

Energía atómica en Argentina

I. INTRODUCCION

El 31 de mayo de 1968, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de la República Argentina y la Compañía Siemens Aktiengesellschaft de la República Federal Alemana suscribieron un contrato para la construcción e instalación de una central eléctrica de 319.000 KW de potencia neta, alimentada por un reactor nuclear¹. Ciertas características de esta central - que deberá entrar en funcionamiento el 15 de julio de 1972 en Atucha, paraje sobre el río Paraná de las Palmas y distante unos 100 km de la ciudad de Buenos Aires- merecen destacarse:

Es la primera central electronuclear a instalarse en la Argentina (y, por el momento, también en Latinoamérica).

Empleará uranio natural, manufacturado en la Argentina, como combustible.

Empleará agua pesada a presión como moderador y refrigerante.

Personal científico y técnico argentino participará muy activamente en su diseño, construcción e instalación y tendrá la responsabilidad total de su funcionamiento.

La industria argentina tendrá importante participación en su construcción, instalación y funcionamiento.

La decisión sobre su instalación resultó luego de un estudio de preinversión, realizado íntegramente por técnicos argentinos, que demostró que una central nuclear instalada para servir en el área Gran Buenos Aires-Litoral era técnicamente factible, económicamente competitiva y financieramente viable.

La firma de este contrato es el hecho de mayor importancia ocurrido en el desarrollo de la energía atómica en la Argentina y constituye una etapa fundamental del proceso de inserción de la ciencia y la tecnología nucleares en la trama misma de esta sociedad. Es muy oportuno, entonces, realizar un análisis crítico de ese proceso y un balance de sus éxitos y fracasos, tratando así de explicar la política atómica argentina.

^o Por especial indicación del autor aclaramos que los conceptos expuestos en este artículo son de su exclusiva responsabilidad y de ninguna manera pueden ser considerados expresión oficial de la Comisión Nacional de Energía Atómica de la Argentina, a la que pertenece.

¹ En el Glosario (ver pág. 356) puede encontrarse una explicación somera de las principales expresiones técnicas que se emplean en este artículo.

II. CRONOLOGIA

La breve historia del desarrollo atómico argentino está íntimamente ligada a la de su Comisión Nacional de Energía Atómica. Esto es, por otra parte, lo mismo que ocurre en casi todos los países donde ha habido desarrollo atómico: Estados Unidos y su Atomic Energy Commission (AEC); Gran Bretaña y su United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA); Francia y su Commissariat a l'Energie Atomique (CEN); España y su Junta de Energía Nuclear; Italia y su Comitato d'Energia Nucleare, etc.

La fisión nuclear en cadena planteó a los países tantos y tan complejos problemas cubriendo el amplísimo espectro que va desde el balance de poder mundial hasta la esterilización por radiación de los machos de la "mosca del Mediterráneo", pasando por el desarrollo de la Física Teórica, la prospección de minerales radioactivos, la fabricación de submarinos nucleares, el almacenamiento de desechos, la producción de electricidad, la conservación de alimentos, el diagnóstico y la terapéutica de numerosas enfermedades, la mutación genética, el desarrollo de artillería especial, la miniaturización de explosivos, el diseño de refugios, el desarrollo de nuevos conceptos estratégicos y tácticos, la soldadura de grandes piezas, la explotación de minerales que eran curiosidad de laboratorio o pieza de museo, etc., que hizo tomar conciencia que su incorporación a la sociedad sólo sería posible a través de un mecanismo consciente, explícito, planificado.

A diferencia de lo que ocurrió con la Energía del Vapor y la Primera Revolución Industrial, en donde el proceso quedó librado a la acción única de las fuerzas socio-político-económicas de la época (no conozco ningún país donde se haya creado algo así como la Comisión Nacional de la Energía del Vapor de Agua); se decidió que en la Segunda Revolución Industrial, este elemento capital que es la Energía Nuclear debía ser canalizada, orientada, promovida; para asegurar así su más eficiente y veloz utilización, tanto militar como pacífica. Por supuesto que en esa decisión contribuyó poderosamente el hecho de que la primera aplicación de la fisión en cadena fuera la construcción de explosivos, que obró así como factor desencadenante del proceso, pero también es cierto que muy pronto se decidió emplear el mismo método para el desarrollo pacífico. Fue así que nacieron las Comisiones de Energía Atómica, órganos de gobierno dotados de gran autonomía y poder (dependientes generalmente en forma directa del Jefe de Estado), con responsabilidad directa en la ejecución de todo aquello conducente a la producción y utilización de la energía nuclear, sea para fines pacíficos o para fines bélicos. Su creación en los países más avanzados (la de EE.UU. lo fue en 1945) naturalmente impulsó a los demás a seguirlos. Y así fue que la Comisión Nacional de Energía Atómica de la Argentina se creó el

31 de mayo de 1950, por un decreto² que establece que dependerá directamente de la Presidencia de la Nación (aunque luego agrega cautelosamente y con escasa coherencia lógica “por intermedio del Ministerio de Asuntos Técnicos”) y que tendrá por funciones específicas “coordinar y estimular las investigaciones atomísticas oficiales y privadas que se efectúen en todo el territorio de la Nación; proponer al Poder Ejecutivo la adopción de las previsiones necesarias a los fines de la defensa del país y de las personas contra los efectos de la radiactividad atómica; proponer al Poder Ejecutivo las medidas tendientes a asegurar el buen uso de la energía atómica en la actividad económica del país: medicina, industria, transporte, etc.”³.

En octubre de 1955, -pocas semanas después de la revolución que destituyó a Perón, el 16 de septiembre de 1955- un nuevo decreto⁴ reorganiza administrativamente la CNEA pero no introduce mayores cambios en sus funciones. En diciembre de 1956 se dicta un Decreto Ley⁵ que es el que ha regido el funcionamiento de la CNEA hasta ahora y que establece en forma categórica su autarquía (“Art. 1°: la CNEA funcionará como entidad autárquica, con capacidad para actuar pública y privadamente en los órdenes científico, técnico, industrial, comercial, administrativo y financiero según lo establece el presente Decreto Ley”). Y define su objeto: 1°) “Promover y realizar estudios y aplicaciones científicas e industriales de las trasmutaciones y reacciones nucleares”, 2°) “Fiscalizar las aplicaciones a que se refiere el inciso anterior en cuanto sea necesario por razones de utilidad pública o para prevenir los perjuicios que pudieran causar”.

Este instrumento legal fue completado en junio de 1960 por un nuevo decreto⁶ que declara de “alto interés nacional” las tareas que realiza la CNEA

² Decreto N° 1093/50 suscripto por el entonces Presidente de la Nación Gral. J.D. Perón y sus ministros.

³ Aunque sólo de pasada, porque está fuera de los objetivos de este trabajo, debemos hacer referencia al célebre “caso Richter” que lamentablemente no ha sido aún descrito y analizado con el rigor histórico que merece. Ronald Richter llegó a la Argentina al finalizar la Segunda Guerra Mundial y comenzó a trabajar en las instalaciones de Aeronáutica —en la ciudad de Córdoba—, un equipo de investigadores europeos (en su mayoría alemanes) dirigido por el célebre diseñador de aviones Kurt Tank. Richter —que en Alemania había trabajado en investigaciones en fusión nuclear —presentó a Perón un plan de investigaciones destinadas a producir energía atómica por fusión. En junio de 1949 Perón aprueba la creación de la Llamada Planta Experimental de Altas Temperaturas, en la isla Huemul (Lago Nahuel Huapi, a unos 10 km de S.C. de Bariloche) y designa Director a Richter. El 1° de marzo de 1951 Perón delega en Richter “su misma autoridad” para ejercerla en la isla Huemul. El 24 de marzo de 1951, en conferencia de prensa, Perón anuncia que Richter ha tenido éxito en sus experiencias y que Argentina podría producir, a breve plazo, energía atómica empleando un elemento muy común (Perón no nombró dicho elemento, pero evidentemente se refería al hidrógeno, corrientemente utilizado en fusión nuclear —de ahí el nombre de bomba de hidrógeno al explosivo cuya energía proviene de la fusión). Por decreto 9697/51, del 17 de mayo de 1951 se crea la Planta Nacional de Energía Atómica en Bariloche y se fija la dependencia directa de Richter del Presidente de la Nación. La oposición interna a Richter —incluso en círculos muy allegados a Perón— crecía incesantemente y finalmente el 22 de noviembre de 1952 la Planta de Bariloche es intervenida y Richter cesa en sus funciones. Para una adecuada perspectiva del problema conviene señalar que hasta el presente y pese a los muchos años de labor intensa (casi veinte) y los miles de millones de dólares invertidos en todo el mundo (especialmente en E.E.U.U., U.R.S.S. y Gran Bretaña) no ha sido posible controlar reacciones de fusión nuclear, que era justamente el objetivo que perseguía Richter.

⁴ Decreto N° 384/55 suscripto por el entonces Presidente Provisional de la Nación, Gral. E. Lonardi y sus ministros.

⁵ Decreto-Ley N° 22.498 suscripto por el entonces Presidente Provisional de la Nación Gral. P.E. Aramburu y sus ministros.

⁶ Decreto N° 7006/60 suscripto por el entonces Presidente de la Nación Dr. A. Frondizi y sus ministros.

y determina taxativamente su dependencia directa de la Presidencia de la Nación.

Finalmente, para terminar con esta árida pero necesaria enumeración de fechas y textos legales deben mencionarse:

en diciembre de 1956⁷ un Decreto Ley fija el régimen de propiedad, exploración, explotación y comercialización de materias primas nucleares.

en enero de 1958⁸ un Decreto establece todo lo pertinente al uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes y asigna al respecto poder de policía a la CNEA.

en enero de 1965 un Decreto⁹ ordena a la CNEA realizar un estudio de pre-inversión para determinar la factibilidad técnico-económica de la instalación de una central nuclear para servir al área del Gran Buenos Aires-Litoral.

en febrero de 1968 un Decreto¹⁰ autoriza a la CNEA a aceptar en principio la propuesta de una central nuclear de 319.000 KW de potencia neta y a suscribir el correspondiente contrato antes del 1° de junio de 1968.

El estudio de los textos de estas leyes y decretos —ciertamente no muy diferentes de las que definen la acción de otras Comisiones en otros países— podría sin duda dar algunas pautas generales sobre la política atómica argentina. Mucho más útil será, sin embargo, analizar los aspectos más importantes de la tarea realizada por CNEA: como en tantos otros casos, los hechos definen con mucha mayor precisión una política que los documentos apenas alcanzan a delinear.

III. OBJETIVOS PARCIALES

El análisis de la compleja y confusa realidad de 18 años de acción muestra que la CNEA se ha ocupado principalmente de atender a los siguientes objetivos:

1. DESARROLLO DE RECURSOS HUMANOS

La formación de cuadros científicos y técnicos altamente capacitados recibió siempre máxima atención por parte de CNEA (tanto, que hace algunos años un crítico corrosivo sostenía que la sigla CNEA significaba realmente Comisión Nacional de Entrenamiento Atómico...). Físicos, químicos, biólogos, metalurgistas, geólogos, matemáticos, médicos, cristalógrafos, veterinarios, ingenieros (nucleares, electrónicos, civiles, de minas,

⁷Decreto N° 22.477 suscrito por el entonces Presidente Provisional de la Nación, Gral. P.E.Aramburu y sus ministros, reglamentado en mayo de 1957 por el Decreto N° 5423/57.

⁸Decreto N° 847/58 suscrito por el entonces Presidente de la Nación, Gral. P.E.Aramburu y sus ministros.

⁹Decreto N° 475/65 suscrito por el entonces Presidente de la Nación, Dr. Illia y sus ministros.

¹⁰Decreto N° 749/68 suscrito por el actual presidente de la Nación, Gral. Juan C. Onganía y sus ministros.

mecánicos), abogados, economistas, etc.; y también torneros, fresadores, matriceros, vidrieros, carpinteros, técnicos químicos, técnicos electrónicos, electrotécnicos, microscopistas, peritos mineros, cartógrafos, etc., recibieron entrenamiento a través de cursos en el país y en el extranjero, seminarios, cursillos, conferencias, etc.

Veamos algunos números:

Cantidad de científicos y técnicos con que CNEA inició sus actividades.

Cantidad total que recibió algún tipo de entrenamiento en CNEA.

Idem actualmente en CNEA.

Idem que recibieron entrenamiento en el exterior.

Expertos extranjeros que colaboraron en la formación de personal.

Becarios extranjeros que se perfeccionaron en CNEA.

La CNEA no restringió su acción a aquellos campos —ingeniería nuclear, biología nuclear, mineralurgia del uranio, radioisótopos— de su interés específico e inmediato. Realizó esfuerzos sostenidos y costosos en ciertas disciplinas que siendo importantes —sino fundamentales— para el desarrollo técnicocientífico general del país, habían sido descuidadas o ignoradas por otras instituciones, especialmente las universidades. Así ocurrió con la Metalurgia y con la Física, experiencias que conviene analizar con algún detalle:

1.1 *Metalurgia*

La producción y utilización de energía nuclear exigen el desarrollo y empleo de conocimientos y técnicas metalúrgicas del más alto nivel. Esto es particularmente cierto en el caso de un reactor nuclear —de investigación o de potencia— en donde la gama de problemas metalúrgicos va desde la pureza que debe tener el uranio o el óxido de uranio para que la reacción en cadena no se detenga, hasta la resistencia mecánica del recipiente de acero que contiene al núcleo del reactor; desde las numerosas y complejas etapas de fabricación de los elementos combustibles hasta la resistencia a la corrosión de los diversos componentes; desde las propiedades físicas fundamentales (densidad, conductividad térmica, conductividad eléctrica, etc.) de los distintos metales, aleaciones y óxidos que se utilizan en el reactor hasta las técnicas más aptas de fundición, forjado, laminación, sinterización, etc. necesarias para su manufactura; etc. Un reactor nuclear es uno de los universos metalúrgicos más complejos y comprometidos que se pueda imaginar.

Cuando en 1955 la CNEA decidió organizar sus laboratorios de Metalurgia, la situación de esta disciplina en la Argentina era la siguiente:

a) Pese a la importancia que ya había adquirido la industria metalúrgica liviana y semi-pesada (por ejemplo, se producían entonces unas 100.000 refrigeradoras por año, y en el sector de máquinas herramientas era fre-

cuenta la exportación de tornos), en ninguna de las universidades argentinas¹¹ existían las carreras de ingeniería o doctorado en Metalurgia.

b) No se efectuaba investigación metalúrgica organizada, sistemática y moderna en ningún laboratorio estatal (incluyendo las universidades) o privado.

En síntesis: la CNEA debía partir prácticamente de cero. Era entonces particularmente crítico elegir la estrategia más conveniente:

a) La CNEA podía olvidarse por completo del estado general de desamparo académico de la Metalurgia y aplicar todo su esfuerzo a su problema específico: formar personal en Metalurgia Nuclear con destino a sus laboratorios de Metalurgia Nuclear.

b) La CNEA podía tener en cuenta que:

b) La falta de actividad en entrenamiento e investigación en Metalurgia afecta al desarrollo técnico general del país, y en particular al de su industria electro-mecánico-metalúrgica, elemento fundamental en la construcción, instalación y operación de reactores nucleares.

b) Académicamente, la Metalurgia Nuclear no es más que una rama de la Metalurgia.

b) La importante inversión en hombres, equipos y edificios que debe realizarse para poner en funcionamiento laboratorios adecuados para resolver los difíciles problemas de Metalurgia Nuclear, será socialmente mejor empleada si no se restringe su empleo a ese sólo campo de la Metalurgia.

Y decidir entonces:

Capacitar su personal con una sólida formación en Metalurgia General Moderna.

Promover el desarrollo de actividades académicas de entrenamiento e investigación en todo el ámbito de la Metalurgia.

Instalar y organizar sus laboratorios en forma tal que, simultáneamente con los trabajos específicos en Metalurgia Nuclear, estuviesen en condiciones de cooperar con la industria y las universidades en otras investigaciones y desarrollos metalúrgicos.

La CNEA eligió esta segunda estrategia, y su Departamento de Metalurgia no sólo desarrolló y fabricó todos los elementos combustibles para sus reactores nucleares (ver 4.1.b) sino que su personal publicó más de 200 trabajos científicos y técnicos^{11bis} y, a través del SATI (ver 4.2.c) atendió cerca de 450 consultas provenientes de la industria metalúrgica.

En el aspecto específico del desarrollo de recursos humanos, el resultado de esta estrategia puede evaluarse por los siguientes datos:

En CNEA han recibido entrenamiento metalúrgico 325 profesionales. De

¹¹ En la Universidad Nacional de La Plata se podía cursar —en forma muy precaria— una especie de carrera de Ingeniería metalúrgica.

^{11bis} Reseña de la tarea realizada por el Depto. de Metalurgia, CNEA, octubre, 1967.

ellos actualmente 55 trabajan en CNEA; unos 205 en la industria y 65 en universidades y otros centros de enseñanza y/o investigación.

Han recibido entrenamiento metalúrgico 120 técnicos: 44 trabajan actualmente en CNEA; 60 en la industria; 15 en universidades y otros centros.

Se han preparado 15 tesis doctorales.

35 personas han efectuado estadias de 1 a 3 años en las siguientes instituciones extranjeras: Argonne National Laboratory (Estados Unidos); Battelle Memorial Institute (Estados Unidos); Birmingham University (Gran Bretaña); British Iron and Steel Research Association, Sheffield (Gran Bretaña); Cambridge University (Gran Bretaña); Carnegie Institute, Pittsburgh, (Estados Unidos); Case Institute of Technology Cleveland (Estados Unidos); Cavendish Institute Cambridge (Gran Bretaña); Central Electricity Board (Gran Bretaña); Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay (Francia); Commissariat a l'Energie Atomique (Francia); Ecoles des Mines, Paris (Francia); Faculté des Sciences (Francia); Harvard University (Estados Unidos); Illinois University (Estados Unidos); Imperial College Londres (Gran Bretaña); Institut de Recherches de la Siderurgie (Francia); Instituto de Física y Matemáticas, Santiago (Chile); Instituto de Pesquisas Tecnológicas, San Pablo (Brasil); Laboratoire de Physique des Métaux de la Marine (Francia); Laboratorios de Investigación de Bochum (Alemania); Laboratorio de Metalurgia de la Universidad de Munich (Alemania); Max Planck Institut Für Metalkund, Stuttgart (Alemania); Mellon Institute (Estados Unidos); Pittsburgh University (Estados Unidos); Sheffield University (Gran Bretaña); Stanford University (Estados Unidos); Sussex University (Gran Bretaña).

La acción de formación de personal se ha extendido a otros países de América Latina mediante los Cursos Panamericanos de Metalurgia para graduados universitarios: Primer Curso, de marzo a diciembre de 1962; Segundo Curso, de marzo a diciembre de 1965; Tercer Curso, de marzo a diciembre de 1967; Cuarto Curso, marzo a diciembre de 1968; el Quinto Curso comenzará en marzo de 1969. Se programa seguir dictando estos Cursos todos los años hasta 1974.

1.2 Física

Es trivial afirmar que el desarrollo de un programa nuclear exige muchos y buenos físicos. A principios de 1955 la situación en la Argentina era la siguiente:

a) Había escasamente una treintena de físicos en todo el país, la mayor parte de ellos más capacitados para la tarea docente que para la investigación.

b) Tareas de investigación se realizaban únicamente en los propios laboratorios de la CNEA, con menos intensidad en el Observatorio Astronómico de Córdoba y cada vez menos en lo que en una época había sido el excelente Instituto de Física de la Universidad de La Plata.

c) Como en muchos otros países, los estudios de Física habían sido una suerte de cenicienta en las universidades: recursos muy escasos, pocos profesores, malos laboratorios, algunos alumnos.

Esta situación —de por sí mala— se había agravado seriamente en los últimos años por causa de la persecución o discriminación política realizada por el peronismo.

Era imperativo modificar radicalmente esa situación y la CNEA decidió entonces poner en marcha un programa serio, ambicioso y complejo. Porque no bastaba con el recurso inmediato de becar al exterior a jóvenes graduados. Estos eran tan pocos y su formación tan débil que si se quería seriamente un cambio profundo había que comenzar con una etapa anterior. Se decidió entonces crear el Instituto de Física de San Carlos de Bariloche. Para asegurar la máxima eficiencia se impusieron simultáneamente las condiciones siguientes:

Todo el personal docente (profesores titulares y adjuntos, jefes de trabajos prácticos y ayudantes) se desempeñaría "full-time", debiendo además de dictar clases, realizar trabajos de investigación.

La inscripción se limitaría a unos 20 alumnos por año, que debían ser "full-time", para lo cual cada uno de ellos recibiría una beca.

Personal docente y alumnos debían habitar en el mismo Instituto, de manera de aumentar al máximo la interacción entre ellos.

Se instalarían laboratorios y talleres que permitieran no sólo realizar trabajos de investigación sino también dar a los alumnos una sólida formación experimental, tratando así de pasar de "físicos de tiza y pizarrón" a físicos creativos.

Desde 1958 —primera graduación con 13 egresados— hasta fines de 1967, el Instituto de Bariloche¹² (ahora llamado Dr. José A. Balseiro en homenaje a su fundador y primer director) ha producido unos 120 licenciados en Física —de los cuales 95 trabajan en la Argentina—, cuyo nivel está mundialmente reconocido como similar al de los egresados de las buenas instituciones en su género.

En conclusión: en los campos de la Metalurgia y la Física, en 15 años

¹²La elección de S.C. de Bariloche como sede de un Instituto de Física ha sido criticada duramente en diferentes oportunidades, generalmente por la supuesta imposibilidad de hacer funcionar un centro científico a tanta distancia de Buenos (r. 800 km). Recientemente, O. Varsavsky —que fuera miembro del directorio de la CNEA en 1957-58— ha publicado un artículo ("Scientific colonialism in the hard sciences", *The American Behavioural Science*, junio 1967) en el que afirma que dicho Instituto "stands in splendid isolation in the Bariloche lake" ejemplificando "the degree of snobism that has been attained lately". Frente a este tipo de críticas vale la pena saber que en Bariloche trabajan actualmente unos 90 científicos que —"full-time"— realizan investigaciones en tres instituciones independientes: Centro Atómico Bariloche, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Fundación Bariloche.

la CNEA ha dado entrenamiento en alto nivel a más personas que todas las universidades argentinas juntas en toda su historia. En Metalurgia —además— ha establecido académicamente una disciplina prácticamente inexistente en 1955.

En resumen: en relación con el objetivo de desarrollar recursos humanos técnicos y científicos, la acción de CNEA puede evaluarse como positiva.

2. DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA MATERIAL PARA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Simultáneamente con la formación de personal, se realizó la tarea de construir y equipar laboratorios, plantas pilotos, fábricas, talleres, depósitos aulas, oficinas, bibliotecas, viviendas y organizar servicios de documentación, transporte, comunicaciones, compras, administración, etc. Estas son las cifras más significativas:

Sede Central: 6.000 m de laboratorios (Física, Química, Biología, Mineralurgia, etc.), 1.100 m de talleres, 3.500 m de oficinas.

Centro Atómico Constituyentes: en un solar de 4,5 Ha., 4.500 m de laboratorios y Plantas pilotos (Metalurgia, Ingeniería Nuclear —incluyendo dos reactores—, Mineralurgia, etc.), 600 m de talleres, 1.500 m de depósitos.

Centro Atómico Ezeiza: en 775 Ha., 7.500 m de laboratorios, de los cuales 3.500 ocupados por el reactor RA-3.

Centro Atómico Bariloche: en 35 Ha., 15.000 m de laboratorios, oficinas, talleres, depósitos y viviendas para personal docentes y alumnos.

Fábrica Córdoba: en 6,8 Ha., 2.500 m en planta y laboratorios para producción de uranio.

Fábrica Malargüe: (Mendoza): en 300 Ha., 400 m en planta y laboratorios para producción de uranio (incluyendo una planta de ácido sulfúrico).

Además CNEA explota yacimientos de uranio en distintas zonas del país. Los más importantes son los de Don Otto, en Salta (una de las explotaciones mineras más grandes de Argentina) y de Huemul, en Mendoza.

La inversión total en instrumentos, máquinas y equipos instalados en sus Centros, fábricas, etc. ha sido del orden de los 40 millones de dólares.

El conjunto de : su personal técnico-científico más esta infraestructura hacen de CNEA el complejo técnico-científico más importante de Argentina.

3. DESARROLLO DE MATERIAS PRIMAS NUCLEARES

La disponibilidad, o no, de materias primas nucleares es un elemento capital en la estructuración de una política atómica. En tal sentido la Argentina ha realizado —y realiza— estudios sistemáticos para conocer y desarrollar sus recursos propios en uranio, torio, grafito, zirconio, berilio y agua pesada.

Los resultados más importantes se han obtenido en uranio: en 1953-1954 comenzaron a explotarse algunas pequeñas minas en las provincias de Córdoba y San Luis y sus minerales fueron tratados en una planta piloto instalada en la ciudad de Córdoba; en 1955 se instala otra planta piloto en Malargüe (sur de la Provincia de Mendoza) para tratar minerales de yacimientos próximos, y en 1956 comienza a funcionar, en Ezeiza, una planta piloto para la producción de uranio metálico. En 1956 se pone en marcha un plan regular y sistemático de exploraciones geológicas. En 1967 se terminó la instalación de una planta industrial en Malargüe.

Los resultados de esta tarea están resumidos en los siguientes valores:

Se han prospectado 135.000 km —que representan 20% de los 400.000 km de interés inmediato— y se han evaluado, como reservas actuales, unas 7.000 toneladas de U_3O_8 , y como reservas razonablemente aseguradas —previa ejecución de trabajos de exploración y desarrollo— unas 12.500 toneladas de U_3O_8 . De acuerdo al informe "Ressources d'Uranium" (Diciembre 1967) publicado conjuntamente por el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Agencia Europea para la Energía Nuclear, Argentina ocupa el 5° lugar en el mundo en reservas uraníferas. Desde el punto de vista energético, las reservas actuales de uranio podrían alimentar durante 25 años unos 8.000 MW eléctricos (la potencia eléctrica total instalada en Argentina es 5.500 MW).

El conocimiento de estas reservas y de la tecnología necesaria para su extracción y transformación fue un factor muy importante en la elección del reactor más conveniente para la Central de Atucha (ver vi).

4. DESARROLLO DE UNA CAPACIDAD TÉCNICO-CIENTÍFICA PROPIA

El grado de autonomía con que un país puede trazar su propia ruta en el sofisticado campo de la energía nuclear, depende en buena medida de la capacidad técnico-científica propia que haya sabido desarrollar. CNEA ha contribuido a ese objetivo de múltiples maneras, tanto en su propio ámbito como en el ámbito nacional. Será más claro analizar separadamente esos dos sectores.

4.1 *En el ámbito propio.*

Las acciones que hemos descrito en 1), 2) y 3) son esenciales para el desarrollo de una capacidad técnico-científica. Pero por sí solas no bastan; deben ser empleadas con la filosofía correcta, de lo contrario se podría cometer el pecado de "colonialismo científico" que O. Varsavsky ha descrito, con algunos aciertos y bastantes exageraciones, en el artículo ya citado¹². En el caso de CNEA, 1.000 trabajos técnico-científicos publicados por su

¹²Ver página 339.

personal demuestran qué capacidad se ha logrado; dos problemas concretos ejemplificarán cuál ha sido la filosofía seguida.

a) Reactores nucleares

La inmensa mayoría de los reactores nucleares de investigación instalados en los países subdesarrollados ha sido fabricada en los países desarrollados; en pocos países —los menos— han cumplido eficientemente la función para la que fueron diseñados y montados; en los demás —generalmente por falta de una infraestructura adecuada— han sido verdaderos “elefantes blancos”¹³. Al respecto —y sin sutilezas— dice O.H. Oldman, de la Universidad de Sussex (*Science, Technology and Development*, Noviembre 1966): “The establishment of nuclear reactors in many poor developing countries is frequently considered to be one of the big follies of the late 1950's”. ¿Ocurrió esto mismo en la Argentina?

La CNEA adoptó en 1957 una decisión fundamental: la de no adquirir los reactores de investigación en el extranjero, sino construirlos en la Argentina. De tal manera no sólo se dispondría de una herramienta de entrenamiento e investigación —funciones específicas de dichos reactores— sino que su construcción permitiría desarrollar capacidad propia en ingeniería nuclear. Esta decisión fue ejecutada en los siguientes reactores:

RA-1: Inaugurado el 20 de enero de 1958. Diseño e ingeniería de origen americano —RA-1 fue copia del reactor Argonaut, desarrollado por Argonne National Laboratory— pero construcción argentina excepto instrumental electrónico y de control.

RA-0: Desarrollado con el objeto de proyectar un nuevo núcleo para RA-1. Diseño, ingeniería y construcción argentinas. Permitted realizar los estudios que condujeron al:

RA-1 modificado: Núcleo totalmente distinto a RA-1, diseñado en CNEA. Cambios en la ingeniería del RA-1 realizados en CNEA. Construcción argentina, incluyendo parte del instrumental electrónico y de control.

RA-2: Diseño, ingeniería y construcción argentinas. Se lo instaló para realizar estudios previos destinados a proyectar el:

RA-3: El mayor reactor instalado en Latinoamérica (5 MW de potencia). Alcanzó criticidad en mayo de 1967 y fue inaugurado el 20 de diciembre de 1967. Diseño e ingeniería argentinos. Construcción argentina, incluyendo la mayor parte del instrumental electrónico y de control.

El desarrollo de esta capacidad propia en ingeniería nuclear fue muy importante en la realización del Estudio de Factibilidad para la Central de Atucha (ver vi).

¹³Un ejemplo cercano, y que pese a ser un flagrante caso de “colonialismo científico” Varsavsky olvidó citar, es el de Venezuela, en donde en 1962 se instaló un reactor de investigación de 3 MW que luego no funcionó durante algunos años por falta de personal, recursos y programas.

b) Elementos combustibles

Así como en 1957 CNEA decidió no importar reactores, también entonces decidió no importar elementos combustibles. Estos debían fabricarse en la Argentina y así ocurrió en todos los casos:

RA-1: Elementos combustibles planos con núcleos de U_3O_8 -Al y cubierta de aluminio. El uranio enriquecido al 20% fue importado de los Estados Unidos, como óxido U_3O_8 . Diseño importado de los Estados Unidos. Ingeniería también, pero se introdujeron algunas mejoras importantes¹⁴. Producción argentina.

RA-0: Diseño, ingeniería y producción argentinos. Uranio enriquecido importado de los Estados Unidos.

RA-1 modificado: Diseño, ingeniería y producción argentinos. Uranio enriquecido importado de los Estados Unidos, pero como hexafluoruro de uranio, haciéndose la transformación a óxido en Argentina.

RA-2 y RA-3: Emplean los mismos elementos combustibles. Diseño americano. Ingeniería¹⁵ y producción argentinas. Uranio enriquecido al 90% importado de los Estados Unidos como hexafluoruro de uranio.

Este desarrollo de una capacidad técnico-científico propia en Metalurgia ha tenido importancia fundamental en las decisiones de emplear elementos combustibles manufacturados en Argentina en la Central Nuclear de Atucha y de constituir una compañía mixta para la producción y comercialización de elementos combustibles de investigación y potencia, tanto para consumo interno como para su explotación (ver v1).

4.2 En el ámbito nacional

Por cierto que no basta con que un dado organismo o institución adquiera capacidad técnico-científica es menester que la misma se desarrolle en varios otros sectores de la sociedad. Por ello la CNEA ha colaborado estrechamente:

a) Con las universidades

Es difícil reseñar todas las actividades realizadas, por lo que señalaremos las más significativas:

Creación de centros, como el Centro de Medicina Nuclear (convenio con la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires), el Centro de Radiación Cósmica (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires); el Instituto de Física Luis A. Balseiro (convenio con la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cuyo); etc.

¹⁴ Estos cambios simplificaban la producción e introducían mejoras en importante empresa alemana.

¹⁵ Se desarrolló un método propio de fabricación —patentado— que reduce a un 60% el tiempo de fabricación empleado en EE.UU. y otros países.

Cursos de pre y postgrado en Física, Metalurgia, Biología, Radioquímica, Geología, etc. en diversas universidades.

Más de 50 trabajos de tesis doctorales (graduados de diversas universidades).

Equipamiento de laboratorios en diversas Universidades.

Subsidios a laboratorios, cátedras e investigadores.

b) *Con otros organismos estatales*

Trabajos en colaboración han sido realizados con Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF); Agua y Energía, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Ministerio de Salud Pública, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas, Obras Sanitarias de la Nación, Secretaría de Estado de Obras Públicas, etc.

Los temas han sido muy variados: estudios nivológicos para el control de deshielos; estudios de la navegabilidad de puertos; fertilizantes, fungicidas e insecticidas; esterilización; bocio, pérdidas en conductos de gas, agua u otros líquidos; anomalías geofísicas para localización de yacimientos petrolíferos, funcionamiento de altos hornos siderúrgicos; estudios hidrológicos; estudios geoquímicos, etc.¹⁶ .

c) *Con la industria*

Parte capital de una capacidad técnico-científica propia es la existencia de una industria sólida, de alto nivel tecnológico. Por tal razón CNEA ha desarrollado una acción sistemática:

c) Difundiendo el empleo de conocimientos, técnicas y equipos nucleares en la solución de problemas industriales. Ejemplos: estudio del desgaste del refractario de altos hornos empleando radioisótopos; medición de espesor de papel celofán con equipos de rayos beta; funcionamiento de hornos de cemento; mejoramiento de la calidad de bolas de acero para molienda de minerales; medición de niveles de líquidos en tanques industriales; diagnóstico de vida probable de tubos en calderas; esterilización de material quirúrgico, etc. Una función importante es la de entrenamiento de personal de la industria (cursos de introducción, de entrenamiento, de reciclado) en el uso de radioisótopos, técnicas metalográficas modernas, deformación plástica, fundición, tratamientos térmicos, etc.

c) Creando en 1961 —con la Asociación de Industriales Metalúrgicos— un organismo especial (SATI-Servicio de Asistencia Técnica a la Industria Metalúrgica) con los siguientes objetivos:

Prestar asesoramiento técnico-científico a la industria argentina en todos

¹⁶ Muchos de estos estudios, que —como otros que se citarán en c)— tienen importancia socio-económica, fueron realizados gracias a que la CNEA desarrolló una excelente escuela de Radioquímica, escuela a la que Varsavsky —en el artículo citado describe desdeñosamente, acusándola también de "colonialismo científico".

los problemas derivados de la fabricación y uso de metales, aleaciones, cerámicas y productos semielaborados y elaborados.

Difundir nuevos métodos de producción, la aplicación de nuevos metales, la sustitución de aleaciones, el desarrollo de nuevos equipos, etc.

Realizar las investigaciones de desarrollo que resulten de las características propias del mercado argentino, de la naturaleza de las materias primas disponibles, de la accesibilidad de máquinas y equipos, del grado de entrenamiento y capacitación del personal, del resultado de avances en el conocimiento básico, etc.

Preparar a la industria para una amplia participación en la profunda transformación tecnológica que resulta del desarrollo científico.

Para cumplir estos objetivos, el SATI

Organiza cursos especiales para personal de la industria.

Organiza seminarios, mesas redondas, coloquios, etc. sobre problemas industriales específicos.

Recibe y estudia consultas técnicas (hasta el presente unos 450 problemas han sido estudiados por el SATI).

Realiza investigaciones de desarrollo (ejemplos: un nuevo tipo de atmósfera protectora para el recocido brillante de cobre y aleaciones; aleaciones especiales para filtros destinados a la industria cervecera; un nuevo tipo de material refractario para la fundición de aluminio; un nuevo proceso para la fabricación de evaporadores de aluminio para refrigeradoras, etc.).

Difunde conocimiento metalúrgico mediante conferencias, publicaciones, folletos, "stands" en exposiciones, etc.

Para el Departamento de Metalurgia, el SATI es una ventana abierta a la realidad, el mecanismo para acoplar investigación e industria; y es también el instrumento estratégico por medio del cual se persigue —a través de la transformación y superación de la industria electro-mecánica-metalúrgica— la puesta en marcha de una industria nuclear argentina.

d) *Con las actividades agropecuarias*

Los trabajos en curso persiguen metas muy concretas: desinsectización de cereales, esterilización y conservación de alimentos (papas, frutillas, carnes y derivados, etc.); las plagas agrícolas; enfermedades animales (aftosa, etc.); mejoramiento de especies, etc.

5. SEGURIDAD NUCLEAR

Por ley, CNEA es la institución encargada de proveer a la seguridad y

salvaguardia del país en todo lo que se refiere a los riesgos que la energía nuclear implica para la salud y bienestar de la población. Esta múltiple acción de evaluación, seguridad y control radiosanitario incluye:

- Fiscalización permanente del empleo de radioisótopos y de fuentes de radiación en todo el territorio del país.
- Evaluación de las condiciones de seguridad de las instalaciones nucleares.
- Prevención de accidentes de criticalidad.
- Control radiosanitario de personal.
- Estudios radiotoxicológicos y desarrollo de procesos de decontaminación.
- Eliminación de residuos radioactivos.
- Estudio radiológico de lugares elegidos para el emplazamiento de centrales nucleares.

Una tarea que corresponde destacar es la de los estudios de radioactividad ambiental y del *fall-out* de explosiones nucleares: sistemática y permanentemente CNEA evalúa los datos correspondientes, lo que le permite conocer en todo momento si hay o no riesgo para la población argentina por el *fall-out* producido en las explosiones nucleares realizadas en distintos lugares del planeta. Estos estudios se realizan no sólo con muestras recogidas en (o sobre) el territorio argentino, sino que se extiende al análisis de restos radioactivos que se depositan sobre las paredes de las turbinas de los aviones de Aerolíneas Argentinas, que permite conocer características importantes del explosivo empleado en una determinada experiencia.

IV. LOS OBSTACULOS

Terminamos de analizar objetivos parciales, modos de acción, resultados. Antes de intentar un balance que permita señalar las metas esenciales —si es que existen— de la política atómica argentina, conviene echar una mirada a los obstáculos más serios que encontró la CNEA en su gestión, y a los errores más graves que cometió. Completado así el cuadro, tendrá realmente sentido el balance prometido.

La inestabilidad socio-político-económica de la Argentina en los últimos 15 años (siete presidentes de la Nación, otras tantas revoluciones, innumerables complots y conspiraciones, varios Parlamentos, dos Constituciones, una decena de Planes Económicos) ha sido el obstáculo más poderoso, pese a que afectó a la CNEA no en forma directa —como ocurrió con otras instituciones (la Universidad, por ejemplo)— sino indirecta. En efecto: no produjo frecuentes cambios de autoridades (por el contrario, el grado de estabilidad de CNEA ha sido excepcional: con 18 años sólo 3 personas han estado a su frente; una de ellas —su actual Presidente— durante 12), ni interfirió con

presiones políticas —persecuciones¹⁷ o patronazgos¹⁸—, ni provocó bruscos virajes en las líneas fundamentales¹⁹. La perturbación mayor producida por dicha inestabilidad fue administrativa: asignación y empleo de los recursos, cambios en el presupuesto, dificultades de Tesorería, congelación de salarios y vacantes, rigideces en las asignaciones para gastos de operación y mantenimiento, “racionalizaciones” generales, demoras en las tomas de decisiones, etc. Todo esto dificultó una marcha firme y continuada. Permanentemente hubo que forcejear, insistir, inventar triquiñuelas para salir del paso. Inevitablemente muchos trabajos técnicos y científicos se detuvieron, demoraron y a veces se interrumpieron por completo. Entonces la secuela natural fue la frustración —y como a esta frustración directa y personal se sumaba la frustración general producida por la crisis permanente—, la consecuencia fue la emigración (el célebre *brain drain*) de personal, que fue notoria en algunos sectores de CNEA y desmanteló no sólo cuadros profesionales (ingeniería nuclear, por ejemplo) sino también cuadros técnicos imprescindibles (vidrieros, mecánicos, electricistas, perforistas, etc.).

Esta atmósfera se enrarecía aún más con el sentimiento de inseguridad inherente a una situación política de esa naturaleza. Como el país todo, CNEA se debatía en la coyuntura y se preguntaba continuamente: ¿Qué queremos y adónde vamos? Preguntas acuciantes, especialmente cuando se está embarcado en una experiencia pionera: CNEA era la primera institución argentina que se proponía el desarrollo científico-tecnológico en escala importante y en un campo nuevo. No tenía modelos adecuados para copiar y debía, por lo tanto, ir construyéndose a sí misma al tiempo que construía su estrategia; y ello en un país con escasa tradición científica y tecnológica, débil infraestructura y sumergido en una crisis de destino.

Científicos y técnicos, por su parte, no comprendían que en un país en crisis su responsabilidad no termina con su quehacer específico: debe simultáneamente construir el marco en que tal quehacer se desarrolla. Suponian, equivocadamente, que Argentina era un país ya construido donde en consecuencia, la Ciencia y la Técnica podrían desarrollarse en condiciones análogas a los de los países avanzados. Esa falacia les llevaba a exigir un orden, una seguridad y una continuidad que ningún país en crisis puede ofrecer, por definición, y que nadie podía garantizarles. Soñaban con una “estrategia para el orden” cuando debían haber construido la “estrategia para la crisis: Emigrar era, entonces, una manera de encontrar la paz y la

¹⁷ En esos turbulentos 18 años, no llega —según mi conocimiento— a una decena el total de personas que fueron obligadas a dejar CNEA por persecución política, en alguna de sus múltiples formas. Ya en el peronismo, CNEA era la única institución donde técnicos y científicos que se habían visto obligados a dejar la Universidad por presión política podían trabajar sin problema alguno.

¹⁸ Ninguno de los técnicos y científicos que ocupan las posiciones más altas de CNEA —Gerentes, Jefes de Departamento, Jefes de División, etc.— ha sido designado por acción del “patronazgo político”.

¹⁹ Así, por ejemplo, el desarrollo del uranio comenzó bajo el gobierno peronista y no ha cambiado hasta el presente; análogamente con el desarrollo de reactores de investigación, que comenzara en plena Revolución Libertadora; con la Central Nuclear de Atucha (el decreto ordenando su estudio fue firmado por A. Illia), etc.

tranquilidad necesarias para sus investigaciones; pero era también una manera de escapar a la responsabilidad social de ayudar a vencer el subdesarrollo, verdadero responsable de los males que los afligian.

En este marco general, no debe extrañar que no se haya sabido o podido (o una mezcla adecuada de estos dos participios):

- a) Montar una estructura administrativa eficiente;
- b) Evitar el *brain drain*;
- c) Realizar un acople más profundo entre los sectores dedicados a investigación (Física y Química, especialmente) y los objetivos tecnológicos-productivos de la CNEA;
- d) Acelerar el estudio y la producción de materias primas nucleares, particularmente uranio;
- e) Construir el reactor RA-3 en el plazo proyectado²⁰;
- f) Diseñar y construir un reactor de demostración de potencia —de unos 40 MW— que hubiera dado imprescindible experiencia para una mayor y mejor participación en la Central Nuclear de Atucha.
- g) Promover y utilizar la Física Teórica y la Matemática Aplicada;
- h) Desarrollar investigaciones en campos tecnológicos tan importantes como Transferencia de Calor, Mecánica de Fluidos, Análisis de Sistemas, etc.;
- i) Impulsar con más vigor la creatividad científico-tecnológica;
- j) Utilizar con mayor eficiencia sus recursos humanos y materiales, mediante una mejor coordinación fundada en una plena identificación —en todos los cuadros— con los objetivos propuestos.

V. OBJETIVOS PRINCIPALES

La irrupción de la energía nuclear en el mundo contemporáneo ha obligado a casi todos los países —en mayor o menor grado— a tratar de definir sus respectivas políticas atómicas. Problema formidable, cuyas enmarañadas ramificaciones se extienden prácticamente a todos los sectores de la vida nacional, es objeto de arduas discusiones, enconadas polémicas, investigaciones parlamentarias, estrepitosas renunciadas, complicadas maniobras. Es que, sin temor a la retórica, hay que decir que el presente de algunas naciones y el futuro de todas depende fuertemente de las decisiones que todas y cada una adopten en este terreno.

Un elemento clave es la resolución que se adopte en materia de armamentos nucleares: si un dado país resuelve fabricar la bomba atómica, entonces —por un cierto tiempo al menos— su política atómica queda automáticamente definida por este objetivo central.

Y no sólo eso: la implementación de esa política marchará con la misma

²⁰ La construcción del RA-3 llevó 11 años; pudo haberse terminado en 3 años, pero dificultades administrativas atrasaron 3 años la obra civil.

extraña facilidad que caracteriza a todo esfuerzo armamentista (al parecer —¿será esta una nueva Ley de Parkinson?— los obstáculos que se oponen a una dada realización —cualesquiera sea el tipo de gobierno que la ejecute: socialista o capitalista, civil o militar, liberal o totalitario— son inversamente proporcionales al grado de irracionalidad de la misma).

Si ese país, en cambio, decide que no quiere (¿o será mejor decir que no puede?...) fabricar la bomba, entonces la situación que se le presenta será más confusa: por una parte le será más difícil elegir el objetivo central de su política atómica; por otra, supuesto que logre lo anterior, las dificultades políticas, económicas, financieras y burocráticas interferirán tenazmente con su realización. Y no es que no haya objetivos de mucha mayor importancia para la paz, salud y bienestar de los países que construir bombas; la dificultad principal es que todos ellos son demasiado racionales...

Tal ha sido el caso de Argentina, que nunca se propuso —explícita o implícitamente, y ni siquiera en la época Perón/Richter— la fabricación de explosivos nucleares. ¿Cuál ha sido y cuál es, entonces, su política atómica? La respuesta no la encontraremos en los documentos citados en II —que la delinear en forma vaga— sino en el análisis de los objetivos parciales descritos en III.

Ese análisis global demuestra que se buscaba alcanzar ciertos objetivos principales, que se constituían así —consciente o inconscientemente— en las metas mismas de la política atómica argentina:

- a) Dotar a la Argentina de una capacidad propia de decisión frente a los múltiples circunstancias derivadas de la producción y usos de la energía nuclear.
- b) Crear una infraestructura científico-tecnológica capaz de asegurar a la sociedad argentina el máximo aprovechamiento de la energía nuclear.
- c) Contribuir, mediante una acción permanente en Ciencia y Tecnología, al cambio y modernización de la sociedad argentina.

Los resultados resumidos en III —que conviene releer ahora en función de estos objetivos principales y teniendo en cuenta los obstáculos señalados en IV— dan una primera idea de la medida en que se alcanzaron estas metas. Pero como para ello fueron necesarios 18 años de esfuerzos y unos 100 millones de dólares, cabe preguntarse si valía la pena tanto sacrificio. Como toda pregunta de este tipo, se pueden esperar respuestas totalmente opuestas. La nuestra resultará de analizar en detalle lo que consideramos la piedra de toque de la política atómica argentina: la reciente decisión sobre la Central Nuclear de Potencia.

VI. ATUCHIA

1. En 1964, y sobre la base de un trabajo²¹ presentado ante la Tercera Conferencia Internacional sobre Usos Pacificos de la Energia Nuclear (Ginebra) la CNEA solicitó al Poder Ejecutivo que se estudiase la conveniencia y factibilidad de instalar una central electro-nuclear. En enero de 1965, el Gobierno Nacional ordenó a CNEA efectuar —en 14 meses— un Estudio de Pre-Inversión de una Central Nuclear para el área Gran Buenos Aires-Litoral.

2. La primera decisión importante de CNEA fue que no encargaría dicho Estudio a ninguna firma de consultores extranjeros —como se estila actualmente en nuestros países cuando se trata de obras de ingeniería de alguna (muchas veces, de poca) importancia— sino que la realizaría bajo su propia dirección y con su propio personal, salvo la eventual contratación —para tópicos especiales— de asesores externos (no necesariamente extranjeros).

Decidió así aplicar la misma filosofía que para la construcción de reactores nucleares y la fabricación de elementos combustibles, y poner a prueba la calidad y dedicación de los cuadros técnico-científicos que había formado durante años.

El Estudio fue dirigido por un comité de 3 miembros (presidente de la CNEA, Gerente de Energía y Gerente de Tecnología) y realizado por un equipo de 12 profesionales. Numerosos sectores de CNEA colaboraron activamente en los tópicos de sus respectivas especialidades.

3. El objetivo preciso del Estudio era determinar cuál podría ser la contribución de una central nuclear al programa de instalación de centrales eléctricas que debía satisfacer un crecimiento de la demanda estimado —para la zona del Gran Buenos Aires-Litoral en el periodo de 1966-1972— en 1.300 MW eléctricos. Para tal fin, se estudiaron los problemas técnicos, económicos, financieros, políticos, jurídicos, sociales y sanitarios inherentes a la instalación y operación de una central nuclear. Se analizaron también sus efectos sobre la conservación de recursos naturales, el autoabastecimiento energético, el desarrollo de la industria nacional, el futuro mercado latinoamericano de energía nuclear y finalmente, el impacto socio-cultural derivado de la incorporación a la realidad argentina de una de las tecnologías más avanzadas del mundo contemporáneo.

Estos estudios se realizaron para potencias en el rango de 300 a 500 MW y para cuatro tipos diferentes de reactores nucleares (dos que emplean uranio natural como combustible y dos que utilizan uranio enriquecido).

²¹ "La contribución de la energía nuclear a la solución del problema energético". J. Alegria, B. Csik, E. Nasjletti, C. Papadopoulos, O. A. Quihillali. Trabajo presentado ante la Tercera conferencia internacional para usos pacíficos de la Energía Nuclear. Ginebra, 1964.

El Estudio de Pre-Inversión fue terminado en el plazo indicado y consiste de 2 volúmenes principales y 7 volúmenes Anexos, según el siguiente índice:

Volumen I

- Capítulo 1 — Síntesis general
- Capítulo 2 — La zona del Gran Buenos Aires-Litoral
- Capítulo 3 — El mercado eléctrico del Gran Buenos Aires-Litoral
- Capítulo 4 — Potencia y ubicación de la central

Volumen II

- Capítulo 5 — Ingeniería del proyecto
- Capítulo 6 — Aspectos legales
- Capítulo 7 — Estudio económico financiero
- Capítulo 8 — Evaluación del proyecto

A N E X O S

Volumen I

- 1A — Organización y actividades de la Comisión Nacional de Energía Atómica
- 3A — El mercado eléctrico del Gran Buenos Aires-Litoral

Volumen II

- 4A — Evaluación de riesgos de la ubicación
- 4B — Agua de refrigeración
- 4C — Emplazamiento de la central

Volumen III

- 5A — Reactores de potencia

Volumen IV

- 5B — Posible contribución de la industria nacional a la construcción y operación y operación de la Central Nuclear Buenos Aires
- 5C — Recursos y producción de uranio
- 5D — Uranio enriquecido
- 5E — Producción de grafito y agua pesada en la República Argentina
- 5F — Seguridad de reactores de potencia

Volumen V

- 7A — Economía de las centrales nucleares

Volumen VI

- 7A — Economía de las centrales nucleares — Tablas

Volumen VII

- 7B — Costo del ciclo de combustible nuclear

7C — Costo de fabricación de los elementos combustibles

7D — Transporte de combustible irradiado

4. Las conclusiones fundamentales del Estudio, válidas para potencias de 300 a 500 MW y para cualesquiera de los tipos de central estudiados son:

a) En 1972 el sistema eléctrico Gran Buenos Aires-Litoral podrá técnicamente aceptar la incorporación de una central nuclear.

b) Una vez instalada la central nuclear podrá ser operada —durante su vida útil de 25 años— con el mismo grado de eficiencia y seguridad que una central convencional.

c) Desde el punto de vista de su comportamiento en el sistema eléctrico, al que se interconectará, la central nuclear posee similares características de disponibilidad que las centrales térmicas convencionales.

d) El costo de producción de la energía eléctrica es inferior para la central nuclear que para una central térmica convencional equivalente.

e) La instalación y operación de una central nuclear es financieramente viable.

f) La ubicación más favorable para la instalación de la central es el paraje denominado Atucha, a unos 100 km al noroeste de la ciudad de Buenos Aires, sobre la margen derecha del río Paraná de las Palmas.

g) Desde el punto de vista de la salud y seguridad de sus operadores y de la población circundantes, la central nuclear ofrece similares garantías que otras instalaciones industriales (centrales térmicas convencionales, industrias petroleras, industrias químicas, etc.).

h) La industria nacional podrá intervenir en la construcción y operación de la central nuclear en un orden estimado del 40%.

i) En relación con la conservación de los recursos naturales, la realización del proyecto significaría la incorporación del potencial uranífero argentino a los recursos energéticos aprovechados del país, y con ello el logro de una mayor diversificación de las fuentes de energía.

j) En relación con el desarrollo técnico-científico la central significaría un notorio impulso a todas las actividades científicas y tecnológicas, a la formación de personal altamente especializado, etc.

k) En relación con el desarrollo industrial argentino significaría por una parte el punto de partida de la industria nuclear en la Argentina; por otra, un mejoramiento de los standards de calidad y producción de la industria convencional.

En 1967, el Estudio de Pre-Inversión recibió el Premio Nacional de Ingeniería acordado por el V Congreso Nacional de Ingeniería.

5. En base a las conclusiones del Estudio se solicitaron ofertas a diversas compañías y se fijó la fecha del 31 de julio de 1967 como el límite para la presentación de las mismas. El pedido de ofertas presentaba ciertas características interesantes:

a) *Con respecto al combustible*: El problema de la instalación de una central nuclear de potencia plantea a todo país la elección del combustible más adecuado: uranio enriquecido o uranio natural. Las mayores ventajas de las centrales a uranio enriquecido son económicas (menos costo de instalación, por ejemplo) y técnicas (ingeniería más simple); su desventaja fundamental es que, por el momento, un solo país (Estados Unidos) provee comercialmente uranio enriquecido²². El uranio natural, en cambio, es producido y comercializado por diversos países: Canadá, Estados Unidos, Sud Africa, Francia, España, Argentina, Australia, etc.

Por cierto que si el país es productor de uranio enriquecido la decisión es simple. Por eso las centrales de Estados Unidos y la URSS son a uranio enriquecido; Gran Bretaña —que instaló un buen número de centrales a uranio natural— decidió aumentar la capacidad de su planta de uranio enriquecido y, consecuentemente, que sus futuras centrales emplearían este combustible. Probablemente Francia —que hasta ahora ha instalado solamente centrales a uranio natural— resuelva lo mismo cuando su planta de uranio enriquecido esté en condiciones de proveerlo en cantidad y a precio competitivo.

Para los demás países, el dilema es ciertamente complejo. Algunos (Italia, España, Japón, India) lo han resuelto instalando centrales de los dos tipos. Canadá en cambio, siendo gran productor de uranio natural, se decidió por la instalación de centrales a uranio natural de diseño propio. Alemania Occidental ha instalado únicamente centrales a uranio enriquecido, pero ha construido un prototipo a uranio natural. En el caso de Argentina, CNEA decidió que no era conveniente elegir "a priori" entre uno y otro tipo, sino que era preferible comparar ofertas concretas de los dos: si bien la central a uranio natural presentaba la ventaja importante de funcionar con combustible que se podía fabricar en la Argentina, esa ventaja debía ser "cuantificada" y la única manera objetiva de hacerlo era disponiendo de cotizaciones en firme para ambos tipos. En consecuencia, el pedido de ofertas no especificaba el tipo de combustible sino que lo dejaba librado al criterio del oferente.

b) *Con respecto a la participación de la industria argentina*: El pedido de ofertas exigía que se llevase al máximo la participación de la industria argentina en el proyecto. En particular, que los elementos combustibles —aún cuando fuesen de uranio enriquecido— debían ser manufacturados en la Argentina.

Con esta condición, CNEA materializaba un principio fundamental de su política: la central nuclear es algo más que una fábrica de Kw/h, es un instrumento de la transformación tecnológica del país.

²² Los países productores de uranio enriquecido son E.E.U.U., URSS, Gran Bretaña, China comunista y Francia. De este lado de la "cortina de hierro" sólo E.E.U.U. lo vende y/o arrienda: Gran Bretaña proyecta hacerlo después de 1973 y Francia probablemente después de 1975.

c) *Con respecto a la financiación:* Oportunamente, CNEA había decidido que no solicitaría financiación a los organismos de crédito internacionales (Banco Mundial, etc.), por lo que el pedido de ofertas imponía la presentación de condiciones financieras adecuadas, incluyendo los insumos locales.

En resumen: Estas tres decisiones referidas a la solicitud de ofertas —combustible, participación nacional, financiación— demuestran cómo CNEA ponía en ejecución la política definida por los objetivos principales Va) y b).

6. Se recibieron en total 17 ofertas de las compañías más importantes de Estados Unidos, Gran Bretaña, Canadá, Alemania y Francia. Se decidió que su análisis y evaluación no sería realizada por ninguna firma de consultores extranjeros, sino por la misma CNEA: el número y naturaleza de los factores de evaluación y las importantes consecuencias políticas, económicas, financieras, técnicas y culturales de la elección exijan el ejercicio pleno y responsable de la capacidad propia de decisión.

No es posible describir aquí con todo detalle —por razones de espacio— el proceso de evaluación de las ofertas; destacaremos solamente aquellos aspectos más directamente relacionados con v):

a) *Combustible:* Las ofertas permitieron una comparación objetiva de las dos variantes (uranio enriquecido y uranio natural), un cálculo preciso del sobreprecio que se pagaría en caso de elegir uranio natural y una comprobación importante: que aún con uranio natural, la central nuclear era económicamente competitiva con una central térmica convencional equivalente.

b) *Participación nacional:* Todas las ofertas ofrecían importante participación de la industria nacional, en ningún caso inferior al 25% del total de la obra. Aseguraban, además, la plena participación de personal técnico argentino en todas las etapas del proyecto.

c) *Financiación:* Las condiciones ofrecidas eran interesantes y, según las ofertas, variaban entre un monto igual al 100% del importe total de la obra a uno igual al 80%, con intereses del orden del 6% anual y plazos entre 25 años (20 y 5 de gracia) y 20 años (15 y 5 de gracia).

d) *Garantías:* La mayoría de las ofertas ofrecían garantías serias referentes a diseño, funcionamiento y disponibilidad de la central.

7. Del análisis y evaluación de las ofertas resultó un dictamen que CNEA elevó al Poder Ejecutivo y que éste aprobó, previo estudio de los organismos competentes (Ministerio de Economía y Trabajo, Ministerio de Relaciones Exteriores, Secretaría de Energía y Minería, Consejo Nacional de Desarrollo, Consejo Nacional de Seguridad).

Las características más destacadas de la oferta finalmente elegida son:

- a) Uranio natural como combustible;
- b) Precio conveniente: 280 millones DM para 319 MW de potencia;
- c) Condiciones de financiación excelentes: 100% del importe total (incluyendo los insumos locales), 6% de interés, 25 años de plazo (debiéndose efectuar el primer pago 6 meses después de haberse recibido la Central en condiciones normales de funcionamiento);
- d) Participación nacional estimada en un 33% del monto total;
- e) Aceptación de emplear uranio argentino y de utilizar elementos combustibles manufacturados en la Argentina;
- f) Garantías satisfactorias;
- g) Capacidad técnico-económica de la firma oferente, una de las más grandes empresas en su género en el mundo;
- h) Balanza comercial favorable con Alemania.

La característica más desfavorable es que la central ofrecida es la primera en su tipo y potencia en el mundo: la firma ha construido y tiene en operación un prototipo de 50 MW eléctricos, pero Atucha será la primera en 319 MW. Elegirla implica un serio riesgo, pero CNEA lo evaluó técnicamente y decidió que era aceptable.

8. Hemos dicho más arriba que la Central Nuclear de Atucha es la piedra de toque de la política atómica argentina. En efecto, con respecto a este proyecto Argentina decidió "per se":

- a) Instalar una central nuclear;
- b) Realizar el estudio de factibilidad correspondiente;
- c) Elegir el emplazamiento más adecuado;
- d) Establecer las condiciones para la presentación de ofertas;
- e) Evaluar las ofertas y elegir la más conveniente;
- f) Negociar y suscribir los contratos correspondientes;
- g) Asegurar la máxima participación de industria y personal científico técnico nacional;
- h) Desarrollar su potencial uranífero;
- i) Fabricar los elementos combustibles en la Argentina;
- j) Promover la formación de una compañía para la producción, comercialización y exportación de elementos combustibles para reactores de potencia e investigación.

Por cierto que recién el 15 de julio de 1972 —día en que la Central Nuclear de Atucha debe comenzar a entregar energía eléctrica a la red— se sabrá si estas decisiones fundamentales fueron o no correctas y si ciertos obstáculos para su implementación —como las rigideces de la mecánica administrativa, el deficiente nivel cultural del sector industrial y la falta de tradición de CNEA en obras de tal magnitud— pudieron ser superados. Lo que importa ahora, sin embargo, es que esas decisiones fueron adoptadas *autónomamente* por la

Argentina, por lo que constituyen el resultado más importante de su política atómica.

VII. CONCLUSIONES

En un reciente y profundo trabajo²³ Amilcar Herrera dice: "Teniendo en cuenta lo que acabamos de ver, es legítimo preguntarse si, dado el estancamiento socioeconómico actual de América Latina, se puede hacer algo ahora para impulsar su desarrollo científico y tecnológico. Yo creo que sí. Las fuerzas de cambio de una sociedad no se generan nunca simultáneamente en todos sus sectores, y el adelanto relativo de uno de ellos puede ayudar a estimular el de los otros". Comparto plenamente esta opinión de Herrera; incluso sería aún más enfático: No sólo se puede hacer, sino que se debe hacer. Y más, cuánto mayor sea el estancamiento. Por eso creo que lo realizado en Argentina en energía atómica no sólo suministra un modelo interesante de una política atómica "sin bomba", sino que demuestra cuánto es posible hacer pese a que el país haya estado (y esté) sumergido en uno de los procesos socio-económico-político más difíciles y confusos de su historia contemporánea.

GLOSARIO

FISIÓN NUCLEAR: Se denomina reacción de fisión nuclear al proceso físico mediante el cual, bajo el impacto de un neutrón, el núcleo de ciertos átomos pesados de uranio, de torio o de plutonio se divide en dos o más fragmentos, dando lugar a la liberación de energía (principalmente en forma de calor), de radiaciones y de 2 o 3 neutrones.

FISIÓN EN CADENA: Cuando el evento de la fisión nuclear se propaga de un núcleo atómico a otro y de éste a un tercero como consecuencia de los neutrones liberados, la reacción se propaga y establece así una fisión nuclear en cadena.

ISÓTOPOS: Elementos que tienen el mismo número atómico —ocupan la misma posición en la tabla periódica— pero distinto peso atómico. Tienen, por lo tanto, las mismas propiedades químicas, mientras que son distintas algunas de sus propiedades físicas.

Ejemplos: el hidrógeno corriente —denominado H_1^1 — tiene dos isótopos: el deuterio H_2^1 , llamado también hidrógeno pesado (porque su peso atómico es doble del H_1) y el tritio (H_3^1).

URANIO NATURAL: El uranio que se encuentra en la naturaleza y al que por eso se denomina uranio natural es fundamentalmente una mezcla de dos isótopos: U_{238} y U_{235} , en la siguiente proporción aproximada 99,3% U_{238} y 0,7% U_{235} .

ENERGÍA LIBERADA EN LA FISIÓN DEL URANIO: En condiciones corrientes es el uranio 235 el que se fisiona. Si todos los núcleos contenidos en 1 gramo de U_{235} se fisionasen liberarían una energía de 20.000.000 kilo-calorías, equivalente a la energía que producirían 2 toneladas de fuel oil o 4 toneladas de carbón. Si en 1 kilogramo de uranio natural se fisionase por completo los 7 gramos de U_{235} que

²³ A. Herrera, "La Ciencia y el Desarrollo de América Latina", *Estudios Internacionales*, Año 2, N° 1, pag. 38.

contiene, se produce un 140.000.000 kcal., equivalente a 14 toneladas de fuel oil.

REACTOR NUCLEAR: Dispositivo dentro del cual se produce la reacción de fisión nuclear en cadena, automantenida y en forma controlada.

ELEMENTO COMBUSTIBLE: En los reactores nucleares, el combustible atómico —generalmente uranio— debe emplearse envainado o envasado en otro material —aluminio, aleaciones de magnesio, aleaciones de zirconio, acero inoxidable, según sea el caso— para evitar su contacto directo con el refrigerante. Se denomina elemento combustible a la unidad compuesta por el uranio y su envase; tecnológicamente, es un producto sumamente complejo por los severos requisitos que debe cumplir.

REACTORES A URANIO NATURAL Y A URANIO ENRIQUECIDO: Cuando un reactor emplea elementos combustibles fabricados con uranio natural, el reactor se llama a uranio natural. Cuando emplea elementos combustibles cuyo uranio tiene más uranio 235 que 0,7% se denomina reactor a uranio enriquecido. Para fabricar uranio enriquecido hay que comenzar por separar —proceso muy costoso— uranio 235 del uranio natural (que queda así empobrecido). El U_{235} así separado se adiciona a uranio natural que de tal manera ve aumentada —en la cantidad correspondiente— su contenido natural (0,7%) de U_{235} .

REACTOR DE INVESTIGACIÓN: Reactor con núcleo compacto con uranio altamente enriquecido, que cuenta con facilidades de experimentación e irradiación. En este tipo de reactor sólo se aprovecha el flujo neutrónico y las radiaciones generadas en el núcleo. El calor producido se disipa en la atmósfera.

REACTOR DE POTENCIA: Se lo utiliza como

fuente generadora de calor para accionar una turbina y producir electricidad.

PLUTONIO: (Pu^{94}). Elemento artificial generalmente producido en los reactores por transmutación del U_{238} . El plutonio es también fisiónable y, en consecuencia, puede emplearse como combustible nuclear.

MODERADOR: Material colocado dentro del núcleo del reactor cuya finalidad es reducir o moderar la velocidad de los neutrones, de manera que sea mayor la probabilidad de que produzcan la reacción nuclear.

AGUA PESADA: Agua cuya molécula está compuesta por dos átomos de Deuterio y uno de oxígeno. Sus propiedades de moderación y absorción parásita de neutrones, combinadas, son superiores a las del agua común.

REFRIGERANTE: Fluido cuya finalidad es transportar el calor generado en los elementos combustibles del núcleo del reactor, hasta la fuente de disipación.

RADIOISÓTOPO: Elementos cuyos átomos tienen igual número de protones pero difieren en el número de neutrones y que por estar energéticamente excitados, emiten en forma espontánea radiaciones α , β , γ . Las características que definen un radioisótopo son: elemento, tipo de radiación emitida, energía de la misma expresada en Mev (megaelectrovolt) y vida media (tiempo en el que la radiactividad se reduce a la mitad).

REACTOR BREEDER O REPRODUCTOR: Reactor en el que en forma simultánea se quema combustible en su núcleo, y se convierte material fértil (generalmente U_{238}) en fisiónable (generalmente Pu^{94}), en la periferia del mismo. La relación conversión/quemado suele ser superior a 1, con lo que se produce más combustible del que se quema.