

Comisión
Nacional
de Energía
Atómica

Memoria
anual 1984

República Argentina



Comisión Nacional de Energía Atómica

Memoria anual 1984

PROLOGO	3
CENTRALES NUCLEARES	5
SUMINISTROS A CENTRALES NUCLEARES	7
RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES	13
PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD NUCLEAR	19
INVESTIGACION Y DESARROLLO	23
INFRAESTRUCTURA Y ASPECTOS GENERALES	43

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

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Sede Central:

Avda. del Libertador 8250

1429 Buenos Aires

Argentina

PROLOGO

La actividad de la CNEA registró durante el año 1984 varias importantes realizaciones. Pero al margen de ellas, el elemento distintivo que guió el quehacer del organismo fue el reordenamiento de prioridades, resultado de una reevaluación de las necesidades del país y del reajuste económico-financiero al que tuvo que hacer frente.

Es así como fue necesario reducir el ritmo de avance de las grandes obras del programa energético: la Central Nuclear Atucha II y la Planta de Agua Pesada en Arroyito, como también moderar la producción de concentrados de uranio que constituyen la base del combustible destinado a las centrales en producción.

La institución, en cambio, concentró sus esfuerzos en otras actividades que contribuyen en forma significativa al mejoramiento de las condiciones de vida —como la de las aplicaciones médicas de los radioisótopos y radiaciones— o que aportan al progreso científico-tecnológico del país.

Entre los hechos relevantes podemos destacar el incremento en un 48 % de la producción de radioisótopos destinados en primer término a aplicaciones médicas y a numerosas actividades industriales. Un contrato firmado con Canadá prevé la producción nacional y la venta a ese país de cobalto-60 con lo cual la Argentina se convertirá en exportador de materiales radiactivos.

Otro evento importante lo constituyó la puesta en funcionamiento del acelerador de iones pesados TANDAR, uno de los proyectos científicos de mayor envergadura en el país y en Latinoamérica, que permitirá realizar investigaciones en muy diversas áreas.

La CNEA tuvo como política permanente, la de transitar en todas sus realizaciones el largo camino que se inicia en la investigación básica y termina en la producción industrial. Un hito destacable en ese camino ha sido, en el año que comentamos, el comienzo de la producción industrial de la Fábrica de Aleaciones Especiales.

El esfuerzo dirigido a alcanzar estas metas, que apunta a la adquisición del dominio de la tecnología, es uno de los rasgos distintivos que han caracterizado la acción de la CNEA, que de esta manera procura contribuir a la tan deseada modernización del país.

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE ACTIVIDADES

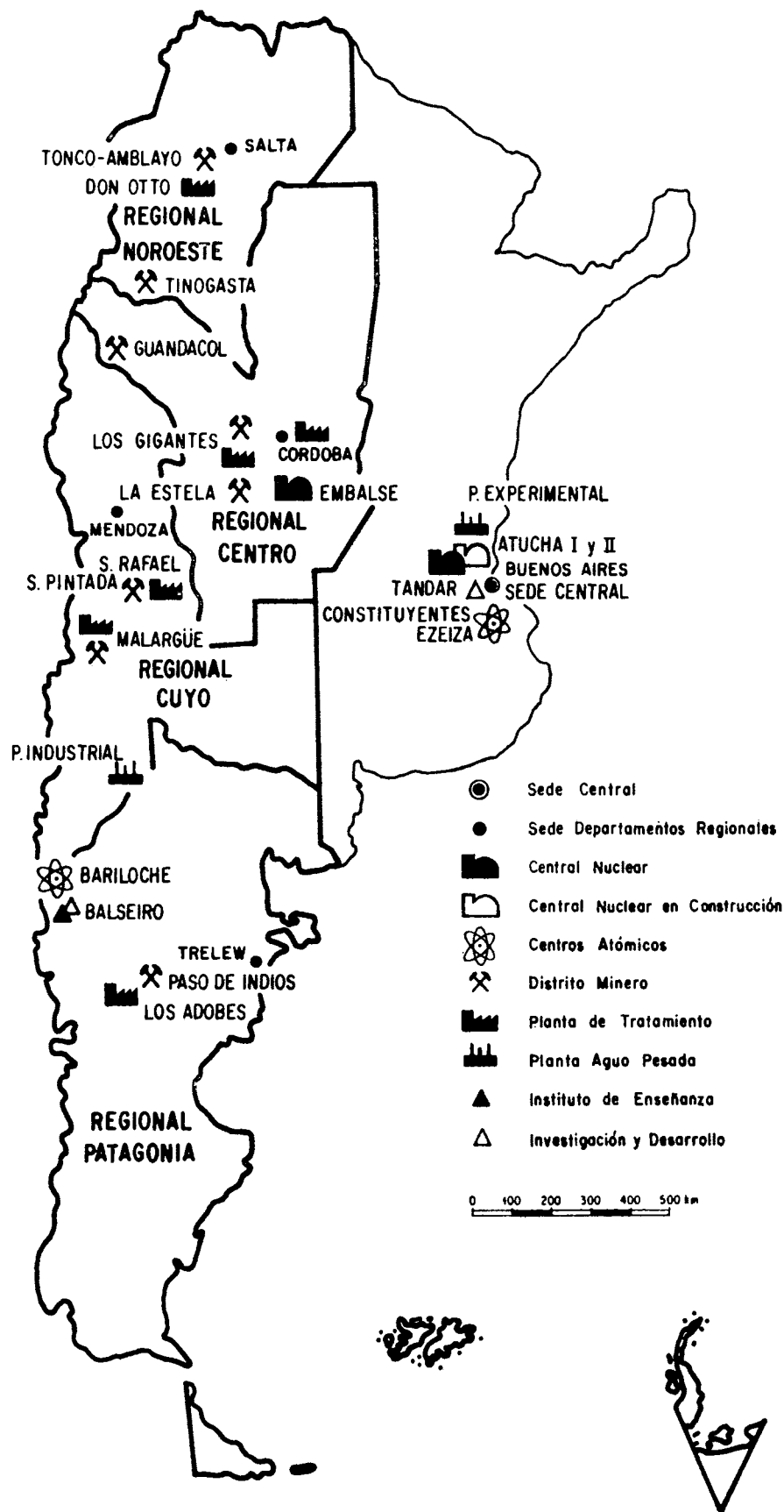


GRAFICO 1

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, así como también el 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, basadas en reactores nucleares alimentados con uranio natural, moderados y refrigerados por agua pesada.

En los párrafos siguientes se reseñan los principales avances registrados durante el año.

CENTRAL NUCLEAR ATUCHA I (CNA I)

Potencia eléctrica neta: 335 MW

Tipo de reactor: PHWR con recipiente de presión.

El año 1984 marcó el décimo aniversario de la operación comercial a plena potencia de esta primera central nucleoelectrica argentina, cuya destacada eficiencia operativa y excelente disponibilidad la ubican entre las mejores del mundo en su género.

Ratificando esa trayectoria, la central alcanzó este año el mayor factor de disponibilidad de su historia, con un 98,46 %, llevando así el valor promedio histórico de su disponibilidad al 84,7 %. Además se registró otro récord en el grado de quemado promedio de extracción de los elementos combustibles, que fue de 6 070 MWd/tU, y una concentración del agua pesada de 99,86 %, valor que no se obtenía desde 1976.

Empero, debido a limitaciones impuestas por el Despacho Nacional de Cargas en razón de la demanda, la energía neta entregada por la central al sistema eléctrico fue de solamente 1 796 117 MWh, con un factor de carga equivalente al 57,98 %. Se utilizaron 286 elementos combustibles.

Durante este período se continuó sustituyendo insumos de importación, por otros de producción local, entre los cuales se pueden mencionar: em-

paquetaduras para alta presión de varios sistemas, pistones para bombas volumétricas de alta presión, mangueras de alta presión para la máquina de recambio de elementos combustibles y material plástico para tratamiento de desechos radiactivos.

CENTRAL NUCLEAR EMBALSE (CNE)

Potencia eléctrica neta: 600 MW.

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

El día 20 de enero tuvo lugar la recepción provisoria de la CNE por parte de la CNEA. Este hito contractual, que se llevó a cabo luego de la realización de las pruebas de garantía, determinó que en lo sucesivo la operación de la central quedara bajo la total responsabilidad de la CNEA. Días antes (el 17 de enero), el Comité Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares había otorgado la licencia de operación de la CNE.

Durante 1984 la central operó con un factor de disponibilidad de 70,58 %, produciendo una potencia eléctrica neta de 2 527 065 MWh que equivalen a un factor de carga de 47,95 % y con una sincronización a la red de 6 377 horas equivalentes, debido a limitaciones impuestas por el Despacho Nacional de Cargas en función del bajo incremento de la demanda eléctrica y de la gran oferta de energía hidráulica en el sistema interconectado nacional. Esta situación ha llevado a intensificar los análisis y estudios tendientes a determinar el impacto del ciclado de potencia y operación a bajos niveles de carga de la CNE.

Durante el año se utilizaron 1 842 elementos combustibles, y se obtuvo un quemado promedio de extracción de 5 714 MWd/tU. En el mes de abril se inició el programa de calificación de combustible de fabricación nacional, con la introducción en el reactor de 36 elementos combustibles producidos en CONUAR.

La parada programada anual de revisión, que se cumplió desde mediados del mes de octubre hasta el mes de diciembre, tuvo además la finalidad de extraer las 21 barras ajustadoras de cobalto. Esto constituyó la primera producción

de envergadura de Co-60 en la Argentina (aproximadamente 3.000.000 Ci), la que permite al país cubrir sus necesidades internas de este material para aplicaciones médicas e industriales, como así también constituir una fuente de ingreso de divisas por la venta de los excedentes al exterior.

La parada programada tuvo también como objetivo completar trabajos pendientes por parte de los contratistas principales, con miras a gestionar la recepción definitiva de la central por parte de la CNEA en el año 1985.

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

Potencia eléctrica neta: 692 MW.

Tipo de reactor: PHWR con recipiente de presión.

Durante 1984 continuaron las tareas de ingeniería, gestión de compra y ejecución de contratos adjudicados, para las obras civiles y suministros electromecánicos de esta central nuclear. Las tareas de ingeniería realizadas por ENACE S.A. permitieron un aceptable avance de las construcciones civiles.

Las restricciones presupuestarias afectaron el cumplimiento del cronograma general del proyecto, generando nuevos retrasos.

El avance físico total del proyecto alcanzó el 45,8 %, frente al 51 % que se había programado al comienzo del año en base al presupuesto originalmente solicitado. La demora acumulada, de 36 meses, lleva la fecha prevista para la entrada

en operación de la central, con una entrega del 70 % de la carga, al mes de junio de 1990.

El grado de avance registrado al finalizar el año 1984 en los rubros más importantes fue el siguiente:

	<i>Durante el año 1984</i>	<i>Acumulado al 31-12-84</i>
Total del Proyecto	13,6 %	45,8 %
Obra civil	17,3 %	47,7 %
Suministros nacionales	12,5 %	21,0 %
Suministros importados	16,6 %	73,0 %
Servicios nacionales	12,4 %	25,7 %
Servicios extranjeros	10,0 %	68,0 %

CUARTA CENTRAL NUCLEAR ARGENTINA (En estudio)

Potencia eléctrica neta: del orden de 600 MW.

Tipo de reactor: a determinar.

Se completó el estudio de factibilidad para determinar la posibilidad de la industria nacional para diseñar y construir una cuarta central nuclear de potencia similar a la CNE.

Dicho estudio fue efectuado por personal de CNEA y por representantes de empresas de ingeniería y fabricantes de componentes argentinos. Asimismo, se ha comenzado el estudio sobre el emplazamiento, preseleccionando dos lugares.

SUMINISTROS A CENTRALES NUCLEARES

EXPLORACION Y PRODUCCION DE URANIO

PROSPECCION

Geología del uranio

Se concluyó con la delimitación de áreas favorables y se realizó la memoria descriptiva de los planos geológicos correspondientes a dichas áreas.

En la sierra de Pichiñán (Chubut) continuó la tarea iniciada el año anterior, efectuándose 9 km² de relevamiento planialtimétrico y 5.000 m de perfil geológico en el cerro Solo.

Continuando con el programa iniciado en el año 1981 en el área de la sierra Grande de Córdoba (Batolito de Achala), se realizó la radiometría de malla 5 x 5 m sobre 9,9 ha en la falla de Guasta y 470 m de perfiles topográfico-geológicos. De las 201 anomalías encontradas, pudieron verificarse 101.

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

Se realizó el reconocimiento y muestreo de las minas de cobre y uranio La Porota y Falla Guasta en la provincia de Córdoba y de la manifestación El Flaco en la provincia de San Luis.

En la manifestación "Aquiliri", en la provincia de Jujuy, se realizaron 8 sondeos eléctricos verticales, 5 calicatas eléctricas y 160 determinaciones emanométricas.

PERFORACIONES

Mediante equipos propios se realizaron en Aquiliri (Jujuy) 224 perforaciones y 176 m de perforaciones en el yacimiento "Carrizal" (San Juan).

Por medio de contrato con terceros se efectuaron 23 310 m de sondeos en el área de "Cerro Solo" (Chubut).

Apoyo técnico

El 90 % de la zona de prospección nuclear obligatoria exclusiva en las provincias de Santiago del Estero, Córdoba y San Luis fue liberado en cumplimiento de las disposiciones de la Ley de Uranio 22 477/56.

RECURSOS URANIFEROS

Los recursos uraníferos del país según normas del OIEA, se conforman con 22 411 toneladas de U₃O₈ (19 049 t de U) como reserva correspondiente a la categoría Recursos Razonablemente Asegurados y 11 645 toneladas de U₃O₈ (9 898 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 U₃O₈, totalizando así 34 056 toneladas de U₃O₈.

La tabla I refleja los recursos uraníferos totales del país, clasificados según categoría y costo de recuperación, expresados en toneladas de uranio y de su óxido (U₃O₈).

EXPLOTACION MINERA Y PRODUCCION DE CONCENTRADOS DE URANIO

Se inició durante el último trimestre la explotación minera del sector La Terraza, cuerpo B del yacimiento Tigre I en el distrito Sierra Pintada (provincia de Mendoza), la que se extenderá por espacio de 28 meses y tiene por objeto asegurar la provisión de mineral para el período 1985-1987.

De acuerdo a lo previsto en el proyecto de explotación, durante los primeros seis meses se trabajará sobre estéril para permitir una correcta apertura de la cantera, motivo por el cual no se extrajo mineral.

En cambio continuó la explotación de mineral por terceros, habiendo obtenido la contratista de la obra Los Gigantes 306 273 t de mi-

neral económico del yacimiento Schlagintweit (provincia de Córdoba)

La producción de concentrado comercial de uranio en las instalaciones propias alcanzó a 104 828 kg de U_3O_8 . Por su parte la contratista de la obra "Los Gigantes" entregó 47 062 kg de U_3O_8 , con lo que la producción nacional de concentrado comercial de uranio totalizó 151 890 kg de U_3O_8 .

En el gráfico II se observa, expresado en kg, lo programado y la producción de U_3O_8 .

A continuación se ofrece una síntesis de lo actuado por los distintos sectores que integran esta actividad.

COMPLEJO MINERO FABRIL SAN RAFAEL (MENDOZA)

Como se ha dicho, durante 1984 no se extrajo mineral de ninguno de los yacimientos del distrito Sierra Pintada; sin embargo se continuó despachando al Complejo Fabril Malargüe mineral de alta ley existente en planchadamina y que fuera explotado en el año 1982.

Asimismo otra parte de dicho mineral, pero de baja ley, fue procesado en la planta de concentración de este complejo obteniéndose un total de 42 558 kg de U_3O_8 en forma de concentrado comercial ("yellow-cake").

COMPLEJO FABRIL MALARGÜE (MENDOZA)

La operación de la planta de concentración de uranio continuó utilizando solamente el circuito de extracción por solventes, el que fue redimensionado en su etapa de reextracción. Se procesaron 34 633 t de mineral proveniente del Complejo Minero Fabril San Rafael y se obtuvieron 62 270 kg de U_3O_8 como concentrado

comercial. Por su parte, la planta de producción de ácido sulfúrico opera solamente en un 55 % por falta de materia prima, habiendo alcanzado a producir 4.100 kg de ácido.

COMPLEJO MINERO FABRIL "LOS GIGANTES" (CORDOBA)

Este complejo que opera en el Distrito Los Gigantes (Córdoba) comenzó su operación en el año 1982. Es de propiedad privada y explota el yacimiento Schlagintweit perteneciente a la CNEA.

Durante el año 1984 procesó 306 273 t de mineral, obteniendo 47 062 kg de U_3O_8 como concentrado comercial. Debe señalarse que la ley media de explotación se considera baja, ya que el promedio es de 0,3 kg U_3O_8 /t. La explotación minera a cielo abierto, la lixiviación en pilas y la recuperación de uranio por medio de resinas de intercambio iónico de base débil han permitido la rentabilidad de este proyecto.

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", ha superado los inconvenientes financieros que ocasionaron las demoras anteriores, lo que permitió mejorar sustancialmente el ritmo de obra alcanzando al finalizar 1984 un 70 % de la ejecución total, por lo que se espera que durante el segundo semestre de 1985 se inicien las pruebas de operación y se produzca concentrado comercial de acuerdo a las especificaciones.

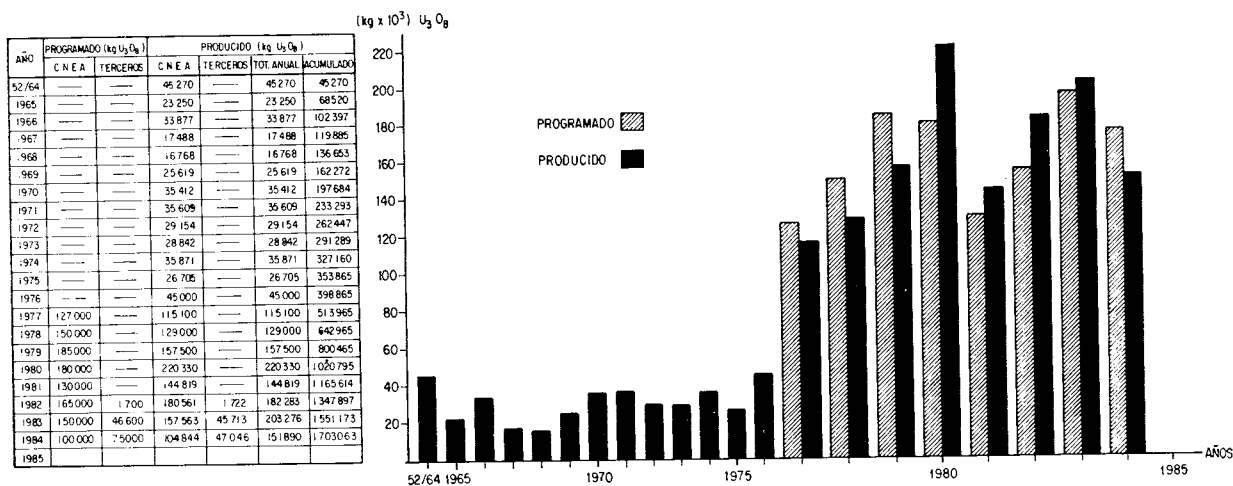


GRAFICO 2

Tabla 1

RECURSOS URANIFEROS

Categorías	Recursos *		Razonablemente asegurados	Adicionales estimados		Especulativos
	Costos	US\$/lb U ₃ O ₈ US\$/kg U		I	II	
Económicos	< 30 < 80 Incremento tU		22 411 t U ₃ O ₈ 19 049 t U 272	11 645 t U ₃ O ₈ 9 898 t U 2 867	7 505 t U ₃ O ₈ 6 379 t U 2 554	367 700 t U
Marginales	30 - 50 80 - 130 Incremento tU 50 - 100 130 - 260 Incremento tU		5 461 t U ₃ O ₈ 4 642 tu 94 3 654 t U ₃ O ₈ 3 106 t U 471	260 t U ₃ O ₈ 221 t U 221 430 t U ₃ O ₈ 365 t U 365	12 071 t U ₃ O ₈ 10 260 t U 697 4 724 t U ₃ O ₈ 4 015 t U 4 015	

* Categorías del OIEA.

PURIFICACION DE CONCENTRADOS Y PRODUCCION DE UO2

La Planta de Producción de UO₂, radicada en el Complejo Fabril Córdoba, desarrolló su actividad en tres aspectos definidos:

- Operación y mantenimiento de la planta de producción de UO₂ línea RBU;
- Continuación de obras de infraestructura, y
- Desarrollo del Proyecto Planta de UO₂ Tecnología Nacional.

En lo referente al primer aspecto se alcanzó una producción total de 86 toneladas de UO₂, al mismo tiempo que se llevó a cabo la optimización de distintas etapas del proceso. Fueron elaborados procedimientos para el seguimiento de fallas y para el mantenimiento correctivo.

La continuación de las obras de infraestructura sufrió retrasos debido a la falta de la disponibilidad del presupuesto, pasando al año próximo la ejecución de las redes de gas y de agua industrial y potable, instalación de agua contra incendio y red telefónica. En cambio fueron realizadas remodelaciones en el sector disolución de concentrados y se recibió equipamiento para monitoreo continuo y para laboratorio ceramográfico.

En cuanto al desarrollo del proyecto de planta de UO₂ con tecnología nacional, se continuaron los ensayos de optimización de producto mediante estudios de sinterización y metalográficos, con la colaboración del Centro de Investigaciones Metalográficas del I.N.T.I. y de CO-

NUAR. Se inició el desarrollo de la ingeniería de base del Proyecto, con un diseño de cálculo para una capacidad de 150 toneladas/año de UO₂; simultáneamente se concretó la firma del contrato por la fabricación y provisión del prototipo de horno de lecho estático para conversión de UO₂, cuya habilitación está prevista para mediados del año próximo.

Independientemente, pero vinculado a las actividades anteriores como acción de apoyo, se realizaron tareas de evaluación y control de aerosoles, efluentes líquidos, irradiación externa, contaminación interna y monitoreo de ambientes.

En el Laboratorio de Control de Calidad se cumplió una intensa actividad analítica sobre alrededor de 12 000 muestras de diversos productos intermedios y finales; al mismo tiempo se ensayó la aptitud del concentrado proveniente de Los Gigantes para su tratamiento posterior y el método de tratamiento de "scraps" (residuos) proveniente de la fabricación de pastillas sinterizadas en CONUAR. En el Laboratorio de Mediciones Físicas se definió el procedimiento de ensayos metalográficos (ceramografía) en pastillas de UO₂ sinterizadas.

Dentro de los lineamientos del Programa de Garantía de Calidad continuó la acción de control de documentación y emisión y puesta en vigencia de procedimientos. A tal efecto se verificó la aplicación de lo establecido en los manuales de laboratorios, manuales de procedimientos del Complejo Fabril Córdoba, manual de operaciones de la Planta de Producción de UO₂, programas de calificación, de suministros de UO₂ a CONUAR, y en la especificación del polvo de UO₂.

FABRICA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES

FABRICA DE ALEACIONES ESPECIALES (FAE)

La fábrica está ubicada en el CAE y tiene por objeto satisfacer los requerimientos de insumos de zircaloy (una aleación cuyo componente principal es el circonio) para la fabricación de elementos combustibles nucleares. El insumo de zircaloy más importante en cuanto a volumen y complejidad de fabricación está constituido por las vainas de los elementos combustibles.

El proceso de fabricación de los tubos de zircaloy para dichas vainas parte de la esponja de circonio y de otros elementos necesarios para obtener el tipo de zircaloy de que se trate según las especificaciones de la respectiva central nuclear. Se comienza con la fabricación del lingote por medio de la compactación de esponja de circonio y de elementos aleantes. Se preparan briquetas, las que soldadas convenientemente, en vacío y con un haz de electrones, se convierten en un electrodo que luego es fundido dos veces, en vacío en un horno de arco con electrodo consumible, dando origen de este modo a un lingote final homogéneo. A continuación se maquina el lingote, eliminando así la capa superficial y se despuntan su cabeza y pie. Así acondicionado, el lingote es forjado y extrudado; estas operaciones se realizan en plantas metalúrgicas nacionales, calificadas para tal propósito.

Luego de la extrusión el tubo reingresa a la planta de tubos de FAE, donde debe comenzar su deformación para llevarlo a las dimensiones de la vaina. Sucesivos pasos de laminación transforman el tubo extrudado en un producto intermedio llamado TREX, que es nuevamente laminado y tratado térmicamente hasta alcanzar la dimensión del tubo final.

Antes de su despacho se controla la totalidad de los tubos mediante ultrasonido, verificándose la exactitud de las dimensiones y la ausencia de defectos internos o externos.

De cada lote, se extrae una cierta cantidad de muestras, a las cuales se les efectúan los controles estipulados en el contrato de suministro.

La Planta de Tubos FAE tiene una superficie cubierta de 8 500 m², dividida en tres grandes grupos:

- 1) Fundición. Abarca la etapa esponja-lingote.
- 2) Deformación. Alberga la etapa TREX-vaina.
- 3) Oficinas y Laboratorios.

La producción nominal de la planta es de 430 000 m/año.

Durante el año 1984 se inició la puesta en marcha a escala industrial de esta planta. Las tareas realizadas consistieron en el inicio y completamiento en un 80 % de una partida de calificación de 15 000 metros de vainas tipo CNA I, y en un 40 % de una partida para calificación de 5 000 m de vainas tipo CNE. En ambos casos se trató de una calificación de FAE como proveedor a nivel nacional. También se elaboró una partida reducida de vainas tipo CANDU para obtener la calificación por un fabricante de elementos combustibles extranjeros. En todos los casos se trabajó en forma conjunta con el Proyecto Planta Piloto FAE.

Se prevé para 1985 la culminación de la puesta en marcha a nivel industrial de la Planta FAE, y de las tramitaciones conducentes a la privatización de su operación.

FABRICA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES NUCLEARES

Esta fábrica, instalada en el CAE, es operada por CONUAR S.A., la que está integrada por la CNEA y una empresa privada.

CONUAR dio total cumplimiento al Tercer Contrato de Previsión de Elementos Combustibles con la fabricación prevista de 240 elementos combustibles (EC), destinados a la CNA I. En dicha central, durante el periodo cubierto por esta memoria fueron descargados 54 EC con un quemado promedio superior a 6 000 MWd/tU.

Con respecto a la provisión de EC destinados a la CNE, se firmó un contrato de colaboración con el Proyecto SUCOEM (Suministro de EC para esa Central), para la fabricación de EC tipo CANDU. Se iniciaron las tratativas para la firma del primer contrato de provisión de dichos EC y el traspaso de la tecnología desarrollada por la CNEA a dicha empresa.

Se iniciaron estudios para la provisión por parte de CONUAR de componentes destinados a la isla nuclear que signifiquen una real sustitución de productos importados, tales como barras absorbedoras de neutrones, uniones ros-cadas, repuestos para la máquina de recambio de EC, etc.

El sector de Control de Calidad dio término a una revisión completa del Manual de Garantía de Calidad de CONUAR y puso en vigencia el sistema de garantía de calidad de la fabricación y control de los elementos combustibles para la CNE.

La administración comenzó a poner en ejecución los sistemas computarizados sobre la base de un "hardware" de computadores personales. Actualmente se dispone de cuatro máquinas de configuración similar para atender distintos sistemas operativos de control; entre ellos es de destacar el correspondiente al Sistema de Al-

macenes puesto en marcha y el avance en el desarrollo del Sistema de Control de Producción en Proceso.

En el área de Relaciones Industriales se continuó con las actividades de capacitación del personal, orientadas a mejorar su desempeño laboral en los puestos de trabajo y la calidad de la supervisión para lograr una mayor integración dentro de la organización.

PRODUCCION DE AGUA PESADA

PLANTA INDUSTRIAL DE ARROYITO

Ubicada en Arroyito, provincia de Neuquén, a orillas del río Limay, a 50 km al sudoeste de la ciudad de Neuquén, se está erigiendo la planta provista por la empresa Sulzer Brothers Limited de Suiza, con una capacidad nominal de 250 t/año.

El avance de la obra durante el año 1984 fue del 2,5 %, totalizando un acumulado del 82,20 %.

En cuanto a la obra civil ejecutada por el consorcio Sideco Americana-Dycasa-Losinger, tuvo un avance del 2,7 %, resultando un acumulado del 81 %, que corresponde principalmente a los sistemas de aire acondicionado e instalaciones eléctricas.

El montaje electromecánico ejecutado por Techint S.A.C.I. progresó en un 6,9 % dando un acumulado del 24 %. Los principales trabajos se relacionaron con las torres y columnas de extracción, enriquecimiento y síntesis. Los proveedores extranjeros prácticamente han completado el armado y las pruebas de las mismas.

Arribaron durante el año, 740 toneladas de los suministros importados, siendo el acumulado 19 481 toneladas, que representan el 96 % de los mismos.

La construcción de la tercera etapa del Barrio Plottier (68 viviendas con infraestructura) avanzó el 9 %. Finalizó la construcción de la escuela primaria y jardín infantes, lo que permitió atender el curso lectivo 1984.

RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

Este programa tiene como objetivos el desarrollo y la promoción de las aplicaciones de los radioisótopos y radiaciones ionizantes en las áreas de la salud, la agricultura y ganadería, la industria, la ingeniería y el aprovechamiento de los recursos naturales, así como también la producción y el abastecimiento de radionucleidos, las fuentes de radiación y los compuestos marcados requeridos para efectuar dichas aplicaciones, tanto por el mercado local como por el latinoamericano.

Se ha continuado apoyando el funcionamiento de diversos servicios de Medicina Nuclear y Radioterapia, como el del Instituto Provincial de Bocio y Nutrición (Chilecito, La Rioja), el Centro de Aplicaciones Bionucleares (CABIN) del Hospital Perrando de Resistencia (Chaco); el laboratorio de Radioisótopos de la Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca) y brindando asesoramiento a los gobiernos provinciales de San Juan y Mendoza, sobre aplicaciones de los radioisótopos y de las radiaciones, en las áreas de la salud y la producción.

PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE MATERIALES RADIATIVOS

PLANTA DE PRODUCCION

En el CAE se continuó con la producción y el fraccionamiento de radioisótopos y compuestos marcados, alcanzándose una actividad total despachada de 2 100 Curies, lo que representa un incremento del 48 % con respecto al año 1983.

El consumo total de material radiactivo, excluyendo las fuentes selladas de radiación, ha disminuido con relación a años anteriores, posiblemente debido al alto costo de los productos de importación y a la puesta en el mercado de los generadores de Tc-99m.

Merced a la puesta en servicio de una segunda celda, se incrementó la producción del generador de Tc-99m, "GENTEC", de alta actividad específica en un 68 % respecto a 1983. Además se modificó el tipo de Generador, comenzándose a comercializar con éxito, el modelo denominado "de columna seca".

Con respecto al generador de Sn-113-In-113m, fue completado el montaje de la nueva

celda para su producción, lo que permite duplicar la capacidad productiva.

A partir del mes de agosto se inició el fraccionamiento de Tl-201, producto que muestra una creciente demanda. El número total de envíos de material radiactivo alcanzó la cifra de 7 798.

La producción fue de 129 juegos de reactivos para radioinmunoanálisis y la marcación de hormonas (LH, FSH, Prolactina y HGH), con una actividad total de 840 mCi. Se fraccionaron además 455 mCi de I-125.

PRODUCCION DE FUENTES SELLADAS

De Canadá se recibieron 19 600 Curies de Co-60 en forma de pellets, los que junto con el remanente del año anterior, fueron utilizados en la construcción de ocho fuentes de cobaltoterapia con una actividad total de alrededor de 23 000 Ci.

Por otra parte, con la empresa Atomic Energy of Canada Limited-Radiochemical Company se firmó un acuerdo para la venta de Co-60 a granel y en forma de fuentes selladas, habiéndose efectivizado ya el envío de 2×10^6 Ci del mencionado radioelemento.

Entre otras tareas mencionaremos: servicios de transferencia de fuentes, desmontaje de siete fuentes de sus respectivos portafuentes, estudios para adecuar el equipamiento existente a la producción de fuentes selladas de uso industrial, y por último la construcción a pedido de un prototipo de fuente para un equipo de medición de nivel de líquidos del que se están realizando las correspondientes pruebas de control de calidad.

Quedaron efectivizados una serie de requerimientos necesarios para dotar a la instalación con todas las facilidades exigidas por la autoridad competente para operar de acuerdo a las normas de protección radiológica.

PROYECTO DE PRODUCCION DE Mo-99 PARTIENDO DE PRODUCTOS DE FISION

La puesta en funcionamiento de este proyecto se vio en parte demorada por la parada de mantenimiento del reactor RA-3, que impidió efec-

CONSUMO Y ELABORACION DE MATERIAL RADIOACTIVO EN LA REPUBLICA ARGENTINA (EXCLUYENDO FUENTES SELLADAS)

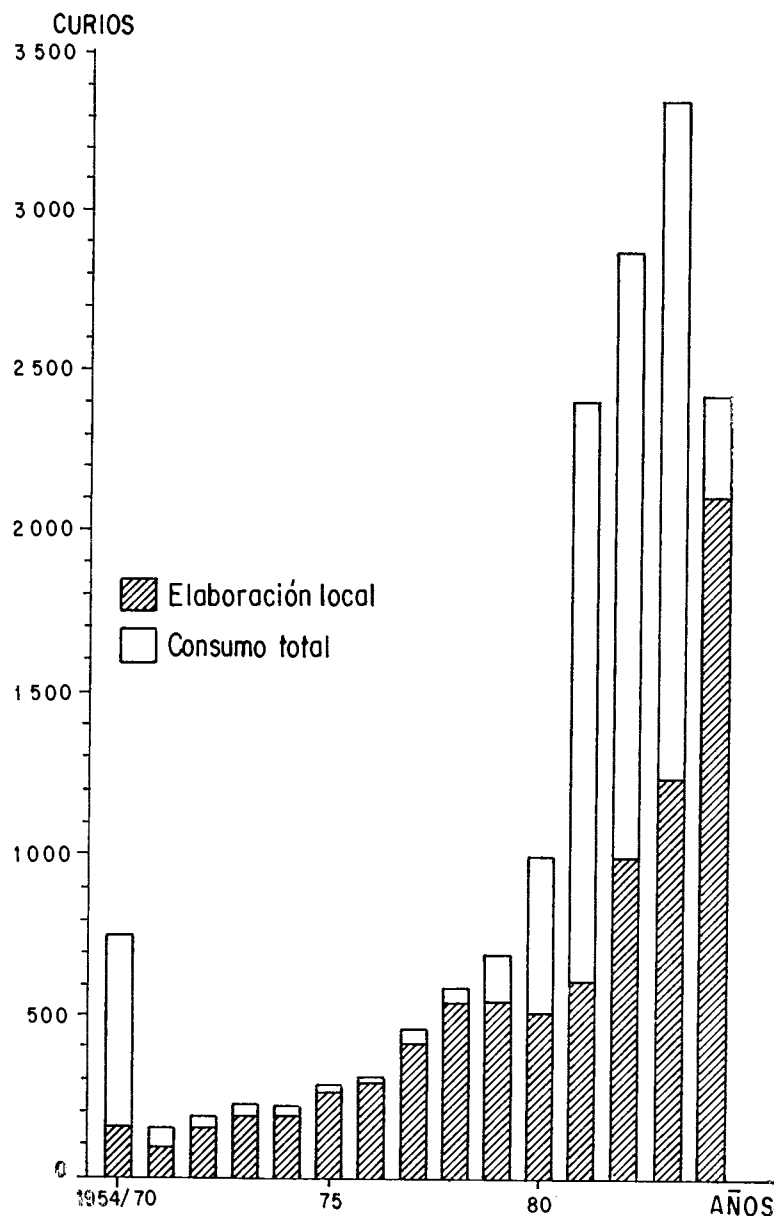


GRAFICO 3

tuar las irradiaciones correspondientes.

En base a los resultados obtenidos en la prueba activa realizada en noviembre de 1983 y a las recomendaciones del experto doctor Sameh, del Centro Nuclear KFK de Karlsruhe, República Federal de Alemania, se procedió al rediseño de algunos componentes así como al montaje de los sistemas de producción definitivos dentro de la celda.

Se realizaron estudios de los parámetros físicos que permitieron definir filtros especialmente destinados a la conversión del H_2 producido en la disolución.

Finalmente se preparó y presentó a la autoridad competente la documentación tendiente al licenciamiento de la instalación.

PRODUCCION DE JUEGOS DE REACTIVOS

Continuó la producción rutinaria de juegos de reactivos para marcación de Tc-99 e In-113 m. Con respecto al año 1983 se produjo un incremento del 41 %.

A partir del mes de agosto se mejoró el sistema de abastecimiento del producto.

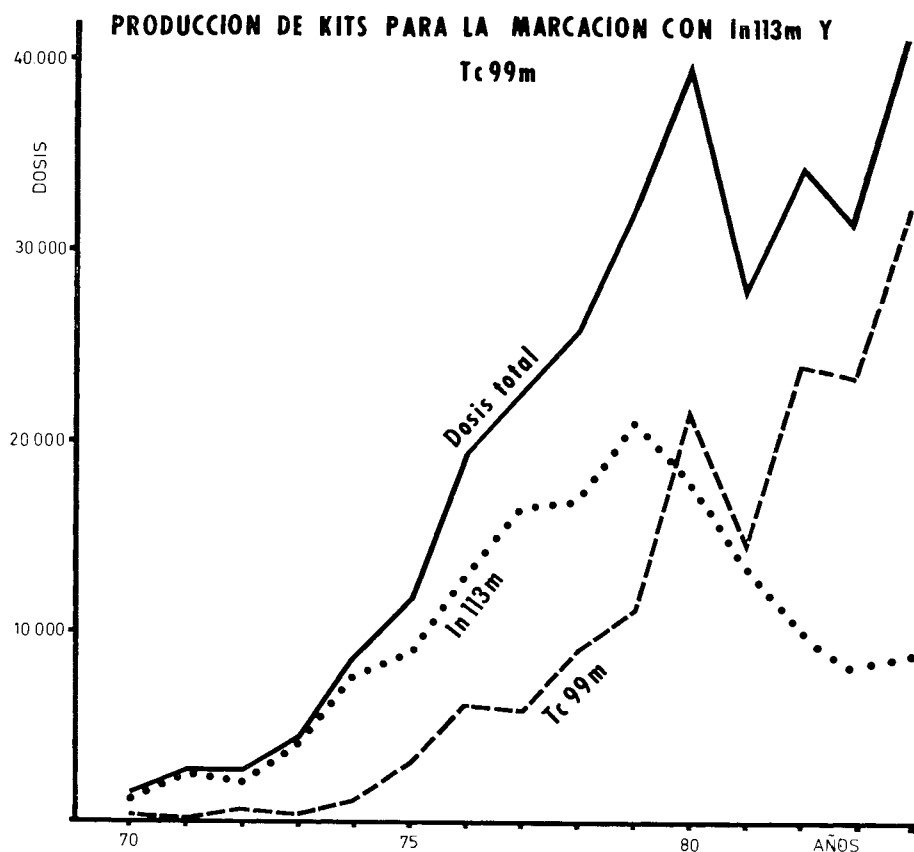


GRAFICO 4

CONTROL DE CALIDAD DE MATERIAL RADIATIVO

De acuerdo con las normas establecidas, los productos obtenidos en la planta de producción, así como los productos especiales, los juegos de reactivos y los generadores de $\text{In}-113\text{m}$ y $\text{Tc}-99\text{m}$ fueron sometidos a controles químicos, nucleares y biológicos según especificaciones locales e internacionales vigentes.

DESARROLLO DE RADIOFARMACOS

Se efectuaron estudios sobre compuestos marcados con $\text{Tc}-99\text{m}$, tales como el WT-08, empleado en la detección por centellografía de infarto de miocardio y el ADP, utilizado en centellografía ósea, del cual se efectuó la conválida clínica, prosiguiéndose los estudios de estabilidad para permitir su incorporación a la producción rutinaria.

El sector de moléculas marcadas continuó orientando sus actividades a tareas de investigación y desarrollo de nuevos compuestos marcados con radioisótopos, en particular para uso médico.

PROYECTO DE PRODUCCION EN ACELERADORES

Está en ejecución en laboratorios del Proyecto Tandem un estudio sobre "técnicas electroquímicas para la fabricación de blancos para irradiación en el acelerador Tandem". Se realizaron los cálculos estimativos de dosis de irradiación en los casos más críticos, desde el punto de vista de la energía de la radiación y las actividades obtenibles.

Además se iniciaron los estudios relacionados con la instalación de un ciclotrón para producción de radioisótopos.

Apoyo técnico

En relación con el proyecto Co-60 se estudiaron las especificaciones de dos contenedores tipo BLU, para el transporte de 400 000 Ci cada uno, se efectuó un estudio para la adecuación del puente grúa de 15 t de la instalación de fuentes selladas, quedó completada la instalación para producción de $\text{Mo}-99$ de fisión, el sistema de recepción de muestras de uranio en la base del reactor RA-3 y el proyecto para la construcción de locales auxiliares para las instalaciones de producción de $\text{Mo}-99$ por fisión y de fuentes selladas.

APLICACIONES DE LOS RADIOISOTOPOS Y DE LAS RADIACIONES

APLICACIONES BIOMEDICAS

Se continuó con la línea de trabajos de investigación y desarrollo de métodos diagnósticos de la enfermedad fibroquística del páncreas, mediante determinaciones radioinmunoanalíticas de tripsina; del hipotiroidismo neonatal; el seguimiento de recién nacidos prematuros y de bajo peso, por radioinmunoanálisis de tirotrifina y tiroxina; el seguimiento de pacientes renales sometidos a diálisis y la utilidad de la determinación de B2-microglobulina como probable marcador del rechazo en trasplantes renales. También se efectuó el estudio de mecanismos de producción de bocio, de autorregulación tiroidea; marcadores bioquímicos del cáncer de tiroides y de desarrollo de yodolípidos en terapia tiroidea.

En las aplicaciones oncológicas de los radioisótopos, el Centro Oncológico de Medicina Nuclear y el grupo de inmunología prestaron servicios a diversos departamentos del Instituto de Oncología "Doctor Angel H. Roffo". Se realizaron especialmente a través de centellografía con cámara Gamma 1 200 estudios óseos, 400 hepáticos, 600 filtrados glomerulares, 600 de fracción de eyección ventricular y alrededor de 250 estudios varios (cerebro, tiroides, rastreos corporales, radiorenogramas, pulmón, etcétera).

Se deben mencionar más de 2 200 estudios de cultivos de linfocitos, un total de unas 1 200 determinaciones de marcadores tumorales, 150 proteinogramas electroforéticos; aislamiento y purificación de inmunoglobulina G; correlación entre captación de Tc-99 por ganglio drenante de tumor y actividad fagocítica de macrófagos, así como entre paraproteína M y evolución de pacientes portadores de mieloma.

El Centro de Medicina Nuclear que funciona en el Hospital de Clínicas General José de San Martín continuó con las actividades de desarrollo y aplicación de técnicas radioisotópicas en el diagnóstico y la terapia de pacientes, colaborando con distintos departamentos y servicios del hospital.

Las aplicaciones de los radioisótopos en agricultura y ganadería continuaron con los trabajos desarrollados en el CAE junto con otras instituciones, en los temas de determinación de humedad de suelos, dinámica del fósforo y del nitrógeno, estudio de la penetración y distribución del sistema radicular del trigo, estudios bioquímicos del antígeno de brucella ovis, perfil hormonal (progesterona, estrógenos, hormona luteinizante) en bovinos, equinos y ovinos.

APLICACIONES TECNOLOGICAS

Por el método de análisis por activación neutrónica se efectuaron trabajos de análisis de varios elementos en vidrios volcánicos, basaltos, latones y aceites. Por otra parte se estudió la presencia de arsénico, silenio, antimonio y mercurio en algas. Fue realizada una pericia química por mandato judicial, para establecer correlaciones entre fragmentos de plomo y proyectiles.

Se desarrolló y construyó un reloj electrónico para optimizar mediciones en inventarios de mercurio; continuó el desarrollo de un prototipo de turbidímetro nuclear y se inició el estudio de factibilidad para la construcción de un equipo medidor nuclear de concentración de cenizas en carbones. Continuaron los estudios hidrológicos y de seguridad para la Central Nuclear Atucha II, así como los de transferencia de nucleidos entre las fases agua y sedimentos en las centrales nucleares CNA y CNE.

En metrología radioisotópica continuaron los ensayos experimentales para la preparación de fuentes planas en control de calidad de cámaras Gamma. Se prepararon fantasmas para pruebas en tomografía computada, así como una serie de patrones de I-131 para la calibración de monitores de efluentes gaseosos. Fue construido un detector de 2π para el Hospital de Pediatría Pedro de Elizalde y se proveyó apoyo físico-metroológico a diversos centros de medicina nuclear.

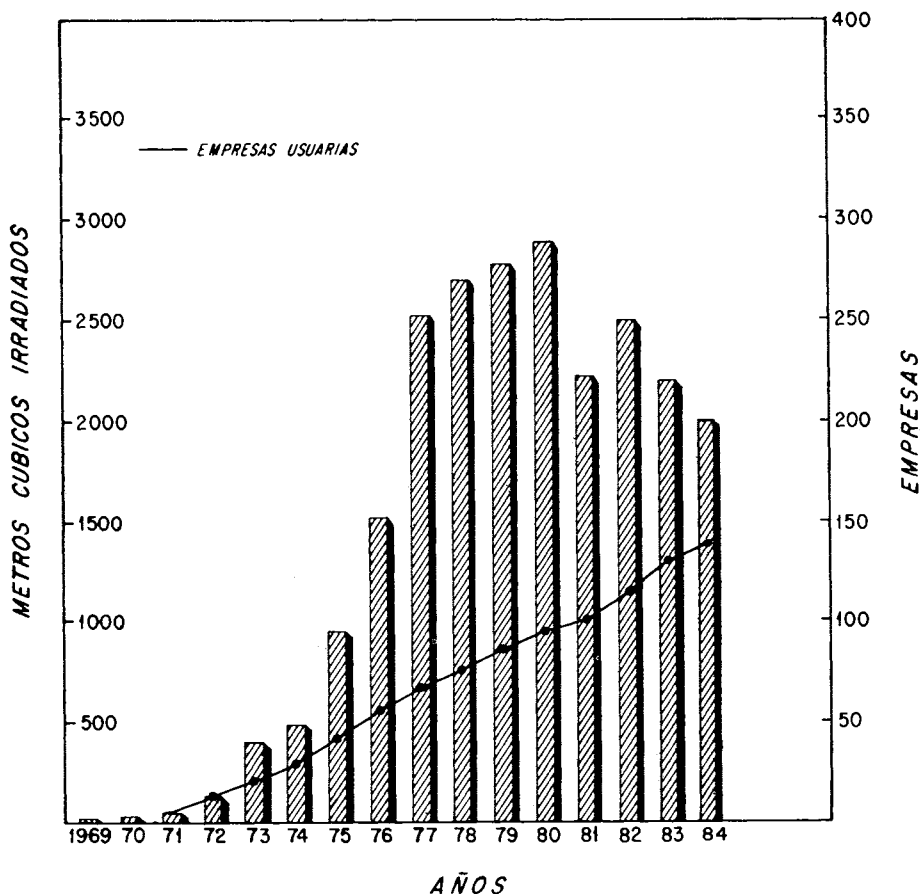
APLICACIONES DE LAS RADIACIONES

Para la conservación por irradiación de catorce especies se realizaron estudios de factibilidad y controles microbiológicos y de contaminación con aflatoxinas en diversos compuestos (ácidos biliares, alimentos balanceados, maní picado, etcétera). Más de 300 muestras de material a procesar en la planta de irradiación fueron controladas. Se realizaron unas 50 determinaciones de radiorresistencia microbiológica. Además 19 nuevos productos fueron aprobados y 66 empresas recibieron asesoramiento técnico.

Se desarrollaron estudios sobre efectos de la radiación en productos plásticos, especialmente en envejecimiento de polivinilos, cementos impregnados, vidrios y en monómeros de acrílicos y polietileno.

La irradiación en planta de productos biomédicos descartables totalizó unas 42 800 cajas, habiéndose realizado otras irradiaciones de tipo experimental, tales como la esterilización de unas 5 t de turba para una empresa del Uruguay y la irradiación de alrededor de 1 500 kg de especias para una firma local.

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



AÑOS
GRAFICO 5

En el recinto de irradiación fueron instalados dispositivos de seguridad y un sistema de espejos para tener una óptima visualización de la posición de la fuente y de los carros portadores.

Se efectuaron ensayos de control de calidad en siete fuentes de cobaltoterapia y en un blindaje para el reactor RP-10 que se está instalando en el Perú.

Por pedido de la Universidad Nacional del Sur fue trasladado a Bahía Blanca el equipo de irradiación móvil IMO-I para continuar con los estudios de irradiación de alimentos.

DOSIMETRIA DE LAS RADIACIONES

Fueron calibrados dosímetros para radioterapia e instrumentos para radioprotección, se irradiaron films-monitores y dosímetros termoluminiscentes y se realizaron encuestas de intercomparación mediana: dosimetría termoluminiscente entre equipos de teleterapia y dosimetría química entre aceleradores lineales.

En la planta de irradiación fueron calibrados alrededor de 200 manojos conteniendo Co-60 producido en la CNE y varias fuentes de equipos de telecobaltoterapia.

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 competencia. Además prosiguió con la ejecución del Programa de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, orientado a la protección de las personas y el medio ambiente contra los riesgos debidos a las actividades nucleares realizadas en el país.

PROTECCION RADIOLOGICA

En temas relacionados con la protección del público se realizaron monitoreos ambientales en los alrededores de la CNA I, del CAE y de los complejos minero-fabriles, analizándose muestras de distinto tipo con el objeto de investigar diversos nucleidos de interés radiosanitario. Se llevaron a cabo determinaciones de la tasa de emanación de Rn-222 en colas de tratamiento de mineral de uranio en los complejos minero-fabriles de Malargüe, Don Otto y Los Adobes y se efectuaron monitoreos no rutinarios en los alrededores de la CNE y del CAB.

Continuó el programa de medición de la concentración de Rn-222 en el interior de viviendas de distintas zonas del país, instalándose alrededor de 100 monitores pasivos en domicilios particulares y se prosiguió con 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.

Prosiguió el desarrollo y puesta a punto de técnicas radioquímicas para la determinación de actínidos en muestras ambientales.

Con los datos obtenidos en los distintos monitoreos se realizaron evaluaciones radiosanitarias para determinar las dosis equivalentes efectivas comprometidas en los grupos de población más expuestos a la contaminación ambiental.

Los servicios de gestión de residuos radiactivos consistieron en el tratamiento y eliminación de: 30 m³ de residuos radiactivos sólidos de baja actividad; tambores conteniendo residuos sólidos de baja actividad provenientes de la CNA I; 150 m³ de residuos líquidos de baja e intermedia actividad y de fuentes selladas de

alta actividad. Se transportaron 6 elementos combustibles irradiados provenientes del reactor RA-3. Además se efectuaron, a solicitud de terceros, ensayos de descontaminación de superficie según la norma D.I.N. 25 415.

Prosiguió el estudio de las consecuencias radiológicas de accidentes nucleares, adaptándolos a nuevos criterios, con el objetivo de redimensionar los planes de emergencia.

Finalizó la implementación y puesta a punto del programa de cálculo SEDA FORTRAN, que permite evaluar las consecuencias radiológicas en caso de accidentes nucleares, en los alrededores de la CNA I y la CNE.

Comenzó el estudio de la capacidad protectora de las estructuras habitacionales en la zona de la CNA I, para el caso de fuga accidental de material radiactivo al ambiente.

En temas de evaluaciones radiosanitarias, se cumplimentó el ingreso automático en el archivo computarizado, de los registros dosimétricos de las áreas controladas de la CNEA. Se confeccionó además el Informe Radiosanitario Preliminar correspondiente al año 1983.

Prosiguió el estudio de nuevas metodologías de análisis estadístico de la distribución de dosis, a fin de obtener estimaciones más realistas, y se inició el estudio de la evolución de las condiciones de trabajo de las áreas controladas de la CNEA durante el período 1967-1982, cotejando los distintos parámetros dosimétricos con las operaciones realizadas.

En tecnología de la protección, continuó el proyecto y construcción de partes del sistema de detección y alarma de criticidad y del instrumental de monitoreo de contaminación con emisores alfa, destinados al Laboratorio de Procesos Radioquímicos. Para la Planta de Producción de Radioisótopos finalizó el desarrollo y la construcción del prototipo de un sistema de medición de bajos niveles de tasa de exposición, y terminó el desarrollo de la electrónica asociada de un monitor de Iodo-131 en efluentes gaseosos.

Además, finalizó el proyecto de una unidad de procesamiento para la compilación de la información dosimétrica y el desarrollo de un preamplificador sensible a cargas para ser uti-

lizado en la detección de plutonio en heridas mediante detectores de yoduro mercúrico, a la vez que continúa el desarrollo de un sistema de instrumentación modular para espectrometría.

Se completaron también la instalación de sensores y la adecuación del sistema de registro de datos en cinta magnética de la torre meteorológica del CAE.

Adicionalmente se realizaron asesoramientos y cálculos de blindajes para instalaciones de teleterapia, aceleradores y fuentes radiactivas para uso médico e industrial; se efectuaron, tanto en laboratorio (túnel de viento) como *in situ*, determinaciones de eficiencia de retención de filtros absolutos y lechos de carbón activado y se brindó asesoramiento sobre sistemas de retención de polvos y aerosoles radiactivos y sistemas optimizados de ventilación.

En lo referente a la dosimetría radiosanitaria, se participó en un programa de intercalibración del OIEA para contadores de todo el cuerpo (contenido de plutonio y otros actínidos en pulmón). Se implantó un método de determinación de actínidos por espectrometría alfa y se desarrolló un método de determinación de bajos niveles de actividad alfa de uranio en orina. Quedó puesto a punto un sistema rápido de purificación de uso múltiple por cromatografía en columnas capilares, centelleo líquido, colorimetría y espectrometría alfa.

En relación con la medición de actínidos en pulmón se incorporó un equipo para determinar espesores de la pared torácica. Continuó el trabajo sobre modelos matemáticos para evaluar la carga pulmonar de plutonio y americio.

Prosiguieron los trabajos de separación y medición de actínidos con bajos niveles de actividad. Adicionalmente se desarrolló una técnica para la determinación de torio en orina. Continuó el desarrollo de compuestos con respuesta termoluminiscente.

Se cumplieron los servicios rutinarios de análisis de excretas, evaluación de dosis y carga de radionucleídos de distintas instalaciones, así como también el monitoreo de la irradiación externa del personal expuesto de la CNEA y usuarios externos. Además se desarrollaron y pusieron en servicios dosímetros de emulsión fotográfica de fabricación totalmente nacional.

Quedó completada la calibración de un dosímetro biológico por análisis cromosómico para campos mixtos de radiación gamma y neutrones térmicos, y se siguió trabajando en la normalización de la técnica con folículos pilosos para estimar la falta de homogeneidad en sobreexposiciones accidentales, en las evaluaciones de planes terapéuticos descontaminantes, en incorporaciones con radionucleídos no transpor-

tables y en los estudios *in vitro* de interacción entre las células y distintos radionucleídos contaminantes.

En materia de medicina radiosanitaria mencionaremos finalmente la firma de un convenio con participación de varios organismos nacionales para crear un sistema destinado a la atención médica del accidentado radiológico.

EVALUACION DE SEGURIDAD NUCLEAR

Las tareas de evaluación en seguridad nuclear han cubierto temas relacionados con instalaciones nucleares específicas y temas de aplicación general. En relación a los primeros se han realizado numerosos estudios técnicos de evaluación de seguridad, particularmente para las centrales nucleares. Respecto a los temas de aplicación general podemos destacar los trabajos referidos a transporte de materiales radiactivos, confiabilidad de sistemas tecnológicos, termohidráulica de reactores y prevención de accidentes de criticidad.

Detallamos las principales evaluaciones de seguridad nuclear realizadas para las instalaciones nucleares más relevantes.

En la CNE fueron validados diversos estudios de confiabilidad de sistemas relacionados con la seguridad de la central, se analizaron estudios especiales requerido por el CALIN, en particular sobre la verificación sísmica de la central; se implementó el programa RELAP 4 mod 6 para el análisis de accidentes con pérdida de refrigerante y fue verificado el cumplimiento de aspectos reglamentarios sobre el transporte masivo del Cobalto-60 generado en la central.

Con respecto a la CNA I se efectuó un estudio de los parámetros de disparo del sistema de protección del reactor; se desarrolló un conjunto de programas para la predicción del flujo de tipo termosifón y se lo aplicó al estudio de un evento de pérdida de la alimentación eléctrica externa.

Se amplió y completó la evaluación del Análisis Probabilístico de Riesgos de la CNA II. Finalmente para los reactores de investigación se evaluó el análisis de accidentes del reactor RA-6 y se analizó información relevante de seguridad nuclear del reactor peruano RP-10 y del reactor RA-4.

Con referencia a las tareas de evaluación de seguridad nuclear de aplicación general, continuó la coordinación de los comentarios argentinos a normas y reglamentos de seguridad nuclear del OIEA, así como la coordinación del convenio CNEA-IRAM para la elaboración de normas de aplicación en centrales nucleares; el asesoramiento sobre prevención de accidentes de criticidad, en particular el redimensionamiento

del depósito seco de material fisiónable del CAC y sobre criterios y procedimientos de estudios de emplazamiento; la recopilación y análisis de información de base de seguridad nuclear y los estudios para profundizar temas teóricos de seguridad nuclear, en particular sobre confiabilidad humana y de sistemas tecnológicos, análisis de riesgos y modelos numéricos asociados a la dinámica de fluidos y a la transmisión de calor.

ELIMINACION DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD

Prosiguieron las tareas correspondientes al estudio de factibilidad y al anteproyecto de ingeniería de un repositorio destinado a la eliminación de residuos radiactivos de alta actividad, en el marco del convenio con la Universidad Nacional de San Juan. Continuaron, entre otros, los estudios geomorfológicos y de neotectónica y las tareas de apoyo cartográfico y validación sísmica del sitio, referidos al intrusivo granitoide de la Sierra del Medio (Chubut). Asimismo, prosiguió el desarrollo de la instalación profunda a nivel de anteproyecto de ingeniería (costos, transportes y diseño de labores) y la provisión y mantenimiento de la infraestructura necesaria.

Continuó la elaboración de distintas matrices vítreas aptas para la inclusión de residuos radiactivos de alta actividad. Se realizaron estudios comparativos entre distintas formulaciones seleccionadas y se elaboró vidrio para ser usado como referencia en ulteriores estudios de inclusión de residuos de alta actividad.

A los efectos de evaluar la barrera geológica, se ha implementado y puesto a punto un método de determinación del coeficiente de distribución entre soluciones acuosas que contengan radionucleídos simulados y roca granítica. También se procedió a la selección de métodos de caracterización de bentonita para ser utilizados como barrera de ingeniería en el repositorio.

Se continuó el desarrollo de los modelos de predicción del flujo de agua en un medio rocoso, para su aplicación en la evaluación del efecto de las fuentes de calor en el repositorio. Se generó una versión alternativa de los programas, que permitió la verificación de los resultados preliminares.

Prosiguió el desarrollo y calibración de un método de cálculo de la migración de radionucleídos en medios porosos.

INSPECCION, FISCALIZACION Y CONTROL

En cumplimiento de los compromisos contraídos por el país en materia de salvaguardia, se mantuvieron actualizados los inventarios de ma-

teriales nucleares, materiales y equipos, componentes principales, listados de información transferida, registros operativos e informes contables requeridos por el OIEA.

Las inspecciones rutinarias en áreas de la CNEA verificando inventarios, registros operativos, balances contables y cumplimiento de las reglamentaciones y prácticas operativas aprobadas fueron de 130. El OIEA realizó 12 inspecciones en el país, debidamente fiscalizadas por la CNEA. Continuó el "Programa de Prueba de un Sistema de Contención y Vigilancia para la CNE", llevado a cabo en forma conjunta con el OIEA, fiscalizándose las once pruebas de control y mantenimiento realizadas.

Se realizaron unas 300 inspecciones para verificar que las instalaciones nucleares y radiactivas de la CNEA se construyen y operan dentro de los términos de las respectivas licencias y autorizaciones y ajustándose a las normas, reglamentos y códigos de práctica correspondientes. Se fiscalizó el cumplimiento del reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos en el ámbito del país.

Continuó el programa previsto para reunir información sobre aspectos técnicos de la operación de reactores de potencia desde el punto de vista de la seguridad nuclear. Para tal fin se han destacado inspectores residentes en la CNA I y CNE; prosiguió la recopilación de información sobre fallas e incidentes operacionales, y periódicamente fue relevado el estado operativo de los distintos sistemas. Se supervisaron las pruebas prenucleares y nucleares realizadas en los reactores RA-3 y RA-6. Fue auditado el programa de garantía de calidad para el proyecto de Atucha II.

La documentación relativa al licenciamiento del acelerador TANDAR fue analizada supervisándose la realización de diversas pruebas efectuadas en la instalación.

Se verificó el cumplimiento de las condiciones impuestas en las autorizaciones de operación de la FECN, del depósito transitorio de material radiactivo en tránsito, de la instalación para la producción de fuentes selladas de Co-60 e Ir-192, de los complejos minero-fabril San Rafael, Los Gigantes, Malargüe y Córdoba. Se controlaron las condiciones de cierre de los yacimientos Don Otto, Los Adobes, Huemul y Agua Botada. Fueron iniciados estudios relacionados con la futura autorización del complejo minero La Estela.

Además se constató el cumplimiento de las condiciones impuestas en las licencias de operación de las CNA I y CNE, reactores RA-3, RA-4 y RA-6, Laboratorio Alfa y Laboratorio de Uranio Enriquecido. Prosiguió el estudio de la documentación relativa al licenciamiento de la Planta de Producción de Radioisótopos por Fi-

sión, Planta Semi Industrial de Irradiación, Laboratorio de Procesos Radioquímicos, y CNA II.

En cumplimiento de lo dispuesto por el Decreto 842/58 y reglamentaciones complementarias, continuó el registro y fiscalización de usuarios externos de materiales radiactivos y radiaciones ionizantes, realizándose unas 544 inspecciones, de las cuales 410 fueron rutinarias, 79 de habilitación, 20 de supervisión de trasvases de fuentes radiactivas, 45 de asesoramiento técnico in-situ y 10 de intervención en situaciones anormales. Además fueron efectuados 580 asesoramientos legales-administrativos a diversos usuarios y la verificación de 17 cálculos de blindajes.

LICENCIAMIENTO Y NORMAS

El Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares (CALIN) prosiguió su actividad normativa en materia de protección radiológica y seguridad nuclear. Durante el año se elaboraron normas sobre "Licenciamiento de Instalaciones Relevantes", "Seguridad Radiológica Ocupacional en Aceleradores Relevantes", y "Documentación a ser presentada a la autoridad licenciante hasta la puesta en operación de un acelerador relevante".

Fue otorgada la licencia de operación a la CNE, estableciéndose un conjunto de requerimientos específicos para dicha central nuclear con miras a incrementar aún más la seguridad

de su operación, y se intervino en el control de la operación de extracción de las barras ajustadoras de la CNE para retirar el Co-60 acumulado en ellas. Respecto al reactor RA-3, se establecieron requerimientos que implicaron modificaciones y puesta al día de diversos sistemas del reactor, así como también la puesta en práctica de un sistema de garantía de calidad en operación. También prosiguió el análisis del informe preliminar de seguridad de la CNA II.

Durante el año se otorgaron además 38 licencias y 113 autorizaciones específicas para el personal de operación de diversas instalaciones nucleares.

Por su parte, el Consejo Asesor de Aplicación de Radioisótopos (CAAR) continuó asesorando en lo concerniente a la producción, la comercialización, el uso, la tenencia y la aplicación de material radiactivo y radiaciones, así como también en lo referente a la elaboración, modificación e interpretación de las normas legales y códigos de práctica correspondientes, incluyendo la fiscalización de su efectivo cumplimiento. Durante el año, el CAAR recomendó el otorgamiento de 513 nuevos permisos para el uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes y efectuó 12 evaluaciones de unidades de medicina nuclear y de terapia radiante, habiendo recomendado a la comisión asesora conjunta del Ministerio de Salud y Acción Social el reconocimiento de aquellos servicios que cumplen con lo establecido en las normas pertinentes.

INVESTIGACION Y DESARROLLO

INVESTIGACIONES

FISICA

FISICA NUCLEAR

Proyecto TANDAR

Este proyecto constituye el hito más importante dentro de las instalaciones experimentales en el campo de la física nuclear. El hecho más significativo ha sido la obtención del primer haz de iones pesados en el acelerador. Tal realización fue precedida por la concreción definitiva del montaje, trabajos en la consola a fin de controlar tanto los componentes de la fuente de iones como la totalidad del acelerador, la puesta en funcionamiento de la fuente de iones Duoplasmatrón y el armado y puesta a punto de la fuente Sputtering-Cone hasta obtener respectivamente corrientes finales de $8\mu\text{A}$ de H^- y $40\mu\text{A}$ de C con cono de grafito, y el armado del preacelerador probándolo con una tensión de 300 kV. A fines de diciembre el nuevo acelerador estaba produciendo un haz de $^{12}\text{C}^{+3}$ de 70 nA a 12,2 MeV de tensión en el terminal.

Al mismo tiempo, y a fin de hacer la instalación útil para la realización de experiencias en física nuclear, se completaron los montajes, cableados de señal y control de las líneas experimentales. Se finalizó el desarrollo del "software" y del "hardware" para el sistema de adquisición de datos y, además, se hicieron pruebas y se obtuvo un haz en el colector del separador de masas.

Se procuró subsanar los inconvenientes en las compras de materiales importados destinados a las líneas experimentales con desarrollos locales, como en el caso de algunos elementos electrónicos, detectores de partículas y fundamentalmente con el espectrómetro magnético, cuyo diseño fue terminado, habiendo comenzado la etapa constructiva.

El programa de capacitación relacionado al proyecto TANDAR ha sido concluido con el regreso de los últimos físicos nucleares que realizaron su entrenamiento y trabajos doctorales en el exterior. Muchos de ellos han dedicado

este año a terminar sus trabajos sobre temas tan diversos como medición de altos impulsos angulares, bandas octupolares, fusión subcoulombiana, orbitación y efectos anómalos a ángulos traseros, colisiones profundamente inelásticas, etcétera.

Física nuclear experimental

En el período que cubre esta memoria finalizó el montaje de la cámara de dispersión multipropósito con la que se calibró la tensión del terminal del acelerador TANDAR mediante la detección de partículas alfa provenientes de la reacción $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{24}\text{Mg} \rightarrow \alpha + ^{20}\text{Ne}$ y se hicieron pruebas de bombardear con ^{16}O (de 63-72 MeV) un blanco de ^{144}Sm y medir los rayos X diferidos emitidos en el decaimiento de los residuos de evaporación. Concluyó el montaje del separador de isótopos del sistema NAVE para estudios de núcleos alejados del valle de estabilidad. Las pruebas preliminares de funcionamiento con un haz de Xe , dieron resultados satisfactorios. Además, se efectuaron estudios de posibles mejoras y de nuevos desarrollos para incrementar la eficiencia y versatilidad del sistema, y la posibilidad de usar la fuente de iones y el separador de isótopos como implantador de iones.

Quedó completo el armado y las pruebas de vacío de la cámara de dispersión de iones pesados. Se identificaron iones pesados (fragmentos de fisión) mediante coincidencias biparamétricas. Continuó la construcción de la instalación adecuada para medir "en línea" rayos gamma y electrones de conversión interna. Fueron contruidos contadores telescópicos $\Delta\text{E-E}$ consistentes de una cámara de ionización gaseosa y un detector de estado sólido sensible a la posición para la detección e identificación de iones pesados. Se desarrollaron los códigos de computación necesarios para la extracción de las secciones eficaces a partir de la dependencia temporal de las actividades, y la interpretación de datos obtenidos en el marco de distintos modelos.

Prosiguió la colaboración con los laboratorios de física nuclear del Lawrence Berkeley Laboratory (USA), de Brookhaven National Labora-

tory (USA), de la Universidad de Munich (República Federal de Alemania), de la Universidad de San Pablo (Brasil) y del Centre National de la Recherche Scientifique en Estrasburgo y Grenoble (Francia), estudiándose:

- a) El fenómeno de transferencia incompleto del impulso lineal en los sistemas $^{20,22}\text{Ne} + ^{24}\text{Mg}$, $^{20-22}\text{Ne} + ^{26}\text{Mg}$ y $^{24}\text{Mg} + ^{24}\text{Mg}$ mediante la detección de los productos de reacción con un sistema de tiempo de vuelo;
- b) Fusión subcoulombiana;
- c) Núcleos con deformaciones octupolares mediante técnicas de espectroscopía nuclear;
- d) Transferencias de impulso angular en reacciones con núcleos muy pesados, utilizando mediciones de distribuciones angulares de rayos gamma;
- e) Estructura de núcleos con alto momento angular mediante espectroscopía gamma "en línea".

Física nuclear teórica

A lo largo del año se desarrollaron diversas investigaciones en el campo de la estructura nuclear y en el de las reacciones nucleares, especialmente aquellas que involucran a iones pesados.

Dentro de los trabajos en estructura pueden mencionarse los dedicados a la teoría de Hartree-Bose en sistemas que rompen la simetría de reflexión en su estado intrínseco y su aplicación a resonancias isovectoriales en núcleos deformados; la generalización de un método de máxima superposición aplicable a situaciones realistas; comparaciones entre el método de Hartree-Fock con el de "cranked" Hartree-Fock; el estudio de descripciones diagramáticas de excitaciones de condensados de partículas alfa; la aplicación de los órdenes más bajos de la teoría nuclear de campo a cuatro partículas de seis niveles realistas, y el estudio del movimiento rotacional en ^{24}Mg mediante métodos perturbativos. También se trató el sistema de dos niveles usando fuerzas de apareamiento para estudiar el comportamiento de estos métodos alrededor de la transición de fase y se desarrolló un formalismo nuevo que toma en cuenta las condiciones de vínculo y de Gauge en un sistema deformado de fermiones.

Dentro de los trabajos relacionados con las reacciones nucleares se realizaron cálculos exactos para resolver cuántica y clásicamente el problema bidimensional de dispersión por un pozo elíptico; fue estudiado el proceso de excitación de las resonancias gigantes mediante

dispersión inelástica y la desintegración electromagnética subsiguiente. Las secciones eficaces de fusión debajo de la barrera coulombiana fueron calculadas mediante el método de la matriz S dependiente de coordenadas intrínsecas; con dicho método fueron estudiadas las bandas vibracionales octupolares en núcleos permanentemente deformados. Asimismo se iniciaron los estudios de transferencia de varios nucleones entre núcleos deformados. Prosiguieron los trabajos que permitan calcular mediante aproximaciones semiclásicas las transferencias sucesivas de partículas alfa. También continuaron los estudios de factores de forma para transferencia de varios nucleones en forma autoconsistente.

FÍSICA DE NEUTRONES Y REACTORES

Espectrometría neutrónica

Continuaron las investigaciones en sistemas fuertemente heterogéneos y finalizaron los estudios sobre métodos de aceleración y formas de convergencia en distintos programas de cálculo. Se desarrolló un nuevo método de aceleración por "upscattering" para códigos Sn de transporte, el que fue incluido en el programa bidimensional DOT 3.5, dando origen a una nueva versión del código mencionado, más apto que el anterior para sistemas moderadores. Se realizaron mediciones temporales, espaciales y en energía de la población de neutrones en un cilindro conteniendo agua liviana y en un sistema constituido por zircaloy 4 y agua liviana, cuyos resultados están siendo analizados. Continuaron los cálculos uni y bidimensionales en ambos sistemas.

Continuaron los estudios teóricos en problemas deseudodifusión por medio de esquemas de Random Walk, habiéndose estudiado sistemas anisotrópicos y con absorción y analizándose las rupturas de simetría que allí surgen.

También se trabajó en problemas de mecánica estadística: aplicación de técnicas de Monte Carlo a problemas de dispersión nuclear y atómica y de neutrones térmicos; aproximaciones semiclásicas en procesos nucleares disipativos; disipación de colisiones de iones pesados e integrales de camino; desarrollo de un algoritmo para la evaluación numérica del propagador de Feynman; pseudodifusión con dispersión anisotrópica y con absorción; tratamiento de la dispersión anisotrópica de neutrones con un método de caminos al azar; ecuación maestra generalizada para movimiento browniano con dispersión anisotrópica; métodos de integrales de transporte; ley de transformación de flujos de respuesta, etcétera.

Difracción de neutrones

Se completó: el análisis de los datos de difracción de neutrones en aleación de Cu-Al-Zn a temperatura ambiente; la fase final de montaje del crióstato para realizar experimentos a bajas temperaturas (nitrógeno líquido) empleando el difractómetro de neutrones; la aplicación de un modelo teórico para describir la interacción de neutrones térmicos con sistemas moleculares y la aplicación de un modelo de dispersión de neutrones lentos por gases moleculares al cálculo analítico de cantidades de interés en física de reactores (núcleos de transferencia, parámetros de difusión, secciones eficaces) para el caso de H_2O , D_2O y C_6H_6 . Se realizó un estudio detallado de las técnicas de medición del espectro incidente de neutrones en esta clase de experimentos. Como resultado se construyó un nuevo dispositivo blindado que contiene un detector en posición oblicua (42°) con respecto al haz incidente. Finalizó el estudio teórico sobre las secciones eficaces en sólidos para neutrones sub-térmicos y epitérmicos. Continuaron los trabajos en colaboración entre el Laboratorio de Colisiones Atómicas y el Reactorstation Garching (Technischen Universität München), República Federal de Alemania.

Partículas elementales

Este campo aborda actualmente modelos de la teoría de muchos cuerpos que resultaron de gran provecho en la física del estado sólido. Partículas y materia condensada, áreas muy alejadas entre sí hace algunos años, se han ido acercando con un mutuo enriquecimiento. Ambas han ampliado su visión al compartir la utilidad de nuevos conceptos y técnicas tales como grupo de renormalización, rotura total o parcial de simetrías, teorías de campo medio, autosimilaridad, y conmensurabilidad e inconmensurabilidad de reticulados.

Los trabajos hechos por este grupo incluyen: aplicación de la aproximación de Bethe-Peierls para modelos lagrangianos y hamiltonianos sobre la red; un estudio variacional de la teoría SU (2) de medida sobre la red; cálculo de campo medio para el modelo Z (2) de Higgs para las teorías locales U (1) y SU (2) mixtas; teoría de medida SU (2) mixta y teoría SU (3) mediante la aproximación de plaqueta media; modelos SU (N) x SU (N) quirales sobre retículos asimétricos con diferentes acciones; uso de nuevas técnicas hamiltonianas variacionales para modelos sobre la red; estudio de la teoría Z (2) con fermiones en el límite de acoplamiento fuerte; relación de las aproximaciones de campo medio con la cuantificación estocástica; desarrollo de la cuantificación estocástica de las teorías U (N) y US (N) locales sobre la red y las ecua-

ciones de Langevin para los lazos de Wilson; cuantificación de los modelos sigma no lineales O (N); estudio numérico de la distribución de superposición entre estados puros en la fase de vidrio de spin; estudio de Monte Carlo de la ruptura de supersimetría en dos dimensiones y cálculo de los estados ligados entre protones y monopolos magnéticos y su influencia en el efecto Rubakov.

FISICA DE COLISIONES ATOMICAS

Constituye un área de interés permanente tanto por su aporte a los conocimientos básicos de la estructura atómica como por sus importantes derivaciones tecnológicas.

Las áreas de estudios teórico-experimental tratadas se refieren a física de superficies, implantación iónica, espectroscopía de retrodispersión, pérdida de energía de iones al atravesar sólidos delgados y emisión en electrones por blancos sólidos y gaseosos bajo bombardeo iónico.

Los trabajos experimentales realizados comprenden el estudio de los blancos de Na, Mg y Al por emisión Auger bajo bombardeo de Ne, la excitación del proyectil en colisiones de iones de gases nobles sobre blancos sólidos, así como también la implementación de la técnica de espectroscopía por retrodispersión de iones de baja energía y el estudio de desorción de O de superficies metálicas.

En lo referente a desarrollo de equipos continuó el diseño, construcción, montaje y prueba de diversos elementos que constituirán un espectrómetro por tiempo de vuelo (T.O.F.). Se mejoraron las condiciones de aislación y vacío en el acelerador KEVATRITO de 100 kV. También quedó completada la instalación de una cámara de colisiones en aquel acelerador.

Prosiguieron los estudios sobre emisión de electrones capturados a estados del continuo del proyectil en colisiones ión-sólido e ión-gas. Se realizaron mediciones utilizando la técnica de coincidencias para discriminar el estado de carga del proyectil asociado al electrón.

Se completaron estudios sobre la influencia de un blanco gaseoso extenso sobre las determinaciones de secciones eficaces doblemente diferenciales (energía y ángulo) para las colisiones ión-gas con emisión de electrones capturados a estados del continuo del proyectil. Se obtienen así perfiles tridimensionales corregidos de la sección eficaz experimental.

Fueron realizadas mediciones detalladas de las distribuciones en ángulo y energía de haces de protones después de su interacción con una lámina de oro, observándose asimetrías no predichas por los modelos teóricos.

Se realizaron cálculos para determinar la contribución de la dispersión múltiple a la variación de la dependencia angular de la pérdida de energía con la energía de colisión para el sistema protón-Al.

Desde el punto de vista teórico se evaluó el comportamiento de la emisión cinética de electrones secundarios en colisiones ión-sólido, la pérdida de electrones en colisiones de H⁻ con gases nobles, los procesos electrónicos en colisiones con formación de núcleos compuestos, los efectos de campo eléctrico sobre la pérdida de energía de partículas en plasmas y la dependencia con el parámetro de impacto de la transferencia de energía de un protón a un átomo en un sólido.

FISICA DEL SOLIDO Y MATERIA CONDENSADA

El estudio de las propiedades de la materia condensada abarca un número grande de áreas considerablemente interconectadas tanto teóricas como experimentales. Muchas de las técnicas utilizadas se desarrollan en la CNEA con un doble objetivo: uno, de investigación en el campo específico y otro, de servicio técnico de apoyo para otros grupos de investigación, que lo utilizan en forma complementaria. Tal es el caso del Laboratorio de Bajas Temperaturas (que brinda además un servicio de criogénicos), de análisis de estructuras cristalinas, de espectroscopía vibracional, de espectroscopía Mössbauer, de preparación de muestras, etc. La interacción y el intercambio de conocimientos y servicios se extienden a menudo a otras instituciones creando un clima de cooperación y un entrenamiento para tareas de tipo interdisciplinario.

Bajas temperaturas

En este laboratorio del CAB se continúan las siguientes líneas:

Materiales amorfos: se estudiaron propiedades superinductoras de aleaciones amorfas de distintos materiales (corrientes críticas, campos críticos). Los resultados experimentales indican que las fuerzas de anclaje de los vórtices son muy sensibles a la homogeneidad del material. Los efectos de recocido disminuyen las corrientes críticas por debajo de las menores registradas en la literatura. Los sistemas metálicos amorfos producidos en el laboratorio son muy homogéneos y se verificó que los tratamientos térmicos no estimulan procesos de nucleación y crecimiento. Los defectos presentes no son capaces de destruir el orden de largo alcance de la red de vórtices lo que permite encarar la investigación de fenómenos colectivos en ella. Los resultados muestran ade-

más que las láminas superconductoras se comportan como sistemas bidimensionales con respecto a la red de vórtices. Esto último abre la posibilidad de verificación de predicciones teóricas de distintos modelos, que se estudian paralelamente en el grupo de Teoría del Sólido. Lo mismo ocurre en el campo de superestructuras superconductoras artificiales, que posibilitan el estudio de los efectos de la periodicidad controlada sobre los sistemas físicos. Este programa se inició en 1984 en colaboración con científicos franceses. En el futuro las muestras provistas por Francia serán estudiadas en el CAB.

Se estudiaron también las propiedades térmicas a bajas temperaturas del sistema CePd₃B_x que en función de la concentración del intersticial boro muestra una transición de un estado de valencia intermedia para el cerio a un estado trivalente (magnético). Las mediciones de la pendiente de curva del calor específico indican la presencia de fermiones pesados.

Transiciones martensíticas en compuestos de tierras raras (TR) InAu₂: se encontró una fuerte dependencia de la temperatura de la transición con el tamaño del átomo de TR. En la medición del calor específico del CeInAu₂ fue observada una alta densidad de estados y una transición magnética fuertemente dependiente del campo a T = 1 K.

Impurezas magnéticas en torio superconductor: se midió el calor específico de ThMn y ThCr para reconocer el incremento de la densidad de estados por la presencia de una impureza.

Continuaron las tareas dentro del marco de cooperación franco-argentina y germano-argentina; se completó la puesta en funcionamiento de un magnetómetro de balanza, en colaboración con el Laboratorio de Resonancias Paramagnéticas.

Resonancias magnéticas

Este programa de investigación se refiere fundamentalmente a la comprensión de las propiedades magnéticas de sólidos mediante mediciones de resonancias magnéticas (EPR, ENDOR) y de magnetización. Los trabajos finalizados en 1984 comprenden análisis de las interacciones hiperfinas transferidas de Yb³⁺ en fluoritas y el efecto de distorsión inducido en la red; análisis de los estados intermedios entre dos fases magnéticas, caso de GdVO₄; análisis de las propiedades magnéticas del vidrio de spin Ag-Mn, y su dependencia de la adición de impurezas magnéticas y no magnéticas; puesta en operación de un magnetómetro (tipo Faraday) y medición de distintos compuestos hasta 14 K; medición de resistividades aplicando pulsos de ten-

sión entre 90 K y 120 K. También fue desarrollado un formalismo que permite derivar, de primeros principios, los hamiltonianos modelo utilizados en resonancia paramagnética electrónica.

En este campo existen amplias posibilidades para tareas interdisciplinarias, desde física teórica básica hasta biología y aplicaciones a la medicina (un ejemplo es la espectroscopía de resonancia magnética nuclear, con la cual, las diferencias existentes en los tiempos de relajación spin/red permiten identificar tejidos anormales en organismos vivos). Estas aplicaciones que recientemente se están implementando en centros de avanzada darán nuevos y seguros métodos de diagnóstico.

Cristalografía. Análisis de estructuras cristalinas

Dentro de la línea general de relación entre estructuras cristalinas y propiedades físicas de sólidos cristalinos y sus modificaciones por acción de diferentes agentes físicos, este grupo se ocupa del análisis cristalográfico utilizándose técnicas de difracción de rayos X y de electrones. Los materiales estudiados presentan en la mayoría de los casos transformaciones de fase (criolitas de calcio, formiato de estroncio hidratado, fosfato de uranio crecidos por el método en gel, ferrocianuros de rubidio y potasio).

Espectroscopía vibracional

Dentro de la línea general antes mencionada se realizaron estudios de anchos de banda Raman de muy alta resolución y se avanzó en la preparación de muestras para obtener espectros Raman de cristales de gases nobles impurificados.

Espectroscopía Mössbauer

Con relación a la investigación de materiales inorgánicos, prosiguió el estudio de cerámicos y areniscas y dentro de la línea biológica comenzó la medición de muestras de sangre de enfermos talasémicos.

Medición de propiedades de transporte y análisis térmico

El trabajo se centró en el estudio de materiales cristalinos que presentan transformaciones de fase incommensuradas con el fin de observar sus modificaciones por efecto de irradiación con haces de iones del acelerador TANDAR.

Física de metales

El espectro de actividades de este grupo es sumamente amplio. Incluye estudios de investi-

gación básica en metales y semiconductores y otros que se describen aparte, bajo el rubro Investigación Aplicada.

El listado de la actividad en los temas citados comprende:

Laboratorio de Semiconductores (LASEM). Comenzó el estudio teórico de distribución de alcance de iones implantados en muestras de silicio monocristalino. Se calcula el perfil implantado en función del tipo y energía del ión incidente por medio de una función de distribución tipo Pearson IV que ajusta mejor los datos experimentales que una distribución gaussiana. Se pretende generalizar el método para distintos iones incidentes, energías y tipos de sustrato. Como infraestructura del laboratorio, finalizó la construcción de un criostato para trabajar a temperatura de helio líquido, faltando aún su montaje y prueba final.

Laboratorio de Fricción Interna. Se estudió el efecto de deformación plástica previa sobre los picos de fricción interna a altas temperaturas medidos a medianas y bajas frecuencias en aleaciones de aluminio. Continuaron las mediciones de fricción interna a frecuencias bajas y medias por torsión, y a alta frecuencia en flexión, de aceros inoxidables 304 L con y sin laminación en frío para detectar los efectos anelásticos de la matriz austenítica y de las fases martensíticas ϵ' y α' iniciadas por deformación.

Grupo Transformaciones de Fase. Fueron analizados por microscopía electrónica precipitados de no equilibrio en muestras de Cu-Zn-Al templadas desde 400° C hasta 700° C a temperaturas arriba o abajo de la transformación martensítica.

Se estudió el efecto del envejecimiento sobre la estructura cristalina de la martensita en aleaciones de Cu-Zn-Al. Por difracción de electrones pudo observarse una disminución de la monoclinicidad con el tiempo de envejecimiento en martensita 18R y 6R. En los diagramas de difracción fueron encontrados puntos extras. De su análisis, surgió que se deben o a difracción doble o a una modificación de la estructura martensítica. Se realizaron experimentos para analizar cuantitativamente la estabilización de la martensita y la recuperación en la fase β de Cu-Zn-Al. Fue ampliado el estudio de fatiga a través de la transformación martensítica inducida en Cu-Zn-Al, a temperaturas de trabajo alrededor de la de aire líquido, encontrándose diferencias relevantes con la respuesta del material a mayores temperaturas. Comenzaron estudios de fatiga en Cu-Zn-Al, induciendo la martensita por compresión, en particular, sobre los efectos del ciclaje sobre el volumen del material.

Se incorporó como nueva línea de trabajo la simulación con computadora de fotografías de

microscopía electrónica. Constituye un avance considerable, y permite analizar dislocaciones en estructuras anisotrópicas, lo que no se podía llevar a cabo con las técnicas convencionales. Los trabajos de investigación se refirieron particularmente al análisis de defectos e interfases de las fases martensíticas y/o austeníticas en aleaciones de Cu-Zn-Al y Fe-Pt.

Se iniciaron ensayos con monocristales de Cu-Zn-Al para relacionar la plasticidad mecánica con la transformación martensítica.

Teoría del sólido

Los grupos teóricos tienen colaboración con el Laboratorio de Bajas Temperaturas y también con otros grupos experimentales (neutrones, resonancia magnética, partículas elementales, metales, estudio de cristales moleculares e iónicos).

En el área de propiedades electrónicas, continúa el trabajo en soluciones exactas de modelos de electrones, tales como de Hubbard dimerizado y Anderson periódico. Se completó la solución exacta de un modelo para impurezas que fluctúan entre dos configuraciones magnéticas, mediante el Bethe Ansatz, obteniéndose las propiedades del estado fundamental. Está en estudio la obtención de las propiedades termodinámicas.

En un modelo de fonones en sistemas de valencia intermedia, fueron calculadas relaciones de dispersión y anchos de línea.

En superconductividad, se trabaja en la obtención de los diagramas de fase de redes superconductoras desordenadas, por métodos de tri-diagonalización. Se estudian dichos diagramas en el límite de percolación, para establecer índices críticos y otros parámetros característicos. Se obtuvo una solución variacional para el campo crítico paralelo y perpendicular de superestructuras superconductoras, que se aplica a la interpretación de los experimentos en el Laboratorio de Bajas Temperaturas.

Las microrredes superproductoras, con o sin pinturas Josephson, son uno de los temas de más interés en la actualidad por sus posibles aplicaciones en microelectrónica y circuitos de computadoras en particular.

En un modelo de dislocaciones con dinámica de redes se obtuvo el límite elástico a 0 K de aleaciones diluidas.

Por otro lado, se estudiaron modelos magnéticos con interacciones de dos y cuatro cuerpos, usando técnicas de Monte Carlo. Se realizaron trabajos de termodinámica estadística sobre plasmas de un componente y transiciones orden-desorden en redes de cuadrupolos reorientables; se estudiaron las interacciones electrostáticas y anisotrópicas en general en cristales de moléculas

simples y comenzó el estudio de interacciones coulombianas de más de dos cuerpos desde el punto de vista formal y su aplicación a cristales sencillos. Además se trabajó en el cálculo de propiedades de sistemas inconmensurados, superredes y materiales adsorbidos.

Radiobiología

El objetivo fundamental del sector de Radiobiología es contribuir al conocimiento del efecto de las radiaciones sobre los seres vivos y al de los mecanismos involucrados en la reparación de daños inducidos.

Mediante los trabajos iniciados en 1984 con radiación ultravioleta cercano (UV-A), quedó completada la gama disponible de fuentes de irradiación de interés radiobiológico, la que abarca la radiación ultravioleta germicida, rayos X, gamma y partículas pesadas (alfa y deuterones) y que se proyecta integrar con la línea biológica del TANDAR, cuyo montaje se encuentra en fase preliminar.

Además de los trabajos realizados con las fuentes de irradiación antedichas, se investigaron efectos biológicos de compuestos radiomiméticos, otros contaminantes y la toxicidad derivada de compuestos de uranio.

Estas investigaciones se realizan empleando como sujetos experimentales desde mamíferos de laboratorio hasta bacterias y virus, pasando en la escala de organización biológica por la *Drosophila*, cultivos de tejidos y macrófagos.

El resumen sectorial de actividades que sigue a continuación muestra los avances en las variadas líneas de investigación en curso, comprendiendo aspectos fisiológicos, genéticos, bioquímicos, etcétera, que derivan en alteraciones en la división celular, mutaciones, pérdida de viabilidad, modificaciones ultraestructurales y otras.

Son destacables también las actividades cumplidas por los dos tipos de servicios que tradicionalmente cumple este sector, los de Irradiación y Dosimetría y el Bioterio.

Genética molecular

Se investiga el efecto de mutaciones que alteran la envoltura celular sobre la respuesta a las radiaciones y otras funciones de *Salmonella typhimurium*.

Quedó demostrado que ciertas mutaciones que causan forma celular esférica modifican la respuesta a la radiación ultravioleta (UV) cuando coexisten con mutaciones que confieren resistencia al antibiótico mecilina. En esas cepas se produce resistencia a UV debido a un aumento en la reparación por escisión, y se observa una marcada disminución en el contenido de proteínas de la membrana externa de la célula.

Se ha demostrado que la presencia de estreptomycin en medio alcalino inhibe el crecimiento, la división celular y la síntesis de macromoléculas en bacterias con resistencia ribosomal a ese antibiótico y se han hallado mutantes resistentes a dicho fenómeno.

Efectos somáticos

Las experiencias realizadas demostrarían la inducción de transformación neoplásica por un factor producido por células portadoras de un virus oncogénico activado por pasajes en hamsters irradiados. El mismo estaría incluido entre los factores de crecimiento y se obtiene del ultrafiltrado de un saco de diálisis conteniendo células neoplásicas.

Se aisló el virus oncogénico activado del medio de cultivo de las células neoplásicas por ultracentrifugación y gradientes de sacarosa. Las partículas tienen un diámetro de 100 nm y las características de un coronavirus. El mismo procedimiento fue seguido para el aislamiento del virus previo a su activación.

Se obtuvo la adaptación a hamsters normales, naturalmente inmunes, a un tipo de virus de fiebre aftosa por pasaje de la partícula en animales irradiados.

Bioterio

El proyecto SPF (animales libres de gérmenes patógenos) prosiguió con el mantenimiento de colonias primarias de SPF de las cepas de ratón Balb/C, C3H/He, N:NIH-nu y Balb/C-nu. Quedaron habilitados dos cuartos-barrera aptos para la cría de animales SPF.

Fueron puestos a punto la tecnología de obtención, congelación y transferencia de embriones de ratón, primera etapa de un programa orientado a instalar un banco de embriones congelados de ratón y las técnicas de cultivo de embriones de ratón que se planea utilizarlos para el estudio de los mecanismos de persistencia de virus Junín y para ensayos de toxicidad y efecto de radiaciones.

Como es habitual el Bioterio produjo animales de experimentación convencionales, que fueron utilizados en distintos sectores de la CNEA y de otros centros de investigación.

Genética

Se estudió la influencia de pretratamientos con glioxal en la frecuencia de rupturas cromosómicas inducidas por rayos X en espermatozoides maduros, encontrándose que en las células pretratadas con glioxal el daño inducido fue significativamente mayor que en las que no lo fueron. Esto confirma nuestros hallazgos previos utili-

zando letalidad dominante y translocaciones cromosómicas e indica que el glioxal actúa como un sensibilizador a la acción de los rayos X.

Existen discrepancias sobre el efecto de las radiaciones ionizantes en la duración de la vida y la vida media de una población. Para contribuir a esclarecer este problema, se compararon cepas normales y cepas deficientes en reparación de daños por el mecanismo de escisión sometidas a irradiación. Fueron elaboradas tablas de vida y el análisis de las curvas sugiere que el sistema de reparación por escisión desempeña un papel importante en el mantenimiento de la vida de una población irradiada.

Patología

Se desarrolló una metodología para la cuantificación de reacciones histoquímicas a nivel de microscopía electrónica, utilizándose lisosomas de riñón en los que se demostró la actividad de la fosfatasa ácida.

Aplicando el método de cuantificación de vascularización y permeabilidad vascular, se encontró una relación entre la dosis y las alteraciones del calibre, volumen y permeabilidad vascular, en irradiaciones agudas de piel de ratas recién nacidas.

En estudios tendientes a determinar el efecto del uranio sobre la formación y crecimiento del hueso, se comprobó que una dosis baja, a largo plazo, disminuye dicha formación en ratas jóvenes.

Continuó el estudio de los cambios morfológicos producidos por distintos compuestos de uranio aplicados en forma epicutánea, determinándose los cambios sobre los queratinocitos basales, las glándulas sebáceas y el folículo piloso.

Fue estudiada la incorporación de UO_2 en células en cultivo, evaluándose la respuesta en función del tiempo de contacto con el metal pesado.

Se puso a punto el cultivo de macrófagos a partir de alvéolos pulmonares de rata utilizándose para analizar la respuesta celular frente a compuestos de uranio.

El estudio, la cinética celular y los mecanismos de regulación hormonal en epitelio vaginal fue realizado utilizando estrógenos y progestógenos. Se determinaron en este mismo epitelio los distintos estadios de estratificación y diferenciación celular utilizando tinciones especiales y reacciones inmunohistoquímicas.

Con el fin de caracterizar la respuesta de un modelo *in vivo* a la irradiación con partículas alfa fue utilizado el Sincrociclotrón de la CNEA. El mismo tipo de irradiación fue usado para estudiar respuestas enzimáticas (succinato deshidrogenasa, citocromooxidasa y glucosa-6-fosfato deshidrogenasa).

Se estudió la respuesta de la epidermis total y de diferentes subpoblaciones de queratinocitos en función de la dosis y los tiempos postirradiación. El incremento en los polipéptidos fue de 56 y 50 kdalton con dosis de 20 a 160 Gy de rayos X a los 3 días postirradiación. Con radiación alfa (40 Gy) fue observado un efecto similar, con un máximo a los 10 días postirradiación, y recuperación posterior del epitelio.

Radiomicrobiología

Continuaron las investigaciones sobre el daño inducido por UV-A (365 nm) en *E. coli*, analizándose alteraciones en la división celular asociadas con modificaciones en proteínas y fosfolípidos de membranas.

Se determinó que la demora en el crecimiento, inducida por la irradiación, se asocia con alteraciones en las cantidades relativas de lipoproteínas y el retardo en la actividad de algunas enzimas periplásmicas.

Las condiciones de cultivo modifican la eficiencia de los mecanismos de reparación. La presencia de etanol o sacarosa en medios postirradiación acentúan el daño, mientras que la incubación de 40° C estimula la reparación.

Irradiación y dosimetría

Continuó la prestación de los servicios de irradiación con rayos X para el sector y para usuarios externos.

Continuaron las irradiaciones en el Sincrociclotrón con partículas alfa de 55 MeV, lo que permitió estudios sobre los siguientes modelos biológicos: evaluación del daño en las matrices de folículos pilosos y estudio de acantosis y cuantificación enzimática en colas de ratas Wistar; evaluación de sobrevivencia de bacterias irradiadas; cuantificación enzimática y análisis del daño por irradiación a nivel de pequeños vasos sanguíneos en mejillas y evaluación de proteínas en planta de patas de ratas Wistar e irradiación de macrófagos alveolares *in vitro*.

Prosiguió el estudio de caracterización de detectores de estado sólido para trazas nucleares, utilizándose particularmente Makrofol E de 300 µm de espesor.

Se puso a punto una técnica de rélica en SSNTD para distintos iones pesados obteniéndose perfiles de ataque químico hasta una resolución del orden de 10 Å. Con esta evidencia experimental se pudo fundamentar una teoría general que describe tanto la zona de daño primario como la del material virgen.

Se ha continuado con la construcción de la línea externa para aplicaciones radiobiológicas del TANDAR.

Fue completada la evaluación radiológica de toda la instalación asociada al proyecto TANDAR sobre la base de las dimensiones finales de la construcción y de los certificados de obra de los materiales utilizados.

Biomatemática

El grupo de biomatemática obtuvo dos éxitos: uno teórico y otro aplicado, ambos relativos a un nuevo concepto sobre bajas energías ligadas a la materia.

La matemática desarrollada responde a la teoría de reticulados, mediante la cual se explican estados de la materia cuando ésta es irradiada con bajas energías durante tiempos definidos. El reticulado obtenido resultó con propiedades que lo definen como pseudocomplementado relativamente, lo cual permitió inferir que la operación Heytin resultante debe corresponder a nuevos procesos, reales y experimentales, que son posibles de realización, y que hasta el presente se encuentran inéditos. Este reticulado permitió explicar experiencias biológicas en las cuales se producen incrementos de las velocidades de reacción por sobre los valores normales. En apoyo a los hallazgos, también el reticulado fue aplicado a comportamientos sociales específicos, los que a su vez permitieron comprender más acertadamente las propiedades asignadas a la energía (extrínseca) ligada a la materia.

La investigación aplicada fue experimental. Permitted verificar una propiedad de la energía extrínseca, la que concierne a la preponderancia de valores de cantidades de energía conformando una curva continua. Esto ha dado énfasis a los desarrollos teóricos y, a la vez, ha producido marcado interés desde otros laboratorios para la realización de trabajos conjuntos.

Radioquímica

Se han realizado tareas de investigación básica a través del grupo de Investigaciones Radioquímicas y tareas de aplicación y servicios a través del de Desarrollos Radioquímicos.

El primero de ellos, realiza dos actividades: determinaciones experimentales, y sistematización, compilación y banco de datos. El objetivo lo constituye la obtención, análisis, sistematización y archivo de datos nucleares obtenibles a través de técnicas propias de la radioquímica y química nuclear, destinados a la evaluación de teorías y modelos sobre mecanismos de reacciones nucleares en el campo de la ciencia, y para diferentes desarrollos y controles en el campo de la tecnología.

Se mantuvieron las tareas destinadas al cumplimiento de los convenios suscritos anteriormente con el Kernforschungszentrum de Karlsruhe (KfK) de la República Federal de Alemania.

nia, y con la Comissao Nacional de Energía Nuclear de la República Federativa de Brasil y, con respecto a la edición y archivo de datos nucleares, siguió el intercambio normal con centros especializados (National Nuclear Data Center, Brookhaven National Lab. y Nuclear Data Group, OIEA).

Con respecto a las determinaciones experimentales, se siguió con la obtención de valores de secciones eficaces, funciones de excitación, rendimientos de blancos gruesos irradiados en el ciclotrón del KfK y relaciones isoméricas; se estudiaron las reacciones producidas por el bombardeo de plata, oro, paladio, y niobio con partículas alfa, y se analizaron los pares isoméricos del ^{110}In de 4,9 h y de 69 min y del ^{108}In de 58 min y 3,9 min.

En cuanto a sistematización, compilación y banco de datos, se siguió trabajando en el análisis sistematizado y compilación de datos para reacciones (α, xn) y ($\alpha, x\alpha yn$) así como de los pares de isómeros nucleares producidos por las primeras. Para ello se utilizan datos propios y de otros investigadores, así como cálculos sobre la base de modelos teóricos para establecer características que arrojen luz sobre las reacciones nucleares involucradas y al mismo tiempo permitan una más correcta compilación y archivo.

Continúa la compilación de los datos obtenidos, de interés para la producción de radioisótopos de uso médico obtenibles mediante máquinas aceleradoras de partículas.

El segundo grupo ha realizado desarrollos de métodos radioquímicos y químicos nucleares destinados a diferentes aplicaciones en tareas propias y de otros grupos de trabajo y a la prestación de servicios externos. Continuaron los trabajos sobre un método no electrónico de detección de fragmentos de fisión, el estudio de la cinética del intercambio isotópico, dosimetría de partículas cargadas por detectores plásticos, fluximetría de partículas cargadas por cámaras colectoras de iones, detectores de neutrones por activación y programas especiales de cálculo para el análisis de espectros gamma.

Como aplicaciones, 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 mediante espectros gamma de composiciones de combustibles nucleares, y el estudio de intercambio isotópico

entre algunos elementos y sus complejos con el ácido nitrilotriacético.

En cuanto a los servicios, finalizaron los estudios, de lixiviación por agua de los residuos radiactivos generados en la operación de centrales nucleares y solidificados en diferentes mezclas especiales para su almacenaje. Asimismo fue puesto en operación un servicio de monitoreo de plomo en aerosoles, destinado a cubrir necesidades de la industria en relación con la protección de los trabajadores y del medio ambiente

QUIMICA DE REACTORES

Continuaron los estudios referidos a las propiedades de las interfases de óxido metálico-agua en soluciones acuosas caracterizando el fenómeno de absorción de diversos agentes complejantes sobre óxidos de hierro y se estableció un modelo general de quimisorción en dichos sistemas. Prosiguió el estudio de los mecanismos de formación de óxidos de hierro por hidrólisis en diversas condiciones químicas así como sus mecanismos de transformación hidrotérmica de fase. Se continuó con el proyecto de degradación hidrotérmica de los carboxilatos empleados en procesos de limpieza química.

Se propuso un modelo general de disolución reductiva de magnetita que tiene en cuenta los diversos sistemas de interés en descontaminación. Se puso en evidencia la importancia de la complejación superficial y en solución como efectos coadyuvantes o contrapuestos. Se encaró el estudio de la determinación de constantes de equilibrio de los compuestos involucrados en la evaluación de las concentraciones de los agentes descontaminantes. Estos trabajos están estrechamente vinculados al transporte de actividad y la descontaminación química en reactores nucleares.

Entró en funcionamiento un circuito de circulación para optimización de parámetros de diseño de métodos de descontaminación suaves regenerativos. Concluyó la confección de los protocolos de ensayos de calificación de procedimientos de limpieza química. Se comparó la eficiencia de procedimientos de proveedores extranjeros con los desarrollos propios. Se estudió el comportamiento químico y la estabilidad de soluciones de limpieza química. Fueron analizados diversos inhibidores de corrosión aptos para procesos de descontaminación.

Continuaron los estudios fisicoquímicos de fluido a alta temperatura y presión. Se estableció un sistema de calibración para sensores de temperatura, ya sean termocuplas o termómetros de resistencia de platino, en el intervalo 300-700 K. Este desarrollo es esencial para extender los estudios experimentales a temperaturas mayores. Fue modificado el diseño de la celda de

volumen variable para estudiar el sistema $\text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ hasta la cercanía del punto crítico. El comportamiento termodinámico de sistemas multi-componentes en equilibrio líquido-vapor ha sido resuelto hasta 600k mediante cuidadosos métodos de tratamiento termodinámico de datos experimentales. Se efectuaron estudios mecánicos estadísticos para poder realizar una formulación de propiedades termodinámicas de fluidos multi-componentes sobre la base de sus características moleculares, tamaño, forma y tipo de interacciones.

Con respecto a los intercambiadores iónicos, fue completado el estudio del sistema borato-hidróxido a nivel laboratorio, en condiciones estáticas y dinámicas, pudiéndose predecir el comportamiento observado, tanto en soluciones ácidas como alcalinas, utilizando las constantes del intercambiador determinadas.

Prosiguió el estudio de las propiedades de electrolitos en solución acuosa. Se completó la puesta a punto de un equipo dilatómetro para determinar densidades de electrolitos en amplios intervalos de temperatura; el método permite trabajar en condiciones isobáricas controladas por un transductor de presión. Fue desarrollado un modelo termodinámico para describir la concentración de especies, fundamentalmente iónicas, en los distintos componentes que conforman los circuitos secundarios de centrales nucleares. Este modelo permite también la predicción del medio químico en zonas de flujo restringido en los generadores de vapor. Comenzó el estudio conductimétrico de mezclas de electrolitos disueltos en agua.

En lo referente a los proyectos de electroquímica, continúa el estudio del mecanismo de descontaminación electroquímica, se están realizando ensayos para determinar electroquímicamente la sensibilización térmica de aceros inoxidables y la acción del MOS_x en la corrosión del acero inoxidable en medio acuoso.

La puesta a punto del sistema para medir coeficientes de distribución de sustancias volátiles y no volátiles en el equilibrio líquido-vapor del agua quedó finalizada.

Continuando con el estudio de radiólisis de soluciones acuosas fue completada la etapa experimental del estudio de la influencia del gadolinio en la radiólisis de soluciones acuosas de nitrato, tema de gran interés en los reactores tipo CANDU que utilizan nitrato de gadolinio como veneno líquido en el moderador. Los resultados obtenidos indican que en las condiciones de dichas centrales, la radiólisis que ocurre no se ve influenciada por la presencia de gadolinio.

Comenzó el estudio de accidente por pérdida de refrigerante (LOCA) en un reactor de agua pesada presurizada, habiéndose realizado la construcción de celdas y columnas para la de-

terminación conjunta de deuterio e hidrógeno de sus soluciones radiolizadas.

Concluyó el estudio de la retención de hierro proveniente de mezclas de hematita y magnetita mediante un filtro magnético de bolitas lo que permitió conocer la operación de este tipo de separadores en situaciones similares a las que ocurren en el sistema secundario de una central nuclear y su utilización como dispositivo para la determinación aproximada de hierro magnético.

Se desarrolló el método de fabricación de empaquetaduras de alta presión para la máquina de recambio de elementos combustibles de la CNA I. Este es un insumo crítico para la operación de la Central que normalmente se importa. Se llevaron a cabo estudios de caracterización de propiedades estructurales, morfológicas y químicas de productos de corrosión del circuito primario. También se realizaron modelos para cuantificar entradas de aire en ese círculo.

Para descontaminar los pistones de las bombas TA de la CNA I fue desarrollado un método electroquímico de descontaminación y se estudió el comportamiento de los filtros a cartucho del sistema TA, determinando pérdidas de carga a través del filtro en función de la masa de óxido depositada y estableciendo que en las condiciones de operación de la Central, en ausencia de transientes, la permanencia de los filtros en servicio puede superar los seis meses.

En lo referente al sistema secundario de la CNA I, concluyó el estudio del transporte de los productos de corrosión, se estudió el comportamiento del fosfato y el sodio en los generadores de vapor durante las paradas de la Central y continuó la interpretación del sistema amoníaco-hidracina.

Se realizó un estudio de factibilidad para la determinación de ^{10}B en el moderador de la CNE y se asesoró sobre el uso de detergentes y sus efectos sobre la planta de tratamiento de efluentes.

Quedó completado el trabajo de laboratorio necesario para el diseño del sistema de retención de ^{14}C para la CNA II (KPM) y se montó a escala (1 : 1) un modelo para la determinación de parámetros de diseño.

PROSPECTIVA Y ESTUDIOS ESPECIALES

Energía solar

Concluyó el ensayo del prototipo —de laboratorio— del concentrador fijo a espejo facetado con la medición de su eficiencia en condiciones típicas de operación.

Continuó el diseño de un prototipo industrial con concentradores cilíndrico-parabólico para calentamiento de fluidos aptos para suministrar

calor a procesos industriales. A través de un contrato con INVAP SE., se realizó la ingeniería de detalle y fabricación de los concentradores. En relación con los espejos reflectores-concentradores, se puso a punto la técnica de doblado con la presión óptica requerida, se desarrolló y construyó un dispositivo original para la medición óptica de vidrios curvados, que no requiere su espejado previo y se diseñó y construyó un sistema que permite medir el coeficiente total de reflexión del espectro de radiación solar de los espejos.

En las tareas de orden teórico, se efectúan estudios de los valores límites del factor de concentración y de la distribución de intensidades en receptores cilíndricos de sección circular para concentradores cilíndricos-parabólicos no perfectos y en plano receptor de concentradores paraboloideos de revolución.

En el campo fotovoltaico, continuó la etapa de "Asistencia Preparatoria" otorgada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en el marco del proyecto Naciones Unidas-CNEA, a fin de elaborar un proyecto de asistencia técnica para la construcción de una planta piloto destinada a la fabricación de paneles fotovoltaicos en la Argentina. Con la asistencia de tres expertos de las Naciones Unidas fueron discutidas las posibles líneas de obtención de silicio grado semiconductor y solar; el crecimiento de monocristales por el método de Czochralski o de solidificación de bloques policristalinos y las diferentes tecnologías existentes, sus costos y perspectivas para la fabricación de celdas y paneles. Asimismo, continuó la formación profesional en teoría de física del estado sólido orientado a semiconductores.

Por otra parte se diseñaron y ejecutaron modificaciones de la instalación de agua caliente por medio de energía solar instalada en la Fábrica de Aleaciones Especiales y se inició la recolección sistemática de información sobre el funcionamiento del sistema.

Además continuó el asesoramiento a la Empresa Provincial de Energía de Córdoba en el anteproyecto de un edificio a construir en Villa Carlos Paz y aspectos vinculados al ahorro de energía y aprovechamiento de energía solar.

Fusión nuclear

Continuó el estudio sobre configuraciones toroidales compactas de confinamiento magnético de plasmas producidas con el theta pinch de la CNEA. Desde el punto de vista experimental, el progreso más significativo consistió en la determinación del régimen operativo de la máquina, lo cual es necesario para obtener una adecuada reproductibilidad de las condiciones del plasma en sucesivos disparos. Sobre esta base se comenzó un estudio relativo a las condiciones iniciales del plasma durante la etapa de formación del

toroide compacto, utilizándose a tal efecto técnicas espectroscópicas de medición y fotografía ultrarrápida. También se avanzó en la implementación de técnicas de medición sobre la base de sondas magnéticas y lazos diamagnéticos. Las actividades teóricas continuaron centradas en el estudio del equilibrio y la estabilidad de configuraciones toroidales compactas.

Reactores de fisión avanzados

Actualmente se está realizando una evaluación crítica del estado de la tecnología de los reactores reproductores a nivel mundial, así como su implicancia en relación con la prospectiva de la energía nuclear en la Argentina.

DESARROLLO

TECNOLOGIA DE REACTORES NUCLEARES

Diseño y Operación de Reactores

En el RA-3, la aplicación desde comienzos de año, del Manual de Garantía de Calidad, encuadra a sus instalaciones en una nueva concepción de la seguridad radiológica nuclear y convencional.

Si bien adecuarse a la nueva situación significó postergar la rutina operativa por espacio de diez meses, debe destacarse el salto cualitativo experimentado por actividades vertebrales como son operación, seguridad y mantenimiento, que pasan a cumplirse con arreglo a procedimientos de trabajo debidamente documentados; acompañado esto por el perfeccionamiento técnico del personal que tuvo a su cargo el proceso de planificación y ensayo de estas normas.

Una innovación igualmente beneficiosa ha sido la demarcación y señalización codificada de áreas y sistemas.

Durante el receso impuesto, se llevaron a cabo diversos análisis de la instrumentación convencional y nuclear, y las instalaciones fueron sometidas a inspección. Pudo así componerse un pormenorizado cuadro del estado general de la planta y ejecutar a partir del mismo las tareas de mantenimiento correctivo.

Hacia mediados de noviembre, las condiciones de la instalación fueron favorables para su operatividad, lo que permitió comenzar con las experiencias de marcha que se continuó alternativamente hasta fines de diciembre. Como resultado, se aseguró la disponibilidad del reactor para el cumplimiento del Plan Operativo 1985.

El proyecto de actualización de los reactores RA-1, RA-2 y RA-3 continuó desarrollándose, tocando a su fin el diseño de ingeniería básica y de detalle de diversos sistemas. Continuaron los trabajos de instalación de nueva instrumentación y consolas de comando.

Se perfeccionó la documentación exigida por el CALIN y se obtuvo la autorización para reanudar la operación, estableciéndose el sistema de mantenimiento correctivo y preventivo, y el sistema de control de documentación.

El RA-6 instalado en el CAB operó durante un total de 167 horas, que incluyen las dedicadas a pruebas operacionales, experimentos de cátedra para el Instituto Balseiro y propios, análisis por activación neutrónica, prueba de combustibles nucleares y entrenamiento.

Utilizando el reactor, se realizaron experimentos para el V Curso Internacional de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear así como para otros cursos internos.

Se está trabajando en la instalación de una torre meteorológica y en la adquisición y procesamiento de datos, en la instalación de un sistema VHF de comunicación y en mediciones de flujo en el núcleo y comparación con ciclados.

Líneas de investigación

El grupo de análisis por activación neutrónica, construyó parcialmente el equipo para determinación de uranio por conteo de neutrones retardados.

En la columna térmica externa del RA-6 fue construida una instalación para neutrografía.

Con relación al tema de ruido neutrónico se desarrollan programas para generación de ruido blanco, correlación "on-line" y generador de filtros digitales.

Con respecto a los problemas de vibraciones mecánicas se completó la instrumentación de la bomba del primario, la construcción del banco de pruebas y se desarrollaron los programas de computadoras para la evaluación de las mediciones.

Se hicieron los cálculos neutrónicos y termohidráulicos preliminares para el aumento de potencia del RA-6.

Se efectuaron experimentos de control estocástico digital directo del sistema multivariable existente en los laboratorios del RA-6.

Se completó la primera etapa del desarrollo de tecnología de diseño termohidráulico básico de generadores de vapor de centrales nucleares.

Con relación a investigaciones de fenómenos de transferencia térmica, se simulaban experimentalmente las temperaturas en la zona de apoyo de patines de elementos combustibles CANDU.

Asimismo, se trabajó en dinámica de sistemas termohidráulicos y se diseñaron experimentos dentro de los programas del Instituto Balseiro.

INSTRUMENTACION Y CONTROL

Esta actividad tiene como objetivo la normalización, desarrollo, construcción, instalación,

puesta en marcha y mantenimiento de sistemas y equipos electrónicos de medición y control.

En el área de instrumentación de reactores prosiguió, entre otras tareas, el rediseño y actualización de varios de los componentes modulares del sistema desarrollado oportunamente para los reactores RA-6 y RP-10. Se proveyó a la CNE un corrector de indicación de posición para su máquina de recambio de combustible.

Se realizaron tareas relativas a la instrumentación del Centro Atómico Perú y la CNA II, detalladas en este mismo capítulo bajo el epígrafe de Proyectos de Desarrollo de Tecnología. En el campo de sistemas de detección de radiaciones, se ha trabajado en el desarrollo de cámaras de ionización gamma y de procesos necesarios para la producción de cámaras de ionización compensadas y de detectores autoenergizados, tales como soldaduras especiales y fabricación de cables de aislación mineral. Continuó el apoyo a otras actividades, tanto en desarrollo y mantenimiento de instrumental como en servicios de ingeniería. Por su envergadura, merece destacarse la colaboración prestada a la Planta Experimental de Agua Pesada en la estructuración de sus lazos de control, analógicos y digitales.

Proyectos de desarrollo de tecnología

Continuaron las tareas relativas al sistema de instrumentación y control del Centro Atómico Perú, se continuó con la ingeniería de montaje y los procedimientos de puesta en marcha del sistema de instrumentación del reactor RP-10 del Centro Atómico Perú.

Se ha realizado el diseño básico de un soporte lógico para el movimiento de barras.

Quedó completada la ingeniería del suministro de la instrumentación de protección radiológica de la Planta de Producción de Radioisótopos.

Comenzó el Proyecto de Instrumentación para las Mediciones Neutrónicas en el Núcleo de la CNA II, analizándose la factibilidad de realizar el desarrollo de los equipos electrónicos asociados a los detectores autoenergizados de la mencionada central. Este se encontró viable, por lo que se prevé encarar su realización durante 1985.

CIRCUITO EXPERIMENTAL DE ALTA PRESION (CEAP)

El objetivo de este Proyecto es el ensayo de elementos combustibles, componentes críticos de reactores y bombas de gran potencia y caudal, la simulación de procesos termohidráulicos y mecánicos y la adquisición de experiencia

en los problemas característicos de la industria convencional.

Es así que durante 1984, operando esta instalación ubicada en el CAE, se prestaron a la CNEA y a la industria privada nuclear, principalmente los siguientes servicios de ensayos:

- Ensayo de durabilidad del elemento combustible CNA II, que forma parte del acuerdo CNEA-KWU para el desarrollo de los elementos combustibles de esta central; consiste en evaluar el comportamiento durante la estadía de 800 horas en el canal de ensayo.
- Ensayo de presión, torque, CV y ciclaje de funcionamiento de una válvula esclusa prototipo de 150 mm de diámetro s/900 lb/pulg²; éste forma parte de la utilización del circuito experimental, en el desarrollo y calificación de componentes para centrales de producción energética.
- Análisis termohidráulico del tramo moderador QM para la CNA I, cuyo objetivo fue determinar experimentalmente el comportamiento de la cañería de interconexión QM de la CNA I ensayando un modelo a escala.

El CEAP ha preparado además estudios y procedimientos para la realización de obras complementarias destinadas a nuevos ensayos, así como también el proyecto y programación de ellos, pudiéndose citar entre los más importantes:

Dispositivo para ensayo de desgaste en un canal de elemento combustible tipo CANDU.

Proyecto para la construcción de un circuito de ensayo de bombas y componentes del área nuclear y convencional

Ensayo de motores eléctricos de gran potencia.

TECNOLOGIA

MATERIALES

Desarrollo de materiales

En prosecución del programa de vigilancia del recipiente de presión de la CNA I, se diseñaron dispositivos e instrumental de medición.

Acerca del comportamiento de materiales bajo irradiación, entre otros, quedaron completados estudios de simulación por irradiación gamma de alta energía en aceros de la CNA I.

Con respecto a estudios en materiales y procesos de interés nuclear, se creó un grupo de trabajo sobre aleaciones con base circonio para canales de combustibles, el cual asesoró a la Dirección de Centrales Nucleares en su presentación

ante el Comité de Licenciamiento acerca de las conclusiones sobre la fractura de tubos de presión de la central nuclear canadiense Pickering 2 y su posible importancia para la operación de la CNE.

Con relación a los materiales destinados a elementos combustibles tipo placa de bajo enriquecimiento con núcleos aluminio-uranio y uranio-silicio y tipo CANDU, se puso a punto el proceso de fundición de las aleaciones y la fabricación de polvos de ellas, obteniéndose luego productos compactos para su posterior laminación.

Continuó el trabajo en la fundición de soportes de elementos combustibles para el reactor RA-3 con aleaciones de aluminio-silicio-magnesio tratando de obtener piezas libres de defectos que cumplieran con las normas correspondientes.

Fue investigada la influencia del efecto del incremento de potencia en el extremo del elemento combustible CANDU en cuanto a sollicitaciones mecánicas en servicio.

Se llevaron a cabo el IV Curso de Metalografía y Tecnología de Materiales a nivel de postgrado y el X Seminario Postdoctoral en Mecánica del Continuo y Microestructura, ambos con apoyo de la Organización de Estados Americanos a través del Proyecto Multinacional de Tecnología de Materiales OEA-CNEA. A nivel nacional y regional la CNEA colaboró con sociedades terciarias (Sociedad Argentina de Metales, Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, etcétera) en la organización de jornadas nacionales e internacionales y con la OEA en las II Jornadas Latinoamericanas de Metalurgia y Tecnología de Materiales y Reunión de Prospectiva de la Metalurgia.

Se calificaron materiales frente a la corrosión a alta temperatura para productos de fabricación de PPFAE y de FAE. También se realizaron estudios vinculando la textura de fabricación de tubos de aleaciones con base circonio con su comportamiento en servicio en centrales nucleares. Fue estudiado el comportamiento de tubos de aleaciones con base de circonio que estuvieron en servicio en centrales nucleares con relación a su textura de fabricación.

La asistencia técnica a la industria fue realizada a través del SATI, continuó el asesoramiento en el análisis de fallas y en el análisis de materiales para las CNA I y CNE mediante técnicas fractomecánicas, metalográficas, análisis de superficies y mediciones micro y macroestructurales de parámetros fisicoquímicos.

Continuó el desarrollo y utilización de códigos de simulación del comportamiento de elementos combustibles en servicio, para predecir la interacción dióxido de uranio-zircaloy y la oxidación de zircaloy en vapor de agua durante

transitorios y la influencia de la redensificación en la interacción combustible-vaina para un elemento combustible tipo CNA I.

Dio comienzo la caracterización de vidrios a utilizar en la vitrificación de los desechos radiactivos destinados al repositorio nuclear.

Se realizaron ensayos mecánicos, solicitados por ENACE S.A., para control de calidad de aceros para el recipiente de presión de la CNA II, y estudios de fragilización producida por hidrógeno en aceros destinados a la planta de agua pesada. Asimismo se iniciaron trabajos con súper-aleaciones con base níquel para componentes de turbinas.

Ensayos no destructivos

El Instituto Nacional de Ensayos no Destructivos (INEND) prosiguió su tarea de calificación y certificación del personal capacitado para la realización de estos ensayos, según lo prescripto en la norma IRAM-CNEA. También se han extendido certificados a soldadores calificados para realizar tareas especiales.

Para la inspección inaugural de la CNE se realizó la revisión minuciosa de la documentación existente y se elaboró el informe final de inspección que corresponden al sistema del circuito primario de calor, control de presión e inventario, refrigeración de emergencia del núcleo y de recuperación, refrigeración de parada, programa de inspección periódica y al convenio, normas, certificados y calibraciones de instrumentos, además de todos los procedimientos aplicables y los diagramas de los bloques de calibración utilizados durante toda la inspección.

Se realizó la inspección de la CNE en servicio durante la parada programada en el período octubre-diciembre, la que comprendió inspecciones visuales, exámenes por ultrasonido, partículas magnéticas tanto en componentes como en cañerías de los sistemas de refrigeración de parada, circuito principal de calor y de control de presión e inventario, además de ensayos por la técnica de corrientes parásitas en 382 tubos del condensador de la turbina.

Continuaron los trabajos de supervisión de los ensayos no destructivos realizados por las empresas subcontratistas durante la puesta en marcha de la CNE, durante su operación.

En cuanto a servicios de asistencia técnica a la industria, entre otros pueden citarse ensayos tales como de ultrasonido en rieles para Ferrocarriles Argentinos, de líquidos penetrantes en un compactador de circonio para PPFAE, de partículas magnéticas y medición de profundidad de fisuras e inspección de condensadores para empresas privadas, evaluación de procedimientos de inspección para Proyectos Agua Pesada y ensayos no destructivos en álabes de turbina.

A través del convenio CNEA-ENACE S.A., se participó en la inspección por partículas magnéticas y ultrasonidos de las soldaduras de la esfera de contención del edificio del reactor de la CNA II.

Proyecto regional latinoamericano de ensayos no destructivos

Este Proyecto Regional de las Naciones Unidas tiene como objetivo fundamental asistir a los países de América latina y el Caribe a reforzar, a través de una cooperación regional, su capacidad autónoma en END y la utilización eficiente de END para su desarrollo industrial y otras aplicaciones.

El Proyecto se inició en 1982 con seis países, actualmente son dieciséis los que han designado coordinadores e instituciones nacionales para participar en el mismo.

La Argentina ha apoyado fuertemente al Proyecto. Su sede —Oficina de Coordinación Regional— se encuentra en la CNEA, Gerencia de Desarrollo, C.A.C. Las normas de calificación y certificación para personal de END que se están elaborando para la región son un resultado directo de la iniciativa tomada por el INEND, en cooperación con el IRAM para promulgar la norma nacional argentina.

Durante 1984, la Argentina fue sede de 3 cursos y seminarios regionales y además colaboró con 8 misiones de instructores regionales destinando 6 personas del INEND para actividades de entrenamiento en otros países de la región.

Proyecto planta piloto de fabricaciones de aleaciones especiales

El objetivo de este Proyecto es desarrollar la tecnología de fabricación de tubos de calidad y uso nuclear, y de semiterminados de aleación de circonio para su transferencia a nivel industrial. En ese sentido durante 1984 se continuó con las tareas de apoyo al proyecto FAE asumiendo este proyecto la responsabilidad de los trabajos de garantía y control de las partidas de vainas Atucha destinadas a la calificación del proceso de fabricación.

Por otra parte con respecto a la tecnología de fabricación de vainas Candu fueron completados los estudios metalúrgicos sobre el efecto de la ruta de fabricación en las propiedades, estableciéndose los parámetros del proceso. También se asumió la responsabilidad sobre las tareas de garantía y control de calidad para la elaboración conjunta con FAE de los primeros cinco mil metros de vainas Candu a ser calificados a nivel local.

Además durante el año se completó la segunda partida de tubos Candu remitida para su calificación a un fabricante extranjero de elementos combustibles. Estos tubos resultaron ser compatibles con el sistema de fabricación de dicha compañía.

También se remitieron a CONUAR las primeras entregas de tubos para iniciar pruebas de fabricación de elementos combustibles tipo CNA I y una partida experimental de rodajas para discos separadores y barras portantes, fabricados a partir de lingotes propios.

Continuó la fundición a nivel industrial de lingotes de zircaloy-4. A partir de la evaluación de los resultados de varias campañas de extrusión se procedió a preparar el pliego de especificaciones técnicas para contratar en la industria local todas las operaciones requeridas por el proceso de fabricación respondiendo a la necesidad de comenzar con las campañas de producción de TREX para su calificación.

Se desarrolló la recuperación de material "fino" de reciclado, obteniéndose resultados satisfactorios con la fusión de un lingote de reciclado.

Además quedó completada la puesta en marcha de la laminadora para tubos de grandes dimensiones, destinados a la fabricación de tubos de presión, calandria o canales de enfriamiento, laminándose satisfactoriamente tubos de acero inoxidable de dimensiones similares a las de los tubos arriba mencionados.

Fabricación de esponja de circonio

Continuó la construcción del módulo de 30-50 t/año. El montaje de la etapa del proceso Kroll registró un grado de avance del 90 %.

Química e ingeniería química

Continuaron los estudios básicos y el desarrollo de los procesos propios de los materiales de interés nuclear que constituyen la parte sustancial de los suministros para centrales nucleoelectricas: los trabajos realizados cubren tanto las investigaciones teóricas y los ensayos a nivel laboratorio como los estudios de ingeniería de proceso, cuyo objetivo final es la materialización de las instalaciones necesarias para la obtención, en escala industrial y con las características de calidad debidas, de productos uraníferos, materiales estructurales —en especial circonio— y agua pesada.

En lo referente al procesamiento de minerales de uranio, continuó el estudio de tratamientos físicos e hidrometalúrgicos de ciertos minerales de Colombia en virtud del acuerdo de cooperación con ese país y de algunos temas

vinculados al tratamiento de minerales argentinos (Yacimiento de Sierra Pintada).

Se desarrollaron dos métodos para permitir tratar en la planta de purificación nuclear concentrados de uranio con contenidos anormalmente altos de circonio.

En relación a la obtención de dióxido de uranio grado sinterizable, comenzaron los estudios de la técnica de lecho fluido y se optimizó la operación de lavado en la etapa de extracción purificativa por solventes.

Fue realizado el anteproyecto y la evaluación de la inversión requerida para una planta de obtención de uranil tricarbonato de amonio a partir de concentrados de uranio, con una producción anual equivalente a 150 Mg de dióxido de uranio.

Por otra parte, fue equipado el laboratorio de recuperación de ^{235}U .

Con relación al torio, elemento de futuro interés como combustible nuclear, fueron estudiados los antecedentes de su metalurgia extractiva y la de los lantánidos, con miras a evaluar la posibilidad del tratamiento de menas portadoras.

Continuó el estudio de la separación del hafnio del circonio con solventes aminados, con resultados satisfactorios en escala laboratorio por lo que se prevé la realización de ensayos en mayor escala. También se han registrado avances en la obtención de ese elemento por electrólisis en medios de sales fundidas. Asimismo, se completó el estudio del tratamiento superficial de tubos de zircaloy y se contribuyó en la confección de discos de empuje y en la formulación de lubricantes para su extrusión.

Se han llevado a cabo estudios sobre rellenos ordenados para la destilación de agua pesada, y otros de índole fisicoquímica sobre pH, desorción y absorción en el sistema $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2\text{O}$. Fueron evaluados antiespumantes no-iónicos para columnas de intercambio isotópico en ese sistema. También se obtuvieron conclusiones sobre pares galvánicos con acero inoxidable, fenómenos de erosión-corrosión, formación de capas protectoras de sulfuros, permeación de hidrógeno y efecto de ácidos politiónicos sobre el sistema H_2S acuoso-acero, todas ellas de aplicación en plantas de obtención del producto del rubro.

Se desarrollaron distintos métodos de análisis, entre ellos espectrométricos con dos nuevos reactivos cromogénicos para uranio, otros destinados a los estudios de inmovilización de residuos radiactivos y para análisis en recintos estancos. Se iniciaron actividades sobre aplicación de la espectrometría de rayos X inducidos por partículas cargadas (PIXE), se pusieron en marcha la mayor parte de los programas del sistema espectrométrico de la Fábrica de Aleaciones Especiales para uranio, aceros, circonio y

zircaloy, y se prepararon y certificaron patrones químicos de uranio en menas de procedencia nacional.

En el laboratorio de Espectrometría de Masas fueron desarrollados dos métodos para el análisis isotópico de boro, uno por ionización superficial y otro por chispa de radiofrecuencia pulsada; se estudió la composición isotópica de hierro luego de su irradiación por neutrones; se certificó la composición isotópica de una muestra de U_3O_8 argentino para su uso como referencia secundaria y se llevó a cabo un programa de intercomparación para obtener referencias del contenido de deuterio en aguas en el que intervinieron siete institutos de Europa y América.

Investigación aplicada

Acerca de materiales cerámicos convencionales, se efectuaron una serie de trabajos:

Desarrollo de técnicas de *slipcasting* y prensado en seco para la obtención de diversas piezas cerámicas y sinterización de ellas con óptimos resultados; tecnología para la fabricación de imanes isotrópicos y parcialmente orientados del tipo cerámico, obteniéndose especificaciones similares a las de imanes de importación. Se inició la etapa de transferencia tecnológica de estos procesos a la industria.

Desarrollo de un sensor de presión para el intervalo de 0-2 000 Torr con lectura digital. Un equipo de estas características se encuentra en uso con resultados satisfactorios para el llenado de detectores Geiger.

La técnica del metalizado de cerámicos de base alúmina por el proceso Moly-Manganeso fue perfeccionada obteniéndose uniones metal-cerámico con soldadura dura.

El desarrollo del método de moldeo de cerámicos por inyección permitió obtener piezas de formas complicadas, comprobándose la potencialidad de la técnica para ser usada en innumerables aplicaciones.

Comenzó el desarrollo de los procesos de obtención de fibras de carbono-grafito, habiéndose logrado fibras en condiciones controladas.

En lo que respecta a cerámicos de interés nuclear se estudió la fijación de residuos nucleares en matriz vítrea sinterizada y se obtuvieron resultados promisorios con los procesos de prensado en frío y sinterizado, y prensado en caliente (sinterizado bajo presión).

Con relación al procesamiento de compuestos de uranio terminó el montaje del laboratorio químico, se pusieron a punto métodos de gelación externa y gelación interna para la obtención de microesferas de U_3O_8 y UO_2 , se desarrolló un vibrador electromecánico para controlar tamaño de microesferas, y se com-

pletó la instalación del sistema de extracción y detección de contaminación de aire en chimenea.

En el área de la metalurgia se trabajó en el estudio y desarrollo de aleaciones de interés nuclear.

Se efectuó la determinación experimental del diagrama de fase ternario ZrNbAl. Quedaron completadas las mediciones de resistividad, metalografía y cálculo termodinámico.

Se realizaron evaluaciones microestructurales en aceros estructurales (CNA I) y ensayos mecánicos en aceros y aleaciones de aluminio a pedido de INVAP S.E.

Continúan los estudios referentes a la fabricación, estabilidad de fases y determinaciones microestructurales en aleaciones de Zr (X_L , ZrNbAl, $Zr_{2,5}Nb$) vinculados a la fabricación de componentes estructurales para reactores nucleares.

Se prepararon aleaciones base titanio. Obteniéndose muestras de la aleación Ti-6Al-4V, a las cuales se sometió a diferentes tratamientos termomecánicos, evaluándose las fases presentes con técnicas de metalografía y rayos X. Los resultados fueron correlacionados con otros similares obtenidos a partir de ediciones en álabes de turbina.

Termodinámica

Continuó el estudio de la fase alfa (hcp) del sistema circonio-oxígeno, en lo referido al cálculo de las correspondientes propiedades termodinámicas y diagramas de fase. Finalizó la evaluación del diagrama de fases del sistema Zr-Cr.

Semiconductores

Fueron realizadas mediciones de Espectroscopía de Transitorios de Niveles Profundos (DLTS) en silicio irradiado en el reactor RA-6 y en el acelerador lineal de electrones.

Se lograron espectros en sulfuro de cadmio mediante mediciones de transitorios de corriente producidos por pulsos luminosos. Fue obtenida la caracterización eléctrica de cristales de antimonio de indio crecidos en el laboratorio. Se ha preparado un trabajo sobre trampas profundas en yoduro mercurio.

Aceros

Con relación a la ferrita δ se investiga el control de esta fase durante la fabricación de aceros AISI 304 y 316.

Se colaboró con la búsqueda de solución para controlar la ferrita δ de los aceros inoxidables producidos por Altos Hornos Zapla (AHZ).

Se encontraron soluciones para las futuras coladas y se planificaron las experiencias necesarias para recuperar los lingotes ya preparados.

Fueron realizadas experiencias que indican la posibilidad de eliminar la ferrita δ por ciclos térmicos entre 1000°C y temperatura ambiente iniciándose trabajos para optimizar el proceso.

Martensitas en aceros inoxidables

Las martensitas en aceros inoxidables son objeto de un estudio para entender el mecanismo de formación de martensita α' y el ϵ por maquinado en aceros inoxidables con vistas al conocimiento de la fragilización por hidrógeno.

CuMnAl - Estudio de una transformación martensítica

Con el propósito de estudiar la interacción entre la transformación martensítica y el magnetismo, se prepararon aleaciones y monocristales para su medición.

COMBUSTIBLES NUCLEARES

Ingeniería de combustibles nucleares

Continuaron las tareas requeridas para el desarrollo y suministros de elementos combustibles para reactores de investigación.

Para el reactor RA-3, se realizó el diseño básico, la ingeniería de detalle y cálculos estructurales, y la guía de diseño para el licenciamiento de su elemento combustible.

Acerca de los reactores RP-0 y RP-10, se realizó la auditoría de la especificación básica de diseño.

Sobre el tema de fabricación de elementos combustibles con bajo grado de enriquecimiento (Proyecto ECBE), fue recepcionada la planta de fabricación de núcleos quedando en servicio el 90 % de lo previsto de sus líneas de trabajo. Se realizó el examen post-irradiación del segundo grupo de miniplacas, cuyos resultados fueron presentados en un simposio internacional.

Quedó completada la primera parte del programa de ensayos del elemento combustible para la CNA-II, realizada en el circuito de baja presión. Sobre dicha base se efectuaron las especificaciones y la ingeniería para el ensayo en el circuito de alta presión. Se evaluaron los resultados de las primeras 200 horas de pruebas incluyendo el análisis detallado de elementos combustibles.

Continuó el desarrollo de las técnicas de fabricación de elementos combustibles con óxidos mixtos para ser utilizados en reactores de potencia. Por primera vez se fabricó en el país un combustible nuclear mixto cumpliendo con las especificaciones internas, previamente aprobadas por el organismo licenciante de la República Federal de Alemania. El cierre del reactor MZFR en ese país impidió la irradiación de dicho prototipo, si bien posteriores gestiones permitieron evaluar un nuevo programa de irradiación en el reactor de Pebben.

Fueron realizadas tareas de análisis y factibilidad del uso de elementos combustibles ligeramente enriquecidos con ^{235}U y/o con óxidos mixtos tendiente a definir el programa definitivo y establecer un proyecto para la demostración y análisis final de la factibilidad de utilizar en las CNA I y CNA II combustibles enriquecidos con ^{235}U o con plutonio.

Se prestó a CONUAR la asistencia requerida para la producción de elementos combustibles para la CNA I.

Entre las tareas de calificación de procesos de fabricación de elementos combustibles e insumos, debe señalarse una activa acción en lo referente a vainas provenientes de PPF AE y el inicio de la calificación de la FAE.

Proyecto tratamiento de combustibles nucleares irradiados

Este proyecto tiene como objetivo obtener el dominio tecnológico del reprocesamiento de elementos combustibles irradiados. Este es uno de los caminos para multiplicar la reserva de combustible nuclear y permitir una disposición segura de los residuos radiactivos.

Durante el año continuó la construcción y montaje del Laboratorio de Procesos Radioquímicos (LPR) alcanzándose un grado de avance global próximo al 75 %. Por otra parte se ha comenzado a proyectar la adaptación de sectores del LPR para posibilitar la fabricación piloto de barras combustibles de óxidos mixtos (uranio y plutonio) y realizar estudios de post-irradiación de elementos combustibles.

En relación con la puesta en marcha y operación de dicho laboratorio, continuó la programación, organización y ejecución de actividades vinculadas a las fases preparatoria, preoperacional, de pruebas químicas en "frío" y con presencia de radiactividad.

La ingeniería básica de las instalaciones de almacenamiento y tratamiento de los residuos radioactivos sólidos y líquidos generados por el LPR ha sido realizada en un 95 %. Como resultado de un análisis de optimización, se dio prioridad a las instalaciones pretratamiento y

almacenamiento, posponiéndose la de la planta de tratamiento final de residuos. En consecuencia se ha comenzado con la confección de la documentación contractual para la licitación de la construcción y montaje de las plantas de almacenamiento, completándose la precalificación de las empresas para dicha licitación.

Por otra parte prosiguió el diseño del contenedor blindado para realizar el transporte de elementos combustibles irradiados desde las centrales nucleares hasta el LPR.

Continuó la aplicación del Programa de Garantía de Calidad, vinculado al LPR. Además prosiguió la elaboración y aplicación de los procedimientos específicos que completan el sistema de reciclo del programa en curso y quedó completada la lista de proveedores calificados para el Proyecto LPR y complementarios.

En relación con los desarrollos vinculados al proyecto, se estableció un código de cálculo ("Sephis III"), que permite simular el comportamiento de las diferentes baterías de extracción (mezcladores-separadores) para el diagrama de flujos correspondiente al reprocesamiento de elementos combustibles tipo Atucha. Este código permite analizar también el efecto que tendría sobre el proceso de extracción la variación de las condiciones operativas de mayor importancia respecto a sus valores nominales, así como también obtener datos aproximados de tiempos de puesta en régimen estacionario e inventarios de uranio y plutonio en cada uno de los contactores.

Por otra parte continuó la experimentación de columnas pulsantes de extracción líquido-líquido y con sistemas de dosificación de soluciones radiactivas. Se prosiguió con el estudio del comportamiento de nuevos diluyentes alternativos para el extractante demostrándose la viabilidad del empleo de un solvente producido por YPF.

En el laboratorio destinado a la conversión de nitrato de plutonio en óxido, continuó el montaje de cajas de guantes y equipos para verificar el comportamiento de los sistemas diseñados para tal fin. Se montaron y ensayaron los equipos de precipitación de oxalato y de recuperación de los filtrados. Fueron realizadas experiencias precipitando diferentes concentraciones de hierro en soluciones con partes por millón de torio, simulando igual contenido de plutonio, para determinar la eficiencia de la coprecipitación de hierro y torio en distintas condiciones de trabajo.

En el sector Química Analítica se desarrolló un método para la determinación de sulfato o azufre total en matrices de uranio, lixiviados de mineral, materiales ferrosos, etc. También se trabajó en cromatografía de extracción utilizando columnas capilares de polietileno. Se

elaboró un método complejométrico para la determinación de magnesio en aleaciones de magnesio-cadmio. Fueron puestas a punto técnicas de espectrometría de absorción y de emisión atómica con llama para la determinación de sodio, calcio, estroncio y cesio en lixiviados de matrices vítreas. Se diseñó un equipo para realizar la simulación, a escala laboratorio, del comportamiento de hierro y sulfato en la columna de purificación de plutonio.

Continuó el estudio de técnicas de tratamiento e inmovilización de residuos líquidos de alta actividad por vitrificación. Se trabajó fundamentalmente en el estudio y puesta a punto de los métodos de caracterización para la elección de la matriz vítrea más conveniente. Dentro de estos métodos se dio prioridad a los estudios de lixiviación estática y dinámica, para lo cual fue elegida como punto de partida una matriz de vidrio borosilicato, a la cual se incorporó un residuo simulado. En cuanto al tratamiento de residuos líquidos de media actividad por cementación, con y sin polímero incluido, se ensayaron distintas formulaciones considerando numerosas variables para obtener una matriz óptima respecto de las propiedades mecánicas y durabilidad química. También comenzó el estudio de los gases de radiólisis producidos en los residuos inmovilizados. Fue diseñado y construido el equipamiento necesario para la irradiación de probetas, toma de muestras e inyección al cromatógrafo de gases.

En el Laboratorio de Uranio Enriquecido continuó la fabricación de uranio metálico enriquecido al 90 % a partir de residuos de elaboración de elementos combustibles. En esta oportunidad la producción fue de algunas centenas de gramos, que se destinó a la fabricación de elementos combustibles para el RA-3. Posteriormente se realizaron tareas de mantenimiento y adaptación del laboratorio para posibilitar la producción de algunos kilogramos de uranio metálico enriquecido al 20 %, destinado a la fabricación de combustibles de bajo enriquecimiento. Dicha adaptación requirió un nuevo licenciamiento de la instalación y su personal, cumplimentándose además con los requerimientos de inspección de la OIEA.

Elementos combustibles CANDU

El proyecto de suministro de combustible para la CNE continuó con la adecuación de instalaciones y equipos, así como de flujos de material para fabricación, control y entrenamiento de personal para operación, para lograr que la línea instalada en la FECN alcance capacidad de producción industrial. Del volumen producido durante 1984, alrededor de 450-500 elementos combustibles terminados, 300 fueron remitidos a la CNE para su servicio.

Control de calidad: ensayos de rutina (determinación de propiedades mecánicas, análisis químicos, etc.), ensayos no destructivos, ensayos especiales (como los de componentes en el CEAP, de irradiación, de simulación de condiciones de pérdida de refrigerante), de tracción especiales para la CNA II, etcétera.

Cabe señalar además que se prosigue con la irradiación de los 36 elementos combustibles pertenecientes a una serie preliminar fabricada en 1983. Estos ingresaron a tres canales de alta potencia, alcanzando en diciembre un grado de quemado algo superior al 35 % del valor de extracción.

Proyecto celdas calientes

Se ha trabajado sobre el diseño de un laboratorio de Celdas Calientes, que consta de celdas alfa estacas donde se podrán estudiar combustibles provenientes de la CNE y de celdas gamma para poder seguir el Programa de Vigilancia para aceros del recipiente de presión del reactor de la CNA I.

ENRIQUECIMIENTO DE URANIO

Durante este año continuó el montaje de la planta de Pilcaniyeu con el objeto de realizar

en 1986 las primeras entregas de uranio que permitirán ensayar en la CNA I los primeros elementos combustibles experimentales con bajo grado de enriquecimiento.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Durante el año, a través del Servicio de Asistencia Técnica a la Industria, se atendieron 100 trabajos, que sumados a los realizados desde la creación de este servicio en 1960 totalizan 1 252.

Se los puede calificar como sigue:

Asesoramientos: sobre desarrollos de nuevos productos, sustitución de importación de materiales, modificaciones de procesos.

Peritajes: fallas en funcionamiento, defectos en procesos de fabricación.

Se firmaron convenios de colaboración con empresas privadas y nacionales para realizar trabajos de desarrollo sobre nuevos productos, calificación de materiales de producción nacional en instalaciones de la CNEA y transferencia de tecnología con licencia para usar una patente de la CNEA a utilizar en la producción industrial de ánodos de sacrificio.

INFRAESTRUCTURA Y ASPECTOS GENERALES

ASUNTOS INTERNACIONALES

En el curso del año 1984 se participó en cuatro reuniones de la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) celebradas en la sede del mismo en el Centro Internacional de la Ciudad de Viena, República de Austria, en los meses de febrero, junio, septiembre y octubre, en cumplimiento del mandato recibido en 1983 por nuestro país al ser designado por la referida Junta, miembro de la misma por un período de un año, en los términos del Artículo VI.A.1 del Estatuto del Organismo, es decir en calidad de país "más adelantado en la tecnología de la energía atómica" de la región América latina.

También se asistió a la XXVIII Reunión Ordinaria de la Conferencia General del OIEA, celebrada igualmente en Viena del 20 al 24 de septiembre, en la cual nuestro país resultó electo para continuar integrando la Junta de Gobernadores por el término de los próximos dos años, esta vez en los términos del Artículo VI.A.2 del Estatuto, o sea elegido por votación en representación de la región.

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

Se continuó igualmente brindando asistencia técnica a través del Programa de Asistencia y Cooperación Técnica del Organismo, mediante el otorgamiento de becas y la prestación de servicios de expertos a los países latinoamericanos en general y a Pakistán, Rumania y Yugoslavia fuera del área regional.

Por cuarto año consecutivo se realizó en Buenos Aires, con el copatrocinio del OIEA, el Curso Interregional de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, asistiendo al mismo becarios de países latinoamericanos y de Rumania.

Siempre en el plano multilateral, en el mes de enero se participó en la XIII Reunión General de la Comisión Interamericana de Energía Nu-

clear (CIEN), celebrada en la Ciudad de Caracas, República de Venezuela, poniéndose nuevamente a disposición de ese Organismo un amplio programa de cooperación consistente en el ofrecimiento de becas y pasantías, así como en el envío de expertos en áreas específicas de interés regional.

Enmarcado en la cooperación con la CIEN, tuvo lugar en Buenos Aires en el mes de octubre, el Seminario Regional sobre Aplicaciones de la Energía Nuclear en Medicina Veterinaria y Protección Animal, con la participación de representantes de los organismos competentes de América latina.

En el ámbito de las relaciones bilaterales con los países del área regional, se continuó intensificando la excelente cooperación existente. En tal sentido merecen especial mención la firma de sendos planes de acción con los organismos nucleares competentes de Bolivia, Ecuador y Paraguay, el primero y el último para el año 1984 y el segundo para el trienio 1984/86. Asimismo, en el mes de agosto se firmó con la Comisión Chilena de Energía Nuclear el Acuerdo Complementario N° 6 sobre asesoramiento para la fabricación de combustible nuclear tipo MTR.

Fueron concretadas, además, acciones de cooperación con los organismos competentes de Brasil, Colombia, Guatemala, Perú y Uruguay. Entre dichas acciones cabe citar la finalización del estudio de factibilidad de la instalación de un centro nuclear en el Uruguay, en cuya realización se colaboró con la Comisión Nacional de Energía Atómica de dicho país, y el dictado de tres cursos regionales para los que se otorgaron becas a profesionales propuestos por sus respectivos organismos nucleares competentes.

Ellos fueron: el IV Curso de Metalurgia y Tecnología de Materiales en el marco del Programa regional de desarrollo científico y técnico del Proyecto Multinacional de Tecnología de Materiales copatrocinado por la Organización de Estados Americanos; el Curso regional sobre aplicación de radioisótopos orientado al radioinmunoanálisis y el Curso regional sobre tecnología de elementos combustibles de reactores de investigación, estos dos últimos por primera vez patrocinados exclusivamente por la CNEA.

También en el ámbito bilateral, pero fuera del área regional, cabe mencionar la continuación de las actividades relativas al acuerdo de transferencia de tecnología con Canadá, la satisfactoria implementación del acuerdo de cooperación con la República Federal de Alemania, la intensificación de la cooperación con Francia y el establecimiento, por primera vez, de un proyecto de cooperación conjunto con Bélgica. Siempre dentro de este ámbito, merecen especial mención las visitas que realizaron a las instalaciones nucleares argentinas delegaciones de alto nivel del ámbito nuclear de la República Popular China, Turquía y Argelia, todas las cuales permitieron explorar, con resultados potenciales promisorios, las posibilidades de cooperación existentes con dichos países en el campo de los usos pacíficos de la energía nuclear.

PROYECTO CENTRO ATOMICO PERU

El año 1984 se caracterizó por serias demoras en el desarrollo de las tareas de construcción del Centro, debidas esencialmente a las dificultades económicas del Instituto Peruano de Energía Nuclear, que han producido la paralización de las obras civiles a su cargo y que han impedido la colocación de nuevos contratos previstos para el suministro de equipamiento.

Con relación al reactor RP-10, la paralización de las obras civiles ha demorado considerablemente las tareas de montaje de los componentes embutidos en el hormigón, cuyo suministro había llegado al 97%. Durante el año se alcanzó sin embargo el 55% del montaje del conjunto de las obras electromecánicas correspondientes a los componentes embutidos, sistemas primario y secundario y sistemas de tratamiento de aguas.

En cuanto a las estructuras y mecanismos, se han fabricado el 10 % de los de clase A, y para los correspondientes a las clases B y C, el 75 % del total. Continuó la fabricación de la instrumentación nuclear, llegándose al 56% de su total.

En lo relativo a la Planta de Producción de Radioisótopos se realizó la recepción provisional parcial de los recintos de producción, faltando realizar pruebas y montajes menores condicionados por el avance de las obras civiles.

Con relación a los sistemas de ventilación de los edificios del Centro se alcanzó el 80% de los suministros y se ha iniciado la renegociación contractual para la etapa de montaje de los mismos.

CAPACITACION

En el Instituto Balseiro (CAB) continuó la formación de físicos con una sólida y amplia

base general y un entrenamiento en campos especializados y orientados a investigaciones básicas y aplicadas, egresando en el mes de diciembre la XXVII Promoción de 12 Licenciados en Física (uno de ellos de nacionalidad peruana).

También egresaron 12 Ingenieros Nucleares (uno de ellos de nacionalidad peruana) en la IV Promoción, con una capacitación específica para abordar problemas y diseños de centrales energéticas nucleares y otras instalaciones relacionadas, efectuándose la contratación de algunos de ellos en reconocimiento de la especialización obtenida.

En el marco de la asistencia técnica a países latinoamericanos cabe mencionar que actualmente en el Instituto Balseiro se encuentran incorporados 5 alumnos uruguayos, 4 peruanos y 1 paraguayo; se continuó con la ejecución y supervisión del programa de entrenamiento específico de profesionales de Uruguay, Filipinas, Chile, Venezuela y México.

Fueron otorgadas un total de 103 becas internas de perfeccionamiento destinadas a: cubrir convenios celebrados con provincias, alumnos del Instituto Balseiro, cursos de posgrado en Ingeniería Nuclear, Metalurgia y Tecnología de Materiales y Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, y a los alumnos de las Escuelas Nacionales de Educación Técnica.

Continuó el dictado de cursos, seminarios, cursillos y conferencias a cargo de profesionales argentinos y extranjeros, entre los que se mencionan los de Metodología y Aplicación de Radioisótopos, Radioinmunoanálisis, Protección Radiológica y Seguridad Nuclear (posgrado y nivel técnico), Metalurgia y Tecnología de Materiales, etc., tanto para personal de la CNEA como para formación de usuarios del país y del extranjero.

Los distintos Organismos Principales efectuaron la capacitación y actualización permanente de su personal tanto dentro como fuera de la casa y del país.

En la CNE al cumplirse el primer año de operación comercial de la misma, la capacitación estuvo centrada fundamentalmente en dos aspectos:

- a) Entrenamiento del personal últimamente incorporado;
- b) Entrenamiento del personal con cierta antigüedad.

Asimismo se redactó el "Manual de Capacitación" y como complemento de éste, los "Requerimientos de Entrenamiento".

PROCESAMIENTO DE DATOS

El Centro de Cálculo Científico situado en el CAC amplió su red de radioenlace que une el

CAC con la Sede Central, el CAE y la CNA I, habilitando nuevos canales de transmisión de datos. El número de terminales instaladas superó las 120 y en el segundo semestre fue necesario habilitar nuevamente la unidad central de proceso IBM 370/158 que el año anterior había sido reemplazada por un equipo BASF 7/68 más potente. Ambos equipos están interconectados.

En materia de "software" se puso a punto un sistema de diseño gráfico tipo CADAM, que ha tenido amplia acogida por parte de los usuarios.

Prosiguió el desarrollo y el mantenimiento de sistemas computarizados administrativos y se crearon nuevas bases de datos, tanto de información numérica como textual.

INFORMACION TECNICA

Continuó la automatización de la Biblioteca Central. Completada la etapa de los sistemas de publicaciones periódicas y canje, se avanzó en el seguimiento de las adquisiciones, se inició el de los préstamos permanentes y comenzó el estudio de la base de datos de libros.

En la Biblioteca ingresaron 581 libros, se incorporaron 20 nuevos títulos de revistas a los 2 640 existentes y se obtuvieron 5 843 microfichas y 1 268 informes. Se atendieron 18 035

lectores, 2 027 de ellos externos a la Institución. El total de préstamos realizados fue de 38 033.

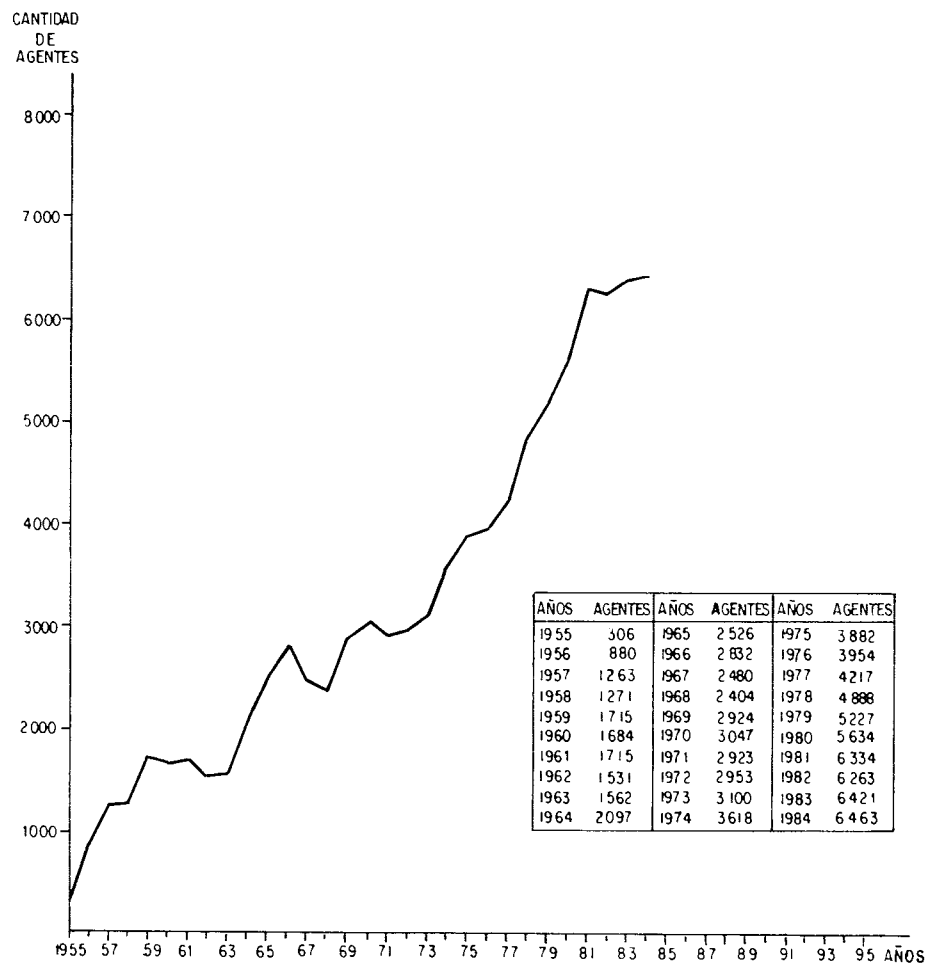
Continuó el servicio de consulta retrospectiva a la base de datos del INIS accesible por las terminales del Centro de Cálculo Científico y el servicio mensual de disseminación selectiva de la información sobre la base de perfiles solicitados por los usuarios. Por otra parte prosiguió el ingreso de publicaciones argentinas al INIS.

La tarea de publicación de informes del personal científico se ha facilitado mediante un servicio de editorial electrónica que permite el ingreso de textos y fórmulas por cualquiera de las terminales de computadora de la red de teleproceso de la CNEA y su posterior transmisión a una procesadora de la palabra donde se realiza el servicio de composición. Por esta vía se realizaron 35 publicaciones. A ello se agrega un servicio de dibujo técnico que ha realizado más de 500 diagramas y dibujos. Finalmente, se dictaron las "Pautas para la presentación de trabajos científicos y técnicos".

RECURSOS HUMANOS

Se aprecia en el gráfico la evolución en los últimos años de la cantidad de personal de la CNEA. Al finalizar el año la Institución contaba con una dotación de 6 463 agentes de los cuales 3 483 son profesionales y técnicos.

RECURSOS HUMANOS TOTALES DE CNEA



GESTION ECONOMICO-FINANCIERA

La información relativa a los recursos y erogaciones de la CNEA durante el ejercicio presupuestario 1984 ha sido volcada en los dos cuadros agregados a continuación.

El Cuadro I muestra los recursos presupuestarios totales y su distribución por programa, por fuente de financiación y por inciso.

En el Cuadro II se detalla la distribución de las erogaciones por programa y por inciso.

CUADRO I
(en pesos argentinos)

Presupuesto total año 1984: \$a 88 109 651 000,00	IMPORTE \$a	%
<i>Por programa:</i>		
I. Instalaciones de Centrales Nucleares	21 224 299 000,00	24,09
II. Radioisótopos y Radiaciones	1 154 517 000,00	1,31
III. Investigaciones Nucleares	4 521 129 000,00	5,13
IV. Protección Radiológica y Seguridad Nuclear	380 132 000,00	0,43
V. Dirección, Capacitación y Apoyo	5 214 048 200,00	10,46
VI. Suministros a Centrales Nucleares	12 432 282 800,00	14,11
 <i>Erogaciones No Programadas:</i>		
Amortización de Deudas	38 700 492 000,00	43,92
Adelantos a Proveedores y Contratistas	482 751 000,00	0,55
 <i>Por financiación:</i>		
Recursos Corrientes No Tributarios	9 768 160 070,00	11,08
Recursos de Capital	811 930,00	0,00
Uso del Crédito Instituciones Financieras M. E.	37 172 635 000,00	42,19
Proveedores y Contratistas M. E.	1 856 634 000,00	2,11
Remanentes de Ejercicios Anteriores	149 259 000,00	0,17
Por adelantos otorgados a Proveedores y Contratistas		
En Ejercicio Anterior	60 866 000,00	0,07
Por Contribuciones de la Administración Nacional	39 101 285 000,00	44,38
 <i>Por inciso:</i>		
11. Personal	3 093 868 000,00	3,51
12. Bienes y Servicios No Personales	7 629 775 823 00	8,66
21. Intereses de la deuda	13 421 412 789,00	15,23
31. Transferencias para Financiar Erogaciones Corrientes	68 556 000,00	0,08
41. Bienes de Capital	287 723 624,00	0,33
42. Construcciones	24 419 111 764,00	27,71
51. Bienes Preexistentes	5 960 000,00	0,01
81. Amortización de Deudas	38 700 492 000,00	43,92
91. Adelantos a Proveedores y Contratistas	482 751 000,00	0,55

CUADRO II

Erogaciones

(en pesos argentinos)

	I	II	III	IV	V	VI	Total
	Suministro de energía	Aplicación de radiaciones	Investigaciones nucleares	Protección radiológica	Capacitación y apoyo	Suministros a centrales nucleares	
Personal	Créd. Comp. 622 815 000,00 500 617 520,71	231 891 030,00 201 637 135,49	810 131 000,00 721 242 660,26	116 089 000,00 95 604 407,37	717 692 000,00 623 753 277,36	595 220 000,00 573 279 315,10	3 083 868 000,00 2 716 134 316,23
Bienes y servicios no personales	Créd. Comp. 3 869 973 100,00 3 485 952 771,30	610 770 000,00 131 247 088,42	475 672 801,00 271 833 602,35	56 151 175,00 43 730 955,33	1 419 869 711,00 1 166 652 537,09	1 197 339 036,00 828 426 343,10	7 629 775 823,00 5 927 643 297,59
Intereses de la deuda	Créd. Comp. 5 164 474 000,00 5 131 801 338,05	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	6 844 151 789,00 6 844 151 789,00	1 412 787 000,00 1 412 786 999,48	13 421 412 789,00 13 388 740 126,53
Transf. para financiar erog. ctes.	Créd. Comp. 0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	68 556 000,00 40 868 551,97	0,00 0,00	68 556 000,00 40 868 551,97
Bienes de capital	Créd. Comp. 16 980 900,00 8 221 318,79	74 004 000,00 14 393 204,13	111 371 199,00 66 692 067,78	9 057 825,00 8 657 701,81	73 187 700,00 43 816 354,01	3 122 000,00 5 525,00	287 723 624,00 141 786 171,52
Construcciones	Créd. Comp. 11 544 096 000,00 10 168 032 036,81	237 852 000,00 134 536 194,54	3 123 904 000,00 2 734 967 957,59	198 854 000,00 151 869 219,86	90 591 000,00 8 000 432,96	9 223 814 764,00 8 161 516 704,90	24 419 111 764,00 21 418 922 546,66
Bienes preexistentes	Créd. Comp. 5 960 000,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	5 960 000,00 0,00
Amortización de deudas	Créd. Comp.						38 700 492 000,00 38 587 820 477,16
Adelantos a proveedores y contratistas	Créd. Comp.						482 751 000,00 398 476 900,28
	Créd. Comp. 21 224 299 000,00 19 294 624 985,66	1 154 517 000,00 481 813 622,58	4 521 129 000,00 3 854 736 287,92	380 132 000,00 299 862 284,37	9 214 048 200,00 8 727 242 942,39	12 432 282 800,00 10 976 014 887,58	88 109 651 000,00 82 620 592 387,91