones de desarrollo,
- 6) promoción en la industria y el país de la transformación tecnológica en los próximos años como consecuencia de los desarrollos en los campos de los procesos y propiedades de los metales.

El SATI es una institución de bien público, es decir sin fines de lucro (Para mayores detalles consultar cap. 3, ref. 20).

Institucional y funcionalmente el SATI es un nexo entre la actividad de investigación y las necesidades de la industria, principalmente en la rama metalúrgica de transformación. El personal que atiende dicho servicio posee conocimientos metalúrgicos, ha realizado tareas de investigación y ha aprendido a resolver problemas en la industria, por lo tanto habla los dos idiomas. Su formación no ha sido fácil, se ha partido de ingenieros con experiencia industrial, y se estima que el tiempo de formación necesario para un desempeño eficaz en el SATI es de 3 a 4 años, si tienen experiencia metalúrgica. Resulta fundamental para el servicio el apoyo que prestan los diferentes grupos de trabajo.

Es importante destacar que el SATI no hace análisis rutinarios de control sino que orienta al interesado hacia los diferentes laboratorios oficiales ó privados que los efectúan. En muchos casos se aplican aranceles de fomento y hay consultas que se efectúan sin cargo.

Según una publicación del mismo servicio entre 1961 y 1971, se recibió cerca de 450 consultas, de las cuales 280 fueron sin cargo (requerían de 1 a 3 días de trabajo) y 170 condujeron a trabajos con pago de aranceles.

De la lista de trabajos realizados podemos resumir en las siguientes categorías: análisis de fallas de piezas y estructuras, diagnóstico de dificultades de manufactura en preparación de aleaciones o procesos metalúrgicos, aplicación de nuevas técnicas y ensayos no destructivos, técnicas metalográficas, puesta a punto de técnicas de fabricación y desarrollos de nuevos productos. (Ver cuadros 17, 18 de ref. 20). En los años 1968/69 alcanza un máximo el número de trabajos y luego de crece, ya que el personal ha debido dedicar una proporción cada vez mayor de su tiempo a los problemas relacionados con la construcción de las centrales nucleares.

La manera algo desordenada en que se ha desarrollado la industria metalúrgica en el país y la situación de dependencia tecnológica vigente, hacen que el industrial tenga posiciones oscilantes respecto del servicio, desde una fuerte subestimación a una sobreestimación de la real capacidad técnica de ese servicio. La falta de una política estatal dirigida hacia la promoción de la transferencia de tecnología de origen nacional, ó a la correcta adaptación de la tecnología importada, hacen que en general el industrial demande trabajos de "trouble-shooting". La experiencia del SATI muestra que el industrial es reacio a invertir dinero en tareas de desarrollo que rinden frutos a mediano plazo, por el riesgo que ello implica.

En los últimos años se ha comenzado otro tipo de experiencia de relación con la industria que consiste en ofrecer en forma totalmente ilimitada la capacidad y experiencia de un laboratorio.

Como consecuencia se entabló un diálogo en base a los problemas de desarrollo que necesita una dada empresa, para luego buscarle la solución, como lo realiza el Battelle Memorial Institute, el Mellon Institute, etc.. Esta experiencia parece promisorio y ha tenido una respuesta positiva por parte de las empresas (13).

Estudios de revisión

Por solicitud del sector industrial de diversas ramas del país, algunos grupos han participado de estudios globales de determinados materiales o problemas relacionados con ellos.

Para tal fin se implementó con metodologías de trabajo diferentes a las usuales en trabajos normales de laboratorio. Al comienzo de cada trabajo (referencias 14, 15, 16, 17, 18, 19, y 20), habiendo tomado conocimiento de los antecedentes

tes, recursos y otras condiciones de controno inherentes a la implementación del contrato, se elaboró la metodología más adecuada de trabajo de los equipos intervinientes. En todos los casos participaron grupos de varias instituciones ya que se cubrían diversas disciplinas que estaban cubiertas por especialistas de otras instituciones. Así es que colaboraron miembros de universidades como la de La Plata, del Sur, de un instituto de las Fuerzas Armadas, CITEFA, industriales, etc. En cada trabajo se explicitan los aspectos principales y condiciones de contorno que llevaron a un mejor aprovechamiento de los recursos humanos y el hallazgo de las soluciones más factibles.

El primero de ellos fue publicado en 1967 (14), que consistió en un estudio de las propiedades que interesan en servicio de diferentes aceros a los fines de considerar su reemplazo ó sustitución por productos de fabricación nacional. En 1971 se publicó un estudio de prefactibilidad técnico-económico de investigación y desarrollo demateriales magnéticos blandos (15). Dicho trabajo fue solicitado por una importante empresa generadora de energía eléctrica.

Otros mencionables son sobre temas de corrosión metálica solicitado por un grupo de ~~empresas~~ empresas relacionadas con la industria naval, estudio de un centro de tecnología de plantas térmicas solicitado por un grupo de empresas generadoras de energía eléctrica. En 1973 se publicó un estudio de centrales nucleares, su tecnología e impacto regional. Este trabajo entronca directamente con los planes de la CNEA sobre fabricación de componentes para centrales nucleares.

Quienes participaron de estos trabajos, investigadores, técnicos, etc., han quedado con un saldo extremadamente positivo, logrando la interacción entre diversas disciplinas y niveles con mutuo respeto y beneficio general.

3.7. Interacción con otros centros de investigación

En el Departamento se ha puesto gran énfasis en la interacción con otros entes que desarrollan actividades similares del país como de latinoamérica, ya sea en docencia como en investigación, dictado de cursos, dirección de trabajos de seminarios y tesis de doctorado, programas de investigación conjuntos y utilización de facilidades experimentales (en la ref. 12, ver cuadro No 4 pág. 98 para mayor detalle).

Además existen numerosos convenios, acuerdos de cooperación y contratos de investigación, en total han recibido entrenamiento metalúrgico de algún tipo, al rededor de 600 profesionales. El Departamento ha recibido subsidios y contratos de investigación con varios entes ya sean del país como del exterior, siendo la suma total de: 8 de Argentina, 9 de instituciones de los EEUU, celebró convenios de cooperación técnica con: Alemania, Italia, Francia, Rumania, Gran Bretaña. Obtuvo un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo por u\$s 1.000.000 en 1966 para la adquisición de máquinas, equipos e instrumentos.

Dirige juntamente con UNIDO el Instituto Nacional de Ensayos no Destructivos, y es el Centro Sede del Programa Multinacional de Metalurgia de OEA.

Es de destacar en este punto que la Gerencia ha obrado con total independencia en la utilización de los subsidios que han facilitado las tareas de investigación y desarrollo. La Gerencia ha recibido la visita de expertos de las más diversas especialidades, y de numerosos países, con estadías de varios días hasta 1 año de duración. La mayoría, además de prestar asesoramiento a un determinado grupo de la Casa, ha dictado seminarios ó conferencias, y completaron sus misiones con visitas a otros centros afines del país.

4) Participación en la instalación de Centrales Nucleares

4.1, a) Central Nuclear Atucha

Como ya fue mencionado, en enero de 1965 la CNEA recibió, por un decreto del Poder Ejecutivo, la orden de preparar un estudio de factibilidad, analizando las posibilidades de instalación de una central nuclear en la región geográfica conocida como Gran Buenos Aires-Litoral, donde la demanda de energía eléctrica se estimó que se incrementaría en 1.300 Mw en el período 1966-72. Esta decisión ha puesto a prueba a la CNEA y en ese momento comenzó la hora de la verdad.

Haremos una pequeña reseña de las negociaciones celebradas para la concreción de la CNA, la evaluación de las ofertas, la participación durante la construcción y puesta en marcha. En cada una de estas etapas han participado muy activamente varios grupos de la Gerencia de Tecnología, desde su ex-gerente hasta los más diversos grupos técnicos. (no haremos la discriminación de dichos grupos, si no que daremos un panorama global, (para mayor detalle ver 25).

Para la redacción del estudio de factibilidad (22), CNEA decidió no contratar a ningún estudio de especialistas, sino que prepararlo bajo su propia dirección y responsabilidad, y con su personal científico y técnico. Para realizar dicho estudio se formó un grupo especial integrado por 15 miembros con dedicación full-time al estudio bajo la dirección de un comité ejecutivo cuyos miembros eran: el presidente de la CNEA y los gerentes de energía y tecnología de la Casa.

El estudio se completó en 14 meses, y contiene 9 volúmenes, 2 principales y 7 anexos. El documento cubre los aspectos económico, financiero, político, legal, social, y de salud inherentes a la instalación y operación de una central nuclear de potencia, así como también el impacto regional sobre los recursos naturales, desarrollo industrial, etc.

Las conclusiones más importantes eran:

- a) al rededor de 1972 el sistema conectado del Gran Buenos Aires debe estar preparado para incorporar la energía de una central nuclear a su red
- b) en dicha red la central deberá operar 25 años en forma eficiente y segura como cualquier central convencional moderna,
- c) la instalación y operación de la misma debe resultar competitiva en términos económicos con cualquier central convencional térmica,
- d) el lugar elegido es Atucha, a 100 Km al noroeste de Buenos Aires,

e) permitirá la participación de la industria nacional en el suministro de componentes,

f) el desarrollo científico y técnico de la Argentina deberá beneficiarse con dicho proyecto.

El documento concluye que el gobierno debe realizar un llamado de ofertas y negociar con los posibles proveedores. El gobierno aceptó la sugerencia y enseguda se comenzó la etapa siguiente. (23)

Para comenzar las negociaciones sobre la compra de una central debe tenerse bien claro que no es una simple negociación comercial, como la compra de una planta de producción de acero ó una planta automotriz. La instalación de una central significa en esta década entrar en la era nuclear con todas sus implicancias políticas, tecnológicas y socio-culturales. Las mayores consecuencias a tener en cuenta son:

a) la decisión por tipo de combustible,

b) la potencia del reactor, que para el de Atucha se sugirió como la más racional de 500-550 Mw, pero por varias negociaciones con los oferentes se pudieron presentar 2 posibilidades de 300 Mw y 500 Mw,

c) se realizó un llamado de ofertas por considerarlo lo más apropiado de a cuerdo con las leyes vigentes,

d) la Secretaría de Energía exigió a la CNEA que la central entre en operación comercial no más allá de junio de 1972, ello implicaba que se disponga de solamente 48 a 52 meses, por supuesto muy poco tiempo para una obra de dicha envergadura,

e) la financiación de la obra debía estar incluida en las ofertas,

f) debía asegurarse la provisión de los elementos combustibles y las referencias correspondientes sobre la tecnología de fabricación,

g) CNEA especificó en su llamado de ofertas que el proveedor deberá contemplar la máxima participación de la industria local, cubriendo no solamente áreas tradicionales ya como ingeniería civil, sino que la adquisición de componentes que implican un diseño y tecnología avanzada.

Las ofertas se presentaron el día 31 de julio de 1967 y se recibieron 17 ofertas diferentes, provenientes de Francia, Gran Bretaña, Canadá, EEUU y Alemania.

Evaluación y selección

El grupo de profesionales que participó en el estudio de factibilidad, realizó la evaluación de las ofertas concluyendo su estudio en diciembre de 1967. La CNEA envió al Poder Ejecutivo su decisión en febrero de 1968.

Durante la evaluación se estudiaron más de 70 variables, considerando que no se adquiría una "caja negra" sino que era "gris" para la Casa (27). Las variables más importantes eran combustibles, financiación, datos técnicos, económicos y participación local. La oferta de la firma Siemens reunió los máximos puntos en los asuntos enumerados.

Como resultado de las tramitaciones efectuadas por CNEA para grandes obras ante los poderes públicos, se sancionó la Ley 18.243 y su Decreto Reglamentario No 3059/69 que otorga beneficios a los proveedores nacionales de suministros electromecánicos destinados a la central, tales como reintegro de impuestos, exención del impuesto a las ventas, importación de materiales que no se fabriquen en el país, etc. (24, 25).

A través del SATI se actuó asesorando sobre la correcta aplicación de las especificaciones requeridas y sobre los métodos y procesos más convenientes para cumplimentar las normas exigidas. En particular se dio asesoramiento sobre ensayos y controles no empleados aún o insuficientemente desarrollados en la Argentina.

Un grupo importante de profesionales viajó a Alemania y realizó parte del seguimiento y control de calidad de los elementos provistos por la industria alemana, aunque el control de calidad estuvo en manos de un organismo alemán T.U.V., que canceló dicho compromiso en 1972. Posteriormente CNEA, a través del grupo de ensayos no destructivos, realizó la inspección en servicio de la central. Este es un punto importante del desarrollo de una técnica de control totalmente nueva en la Argentina, y permite en la actualidad continuar con el control y ensayos durante la operación de la central, realizado exclusivamente con el personal de la Gerencia.

En la actualidad, la Gerencia colabora con la Central en el control de los elementos combustibles quemados, asesoramiento sobre el reemplazo de partes y aseesoramiento sobre mantenimiento.

4.1.b) Central Nuclear Córdoba

Para la instalación de la segunda central nuclear, la CNEA recibió un pedido de estudio para proveer a la provincia de Córdoba de energía eléctrica generada por vía nuclear. De acuerdo a un primer estudio y los requerimientos locales, se llegó a la conclusión de que debía ser una central de 150 MW, pero el estudio económico determinó que no era conveniente.

Se llevó a cabo un segundo estudio, juntamente con otros entes del Estado, pensando en interconectar la central a una red de distribución, llegándose a una demanda de 300 MW. Después de un mero sondeo en el mercado mundial se vio que dicho módulo no era conveniente desde el punto de vista económico. El módulo más aceptable resultó ser el de 600 MW tanto sea a uranio natural ó enriquecido.

Luego se estudió la interconexión de la central a otra red de distribución a segurándole a la central que trabaje sólo de base, pues es uno de los puntos fundamentales para su eficiencia y seguridad.

Después de 2 años de trabajo se finalizó el estudio de factibilidad (28), y el Poder Ejecutivo aprobó las conclusiones y se procedió a la confección de los pliegos para realizar un llamado de ofertas.

Los mismos integrantes que realizaron el estudio de factibilidad, redactaron los pliegos en 4 meses (equipo compuesto por 12 personas). Las ofertas se presentaron en el mes de junio de 1972, por medio del Decreto Ley 4658/72, se incluyó a la Central Nuclear Córdoba entre las grandes obras eléctricas del país.

Se presentaron cuatro ofertas a base de uranio enriquecido y dos a base de uranio natural. Para la evaluación se constituyó un grupo de estudio con metodologías de evaluación que permitiesen conocer todos los factores que habían sido inclidos en el llamado.

Se constituyeron los siguientes grupos de trabajo: obra civil, isla nuclear, seguridad, formación de personal, organismo inspector, convenio de transferencia de tecnología, economía, etc. En total participaron unas 120 personas, todos ellos profesionales de CNEA.

Citaremos a título de ejemplo, los factores de evaluación y coeficientes en ponderación que estableció el grupo de participación de industria nacional (26):

a) participación nacional sobre el precio total de la Central : 30%,

b) participación nacional en suministros electromecánicos sobre el total de los suministros de la oferta : 20%,

c) cumplimiento de la "lista indicativa" del pliego de especificaciones : 10%,

d) valor tecnológico de los suministros electromecánicos nacionales incluidos en cada oferta : 10%,

e) limitaciones en los precios, garantías y plazos otorgados para la central debidos a la participación nacional incluida 10%,

f) contribución de la ingeniería nacional en la central : 20%.

El contrato se celebró con el consorcio formado por el Atomic Energy of Canadá Limited, y la firma Italmimpianti, mediante el Decreto del Poder Ejecutivo No 706/74. La isla nuclear será suministrada por la firma canadiense y la parte convencional por la firma italiana. Además se celebró un contrato de transferencia de tecnología sobre la isla nuclear con AECL.

Todos los beneficios y reglamentaciones obtenidas para la construcción de la CNA*, siguieron con vigencia para la CNC**
el cual

Un punto de importancia en / tuvo mucha participación personal del SATI fue la confección de las listas de elementos a ser provistos por la industria nacional llamadas lista positiva, lista probable y lista negativa. (26)

Los suministros y prestaciones de origen argentino representan aproximadamente el 50% del monto contractual. Respecto de la CNA se observan incrementos sustanciales en rubros de suministros electromecánicos, que de un 12% de participación, pasaron a un 33,2%, y se logró obtener por primera vez una obligación contractual del 33,2% que será realizado por empresas de ingeniería argentinas.

Para lograr un aumento significativo de los suministros resta aún desarrollar localmente una serie de importantes componentes de la central, como ser: la calandria, los tubos de presión, bombas del sistema primario, etc. Para lograr otra etapa más avanzada hacia la integración en las próximas centrales que se instalen en el país, debe quedar bajo la responsabilidad de CNEA y consorcios de firmas locales, la dirección y coordinación del proyecto. Esto permitirá adecuar dicho proyecto a las posibilidades y características de la industria e ingeniería nacional. (Para mayores detalles, ver ref. No20y26).

*Central Nuclear Atucha, ** Central Nuclear Córdoba

Con respecto a la inspección de la obra, CNEA participa y discute junto a los supervisores del consorcio constructor con los proveedores en las etapas de proyecto, fabricación, montaje y puesta en marcha de la Central. Dicha interacción permite realizar una inspección activa y podemos observar que el personal afectado a dichas tareas, ha incrementado sus conocimientos y existe un nuevo flujo de ideas entre los que permanecen en los laboratorios, y los que visitan fábricas. La Gerencia de Tecnología ha provisto de varios profesionales y técnicos a la implementación del organismo inspector en las áreas de ingeniería de reactores y fabricación de componentes de la Central.

4. 2) Desarrollos a mediano y largo plazo

En general el suministro de energía eléctrica se realiza a través de instalaciones complejas y de alto costo, que poseen largo período de vida útil. Durante la vida de las centrales se requiere el suministro de combustible toda vez que las centrales son estaciones convertidoras de un dado combustible en energía eléctrica.

Una vez completada la instalación de una central, a lo largo de su vida útil se requiere un suministro económico de combustible pues su costo tiene incidencia directa en el precio total. A lo largo de la vida útil el precio del combustible puede llegar a ser 1 a 2 veces el precio de toda la central.

En el análisis de los costos del combustible se divide aproximadamente en $1/3$ a $1/2$ es el uranio y el resto en aleaciones especiales que forman la vaina, separadores, etc., y la elaboración.

El combustible requiere una tecnología muy sofisticada que por supuesto en el mercado mundial se encuentra protegida por las patentes de invención para su manufactura. Dicho conocimiento se comercia en muchos casos a través de la celebración de contratos de transferencia de tecnología, pero también hay combustibles que de los cuales no se pueden conseguir ni a través de contratos la tecnología para su fabricación.

En los países en desarrollo debe tenerse el concepto bien claro que existen 2 problemas fundamentales:

1) es el de proveerse de Centrales Atómicas, pocas unidades complejas son una perspectiva de integración nacional limitada,

2) es el suministro de combustible, que puede tener perspectiva de integración nacional, y es la clave del costo futuro de la energía producida por las centrales.

Tener la red de centrales sin fuente de suministro nacional deja en manos de los proveedores el funcionamiento del sistema.

Por todo ello es que en la CNEA se ha puesto énfasis en la adquisición de los conocimientos sobre los materiales que conforman al combustible, realización de desarrollos experimentales en producción de algunas de las partes como ser pastillas de UO₂, procesos de soldadura bajo atmósfera controlada, caracterización de

la vaina del combustible, métodos de ensayos y control de calidad, etc, proyectos de instalación de plantas piloto para la producción de elementos combustibles, fabricación de las vainas de Zircaloy, etc.

De las etapas enumeradas podemos comentar que dentro del Departamento de Combustibles se realizan los esfuerzos tendientes a conseguir la instalación de la planta para antes de la finalización de la presente década, contando con personal ya capacitado en varios procesos de la fabricación, pero que indudablemente habrá tecnologías que deberán contratarse para poder acelerar el proceso de fabricación, ya que los elementos combustibles necesarios para Atucha difieren de los utilizados en la Central Córdoba.

En el Departamento de Metalurgia hay varios investigadores abocados a programas de investigación sobre el circonio, su trabajado, propiedades físicas y mecánicas, etc, de tal manera de poder adquirir más conocimientos sobre la tecnología involucrada en la producción de vainas.

5) Evaluación

Un análisis de los problemas encontrados y de la actividad cumplida, es complejo y tal vez deba tener en cuenta otros factores si bien no mencionados a lo largo del texto no por esto poco importantes.

Una historia es la basada en hechos cuantificables, otra es la formada por una sucesión de imponderables que han influido de manera a veces fundamental en el curso de los acontecimientos.

De todo esto, lo que se ha tratado en esta contribución es de recoger a aquellas experiencias que si bien no son generalizables contienen elementos que es posible que se encuentren en muchos casos de esfuerzos de investigación y desarrollo en países de América Latina.

1. Un primer elemento que debe tenerse en cuenta para asegurar el éxito de un esfuerzo en I & D es la continuidad institucional. Esto implica el apoyo constante a lo largo de períodos prolongados de tiempo, a instituciones determinadas evitando la creación de nuevas instituciones en paralelo a las existentes.

Cuando institutos de I & D en América Latina comiencen a superar los 100 años de acción efectiva habrán logrado posiblemente estabilidad, y se podrá entonces valorar su utilidad para la sociedad.

2. El segundo elemento es una política de desarrollo de recursos humanos que no sólo asegure la capacitación de científicos y técnicos, sino que permita su labor continuada por períodos tales que su rendimiento individual y colectivo sea adecuado. La rápida evolución a otra actividad de gente capacitada mediante ascensos rápidos a puestos administrativos suele ser fomentada por una creciente burocracia científica de administradores que en muchos casos nunca fueron científicos ni técnicos. Este es un factor negativo que priva a los institutos de la contribución de profesionales capaces en el momento cuando más podrían rendir.

Estos ascensos están a veces ligados a la creación de nuevos institutos o programas, y el científico cede a la tentación dado que además encuentra una falta de genuino estímulo social en su tarea. El investigador se siente relegado por estrellas deportivas, hombres de negocios, publicistas, burócratas internacionales, militares retirados, etc.

Es así que un investigador, a menos de poseer una fortuna personal que lo pone en un plano superior de facto, debe buscar otras vías para lograr para él y su familia lo que cree es una justa retribución a su esfuerzo.

Son numerosos los casos de emigración a países en desarrollo ó de pasaje de investigadores a otras actividades que socialmente le restituían más que la investigación. Este drenaje que frena el desarrollo debe ser evitado mediante un justo estímulo económico y social a la actividad de investigación. Si esto no se implementa eficientemente no investigarán los más capaces sino los que reúnan una cierta combinación de vocación y fortuna personal en cantidades variables.

Además de estos dos elementos básicos existen otros que merecen ser brevemente descriptos y que, de acuerdo a la experiencia del grupo en CNEA, hacen al éxito de un programa de desarrollo tecnológico:

1- La política de capacitación es sólo una parte de una política general de formación de recursos humanos. Capacitación per se no significa nada, si no se preparan los elementos concomitantes adecuados para asimilar al personal capacitado.

La capacitación no debe convertirse inadvertidamente en una vía de promoción de la emigración mediante entrenamientos prolongados de personal en edad tal (18 a 24 años), que adquiere hábitos que luego lo arrastran a regresar al lugar de entrenamiento.

La capacitación debe implementarse localmente y debe ser parte importante de la actividad de una organización de investigación y desarrollo. Esta actividad ayuda a mantener actualizados los conocimientos y permite el flujo de expertos en las diferentes áreas de conocimientos. Esto es de particular valor dado el aislamiento técnico en que desenvuelven sus actividades los países de América Latina si se los compara con países del Hemisferio norte.

Debe tenerse en cuenta que en la formación de recursos humanos, el tiempo que se requiere para alcanzar una determinada capacitación no puede ser alterado, alterando la inversión; puede aumentarse el número de personas entrenadas pero no acortar los plazos que se requieren para que un técnico alcance una capacidad determinada.

Es por esto que la pérdida de una generación de técnicos puede representar un atraso considerable en el desarrollo de un país.

2- Debe observarse y tenerse en cuenta la evolución de los objetivos de grupos de I & D dedicados a interactuar con la industria. Este proceso comienza en muchos casos con análisis de fallas, estableciéndose más adelante un servicio eficaz que comienza a recibir otro tipo de pedidos. A partir de este momento se puede evolucionar a un servicio de ensayos mecánicos, a una consultoría de ingeniería de suministros, ó a un sistema de desarrollo de procesos ó productos a mediano y largo plazo.

Situaciones coyunturales orientan la evolución y pueden desbalancear el sistema hasta convertirlo por ejemplo en un grupo sólo de ingeniería de suministros.

Para lograr un sistema capaz de encarar proyectos de desarrollo que tengan efecto en la infraestructura productiva, debe controlarse cuidadosamente que las tareas coyunturales no arrasen con las tareas de desarrollo a mediano y largo plazo, que son las que producirán en mayor medida el efecto mencionado.

Los grupos de I & D deben fundamentalmente ofrecer conocimiento en temas que la industria necesite, y deben tratar además de anticiparse a los requerimientos de la industria, creando el conocimiento antes que ésta lo solicite.

Obtenido ó almacenado en un grupo humano un determinado know-how en un tema que la industria valora, se deberá cuidar que en el proceso de transferencia de dicho know-how no se destruya, como en la fábula "la gallina de los huevos de oro". De esto deben encargarse por igual las instituciones de I & D, la industria y el gobierno creando las condiciones para que esto no suceda.

3- Es necesario tener una estructura disciplinaria, es decir grupos asociados por temas que realizan una tarea a largo plazo. Esperar la aparición de proyectos salvadores haciendo tiempo no permite que un grupo de I & D mantenga su nivel. El tener temas de trabajo a largo plazo no relacionados a proyectos coyunturales, sí permite mantener un nivel de eficacia adecuado.

La extensión temática de la estructura disciplinaria debe controlarse para evitar una dispersión infinita de esfuerzos, una evolución divergente. Cuando se presentan proyectos que requieren asociación de grupos para encararlos, las disciplinas deben estar relacionadas, debe haber un lenguaje común.

4- Debe fomentarse la interacción entre investigadores del mejor nivel. La aislación propia de la baja densidad de científicos y técnicos en América Latina conspira contra una atmósfera de trabajo en equipo, falta la educación de colaboración en estructura horizontal, aún en institutos que por el número de sus técnicos esto debiera darse.

En países en desarrollo, proyectos de envergadura producen una lógica asociación entre técnicos del más alto nivel dado que no hay mejor camino para llegar a soluciones, que trabajar en equipo en problemas complejos.

La interacción entre científicos está ligada a la movilidad de éstos en las estructuras de I & D. Es común que en países en desarrollo los profesionales se muevan a través de diferentes instituciones asociándose en diferentes etapas de su carrera con distintos grupos. En América Latina esto pasa en mucho menor medida, y más aún, puede decirse que se crean asociaciones intelectuales con grupos de o -

tros países desarrollados con más facilidad que dentro de un mismo país latinoamericano. Son un método efectivo de fomentar la interacción entre científicos, las estadías de investigadores en diferentes centros, si los hay, en disciplinas afines.

Finalmente, todos los elementos ó cursos de acción indicados pueden ayudar a llevar a buen término el esfuerzo de I & D en un área dada, pero por encima de esto existe un factor esencial: es imprescindible que el investigador mire al futuro a largo plazo y haga caso omiso de situaciones coyunturales de tipo socio-político.

El bienestar colectivo dependerá a largo plazo del esfuerzo tecnológico en todo aquello relacionado al bienestar material. El esfuerzo tecnológico es entonces una herramienta de base independiente del curso que siga el desarrollo socio-político. Un país que no posea una tecnología desarrollada adecuadamente, corre el mismo peligro que corrió el Imperio Incaico a la llegada de los españoles a América.

Una tecnología se desarrolla sólo con un plantel adecuado de científicos y técnicos capaces, que puedan aprender, adaptar y crear lo que la sociedad necesita.

Estos planteles sólo se crean con una conciencia clara de trabajo y esfuerzo diario, genios aislados ó muchedumbres complacientes no resolverán la problemática planteada.

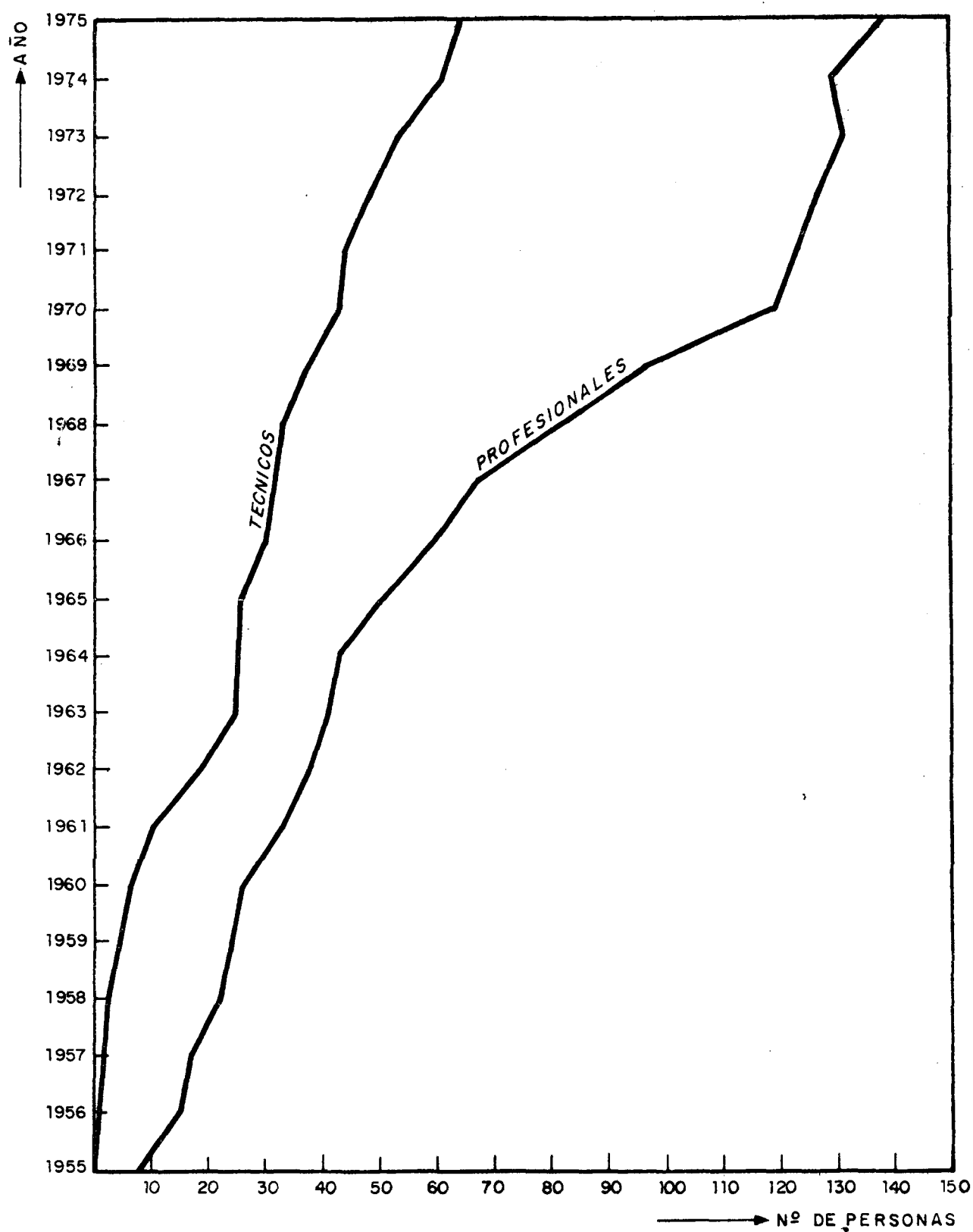


FIGURA 1

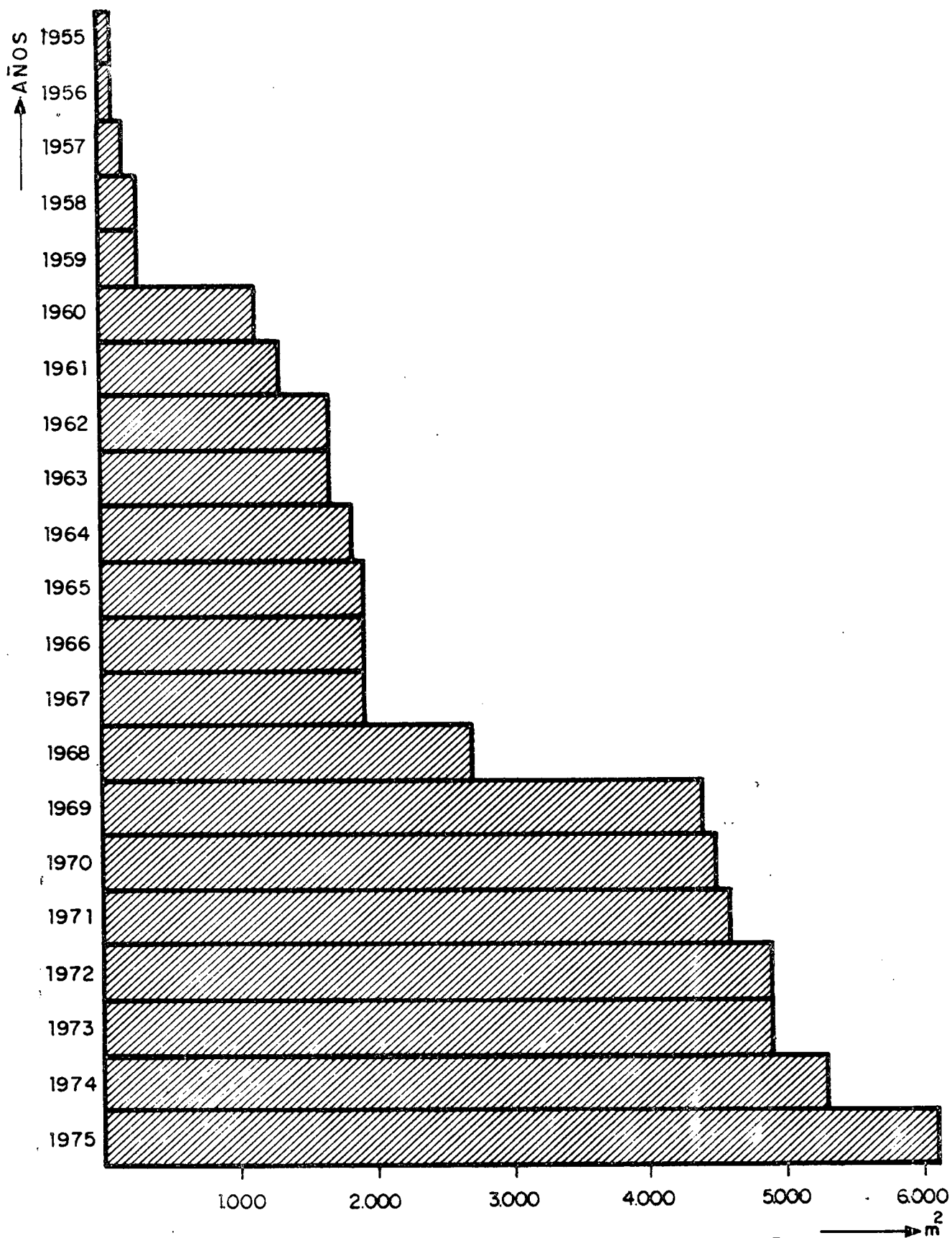


FIGURA 2

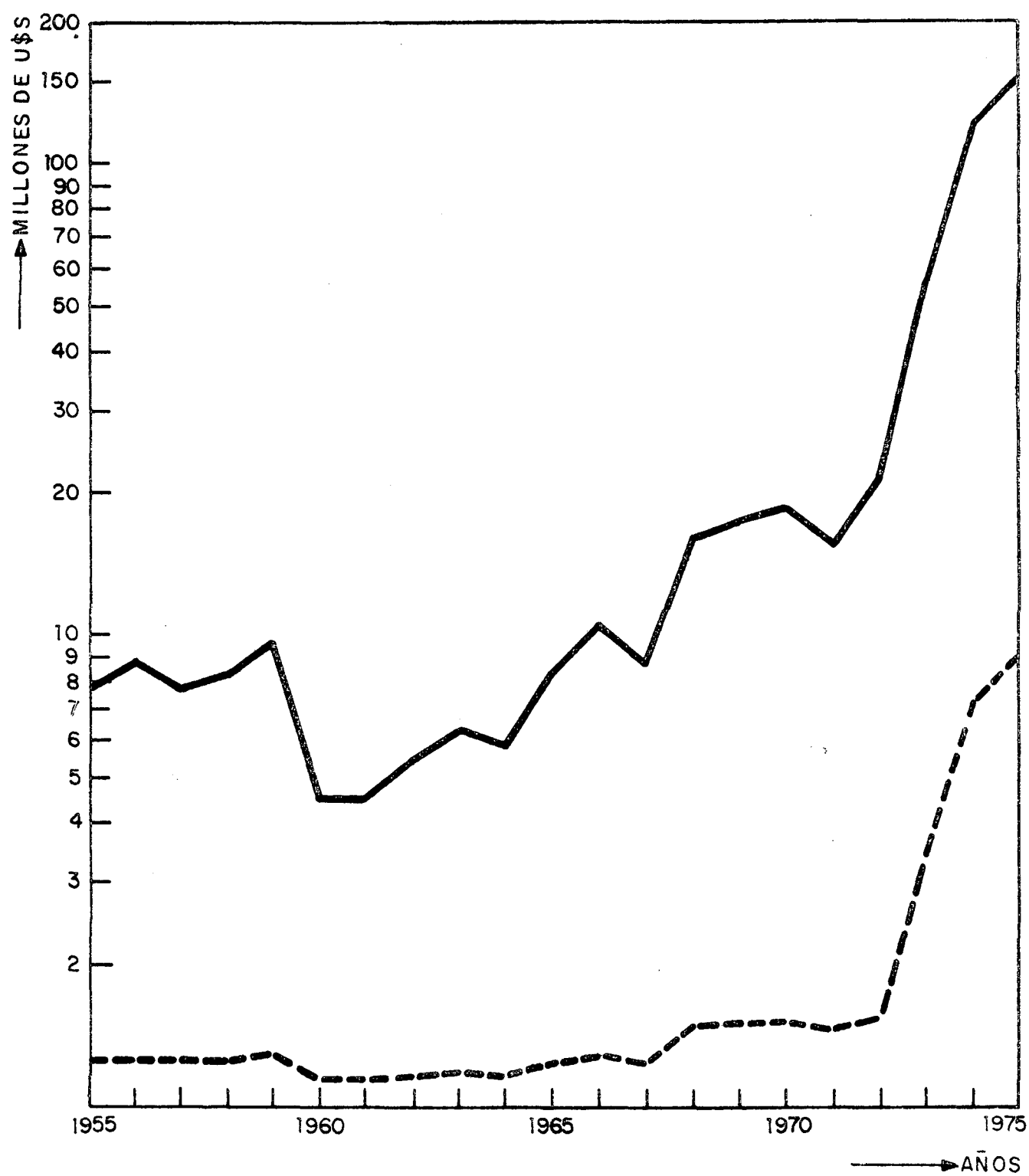


FIGURA 3

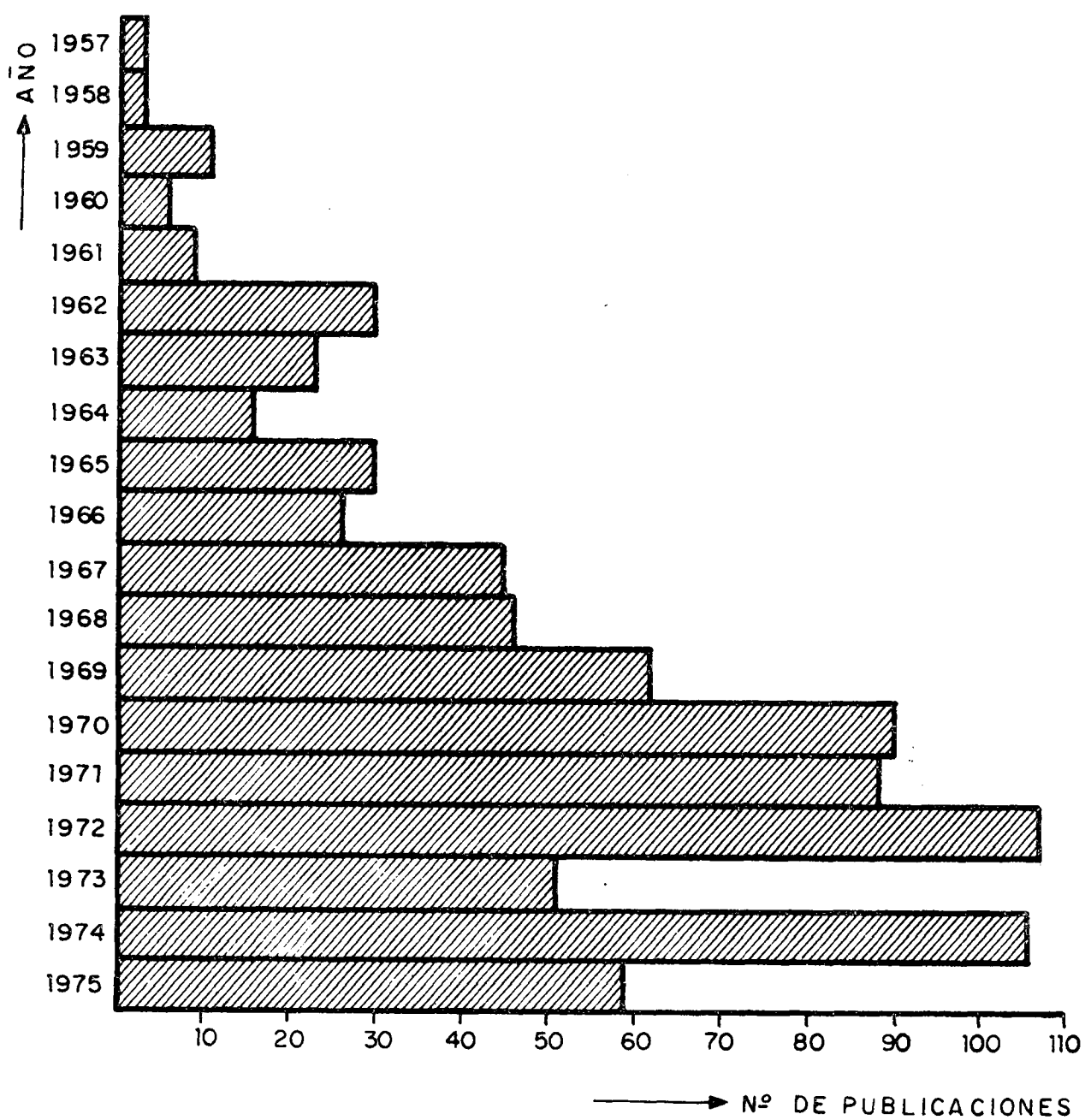


FIGURA 4

REFERENCIAS

- 1) Atma Ran
Science-our new responsibility "Anniversary address" National Inst. of Sciences of India - January, 1970
- 2) J. L. Alegría, J. A. Coll y T. Suter
Una breve reseña histórica de la CNEA, trabajo presentado en el II Congreso Argentino de la Historia de las Ciencias, Buenos Aires - Nov. 1972
- 3) J. A. Sábato
Quince años de metalurgia, Rev. Ciencia Nueva No 15, p. 7, 1972
- 4) J. A. Sábato
Función de las empresas en el desarrollo tecnológico, publicación de estudios sobre desarrollos científicos y tecnológicos No 15, OEA 1974 y Empresa y Fábrica de Tecnología, cap. 14. El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia J. A. Sábato (compilador) Editorial Paidós, 1975
- 5) A. Araoz
Aspectos cuantitativos de la ciencia argentina; publicación de estudios sobre desarrollos científicos y tecnológicos No 17, OEA
- 6) S. De Michelis, A. Hey y H. Biloni
Realizaciones y objetivos del Programa Multinacional de Metalurgia, presentado en la Reunión Encuentro ciencia-industria, organizado por OEA y Pacto Andino, Caracas, Venezuela, julio 1976
- 7) CNEA
Memoria anual 1970
- 8) N. Libanati-J. Sábato
El curso panamericano de Metalurgia, una experiencia de postgraduado. Tecnología de Materiales. Conf. Interamericana, Ed. ASME, 1968, p. 615
- 9) N. Libanati
Un programa de reciclado para metalurgistas. Tecnología de Materiales, Conf. Interamericana, Ed. ASME, 1968, p. 596
- 10) N. Libanati
Anuario 1972 de los egresados de los cursos Panamericanos. PMM I/92, 1972

- 11) L. Baéz, R. C. Gallo y S. V. Tanis
Lista de publicaciones del Departamento de Metalurgia 1955-1975, publicación CNEA-NT 8/76
- 12)
Actividades de la Gerencia de Tecnología de la CNEA 1955-1972, publicación interna
- 13)
Laboratorio de Investigación Aplicada - Centro Atómico Bariloche
- 14) J. Mazza y A. Hey
Algunas consideraciones sobre la calidad de aceros bonificables, presentado en la I Convención de Racionalización de Aceros, Jujuy 1967
- 15) J. A. Mazza (coord. gral.)
Materiales magnéticos blandos. Estudio de prefactibilidad... CNEA-CITEFA-SEGBA, 1971
- 16) J. R. Galvele (Coord. gral.)
Estudio sobre corrosión metálica. CIC-CNEA-LEMIT-SENID, 1973
- 17) Sarrate, M. Tanis, S. V. de (coord. gral.)
Estudio de factibilidad de un centro de tecnología de plantas térmicas. CNEA-Empresas eléctricas, 1974. IN 3/144
- 18) Cusminsky, G. Hey, A. Mazza
Consideraciones generales sobre chapa de hierro estampado. Desarrollo 2. Propulsora Siderúrgica, 1971
- 19) Cusminsky (coord. gral.)
Características finales de la chapa para estampado en relación con los factores hereditarios de la materia prima. Desarrollo 3. Propulsora Siderúrgica S.A., 1974
- 20) O. Wortman y O. Quihillalt (coord.)
Centrales nucleares en la República Argentina, su tecnología y su impacto regional, publicación CNEA TE 35/137, 1974
- 21) A. Araoz y C. Martínez Vidal
Ciencia e Industria - Un caso argentino, publicación de estudio de desarrollo científico y tecnológico No 19, OEA, 1974
- 22) CNEA
Estudio de prefactibilidad de la Central Nuclear Atucha

- 23) J. A. Sábato
Atomic Energy in Argentina - a case history World development, vol. 1.
No 8, Aug. 1973
- 24) J. Baéz, L. Darnond y col.
Participación de la industria argentina en la Central Nuclear Atucha y futuras, CNEA/345, 1973
- 25) O. Wortman y L. Darnond
La participación local en grandes obras públicas, un medio para el desarrollo tecnológico, publicación PPTT/15, 1975, OEA
- 26) O. Quihillalt y H. Grasso
Participación de la industria e ingeniería argentina, Revista Energética,
Sept. Oct., 1974, p. 31
- 27) O. Wortman y J. Sábato
Apertura del paquete tecnológico de la Central Nuclear Atucha, trabajo de estudio de desarrollo científico y tecnológico No , OEA
- 28)
Estudio de factibilidad de la Central Nuclear Córdoba, publicación CNEA.
1971

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a Daniel VASSALLO por las sugerencias, y fructíferas discusiones mantenidas. A J. C. ALMAGRO y A. HEY les agradecemos por la ayuda prestada en la elaboración de datos y la discusión del manuscrito, y a MARRERO por habernos facilitado el acceso a la información sobre centrales nucleares.