

Comisión
Nacional
de Energía
Atómica

Memoria
anual 1983

República Argentina



Comisión Nacional de Energía Atómica

Memoria anual 1983

PROLOGO	3
CENTRALES NUCLEARES	5
SUMINISTROS A CENTRALES NUCLEARES	9
RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES	15
PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD NUCLEAR	23
INVESTIGACION Y DESARROLLO	29
INFRAESTRUCTURA Y ASPECTOS GENERALES	53

SIGLAS USADAS EN ESTA MEMORIA

CNEA	- Comisión Nacional de Energía Atómica
CAB	- Centro Atómico Bariloche
CAC	- Centro Atómico Constituyentes
CAE	- Centro Atómico Ezeiza
CALIN	- Consejo Asesor en Licenciamiento de Instalaciones Nucleares
CFC	- Complejo Fabril Córdoba
CITEFA	- Centro de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas
CNA I	- Central Nuclear Atucha I
CNA II	- Central Nuclear Atucha II
CNE	- Central Nuclear Embalse
CONICET	- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
CONUAR	- Combustibles Nucleares Argentinos S.A.
ECBE	- Elementos Combustibles de Bajo Enriquecimiento
ENACE S.A.	- Empresa Nuclear Argentina de Centrales Eléctricas Sociedad Anónima
FAE	- Fábrica de Aleaciones Especiales
FECN	- Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares
INVAP S.E.	- Investigación Aplicada Sociedad del Estado
IPEN	- Instituto Peruano de Energía Nuclear
IRAM	- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales
ITBA	- Instituto Tecnológico de Buenos Aires
LPR	- Laboratorio de Procesos Radioquímicos
OIEA	- Organismo Internacional de Energía Atómica
PHWR	- Reactor de Agua Pesada Presurizada
PPFAE	- Planta Piloto Fábrica de Aleaciones Especiales
PPFECN	- Planta Piloto Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares
SUCOEM	- Suministro de Combustible Tipo Embalse

SEDE CENTRAL:

Comisión Nacional de Energía Atómica
Avda. Libertador 8250
1429 - Buenos Aires
Argentina

PROLOGO

Nuevos e importantes progresos se han registrado durante el año 1983 en las diversas actividades que lleva a cabo la CNEA en cumplimiento del Plan Nuclear Argentino, no obstante la persistencia de dificultades de índole económico-financiera —emergentes de las graves circunstancias por las que atraviesa el país— que, al igual que en el año anterior, obligaron a reducir el ritmo de avance de las grandes obras encaradas por la institución.

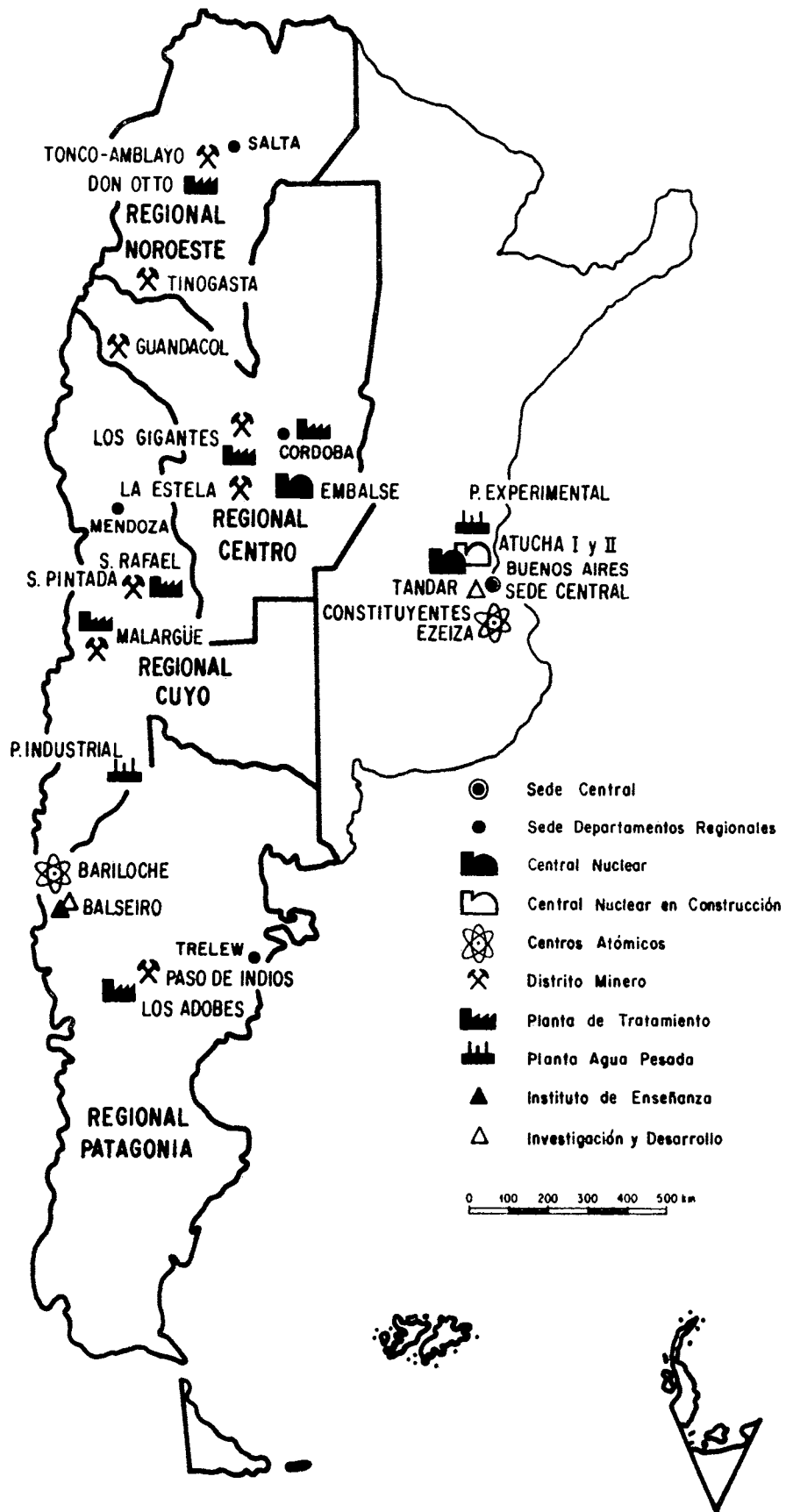
Entre los hechos más relevantes del año, de los que se informa en los diferentes capítulos de la presente Memoria, cabe destacar fundamentalmente dos, por su incuestionable trascendencia económica, energética y científico-tecnológica.

Por una parte, el día 3 de mayo tuvo lugar en Embalse, provincia de Córdoba, la ceremonia inaugural de la segunda central nucleo-eléctrica argentina, de 600 MW de potencia eléctrica neta, realizada con una importante participación de la ingeniería y la industria nacionales, especialmente en los rubros ingeniería, obra civil, suministros electromecánicos y montaje, que representó el 67 % del total del proyecto, y en la que la CNEA asumió el rol de subcontratista principal de construcción en el área nuclear.

El segundo evento destacable, tal vez el logro más sobresaliente en la historia tecnológica nacional, fue la exitosa culminación del desarrollo de la tecnología de enriquecimiento de uranio por el método de la difusión gaseosa, que sólo es patrimonio de muy pocos países altamente industrializados y que, a la vez de asegurar definitivamente el autoabastecimiento de un material fisiónable indispensable para el funcionamiento de los reactores de producción de radioisótopos y de investigación argentinos, abre para el país muy promisorias perspectivas, tanto económicas como tecnológicas.

Estas y otras realizaciones de la CNEA son el fruto de una política coherente y sostenida, emprendida por la Argentina desde hace más de tres decenios, tendiente a adquirir el dominio de la tecnología nuclear con fines exclusivamente pacíficos para su aplicación al desarrollo nacional y, por ende, al mejoramiento de la salud y del bienestar de todos los habitantes de la República.

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE ACTIVIDADES



CENTRALES NUCLEARES

Desde su iniciación a mediados de la década de 1960, este programa persigue el objetivo de contribuir a satisfacer las necesidades energéticas del país a mediano y largo plazo mediante la instalación de centrales nucleoelectricas con una creciente participación de la ciencia, la tecnología y la industria argentina como así también de asegurar el suministro de electricidad al Sistema Interconectado Nacional a través de la operación comercial de las dos centrales nucleares ya instaladas que, al igual que una tercera actualmente en construcción y una cuarta central en estudio, utilizan reactores nucleares alimentados con uranio natural y moderados y refrigerados por agua pesada.

En los párrafos siguientes se describen los hechos más significativos registrados durante el presente ejercicio en el marco de este programa de la CNEA.

CENTRAL NUCLEAR ATUCHA I (CNA I)

Potencia eléctrica neta: 335 MW.

Tipo de reactor: PHWR con recipiente de presión.

Durante el año 1983 la CNA I operó con un factor de disponibilidad de 92,16 %, produciendo 2 355 965 MWh netos que equivalen a un factor de carga de 80,28 %.

A requerimiento del Despacho Nacional de Cargas, la central se mantuvo sincronizada con la red durante 8 102,55 horas con frecuentes ciclos de carga, equivalentes a 348 492 MWh de energía disponible no producida.

Se utilizaron 388 elementos combustibles, de los cuales 229 son de industria nacional. El quemado promedio de extracción aumentó de 5 650 MWd/tU en 1982 a 6 020 MWd/tU como consecuencia de una modificación en la estrategia de recambio desarrollada en el Departamento de Ingeniería de la CNA I.

En este período se intensificaron los esfuerzos tendientes a lograr la sustitución de insumos de importación, mereciendo destacarse la provisión de los anillos de cierre de los canales de refrigeración por parte de INVAP S.E.

CENTRAL NUCLEAR EMBALSE (CNE)

Potencia eléctrica neta: 600 MW.

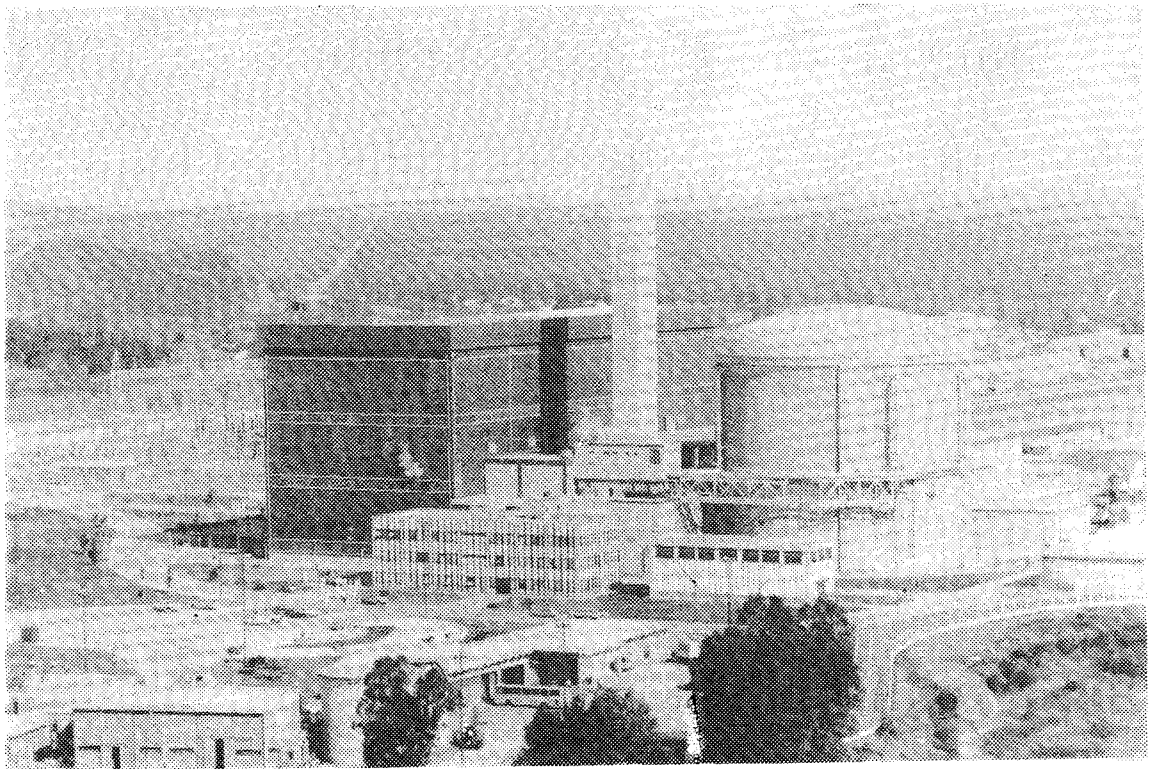
Tipo de reactor: PHWR con tubos de presión (CANDU).

El año 1983 señaló la culminación de la construcción de esta segunda central nuclear argentina, realizada con una importante participación nacional que alcanzó al 35 % en el rubro de la ingeniería, al 95 % en la obra civil, al 33 % en los suministros electromecánicos y al 90 % en los trabajos de montaje, tanto del sector nuclear como del convencional, todo lo cual representa una participación total del 67 %.

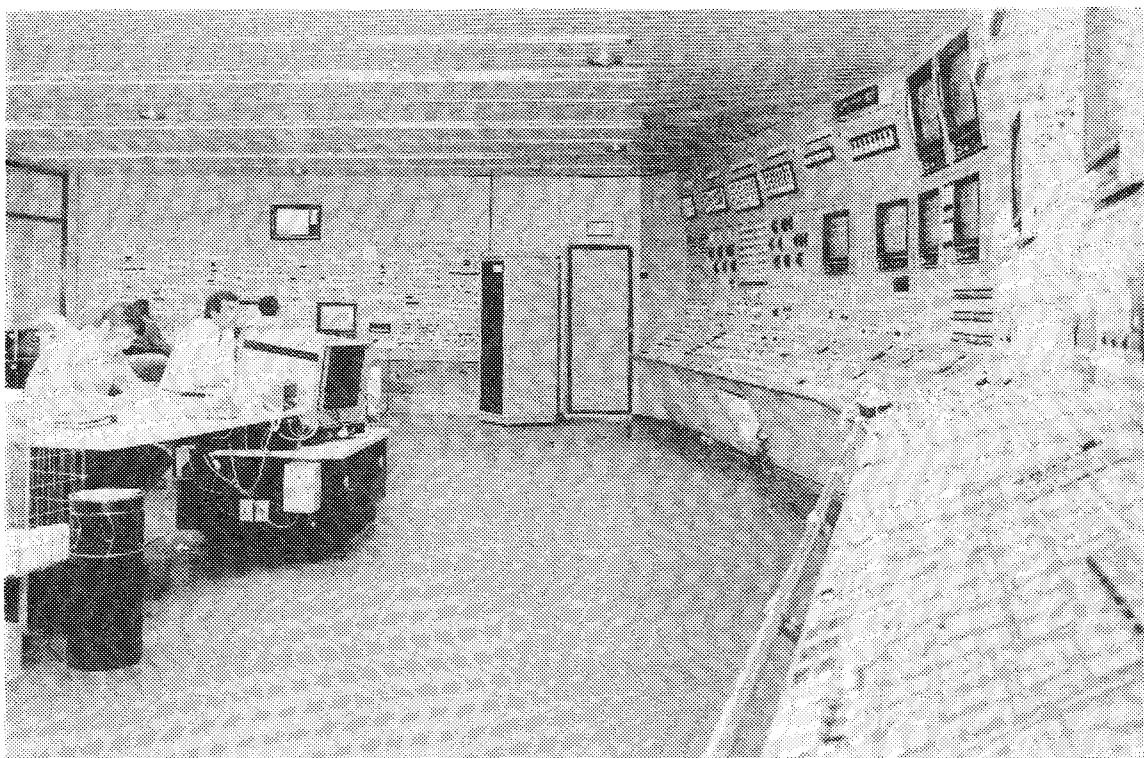
En el mes de enero se completó el llenado de las piletas de almacenaje de elementos combustibles y en febrero finalizó el llenado con agua pesada del sistema primario de transporte de calor. Efectuadas las pruebas de funcionamiento en caliente de dicho sistema, el reactor de la CNE alcanzó la criticidad el día 13 de marzo. El 25 de abril la central fue conectada a la red eléctrica nacional, alcanzando un nivel de potencia de 100 MWe.

Durante los meses siguientes al acto oficial de inauguración de la CNE, que tuvo lugar el 3 de mayo en presencia de las más altas autoridades nacionales y provinciales y numerosas personalidades argentinas y del exterior, se siguió incrementando paulatinamente la potencia, alcanzándose el 100 %, con 648 MWe brutos el día 15 de septiembre, es decir, aproximadamente nueve meses después de completada la primera carga de elementos combustibles.

Entretanto, a partir del mes de agosto se iniciaron las pruebas técnicas contractuales de garantía de la CNE, y el día 17 de septiembre se efectuó el primer recambio de elementos combustibles con el reactor funcionando a plena potencia. Entre el 11 de octubre y el 12 de noviembre se realizó una parada programada con el objeto de realizar ajustes de puesta en marcha a los sistemas y en diciembre se llevaron a cabo ensayos planificados como etapa previa a la recepción provisoria de la central, prevista para el mes de enero de 1984.



Vista panorámica de la Central Nuclear Embalse.



Sala de control de la Central Nuclear Embalse.

Paralelamente se llevaron también a cabo las negociaciones con las empresas contratistas AECL e Italmimpianti para el cierre contractual, las que están próximas a finalizar.

Al terminar el año la CNE había generado 888 755 MWh brutos, de los cuales 810 485 MWh fueron suministrados al Sistema Interconectado Nacional.

CENTRAL NUCLEAR ATUCHA II (CNA II) (En construcción)

Potencia eléctrica neta: 692 MW.

Tipo de reactor: PHWR con recipiente de presión.

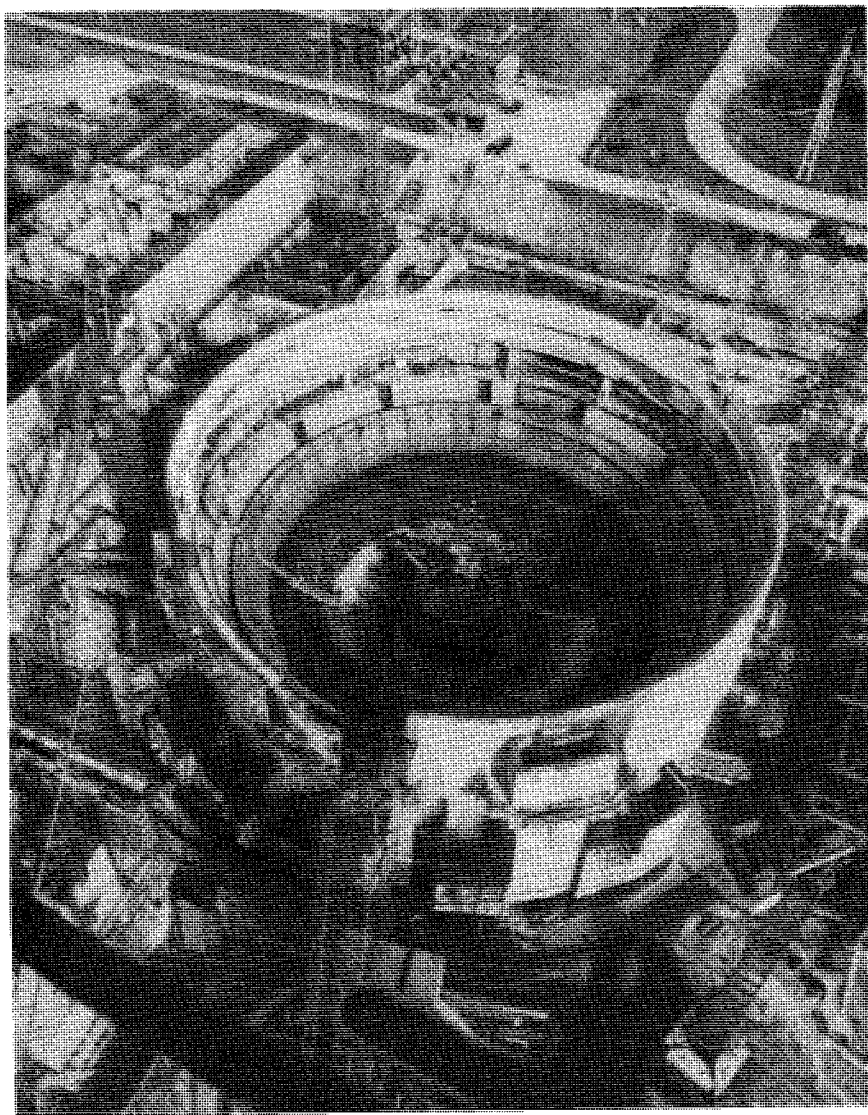
Debido a restricciones presupuestarias y a dificultades en la disponibilidad de fondos se produjeron nuevos retrasos en la marcha del proyecto, obligando a sucesivas revisiones de la planificación para optimizar el avance de los trabajos en función de los recursos disponibles. La demora acumulada resultante —de dos años respecto al cronograma inicial— lleva la fecha prevista para la entrada en operación de la central al mes de junio de 1989.

A pesar de las dificultades señaladas, que afectaron principalmente a la obra civil y a los suministros nacionales, se ha logrado mantener un avance sostenido de la construcción lo que permitió concretar el día 25 de noviembre la flotación de la calota inferior de la esfera de contención del reactor para asentarla en su ubicación definitiva, con lo que se cumplió una de las etapas fundamentales del proyecto.

El grado de avance registrado al finalizar el año en los rubros más importantes fue el siguiente:

	Durante el año 1983 %	Acumulado al 31-12-83 %
Total del Proyecto	13,1	32,2
Obra civil	12,1	30,4
Suministros nacionales ...	5,4	8,5
Suministros importados ..	24,4	56,4
Servicios nacionales	8,3	13,3
Servicios extranjeros	11,0	58,0
Obrador	10,0	85,0

Construcción del edificio del reactor de la
Central Nuclear Atucha II.



CUARTA CENTRAL NUCLEAR ARGENTINA. (En estudio)

*Potencia eléctrica neta: del orden de 600 MW.
Tipo de reactor: a determinar.*

Encuadrado en el programa de instalación de centrales nucleares establecido por el decreto 302/79, se inició la primera etapa de un estudio de factibilidad tendiente a determinar las capacidades locales para diseñar y construir una cuarta central de características y potencia si-

milares a la recientemente inaugurada en Embalse, provincia de Córdoba, como una de las etapas para decidir posteriormente el tipo de reactor.

A dichos efectos, y con el objeto de aprovechar al máximo la experiencia disponible en el país en el tema, se creó un grupo de trabajo integrado por personal de la CNEA y por representantes de empresas de ingeniería y fabricantes de componentes argentinos.

La finalización de este estudio está prevista para el primer trimestre de 1984.

SUMINISTROS A CENTRALES NUCLEARES

El objetivo de este programa es el abastecimiento integral de los suministros necesarios a las centrales nucleares argentinas, con la máxima participación de la tecnología y la industria nacionales.

Las actividades involucradas comprenden la prospección, exploración y evaluación de los recursos uraníferos del país, la explotación minera, la producción de concentrados de uranio, su purificación, la producción de dióxido de uranio, la fabricación de los elementos combustibles y la producción de agua pesada.

Se ofrece a continuación una reseña de la labor realizada en este programa durante el año 1983.

EXPLORACION Y PRODUCCION DE URANIO

PROSPECCION

Fotogeología

Se efectuó la fotointerpretación geológica en gabinete (sin control de campo) de 120 km² a escala 1: 50 000 del área Aguiliri-Cerro Galán en la provincia de Jujuy.

En el área del Batolito de Achala, en la provincia de Córdoba, se realizó la fotointerpretación geológico-estructural de 190 km² a escala 1: 20 000, con control de campo.

Geología

Continuando con la actualización de la información geológica de base se ha elaborado un nuevo mapa geológico a escala 1: 500 000 de la provincia de La Pampa, con lo cual ha quedado completado el mapeo geológico de todas las provincias de posible interés uranífero.

En base a ello se han seleccionado con primera prioridad 9 ambientes geomorfo-estructurales: 3 en la región de Cuyo y 2 en cada uno de los tres restantes Departamentos Regionales, es decir Noroeste, Centro y Patagonia, a ser explorados en ejercicios futuros.

En la provincia del Chubut se llevó a cabo el relevamiento radimétrico sistemático sobre un total de 47,5 km² y labores mineras de muestreo sobre sectores de interés surgidos de la

revisión de las anomalías detectadas en ejercicios anteriores.

En esta misma provincia se realizó un relevamiento topográfico-geológico sobre 350 km² del sector Cuenca Norte de la Sierra de Pichiñán y en la provincia de Jujuy se cubrieron 10 ha en el área Aguiliri-Cerro Galán.

Radimetría Aérea

En el Departamento Regional Patagonia se realizó el reconocimiento de 61 anomalías de segunda prioridad surgidas de relevamientos aero-radimétricos efectuados con anterioridad.

En el Departamento Regional Centro como consecuencia de la terminación de trabajos de prospección aero-radimétrica han surgido 676 anomalías de 1^º y 2^º orden, de las cuales se han reconocido 147.

Estudios Especiales

En apoyo a los grupos de trabajo de prospección y exploración se han realizado diversas tareas, las que incluyeron numerosos análisis químicos y determinaciones mineralógicas, petrográficas, analíticas y geoquímicas de minerales de uranio presentes en muestras de rocas, aluviones y aguas, como así también los informes técnicos correspondientes.

EXPLORACION - EVALUACION

Perforaciones

Con equipos propios se han realizado 3 760 metros de sondeos de exploración geológica distribuidos entre los siguientes sectores: 3 136 m en el indicio «Los Riojanos» (Córdoba), 348 m en el área «La Punilla» (Salta) y 276 m en la manifestación «Aguiliri» (Jujuy).

Asimismo, colaborando en la implementación de un plan de investigación geofísica en el área de Sierra Pintada, Mendoza, se realizaron 128,50 metros de perforación distribuidos en 39 sondeos cortos.

Por intermedio de la empresa Nuclear Mendoza se contrató la ejecución de 40 000 metros de sondeos de exploración-evaluación en el distrito Pichiñán. En el presente año la empresa contratista ha realizado 10 224 metros.

RECURSOS URANIFEROS

Los recursos uraníferos del país, expresados de conformidad con las nuevas normas establecidas este año por el OIEA, incluyen 22 091 toneladas de U_3O_8 (18 721 t de U) como reservas —correspondientes a la categoría ahora denominada Recursos Razonablemente Asegurados— y 9 372 toneladas de U_3O_8 (7 942 t de U) en la categoría Recursos Adicionales Estimados I (RAE-I), en ambos casos correspondientes a costos de extracción inferiores a 30 u\$s por libra de U_3O_8 , totalizando así 31 463 toneladas de U_3O_8 (26 663 t de U) en el concepto que anteriormente se definía como Recursos Razonablemente Asegurados.

EXPLOTACION MINERA Y PRODUCCION DE CONCENTRADOS DE URANIO

Debido a que la cantidad de mineral obtenido en los yacimientos del Complejo Minero Fabril San Rafael, durante los dos años anteriores, posibilitó no sólo abastecer las plantas propias durante dichos años, sino que también fue suficiente para lograr el stock necesario para el consumo del año 1983, este año no se explotó por administración ninguno de los yacimientos de mineral de uranio de la CNEA. En cambio, continuó la explotación de mineral por parte de terceros, habiendo obtenido la contratista de la obra «Los Gigantes» 341 645 t del Yacimiento Schlagintweit (Córdoba), cantidad que por lo tanto representa el total de la producción nacional de mineral de uranio durante el presente ejercicio.

La producción conjunta de concentrado comercial de uranio («yellow cake») en las diversas plantas de concentración de la CNEA ascendió a 157 563 kg de U_3O_8 , cantidad que superó en el 5 % al total programado para el año. Por

su parte, la contratista de la obra «Los Gigantes» entregó 45 713 kg de U_3O_8 , con lo que la producción nacional de concentrado comercial de uranio totalizó 203 276 kg de U_3O_8 .

A continuación se resume lo actuado durante el año por los distintos sectores que integran esta actividad.

Complejo Minero-Fabril San Rafael (Mendoza)

Como se ha explicado, durante el año 1983 no se explotó ninguno de los yacimientos de uranio del Complejo Minero-Fabril San Rafael, aunque sí se continuó despachando al Complejo Fabril Malargüe parte del mineral existente en planchada-mina, que fuera explotado en años anteriores.

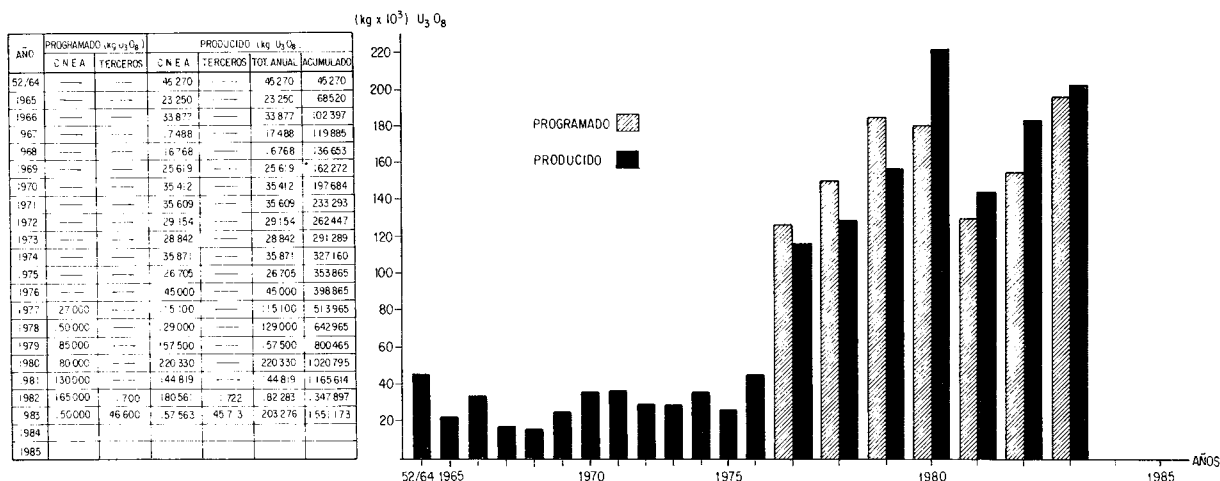
Asimismo, otra parte de dicho mineral fue tratado en la planta de concentración del Complejo Minero-Fabril San Rafael, obteniéndose un total de 61 405 kg de U_3O_8 en forma de concentrado comercial.

Complejo Fabril Malargüe (Mendoza)

En este complejo continuaron en operación la planta de concentración de uranio y sus dos circuitos de extracción (por solventes y por resinas de intercambio iónico), como así también la planta de producción de ácido sulfúrico.

En la planta de concentración se procesaron 55 072 t de mineral procedente del Complejo Minero-Fabril San Rafael, obteniéndose 96 158 kg de U_3O_8 como concentrado comercial.

Por su parte, en la planta de producción de ácido sulfúrico se obtuvieron 8 635 t de este reactivo durante el presente año. La producción de esta planta desde la fecha de su instalación, es la siguiente:



Año	Producción (t de SO_4H_2)
1975	1 300
1976	1 489
1977	2 820
1978	1 456
1979	4 485
1980	8 005
1981	7 852
1982	9 006
1983	8 635

Complejo Minero-Fabril «Los Gigantes» (Córdoba)

Este complejo, de propiedad privada y que opera bajo contrato con la CNEA, comenzó la producción de concentrado comercial de uranio en noviembre de 1982 procesando mineral que explota del Yacimiento Schlagintweit, de propiedad de CNEA, en el distrito «Los Gigantes».

Durante el año 1983 se produjeron 341 645 t de mineral, procesándolo hasta obtener un total de 45.713 kg de U_3O_8 , al estado de concentrado comercial. La tecnología utilizada consiste en la explotación a cielo abierto, la lixiviación en pilas y la recuperación de uranio por resinas de intercambio iónico.

Proyecto «La Estela» (San Luis)

La empresa titular del contrato para la explotación minera y producción de concentrados de uranio en la mina de su propiedad denominada «La Estela», no pudo superar los problemas financieros que venía arrastrando. Por ello, dicha empresa decidió ampliar el capital original incorporando nuevos accionistas. A partir de entonces se reactivaron las obras con la construcción de equipos y la adquisición de instalaciones.

Este proyecto operará con explotación a cielo abierto, lixiviación en pilas y recuperación por resinas de intercambio iónico.

Proyecto «Sierra Pintada» (Mendoza)

En razón de la falta de ofertas válidas en el segundo llamado a licitación para la adjudicación de la construcción y explotación del complejo minero-fabril en Sierra Pintada para la producción de concentrado de uranio, se resolvió desarrollar con personal de CNEA la ingeniería básica de mina y planta, con el fin de disponer de esta información fundamental para el desarrollo del esquema que se establezca finalmente para la construcción y operación del complejo.

Durante el año 1983 se ejecutó casi totalmente la ingeniería básica de mina y se inició la de planta, para lo cual se definieron las operaciones de molienda autógena, clasificación radiométrica y lixiviación con agitación por aire. Además se adquirieron los sistemas de «software» necesarios para el cálculo geoestadístico de reservas y el diseño de la cantera.

PURIFICACION DE CONCENTRADOS Y PRODUCCION DE UO_2

La Planta de Producción de UO_2 inaugurada en diciembre de 1982 en el Complejo Fabril Córdoba logró alcanzar el 21 de septiembre de 1983, tras superar una serie de problemas surgidos durante el período de puesta a punto de sus instalaciones, el ritmo de producción mensual previsto de 13 toneladas de UO_2 , produciendo en este año un total de 64 076 kg de polvo de UO_2 sinterizable que cumplió con las especificaciones técnicas para este material.

También se puso en condiciones operativas el equipamiento para ensayos de sinteribilidad y se dio comienzo a la elaboración del plan de mantenimiento general de la planta, realizándose modificaciones y agregados que hacen a la seguridad y a la operatividad. Además se prepararon manuales de operación y se completó el entrenamiento y capacitación del personal. A su vez, el Laboratorio Analítico cumplió normalmente las tareas de apoyo para el control del proceso de producción y calidad del UO_2 producido.

Por otra parte, se continuó con el desarrollo del proceso de fabricación de UO_2 con tecnología totalmente nacional, elaborándose partidas experimentales de este producto. También se finalizó la redacción de un estudio preliminar para el proyecto de una planta para la producción de 150 t de UO_2 por año utilizando esta tecnología.

FABRICACION DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES

Fábrica de Aleaciones Especiales (F.A.E.)

Esta fábrica, ubicada en el Centro Atómico Ezeiza, tiene por objeto primordial satisfacer los requerimientos de insumos de zircaloy de la Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares.

Durante el año 1983 se completaron las obras civiles de la cuarta etapa de la Planta de Tubos, sector Terminación y Control Final, trasladándose a éste diversos equipos, y se inició la elaboración del proyecto de la obra civil e instalaciones de la quinta etapa: Lingote-Trex. En el sector Operación se montaron tres lami-

nadoras HPTR-8-15. Además se efectuó la recepción provisoria de los equipos de desengrase y de ultrasonido importados de la República Federal de Alemania.

En colaboración con el proyecto PPFAE se fabricó la primera partida de 1 000 metros de tubos de zircaloy calificados para el contrato firmado entre CNEA y la empresa brasileña NUCLEBRAS, obteniéndose una calidad conforme a las especificaciones del contrato, y se iniciaron los primeros pasos del proceso de fabricación de tubos tipo Embalse.

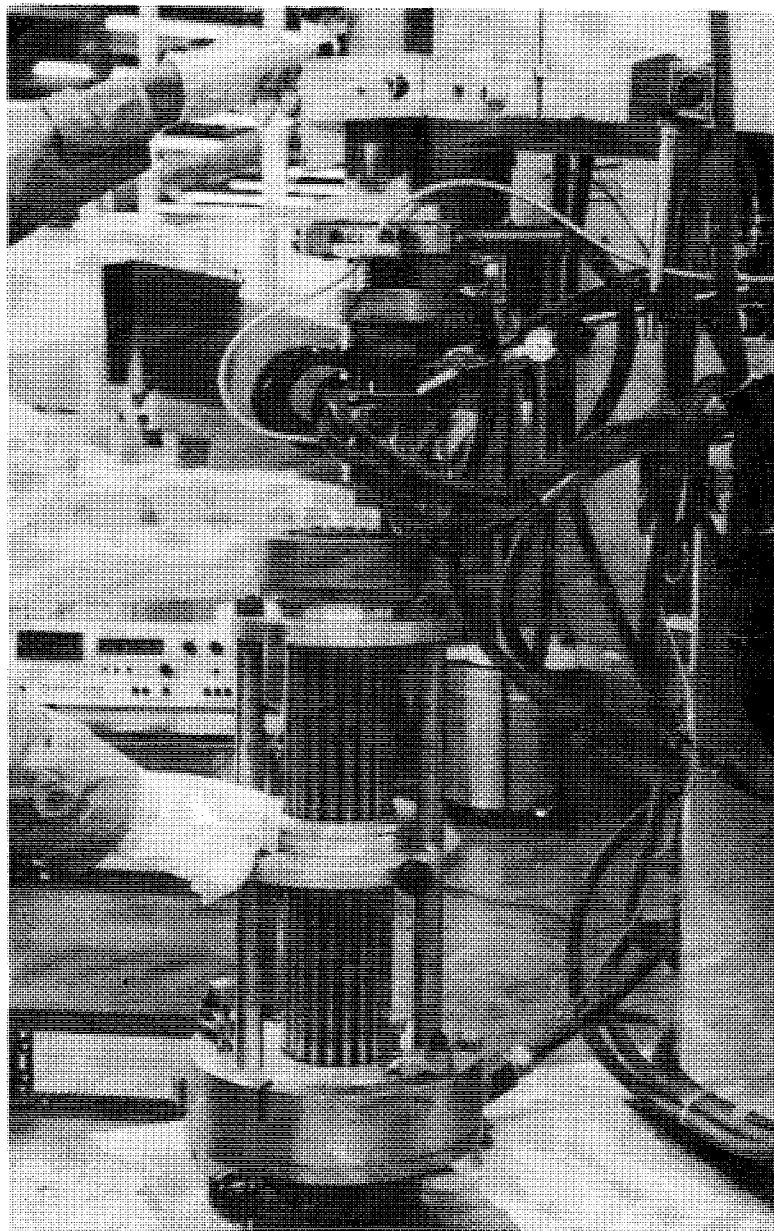
Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares (F.E.C.N.)

Durante el presente ejercicio, esta fábrica, instalada en el CAE y operada por la empresa CONUAR S.A. —integrada por la CNEA y una

empresa privada— completó la fabricación y entrega de 290 elementos combustibles tipo Atucha I, en las condiciones de calidad y oportunidad estipuladas. Merece destacarse que la CNEA I extrajo del reactor 218 elementos combustibles producidos por la FECN, los que alcanzaron un quemado promedio de 6 000 MWd/tU, superior al valor estipulado en el contrato.

Asimismo, y con el objeto de reducir costos de materiales y de procesos productivos, se propusieron cambios de diseño de los elementos combustibles tipo Atucha I y se introdujeron mejoras en los procesos de fabricación, encontrándose en ejecución diversos proyectos conjuntos de investigación y desarrollo entre CNEA y CONUAR.

También se han iniciado tareas de colaboración entre CONUAR y CNEA a través del proyecto SUCOEM («Suministro de Combustible Embalse»).



Ensamble final del elemento combustible para la C. N. Embalse en la Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares sita en el CAE.

PRODUCCION DE AGUA PESADA

Planta Industrial de Arroyito

En la localidad de Arroyito, Neuquén, a orillas del río Limay y a 50 km al sudoeste de la ciudad de Neuquén sobre la Ruta Nacional 237, continúa la construcción de esta Planta, provista por la empresa suiza Sulzer Brothers Ltd., cuya capacidad de diseño es de 250 toneladas anuales de agua pesada de «grado reactor» (99,8 % de concentración isotópica) y que empleará el método de intercambio isotópico amoníaco-hidrógeno.

Durante el año se registró un avance del 12 % en la obra civil, totalizando un acumulado del 78 % en este rubro y se avanzó un 10,3 % en la ejecución del contrato firmado en enero con una empresa local para el montaje electromecánico. Además se finalizó la construcción del gasoducto y de la estación reductora de presión destinados a la alimentación de la Planta.

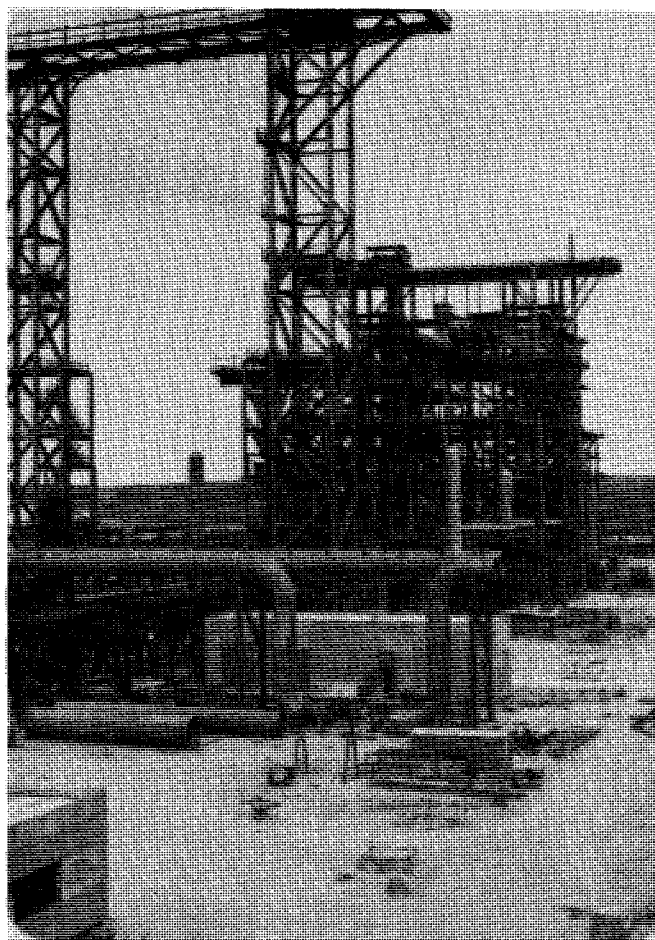
En el mes de julio se completó el programa de auditorías de calidad a proveedores europeos y continuó el de proveedores locales, y desde agosto hasta diciembre se llevó a cabo en Eu-

ropa el entrenamiento del personal de conducción de la Planta.

Por otra parte se finalizó la construcción de 88 viviendas con infraestructura correspondientes a la segunda etapa del barrio para el personal, sito en la localidad de Plottier, y se inició en octubre la construcción de otras 68 viviendas, alcanzándose un avance del 4 % hasta el fin del ejercicio. También en Plottier se registró un avance del 90 % en la construcción de la escuela y jardín de infantes destinados a absorber el incremento de la población escolar debido a la presencia del personal de CNEA.

En el transcurso de 1983 llegaron a la Planta 2 575 toneladas de suministros importados, que sumados a los envíos anteriores totalizan 18 741 toneladas, lo que representa aproximadamente el 80 % del total.

Finalmente cabe señalar que, a causa de las dificultades en la disponibilidad de fondos y divisas que han afectado también a otros proyectos de la CNEA, el avance general de la obra durante 1983 fue de sólo el 6,5 %, llevando el acumulado hasta el 31 de diciembre al 80 % del total del proyecto, con lo que la fecha previsible para la finalización de la Planta se desplaza al primer semestre de 1986.



Construcción de la Planta Industrial de Agua Pesada.
Vista de la estructura metálica principal y
montaje de la cañería de agua.

RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

A lo largo de los veintisiete años transcurridos desde su iniciación, este programa estuvo dirigido a desarrollar y promover las aplicaciones de los radioisótopos y las radiaciones ionizantes en los campos de la salud, la industria, la ingeniería y el aprovechamiento de los recursos naturales. El programa incluye además, la producción y el abastecimiento de los radionucleídos, los compuestos radiactivos y las fuentes de radiación requeridos por los mercados local y latinoamericano.

Complementan las actividades de la CNEA en esta área la prestación de asesoramiento, apoyo y servicios de aplicación en las distintas especialidades, como así también un sostenido esfuerzo de capacitación mediante el dictado de numerosos cursos y el adiestramiento especializado de becarios, tanto argentinos como de otros países latinoamericanos.

Un aspecto trascendente de esta actividad consiste en la colaboración que brinda la CNEA a las autoridades sanitarias nacionales y provinciales a través de las relaciones bilaterales y del Consejo Federal de Salud, lo que ha permitido la habilitación de centros regionales de Medicina Nuclear y Radioterapia en diversas localidades del país. En este marco merece destacarse la colaboración brindada por la CNEA para concretar el Centro de Aplicaciones Bionucleares de la provincia del Chaco, cuyas instalaciones fueron inauguradas el 14 de octubre.

A continuación se ofrece un resumen de las principales actividades realizadas durante el año 1983 en el programa de radioisótopos y radiaciones.

PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE MATERIALES RADIATIVOS

PLANTA DE PRODUCCION

La producción, fraccionamiento y preparación de radioisótopos primarios, y elaborados en la planta de Ezeiza, alcanzó durante el año una

actividad total de 1 300 Ci a pie de planta, lo que significó un incremento del orden del 30 % con relación al ejercicio 1982, y permitió satisfacer 7 700 pedidos de usuarios, cantidad superior en un 10 % a la registrada en el año anterior.

Este crecimiento responde fundamentalmente a la marcada consolidación en el mercado de los generadores de Tc-99m de alta actividad específica, denominados «Gentec», cuya producción se elevó de 543 unidades en 1982 a 1 053 unidades en 1983. Por otra parte, la demanda de generadores de menor actividad aumentó durante el mismo período de 350 a 434 unidades.

Prosiguiendo con la tarea iniciada el año anterior se produjeron cuatro fuentes selladas de Co-60 de alta actividad para uso médico, con un total de 7 800 Ci encapsulados. Una de dichas fuentes fue destinada a la Universidad de Córdoba, con carácter de primera operación comercial en este rubro.

RADIOFARMACOS Y PRODUCTOS ESPECIALES

Continuando con la elaboración de juegos de reactivos para la marcación de compuestos con In-113m y Tc-99m utilizados para diagnósticos «in vivo», se produjeron 31 445 dosis que cubrieron 5 460 envíos (ver gráfico 1). Cabe señalar que, en la producción de dosis de juegos de reactivos para marcación con Tc-99m, debido a inconvenientes técnicos en las instalaciones de elaboración no se pudo cubrir completamente la demanda de estos productos. En el caso de los juegos para marcación con In-113m, la producción va disminuyendo paralelamente con la demanda de estos productos, que están siendo sustituidos por los de Tc-99m.

Además se han efectuado 500 envíos de productos especiales utilizados para estudios «in vitro», que incluyeron hormonas marcadas con I-125, juegos de reactivos para radioinmunoanálisis y I-125 fraccionado.

En el Laboratorio de Moléculas Marcadas se hizo un estudio comparativo con el HEDSP-Tc-99 m (hidroxietilendisodiofosfonato) y DMAD-Tc-99 m (dimetilaminodifosfonato), no encontrándose diferencias significativas entre ambos radiofármacos en cuanto a su aplicación clínica.

Se estudió la marcación de dextrano-Tc-99m y se la aplicó al estudio de linfocentellografía.

En el marco de un contrato con el OIEA sobre nuevos derivados del ácido iminodiacético (IDA), se está estudiando la síntesis del bromofenin (3 bromo, 2, 4, 6 trimetilfenilcarba-

noilmetiliminodiacético). Para satisfacer los pedidos existentes prosiguió la producción regular del diisopropil-IDA.

Se finalizó un estudio sobre aplicación de compuestos marcados con carbono 14 en la evaluación del comportamiento de tensioactivos copolimerizables en emulsión. A pedido, se prepararon algunas moléculas marcadas con carbono 14.

Además se mantuvo el asesoramiento en radiofarmacia a unas treinta y cinco instituciones en el país y en el extranjero.

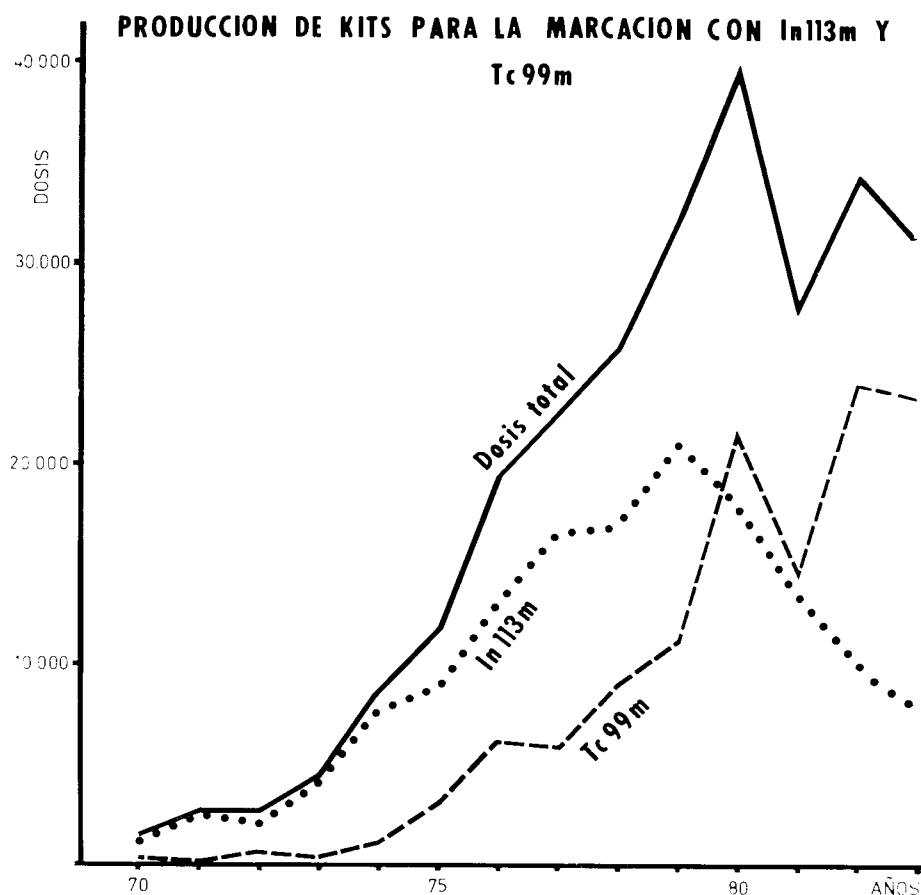


GRAFICO 1

CONSUMO Y PRODUCCION DE MATERIAL RADIOACTIVO EN LA REPUBLICA ARGENTINA

(EXCLUYENDO FUENTES SELLADAS)

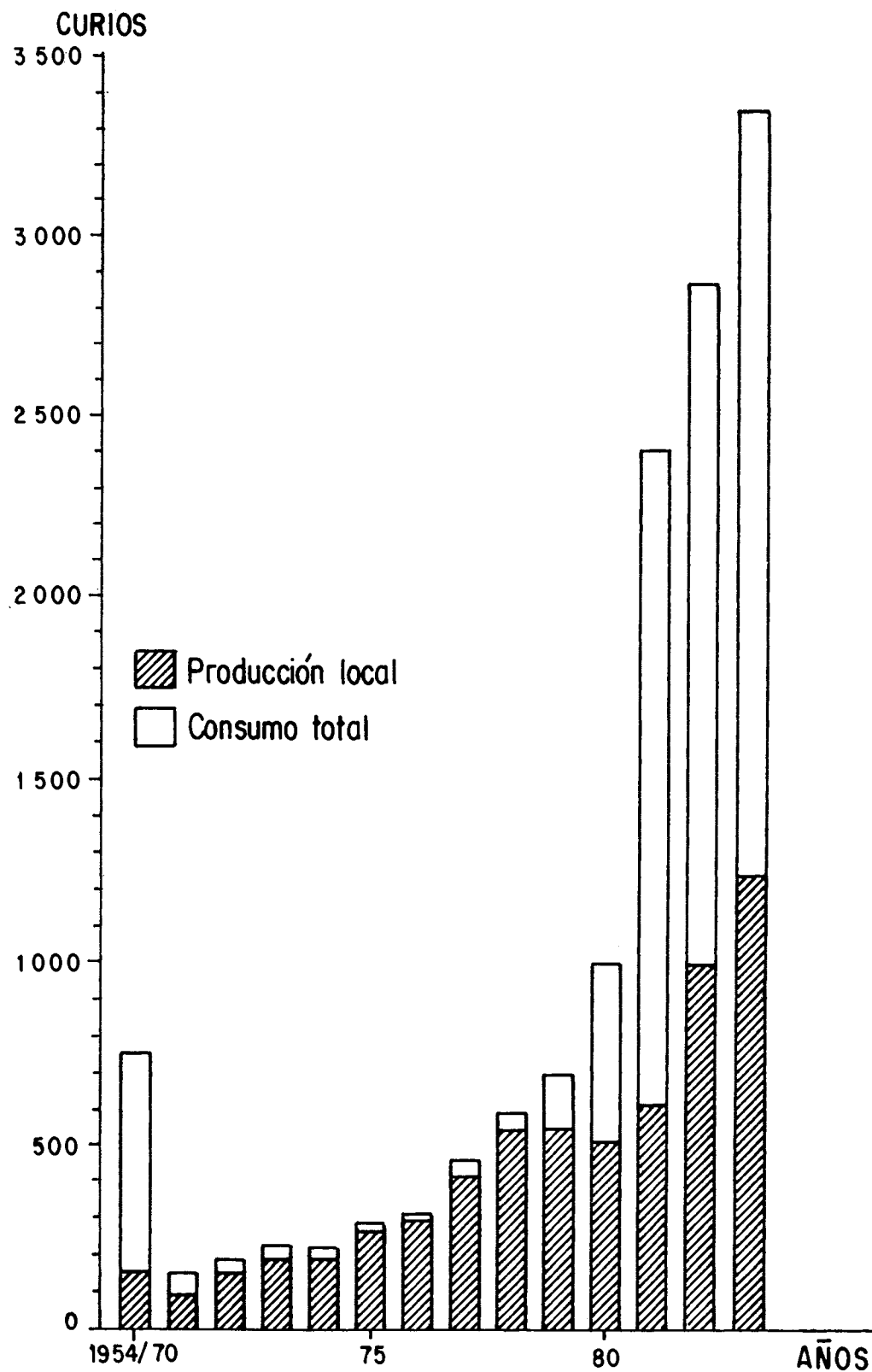


GRAFICO 2

DESARROLLO DE PRODUCTOS

Se continuó con los estudios de puesta a punto de la posible producción de nuevos productos para uso en medicina nuclear cuya demanda futura se prevé conforme a las tendencias del mercado usuario nacional e internacional.

Se realizaron estudios tendientes a mejorar la calidad de los productos en línea de producción.

Se prosiguió con las tareas de puesta a punto de los procesos en las celdas químicas de alta actividad para la producción de radioisótopos a partir de productos de fisión, destinados a reemplazar la importación de Mo99-Tc99m con vistas a iniciar la producción de esta materia prima para elaborar los generadores ya mencionados. Se realizó la primera prueba con baja actividad.

En relación con la instalación de un ciclotrón de producción de radioisótopos se continuó con la capacitación del personal correspondiente.

CONTROL DE CALIDAD

Como es norma, todos los productos obtenidos en la Planta de Producción, así como también los juegos de reactivos elaborados y otros productos especiales, incluyendo los generadores de In-113 m y de Tc-99 m, fueron controlados desde el punto de vista químico, biológico y nuclear de acuerdo con las reglamentaciones internacionales y locales vigentes. Durante el

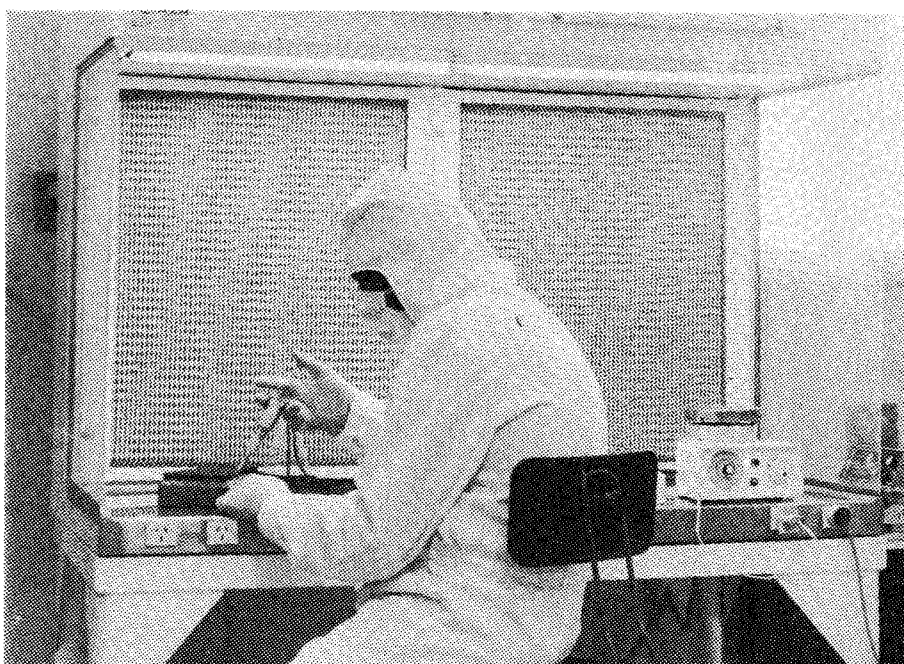
presente ejercicio se han efectuado dichos controles sobre 981 partidas. Además se prepararon diversas fuentes y soluciones radiactivas calibradas y sin calibrar, de acuerdo a pedidos de usuarios.

Comercialización de materiales radiactivos

En la forma habitual se prosiguió con el abastecimiento de materiales radiactivos y servicios anexos, alcanzándose un total de 3 372 Ci con una sustancial contribución de productos elaborados por la CNEA, cuyo incremento fue del 16,8 % respecto al año anterior, según se aprecia en el gráfico 2.

Cabe destacar el gran interés despertado ante la puesta en el mercado de las fuentes de Co-60, para teleterapia fabricadas por la CNEA, utilizándose transitoriamente material radiactivo importado, hasta tanto éste pueda ser obtenido a partir de la irradiación de cobalto estable metálico en el reactor de la Central Nuclear Embalse.

En vista de la futura producción de fuentes selladas de Co-60 para uso industrial programada por la CNEA, se han iniciado tratativas con empresas extranjeras para la venta de Co-60 en forma de fuentes o bien a granel. De concretarse los correspondientes acuerdos comerciales, nuestro país se integraría al reducido grupo de proveedores de estos productos en el mercado internacional.



Preparación de juegos de reactivos para la marcación de compuestos con In-113 m y Tc-99 m.

Apoyo Técnico

Fueron terminadas las obras complementarias correspondientes a la línea de producción de Mo-99/Tc-99m, tales como blindaje y zorra de transporte, «air-look», sistema receptor a pie de reactor. Para el licenciamiento de las instalaciones de fuentes selladas de Co-60 y Mo-99 - Tc-99m se iniciaron estudios de las obras complementarias faltantes.

Se habilitó un recinto especial para producir Generadores de Alta Actividad (Gentec).

Las tareas de mantenimiento y mejoras adicionales a las obras concluidas han permitido los aumentos de producción ya señalados y una perspectiva de mayor inserción en el mercado usuario nacional y latinoamericano.

APLICACIONES DE LOS RADIOISOTOPOS Y LAS RADIACIONES

APLICACIONES BIOMEDICAS

Las actividades en este campo incluyeron diversos estudios y desarrollos relacionados con la bioquímica nuclear, las aplicaciones agropecuarias y la biomedicina.

En el ámbito de la bioquímica nuclear se realizaron estudios para la puesta a punto del método de determinación de ácido adenosin-monofosfórico (AMP) cíclico mediante técnicas de unión competitiva, con vistas a su aplicación en diversas patologías.

Se continuaron además los estudios tendientes a caracterizar las alteraciones bioquímicas de los tumores de tiroides en humanos, con el objeto de desarrollar nuevas técnicas de valor diagnóstico y pronóstico de estas afecciones. Se caracterizó y analizó una nueva familia de iodo-compuestos naturales detectados en los laboratorios de la CNEA, que tienen potencial aplicación en patología tiroidea humana.

Dentro de un plan para establecer parámetros de significación estadística se efectuaron más de 2 500 estudios de detección precoz del hipotiroidismo y unos 200 estudios de tripsina en recién nacidos.

Finalmente, se prosiguieron los estudios tendientes al desarrollo de un radioinmunoanálisis para la anemia infecciosa equina.

En el ámbito de las aplicaciones agropecuarias fueron completados diversos estudios sobre contenido y comportamiento de suelos y plantas respecto de algunos elementos como fósforo y cinc. Se realizaron determinaciones de interés para otras instituciones sobre progesterona plasmática en ovejas, vizcachas y vaquillonas, habiéndose totalizado unas 11 000 determinaciones

radioinmunoanalíticas de progesterona, hormona luteinizante LH y estradiol. Se continuó con los estudios de erosión eólica en la provincia del Chubut y se puso a punto la técnica de extracción de lipopolisacáridos en *Brucella ovis*.

En lo referente a la medicina nuclear se prosiguió con la operación de los centros que funcionan bajo convenios con la CNEA en el Instituto de Oncología «Dr. Angel H. Roffo» y en el Hospital de Clínicas «Gral. José de San Martín».

En el centro nombrado en primer término se cubrieron aspectos asistenciales a través de 1 800 centellogramas, 530 fracciones de eyección ventricular, 240 filtrados glomerulares, 1 400 determinaciones radioinmunoanalíticas de marcadores tumorales y unos 4.400 cultivos de linfocitos. También se realizaron estudios vinculados a diferentes patologías, mediante la producción de inmunosueros.

En el Centro de Medicina Nuclear del Hospital de Clínicas «Gral. José de San Martín» se realizaron unos 3 600 estudios centellográficos (2 570 con Cámara Gamma), se administraron unas 120 dosis terapéuticas y se han efectuado más de 10 000 determinaciones radioinmunoanalíticas.

APLICACIONES TECNOLOGICAS

Las tareas realizadas en el marco de los estudios de emplazamiento de centrales nucleares tuvieron orientadas a definir parámetros hidrológicos, la distribución de nucleídos entre las fases agua y sedimentos, y la capacidad de retención o fijación de nucleídos en suelos inundados por la creciente del río Paraná en el ciclo hidrológico 1982-1983.

Se brindaron servicios y asistencia a diversas instituciones y empresas, particularmente en temas vinculados con las industrias del petróleo y petroquímicas (recuperación secundaria, perfilaje de pozos), del mismo modo a otras actividades. Entre dichos servicios merecen destacarse los relacionados con la detección de la contaminación hídrica en la descarga de efluentes. Además fueron desarrolladas nuevas técnicas para el estudio de contaminantes ambientales.

Fueron ejecutados inventarios de mercurio por un total de 180 toneladas en tres empresas productoras de cloro-soda, mejorándose la fase de procesamiento de datos, y reduciéndose el plazo en la entrega de resultados al comitente (gráfico 3).

Se analizaron por activación neutrónica más de 400 muestras de diversos materiales, incrementándose el número de usuarios beneficiados por esta técnica, especialmente en las determinaciones multielementales de muestras geológicas.

Entre otras actividades relacionadas con las aplicaciones de los radioisótopos a la ingeniería y la industria, se concretó la construcción de equipos especiales, entre los que se destacan un extractor de sedimentos en suspensión y un extractor de sedimentos de fondo, ambos destinados a los estudios que se realizan en los ríos Paraná y Paraná de las Palmas, bajo contrato con el OIEA.

El Laboratorio de Metrología Radioisotópica siguió prestando servicios a diversos sectores de la CNEA y a otras instituciones. Estos incluyeron la realización de análisis de contaminación en fuentes selladas; contaminación de aguas de la pileta de la Planta de Irradiación; control de instrumental en Centros y Servicios de Medicina Nuclear y la realización de una ronda de control de calibradores en la Capital Federal y Mar del Plata.

El Laboratorio también mantiene en desarrollo diversos trabajos, como los orientados a lograr mayor precisión en la determinación de rubidio-86, la determinación de parámetros eléctricos de un detector 4π construido en la CNEA, etc.

APLICACIONES DE LAS RADIACIONES

Continuó la prestación de servicios de tecnología de irradiación, habiéndose procesado más de 2 000 m³ de material de uso biomédico (jeringas y agujas descartables, tubuladuras, etc.) para su esterilización (gráfico 4).

Se realizaron 693 controles de contaminación, 40 determinaciones de la dosis de radiación que permite una sobrevida del 10 % de la población

microbiana y 40 exámenes especiales de identificación; se aislaron 8 cepas de bacterias radio-resistentes provenientes de distintos productos y materiales; se hicieron 150 controles de calidad química; se otorgaron 22 aprobaciones de nuevos productos y se asesoró a 76 empresas.

Se efectuaron doce servicios de trasvases de fuentes selladas y tres servicios de control de calidad de fuentes de Co-60 para radioterapia, y se brindó asesoramiento en gammagrafía industrial, dictándose además clases teórico-prácticas sobre el tema.

Se encararon tres estudios de factibilidad de tratamientos por radiación en diferentes alimentos, con fines de conservación en frutas secas, especias y flanes en polvo. Los mismos comprenden la medición de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. Al respecto, cabe señalar que se prevé un considerable incremento en la demanda de este tipo de servicios, en un futuro inmediato.

También en el campo de la conservación de alimentos mediante irradiación, se iniciaron estudios para el diseño de una planta de tratamiento de papas.

Además fueron proseguidos los estudios vinculados con la acción de las radiaciones y agentes químicos oxidantes sobre las aflatoxinas y sobre sangre de bovino desecada.

En relación con los estudios orientados al desarrollo de metodologías para el mejoramiento de plásticos, se realizaron algunos ensayos previos para obtener «injertos» de algodón con poliestireno, mediante la acción combinada de las radiaciones con el calor.

**MASA DE MERCURIO ANUALMENTE CONTROLADA
CON TRAZADORES RADIACTIVOS**

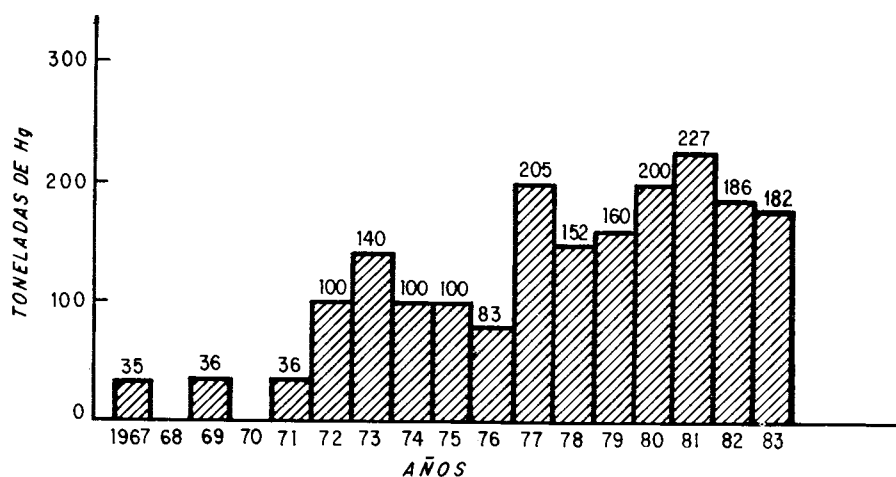


GRAFICO 3

Asimismo, se continuó con los estudios sobre el comportamiento de polímeros componentes de equipos descartables expuestos a las radiaciones y se iniciaron estudios de los efectos de las radiaciones en algunos polímeros naturales.

Se iniciaron evaluaciones de densidad específica en polímeros sintéticos y naturales, a fin de evaluar el efecto de las radiaciones en el tamaño molecular, y se determinó el efecto de las radiaciones ionizantes en agar, alginato de sodio y xantano (agentes espesantes).

DOSIMETRIA DE LAS RADIACIONES

Se siguió brindando servicio de calibración de dosímetros para radioterapia e instrumentos para radioprotección, con un total de 139 determinaciones. Se irradiaron para fines de calibración films-monitores para nuestro país y para el Uruguay, con un total de 102 mediciones.

Se realizaron cuatro encuestas de intercomparación para equipos de teleterapia mediante dosimetría termoluminiscente, con un total de 125 verificaciones, y dos encuestas mediante dosimetría química con un total de 14 verificaciones para aceleradores lineales. Se efectuaron controles y calibraciones por ionometría en tres equipos de teleterapia y mediciones con dosímetros químicos en los recintos de irradiación del Departamento Fuentes Intensas y se calibraron trece fuentes de telecobaltoterapia en la celda de baja radiación dispersa.

Se continuaron distintas tareas de desarrollo, entre las que se destacan el estudio por computación de la planificación de tratamientos con campos irregulares en radioterapia y los ensayos con el dosímetro calorimétrico.

Cabe finalmente señalar que se prestaron, en forma continua, asesoramientos en aspectos físicos de la radioterapia en el Hospital Municipal de Oncología de la Ciudad de Buenos Aires.

RADIOESTERILIZACION DE PRODUCTOS MEDICOS
PLANTA DE IRRADIACION C.A.E.
FUENTE 320 000 Ci Co 60

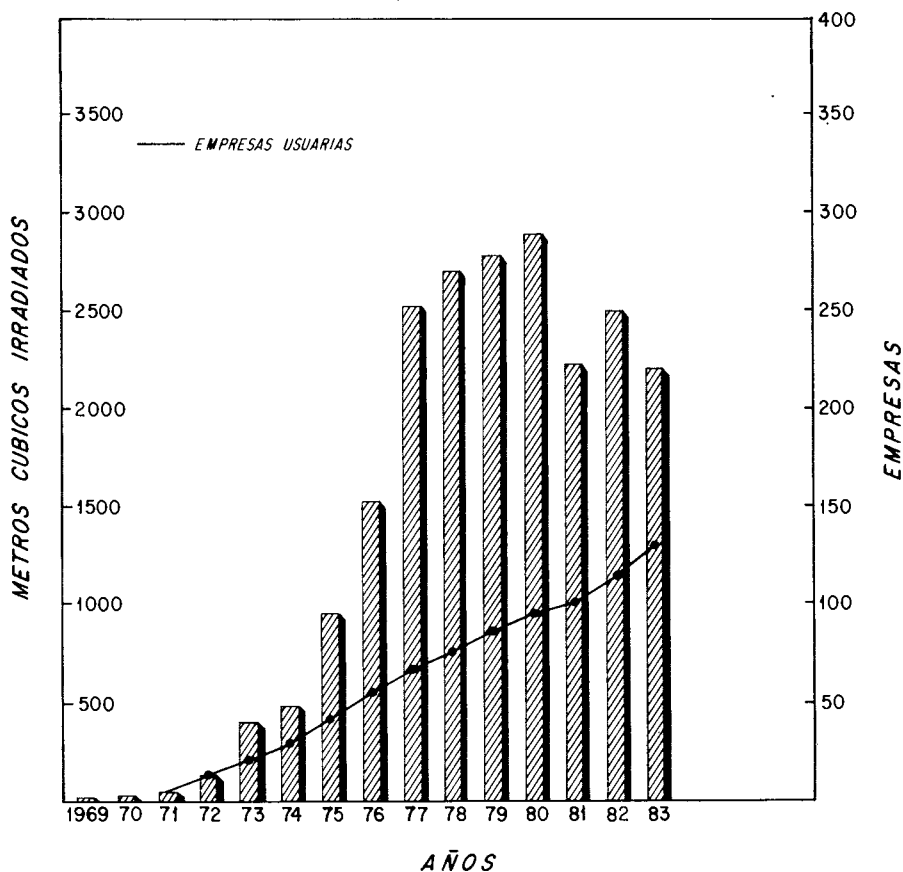


GRAFICO 4

PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD NUCLEAR

En su carácter de autoridad nacional competente en materia nuclear, la CNEA continuó ejerciendo las funciones relativas al licenciamiento y elaboración de normas de su incumbencia y, complementariamente, prosiguió con la ejecución del Programa de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, orientado a controlar las actividades nucleares en todo el territorio del país para proteger a las personas y al medio ambiente contra los riesgos originados por las radiaciones. Las tareas, sustentadas por las investigaciones y desarrollos correspondientes, abarcan las áreas que se enumeran a continuación, junto con la descripción de la labor cumplida en cada una de ellas durante el año 1983.

PROTECCION RADIOLOGICA

Para el monitoreo ambiental en los alrededores de la CNA I, del CAE y del CAC se analizaron alrededor de 800 muestras, efectuándose aproximadamente 3.000 determinaciones de distintos radionucleidos. Se instaló en la CNA I un sistema de muestreo de C-14 en efluentes gaseosos, a fin de estimar la descarga anual de dicho nucleido.

En el Complejo Minero-Fabril San Rafael, se realizaron 600 determinaciones de Rn-222 en las colas de tratamiento de uranio, a fin de determinar su tasa de eliminación. Se instalaron 100 detectores de trazas nucleares en los alrededores de la pila de tratamiento del mineral para estimar la concentración de Rn-222 a distintas distancias de la misma.

Adicionalmente, se instalaron alrededor de 100 monitores de Rn-222 en viviendas de distintas zonas del país, para determinar la concentración de este gas en relación con el tipo de vivienda y los distintos materiales utilizados en su construcción.

Se continuaron las determinaciones correspondientes al programa de monitoreo del fall-out radiactivo debido a explosiones nucleares realizadas por diversos países en la atmósfera antes de su proscripción. Los datos obtenidos permitieron realizar las evaluaciones radiosanitarias para determinar las dosis en la población.

Se prestaron los servicios requeridos de gestión de residuos radiactivos, eliminándose 36 m³ de residuos sólidos de baja actividad; 150 tambores de residuos sólidos de baja actividad provenientes de la CNA I; 230 m³ de residuos líquidos de baja actividad y de actividad intermedia, y 126 fuentes selladas de alta actividad.

Se estudiaron las consecuencias radiológicas de accidentes nucleares hipotéticos de gran magnitud, para hacer frente a situaciones de emergencia en los alrededores de centrales nucleares. Se elaboraron programas de computación que permiten evaluar las consecuencias radiológicas de accidentes en función de la actividad liberada y de las condiciones meteorológicas. También se prestó asesoramiento a distintos organismos con referencia al mejoramiento de los planes de emergencia.

Se continuó con las evaluaciones radiosanitarias. A tal fin se preparó un informe radiosanitario en el que se evaluó el impacto radiológico ocupacional y público resultante de las actividades de la CNEA en el período 1979-1982, efectuándose al mismo tiempo un análisis de la exposición ocupacional en la CNA I desde el comienzo de su operación. Paralelamente, se han estudiado metodologías de análisis estadístico de las distribuciones de dosis ocupacionales y, finalmente, se ha iniciado la recopilación de las dosis ocupacionales resultantes del empleo de las radiaciones con fines médicos.

En tecnología de la protección, los trabajos se concentraron especialmente en el desarrollo de instrumentación asociada a la radioprotección. Entre los equipos desarrollados cabe destacar el diseño y construcción de un monitor continuo de Iodo 131 en efluentes gaseosos, aplicable a la planta de producción de radioisótopos; de un monitor de área y excursiones críticas con disparos ajustables, por tasa de dosis y/o incremento de la tasa de dosis, implementado con microprocesador, aplicable al proyecto LPR; y de un monitor portátil para baja tasa de dosis. Además se desarrolló una terminal inteligente que permite simplificar el diseño de equipos electrónicos de medición y control basados en lógica programable. Se inició el proyecto de desarrollo y construcción de una línea modular NIM que permita una gran versatilidad en la implementación de monitores y

equipos de medición aplicados en protección radiológica.

Al mismo tiempo se realizaron asesoramientos y cálculos de blindajes para instalaciones de telegammaterapia, almacenamiento y transporte de fuentes radiactivas de uso médico y evaluaciones de diseños de sistemas optimizados de protección radiológica. Se continuó prestando servicios de asesoramiento en lo referente a características y dimensionamiento de sistemas de ventilación, y a sistemas de retención de contaminantes en efluentes gaseosos.

Se prestaron servicios de ensayo de filtros absolutos para la determinación de eficiencia de retención. A tales efectos se realizaron las pruebas «in situ» de la totalidad de los bancos de filtros absolutos de la CNE y ensayos en los reactores RA-6, RA-3 y en bancos de flujo laminar de distintos laboratorios de la CNEA.

El monitoreo personal de las dosis recibidas por los trabajadores profesionalmente expuestos a irradiación externa y contaminación interna, se efectuó mediante film-monitores, dosímetros termoluminiscentes (TLD), análisis de excretas, mediciones externas localizadas y mediciones en el contador de cuerpo entero.

Para la evaluación de la irradiación externa fueron procesados aproximadamente 40 000 film-monitores y 27 000 dosímetros TLD, utilizados por el personal de la CNEA y los usuarios externos del servicio de dosimetría personal.

La evaluación de la contaminación interna fue realizada a través de 12 000 determinaciones de uranio natural y uranio enriquecido, P-32 y emisión alfa total sobre muestras de excretas. Mediante el contador de cuerpo entero, se efectuaron 800 mediciones de gamma emisores incorporados, lo que involucró 2 100 análisis. Paralelamente, se realizaron del orden de 1 200 mediciones de I-131 en tiroides del personal asignado a la producción de radioisótopos.

Adicionalmente se procesaron 1 500 dosímetros TLD correspondientes a mediciones ambientales efectuadas en los alrededores de la CNA, CNE, CAC, CAE, Sede Central de CNEA, CAB e IPEN (Perú) y aproximadamente 3 000 análisis especiales de emisores alfa, beta y gamma en distintas muestras biológicas y de ambientes de trabajo.

También se trabajó para la modernización y actualización de métodos y técnicas, tales como sistematización y automatización de procesamiento, modernización de sistemas tendientes al estudio de la distribución de dosis equivalente y dosis equivalente efectiva.

Se desarrollaron distintas mezclas centelladoras extractantes para determinación de la emisión alfa de uranio, plutonio y americio por centelleo líquido con discriminación por forma de pulso y se avanzó en la implementación de

la técnica de electrodeposición para la detección por espectrometría de emisores alfa, en muestras biológicas y ambientales.

Se inició la determinación analítica de factores de calibración para el sistema Phoswich del contador de cuerpo entero, en distintos tipos de distribuciones pulmonares de Pu-239 y Am-241.

A través de comprobaciones de eficiencia y estabilidad se determinó la conveniencia de utilizar detectores de I_2Hg , construidos en el país para la medición de Pu-239 y Am-241 en heridas.

En medicina radiosanitaria se completó la calibración de un dosímetro citogenético para campos mixtos de radiación gamma y neutrones térmicos entre 0 y 400 rad. Se demostró la mayor eficiencia descontaminante del DTPA-Ca administrado por vía inhalatoria.

Se intervino en la estimación de dosis por análisis cromosómico y en la asistencia médica de 25 situaciones anormales, 22 por irradiación externa y 3 por contaminación interna.

En ocasión del lamentable accidente ocupacional ocurrido en el Reactor RA-2 el 23 de septiembre de 1983, que causó la primera víctima mortal por sobreirradiación en la historia de la CNEA, el Departamento Protección Radiológica adoptó un conjunto de medidas tendientes a la evaluación radiológica y a la asistencia médica del personal involucrado. Las acciones principales fueron:

1. Procesamiento de los dosímetros de área y personales.
2. Obtención de información para la reconstrucción del accidente y la evaluación dosimétrica.
3. Medición de actividad inducida en las instalaciones del CAE, con el fin de estimar las dosis y su distribución corporal.
4. Evaluación dosimétrica del personal afectado, en base a la información obtenida.
5. Definición de la asistencia médica del personal involucrado y ejecución y supervisión de la misma.

EVALUACION DE SEGURIDAD NUCLEAR

Las tareas de evaluación de seguridad han cubierto temas relacionados con instalaciones nucleares específicas y con aspectos de aplicación general. En relación a los primeros se han realizado numerosos análisis sobre seguridad nuclear de instalaciones de envergadura, destacándose las evaluaciones realizadas sobre aspectos de emplazamientos y diseño en apoyo a la Licencia de Operación de la CNE.

A continuación se detallan las principales evaluaciones de seguridad realizadas para las instalaciones nucleares más relevantes:

Para la CNE: a) se determinó el grado de cumplimiento de las normas de licenciamiento del diseño de la central; b) se analizaron las respuestas de la entidad responsable a las recomendaciones del CALIN sobre el contenido del Informe Final de Seguridad; c) se evaluó el análisis de confiabilidad del sistema eléctrico clase III producido por la entidad responsable a requerimiento del CALIN; d) se evaluó el estudio de confiabilidad del sistema de suministro de agua de emergencia producido por la entidad responsable a requerimiento del CALIN; e) se efectuó el análisis cualitativo de los edificios, estructuras, sistema y componentes ubicados fuera del edificio del reactor que pudiesen afectar la integridad y funcionalidad del sistema de agua de emergencia, ante la eventual ocurrencia de un sismo base de diseño; f) se completó la validación de los análisis de accidentes postulados para el reactor, con vistas a la predicción de fenómenos termohidráulicos en el mismo como consecuencia de la ocurrencia de accidentes con pequeñas pérdidas de refrigerante; g) se continuaron los estudios ecológicos de la zona de emplazamiento de la central de acuerdo a lo programado en los respectivos convenios entre CNEA y las Universidades Nacionales de Córdoba y Río Cuarto; h) se continuaron los estudios limnológicos del Lago Embalse Río III realizados por el Instituto de Limnología de La Plata (convenio CNEA-CO-NICET).

Para la CNA I: se evaluaron estudios producidos por la central sobre daños en el circuito del moderador y se continuó la colaboración en el proyecto de contenedores para el transporte de elementos combustibles irradiados de la central hasta el Centro Atómico Ezeiza.

Para el proyecto CNA II: se realizaron diversas evaluaciones de seguridad entre las cuales cabe citar las siguientes: a) se evaluaron respuestas producidas por la entidad responsable a pedidos de ampliación de información, recomendaciones y requerimientos sobre varios capítulos del Informe Preliminar de Seguridad; b) se concretó la realización de estudios de validación sobre mecánica de suelos y fundaciones por parte del Departamento Construcciones de la Universidad Nacional de La Plata (convenio CNEA-UNLP); c) se evaluaron estudios relacionados con bases de diseño de la CNA II, respecto al estudio hidrológico del emplazamiento y el análisis de bajantes extremas naturales del río Paraná.

Para el reactor RA-6: se efectuó la evaluación del Informe Final de Seguridad presentado por la entidad responsable de dicha instalación para gestionar la Licencia de Operación del

Reactor. También se evaluaron diversos estudios de seguridad para la predicción de fenómenos termohidráulicos en el núcleo del reactor, como consecuencia de la ocurrencia de accidentes hipotéticos.

Con referencia a las tareas de evaluación de seguridad nuclear de aplicación general, se ha efectuado un conjunto de trabajos entre los cuales se destacan: a) se prosiguió la preparación de anteproyectos de Normas CALIN y la coordinación de los comentarios argentinos a diversos documentos del programa de normas de seguridad nuclear del OIEA y también se continuó coordinando el convenio CNEA-IRAM para la elaboración de normas tecnológicas de aplicación en instalaciones nucleares; b) se siguió asesorando sobre el transporte de materiales radiactivos y fisionables especiales y se colaboró en la redacción del capítulo «Transporte de sustancias peligrosas» del proyecto de Decreto Reglamentario de la Ley Nacional de Tránsito; c) se continuó asesorando sobre la prevención de accidentes de criticidad y se implementaron diversos programas de cálculo de aplicación en problemas de prevención de accidentes de criticidad en instalaciones nucleares y en el almacenamiento y transporte de materiales fisionables especiales; d) se elaboró la monografía titulada «Organización y Contenido de un Informe Final de Seguridad para reactores de investigación»; e) se desarrolló un programa de computación para resolución de árboles de falla; f) se continuó con la implementación de programas de cálculo para la predicción de fenómenos termohidráulicos en reactores y se comenzó el desarrollo de un programa para el cómputo del flujo del tipo termosifón en sistemas termohidráulicos; g) se continuó la operación de la estación meteorológica del Centro Atómico Ezeiza, procesando e interpretando los registros obtenidos.

ELIMINACION DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD

Se continuaron los estudios de factibilidad para la construcción de un repositorio destinado a la eliminación de residuos radiactivos de alta actividad mediante convenio con la Universidad de San Juan. Durante el presente año se realizaron perforaciones exploratorias de hasta 800 m de profundidad y estudios hidrológicos, petrográficos y sísmicos en la formación granítica de la Sierra del Medio, provincia del Chubut.

Se continuó con la evaluación de las barreras de ingeniería y geológicas necesarias para el confinamiento seguro de los residuos y se prosiguió con la elaboración de matrices vítreas a escala de laboratorio, como así también con el control de calidad de las mismas mediante ensayos de lixiviación, difracción de rayos X

y análisis térmico diferencial. Se inició la preparación de vidrios conteniendo 10 % de mezclas de óxidos de productos de fisión y transuránidos, y la realización de los respectivos ensayos de control de calidad.

Se desarrollaron e implementaron varios programas para la predicción del impacto térmico local del repositorio.

Debido a reducciones presupuestarias no fue posible finalizar durante 1983 el presente estudio de factibilidad.

INSPECCION, FISCALIZACION Y CONTROL

En cumplimiento de lo establecido por el decreto 842/58, se continuó con la fiscalización de los usuarios externos de materiales radiactivos y de radiaciones ionizantes, alrededor de 3 000, distribuidos en todo el país. Se realizaron 617 inspecciones en instalaciones de usuarios externos, de las cuales 453 fueron rutinarias, 108 de habilitación, 16 de supervisión de trasvases de fuentes radiactivas, 31 de asesoramiento técnico in situ y 9 de intervención en situaciones anormales. Además, en relación con la verificación del cumplimiento del mencionado decreto, se efectuaron tareas de análisis de documentación, asesoramiento, revisión de cálculos de blindajes, aprobación de planos, etcétera y se siguió manteniendo una estrecha colaboración con la secretaría técnica del Consejo Asesor de Aplicación de Radioisótopos.

También se continuó con la inspección periódica de las instalaciones nucleares y radiactivas con que cuenta el país, realizándose 350 inspecciones en las diversas instalaciones de la CNEA. Se prestó colaboración a la secretaría del Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares.

Se mantuvo actualizado el registro de licencias y autorizaciones específicas de acuerdo a la resolución 1.054/76, como así también el de todos los usuarios y centros externos.

En cumplimiento de los acuerdos de salvaguardias suscriptos por el país, se realizaron 150 inspecciones en áreas de la CNEA a fin de verificar el mantenimiento actualizado de los inventarios bajo salvaguardias de materiales nucleares y no nucleares, equipos, componentes principales, información transferida, registros operacionales, informes contables e informes operativos. Se participó en las inspecciones que efectuó el OIEA en las instalaciones del país que se encuentran bajo salvaguardias. Se continuó con los estudios de reglamentación y de prácticas operativas para ser aplicadas en áreas bajo salvaguardias.

Se tramitaron 79 licencias y 53 autorizaciones específicas de personal afectado a las siguientes instalaciones: Central Nuclear Atucha I, Cen-

tral Nuclear Embalse, RA-3, RA-4, RA-6, RP-10, Laboratorio de Recuperación de Uranio Enriquecido y Laboratorio Alfa.

Se otorgaron las autorizaciones provisorias de operación a los complejos fabriles San Rafael y Malargüe.

Se verificó el cumplimiento de: a) las licencias de operación y requerimientos particulares de la Central Nuclear Atucha I, RA-3, RA-4, RA-6, Laboratorio Alfa y Laboratorio de Recuperación de Uranio Enriquecido; b) las autorizaciones de operación otorgadas al Depósito de Material Radiactivo (CAC), Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares, Planta de Producción de Fuentes Selladas y a los complejos fabriles Córdoba, Los Gigantes, Malargüe y San Rafael.

Se preparó y remitió al Consejo Asesor para el Licenciamiento de Centrales Nucleares (CALIN) el proyecto de licencia de operación para el reactor RA-4.

Se mantuvo informado regularmente al CALIN sobre el grado de cumplimiento de las licencias de operación y requerimientos particulares de las instalaciones licenciadas.

Se continuó fiscalizando las condiciones de cierre de los yacimientos Don Otto y Los Adobes.

Se continuó verificando el cumplimiento del Reglamento para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos en todo el país.

Se encuentra en estudio la documentación relativa al licenciamiento de la Central Nuclear Embalse, Planta de Reprocesamiento, Planta de Productos de Fisión, Planta de Producción de Radioisótopos, Planta de Irradiación y Fábrica de Elementos Combustibles de bajo enriquecimiento.

Con motivo del accidente ocurrido el 23 de septiembre en el reactor RA-2, el Grupo de Intervención en Situaciones Anormales del Departamento Inspectorado realizó las siguientes tareas:

1. Se monitoreó a las personas presentes en el RA-2, inmediatamente después del accidente, hasta la llegada de los grupos de apoyo del Departamento Protección Radiológica.
2. Se efectuaron mediciones de exposición inmediatamente después del accidente, tanto en el perímetro del edificio del RA-2 como en su interior, las que se continuaron realizando en forma programada. Además se hicieron mediciones de concentración de radionucleidos en el aire y de contaminación superficial.
3. Se efectuaron diversas tareas planificadas (tomas de muestras de agua del

núcleo que fuera drenada al tanque previsto para ello, visualización del estado del núcleo, bloqueo del flotante).

LICENCIAMIENTO Y NORMAS

El Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares (CALIN) siguió desarrollando su actividad normativa tendiente a fijar criterios nacionales en materia de protección radiológica y seguridad nuclear. Al conjunto de normas ya existentes se ha agregado la norma «Comunicación de eventos relevantes».

También se otorgaron las licencias definitivas de operación para la Central Nuclear Atucha I y el Reactor RA-3, fijándose además requerimientos particulares para ser satisfechos por esas instalaciones.

Además el CALIN ha mantenido contactos con las entidades responsables de distintas instalaciones para asesorarlas en diversos aspectos vinculados con la seguridad, entre los que cabe destacar la continuación del análisis del Informe Preliminar de Seguridad de la Central Nuclear Atucha II; en este sentido se le formularon durante este año a la entidad responsable 4 requerimientos y 15 pedidos de información. En lo que atañe a la Central Nuclear Embalse, debido a la puesta a crítico ocurrida el 13 de marzo de 1983 y a la proximidad de la fecha en la que comenzó su ope-

ración rutinaria, la interacción con la entidad responsable fue particularmente intensa. Los temas que mayor atención requirieron fueron el seguimiento de los resultados de las pruebas de puesta en marcha nuclear, el análisis de las condiciones de la central previas a su puesta a crítico para determinar si existían reparos o condicionamientos para alcanzar ese estado, y la formulación de requerimientos para ser satisfechos antes de la operación normal.

Por último, durante el año 1983 se otorgaron 66 licencias y 56 autorizaciones específicas para el personal de operación de distintas instalaciones nucleares.

Por su parte, el Consejo Asesor en Aplicación de Radioisótopos (CAAR), continuó asesorando en lo referente a la producción, la comercialización, el uso, la tenencia y la aplicación de material radiactivo, radiaciones ionizantes y subproductos de instalaciones nucleares, de acuerdo a la legislación vigente. Como consecuencia de ello este año se otorgaron 663 nuevos permisos para el uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes.

El CAAR siguió prestando además asesoramiento sobre la interpretación del «Reglamento para el Uso de Radioisótopos y Radiaciones Ionizantes» y sobre modificaciones de normas, reglamentos, recomendaciones y códigos de práctica para el otorgamiento de permisos, como así también sobre la aplicación de sanciones en casos de infracción al Reglamento.

INVESTIGACION Y DESARROLLO

FISICA

PROYECTO TANDAR

Durante el año se completaron los detalles de terminación faltantes de las obras civil y electromecánica para la instalación del acelerador electrostático de 20 MV.

La planta de SF_6 fue puesta en marcha y verificado su funcionamiento para la prueba de alta tensión de la columna. Con esta prueba se determinó la máxima tensión a alcanzar en función de la presión de SF_6 . Esta etapa se cumplió con todo éxito, lográndose un valor máximo de 24.7 MV para 5,62 at de presión manométrica de SF_6 .

Se continuó luego con el montaje del tubo de aceleración y de los componentes (estaciones

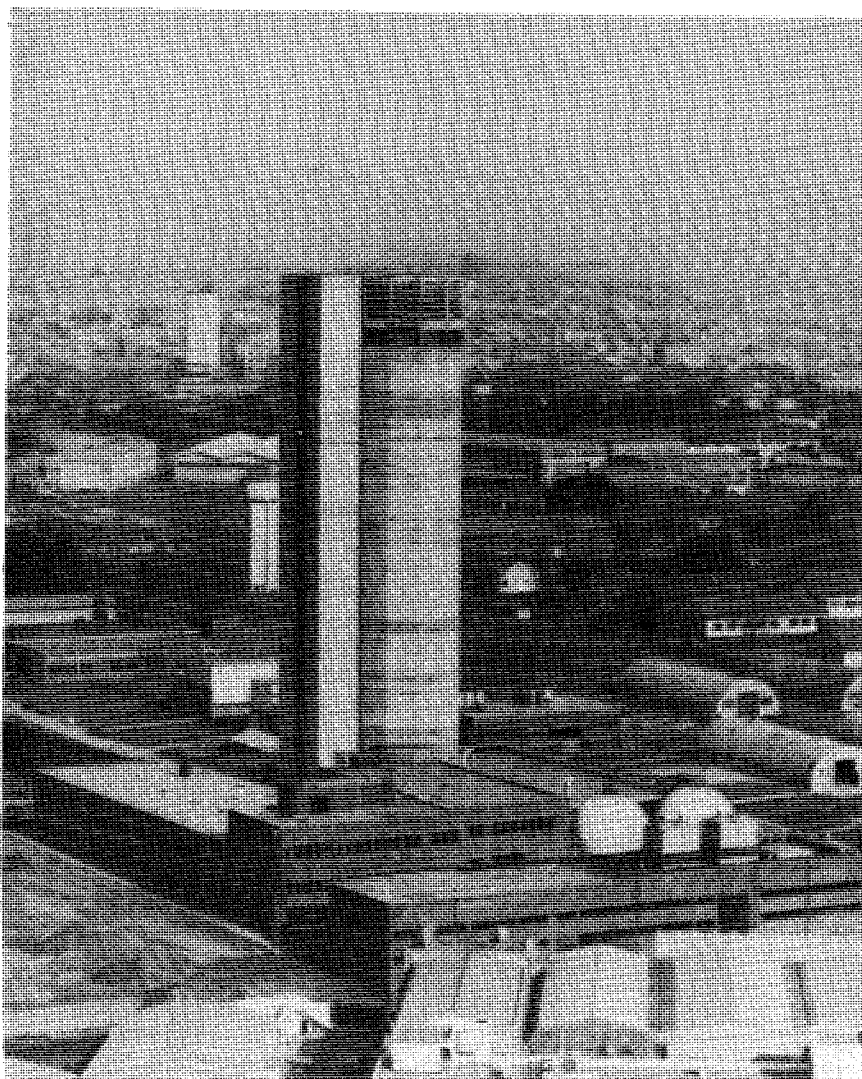
de bombeo, ejes aislantes, barras de control, etcétera), así como con la instalación del sistema de control, con el montaje del inyector y de las tres fuentes de iones.

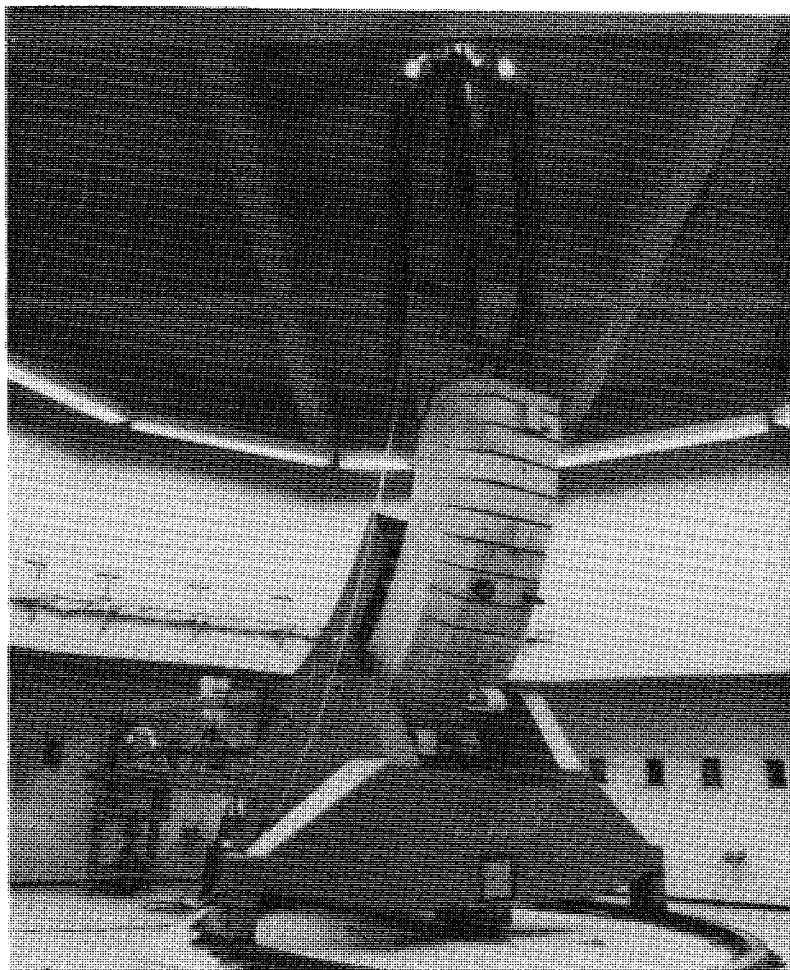
El equipamiento de las líneas experimentales se ha visto muy demorado a causa de las dificultades en la disponibilidad de divisas.

El espectrómetro magnético con que se espera dotar a la línea de reacciones periféricas será diseñado y construido por una empresa local. Para el diseño se obtuvo y puso a punto un programa de cálculo.

Se continuó con la realización de las Reuniones Anuales de Física Nuclear, destinando la de este año al estudio específico de los temas de investigación que serán objeto de los experimentos planeados con el acelerador.

Vista general de las instalaciones que albergan el acelerador TANDAR de iones pesados.





Imán analizador ubicado en el nivel 0,00 m a la salida del haz del acelerador TANDAR.

FISICA NUCLEAR EXPERIMENTAL

En el laboratorio del sincrociclotrón se han estudiado isótopos de Lu, Rh, Kr, Rb, Ir, Ta y Re. Se espera que varios de estos trabajos darán lugar a publicaciones en revistas especializadas.

Se completó el montaje del separador electromagnético del Proyecto NAVE (Núcleos Alejados del Valle de Estabilidad) en una de las líneas del acelerador TANDAR, y se está trabajando en la puesta a punto de los equipos correspondientes.

Se trabajó muy activamente en el montaje de las nuevas líneas experimentales y en la construcción de las cámaras de reacción donde se realizarán los diversos experimentos. Se ha diseñado y construido una facilidad adecuada para la medición «en línea» de rayos gamma, que incluye una mesa de correlaciones angulares, una cámara de coincidencias y una cámara para coincidencias electrón-gamma. También se ha diseñado y probado un pequeño espectrómetro para electrones, de tipo minianaranja, a ser montado en esta última facilidad.

Ha continuado la fabricación de una cámara muy versátil para trabajos en iones pesados, habiéndose terminado su cuerpo principal y se completó el montaje de la línea de iones livianos que incluye una cámara de reacción de 76 cm, apta para alojar diversos tipos de detectores.

Se ha trabajado en el desarrollo del hardware y del software necesarios para el sistema de adquisición de datos y se realizaron diversos trabajos de cálculo de estructura nuclear en base a los modelos vigentes.

FISICA DE NEUTRONES Y REACTORES

Con relación al tema espectrometría neutrónica, el trabajo de la línea de investigaciones neutrónicas en sistemas fuertemente heterogéneos se centró en el completamiento de datos experimentales y el desarrollo y puesta en operación de nuevos elementos de cálculo.

Se realizaron mediciones complementarias con tiempo de vuelo de espectros neutrónicos en H_2O , H_2O/Zr y H_2O/UO_2 .

Se realizó la puesta en operación y prueba de una nueva biblioteca de datos nucleares relativos a reacciones inducidas por neutrones térmicos y rápidos con sus programas auxiliares. Se puso en operación el código bidimensional Sn de transporte DOT 3.5, habiéndose implementado en el mismo nuevas técnicas de aceleración de la convergencia para hacerlo más apto en el cálculo de problemas térmicos.

En el campo de la teoría de no-equilibrio y fenómenos estocásticos, se han estudiado fenómenos de pseudo-difusión, por medio de ecuaciones del tipo Chapman-Kolmogorov acopladas, de manera de incluir esquemas multienergéticos, probabilidades de absorción y sistemas con centros de dispersión altamente anisotrópicos.

En relación con métodos de probabilidad de colisión, se ha trabajado en la elaboración de un código multigrupo y en estudios de reducción de variación en problemas de Monte Carlo.

Se ha comenzado a trabajar en la aplicación del método de Monte Carlo semianalítico para estudiar problemas de dispersión clásica y cuántica.

Se realizaron experimentos de difracción de neutrones en muestras de acero 304-L sometidas a distintos grados de deformación.

Se realizó un experimento completo de difracción sobre una aleación de Cu-Al-Zn, a temperatura ambiente. Los datos experimentales fueron analizados confirmando la aplicabilidad de la técnica para esta clase de estudios.

Se realizó un nuevo experimento de difracción de neutrones de vanadio policristalino, para establecer definitivamente las propiedades de dispersión de este material comúnmente utilizado como patrón de referencia.

Se continuaron los estudios tendientes a la determinación de la contribución al espectro de difracción debido a la dispersión inelástica coherente.

Se continuó con la construcción y armado de diferentes partes del blindaje del nuevo banco de detectores montado en el espectrómetro de neutrones.

FISICA NUCLEAR TEORICA

Continuó el estudio de sistemas de muchos bosones en interacción por medio de métodos autoconsistentes, desarrollando una teoría aproximada para la descripción de los estados excitados y las bandas rotacionales en sistemas deformados. La comparación de esta teoría con los resultados exactos en modelos solubles muestra la eficacia de las aproximaciones realizadas.

Prosiguió el análisis de resonancias gigantes en la zona del ^{208}Pb . Además se encaró el análisis microscópico de estados de dos partículas-

dos agujeros en la misma zona, a fin de comparar dichos resultados con los de la Teoría Nuclear de Campos (NFT). En otra línea, se trabajó sobre la coexistencia de estados de distinta paridad en modelos bosónicos.

Se aplicó el método TDHFB a un sistema con interacción de apareamiento. Se calcularon elementos de matriz a partir del principio variacional dependiente del tiempo.

Entre los numerosos temas estudiados cabe citar los siguientes: a) métodos para describir la coexistencia de grados de libertad competitivos en un sistema de muchos cuerpos; b) la conexión entre operadores de un cuerpo en los espacios bosónicos y fermiónicos; c) el estado isovectorial colectivo con $K=1^+$ en núcleos deformados en el marco de la «Aproximación de Fases al Azar» en un modelo esquemático; d) el tratamiento perturbativo de movimientos rotacionales aplicándolo al cálculo del momento de inercia de un sistema rotante en un caso cuántico general; e) la validez de los órdenes más bajos de la Teoría Nuclear de Campos, analizando el caso de cuatro partículas en una capa j con una fuerza multipolar residual; f) una descripción variacional dependiente del tiempo de la reacción $\alpha + ^{16}\text{O}$, y g) el comportamiento de secciones eficaces de fusión en función de la energía incidente, usando el modelo de matriz S . (θ), etcétera.

Por otra parte se desarrolló un método teórico para el cálculo de los factores de forma para transferencia de varios nucleones, que consiste en encontrar en forma autoconsistente el potencial que liga al conjunto transferido, ajustando el comportamiento asintótico de la función de onda. Se lo aplicó para transferencias de partículas alfa en reacciones ($d, ^6\text{Li}$) sobre Zn.

Se calcularon efectos de procesos en dos etapas en el poder analizador de reacciones (p, d) en la región de pre-equilibrio.

Se continuó con cálculos de secciones eficaces inelásticas de núcleos deformados en el marco del modelo de la matriz S dependiente de coordenadas intrínsecas.

Sobre la base de consideraciones energéticas se predijeron los comportamientos de la dispersión anómala en reacciones con iones pesados para un conjunto importante de posibles blancos y proyectiles.

Fue desarrollado y adaptado un código de cálculo de estructura nuclear en base al modelo de capas. Se aplicó el formalismo «multistep» para calcular la estructura de núcleos alejados de capa cerrada. Se puso a punto un programa para simulación de procesos de fusión-evaporación. Se calculó el estado de dos partículas en ^{208}Pb mediante un método exacto dentro del marco del modelo de capas. Se desarrollaron métodos de cálculo de secciones eficaces inelás-

ticas y de transferencia en núcleos con deformaciones permanentes y culminó la búsqueda del estado de dos fonones octupolares en el núcleo ^{208}Pb .

COLISIONES ATOMICAS

En el campo de la emisión de electrones en colisiones atómicas se efectuaron estudios experimentales de la distribución angular de electrones emitidos al continuo por un haz de protones, usando blancos sólidos y gaseosos, y se ampliaron mediciones de distribuciones doblemente diferenciales para picos de emisión de electrones convoy. Se iniciaron mediciones mediante técnicas de coincidencia con proyectiles H^+ y H^0 emergentes de láminas de carbono.

Con respecto a la pérdida de energía de iones en blancos delgados se estudió experimentalmente la variación de la pérdida de energía de protones y de iones de helio en función del ángulo de observación para diversos espesores de blanco, encontrándose diferencias apreciables entre el comportamiento de iones atómicos y moleculares. Se estudió el comportamiento cerca del máximo de la pérdida de energía.

Asimismo se efectuaron estudios teóricos relacionados con la emisión de electrones en colisiones atómicas y con la excitación de capas internas, considerando su dependencia con el parámetro de impacto. Se completó un estudio de la distribución angular de protones que emergen de láminas delgadas, para haces de H^+ y H_2^+ .

Finalizó el estudio de modelos clásicos y cuánticos para la pérdida de energía de partículas en plasma, obteniéndose fórmulas generales. Se completó el análisis de la respuesta dieléctrica de un plasma parcialmente degenerado y se lo aplicó al cálculo de frenamiento de iones en plasmas. Se realizó el estudio de la carga efectiva de iones en plasmas.

Se efectuaron los siguientes estudios experimentales en relación con la interacción de iones con sólidos: a) emisión de electrones rápidos en colisiones de He y Ar con diversos blancos; b) variación de la emisión debido a la absorción de sodio y oxígeno; c) espectros de autoionización y emisión de electrones Auger en función del ángulo de incidencia; d) emisión de iones secundarios para diversos grados de oxidación; e) procesos de excitación de la capa K del Be y de la capa 2p del Mg; f) excitación de plasmones por impacto electrónico. Se continuó con el montaje de una cámara de colisiones rotatable de ultra alto vacío y de diversos componentes del equipo de tiempo de vuelo.

BAJAS TEMPERATURAS

En este campo la actividad desarrollada en el CAB permitió nuevos avances en la investi-

gación de aleaciones amorfas superconductoras, que complementaron trabajos ya iniciados sobre los efectos de relajación en las propiedades superconductoras y fenómenos de transporte. Se implementaron experimentos para medición de corrientes críticas y se prepararon aleaciones de distinta composición para lograr un mayor conocimiento de estos materiales.

En lo referente al tema de valencia intermedia se efectuaron mediciones de calor específico bajo campo magnético en muestras de (La, Ce) Ni_2 . Dentro del plan de colaboración con la República Federal de Alemania se realizaron mediciones de calor específico en Ce Pd_3B y Ce In Au_2 .

Se completó el estudio referido a la influencia de los orbitales «tipo p» en la deslocalización del electrón «f» del Cerio.

Se incorporó una máquina Alcatel de erosión catódica (adquirida por un convenio con Francia), y se instalaron facilidades para experiencias de calorimetría hasta 30°K bajo campos magnéticos de 30 kOe. Se construyó una estación de evaporación y continuaron las pruebas con el magnetómetro de Faraday en colaboración con el grupo de resonancia paramagnética.

Además se colaboró con el Laboratorio de Bajas Temperaturas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires y se desarrollaron tareas dentro del marco de cooperación franco-argentina y germano-argentina.

RESONANCIAS MAGNETICAS

Se cumplieron diversas actividades de investigación sobre las propiedades magnéticas de la materia condensada, según se enumera a continuación. Los estudios sobre iones paramagnéticos en sólidos incluyeron la obtención y el análisis de espectros EPR y ENDOR de iones de Tm^{2+} e Yb^{3+} diluidos en cristales tipo fluorita; se efectuó el estudio de la estructura electrónica tetra y examinas de Cu en el marco de la teoría de campo cristalino, y el análisis de la formulación de Hamiltonianos modelo para sistemas interactuantes de partículas no idénticas.

Con relación a los compuestos con transición de fase antiferromagnética, se procedió al análisis de mecanismos de relajación y presencia de dominios en antiferromagnetos.

En lo referente a vidrios de spin se efectuó la determinación de la dependencia con temperatura de la anisotropía magnética de compuestos de AgMn_xGd_y a partir del espectro de resonancia. También se realizaron mediciones de susceptibilidad magnética a temperatura ambiente con magnetómetro de Faraday para determinar su dependencia con la concentración de iones magnéticos.

Para el estudio de ondas de densidad de carga en compuestos de Peierls se efectuaron mediciones preliminares de propiedades de transporte en compuestos de TaS_3 .

En cuanto al desarrollo de equipo experimental, se ha completado la construcción de un magnetómetro tipo Faraday, el que ha sido calibrado y puesto en operación a temperatura ambiente, habiéndose planeado su operación a bajas temperaturas durante 1984.

FISICA DEL ESTADO SOLIDO

Continuando con los estudios sobre estructura y propiedades físicas de la materia condensada, se han desarrollado investigaciones teóricas y experimentales básicamente interconectadas y además se realizaron tareas en colaboración con otras instituciones, prestando diversos servicios altamente especializados en caracterización y análisis de materiales. A continuación se describen esquemáticamente los trabajos realizados por los distintos grupos de investigación.

En el grupo de Espectroscopia Mössbauer se continuó con el estudio de transiciones de fase en fluoruros de hierro y amonio y se inició el análisis de areniscas de la provincia de Córdoba en colaboración con el Departamento de Geología Económica de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE). Asimismo se realizaron mediciones de hemoglobina adulta normal como parte inicial del estudio de la sangre de pacientes talasémicos, que se efectúa en colaboración con el Hospital de Niños «R. Gutiérrez».

Como parte del estudio general de transformaciones estructurales en función de la temperatura, el grupo de Rayos X estudió la descomposición topotáctica del $\text{Sr}_2\text{Cu}(\text{HCOO})_6 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ en $\text{Sr}(\text{HCOO})_2$. Se determinó la relación cristalográfica entre ambas fases y, como parte de la elaboración de un modelo, se resolvió la estructura cristalina y molecular de la fase hidratada. Se caracterizaron por difracción de Rayos X distintos compuestos de bismuto obtenidos por el grupo de síntesis. También se estudió la simetría de las distintas fases del $8\text{PbO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5$, en función de la temperatura. Por otra parte se continuaron estudios cristalográficos de compuestos naturales de uranio, sulfatos de hierro y feldespatos.

El grupo de espectroscopia vibracional continuó con el estudio teórico y experimental de cristales de gases nobles impurificados; se completaron los cálculos de estructuras y propiedades vibraciones de cristales de halógenos, y de intensidades de bandas vibracionales de modos reticulares de cristales moleculares. Asimismo se iniciaron estudios sobre interacciones coulombianas a tres cuerpos, sobre distribuciones

de esferas rígidas en relación con la estructura de sólidos desordenados, y acerca de la construcción de configuraciones en sistemas que presentan desorden celular.

El grupo de síntesis y caracterización de cristales obtuvo, por el método de crecimiento en gel, cristales de oxalato de bismuto hidratado y ácido, fosfatos de Pb y Sr, y propionatos de Ca - Sr y de Ca - Pb. Por métodos convencionales de crecimiento por fusión y en solución se inició la preparación de diversos compuestos de interés. Se realizó además el estudio por topografía de Rayos X de monocristales de arseniato de uranio e hidrógeno hidratados, utilizando instrumental perteneciente a CITEFA.

En cuanto a las investigaciones sobre estructura y propiedades del granizo, se estudió la congelación de gotas sobre distintos sustratos y fueron determinadas las temperaturas en que las gotas de hielo se hacen policristalinas, discutiéndose el fenómeno en base a la teoría de nucleación. Asimismo se estudió el crecimiento en grano del hielo natural y el de embriones de granizo.

En relación con el análisis de la influencia de distintos tipos de defectos introducidos de manera controlada sobre los mecanismos de las transiciones de fase y para determinar la factibilidad de proyectos de este tipo a realizarse en el acelerador TANDAR, se irradiaron cristales de $8\text{PbO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5$ comprobándose que el daño introducido crece linealmente con la dosis de irradiación y que no hay amorfización apreciable. Para experiencias posteriores se seleccionó la familia de compuestos M_2XH_4 ($\text{M} = \text{Rb}, \text{K}, \text{etc.}; \text{X} = \text{Zn}; \text{H} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{etc.}$), en los que se sabe que las propiedades dieléctricas son sensibles a la presencia de defectos.

Fueron también realizados trabajos sobre distintos aspectos de la teoría del estado sólido. Usando el método de Monte Carlo se estudió el diagrama de fases de un modelo magnético con interacciones de dos y cuatro cuerpos; asimismo se estudió la matriz transferencia y el comportamiento crítico de este modelo para valores pequeños de la constante de cuatro cuerpos. Se determinó la susceptibilidad magnética de un modelo de fluctuaciones de valencia entre configuraciones magnéticas usando el grupo de renormalización. En otro campo, se probó que para el modelo de plasma de un componente es exacta la conjetura más general de que los comportamientos de largo alcance del potencial de interacción y de la función de correlación directa son idénticos. Además se completó el estudio de las transiciones de fase orden-desorden en redes bidimensionales de cuádrupolos reorientables.

Se realizaron estudios sobre fluidos de esferas rígidas, determinándose la influencia del grado de desorden local sobre diversas propie-

dades, y las diferencias entre sistemas totalmente al azar y en equilibrio termodinámico. En relación con sistemas inconmensurados se realizaron cálculos de densidades de estados y de localización en sistemas uni y bidimensionales. Usando el método de fracciones continuas se estudiaron superredes ideales considerando el efecto de la difusión en las interfases.

En el CAB se calculó la susceptibilidad magnética y el calor específico del TmSe. Se concluyó un cálculo sobre la distorsión de la red en S, Sm y SeTm. Además se calculó el espectro de dispersión de neutrones en compuestos de Tm, que explica la aparición de un pico inelástico, y se estudió el efecto del campo cristalino en compuestos de Tm.

Se demostró que las redes de Anderson y Kondo no pueden tener orden magnético a temperatura finita. Mediante un método variacional se calculó la energía de interacción entre dos impurezas de Tm, obteniéndose una función oscilante que se amortigua. Esta interacción describe la existencia de un vidrio de spin. Se concluyeron cálculos de estructura electrónica de óxidos magnéticos y diagramas de fase magnéticos para óxidos mixtos.

Usando el método de diezmación se estudiaron densidades de estados de sistemas inconmensurables y desordenados.

En el área de circuitos superconductores se estudiaron distintas redes y cambio de régimen al pasar de muestras bidimensionales a tridimensionales.

En superconductores granulares se desarrollaron los códigos numéricos. Se espera aplicar estos códigos para dilucidar los exponentes de la transición superconductora en muestras percolantes.

El grupo de semiconductores aplicó la técnica de «deep level transient spectroscopy» (DLTS) a HgI_2 usando iluminación pulsada mediante «chopper» y diodo emisor de luz. Los parámetros de tiempos obtenidos fueron comparados con los provenientes de corriente estimulada térmicamente (CET).

FISICA DE METALES

Se completó un trabajo sobre las propiedades termodinámicas del U_3O_8 .

En lo referente al programa de diagramas de fase binarios en circonio, se completó el estudio del sistema circonio-oxígeno; se comenzó el del sistema de circonio-germanio y se continúa con el del sistema circonio-cromo.

El grupo de transformaciones de fase en latones prosiguió el estudio del mecanismo de deformación de monocristales de latones en fase martensítica, continuando con el análisis de la martensita hexagonal. Con referencia al envejecimiento en dicha fase, se estudió el cambio

de propiedades en martensita inducida a temperatura ambiente y su recocido después de la retransformación a la fase γ . En relación al tema fricción interna en latones se estudió dicho fenómeno y su dependencia del retratamiento y de la amplitud de deformación. Continuó la investigación y se obtuvieron resultados adicionales acerca del mecanismo de la fatiga en latones inducida por la transformación martensítica. También se realizó un estudio comparativo de picos de altas temperaturas en aleaciones de base Al con respecto a los correspondientes al aluminio puro, y se hicieron observaciones microscópicas y de fricción interna sobre precipitación en AlZrAg.

Con respecto al estudio y desarrollo de aleaciones de interés nuclear, continúa la fabricación de muestras y la determinación experimental del diagrama de fase ternario ZrNbAl. Además se obtuvieron los primeros resultados de purificación de circonio por el método Van Arkel; continuaron las evaluaciones microestructurales en aceros estructurales y los ensayos mecánicos en acero a pedido de INVAP S.E.

Prosiguieron también los estudios referentes a la estabilidad de fases y determinaciones microestructurales en aleaciones de Zr, vinculados a la fabricación de componentes estructurales para reactores nucleares, y se comenzaron trabajos de desarrollo en aleaciones de titanio.

PARTICULAS ELEMENTALES

En este campo se realizaron diversos estudios teóricos que se enumeran seguidamente:

- Se analizó la relación entre el teorema de Singer y la posibilidad de fijar la medida en teoría no abeliana.
- Se generalizó el teorema de Mermin a grupos compactos y semisimples. Utilizando técnicas de campo medio con correcciones se reprodujo el diagrama de fase del modelo Z (2).
- Se aplicó la aproximación de Bethe-Peierls a los modelos de Ising clásico y Z (2) de medida hamiltoniano.
- Se analizaron modelos de spin y de medida hamiltonianos con nuevos estados variacionales.
- Se aplicó el método de campo medio en variable de plaqueta al modelo de medida con simetría SU (2).
- Se analizó el modelo Z (2) con materia usando el método de campo medio con correcciones radiativas.
- Usando el desarrollo de acoplamiento fuerte se mostró que el modelo de Liouville para $D=2$ tiene espectro continuo.
- Se derivaron las ecuaciones de Langevin

para una teoría $U(1)$ mostrando la equivalencia con la cuantización usual.

—Se estableció la cuantización estocástica para teorías de medida $U(N)$, $SU(N)$, y $O(N)$ en la red, y finalmente,

—Se estudió la reducción de grados de libertad para N grande en modelos matriciales mediante cuantización estocástica.

QUIMICA

QUIMICA DE REACTORES

Se continuó llevando a cabo una intensa actividad de investigación, desarrollo y servicios relacionados con problemas químicos de centrales nucleares.

En el área vinculada con problemas de descontaminación de superficies metálicas contaminadas con radioisótopos por exposición a fluidos acuosos a alta temperatura y presión, se dilucidó el mecanismo de disolución de magnetita mediante soluciones que contienen iones ferrosos y ácido oxálico, ácido nitrilotriacético o ácido etilendiaminotetraacético. Se completó el estudio experimental de la disolución de magnetita por ácido sulfúrico. Se inició el estudio comparativo de los mecanismos y velocidades de disolución de ferritas de cobalto y níquel, y de magnetita por soluciones standard de descontaminación. Se comenzó a explorar las potencialidades del agregado de polielectrolitos a las soluciones descontaminantes para prevenir problemas de redeposición.

En paralelo con estas tareas de investigación básica orientada, se prosiguió con el desarrollo, a nivel de circuito experimental, del proceso de descontaminación suave de superficies de aceros al carbón e inoxidables. Además se participó activamente en tareas vinculadas con el tema, tanto en la CNA I como en el diseño de los correspondientes sistemas y componentes en el Proyecto Atucha II.

Los estudios y desarrollos anteriores fueron también aprovechados para comenzar con los desarrollos de procedimientos de limpieza química de generadores de vapor. Al respecto se ha establecido un programa conjunto con la firma KWU de la República Federal de Alemania, para intercambio de tecnología y estudios comparativos cruzados.

En el área de la química de aditivos se prosiguió activamente con los estudios de catalizadores de la autooxidación de la hidracina. Se dilucidó el mecanismo de autooxidación catalizada por complejos de hierro (II).

En el área vinculada con la formación y estructura de las capas pasivantes de óxidos formadas sobre metales estructurales, se dilucidó el mecanismo de transformación de oxohidroxidos de hierro en magnetita por acción de

hidracina en soluciones hidrotérmicas. Se estudió comparativamente la respuesta a cambios químicos de los óxidos crecidos sobre aceros, y se emplearon esos desarrollos para establecer los ensayos de calificación de los procedimientos de descontaminación enérgicos actualmente empleados en los servicios de descontaminación de componentes.

Los estudios fisicoquímicos de interfases óxido metálico/solución acuosa continuaron desarrollándose en profundidad, produciendo resultados de interés académico y que a la vez constituyen la base de los desarrollos mencionados más arriba. Se midieron las movibilidades electroforéticas y la adsorción de protones sobre ferritas de cobalto, y se modelaron dichas interfases sobre la base del modelo de sitios de unión. Se desarrolló un modelo generalizado de las interfases en cuestión, que es apto para describir en principio tanto la adsorción de iones indiferentes como la quimisorción de aniones y cationes. Se empleó este modelo para describir la adsorción de ácido bórico sobre dióxido de circonio y sobre magnetita.

La información así obtenida fue empleada en el desarrollo de modelos de deposición de partículas de productos de corrosión sobre la vaina de los elementos combustibles, y sobre esta base y con mediciones realizadas en planta se desarrolló un modelo de generación y transporte de radiactividad en el circuito primario de la CNA I. Este modelo fue empleado como criterio de diseño para la CNA II.

Los estudios anteriores se complementaron con el programa de caracterización de los productos de corrosión en la CNA I, convenido entre la CNEA y el OIEA.

Se continuó con el programa de evaluación del comportamiento químico del circuito secundario de la CNA I, y los resultados se emplearon como criterio de diseño para la CNA II. Este proyecto involucró mediciones en planta y modelado de los fenómenos de transporte de materia. Las tareas se realizaron en estrecha colaboración con personal de la CNA I, el Proyecto Atucha II y ENACE.

Personal de la CNEA, en carácter de asociado temporario, colaboró con la empresa canadiense Ontario Hydro en la planificación y realización de la descontaminación de la Central Nuclear Pickering, y desarrolló además un modelo para la predicción del crecimiento del tritio en el moderador de los reactores CANDU. Además se colaboró en diversas tareas de la puesta en marcha de la CNE.

En el área vinculada a la fisicoquímica y la termodinámica química del medio acuoso se continuó desarrollando un intenso programa de investigación. Se ha extendido el rango de temperatura en que puede determinarse la termodinámica de disolución de gases en H_2O y D_2O .

Debido al interés práctico en los sistemas N_2-H_2O y H_2-H_2O se ha completado su estudio hasta $630^\circ K$. Este programa ha llevado al desarrollo de métodos experimentales y teóricos para determinar solubilidades de los gases, conocer las ecuaciones de estado de las mezclas gaseosas y disponer de elementos predictivos para la descripción de la termodinámica de disolución de gases en todo el ámbito de temperaturas y presiones de interés práctico.

Esta información ha sido aplicada a condiciones de operación o detalles de diseño del presurizador, el desgasificador y el sistema de detección de fallas en elementos combustibles y a condiciones químicas en distintos componentes del ciclo vapor-agua del circuito secundario. También continuó el estudio de disolución de gases en otros líquidos con fuertes uniones hidrógeno (etilenglicol), con el objeto de tener un más acabado conocimiento de la fisicoquímica de disolución.

Otro aspecto de este vasto programa de trabajo es el estudio de soluciones de electrolitos. Se ha realizado una importante contribución al estudio de la termodinámica de disolución de anhídrita y yeso que ha servido para verificar la incorrección de los valores adoptados internacionalmente para anhídrita a alta temperatura. Esto es importante por ser una de las sales que forman incrustaciones en superficies intercambiadoras de calor. Con esta base se continuó desarrollando tratamientos teóricos que permitan la descripción de las soluciones de electrolitos en distintas condiciones de temperatura, presión y composición.

Una importante consecuencia de este programa de investigación ha sido la puesta a punto de un programa de cálculo para el conocimiento de las condiciones químicas y fisicoquímicas en todo el circuito secundario. En particular se pueden describir los delicados y complejos equilibrios de solubilidad y protolíticos que tienen lugar en el generador de vapor ante el ingreso de contaminantes por pérdidas en los condensadores. Este programa de cálculo puede aplicarse a distintos tratamientos químicos en circuitos secundarios.

Se continuó con el programa de estudio de resinas de intercambio iónico utilizadas en el circuito primario. Los estudios de descomposición hidrotérmica de resinas aniónicas y catiónicas han permitido conocer los niveles de contaminación que pueden existir en los circuitos, debidos a la descomposición hidrotérmica de los materiales de intercambio. Se realizó un detallado estudio del intercambio de boro por hidroxilo, que es fundamental para el control del nivel de veneno químico en el circuito primario, su remoción y su reposición. En particular interesa la respuesta en el tiempo que da el sistema de intercambio iónico, puesto que la reac-

tividad del reactor y su capacidad de operación puede depender críticamente del control del tenor de boro en el moderador.

Se ha estudiado el equilibrio $CO-OH$ con resinas de intercambio iónico y la liberación de CO_2 por descomposición durante el almacenaje y el tratamiento térmico que se utiliza en el proceso de eliminación de resinas activas.

Se siguió prestando en forma rutinaria el servicio de calificación del carbón activado empleado en filtros de emergencia para retener yodo. El ensayo de laboratorio requiere un sistema probado y una medida muy cuidadosa porque es necesario distinguir la calidad de materiales que tienen gran capacidad de retención. Esto implica poder detectar pequeñas diferencias en las cantidades de I-131 retenidas por el carbón activado y, especialmente, determinar el perfil completo de adsorción. Es sobre la base de este último dato que puede evidenciarse a veces un problema en el comportamiento del medio adsorbente.

Se inició el estudio de los parámetros de diseño para el sistema de retención de C-14 para la CNA I. Este trabajo involucra una etapa de desarrollo en laboratorio y una etapa final a escala de planta piloto. Se ha completado la primera de ellas, habiéndose ensayado variables tales como material y porosidad de la placa dispersora, altura de columna de retención, tipo de álcali y concentración, efecto del caudal de gas y del contenido de CO_2 . Además se caracterizó el proceso de sedimentación y la morfología de los precipitados formados y se comenzó la instalación del equipo a escala de planta piloto.

El programa de estudios electroquímicos de interés para centrales nucleares se centró en dos aspectos. En el primero de ellos, la detección de fallas en folios de planta de presurizador de la CNA I y la determinación de características electroquímicas de folios recubiertos de oro, fue posible advertir el efecto de la corrosión galvánica en los folios fallados, lo que permitió establecer un método de ensayo para los que están recubiertos de oro. El otro tema de importancia fue el desarrollo del método de descontaminación electroquímica. Este procedimiento presenta características que lo hacen muy interesante para ser aplicado en planta, previéndose utilizarlo para descontaminar distintos componentes en la CNA I.

Se ha continuado con la determinación periódica del contenido de deuterio en el sistema primario y moderador de la CNA I. Esta información ha sido de gran utilidad para conocer las condiciones reductoras del sistema y su evolución en función del tiempo.

Se ha continuado con el estudio de dosímetros químicos para distintos rangos de radiación gamma y neutrónica, los que han sido suminis-

trados a la CNA I y colocados en zonas inaccesibles de la central.

Se estudió el efecto de la presencia de Gd^{+3} en la radiólisis del agua, determinándose los rendimientos cuánticos de producción de H_2 , NO_2^- y H_2O_2 en soluciones acuosas de nitratos.

Se ha comenzado con el estudio de la disolución de deuterio en un accidente por pérdida de refrigerante en un reactor de agua presurizada.

En el área de filtración se concluyó el estudio del efecto del diámetro de partículas en la retención de magnetita monodispersa en un filtro magnético con matriz de bolitas, encontrándose una concordancia muy buena con el modelo teórico en el rango de diámetros 0.3-1.8 μm .

Además se estudió la retención de magnetita en dos matrices de acero magnetizable con fibras, empleándose campos perpendiculares al flujo de hasta 2 000 kOe. Estos estudios permiten predecir el comportamiento de las matrices en el rango submicrónico de tamaños.

Se completó el acondicionamiento del circuito experimental para usos múltiples (CEUM) para realizar el estudio del comportamiento de los filtros a cartucho que se utilizan en los sistemas denominados TA y TC de limpieza del circuito primario de la CNA I. Los resultados de estos trabajos permitirán establecer las cuotas mínimas de eficiencia de los cartuchos en función del tamaño de las partículas.

RADIOQUIMICA

DATOS RADIOQUIMICOS

Se prosiguieron los trabajos de investigación básica orientados a la obtención, análisis, sistematización y archivo de datos radioquímicos y/o químico-nucleares, destinados a proveer elementos necesarios tanto para la evaluación de teorías y modelos sobre mecanismos de reacciones nucleares como para diferentes desarrollos y controles en el campo de la tecnología nuclear.

Con referencia a esta actividad, se han establecido convenios con el Kernforschungszentrum de Karlsruhe (KfK), República Federal de Alemania, y la Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) de la República Federativa del Brasil.

Por el primero de ellos se iniciaron las irradiaciones en el ciclotrón del KfK y las mediciones y procesamiento de las mismas en la CNEA. Los datos obtenidos serán remitidos para su integración al banco de datos nucleares del KACHAPAG (Karlsruhe Charged Particle Group).

Por el segundo convenio, los Departamentos de Física del Instituto de Engenharia Nuclear de la CNEN y Radioquímica-CNEA han inicia-

do investigaciones conjuntas utilizando las facilidades de irradiación de ambas instituciones, a fin de determinar parámetros necesarios para la obtención de radioisótopos de interés mediante reacciones inducidas por partículas cargadas.

En este período también han continuado los contactos con centros especializados en la compilación y edición de datos nucleares (National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, USA; KACHAPAG y Nuclear Data Group, OIEA), mediante los cuales los datos producidos por la CNEA se integran a esos sistemas.

El interés de estos estudios ha merecido el auspicio del Organismo Internacional de Energía Atómica, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y la Subsecretaría de Ciencia y Tecnología.

En lo referente a las determinaciones experimentales se continuó con las tareas habituales de obtención de secciones eficaces, funciones de excitación, rendimiento de blancos gruesos y relaciones isoméricas.

Se prosiguieron los estudios sobre reacciones inducidas por partículas alfa, aceleradas en diferentes instalaciones, sobre blancos de plata, oro, erbio, cobre, paladio y niobio.

Se analizaron los pares isómeros Tc-93m/Tc-93g, Tc-94m/Tc-94g y Tl-198m/Tl-198g.

Por su parte el grupo de sistematización, compilación y banco de datos avanzó en las tareas de análisis sistematizado y compilación de datos para reacciones (α, xn) y ($\alpha, \alpha xn$) así como de los pares de isómeros nucleares producidos por las primeras. Para ello se utilizan los datos propios y de otros investigadores, así como los valores calculados en base a modelos teóricos, tratando de reunir la mayor información posible, con el fin de establecer características comunes y diferenciales que pudieran arrojar luz sobre las reacciones nucleares involucradas y, al mismo tiempo, permitir una más correcta compilación y archivo.

DESARROLLOS RADIOQUIMICOS

Se han realizado desarrollos y adaptaciones de métodos radioquímicos y/o químico-nucleares destinados a diferentes aplicaciones en tareas propias y de otros grupos de trabajo, y a la prestación de servicios externos.

Durante el año se trabajó en un método no electrónico de detección de fragmentos de fisión, en el estudio de la cinética del intercambio isotópico, en dosimetría de partículas cargadas por detectores plásticos, en fluximetría de partículas cargadas por cámaras colectoras de iones, en detectores de neutrones por activación y en programas especiales de cálculo para el análisis de espectros gamma.

En el campo de las aplicaciones radioquímicas, los desarrollos y adaptaciones mencionados han permitido el estudio de parámetros de la fisión isomérica mediante la técnica de detección de fisión en vuelo, la determinación de prolina e hidroxiprolina en harinas, la fluximetría de partículas cargadas mediante la elaboración de una cámara de sistema combinado por colección de iones y activación de monitores destinada a la determinación de secciones eficaces, la espectrometría de neutrones por activación, el análisis gammaespectrométrico de composiciones de combustibles nucleares, el estudio de intercambio isotópico entre algunos elementos y sus complejos con el ácido nitrilotriacético (NTA), etc.

Finalmente cabe señalar que durante el año ha comenzado la prestación de servicios, destinados a determinar la lixiviación en agua de residuos radiactivos líquidos incorporados a mezclas especiales sólidas.

RADIOBIOLOGIA

El objetivo fundamental de las investigaciones en Radiobiología es el de contribuir al conocimiento de los efectos biológicos de las radiaciones y de la eventual reparación del daño radioinducido. El campo en el que se desarrollan los trabajos cubre disciplinas asociadas con la fisiología, genética, bioquímica, ultraestructura, patología, etc., relacionadas con la exposición experimental a radiaciones en animales de laboratorio (ratas, *Drosophila*, bacterias y cultivos de tejidos). A los primeros trabajos con radiaciones ionizantes se sumaron posteriormente investigaciones sobre radiación ultravioleta, sustancias radiomiméticas y compuestos afines. Más recientemente se reiniciaron trabajos con partículas pesadas de haces extraídos al aire del sincrociclotrón, con los que se espera obtener experiencia básica para futuras investigaciones radiobiológicas en el acelerador TANDAR.

A continuación se describen las actividades desarrolladas durante 1983 en las distintas especialidades que integran esta disciplina.

PATOLOGIA DE LA RADIACION

Se continuó con el estudio de la inducción tumoral por radiaciones inyectando fosfato crómico coloidal marcado con P-32 en la glándula submaxilar de ratas Wistar. El tiempo mínimo de lactancia fue de 240 días, habiéndose alcanzado una incidencia del 50 % de tumores entre carcinomas y sarcomas.

También se prosiguió el estudio de los efectos de la irradiación con partículas pesadas sobre tejidos epiteliales y anexos, así como sobre sistemas «in vitro». Se completó el estudio del modelo experimental de la cola de la rata, de

gran utilidad para el análisis de los efectos de las diferentes transferencias lineales de energía (LET), a lo largo de la curva de Bragg, evaluando parámetros diversos, tales como la respuesta de los folículos pilosos y variaciones enzimáticas (enzimas oxidativas) de la epidermis irradiada con partículas alfa del sincrociclotrón.

Los estudios sobre contaminación con compuestos de uranio abarcaron la evaluación del depósito de uranio luego de la incorporación experimental de nitrato de uranio y óxido de uranio en hueso, diente y riñón por medio de activación neutrónica y el efecto de intoxicación aguda en la cicatrización de alvéolos dentarios con significativa depresión en la formación de hueso. También se estableció la acción antagónica de la tetraciclina en relación con los compuestos de uranio. En experiencias «in vitro» se evaluó la sobrevivencia de la línea celular 3T3 bajo la acción de distintas dosis de nitrato de uranio. Se caracterizaron los daños producidos por dichos compuestos a distintos tiempos y a distintas concentraciones de la droga.

Se estudiaron a nivel de microscopía óptica las variaciones inducidas por la radiación en la vascularización de la piel. Mediante métodos histoquímicos y cuantificación estereológica se establecieron parámetros que definen un cambio del patrón vascular y un aumento de permeabilidad, que pueden correlacionarse con las dosis administradas.

Prosiguió el estudio de alteraciones producidas a nivel proteico sobre la epidermis de rata sometida a radiaciones ionizantes (Rayos X). Mediante técnicas de electroforesis monodimensional en geles de poliacridamida, se demostraron importantes efectos sobre el patrón normal de queratinas. Por medio de técnicas de tripsinización diferencial se obtuvieron muestras de aceptable grado de pureza de las distintas capas celulares que conforman el epitelio, a fin de caracterizar el patrón de queratinas de cada una de las capas epiteliales.

En el marco de un convenio con la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires, se colaboró en la aplicación de metodologías histoquímicas a estudios de estirpe celular y su diferenciación en lesiones tumorales y pseudotumorales. También se colaboró con estudios ultraestructurales de tumores de hueso y procesos de remodelación ósea.

GENETICA

En este tema se lleva a cabo el estudio cualitativo y cuantitativo de efectos heredables inducidos por radiaciones ionizantes y compuestos radiomiméticos en *Drosophila melanogaster*. El mismo se encara desde dos puntos de vista complementarios: la sensibilidad intrínseca de

las células germinales durante los distintos estados de su desarrollo y el efecto de agentes modificadores de la cantidad de daño recuperado.

Parte del daño genético inducido inicialmente por radiaciones ionizantes es reparado por sistemas enzimáticos. Se ha postulado que la eficiencia de dichos sistemas de reparación disminuye con la edad, contribuyendo al envejecimiento. Con el objeto de establecer la influencia de la edad en la reparación de daños radioinducidos en células de la línea germinal, se hicieron pruebas de letalidad dominante y translocaciones cromosómicas utilizando hembras envejecidas. Los resultados muestran que en estas hembras los mecanismos de reparación de daños inducidos por radiaciones son tan eficientes como en hembras jóvenes. Esto contribuiría al mantenimiento de la calidad del material genético que se transmite.

Con el objeto de establecer la cantidad de daño genético radioinducido (no constituido por deficiencias cromosómicas) que es reparado por el sistema de escisión, se hicieron pruebas de letalidad recesiva con mutantes defectivos en dicho sistema. Los resultados muestran que en los machos el sistema de reparación por escisión es inoperante en las células germinales más maduras, pero altamente eficiente en espermátidas tempranas.

GENETICA MOLECULAR

En este campo se investiga el efecto de mutaciones que alteran la envoltura celular, sobre la reparación del ácido desoxirribonucleico (ADN) en *Salmonella typhimurium* irradiada con rayos ultravioletas (UV).

Se estudió el comportamiento de una cepa portadora de la mutación de envoltura *envB4* que, a diferencia de la mayoría de las cepas *envB*, muestra sensibilidad a UV en lugar de resistencia. Se demostró que en esa cepa la sensibilidad a UV se debe a la inactividad parcial de los mecanismos de reparación posreplicativos controlados por el gen *recA* y que el comportamiento de la cepa se normaliza cuando se anulan todos los procesos de reparación oscura.

Se obtuvieron evidencias de la presencia en la cepa de una mutación, a la que se denomina provisoriamente *suV*, que confiere sensibilidad UV y aumenta la frecuencia espontánea de filamentación. Dicha mutación está ubicada entre los genes *envB* y *aroE* (en una región en la que no se han descrito hasta ahora mutaciones con esas propiedades) y cotransduce con esos dos genes. Además de *envB* y *suV*, la respuesta de la cepa a UV es modificada por ciertas mutaciones en los genes que controlan la utilización de galactosa. Esas mutaciones producen en bacterias *envB4 suV* una disminución en la re-

paración posreplicativa, en tanto que en bacterias normales causan un ligero incremento en ese tipo de reparación y en la mediada por escisión.

EFFECTOS SOMATICOS

Las investigaciones sobre el efecto somático de radiaciones ionizantes fueron orientadas al estudio de la inducción de neoplasias originadas por la exposición experimental de pequeños mamíferos de laboratorio a la acción de Rayos X.

Se demostró que un mesotelioma peritoneal de hamster portador de un virus oncogénico, activado por pasajes en animales irradiados, produce un «factor» dializable (P.M. > 12 000), que induce un fibrosarcoma en animales normales. Mediante el empleo de albúmina-I131 se comprobó que los sacos de diálisis empleados no sufren alteraciones durante su esterilización ni durante su permanencia en los animales. Asimismo, se comprobó que las líneas celulares originadas de cultivos «in vitro» del mesotelioma, conservan la capacidad de producir dicho «factor» (in vitro), dotado de la propiedad de inducir transformación neoplásica en cultivos primarios de riñón de hamster, y que en transplantes sucesivos estas células neoplásicas mantienen la capacidad de segregar el mencionado «factor».

Además se desarrolló una metodología que permite el crecimiento, sobre membranas de celulosa, de monocapas fibroblásticas en cavidad peritoneal y tejido subcutáneo de hamster. Extraídas de los animales, dichas membranas permiten la irradiación «in vitro» de los fibroblastos, los que, al ser inyectados en hamster, inducen la formación de sarcomas. A su vez, estos tumores mantienen su capacidad oncogénica en transplantes sucesivos en los mismos animales.

RADIOMICROBIOLOGIA

Se prosiguieron las investigaciones sobre el daño inducido en bacterias por radiaciones y partículas pesadas, con especial interés en los aspectos fisiológicos y bioquímicos asociados con inhibición de la división celular, pérdida de viabilidad y mecanismos de reparación de las lesiones radioinducidas.

Entre otros resultados, se ha determinado que las sales de uranio solubles en medios de cultivo no alteran el crecimiento de *S. typhimurium* LT2, pero afectan su respuesta a la irradiación ultravioleta. El desarrollo en presencia de iones uranilo 5×10^{-5} M fotosensibiliza a las bacterias por interferencia con su reparación, mientras que una molaridad diez veces mayor incrementa la resistencia a la radiación por un factor cercano a cien. En este caso, la microscopía electrónica muestra a la mayor parte de las

bacterias rodeadas por un denso complejo de iones uranilo-pared-membrana, el que presumiblemente las protege de la incidencia de los fotones. El lavado de dicho complejo con EDTA restablece la radiosensibilidad a los niveles observados con $\text{UO}_2 \cdot 5 \times 10^{-5} \text{M}$.

Se concluyó el estudio sobre el contenido de fosfolípidos y alteraciones fenotípicas de *S.typhimurium* DA 362. Se comprobó que esta cepa contiene el doble de difosfatidilglicerol (DPG) en asociación con las anomalías fenotípicas y que la presencia de etanol en los medios de crecimiento normaliza el contenido de DPG y el fenotipo, mientras que la presencia de sacarosa altera aún más la relación fosfolipídica, acentuando la anormalidad fenotípica.

Se establecieron condiciones apropiadas para la irradiación de bacterias en el sincrociclotrón. Se modificó la técnica descripta anteriormente con el diseño de un soporte de lucite que se adosa con geometría ideal a la salida del haz. Este soporte permite el apoyo del filtro de acetato de celulosa con la monocapa de bacterias a irradiar, al que se adhiere la folia dosimétrica.

IRRADIACION Y DOSIMETRIA

Utilizando el canal externo del sincrociclotrón, se continuó con el estudio del modelo experimental que permite caracterizar el pico de Bragg en el folículo piloso de ratas Wistar. Este modelo permitió además realizar evaluaciones comparativas con iones pesados y Rayos X.

En relación con el ajuste de dosimetría con detectores de trazas nucleares se finalizó el desarrollo de una nueva técnica para la evaluación de dichas trazas mediante réplicas en platino-carbono y microscopía electrónica. Para el estudio de iones de baja energía con detectores de estado sólido y de la región interna del daño físico en trazas nucleares, se modificaron los equipos de «etching» químico y se iniciaron irradiaciones con partículas alfa en colaboración con el CAB.

Comenzó el diseño y construcción de algunos componentes destinados a equipos para estaciones fijas y portátiles pertenecientes a los sistemas de protección y seguridad radiológicas del TANDAR.

Al igual que en años anteriores se continuó brindando el servicio de irradiación y dosimetría a investigadores, tanto de CNEA como externos.

BIOTERIO

Durante el año se continuó el mantenimiento de colonias primarias y de expansión de cepas endocriadas de ratones libres de patógenos específicos (SPF), de colonias primarias SPF de las cepas de ratón Balb/c, C3H/He, CFW, y de

las cepas timodeficientes N:NIH (S) Nu y Balb/c Nu. Los animales obtenidos fueron utilizados en investigaciones sobre aspectos inmunitarios de la infección con virus Junín y Tripanosoma cruzi, y en trabajos experimentales sobre cáncer inducido en animales, aftosa, diabetes y en temas de oftalmología.

Se efectuó un estudio destinado a establecer cuáles son los patógenos que afectan a las colonias desarrolladas en algunos de los centros de investigación del área de Buenos Aires y se realizó el control de rutina para asegurar la calidad sanitaria de los animales producidos en el Bioterio.

Se completaron las tareas de adecuación de dos locales que serán usados para la cría de animales libres de patógenos específicos mediante la instalación de filtros absolutos en el sistema de aire acondicionado y otras modificaciones menores.

Como es habitual, se continuó produciendo animales de experimentación convencionales utilizados en distintos sectores de la CNEA y en otros centros de investigación. Durante el año se proveyeron 6 700 ratas, 597 hamsters, y 7 200 ratones.

Prosiguió la cría de cricétidos autóctonos relacionados a la transmisión de la fiebre hemorrágica argentina, criándose roedores de las especies *Calomys musculinus*, *Calomys laucha*, *Calomys callidus* y *Akodon azarae*.

Se incorporó al Bioterio la cepa de rata endocriada Fisher 344, la que, una vez establecida la colonia de producción correspondiente, será puesta a disposición de los interesados en su utilización.

BIOMATEMATICA

Se continuó con las líneas de investigación específicas y además se brindó apoyo de servicios a otros grupos de investigación. En ese sentido, se siguieron desarrollando aspectos aplicados de computación digital, simulación analógica y bioestadística.

La tarea fundamental de investigación ha consistido en profundizar los análisis y definiciones de los conceptos teóricos sobre materia y energía en los sistemas biológicos, y los correspondientes desarrollos matemáticos y aplicaciones teóricas sobre bajas energías, mediante el uso de la teoría de reticulados. Los resultados dieron inferencia de concretos estados de reacción de sustratos enzimáticos irradiados con bajas dosis de energía. El avance teórico alcanzado permitió iniciar estudios experimentales sencillos cuyos primeros resultados son muy promisorios. Para ello se desarrolló un equipo de irradiación, filtros especiales y obturadores temporales muy precisos, para irradiar diversos sustratos con energías de longitudes de onda

dentro del espectro visible. Los efectos de las irradiaciones fueron valorados con técnicas fotográficas y los primeros resultados son coincidentes con los hallazgos teóricos obtenidos.

PROSPECTIVA Y ESTUDIOS ESPECIALES

A través del Departamento Prospectiva y Estudios Especiales, la CNEA realiza una actividad regular de seguimiento y análisis de la evolución energética mundial y nacional y, en función de ella, promueve el estudio de temas de interés futuro para el Plan Nuclear Argentino. La acción actual se centra en las formas avanzadas de la energía nuclear (fusión nuclear, reactores reproductores e híbridos, ciclo del torio, etcétera), en las técnicas de utilización de fuentes de energía renovables y en otros temas directamente relacionados con los anteriores, entre los que se cuentan las aplicaciones nucleares de los láseres, el almacenamiento de energía y la separación de isótopos de interés nuclear. Varias de estas actividades se realizan por medio de programas conjuntos o contratos establecidos con otras instituciones. A continuación se ofrece una reseña de la labor cumplida en este campo durante el año.

FUSION NUCLEAR

Se continuó el programa de trabajo con el sistema theta pinch de campo invertido, para el estudio de configuraciones toroidales compactas de confinamiento magnético. Desde el punto de vista experimental, la actividad se concentró en lograr una adecuada reproducibilidad de las condiciones del plasma en disparos sucesivos, dado que las experiencias iniciales indicaron condiciones altamente irreproducibles que dificultaban la interpretación de las mediciones que se pretendía realizar. Como medida correctiva y luego de un detallado análisis de las posibles causas de las dificultades indicadas, se incorporó un sistema de preionización del gas de trabajo, utilizándose a tal efecto un generador de radiofrecuencia de 27 MHz, con una potencia nominal de 1 kW. En forma complementaria, se modificó el banco de capacitores de precalentamiento, elevándose su frecuencia de descarga a 0,68 MHz, a fin de favorecer una formación más rápida y neta de la lámina de corriente. Finalmente, está en vías de incorporación un sistema de purificación del hidrógeno utilizado en la descarga, en base a un filtro de paladio. Esta modificación resulta importante para reducir el contenido de impurezas del gas de trabajo, que afectan la formación inicial del plasma y, en consecuencia, la reproducibilidad de sus condiciones finales.

Las actividades teóricas continuaron centradas en el estudio del equilibrio, estabilidad y trans-

porte de configuraciones toroidales compactas de confinamiento magnético.

ENERGIA SOLAR

Se continuó con el diseño de un concentrador cilíndrico-parabólico para el calentamiento de fluidos aptos para proveer calor en procesos industriales, y se construyeron las bases y soportes necesarios en terrenos adyacentes al acelerador TANDAR en el CAC, para la instalación de dos líneas en concentradores conectadas en serie que, con un área total de 100 m², formarán un módulo básico para futuros campos de concentradores. Se realizó el diseño en detalle de algunas de las partes del sistema y se comenzó con la adquisición de los componentes ya definidos. Paralelamente se finalizó la instalación y prueba de un sistema térmico para el ensayo de concentradores, que permite medir la eficiencia de estos últimos a diferentes temperaturas de operación. Asimismo, se instaló y probó un nuevo sistema de seguimiento del movimiento aparente del sol, de diseño y construcción propios, el que permite operar simultáneamente 8 líneas de concentradores.

En tareas de orden teórico, se finalizó el desarrollo de un programa de simulación del funcionamiento de concentradores cilíndrico-parabólicos con receptores cilíndrico y plano, seleccionándose con él los parámetros más adecuados para obtener temperaturas de 120 a 200 °C. Se realizó, además, un estudio del factor de concentración máximo de concentradores de foco lineal y puntual para diversos modelos de distribución de intensidad de radiación en el disco solar.

En el campo fotovoltaico se continuó la puesta al día de la evaluación sobre el estado de desarrollo de la conversión fotovoltaica de energía solar. Se inició también la primera actividad prevista en el programa de asistencia técnica en preparación entre la CNEA y las Naciones Unidas con el fin de analizar la posibilidad de implementar la construcción de una planta piloto para la fabricación de paneles fotovoltaicos en la Argentina.

Por otra parte, se continuó brindando asesoramiento a la Empresa Provincial de Energía de Córdoba en relación con la utilización integral de energía solar en un edificio a instalar en la localidad de Villa Carlos Paz. Además, se prosiguió con el control de la instalación efectuada anteriormente en la planta de deformaciones de la Fábrica de Aleaciones Especiales del CAE para proveer parte de las necesidades de agua caliente por medio de energía solar, realizándose algunas modificaciones al sistema.

ENERGIA EOLICA

En relación con los estudios que se vienen realizando con miras a la posibilidad de aprove-

chamiento de esta fuente de energía, se han fabricado 20 equipos electrónicos de medición y registro automático de datos, basados en el prototipo desarrollado durante el ejercicio anterior y, para su montaje, se adquirieron 20 torres de 18 m y 8 torres de 80 m de altura.

En la Pampa de Alicurá (Neuquén), fueron instaladas 2 de las torres instrumentadas de 18 m y se efectuaron reconocimientos para decidir las localizaciones de mástiles de medición adicionales. Además se comenzó la preevaluación de nuevas zonas con perspectivas favorables para la explotación del recurso eólico en la zona del río Limay, con vista a las posibilidades de aprovechamientos múltiples eólico-hidroeléctricos.

En la zona de Pampa del Castillo y sus alrededores (Chubut), prosiguió la evaluación del recurso eólico mediante torres instrumentadas a tres niveles. Adicionalmente se inició el análisis de los datos obtenidos de una torre instrumentada en la zona de Pichi Leufú (Río Negro).

OTROS TEMAS

En el campo de los reactores de fisión avanzados se comenzó un análisis de la futura utilización del ciclo uranio-plutonio en la Argentina.

Adicionalmente, se prosiguieron los trabajos sobre láseres de interés nuclear.

TECNOLOGIA NUCLEAR

TECNOLOGIA DE REACTORES NUCLEARES

Diseño y operación de reactores

Con relación a los reactores de investigación y producción de radioisótopos se trabajó en el proyecto de actualización de los reactores RA-1, RA-2 y RA-3. Ello involucró la evaluación del estado de los sistemas existentes y la elaboración de la ingeniería básica y de detalle de las modificaciones y las especificaciones técnicas pertinentes. Además se realizó el análisis termohidráulico del cambio del núcleo del RA-3 en función del nuevo enriquecimiento del uranio (20 %) y se participó en el diseño del nuevo elemento combustible con dicho enriquecimiento.

Continuaron las tareas de operación y mantenimiento en los reactores existentes. En el RA-1 se realizaron irradiaciones para estudios de daños por radiación, dosimetría y estudios de física experimental. En el RA-2 se efectuaron experiencias varias de calibración de barras, mediciones con técnicas de ruido y efectos especiales.

El reactor RA-3 irradió durante 4 600 horas, prestando servicios a los sectores de producción de radioisótopos, análisis por activación, radio-

fármacos, etcétera. Se elaboró un programa de mantenimiento por computación que permite un mejor análisis de tendencias y archivo de datos. Se fijaron y redactaron procedimientos conducentes a asegurar la calidad de la operación y se inició la confección del Manual de Garantía de Calidad para la operación del RA-3.

El reactor RA-6 entró en operación normal, cumpliéndose satisfactoriamente los objetivos establecidos oportunamente para el año 1983. Además se avanzó en la implementación de los laboratorios de las distintas secciones para su mejor funcionamiento.

Se realizaron experiencias de cinética para la evaluación de barras de control y se desarrollaron métodos para el seguimiento de la potencia y análisis de quemado del RA-3.

Se llevaron a cabo experiencias destinadas a evaluar las consecuencias del eventual bloqueo de canales en los reactores RA-3 y RA-6, la refrigeración del núcleo en régimen de convección natural y de bajas velocidades del refrigerante en dichos reactores y el diseño de un sistema de rociado para refrigerar los elementos combustibles en caso de vaciado de la piscina.

Finalmente, se desarrolló un método para medir corrosión con las técnicas de análisis químico correspondientes; se realizó un estudio para la descontaminación del tanque principal del RA-3 y continuó el análisis de seguridad del proyecto de irradiación de placas de U-Al.

INSTRUMENTACION Y CONTROL

El sector prosiguió con sus actividades de desarrollo de la instrumentación destinada al control de reactores e instalaciones nucleares que, en algunos casos, alcanzaron las etapas de construcción de prototipos de laboratorio o la de finalización del modelo industrial. La actividad se centró sobre los siguientes equipos: un escalímetro, una fuente de alta tensión, una estación para el monitoreo de áreas, una lógica para monitoreo de áreas, un sistema Campbell de mediciones neutrónicas, un controlador de transferencia de muestras y una cámara de ionización.

Además, con miras al futuro desarrollo de un sistema de control distribuido aplicable a reactores, se ha trabajado en la configuración e implementación de un sistema de control distribuido para la Planta Experimental de Agua Pesada.

Con relación al Proyecto Centro Atómico Perú, continuó la preparación de la ingeniería y la supervisión de la fabricación y suministro de los sistemas de instrumentación y control (I/C) para el reactor RP-10 y la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR). Durante el presente ejercicio se completó la ingeniería de detalle necesaria para la fabricación y/o el su-

REACTORES DE INVESTIGACION Y PRODUCCION DE RADIONUCLEIDOS

Designación	Ubicación	Fecha de Críticidad	Flujo Neutrónico Máximo	Potencia Térmica Máxima	Combustible	Modificador	Finalidad	Constructor	En operación
RA-0	Universidad Nacional de Córdoba	20-7-70 *	10 ⁷	1 W 10 W intervalos cortos	U-235 (20 %)	H ₂ O	Facilidad crítica Enseñanza	CNEA	
RA-1	Centro Atómico Constituyentes	20-1-58	3x10 ¹²	150 kW	U-235 (20 %)	H ₂ O	Investigación	CNEA	
RA-2	Centro Atómico Constituyentes	19-7-66	10 ⁸	10 W 30 W intervalos cortos	U-235 (83,8 %)	H ₂ O	Facilidad crítica Investigación	CNEA	
RA-3	Centro Atómico Ezeiza	17-5-67	5x10 ¹³	5 MW	U-235 (90 %)	H ₂ O	Investigación Producción	CNEA	
RA-4	Universidad Nacional de Rosario	1971	1x10 ⁶	0,1 W	U-235 (19,9 %)	Polietileno	Enseñanza	Siemens A. G.	
RA-5	Centro Atómico Bariliche	23-9-1982	5x10 ¹²	500 kW	U-235 (20 %)	H ₂ O	Enseñanza Investigación	CNEA	

* Alcanzó criticidad por primera vez en el Centro Atómico Constituyentes en 1958.

ministro de los sistemas I/C nuclear y convencional de dicho reactor y los radiosanitarios del RP-10 y del PPR; se comenzó la ingeniería de montaje y la redacción de los procedimientos de ensayos de los mencionados sistemas I/C; se prosiguió con las tareas inherentes a la inspección de obra de los suministros de instrumentación nuclear y convencional del RP-10 y con la colaboración en la inspección de obra correspondiente a suministros bajo responsabilidad de otros grupos de proyecto.

Por otra parte, se llevaron a cabo trabajos de ingeniería relativos a los sistemas I/C de reactores de estudio. Estas tareas incluyeron el análisis de diversos aspectos de ingeniería y de fabricación del sistema I/C de la Central Nuclear IV (mediciones neutrónicas, sistemas de regulación, sistema de computadoras, monitoreo de radiaciones, etc.); la redacción del informe sobre el sistema I/C para el reactor propuesto al Instituto de Asuntos Nucleares de Colombia, y la realización de la ingeniería conceptual —y en algunos casos la básica— de la instrumentación para las mediciones convencionales, neutrónicas y de radiaciones y de la sala de control de dicho reactor, como así también la calificación de los componentes y el presupuesto de ingeniería y montaje. Finalmente se elaboró el informe sobre el sistema I/C correspondiente al estudio de factibilidad de un reactor compacto.

TECNOLOGIA DE MATERIALES

DESARROLLO DE MATERIALES

Esta actividad prosiguió brindando apoyo a los proyectos PPFAE, FAE, SUCOEM y AGUA PESADA, a las centrales nucleares Atucha y Embalse, como así también a la FECN y a ENACE, en lo que se refiere al comportamiento y análisis de materiales nucleares.

Entre otras tareas se continuó con el desarrollo de combustibles nucleares de bajo enriquecimiento dentro del proyecto ECBE. Se puso a punto la fundición de la aleación U-Si (7,4 %) así como los tratamientos térmicos, la obtención del polvo a partir del lingote y la fabricación de los compactos para su laminación. Adicionalmente, se fundieron aleaciones de Al-U (88 %), se puso a punto la obtención del polvo y se estudió la factibilidad de obtener mayores densidades.

Se estudiaron las propiedades mecánicas de diversos metales y aleaciones de interés nuclear. Se efectuaron experiencias de termofluencia (creep) de zircaloy-4 y níquel, estudiándose la evolución de la microestructura durante el proceso de deformación. Asimismo, y con el objeto de obtener información sobre los mecanismos que controlan la termofluencia de las aleaciones

de circonio, se realizaron mediciones de relajación de tensiones a distintas temperaturas y distinta estructura. Experiencias de tracción y relajación fueron efectuadas también en aceros inoxidables. Se obtuvieron además datos sobre comportamiento elástico de vainas de zircaloy-4, y se hicieron mediciones sobre anelasticidad de Zr y Zry-4 a distintas temperaturas. Se realizaron asimismo ensayos mecánicos para CONUAR y ENACE.

Prosiguieron los estudios de corrosión bajo tensiones en condensadores de vapor y aceros de alta resistencia. Se estudió la cinética de repasivación, encontrándose que en aleaciones de Cu la disolución anódica es la etapa controlante en la propagación de fisuras. Se continuó con el estudio de mecanismos de picado de Fe y Zn, desarrollándose modelos de transporte y de perfil de potenciales. Se observó que el potencial de picado del Zn en presencia de Cl y tampón borado está definido exclusivamente por la acidificación localizada en la interfase metal-solución y por la migración iónica en el interior de las picaduras. Se iniciaron estudios sobre la corrosión del Pb para contenedores de subproductos del ciclo de combustible. Se continuó con el desarrollo de aleaciones Al-Zn con agregados de In, Sn, Cd y Pb, utilizadas como ánodos para protección catódica. Se inició el estudio del efecto de agregados de Cd en el proceso de picado de Al. Se inició la calificación de autoclaves y equipamiento para ensayos en vapor a altas temperaturas para la prestación de servicios a FAE y PPFAE. Se continuó con el estudio de la corrosión de aleaciones de Zr a altas temperaturas, el análisis de su comportamiento electroquímico en medios alcalinos, y la corrosión bajo tensiones en presencia de F_2 a altas temperaturas. Se respondió a numerosas consultas sobre problemas de fallas y de diseño de la CNA I y la CNE, así como a otras formuladas por la industria local.

Se continuaron los estudios de la difusión en distintos materiales, particularmente los de interés nuclear. Debido a los problemas que plantea la tecnología del Zry-4 en cuanto a la difusión de aleantes desde las capas protectoras, se completaron los ensayos de difusión de Fe-59 en Zr-Sn- β hasta 1300 °C observándose un marcado efecto de desaceleración de la difusión por el Sn. Se realizaron los primeros recocidos de interdifusión en zircaloy-4/Cu. Se avanzó en el estudio de la difusión de Zr-95 en la aleación Zr-50 % Ti. Se completó el estudio de la autodifusión en Zr- α monocristalino, comprobándose su comportamiento anómalo en esta fase. Se avanzó en el estudio de la difusión en las interfases α - β de la aleación Zr-2,5 % Nb utilizada en los tubos de presión de centrales CANDU. Los resultados obtenidos con Nb-95 mostraron que dichas interfases son caminos rápidos de difusión. Se iniciaron estudios de

difusión de Ag-110 en monocristales orientados de Zr- α , para precisar el efecto de la anisotropía y comparar con los solutos rápidos. Se inició el estudio de las correlaciones fenomenológicas entre la «aptitud para formar vidrios» y la difusión «muy rápida» en aleaciones binarias de Zr.

En el estudio de la tecnología de aceros microaleados (de alta resistencia y baja aleación), se interpretaron resultados de difusión de microaleantes en Fe, Fe-Mn, Fe-Si y Fe-Mn-Si. Se completó el estudio de la difusión de Ni-63 en la fase γ_2 del sistema Cu-Al. Los resultados obtenidos corroboran las hipótesis utilizadas al elaborar el modelo de difusión en interfases β/γ_2 del sistema Cu-Al. Se continuó con el estudio para establecer un código confiable que simule la interacción a alta temperatura del Zry-4 con el UO_2 en caso de accidentes en reactores nucleares. Se realizaron estudios de difusión de oxígeno en Zr a temperaturas de trabajo de la CNA mediante técnicas de análisis superficial (XPS). Con el uso de dichas técnicas se estudió la influencia de la implantación sobre la resistencia a la oxidación de Zr a alta temperatura. Se realizaron análisis XPS para grupos de investigación de diferentes universidades y de la CNA I, la CNE y CONUAR.

Se desarrollaron modelos para calcular estados tensión-deformación de vainas de elementos combustibles y tubos de presión tipo CNE, a partir de mecanismos básicos de creep y crecimiento. Se estudió asimismo la dependencia del crecimiento y creep bajo irradiación con la textura y la difusividad de vacancias en aleaciones de Zr y se predijo un modelo de nucleación y crecimiento de aglomerados de helio en metales bajo irradiación α , con vistas al entendimiento de la fragilización por helio. Se estudió también el fenómeno de difusión incrementada por irradiación, y las propiedades estáticas y dinámicas de defectos puntuales en metales cúbicos y hexagonales. Con el código BACO se estudiaron los efectos de redensificación del combustible tipo CNA I y de «end-peaking» en el combustible tipo CNE, comprobándose que dicho código es aplicable al combustible de los reactores comerciales del país. Se completó un código MSA para analizar la fisión de posibles combustibles durante accidentes en un reactor de potencia y se finalizó un modelo básico de fusión de UO_2 bajo irradiación. Para el proyecto PPFAE se desarrolló un programa para calcular la carga óptima de materia prima para fabricar lingotes de Zry-4.

Fue iniciado el desarrollo de procesos productivos de deformación en caliente y de métodos especiales de ensayo para evaluar propiedades de aceros estructurales de alta resistencia. Se analizó la influencia de inclusiones no metálicas, defectos de fabricación en tubos y

resistencia al desgaste. Dentro del programa de comparación de características de aceros inoxidables de uso nuclear, se analizaron los procesos de deformación de los tipos de aceros más utilizados. Se estudiaron asimismo aspectos estructurales de aceros especiales de alta aleación.

Se estudió la microestructura del acero del recipiente de presión de la CNA I mediante técnicas de microscopía electrónica. Dentro del tema de anisotropía del comportamiento mecánico de metales, se estudió el efecto de la textura sobre la anisotropía de la deformación plástica de aleaciones de Zr, así como la evolución de la textura durante el creep de Zry-4. Se determinaron tensiones residuales en aceros laminados y, mediante técnicas de microanálisis dispersivo en energía, se determinó la composición de precipitados de segunda fase en Zry-2 y Zry-4.

Se efectuó el análisis del informe de la firma KWU referente al estado del recipiente de presión de la CNA I.

Se elaboró el proyecto de implementación de una facilidad blindada en el reactor RA-6 para el estudio de los efectos de la irradiación neutrónica en probetas de aceros de la CNA I y la CNA II. Adicionalmente, se organizó la Reunión de Trabajo sobre Daño por Radiación en Materiales de Recipientes de Presión, que se efectuará en Bariloche del 6 al 15 de enero de 1984.

Se continuó prestando a PPFAE, FAE, SU-COEM y AGUA PESADA, los servicios especializados de microanálisis por microsonda electrónica, difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido, microanálisis EDAX y química analítica. Son de destacar las determinaciones de las texturas cristalinas y microanálisis de la gota fría de las soldaduras de la esfera de contención de la CNA II, la caracterización de polvos de UO_2 , el análisis de residuos de una superficie de fractura de tubos de la CNA I, y el desarrollo de soldaduras por brazing para uniones ceramo-metálicas.

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

El Instituto de Ensayos No Destructivos (INEND) prosiguió sus actividades de investigación y desarrollo, asistencia técnica y formación de personal especializado, en las áreas de ensayos no destructivos y de soldadura aplicables a materiales, componentes y sistemas de interés nuclear, incluyendo la transferencia de los conocimientos desarrollados hacia la industria nacional.

Entre las numerosas prestaciones de servicios a diversos proyectos de la CNEA caben ser destacados la finalización de las inspecciones de montaje y de preservicio de la CNE, el comienzo de los ensayos de la esfera de conten-

ción de la CNA II por técnicas de ultrasonido y el análisis e inspección de soldaduras en dicho componente durante su construcción. Además se atendieron consultas presentadas al Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI) sobre temas de la especialidad.

Las tareas de desarrollo incluyeron la computarización y sistematización de datos de inspección (ultrasonido, emisión acústica, corrientes parásitas, etc.) y el desarrollo de aplicaciones de diversas técnicas de ensayos no destructivos.

En su capacidad de organismo coordinador del Proyecto Regional de Ensayos No Destructivos auspiciado por las Naciones Unidas en el ámbito latinoamericano, el INEND continuó brindando apoyo al proyecto a través del aporte de profesores a cursos nacionales y regionales, recepción de becarios, etc., en una acción de integración regional de la especialidad.

Por otra parte, se siguió participando en los comités técnicos del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) para el estudio de temas de ensayos no destructivo y de soldadura. En cumplimiento de la norma IRAM-CNEA-Y-500-1003 sobre calificación de personal y actuando como entidad certificadora, se completaron los ciclos de exámenes de calificación y certificación de operadores en ensayo no destructivo, disponiéndose al finalizar el año de 491 operadores calificados en los distintos niveles, para los métodos de ultrasonido (95), partículas magnéticas (121), radiografía industrial (150), y líquidos penetrantes (125 operadores).

Por último, en función de compromisos contraídos frente a ENACE S.A., se continuó la labor de calificación de soldadores que actúan en diversas empresas argentinas efectuando trabajos para el proyecto CNA II.

PLANTA PILOTO DE ESPONJA DE CIRCONIO

Esta planta continuó en operación parcial, aplicándose los datos obtenidos en la optimización del diseño del módulo de 30-50 t/año. Prosiguió la construcción de este último, habiéndose terminado el edificio de la etapa de proceso Kroll, a la vez que se completó un 70 % del montaje correspondiente. También se avanzó en un 40 % en la construcción del equipo de ensayo de separación de circonio y hafnio por métodos físicos.

Además prosiguieron los ensayos y la evaluación del método de separación de circonio y hafnio con aminas.

PLANTA PILOTO DE FABRICACION DE ALEACIONES ESPECIALES

Durante el año se prosiguió con el desarrollo

de la tecnología de fabricación de vainas para elementos combustibles.

En lo referente a la fundición de lingotes, se completó la fabricación de 4 000 kg de aleación de Zircaloy-4. Los estudios de evaluación han indicado que el oxígeno es el elemento crítico, habiéndose observado, en base a un estudio especial, que la concentración de oxígeno en la materia prima (esponja de circonio) crece con el tiempo de estiba. Además, fueron determinadas las condiciones óptimas de velocidad de fusión, se desarrolló un programa de carga del horno y se estableció una secuencia de fabricación de lingotes basada en uno de primera fusión y otro de segunda fusión, que permite adaptar los tamaños a las necesidades de la operación de forja.

Se inició el desarrollo de la tecnología de fabricación de tubos tipo CANDU para el reactor de la CNE, habiéndose completado la primera etapa con la obtención de 500 metros de tubos que serán empleados como inicio de calificación de la firma Canadian General Electric (CGE) en el primer trimestre de 1984. Se realizaron diversos trabajos técnicos correspondientes a la fabricación de tubos TREX experimentales, entre ellos la modificación del instrumental de extrusión y la forja y tratamiento térmico de un lingote a ser extrudado en enero de 1984. Además prosiguieron las tareas de desarrollo de lubricantes para alta temperatura específicos para extrusión de circonio, optimización de la disolución de la capa de cobre de los tubos extrudados y tratamientos de efluentes.

También se finalizó el estudio de costos de producción de tubos TREX a partir de lingotes, como aporte de información preliminar al Proyecto FAE.

Se ha continuado con las tareas de recuperación de material de descarte de operaciones previas, habiéndose instalado en la FAE una cortadora para trozado de tubos, cuyas pruebas tuvieron resultados satisfactorios. Se comenzó el estudio, mediante técnicas de análisis no destructivo, de la disolución de partículas «duras», como las de carburo de tungsteno, para evaluar la probabilidad de que no completen su disolución durante el proceso de fusión permaneciendo en el lingote como inclusiones.

Se completó la evaluación de los tubos TREX de producción nacional en cuanto a composición química, contenido de gases, dureza, estructura, corrosión y análisis dimensional.

Con resultados satisfactorios se ha completado el control final de los dos lotes de tubos destinados a la central nuclear brasileña en Angra dos Reis, a ser provistos bajo el contrato CNEA-NUCLEBRAS, incluyendo el control dimensional y de defectos por medio de ultrasonido. Además se reiniciaron las tareas de cali-

ficación de la serie de 10 000 metros de tubos para elementos combustibles del tipo Atucha. Por último, se dio comienzo a las tareas de fabricación de tubos de grandes dimensiones, en especial tubos de presión.

Adicionalmente, finalizó la construcción de la fundación y se instaló la máquina HPTR-60-120 de 50 toneladas, con sus correspondientes servicios.

TECNOLOGIA DE COMBUSTIBLES NUCLEARES

INGENIERIA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES

En el área de diseño y comportamiento se trabajó en el diseño de los elementos combustibles para reactores de investigación del país y del Perú, incluyendo la confección de planos y especificaciones y el desarrollo de la primera versión de un código de cálculo que simula el comportamiento termomecánico de las placas combustibles.

En cuanto a los elementos combustibles de potencia se completó el diseño de detalle de los correspondientes a la CNE; se participó en el diseño de los elementos combustibles de Atucha II con la empresa KWU de la República Federal de Alemania; se completó la documentación de fabricación de un prototipo enriquecido con plutonio y se respondió a numerosas consultas técnicas de la empresa CONUAR a fin de aprobar desviaciones de diseño durante la fabricación.

En el área de materiales combustibles y estructurales se efectuó un programa de homologación de laboratorios de ensayos con CFC, CONUAR y CAC; se continuó la caracterización de pastillas de elementos combustibles CANDU irradiadas en Canadá y se estudiaron diversos efectos de las variables de procesos sobre las propiedades finales de pastillas sinterizables.

Se ensayaron componentes y materiales de elementos combustibles destinados a las centrales de potencia argentinas y se realizaron estudios mecánico-metalúrgicos con el propósito de caracterizar o calificar materiales y procesos producidos en el país.

Se ha completado la construcción de equipos de ensayos, así como la realización de estudios de comportamiento de barras combustibles por simulación en laboratorio.

En el área de ensayos hidrodinámicos se ha calificado la instalación para el ensayo de elementos combustibles de Atucha II; se ha realizado el ensayo de pérdida de carga de elementos combustibles para la CNE y se ha presentado toda la organización y procedimientos de garantía de calidad para satisfacer los requie-

rimientos relativos a los ensayos de los elementos combustibles prototipos para Atucha II.

En el área de irradiación y comportamiento se continuó el seguimiento de la irradiación de miniplacas en los EE.UU. y se participó en la evaluación de los resultados en el Argonne National Laboratory; además, se finalizó el seguimiento de la irradiación de 9 barras combustibles tipo Embalse en Canadá.

Se ha concluido el análisis de comportamiento de los elementos combustibles tipo Atucha de la serie XD fabricada en Argentina e irradiada en la CNA I.

Se diseñó, fabricó y utilizó un dispositivo de irradiación para el reactor RA-6 del Centro Atómico Bariloche en el marco de cooperación con la Carrera de Ingeniería Nuclear dictada en este Centro.

En el área de ensayos postirradiación se ha continuado con las inspecciones de elementos combustibles en la pileta de la CNA I y se finalizó la construcción de una mesa subacuática para inspección de elementos combustibles del reactor RA-3.

PROYECTOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGIA

Proyecto SUCOEM

Se han completado los desarrollos de procesos requeridos en fabricación y se han fabricado 50 elementos combustibles para la CNE. Sobre la base de esta experiencia deberán producirse cambios en la línea de producción durante el primer semestre de 1984.

Se ha avanzado en la construcción del equipamiento definitivo de producción, el cual será completado durante 1984.

Proyecto Elemento Combustible Atucha II

Se continuó con el seguimiento de los nuevos procesos de fabricación en la firma alemana KWU, evaluándose la necesidad de incorporar nuevo equipamiento en CONUAR para fabricar este tipo de elemento combustible y se estableció un cronograma para fabricar en CONUAR el primer núcleo de la CNA II.

Proyecto ECBE (Elementos combustibles de bajo enriquecimiento para reactores de investigación)

Se completó la puesta a punto de la fabricación de placas con uranio enriquecido al 20 % con densidades de hasta 3 g/cm³ de uranio total.

Se han puesto a punto a nivel de laboratorio técnicos de conversión de UF₆ a U₃O₈, efectuándose ensayos de evaluación con los polvos obtenidos.

Se ha remodelado y adaptado la planta de fabricación para el tipo de combustible «cermets».

Proyecto OXIM (Tecnología de óxidos mixtos)

En la Facilidad Alfa, destinada al desarrollo de la tecnología del uso de plutonio en elementos combustibles, se han puesto a punto los parámetros de fabricación de pastillas de óxidos mixtos y se construyó una caja de guantes para el tratamiento de residuos líquidos activos.

Se iniciaron los trabajos preliminares para la fabricación de un prototipo de elementos combustibles tipo MZFR.

PROCESOS QUIMICOS Y RADIOQUIMICOS

Durante el año se prosiguió con los estudios básicos y el desarrollo de los procesos químicos y radioquímicos referidos a los materiales de interés nuclear, tendientes a alcanzar la autonomía nacional en el ciclo del combustible y en el suministro de las provisiones de naturaleza química para centrales nucleoelectricas, abarcando desde las investigaciones teóricas y los ensayos de laboratorio hasta los estudios de ingeniería de proceso, incluido el control analítico de todos los materiales.

Las actividades versaron sobre temas relacionados con el combustible nuclear, particularmente productos uraníferos; los materiales estructurales, como el circonio y sus aleaciones; el moderador y fluido caloportante, caso del agua pesada, y sobre el tratamiento de combustibles irradiados y el acondicionamiento de desechos radiactivos con miras a su disposición final.

En lo que concierne al desarrollo de procesos se realizaron diversas actividades en el campo de la investigación aplicada, desarrollo y diseño, que se describen a continuación.

Sobre la base de los buenos resultados logrados en la obtención del uraniltricarbonato de amonio, producto precursor para la fabricación de UO_2 sinterizable, se decidió el montaje de una planta piloto que podrá producir cantidades del orden de 10 t/año del mencionado producto; se efectuó su diseño y se iniciaron las gestiones de compras correspondientes.

Para el tratamiento de los residuos de dióxido de uranio provenientes de la fabricación de elementos combustibles se iniciaron los ensayos a escala laboratorio para encontrar los parámetros óptimos para su tratamiento y su retorno al ciclo del combustible nuclear. Se evaluó además la factibilidad de producción en el país de fosfato de tri-n-butilo (TBP), empleado en la purificación y en el reprocesamiento del uranio. Se desarrollaron procesos previos

a la puesta en marcha de la planta piloto de tratamiento superficial de tubos de Zircaloy y se efectuaron estudios sobre la posible utilización de uranio empobrecido.

Se prosiguió con la recuperación de U-235 a partir de residuos de fabricación de elementos combustibles del reactor RA-3, recuperándose producto enriquecido al 90 %, el que fue purificado y convertido en metal.

Se estudió el tratamiento de concentrados de uranio con alto contenido de circonio, y se iniciaron los ensayos a escala de laboratorio tendientes a encontrar los parámetros óptimos para obtener soluciones de nitrato de uranilo con tenores de circonio que no afecten la etapa siguiente de refinación.

En el área de la metalurgia extractiva, se profundizaron los estudios de nuevas técnicas de extracción líquido-líquido para la separación circonio-hafnio. A requerimiento del Instituto de Asuntos Nucleares de Colombia, como parte del plan de cooperación, se realizaron estudios de tratamiento de minerales uraníferos provenientes de yacimientos de ese país. Durante el desarrollo de esos estudios fueron entrenados dos profesionales colombianos de la especialidad. Asimismo, se efectuó la ingeniería de una planta experimental de tratamiento de minerales para presentación de una oferta a dicho país.

En el aspecto diseño se continuó con los servicios de ingeniería, completando la etapa realizada en años anteriores de ingeniería básica y aprobación de ingeniería de detalle de una planta de generación de sulfuro de hidrógeno (suministro necesario para la obtención de agua pesada), continuándose con la dirección técnica de su construcción y montaje, cuya realización está a cargo de INVAP S.E.; también se ha proseguido con los estudios de simulación de dicha planta, tendientes a su optimización.

Acerca de los desarrollos para el tratamiento de los elementos combustibles irradiados, pese a las reiteradas reducciones presupuestarias y a las grandes dificultades de efectuar compras en moneda extranjera, se ha logrado el cumplimiento de objetivos de importancia, alcanzándose un grado de avance del 96 % en lo que hace a los servicios convencionales, del 97 % y el 82 % en la fabricación de conductos de ventilación y su montaje, respectivamente, y del 60 % en las tuberías de instalación del Laboratorio de Procesos Radioquímicos (LPR) que se está construyendo en el Centro Atómico Ezeiza.

Con relación a la puesta en marcha y operación de dicha instalación, se continuaron las tareas relativas a los aspectos organizativos y de planificación, de seguridad y radioprotección, de ingeniería, de pruebas y su realización, de ingeniería de planta y servicio de documenta-

ción operativa y del control analítico del proceso.

Se continuó desarrollando la ingeniería básica de la planta de almacenamiento y tratamiento de residuos; se llegó a un avance del 30 % y se iniciaron las tareas de preparación contractual, llegándose a un 15 % de avance. Se llamó a licitación para la precalificación de empresas, habiéndose completado en un 100 % los análisis de garantía de calidad, en un 90 % los aspectos técnicos, y en un 30 % el análisis económico-financiero-patrimonial.

En lo referente al proceso de conversión a óxido del producto final del LPR, se prosiguió con el diseño de los diagramas de flujo y con los cálculos de tasas de dosis de radiación. Se completó el diseño de los servicios de ventilación, de electricidad y de residuos de los laboratorios. También se prosiguieron las experiencias con torio, simulando al plutonio, para probar los diagramas de recuperación y obtener parámetros para el diseño de los equipos finales.

El sector Garantía de Calidad desarrolló, estructuró y aprobó el sistema de evaluación de la garantía de calidad de los proveedores principales y secundarios. En lo referente al montaje electromecánico, se realizaron auditorías de todo el sistema de la empresa contratista principal. También se inició la calificación de empresas en todos los rubros y niveles de garantía de calidad, para completar el registro de proveedores calificados para el proyecto LPR y otros de la CNEA.

Se continuó con los estudios de radiólisis del extractante y solvente y se iniciaron las tareas sobre incorporación de residuos en diversas matrices sólidas. Se prosiguió con la construcción de la instalación radioquímica de apoyo al LPR y se instaló y operó el laboratorio radiométrico. Se efectuó el diseño conceptual para la instalación del almacenamiento transitorio de los residuos líquidos generados. Se continuaron los desarrollos aplicados a la extracción por solventes y equipos asociados. Se inició el estudio de un sistema de desnitración de corrientes de proceso.

Se realizaron diversas actividades en los campos de la química analítica, química inorgánica y fisicoquímica, ya sea en investigación y desarrollo como en servicios. En esos temas se señalan la elaboración y certificación de un patrón isotópico secundario de uranio natural por espectrometría de masas de termoionización; la puesta a punto de dos métodos para el análisis isotópico de boro; la preparación de una resina quelante específica para vanadio y su aplicación al análisis de minerales; el estudio de las aplicaciones analíticas de azoheterociclos; la determinación de espesores de depósitos metálicos por fluorescencia de rayos X; el análisis de vidrios utilizados en la inmovilización de

residuos radiactivos; la influencia de concomitantes en la distribución especial de analitos en llamas; la determinación de constantes de equilibrio de complejos ligandos mixtos por vía electroquímica; la separación y determinación de compuestos alquilfosfóricos por cromatografía gaseosa; el estudio del comportamiento de columnas capilares en cromatografía líquido-líquido para la separación de vestigios de uranio; el control analítico de procesos de recuperación de torio; la optimización del equipamiento analítico para recintos estancos; la electrodeposición de películas de óxidos metálicos para colectores de energía solar; el estudio de condiciones operativas del lazo experimental de circulación de sulfuro de hidrógeno; la obtención de capas protectoras sobre aceros y el estudio de la difusión de hidrógeno en ellos; la formación de superficies activas para el relleno de columnas de enriquecimiento isotópico; la evaluación de antiespumantes para un proceso de obtención de agua pesada; los estudios sobre corrosión, pasivación y paladiado de aceros, y la obtención de magnesio y circonio metálico por electrólisis de sales fundidas.

El servicio de análisis químico e isotópico comprendió la ejecución de unas 10 000 determinaciones en aproximadamente 3 000 muestras de minerales y compuestos de uranio, combustibles nucleares, circonio y sus derivados, aceros y aleaciones diversas, agua pesada, soluciones de procesos, vidrios, aguas, y además el análisis isotópico de uranio, litio, boro e hidrógeno.

Se brindó asesoramiento, supervisión, capacitación y entrenamiento al personal destinado a nuevas actividades.

Los destinatarios principales de las tareas de servicio fueron los proyectos FAE, PPFAE, Agua Pesada, TANDAR, SUCOEM, ECBE y también CONUAR S.E., INVAP S.E., y las distintas áreas de investigación, desarrollo y producción de la CNEA.

TECNOLOGIA DE AGUA PESADA

PLANTA EXPERIMENTAL DE AGUA PESADA (PEAP)

En las proximidades de la CNA I prosiguió la construcción de esta planta experimental que, con una capacidad de producción de 2 t de D₂O por año, será destinada a desarrollar la tecnología nacional de producción de agua pesada por el método de intercambio isotópico SH₂/H₂O.

Al finalizar el año 1983 se había completado un 84 % de la obra civil y provisión de equipos para la planta de generación de sulfuro de hidrógeno y un 68 % en la provisión del sistema de control, incluyendo un avance de más del 50 % en la obra civil de la sala de comando.

Además se llevó a cabo el montaje de las torres de proceso, encontrándose próximos a su puesta en marcha todos los servicios auxiliares.

El avance global del proyecto durante el año fue del 11,5 %, con lo cual se ha completado un 80 % del total. Ello no obstante, a raíz de dificultades de disponibilidad de fondos se ha producido un desplazamiento de la fecha de puesta en marcha de la Planta hasta fines del año 1984.

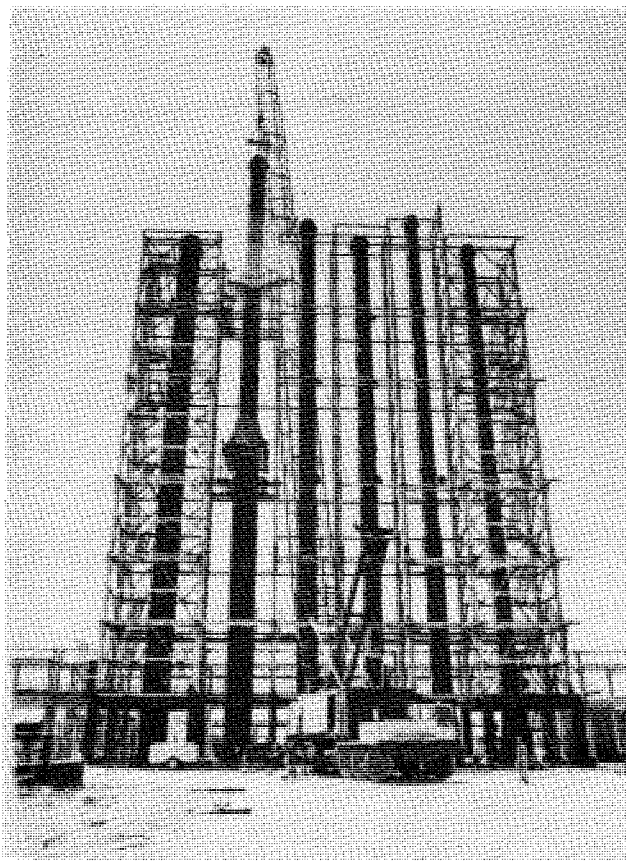
Por otra parte continuaron las tareas de investigación y desarrollo complementarias, habiéndose avanzado en los estudios sobre depósitos metálicos para protección de aceros, daño por hidrógeno en aceros, antiespumantes, permeación por hidrógeno, rellenos para columnas de destilación, y pasivación de aceros. Además se renovó el contrato con el CONICET y la Universidad Nacional del Litoral por la provisión de servicios de ingeniería, avanzándose

en la programación del sistema de control, simulación, puesta en marcha y detección de fallas.

PROYECTO MODULO 80

Durante el año se alcanzó un avance global del 40 % en la ingeniería básica de este proyecto, que contempla la construcción de una planta industrial de agua pesada basada en módulos con una capacidad de producción anual de 80 toneladas de D_2O por módulo según la tecnología desarrollada en la PEAP.

En función del desplazamiento de la fecha de puesta en marcha de la PEAP, la que deberá suministrar datos experimentales indispensables para la elaboración del proyecto definitivo, actualmente se prevé finalizar la ingeniería básica del Módulo 80 hacia el mes de junio de 1985.



Planta Experimental de Agua Pesada
Montaje de las torres del área de intercambio
isotópico SH_2/H_2O .

TECNOLOGIA DE ENRIQUECIMIENTO DE URANIO

El logro de la capacidad tecnológica propia para enriquecer uranio en el país por el método de la difusión gaseosa fue anunciado por el presidente de la CNEA durante una conferencia de prensa realizada el día 18 de noviembre de 1983.

Esta importante realización, que fue concretada sin ninguna asistencia del exterior y que sólo es patrimonio de muy pocos países con gran desarrollo industrial, fue el resultado de una labor iniciada en el año 1978 y llevada a cabo bajo absoluta reserva, tanto para no crear expectativas infundadas antes de arribar a un resultado concreto —dada la altísima complejidad técnica del desarrollo encarado—, así como también para evitar que, por tratarse del dominio de una tecnología sensitiva, eventuales presiones externas pudiesen llegar a entorpecer la marcha normal de otros grandes proyectos de la CNEA, entre ellos las obras de la CNE y los llamados a ofertas por la CNA II y la Planta Industrial de Agua Pesada.

El factor determinante de la resolución de encarar el desarrollo de la tecnología de enriquecimiento de uranio fue la necesidad de asegurar la continuidad del aprovisionamiento de este material fisiónable —imprescindible para el funcionamiento de los reactores de producción de radioisótopos y de investigación que operan en el país— ante la imprevista decisión del proveedor tradicional de uranio enriquecido de interrumpir dicho suministro. Ello ocurría también en momentos en que la Argentina iniciaba una política de exportación de reactores de investigación y producción de radioisótopos a otros países de América latina y se confirmaban las posibilidades de obtener importantes economías de combustible y por ende, en el costo de generación de las centrales nucleoelectricas argentinas, mediante la introducción en ellas de elementos combustibles levemente enriquecidos.

El desarrollo realizado, en cuya ejecución tuvo una fundamental participación la empresa INVAP S. E., culminó tras una serie de pruebas a escala piloto que permitieron establecer los parámetros experimentales necesarios para diseñar y luego construir, en las proximidades de la localidad de Pilcaniyeu, provincia de Río Negro, los primeros módulos operativos de una planta de mediana capacidad que, a fines de 1986, podrá estar en condiciones de producir uranio enriquecido al 20 % en U-235, en cantidades suficientes como para abastecer los reactores experimentales y de producción de la CNEA y su eventual mercado latinoamericano. Mediante una ulterior ampliación, la planta podrá adicionalmente enriquecer la cantidad de

uranio necesaria para potenciar las centrales nucleares de Atucha y Embalse con elementos combustibles enriquecidos al 1 %, sin que esto implique abandonar la política establecida en cuanto a la adopción de la línea de reactores de uranio natural-agua pesada para las centrales nucleoelectricas argentinas.

La realización de este proyecto, a lo largo de los cinco ejercicios presupuestarios que abarcó su ejecución, representó una inversión a valores históricos de 112.132.000 pesos argentinos, equivalentes a 62.585.000 dólares corrientes, monto que fue cubierto en su totalidad con fondos asignados anualmente en los correspondientes presupuestos de la CNEA. En tanto que la adquisición de bienes en el exterior representó sólo el 15,6 % del total, el 84,4 % de la inversión correspondió al pago de bienes y servicios en el país, con la consiguiente contribución al desarrollo de muy diversas fuentes de producción y pago de mano de obra argentina. El 46,2 % del total se invirtió en la provincia de Río Negro.

Frente a la inversión realizada, que permitió disponer de una tecnología de un valor muy superior, cabe destacar otras ventajas económicas derivadas del proyecto, tales como:

- la posibilidad de reducir el costo de generación eléctrica de la CNA I en el orden del 10 %;
- la disminución en un 20 % de las cantidades de uranio necesarias para producir una determinada energía, lo que equivale a aumentar en igual proporción las reservas uraníferas del país;
- la posibilidad de reutilizar del orden de 2 500 elementos combustibles ya irradiados de la CNA I que, junto con la consiguiente mayor disponibilidad de almacenaje en las piletas de decaimiento en las que dichos elementos están ahora depositados, permitirá un ahorro del orden de los 70 millones de dólares;
- el facilitamiento de la exportación de reactores de investigación a otros países; y finalmente
- la posible utilización por la industria nacional de las valiosas nuevas tecnologías que debieron ser desarrolladas con motivo de este proyecto y de las derivables de aquéllas, tales como las de producción y uso de halógenos, las técnicas de niquelado, la producción de hexafluoruro de azufre, la de aceites superlubricantes, etc., que serán de aplicación en diversos campos de la industria y que abrirán al país nuevas posibilidades de exportaciones no convencionales.

INFRAESTRUCTURA Y ASPECTOS GENERALES

ASUNTOS INTERNACIONALES

En el transcurso del año 1983 se participó en cuatro reuniones de la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) celebradas en su sede del Centro Internacional de Viena, en los meses de febrero y junio las dos primeras y en el de octubre las dos últimas, en cumplimiento del mandato recibido por el país en ocasión de la XXVI Reunión Ordinaria de la Conferencia General del OIEA (Viena - septiembre de 1982) al haber resultado electo para ocupar el cargo de gobernador por un período de un año (1983), de acuerdo a los términos del artículo VI.A.1 del Estatuto del Organismo, es decir en su calidad del país de América Latina «más adelantado en la tecnología de la energía atómica».

También se asistió a la XXVII Reunión Ordinaria de la Conferencia General del OIEA, celebrada igualmente en Viena del 10 al 14 de octubre, en la cual nuestro país resultó electo por segundo año consecutivo para ocupar el cargo de gobernador en los términos del citado artículo VI.A.1, esta vez para el año 1984.

Asimismo, como en años anteriores, se participó en las reuniones de diversos grupos de expertos convocados por el OIEA sobre diferentes aspectos de la actividad nuclear, en particular en las correspondientes al Programa de Seguridad Nuclear y Protección Ambiental (NUSS) y al Comité para el Aseguramiento de los Suministros (CAS).

Por tercer año consecutivo se realizó en Buenos Aires con el patrocinio del OIEA el Curso Interregional de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, asistiendo al mismo dieciocho becarios de nueve países latinoamericanos y de las Filipinas. Además se continuó brindando, en especial a los países de América latina y a Rumania, asistencia técnica a través del Programa de Asistencia y Cooperación Técnicas del Organismo, mediante el otorgamiento de becas y la prestación de servicios de expertos.

En el marco del Movimiento de Países No Alineados, se concurrió a la Segunda Reunión Regular de los Países Coordinadores en el Campo de los Usos Pacíficos de la Energía Nuclear, celebrada en La Habana del 11 al 14 de abril.

Siempre en el plano multilateral, se participó en función de asesoramiento, en las delegaciones argentinas que asistieron a la Cuarta Reunión del Comité Preparatorio de la Conferencia de Naciones Unidas para el Fomento de la Cooperación Internacional de los Usos Pacíficos de la Energía Nuclear, celebrado en Nueva York del 28 de marzo al 8 de abril, y en el VIII Período de Sesiones de la Conferencia General del Organismo para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina (OPANAL), celebrada en Kingston del 16 al 20 de mayo.

En el plano de las relaciones bilaterales, se continuó incrementando la significativa cooperación existente con los países del área regional. El 19 de septiembre se intercambiaron los instrumentos de ratificación del convenio de cooperación firmado con Chile y el 20 de octubre los correspondientes al convenio de cooperación firmado con el Brasil. Además, el 20 de septiembre se firmó con la Comisión Chilena de Energía Nuclear un nuevo acuerdo complementario (el quinto) y se estableció un programa de intercambio de profesionales. Con el Instituto para Asuntos Nucleares de Colombia se acordaron sendas prórrogas —la primera por seis meses y la segunda por un año— con vencimiento el 14 de octubre de 1984, de la carta de intención firmada con dicha institución en relación con la negociación de un contrato para la construcción de un reactor de investigación, de una planta de producción de radioisótopos y de una planta de tratamiento de minerales radiactivos, firmado el 14 de octubre de 1982. Asimismo, se continuó la realización del estudio conjunto con la Comisión Nacional de Energía Atómica del Uruguay, sobre la factibilidad de un centro nuclear en dicho país.

Siempre en el ámbito de la cooperación en el marco regional, entre el 29 de agosto y el 19 de septiembre se efectuó en Buenos Aires una reunión con las autoridades nucleares brasileñas para la evaluación de la marcha de los convenios con la CNEA y con la empresa NUCLEBRAS S.A., prevista en los respectivos convenios, apreciándosela como satisfactoria. Se continuaron implementando, además, acciones de cooperación de diversa magnitud con los organismos competentes de Bolivia, Guatemala, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela.

También en el ámbito bilateral, pero fuera del marco regional, se completó la negociación con la Comisión de Energía Atómica de la India de un programa de trabajo para 1983-86, se continuó implementando activamente el programa para 1983-84 vigente con el Kernforschungszentrum de Karlsruhe, República Federal de Alemania, y se completaron acciones relativas al Acuerdo de Transferencia de Tecnología vigente con la empresa AECL del Canadá.

PROYECTO CENTRO ATOMICO PERU

Durante el presente año se inició una etapa importante en la ejecución de este proyecto, con el comienzo del montaje del equipamiento electromecánico del Centro Nuclear de Investigaciones del Perú.

En efecto, en lo que hace al reactor RP-10 de 10 MW, una vez completada la construcción de los componentes embutidos en el block del reactor y de los sistemas de refrigeración primario y secundario, se ha iniciado su montaje en el emplazamiento definitivo, coordinando el mismo con la ejecución de las obras civiles relacionadas.

Los sistemas de tratamientos de aguas y efluentes activos del reactor se han construido totalmente y ya enviados al Perú, debiendo comenzar su montaje a principios de 1984.

Continuó la fabricación de la instrumentación nuclear y convencional del reactor.

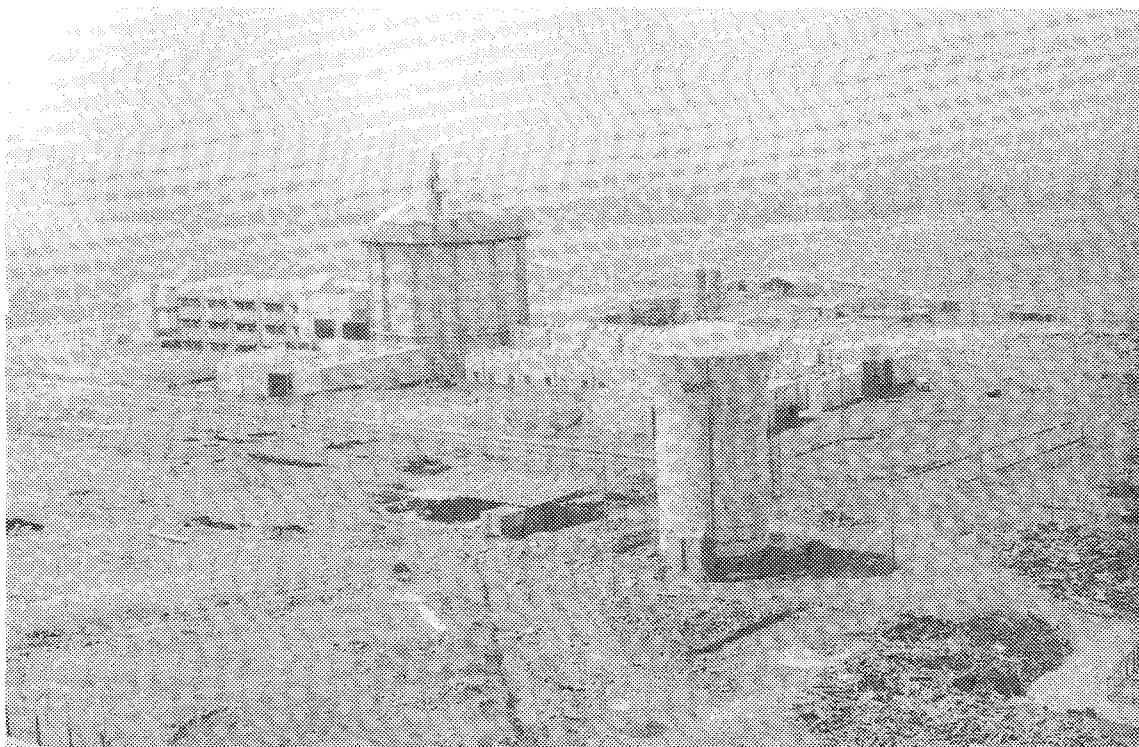
En lo relativo a la planta de producción de radioisótopos, comenzó a principios del año el montaje definitivo de los recintos de producción estancos y blindados en el edificio construido para tal fin, quedando para realizar en el año próximo las pruebas funcionales de los equipos.

En cuanto al sistema de ventilación de los edificios técnicos del Centro, se ha completado la fabricación de los conductos y continuado la fabricación de otros componentes, incluyendo los ventiladores y los sistemas de filtración de aire.

En lo relativo a los laboratorios del Centro Nacional de Protección Radiológica, fue completada la construcción civil correspondiente y se avanzó en la instalación de servicios. Al mismo tiempo se han compatibilizado con el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) los requerimientos del equipamiento correspondiente.

En lo que hace a las obras civiles y de infraestructura, ha continuado el seguimiento y asesoramiento al IPEN, en especial en lo referente a la ingeniería del blindaje del reactor.

Además prosiguió la capacitación del personal peruano que operará el Centro y la supervisión del personal del IPEN que participa en las obras que se realizan en la Argentina.



Vista panorámica de las obras del Centro Atómico Perú en Huarangal, provincia de Lima. De izquierda a derecha se observan los laboratorios auxiliares, el edificio del reactor RP-10 y la planta de producción de radioisótopos. En primer plano, el tanque de distribución de agua potable.

INFORMACION TECNICA

Durante el presente año, en la Biblioteca Central se ha registrado el siguiente incremento del acervo bibliográfico: libros inventariados: 630; nuevos títulos de revistas: 42; microfichas: 14 305, e informes: 1 185. Por consiguiente, al finalizar el año los totales ascendían a 31 777; 1 981: 270 352 y 75 085 respectivamente.

Se realizó la automatización del servicio de canje y se mantuvo la actualización del ingreso de las publicaciones periódicas en computadora y en diversos listados (KWIC - alfabético - materia - ISSN, etcétera).

Para el INIS (Sistema Internacional de Información Nuclear) se procesó la información argentina y se actualizó la base de datos local con las cintas magnéticas provistas por el OIEA. Con esta base local se brindaron servicios de disseminación selectiva de información a científicos y técnicos de la CNEA y a algunos usuarios externos. Las búsquedas retrospectivas del INIS para períodos de tiempo largos fueron solicitadas al CIN (Centro de Informaciones Nucleares), de Brasil, utilizando el convenio bilateral de cooperación en el campo de la documentación nuclear. Se continuó con la selección, catalogación, clasificación y resumen de la información nuclear editada en el país y su procesamiento electrónico para su posterior envío a la base INIS en Viena.

Un especialista del Centro de Información Técnica en Energía, Física y Matemáticas, de Karlsruhe, República Federal de Alemania, dictó

un curso sobre acceso a bases de datos científicas y técnicas. Durante el mismo se realizaron experiencias de enlace vía satélite con algunas bases de datos de dicho centro, de interés para el plan nuclear argentino.

Se continuó con el procesamiento e ingreso de información a las bases de datos de documentación de la Planta Industrial de Agua Pesada y del Proyecto Perú.

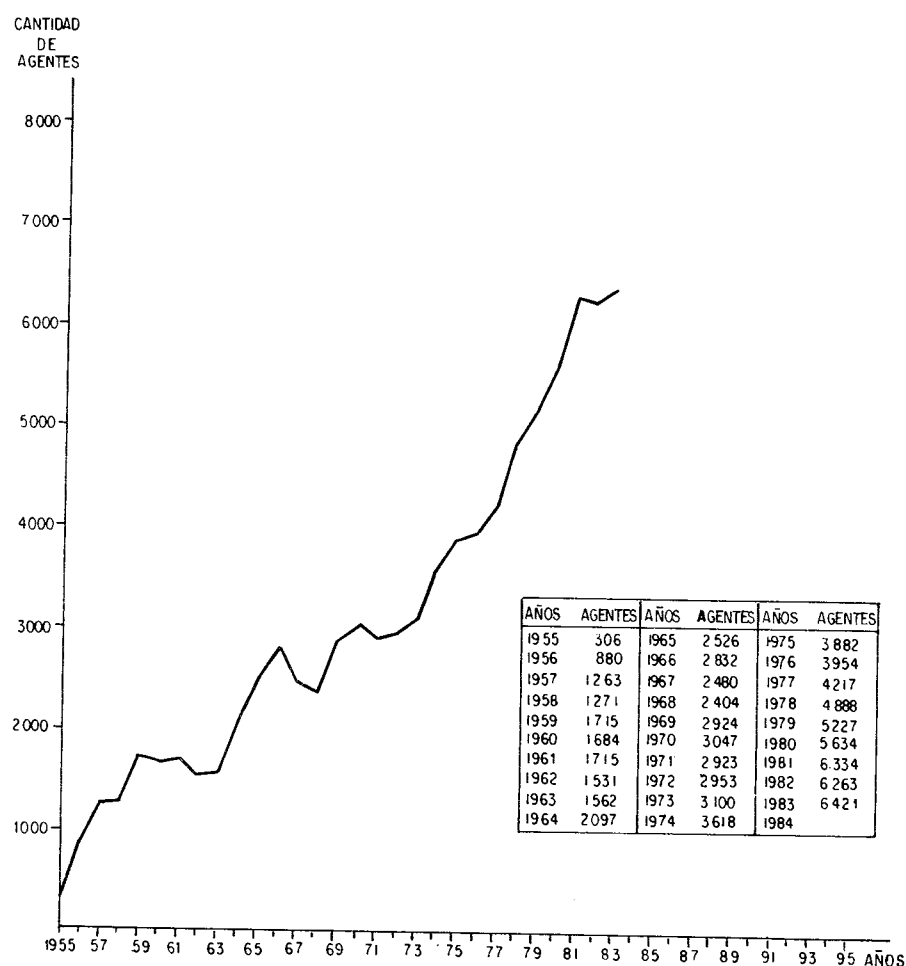
PROCESAMIENTO DE DATOS

El procesamiento de datos científico, técnico y administrativo está primordialmente concentrado en el Centro de Cálculo Científico instalado en el CAC. La red de teleproceso de dicho centro abarca distintas sedes e inclusive las centrales nucleares. En el curso del año, dicha red fue ampliada a más de 100 terminales. Fue también necesario reemplazar la unidad central de proceso original, una IBM 370/158 por un equipo compatible, BASF 7/68 con una potencia de procesamiento 2,3 veces superior. El Centro tiene también a su cargo el desarrollo y mantenimiento computacional de los sistemas administrativos automatizados de la CNEA.

RECURSOS HUMANOS

El gráfico siguiente representa la evolución de la cantidad de personal de la institución desde el año 1955. Durante el año 1983 hubo un incremento de 158 agentes, llevando así el total a 6 421 personas.

RECURSOS HUMANOS TOTALES DE CNEA



CAPACITACION

Continuó cumpliéndose el programa de formación de recursos humanos en los diferentes niveles y especialidades del campo nuclear. Del Instituto Balseiro egresaron 14 ingenieros nucleares, entre los cuales 2 eran de la República del Perú, y 8 licenciados en física pertenecientes a la vigésima sexta promoción.

Se dictó el tercer curso de posgrado en ingeniería nuclear por convenio con la Universidad de Buenos Aires, para el cual se otorgaron 10 becas a profesionales argentinos y 4 para los de otros países latinoamericanos (2 peruanos, 1 colombiano y 1 chileno). Merece destacarse el Curso Internacional de posgrado sobre Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, auspiciado por el OIEA, al cual asistieron 10 profesionales argentinos becados por CNEA, 2 por convenios bilaterales (Venezuela y Perú) y 16 becados por el OIEA, no sólo del área latinoamericana sino también extrarregionales.

El curso de posgrado «Metalurgia y Tecnología de Materiales», dictado dentro del Programa Regional de Desarrollo Científico Tecnológico OEA-CNEA, fue cursado por 11 becarios de

CNEA, uno de ellos del Perú. Además, a los diversos módulos asistieron 107 profesionales, entre ellos 12 latinoamericanos, de los cuales 6 fueron becados por CNEA. Se realizó el seminario posdoctoral sobre «Corrosión bajo tensiones» con la asistencia de 55 profesionales.

Las diferentes direcciones de la CNEA dictaron más de 10 cursos de posgrado y numerosos cursillos para graduados. Cabe destacar el Curso de Metodología y Aplicación de Radioisótopos realizado en la Universidad Nacional de Córdoba.

Dentro del programa de formación gerencial se inició la capacitación, en Organización y Dirección Empresarial, de profesionales en la Escuela de Graduados de la Facultad de Ingeniería de la UBA, en el ITBA y en IDEA.

En el marco del Protocolo de Acción Nº 1, Capacitación de Recursos Humanos, suscrito entre esta CNEA y la Comisión Nacional de Energía Nuclear de la República Federativa del Brasil, se prosiguió con un intensivo intercambio de profesionales y becarios entre ambas instituciones. Estas acciones se extendieron además a otros organismos brasileños que trabajan en el campo nuclear.

En el marco de los planes de acción suscriptos con distintos países latinoamericanos, y en particular con Colombia, Perú y Uruguay, se prosiguió con un activo intercambio de expertos y se recibieron becarios para cursos básicos, avanzados y de capacitación en el trabajo. Igualmente, se ha mantenido un intenso intercambio con países con los que aún no se han establecido planes de acción, enviando profesionales para asesoramientos específicos, a solicitud de los entes nucleares correspondientes, y recibiendo becarios para los cursos regulares de la CNEA, o para ser capacitados en técnicas específicas. Cabe mencionar en tal sentido los intercambios con Guatemala, Ecuador, Bolivia, Venezuela y Paraguay.

Se estima que en el futuro el intercambio se intensificará aún mucho más dado el interés manifestado por distintos grupos técnicos en aunar esfuerzos en la investigación y el desarrollo en temas de mutuo interés.

GESTION ECONOMICO-FINANCIERA

Los cuadros siguientes muestran los recursos y financiamiento presupuestario de la CNEA para el año 1983, por programa, por fuente de financiación y por inciso (cuadro I) y la distribución de las erogaciones por programa y por inciso (cuadro II).

CUADRO I

(en pesos argentinos)

Presupuesto total año 1983: \$a 13 664 230 100,00	IMPORTE \$ a	%
<i>Por Programa:</i>		
I. Instalaciones de Centrales Nucleares	3 267 458 000	23,91
II. Radioisótopos y Radiaciones	79 179 900	0,58
III. Investigaciones Nucleares	1 012 516 400	7,41
IV. Protección Radiológica y Seguridad Nuclear	69 285 500	0,51
V. Dirección Capacitación y Apoyo	690 523 400	5,05
VI. Suministros a Centrales Nucleares	2 202 070 300	16,12
<i>Erogaciones no Programadas:</i>		
Contribución a Organismos Descentralizados	1 700 000	0,01
Amortización de Otras Deudas	1 854 921 500	13,58
Amortización del Ajuste de Otras Deudas	4 387 747 300	32,11
Adelantos a Proveedores y Contratistas	98 827 000	0,72
<i>Por Financiación:</i>		
Recursos Corrientes no Tributarios	571 492 900	4,18
Recursos de Capital	698 700	0,01
Uso del Crédito Instituciones Financieras	503 862 100	3,69
Uso del Crédito Instituciones Financieras M.E.	440 804 100	3,22
Proveedores y Contratistas	—	—
Proveedores y Contratistas M. E.	14 533 404	0,11
Por Remanente de Ejercicios Anteriores	—	—
Por Adelantos Otorgados a Proveedores y Contratistas	—	—
En Ejercicio Anterior	152 037 796	1,11
Por Contribuciones de la Administración Nacional	11 980 801 100	87,68
<i>Por Inciso:</i>		
11. Personal	347 899 700	2,55
12. Bienes y Servicios No Personales	951 749 596	6,97
21. Intereses de la Deuda	46 733 000	0,34
31. Transferencias para financiar Erogaciones Corrientes	10 816 900	0,08
41. Bienes de Capital	75 147 720	0,55
42. Construcciones	5 888 228 284	43,09
51. Bienes Preexistentes	459 100	0,00
71. Erogaciones Figurativas	1 700 000	0,01
81. Amortización de Deudas	6 242 668 800	45,69
91. Adelantos a Proveedores y Contratistas	98 827 000	0,72

CUADRO II
Erogaciones
(en pesos argentinos)

	I <i>Suministro de energía</i>	II <i>Aplicación de radiaciones</i>	III <i>Investigaciones nucleares</i>	IV <i>Protección radiológica</i>	V <i>Capacitación y apoyo</i>	VI <i>Suministros a centrales nucleares</i>	Total
Personal	72 433 800,00 66 635 295,15	19 117 700,00 18 160 699,95	90 010 200,00 85 429 528,93	13 589 500,00 12 470 571,93	78 909 500,00 73 533 868,62	73 839 000,00 68 978 513,57	347 899 700,00 325 208 478,15
Bienes y servicios no personales	185 196 862,00 175 572 716,35	52 068 100,00 36 002 821,53	65 145 624,00 38 922 370,88	6 631 400,00 3 604 328,58	496 606 310,00 483 751 923,86	146 101 300,00 133 236 842,40	951 749 596,00 871 091 603,60
Intereses de la deuda	12 997 200,00 12 993 084,82				29 601 700,00 24 597 243,24	4 134 100,00 1 157 284,13	46 733 000,00 38 747 612,19
Transferencias para financiar erogaciones corrientes					10 816 900,00 8 147 469,11		10 816 900,00 8 147 469,11
Bienes de capital	3 560 200,00 1 831 911,48	3 017 000,00 966 528,20	33 153 830,00 12 201 644,07	2 157 500,00 1 122 027,61	30 046 990,00 9 144 559,58	3 212 200,00 1 357 164,75	75 147 720,00 26 623 835,69
Construcciones	2 992 811 738,00 2 812 742 226,73	4 977 100,00 1 734 218,45	824 206 746,00 752 926 079,67	46 907 000,00 38 474 355,45	44 542 000,00 1 346 893,27	1 974 783 700,00 1 904 887 278,54	5 888 228 284,00 5 512 111 052,11
Bienes preexistentes	459 000,00 0,00			100,00 13,21			459 100,00 13,21
Contribuciones para financiar erogaciones corrientes							1 700 000,00 0,00
Amortización de otras deudas							6 242 668 800,00 5 368 945 571,57
Adelantos a proveedores y contratistas							98 827 000,00 85 496 588,99
	3 267 458 800,00 3 069 775 234,53	79 179 900,00 56 864 268,13	1 012 516 400,00 880 479 623,55	69 285 500,00 55 671 896,78	690 523 400,00 600 521 957,68	2 202 070 300,00 2 109 617 083,39	13 864 230 100,00 12 236 372 224,62