



BOLETIN  
 ENERGETICO No. 4  
 SEPTIEMBRE/OCTUBRE 1977  
 ORGANO DE DIVULGACION  
 TECNICA

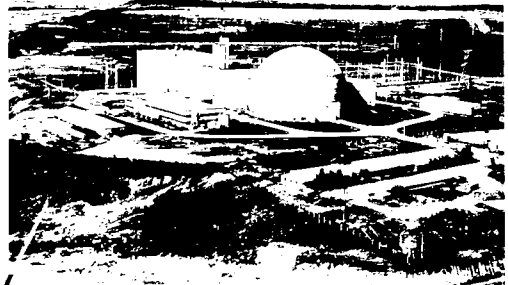
SECRETARIA PERMANENTE

*Carlos Miranda Pacheco*  
 Secretario Ejecutivo

EN NUESTRA PROXIMA EDICION:

- EL PROGRAMA DE DESARROLLO DEL SECTOR ELECTRICO (MEXICO) COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
- LA REPRESA DE GURI (VENEZUELA) ELECTRIFICACION DEL CARONI C.A. EDELCA
- LOS CONTRATOS DE SERVICIO CON CLAUSULA DE RIESGO (BRASIL) PETROBRAS.- PETROLEO BRASILEÑO S.A.
- COMERCIALIZACION DEL GAS BOLIVIANO M.M.H. YPFB (BOLIVIA)
- EL PROYECTO HIDROELECTRICO PAUTE INECEL (ECUADOR)
- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA EN COLOMBIA.- INSTITUTOS DE ASUNTOS NUCLEARES (COLOMBIA)

# CONTENIDO



- ✓ La Energía Nuclear en la República Argentina ..... Pág. 3
- General Review of International Electrical Interconnections ..... Pág. 14
- V Jornadas Técnicas de Petróleo C.I.V. - S.V.I.P. .... Pág. 43
- ✓ La Situación Energética de América Latina ..... Pág. 71
- La Geotermia como Posibilidad Energética en América Latina ... Pág. 86
- DOCUMENTOS ..... Pág. 95

DEPARTAMENTO DE INFORMACION  
 Y ESTADISTICA

*Manuel Mejía Calderón*  
 Técnico de Información

N. de la R.— Las colaboraciones deben dirigirse al Departamento de Información y Estadística de la OLADE:

CASILLA 119 — A  
 QUITO — ECUADOR

Los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no expresan, necesariamente, la posición oficial de la Secretaría Permanente.



# LA ENERGIA NUCLEAR EN LA REPUBLICA ARGENTINA

**Cte Carlos Castro Madero**  
**Presidente**

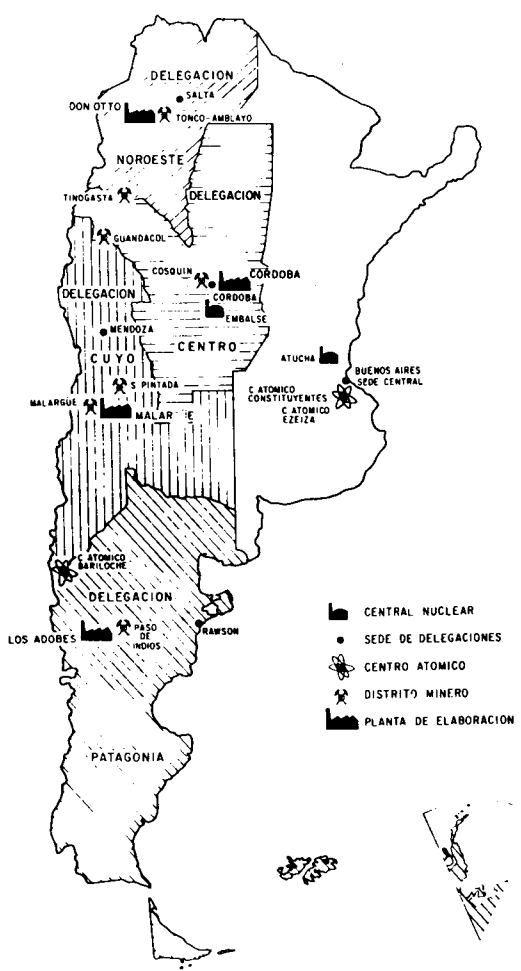
Comisión Nacional de Energía Atómica

### 1. Evolución histórica.

Los primeros antecedentes oficiales de la actividad de la Argentina en el campo nuclear datan de 1945, el mismo año en que este tipo de energía irrumpió en el mundo a través del bombardeo de ciudades japonesas, en el cual el gobierno argentino dictó un decreto en el que se reservaba el control de la explotación de los yacimientos de uranio, ya que "... es previsible el empleo de dichos minerales en la obtención, dentro de un plazo que puede ser relativamente breve, de energía industrialmente aplicable ...".

Este decreto, y el No. 10.936 del año 1950, por el cual se creó la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), evidencian que quienes los prepararon habían comprendido la importancia que el desarrollo de la energía nuclear podía tener para el futuro del país. Evidencian también que, desde el primer momento, la Argentina, consecuente con su tradición, centraba su interés en la utilización pacífica de esa nueva fuente de energía.

En el ámbito mundial, la situación estaba dominada en esa época por la "política del secreto" establecida por los aliados occidentales después de la Segunda Guerra Mundial, marco de referencia que definía condiciones no tradicionales en la actividad científica al dificultar el acceso a los conocimientos básicos necesarios para el desarrollo de las posibilidades propias de los países. Esta circunstancia facilitó incursiones aisladas más o menos aventuradas en el tema, que en la Argentina fueron superadas a partir de 1952, en que se inició un esfuerzo orgánico en la dirección correcta. A partir de ese año se fueron creando en el ámbito de la CNEA laboratorios nucleares de física, radioquímica, química analítica, química del uranio, electrónica, biología y medicina, radiación cósmica, separación de isótopos, metalurgia y otros. Se comenzó también a prospectar sistemáticamente minerales uraníferos, a estudiar la tecnología de su tratamiento y a emplear radioisótopos en aplicaciones



F.1

médicas y, ocasionalmente, industriales.

En 1953 se dictó el primer curso teórico de reactores nucleares, y en 1955 se creó un instituto de formación e investigación en física, ubicado en la Provincia de Río Negro, que fue el germen del actual Centro Atómico Bariloche. La orientación general era formar personal lo más rápidamente posible, dictando cursos, proveyendo oportunidades de trabajo a científicos y tecnólogos interesados en el tema y otorgando becas de especialización en el extranjero.

Estas iniciativas permitieron consolidar un cuerpo científico y tecnológico que, a pesar de su reciente iniciación en la actividad nuclear, estuvo en condiciones de presentar 37 trabajos a la Conferencia Internacional sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos celebrada en Ginebra en 1955 y poner así a la Argentina en un lugar estimable para esa época en el ámbito mundial.

La evolución de la CNEA fue acelerándose cada vez más durante esa década. Ello se debió tanto a la mayor experiencia adquirida cuanto a la posibilidad, bien aprovechada, de un mayor contacto con los países más avanzados, posibilidad que surgió al liberalizarse parcialmente la política del secreto después de la Conferencia de Ginebra recién citada y que se consolidó en 1957, con la creación del Organismo Internacional de Energía Atómica.

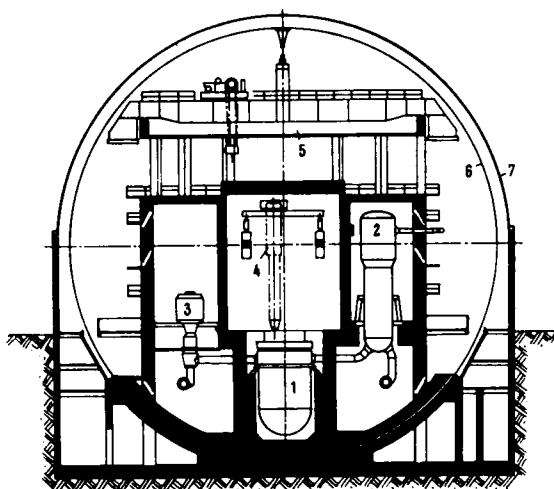
Las nuevas condiciones de contorno permitieron construir en el país, sobre la base de planos norteamericanos, el primer reactor experimental argentino, el RA-1, que funciona desde 1958 en el Centro Atómico Constituyentes. Los desarrollos posteriores propios en reactores de investigación condujeron a la erección de un reactor experimental de irradiación y producción diseñado en el país, el RA-3, en el Centro Atómico Ezeiza.

Otro año decisivo para la evolución de la CNEA fue 1965, en el cual el gobierno nacional le encargó la realización de un estudio de factibilidad que analizase la posibilidad de instalar una central nucleoelectrónica en el país. Este hecho constituyó un reconocimiento del grado de madurez alcanzado por la Institución, que le permitirá encarar un nuevo salto cualitativo de enorme significación, pero también un serio desafío para ella.

El estudio se realizó totalmente en la CNEA y demostró que la instalación de la central en la zona litoral del país era "técnicamente factible, económicamente conveniente y financieramente viable". La central (Central Nuclear Atucha) funciona desde 1974 y con ella se inició un programa de instalación de centrales nucleares cuyas etapas inmediatas son la Central Nuclear Embalse, ya en construcción y la Central Nuclear Atucha II, que se encuentra en la fase de diseño conceptual.

Paralelamente a estos desarrollos específicos en

el área de los reactores nucleares, la CNEA ha ido incrementando continuamente su actividad en el desarrollo y producción de los insumos necesarios (concentrados de uranio, elementos combustibles, agua pesada, aleaciones especiales, etc.), en la prospección y desarrollo de recursos uraníferos, en la producción y utilización de radioisótopos y radiaciones, en el manejo de desechos radioactivos y el control de la seguridad nuclear y en los aspectos de la investigación básica y aplicada necesarios para la concreción de sus objetivos y para mantenerse alerta respecto de las nuevas posibilidades. Todo ello se realiza bajo la premisa fundamental de consolidar y mantener una estructura científico-tecnológica con capacidad propia de realización que tienda, en asociación con empresas nacionales capaces de contribuir a ese desarrollo, pero siempre bajo el control programático de la CNEA, a lograr el autoabastecimiento integral en materia nuclear.



- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| 1 Reactor               | 5 Grúa giratoria         |
| 2 Generador de vapor    | 6 Envoltorio de acero    |
| 3 Bomba de refrigerante | 7 Envoltorio de hormigón |
| 4 Máquina de carga      |                          |

F.9 Corte de la isla nuclear de la Central Nuclear Atucha.

La Fig. 1 ilustra la distribución de las actividades de mayor significación de la CNEA en el territorio nacional y las Fig. 2 a 5, los centros de trabajo más importantes.

## 2. Reactores experimentales.

La cronología del desarrollo de reactores nucleares en la Argentina comienza en 1957, al iniciarse la construcción del RA-1 (Reactor Argentino 1), inaugurado en el Centro Atómico Constituyentes en enero de 1958 (Fig. 6). Este fue el primer reactor construido localmente que funcionó en América La-

El diseño utilizado fue el del reactor "Argonaut" del Laboratorio Nacional de Argonne de EE.UU., facilitado por ese país, que también arrendó el uranio enriquecido al 20o/o necesario para su funcionamiento, posteriormente adquirido por la Argentina.

El reactor utiliza elementos combustibles compactados con gráfito y es moderado y refrigerado con agua común.

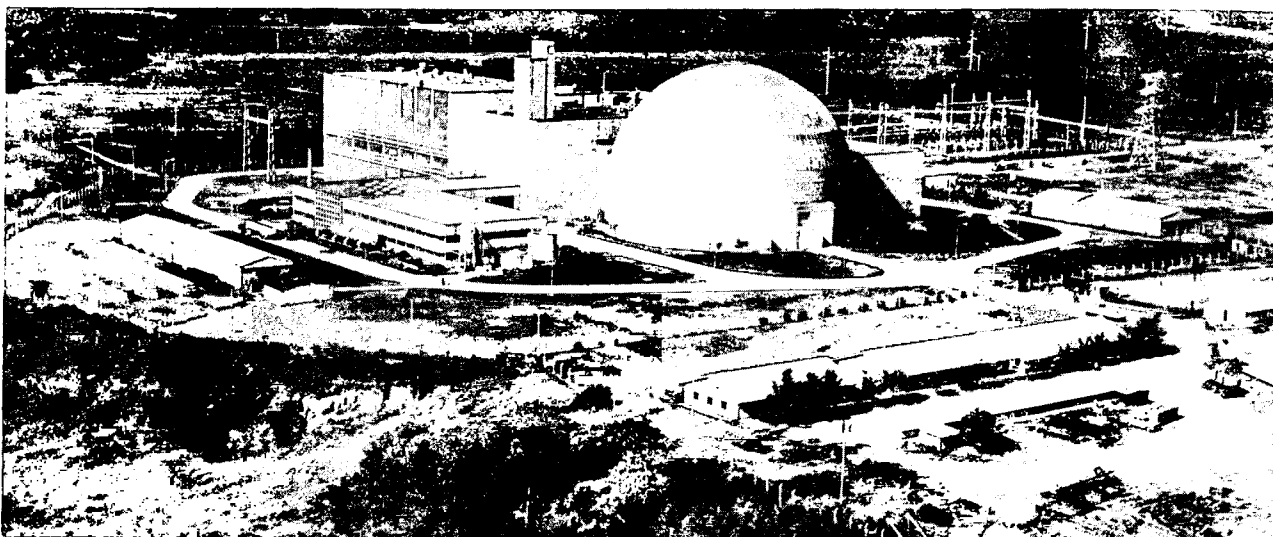
La construcción posterior de las facilidades críticas RA-0 (actualmente utilizada para enseñanza en la Universidad de Córdoba) y RA-2 permitió ganar experiencia en el diseño de núcleos de reactores, lo que hizo posible, a su vez, aumentar la potencia del RA-1 a 100 KW y construir sin ayuda externa (salvo la provisión de uranio enriquecido por EE.UU.) el RA-3. Este reactor fue diseñado para producir radioisótopos y para experimentación y se encuentra en funcionamiento desde 1967 en el Centro Atómico Ezeiza. Es un reactor cuyo núcleo (de uranio enriquecido al 90 o/o) está alojado en el fondo de un recipiente de acero inoxidable de 10 m. de altura por 3,60 m. de diámetro de agua común desmineralizada. Puede operar a una potencia de aproximadamente 7 MW y en él se han producido la mayoría de los radioisótopos empleados en la última década en el país y muchos de los utilizados en Latino América. La figura 7 muestra una vista interna del reactor y la figura 8 su parte superior y la sala de control.

se dispone en la Argentina de un reactor de entrenamiento de potencia cero (RA-4), construido en Alemania (modelo SUR-100), que se encuentra instalado en el Departamento de Física de la Universidad de Rosario, Provincia de Santa Fe.

El programa de la CNEA en el campo de los reactores experimentales incluye la realización de un estudio de factibilidad para la construcción de un reactor de potencia intermedia que resulte apropiado para contribuir con efectividad a la evolución de la CNEA, y tiene también dimensiones externas. en cuanto la Argentina ha sido preseleccionada en una compulsa internacional para instalar un Centro Nuclear en la República de Perú. La pieza pivotal de este Centro es un reactor experimental de irradiación y producción de 10 MW complementado con laboratorios y plantas de fabricación de radioisótopos y elementos combustibles, tratamiento de minerales de uranio, y otras instalaciones.

### 3. Centrales nucleares.

La primera central nuclear argentina es la Central Nuclear Atucha (CNA), contratada en 1967 con la empresa alemana Siemens A.G. después de evaluarse 17 ofertas de 10 firmas internacionales. La central se encuentra instalada a unos 100 km. al norte de Buenos Aires y está incorporada desde principios de 1974 al sistema interconectado Buenos Aires Litoral.



F. 10 Central Nuclear Atucha, Provincia de Buenos Aires. Vista general.

Los elementos combustibles de los reactores y facilidades críticas citados fueron desarrollados en la misma CNEA, consolidándose con ello la experiencia local en fabricación de este tipo de elementos. En particular, la tecnología argentina de los elementos combustibles del RA-1 fue objeto de un contrato de transferencia con un país europeo.

Además de estos reactores y facilidades críticas,

El reactor es de uranio natural moderado y refrigerado con agua pesada a presión. Un corte esquemático de la isla nuclear de la central se da en la Fig. 9, y vistas de la misma y de su sala de control en las Figs. 10 y 11.

La potencia bruta de diseño de la CNA fue de 340 MWe (1100 MWt), de los cuales 319 MW eran entregados a la red y 21 MW consumidos en la misma

central. A comienzos de 1977, la potencia fue elevada en un 8 o/o sobre la de diseño, y desde entonces entrega, funcionando a plena potencia, 345 MWe netos a la red. Su comportamiento ha sido muy satisfactorio, como lo indica el factor de carga (energía eléctrica neta generada/idem máxima teóricamente generable), que en 1976 fue del 87,23o/o, y el factor de operación (número de horas en funcionamiento/número de horas totales en el período), que fue del 88,9 o/o. En 1975 entregó el 10 o/o de la energía eléctrica producida por el Servicio Público en el país con aproximadamente el 5 o/o de la potencia instalada. Es de destacar que este sobresaliente rendimiento ha merecido una mención explícita del Organismo Internacional de Energía Atómica en un análisis mundial de centrales nucleares efectuado en 1976.

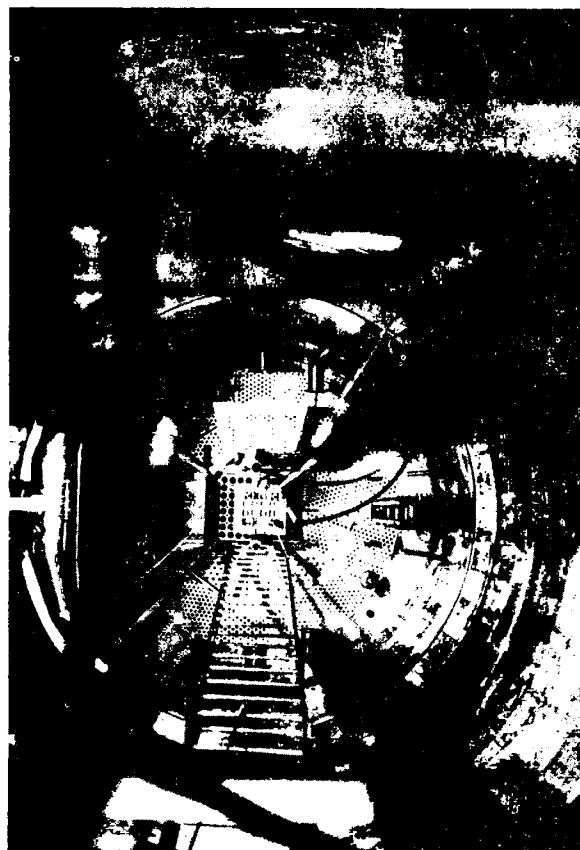
La segunda central nuclear es la Central Nuclear Embalse (CNE), ubicada en la margen del Embalse Río Tercero, Provincia de Córdoba. La CNE fue contratada en 1973 a un consorcio canadiense-italiano (Atomic Energy of Canada Ltd. - Italmimpianti S.P.A.) y se encuentra en construcción, estando programada su incorporación a la red para 1981. El reactor es de tipo CANDU (Canadian-Deuterium-Uranium), también de uranio natural y agua pesada, de 600 MWe de potencia. El diseño básico de este reactor difiere del empleado en Atucha en que, en lugar del recipiente único de presión que contiene el núcleo del reactor, éste se halla distribuido en una calandria de tubos de presión que alojan individualmente a los elementos combustibles. Estos son de menor longitud que los empleados en Atucha (50 cm. de longitud activa frente a 5,30 m.) pero de composición análoga. El agua pesada de refrigeración se encuentra a presión elevada (115 atm), y la de moderación a 1 atm.

La Fig. 12 muestra un corte esquemático del reactor CANDU y la Fig. 13 el estado de construcción de la CNE a comienzos de 1977.

El programa prosigue con la Central Nuclear Atucha II, también de 600 MWe, que estará ubicada junto a la actual CNA, la que se encuentra (mediados de 1977) en la fase de diseño conceptual. La incorporación de esta Central se espera para 1985.

La evolución posterior es por ahora tentativa y su formalización en fechas depende del programa integral de equipamiento eléctrico del país, que se encuentra en preparación sobre la base de las posibilidades presentadas por los varios entes estatales energéticos, entre ellos la CNEA. Los estudios internos realizados en la Institución indican que se requerirán 3 centrales más de 600 MWe en la década del 80, con lo que la potencia a la electrificación nuclear se intensificaría posteriormente, al haberse cumplido ya gran parte de los desarrollos hidroeléctricos pendientes.

Un aspecto importante de destacar en relación con la instalación de centrales es el esfuerzo continuo realizado por la CNEA para lograr la mayor participación nacional posible en el programa. En la CNA, los



F. 7 Reactor RA-3 (Centro Atómico Ezeiza). Vista interna.

suministros subcontratados en el país por la empresa instaladora alcanzaron el 38 o/o del monto total del proyecto, que incluye el 12 o/o del rubro componentes electromecánicos. Estos porcentajes se elevan, para la CNE, al 50 o/o y 33 o/o, respectivamente, a lo que se añade un 33 o/o de la ingeniería de detalle hecha en el país. Los componentes electromecánicos provistos por firmas argentinas incluyen instrumentación electrónica nuclear, bombas del moderador, componentes de mecanismos de seguridad, grandes motores, etc.

Esta participación creciente no oculta el hecho de que tanto la CNA como la CNE fueron contratadas "llave en mano". Para la tercera central (CNA II), la CNEA se propone tomar bajo su responsabilidad la dirección, construcción y montaje de la obra y puesta en marcha de la Central, de modo que haya una contribución predominante de la ingeniería local en estos aspectos, tradicionalmente cubiertos hasta ahora, en obras de esta envergadura, por firmas de los países proveedores.

#### 4. Prospección y producción de uranio.

El combustible nuclear utilizado en las centrales argentinas es uranio natural, lo que posibilita la realización de todas las etapas de fabricación en el país a partir de sus propios recursos uraníferos.

La primera de estas etapas es la búsqueda de minerales apropiados, actividad que se cumple regularmente en la CNEA desde su creación. La prospección se realiza por métodos aéreos y terrestres, y la evaluación de los yacimientos se efectúa mediante sondeos y laboreos mineros cuyos resultados se analizan por técnicas modernas de geoestadística.

La Fig. 14 muestra las áreas con posibilidades uraníferas de interés inmediato (aproximadamente 400.000 km<sup>2</sup>) y mediano (900.000 km<sup>2</sup>). Una parte considerable de la primera ha sido prospectada ya y ha permitido localizar yacimientos que se encuentran en explotación o en reserva. En la actualidad se encara la prospección aereorradimétrica de 10.000 km<sup>2</sup> en la Patagonia, la prospección geoquímica detallada de varias zonas, por un total de 3.000 km<sup>2</sup> y la ejecución de 21.000 m lineales de sondeos y perforaciones. Asimismo, se realizan laboreos subterráneos en diversos yacimientos ya identificados.

La producción de mineral de uranio está centrada actualmente en los yacimientos "Don Otto" (Salta), "Tigre III" y "Tigre I" (Mendoza), "Los Adobes" (Chubut) y otros menores, cuya capacidad permite cubrir los requerimientos de las centrales hasta 1982-1983. A partir de esa fecha, las necesidades de uranio estarán cubiertas por la producción del yacimiento de Sierra Pintada, cerca de San Rafael (Mendoza), cuyo desarrollo ya se ha iniciado. Este yacimiento contiene un mínimo de 12.000 toneladas de uranio a la ley de corte 400g/Ton, y sus reservas cubricadas son suficientes para toda la vida útil de las centrales ya programadas.

A estos yacimientos se añaden otros que se encuentran en reserva. La estimación de los recursos uraníferos argentinos explotables es en la actualidad de 24.000 Ton U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> con carácter de recursos razonablemente asegurados.

El beneficio del mineral se realiza con operaciones primarias a boca de mina ("heap leaching") y también en la planta convencional de tratamiento instalada en Malargüe, Provincia de Mendoza (Fig. 15) El producto es un concentrado de uranio ("yellow

cake") de aproximadamente 70-85 o/o de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. En el caso de Sierra Pintada, la magnitud de la operación (600 Ton U/año) justifica la instalación de un complejo minerofabril integral que cubra todo el proceso en el lugar. El proyecto se halla en la etapa de ingeniería básica, esperándose iniciar la ingeniería de detalle durante 1978. En cuanto a la operación del yacimiento, ha comenzado en 1977 en los cuerpos satélites para alimentar la planta Malargüe.

Hasta 1976, la producción máxima de "yellow cake" fue de 45 Ton/año, que se triplicará en 1977. La Fig. 16 ilustra la evolución de la producción de concentrados de uranio, en relación con las necesidades del programa máximo de centrales, hasta 1990. El salto discontinuo observado en 1983 marca el comienzo de la operación integral del Complejo Minero-Fabril de Sierra Pintada.

Estas actividades se complementan con trabajos de investigación y desarrollo a nivel de laboratorio y planta piloto sobre la tecnología del tratamiento de minerales y sus etapas ulteriores.

#### 5. Producción de elementos combustibles.

La unidad básica constituyente de los elementos combustibles utilizados en las centrales argentinas es un tubo de aleación de zirconio ("zircalloy") que contiene pastillas de dióxido de uranio sintetizado de alta pureza (Fig. 17). Estas barras se arman en manojos, que son los elementos combustibles propiamente dichos, mediante piezas de sostén y separación construidas también en zircalloy. La Fig. 18 ilustra los elementos combustibles de la CNA y los de la Fig. 19 los de la CNE.

La fabricación regular de elementos combustibles para las centrales de uranio argentino se realiza aún fuera del país, pero la CNEA, consecuente con su política de alcanzar el autoabastecimiento local en materia nuclear y con el antecedente de la experiencia adquirida en la fabricación de elementos combustibles para reactores experimentales, ha encarado ya su obtención.

F. 13 Central Nuclear en Embalse, Provincia de Cordova. Estado de la construcción a comienzos de 1977.



La primera etapa del proceso es la preparación del dióxido de uranio de pureza nuclear usado como combustible, para lo cual se encuentra en construcción y montaje una planta de conversión de  $UO_2$  en Córdoba capaz de producir 150 Ton/año. Esta planta está programada para entrar en operación en 1978.

Otro insumo esencial es el zircalloy utilizado para las vainas y los elementos de armado. La fabricación de vainas y otros semi-terminados se encara a través de una planta piloto que se encuentra en instalación, para la cual se ha fijado una meta de 40.000 m de tubo/año en 1980. Esta constituye, a su vez, la primera etapa de una planta industrial de 300.000 metros-tubo/año prevista para 1983.

La planta comenzará a trabajar con tochos de zircalloy extrudado importados para pasar posteriormente a utilizar esponja de zirconio importada. Esto constituye también una primera etapa, pues se encuentra en avanzado estado de instalación una planta piloto para producir esponja de zirconio a partir de 1978 a razón de 1 Ton/año y que tiene por fin adquirir la tecnología necesaria para integrar la totalidad del proceso de provisión y fabricación de elementos de zircalloy en el país.

En cuanto a los elementos combustibles propiamente dichos, se han fabricado ya dos prototipos Atucha que se utilizarán en la central en el corriente año (1977). La Fig. 20 muestra el armado de uno de ellos. Este programa "de demostración" prosigue con la fabricación de 11 más en 1977 y 12 en 1978. Paralelamente al mismo, está ya en construcción una fábrica industrial con líneas de producción para elementos combustibles de los dos tipos necesarios (Atucha y CANDU) y capacidad nominal para cubrir las necesidades de las tres primeras centrales. La maqueta de esta fábrica, de la cual se prevé ejecutar el 25 o/o de la obra civil y la infraestructura durante 1977, se ve en la Fig. 21. Como inicio de producción, se planea obtener 50 elementos combustibles en 1978 y 150 en 1979.

#### 6. Producción de agua pesada.

El agua pesada empleada en las centrales de uranio natural no se consume en la reacción nuclear, por lo cual, salvo en lo que respecta a la reposición de pérdidas, que son unas pocas toneladas anuales, es un componente y no un insumo de operación de la central. Sin embargo, teniendo en cuenta que se trata de un producto muy costoso y difícil de obtener en el mercado internacional y que cada central de 600 MW lleva una carga de aproximadamente 500 Ton de agua pesada, su producción local es necesaria.

Como primera realización, se ha puesto en marcha un programa de adquisición de tecnología centrado en una planta piloto de 2 Ton/año para la cual se ha cubierto ya el 50 o/o de la ingeniería básica. El plan cubre también la instalación, para 1983, de una

planta de 250 Ton/año basada en el proceso de intercambio isotópico a dos temperaturas entre agua y sulfuro de hidrógeno. Esta planta se contratará en el extranjero, habiéndose terminado ya los estudios técnico-económicos necesarios para determinar su capacidad.

#### 7. Ensayos y estudios de elementos combustibles.

El dominio de la tecnología de los elementos combustibles requiere disponer de instalaciones apropiadas para ensayos hidrodinámicos y termohidráulicos y para estudios post-irradiación.

Para cubrir estas necesidades, están próximos a llegar al país los componentes principales de un "loop" de alta presión y alta temperatura (100 atm y 300 C), fabricados en Alemania. Se planea instalar este "loop" en el Centro Atómico Ezeiza en 1979. Se encuentra también en elaboración el proyecto de un laboratorio provisto de celdas de alta actividad aptas para manejar y estudiar elementos irradiados, esperándose estar en condiciones de licitar este laboratorio en 1978.

Se dispone asimismo de facilidades experimentales construidas en el país (Fig. 22) en las cuales se realizan estudios básicos sobre óxidos mixtos, dada la importancia que éstos pueden llegar a tener en el futuro en caso de resultar económico y conveniente utilizar plutonio para enriquecer combustible nuclear.

#### 8. Radioisótopos y radiaciones.

La actividad de investigación en radioisótopos se inició con la instalación del sincrociclotrón de Buenos Aires en 1954 y permitió descubrir una veintena de especies nucleares nuevas en pocos años. Esta tarea fue dando base humana y técnica a la producción de radioisótopos de uso médico e industrial en el país, en esa época importados en su totalidad.

Al mismo tiempo, la CNEA fue estimulando el uso de radioisótopos y sustancias marcadas a través de la realización de cursos de entrenamiento y del establecimiento de centros de aplicación por convenios con otras instituciones públicas y privadas. Por ejemplo, en el campo médico opera, en forma conjunta con la Universidad de Buenos Aires, un centro piloto de Medicina Nuclear que desarrolla técnicas y atiende unos 8.000 pacientes por año (25.000 a 30.000 determinaciones). Además, provee de radioisótopos y sustancias marcadas a todos los demás centros públicos y privados del país.

La Fig. 23 muestra la evolución del consumo de material radioactivo (excluidas las fuentes selladas, tales como las de  $^{60}Co$  usadas en radioterapéutica) entre 1954 y 1975. En los últimos años, el incremento anual ha oscilado entre el 20 y el 30 o/o. En la Fig. 24 se indica el número total de pedidos de radioisótopos y sustancias marcadas despachados, cuyo monto llegó a 350.000 dólares en 1973. Los radioisó-

topos más frecuentemente utilizados son  $^{131}\text{I}$ ,  $^{113\text{m}}\text{In}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  y  $^{198}\text{Au}$ . El número de entidades públicas y privadas habilitadas para uso de material radioactivo por la CNEA, como ente responsable de la actividad nuclear, es de aproximadamente 630, con casi 1200 usuarios autorizados.

El abastecimiento de estos radioisótopos se realiza en un 90 o/o localmente, como se indica en la Fig. 23. La producción nacional se ha incrementado considerablemente a partir de 1972, en que fueron habilitados en el Centro Atómico Ezeiza nuevos laboratorios de producción que no han alcanzado todavía su máxima capacidad operativa. La Fig. 25 muestra un aspecto de estas instalaciones. Los radioisótopos y las sustancias marcadas se proveen en sus formas tradicionales y también como "kits" de productos en solución o liofilizados, para facilitar así la utilización de radiofármacos en centros modestamente instalados.

El desarrollo más importante en marcha en este campo es la producción de  $^{60}\text{Co}$  de alta actividad en la CNEA, que permitirá la fabricación de fuentes selladas de este radioisótopo en el país y para cuya elaboración se está construyendo ya una celda piloto de alta actividad. También se encara el estudio de la producción de radionucleidos de vida media muy corta, cuya importancia en las aplicaciones médicas modernas aumenta continuamente.

Las aplicaciones agropecuarias de los radioisótopos se realizan en apoyo de los organismos responsables del área (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Facultad de Agronomía y Veterinaria y otros), para lo cual se ha instalado un laboratorio orientado hacia esas actividades en el Centro Atómico Ezeiza.

En el aspecto industrial, la labor promotora de la CNEA ha provocado la formación de empresas privadas que prestan servicios de radiografía industrial con fuentes radioisotópicas y también de fábricas nacionales de equipos nucleares de uso médico e industrial. Asimismo, la CNEA realiza servicios por contrato para diversas firmas industriales en una planta de irradiación gamma instalada en el Centro Atómico Ezeiza, de un millón de Ci de  $^{60}\text{Co}$ , que funciona desde 1970 (Fig. 26). Entre estos servicios se destaca la esterilización de material quirúrgico y de jeringas de inyección descartables. También se han realizado trabajos de aplicación de radioisótopos como trazadores en gran escala (por ejemplo, medición de movimiento de sedimentos en puertos).

## 9. Protección radiológica y seguridad nuclear

La CNEA, como autoridad nacional de aplicación competente en materia nuclear, tiene la responsabilidad de que la utilización de este tipo de energía se realice sin peligro para la población y el ambiente. Para ello elabora y dicta normas de protección radiológica y seguridad nuclear y realiza controles de su cumplimiento, tanto dentro como fuera de la Institu-

ción, mediante inspecciones y monitorajes. En el caso de las centrales, este monitoraje es continuo y cubre todos los aspectos relevantes de la operación, extendiéndose al área de influencia.

En situaciones de emergencia, se cumple también una acción protectora activa a través de contramedidas, incluidas descontaminaciones de personas, equipos y superficies.

En relación con estos problemas de seguridad, la CNEA ha creado varios comités especializados que tienen a su cargo el licenciamiento de la operación y los operadores de las centrales y otras instalaciones nucleares, la habilitación de centros y profesionales usuarios de radioisótopos y la salvaguardia de los materiales nucleares críticos.

En la Institución se cubren también todos los aspectos relacionados con la gestión de residuos radioactivos. La Fig. 27 muestra una planta de tratamiento de residuos sólidos de baja actividad existente en el Centro Atómico Ezeiza y la Fig. 28 la maqueta de una instalación de almacenamiento de residuos líquidos de actividad elevada que se encuentra en construcción en el mismo centro.

## 10. Investigación.

Además de los programas de desarrollo citados en conexión con los temas ya expuestos, que están orientados hacia la consecución de objetivos inmediatos y mediatos determinados por las realizaciones tecnológicas, existe en la CNEA una amplísima gama de actividades de investigación pura y aplicada que cubre aspectos muy variados del quehacer nuclear.

En el campo de la física se trabaja en física de reactores, física nuclear, física de bajas temperaturas, física de metales y aleaciones y otros temas. Además de los reactores experimentales, las instalaciones mayores incluyen un sincrociclotrón de 28 MeV de deuterones y 55 MeV de altas (Fig. 29), un acelerador lineal de electrones de 25 MeV y un equipo para estudios de esquemas de desintegración de radionucleidos de vida media de hasta de 1 seg (Fig. 30), ambos contruidos totalmente en la CNEA, y otras máquinas de importancia.

En los planes inmediatos se destaca la instalación de un moderno acelerador tandem de 20 MV, cuya construcción se iniciará en el corriente año para ponerlo en operación en 1981.

En química, además de lo ya mencionado al hablar de radioisótopos y radiaciones y del estudio de procesos tecnológicos de beneficio de minerales y fabricación de insumos nucleares, se cumplen actividades en química analítica, análisis isotópico, determinación de estructuras, efectos fisicoquímicos de las radiaciones y temas similares.

El plan radiobiológico cubre estudios sobre

efectos de las radiaciones a nivel somático, en animales de laboratorio y también en órganos aislados, tejidos, células y material genético. Como actividad lateral, se mantiene un bioterio de animales de laboratorio libre de gérmenes patógenos que constituye un recurso de gran valor no sólo para los trabajos de la CNEA sino para la investigación biológica del país en general.

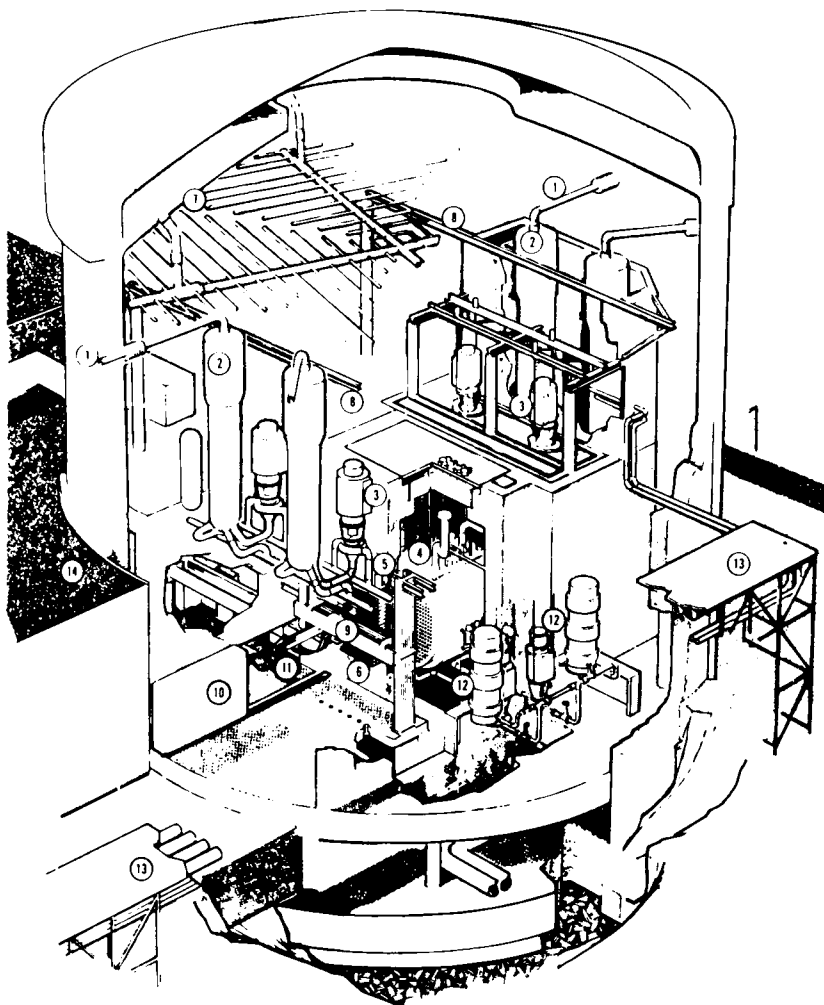
La investigación en ciencia de materiales incluye estudios de estructuras y propiedades de metales y aleaciones y trabajos básicos y aplicados sobre daño por radiación, procesos de soldadura, trabajado, tratamiento térmico, corrosión, etc.

En el campo de la electrónica, la actividad está centrada en problemas de instrumentación de reactores y otras instalaciones nucleares, cubriéndose además muchos aspectos de electrónica de laboratorio, incluida la fabricación de detectores de estado sólido.

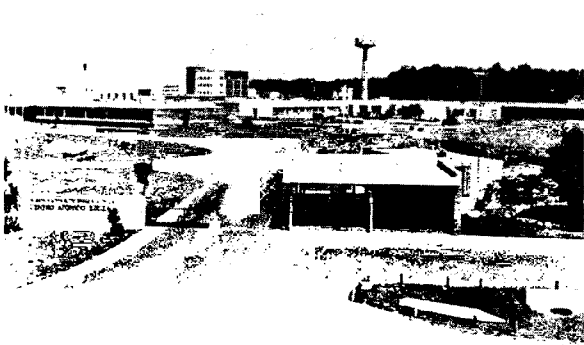
Paralelamente con estas actividades, se realizan también otras en campos no explotados directamente por la Institución actualmente pero que son de interés por su incidencia sobre la programación a mediano y largo plazo, las que se cumplen a nivel evaluativo y,

en algunos casos, también experimental. Así ocurre con las nuevas formas de la energía nuclear, tales como la fusión nuclear controlada y los reactores de fisión avanzados, con la utilización de la energía nuclear para fines no eléctricos, con el estudio de fuentes energéticas no nucleares de interés por su función complementaria en un sistema energético integrado, y con otros ejemplos.

Corresponde citar, finalmente, que se encuentra en instalación un Centro de Cómputos basado en una máquina IBM/370-158 de 1 Mbyte de memoria y 1200 Mbytes de memoria auxiliar, el cual comenzará a operar en 1978. Este Centro permitirá encarar internamente muchos trabajos que obligan ahora a utilizar capacidad de computación externa en problemas de reactores, centrales nucleares y otros temas. Asimismo, y dentro del rubro "Capacitación", es de destacar que en 1977 fue creada en el Centro Atómico Bariloche la carrera de Ingeniería Nuclear para asegurar la provisión de un número suficiente de profesionales de nivel apropiado para los futuros programas. Esta carrera funciona, juntamente con el Instituto de Física Balseiro, en dicho Centro, respaldado académicamente por un convenio con la Universidad Nacional de Cuyo.



- 1. TUBERIA PRINCIPAL DE SUMINISTRO DE VAPORES
- 2. GENERADORES DE VAPORES
- 3. BOMBAS PRINCIPALES DEL SISTEMA PRIMARIO
- 4. CONJUNTO DE LA CALANDRIA
- 5. TUBOS ALIMENTADORES
- 6. CONJUNTO DE CANALES DE COMBUSTIBLE
- 7. SUMINISTRO DE AGUA DE ROCIADO
- 8. REDES DE LA GRUA
- 9. MAQUINA DE CARGA
- 10. PUERTA DE LA MAQUINA DE CARGA
- 11. CATENARIA
- 12. SISTEMA DE CIRCULACION DEL MODERADOR
- 13. PUENTE DE TUBOS
- 14. EDIFICIO DE SERVICIOS



F. 3 Centro Atómico Ezeiza, Provincia de Buenos Aires.



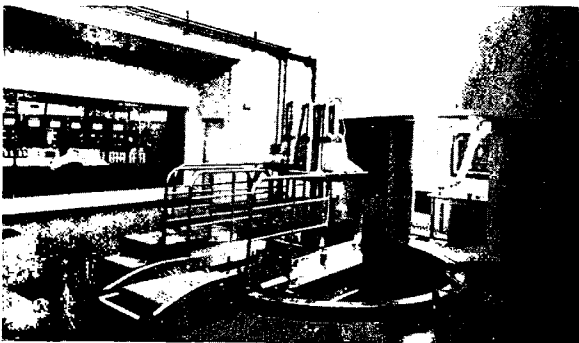
F. 4 Centro Atómico Constituyentes, Provincia de Buenos Aires.



F. 5 Centro Atómico Bariloche, Provincia de Río Negro.



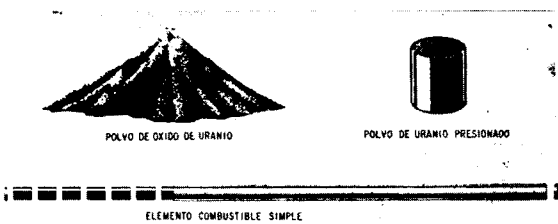
F. 6 Reactor RA-1 (Centro Atómico Constituyentes).



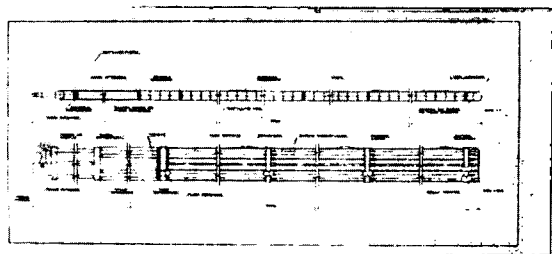
F. 8 Reactor RA-3 Vista de la parte superior y la sala de control.



F. 11 Central Nuclear Atucha. Sala de control.



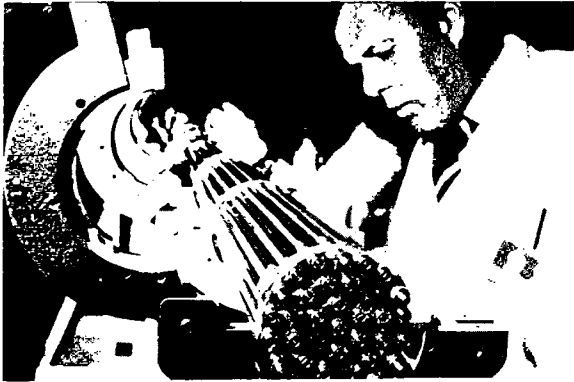
F. 17 Polvo de dióxido de uranio, pastillas sinterizada y barra combustible.



F. 18 Esquema de elemento combustible tipo Atucha.



F. 15 Planta Malargüe de tratamiento de minerales uraníferos, Provincia de Mendoza.



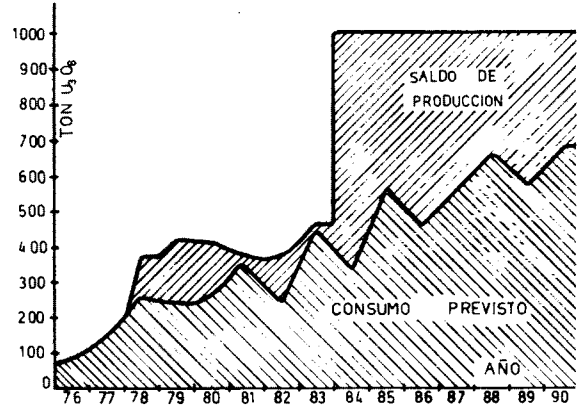
F. 20 Armado de un prototipo de elemento combustible Atucha (Centro Atómico Constituyentes).



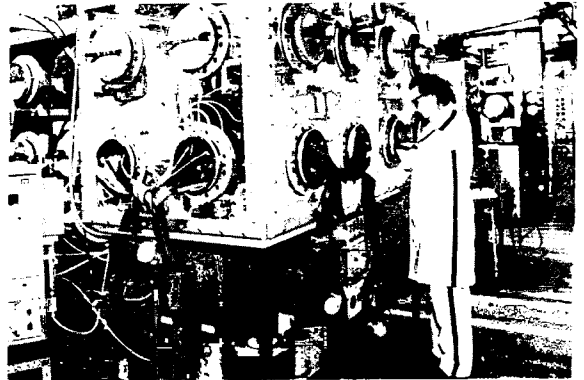
F. 19 Esquema de elemento combustible tipo Embalse.



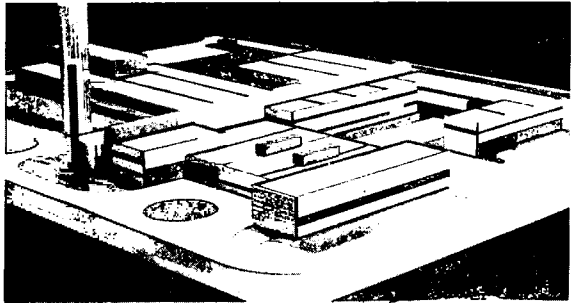
F. 25 Planta de producción de radioisótopos y sustancias marcadas. Vista parcial (Centro Atómico Ezeiza).



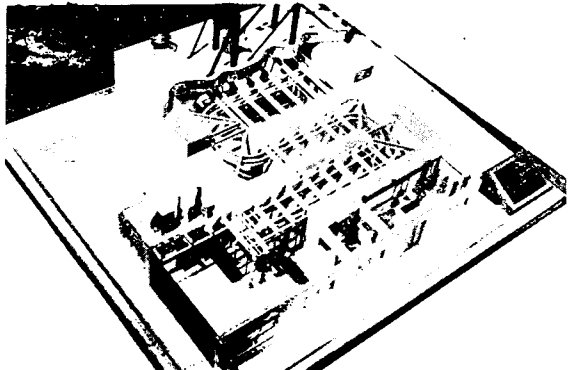
F. 16 Evolución prevista para la producción de concentrado de uranio.



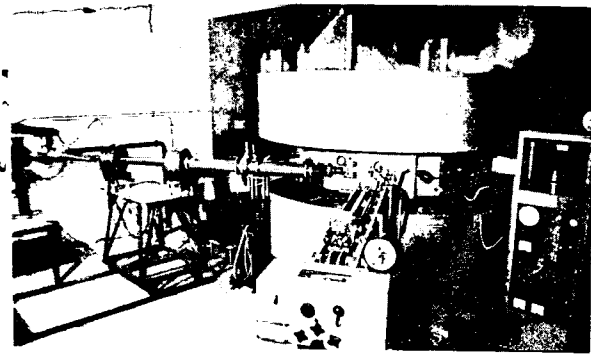
F. 22 Laboratorio para trabajo con materiales alfa-activos (Centro Atómico Constituyentes).



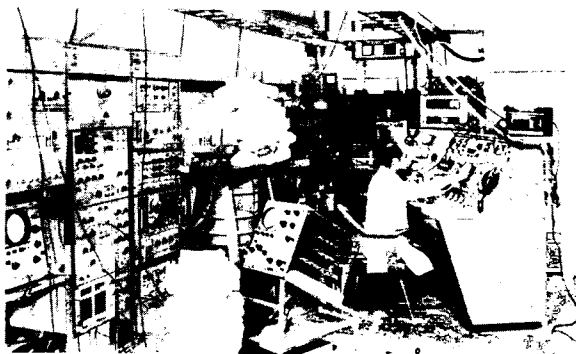
F. 21 Maqueta de la fábrica de elementos combustibles en construcción. (Centro Atómico Ezeiza).



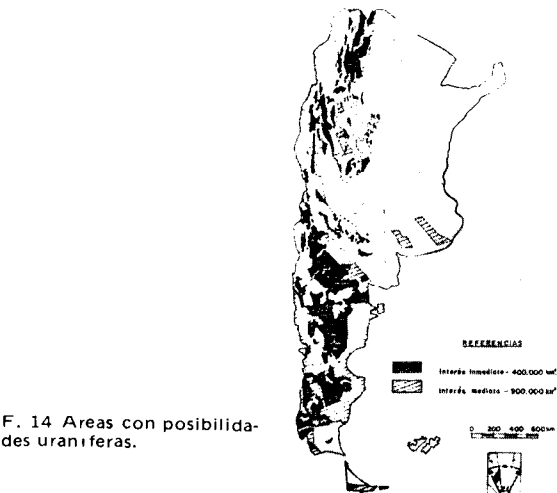
F. 26 Maqueta de la planta de irradiación gamma (Centro Atómico Ezeiza).



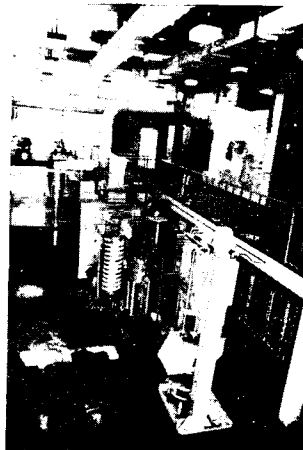
F. 29 Sincrociclotrón de Buenos Aires (Sede Central)



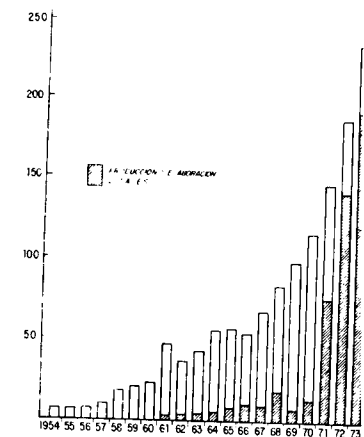
F. 30 Instalación para estudios de esquemas de desintegración de radio-nucleídos de vida media muy corta (Sede Central).



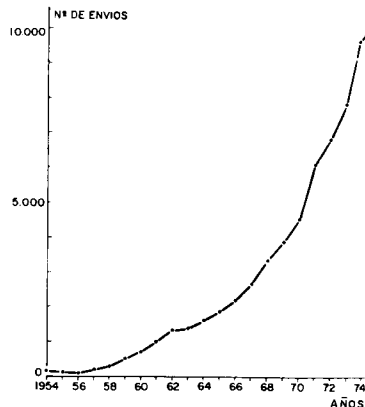
F. 14 Areas con posibilidades uraníferas.



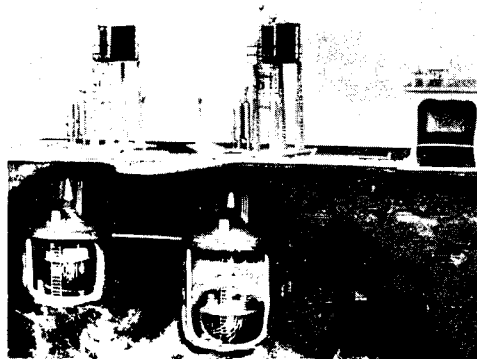
F. 27 Planta de tratamiento de residuos sólidos de baja actividad (Centro Atómico Ezeiza).



F. 23 Evolución del consumo de material radioactivo y de la producción local.



F. 24 Evolución del despacho de radioisótopos y sustancias marcadas.



F. 28 Maqueta de la planta de almacenamiento de residuos líquidos de alta actividad (Centro Atómico Ezeiza).