

1 1967

RA-3

REACTOR DE EXPERIMENTACION
Y PRODUCCION

DESCRIPCION GENERAL

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
BUENOS AIRES
1967

CNEA

Formulario № 101 - 13 - 5 - 75

Este libro debe ser devuelto antes de la fecha de vencimiento indicada a continuación.

21 MAR 1977

21 MAR 1977

INFORME SOBRE EL RA-3
REACTOR NUCLEAR DE EXPERIMENTACION Y PRODUCCION

Preparado por la
Comisión Nacional de Energía Atómica
Buenos Aires, República Argentina

INTRODUCCION

La Comisión Nacional de Energía Atómica acaba de poner en criticidad el Reactor RA-3, cuya descripción se ofrece en las siguientes páginas de este folleto.

La circunstancia es propicia para detenerse en un breve examen autocrítico sobre la razón de ser de esta obra y su inserción en el panorama nuclear argentino.

El nuevo instrumento no supone un especial avance en cuanto a la tecnología de reactores se refiere, pero sí un paso adelante en cuanto al logro de la experiencia propia y al desarrollo de nuestras facultades. Implica también la apertura de nuevos cauces a la industria nacional y un estímulo para su perfeccionamiento, pero sobre todo, significa fe en nosotros mismos.

Es probable que ante un frío análisis económico pueda argüirse que el costo del reactor ha resultado bastante mayor que el calculado en las estimaciones previas del proyecto original; como asimismo, que se haya demorado en realizarlo más tiempo del previsto.

Pero también es cierto que a ese análisis escaparían ciertos imponderables de muy difícil evaluación cuantitativa en el momento actual, que compensan ampliamente lo invertido y cuya trascendente significación podrá apreciarse recién en el futuro.

Esos imponderables están dados por los beneficios intangibles que a largo plazo reeditúan estas obras, en áreas que en apariencia no les están directamente relacionadas, tales como son la expansión de las industrias de base, la capacitación tecnológica, la investigación científica y técnica, el integral aprovechamiento de los recursos naturales y, en suma, la modernización del país.

En el proceso evolutivo de la industria nuclear, como en el de cualquier otra gran industria nueva, hay etapas necesarias y obligadas a cumplir, si se quiere alcanzar esa experiencia propia a que nos referimos y que constituye la base de todo progreso. Porque, insistiendo en este concepto, experiencia es por definición “práctica y observación”, cosas que no se pueden comprar ni tomar de prestado.

Tal es la política o si se quiere la filosofía que determinó la ejecución del RA-3; que es continuación de la que nos decidió a construir y habilitar a principios de 1958 el RA-1 primer reactor nuclear puesto en servicio en Sudamérica, y posteriormente el RA-0 y el RA-2; y que es la misma filosofía que nos alentará mañana para levantar el primer reactor de potencia argentino o central nuclear, ya estudiada y proyectada.

Podríamos haber adquirido un reactor como el RA-3 en el exterior. Hubiese sido más cómodo y quizás más económico.

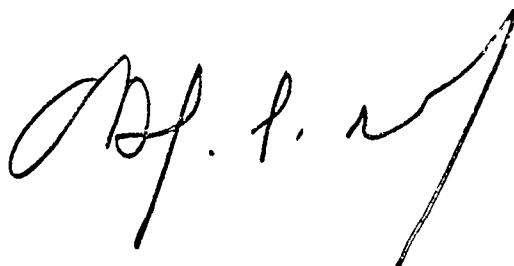
Pero preferimos hacerlo por nosotros mismos, con nuestros técnicos y con nuestra industria, para aprender sobre la marcha, asimilando y corrigiendo nuestros propios errores.

Una vez con el fruto de nuestro trabajo a la vista, y sobre la base de los planos y especificaciones presentados, entonces sí gestionamos y obtuvimos de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos de América un importante subsidio destinado a complementar instalaciones y atender gastos operativos del reactor. De esta manera la competencia profesional del personal de la C.N.E.A. a cargo del proyecto, ha recibido el significativo aval involucrado en el hecho de que el organismo nuclear estadounidense haya concedido, por primera y única vez, una suma con destino a cubrir gastos de una unidad que no ha sido ni diseñada ni construída en aquel país.

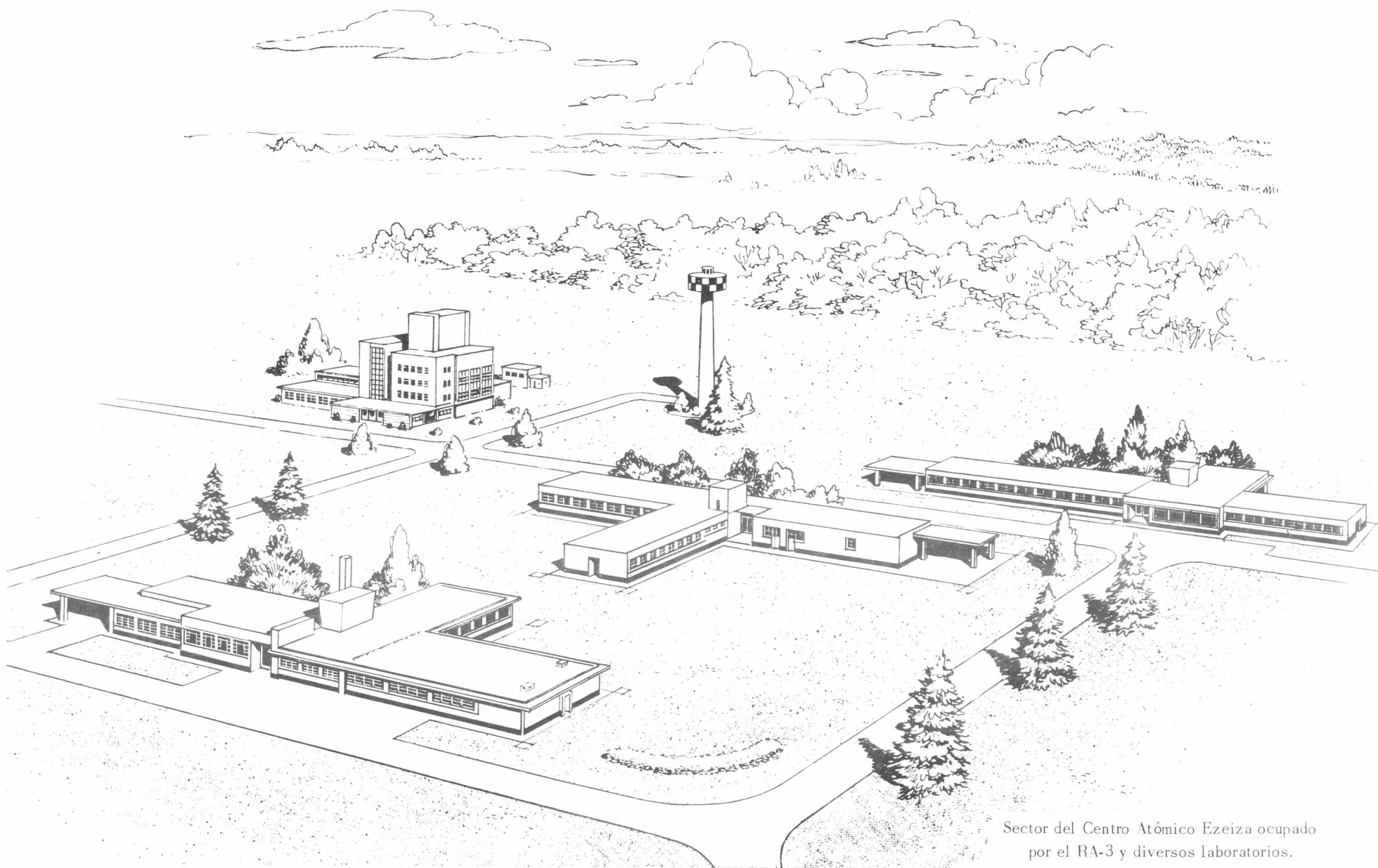
Además la misma entidad, por intermedio del Organismo Internacional de Energía Atómica y en vinculación con el programa de cooperación y asistencia técnica que este último desarrolla, nos ha cedido con donación una partida de uranio enriquecido para utilizar como combustible del reactor, por un valor de 35.000 dólares.

El RA-3 forma parte del Centro Atómico Ezeiza, donde estamos levantando otros laboratorios e instalaciones importantes y constituye una de las realizaciones previstas en el plan de trabajo que tiene en ejecución la Comisión Nacional de Energía Atómica, cuyo objetivo permanente es la incorporación progresiva de la energía nuclear en toda su gama de aplicaciones pacíficas, al progreso, la salud y el bienestar de la comunidad.

En síntesis, el RA-3 constituye una nueva etapa, satisfactoriamente cumplida, de un programa de energía nuclear concebido con profundo sentido nacional.



OSCAR A. QUIHLLALT
Presidente de la Comisión
Nacional de Energía Atómica



Sector del Centro Atómico Ezeiza ocupado
por el RA-3 y diversos laboratorios.

I - DESCRIPCION GENERAL

El reactor RA-3 ha sido proyectado y construido por la Comisión Nacional de Energía Atómica, con la colaboración de la industria privada e instalado en el Centro Atómico Ezeiza, en construcción.

Su operación ha de permitir la producción en escala comercial de radioisótopos y lograr, en consecuencia, una apreciable disminución en la importación de tales elementos.

Simultáneamente, ha de constituir una valiosa herramienta de trabajo que posibilitará la experimentación en un amplio rango de temas vinculados con la investigación básica y con las aplicaciones tecnológicas, particularmente en los campos de la ingeniería nuclear y del desarrollo y ensayos de combustibles nucleares.

Esta versatilidad en las aplicaciones del RA-3 impuso la necesidad en la etapa de proyecto, de prever una serie de dispositivos de irradiación y auxiliares, algunos de los cuales distinguen a este reactor de otros similares que se encuentran actualmente en operación en distintos países del mundo.

Sus características principales son las siguientes:

Tipo:	tanque abierto
Potencia normal:	5000 kW (térmicos)
Flujo térmico:	4×10^{13} neutrones/cm ² .s
Combustible:	uranio enriquecido al 90%
Moderador:	agua desmineralizada
Refrigeración:	circulación forzada de agua

II - EL EDIFICIO

El edificio del reactor, por la armónica distribución de sus plantas y sus lineamientos arquitectónicos de sencillo diseño, es típicamente funcional.

Se compone de un cuerpo central en forma de cubo, que emerge del resto de la edificación, con muros y techos de hormigón armado y sin aberturas al exterior. Dentro de éste, en el ámbito central o hall del reactor, se desarrolla la actividad específica del mismo.

Ocupando el centro de dicho ámbito, se hallan alojados los elementos fundamentales del reactor, es decir: el tanque principal, de acero inoxidable, en el que se encuentra el núcleo reactante con su correspondiente blindaje de hormigón pesado, que lo rodea exteriormente; los mecanismos de control y lateralmente, la denominada "celda caliente".

Alrededor del cuerpo central descrito, se desarrollan en seis plantas los diversos ambientes complementarios del reactor.

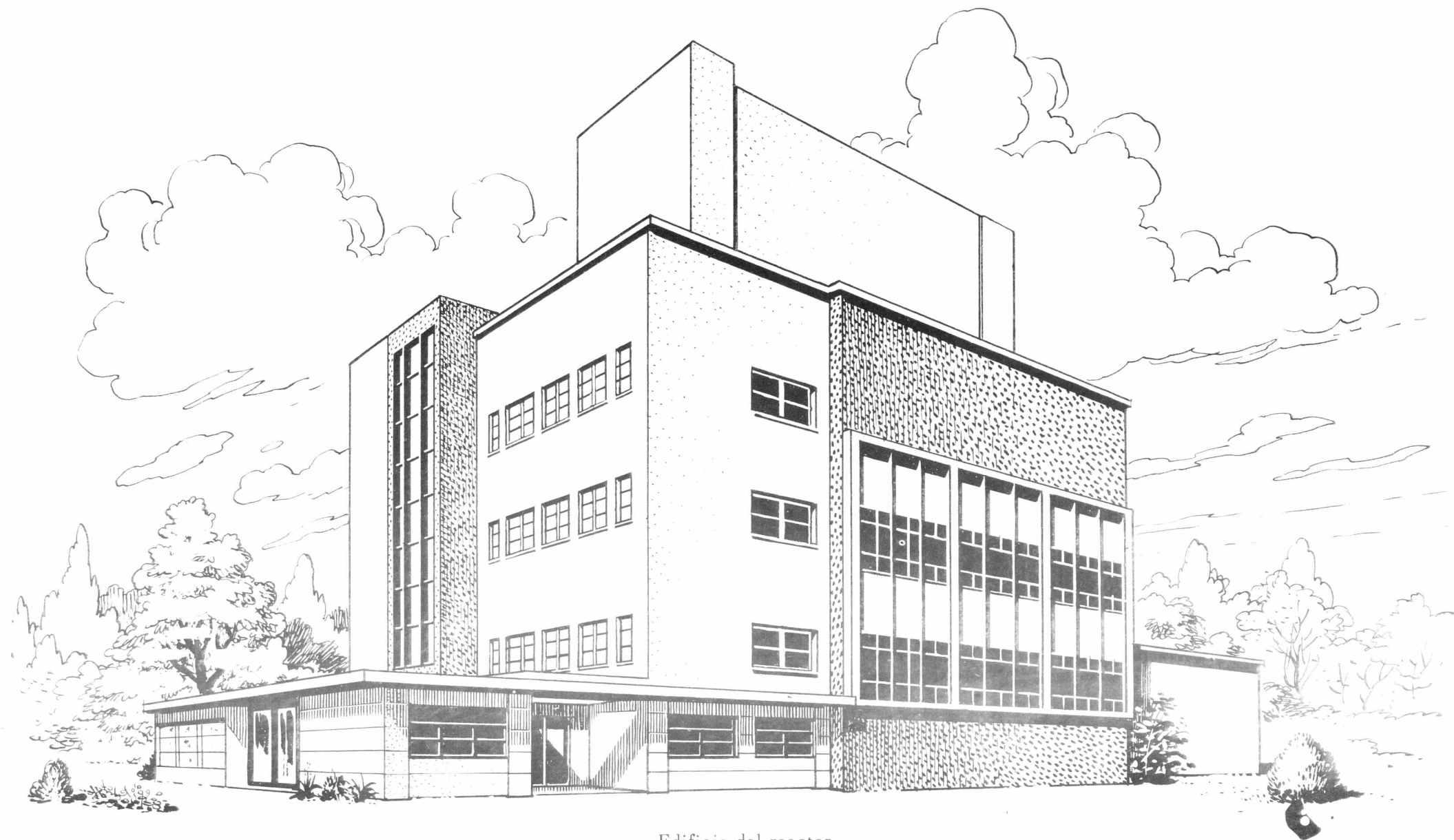
En los sótanos del edificio se hallan la sala de bombas y los circuitos de refrigeración del reactor; los sistemas de calefacción, agua caliente, aire comprimido, vacío y aire acondicionado; un grupo electrógeno para casos de emergencia y el tablero general de distribución de corriente eléctrica.

En la planta baja, próximos a la entrada principal del edificio, se encuentran los vestuarios para el personal, que se comunican con el recinto central de dicha planta o área de experimentación del reactor.

En el cuerpo frontal del edificio hay un entrespacio donde se encuentran la biblioteca y algunas oficinas administrativas.

Todo el primer piso está destinado a los laboratorios de radioquímica, sector que se halla sometido al contralor radiosanitario exigido por las reglamentaciones internacionales en vigencia.

El segundo piso corresponde al nivel superior del tanque del reactor. En un mismo plano se encuentran la sala de comando y en dirección opuesta, una sala destinada a experiencias de tipo tecnológico. Esta se encuentra vinculada al hall principal a través de aberturas practicadas en la pared divisoria, destinadas a facilitar el paso de los conductos que eventualmente tengan que ser colocados en el reactor con motivo de las experiencias que se realicen.



Edificio del reactor.

III - EL REACTOR

Consiste en un tanque principal de forma cilíndrica, dispuesto verticalmente y con el extremo superior abierto. Está construido totalmente en acero inoxidable de 3 mm de espesor.

La altura total del tanque es de 10,90 m y su diámetro, en la mitad inferior, es de 3,02 m, el que aumenta a 3,34 m en la mitad superior.

El fondo está apoyado sobre una losa de hormigón armado de 1 m de espesor, a 1 m por debajo del nivel del piso de la planta baja.

En el interior del tanque principal se aloja el núcleo del reactor (compuesto por los elementos combustibles que contienen el uranio enriquecido), a una altura de 1,90 m por encima del fondo, sobre el que se apoya mediante una grilla soporte con cuatro patas.

Con el objeto de contener las radiaciones provenientes del proceso de fisión del núcleo, el tanque principal está totalmente rodeado por una capa de hormigón "pesado" de densidad $3,5 \text{ g/cm}^3$ y 2,50 m de espesor, que actúa como blindaje biológico y permite la permanencia del personal en su parte exterior.

En el interior del blindaje de hormigón se encuentran diversos conductos, que forman parte del sistema de refrigeración del reactor y de las facilidades de experimentación, tales como los conductos de irradiación, que atraviesan en forma radial la pared del tanque y se prolongan hasta las proximidades del núcleo y a los que se tiene acceso desde el exterior. Asimismo se halla la denominada "columna térmica", que es una caja metálica de 2 x 2 m que atraviesa también el blindaje y la pared del tanque para llegar hasta las proximidades del núcleo. Dentro de esta caja hay un apilado de bloques de grafito de pureza nuclear, destinado a facilitar la difusión en su interior de un flujo de neutrones térmicos, utilizable en distintas experiencias de irradiación.

Además del núcleo, los conductos de irradiación y la columna térmica, en el interior del tanque principal se halla dispuesta una plataforma, a uno de los costados del núcleo, con el objeto de soportar parte de los instrumentos de detección de neutrones, en particular, dos cámaras de ionización compensadas.

A nivel de la boca del tanque existe una estructura en voladizo, sobre la que se fijan los mecanismos de control del reactor. Lateral y paralelamente a dicha estructura está ubicado un puente corredizo que facilita el acceso, mediante herramientas de prolongación, al interior del tanque y a las proximidades del núcleo.

Por último, en el tercer piso, se encuentra el recinto donde está instalado todo el equipo de ventilación del edificio y en particular, de las zonas en las que ocasionalmente pudiera existir contaminación radiactiva.

Los distintos ambientes del edificio se complementan, según sus funciones específicas, con oficinas, baños y demás instalaciones necesarias.

Sistema de ventilación: comprende una instalación general convencional, con recirculación parcial del aire tratado y un circuito activo, completamente independiente, que corresponde a los locales susceptibles de contaminación (celda caliente, boca del tanque, laboratorios activos, conductos de irradiación y columna térmica) y que extrae el 100 % de aire y lo expulsa al exterior, previo paso por filtros absolutos, de alta eficiencia, para partículas del orden de 0,3 micrones.

En caso de emergencia, el circuito puede ser modificado mediante persianas motorizadas, lo que hace posible la recirculación total del aire hasta localizar y eliminar el origen de la contaminación, para luego expulsarlo al exterior en pequeños volúmenes diluídos en un gran caudal de aire no contaminado.

IV - EL NUCLEO

Está constituido por elementos combustibles, que pueden ser dispuestos en $10 \times 8 = 80$ posiciones sobre una grilla de aluminio que les sirve de apoyo.

Cada elemento de tipo (MTR) tiene la apariencia de un prisma de sección cuadrada, de alrededor de 80 mm de lado y una altura del orden de 80 cm, y se compone de 19 placas dispuestas en forma paralela, hechas de una aleación de aluminio y uranio enriquecido al 90%, recubiertas con un espesor del orden de 0,4 mm de aluminio. Cada placa contiene alrededor de 7,8 g de uranio 235.

Los elementos combustibles terminan, en la parte inferior, en una boquilla cilíndrica que se inserta en los orificios de la grilla, con lo cual cada elemento queda fijado y colocado con justeza en su correspondiente posición.

Las configuraciones que puede adoptar el núcleo son muy variadas. Así, para las condiciones mínimas de criticidad, se compone de 16 elementos dispuestos en un cuadrado de 4×4 , con tres caras reflejadas con grafito. Para la operación normal y a plena potencia, la configuración del núcleo puede llegar a ser de 25 elementos.

Cinco de los elementos combustibles son especiales, ya que se los utiliza como elementos de control, para lo cual se les quita parte de las placas combustibles a fin de permitir la inserción de las barras de control y seguridad.

El tanque del reactor, durante la operación normal, está totalmente lleno de agua desmineralizada, que cumple las funciones de refrigerante, moderador y blindaje vertical.

El calor generado en el núcleo es transferido al agua, que ocupa los espacios libres entre las placas combustibles y que circula en forma descendente, atraviesa la boquilla inferior de los elementos, la grilla soporte y pasa al circuito de refrigeración.

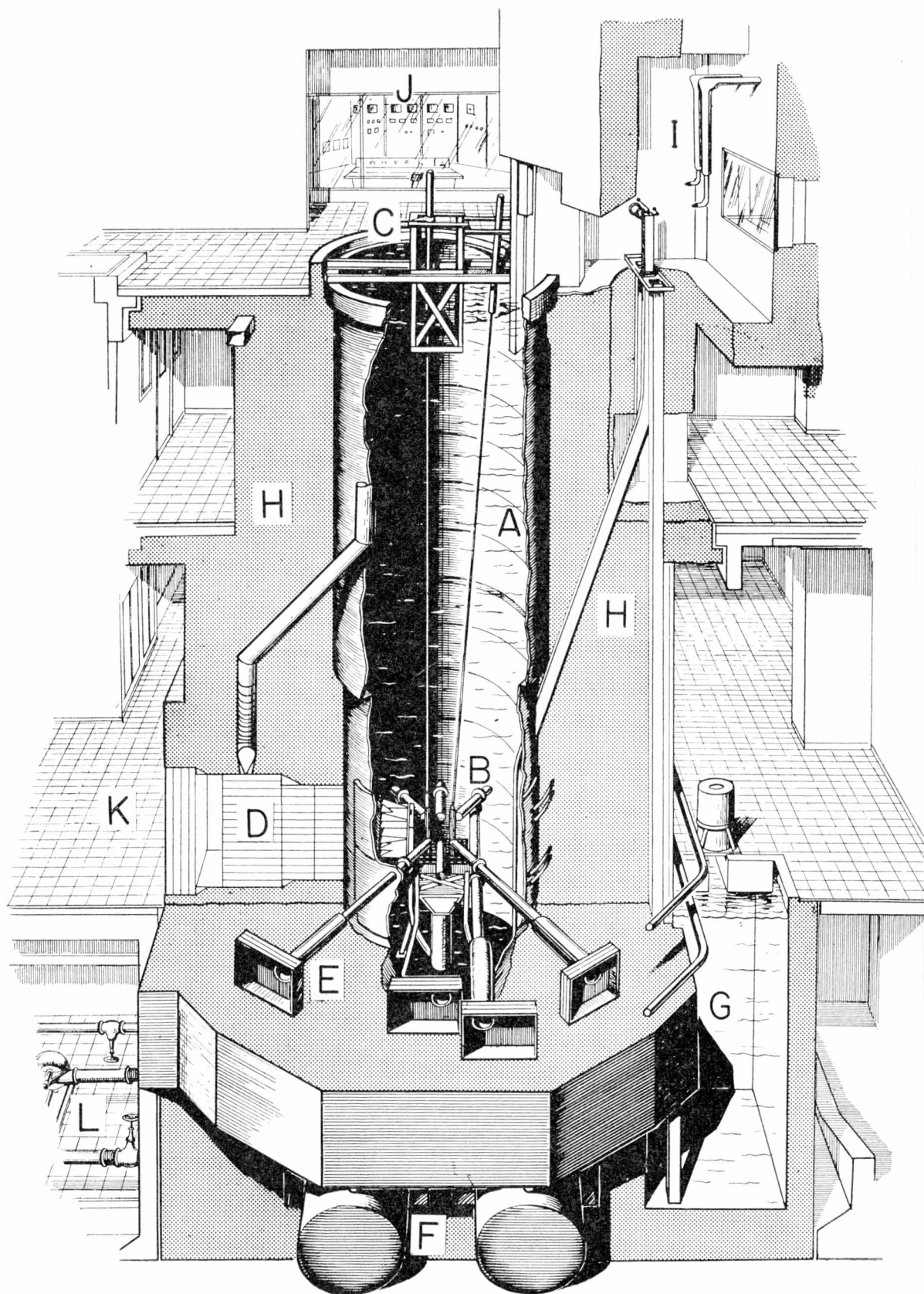
En la parte inferior de la grilla hay una cámara en forma de embudo, que conecta a aquélla con el conducto de 30 cm de diámetro del circuito primario de refrigeración.

Con el objeto de mejorar el balance neutrónico, los elementos combustibles, en su conjunto, están rodeados por un reflector consistente en barras de grafito de pureza nuclear, las que tienen las mismas dimensiones y sistema de posición que aquéllos. El grafito refleja los neutrones que escapan del núcleo, haciendo que reingresen al mismo, para participar del proceso de fisión.

Algunos de los orificios libres de la grilla soporte se utilizan para colocar el receptáculo de la fuente artificial de neutrones, de americio-berilio, con la que se arranca el proceso de fisión, así como para alojar dos cámaras de fisión que constituyen los detectores del flujo neutrónico en las primeras etapas de la puesta en funcionamiento del reactor.

Entre el núcleo y la cara interna de la columna térmica se interpone una placa de plomo de 60 mm de espesor, cuya finalidad es la de blindar la radiación gamma proveniente de los elementos combustibles para evitar su propagación al grafito de la columna térmica. Dicha placa tiene un sistema de refrigeración para disipar la energía calórica acumulada en su interior como consecuencia de la radiación.

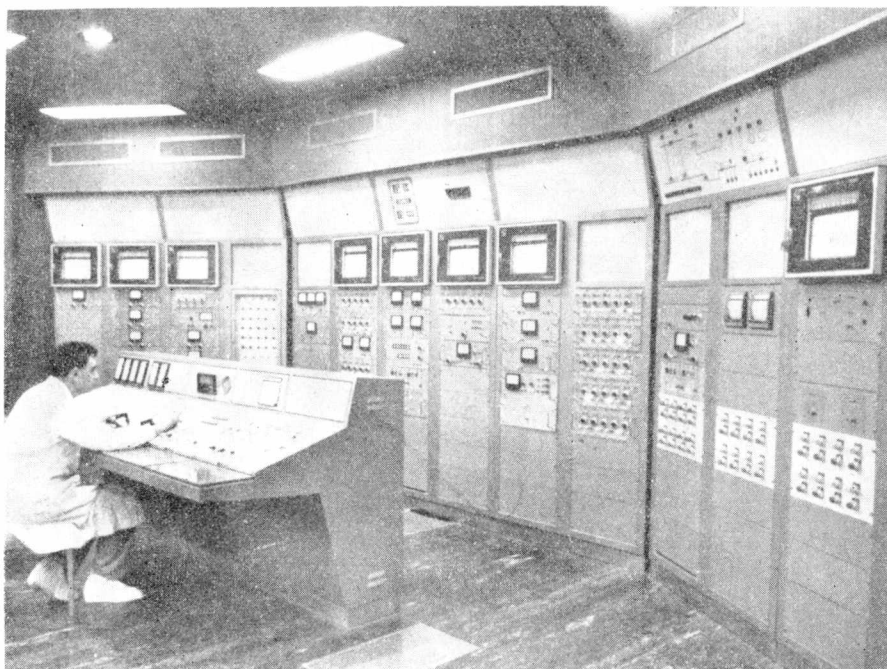
Asimismo, entre la pared lateral del tanque del reactor y el blindaje de hormigón que lo rodea exteriormente, se interpone una camisa de plomo de 50 mm de espesor y 2 m de alto (centrada en altura con el plano medio del núcleo), cuya función es blindar la radiación gamma proveniente del núcleo para impedir el calentamiento del hormigón, lo que produciría en éste gradientes térmicos suficientes como para generar grietas. En el interior de la camisa de plomo se desarrolla un serpentín, para disipar por circulación forzada de agua el calor generado.



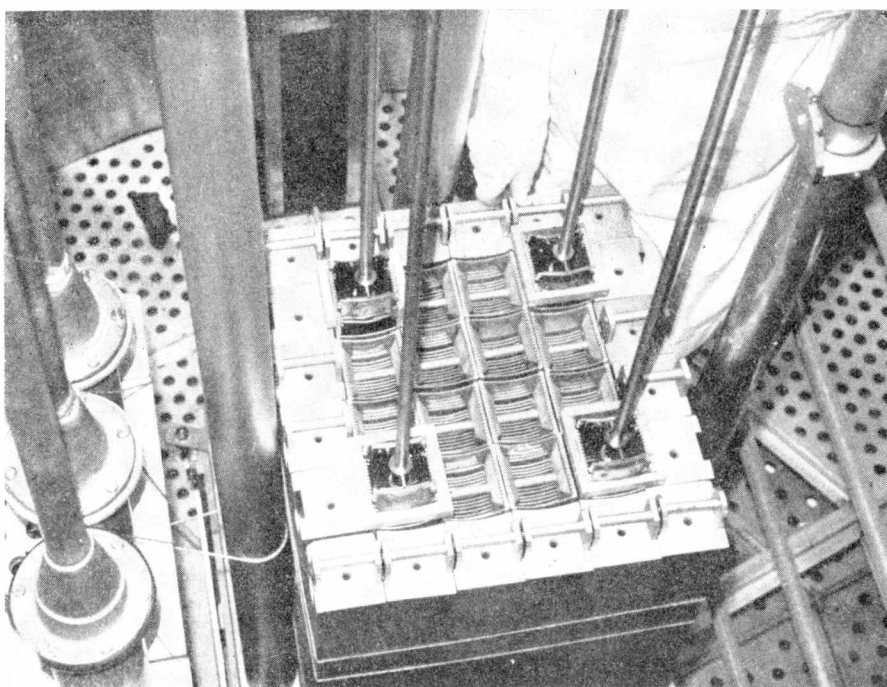
Tanque del Reactor

(Corte Esquemático)

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| A - Tanque principal | G - Pileta de Decaimiento |
| B - Núcleo | H - Blindaje de Hormigón |
| C - Mecanismo barras de control | I - Celda Caliente |
| D - Columna térmica | J - Sala de Comando |
| E - Conductos de Irradiación | K - Hall de experimentación |
| F - Tanques de Decaimiento | L - Sala de Bombas |



Sala de comando del reactor



Núcleo de 16 cajas.

Reflejado totalmente con grafito con 4 barras de control
 Detectores: 2 cámaras de fisión y 3 cámaras de ionización

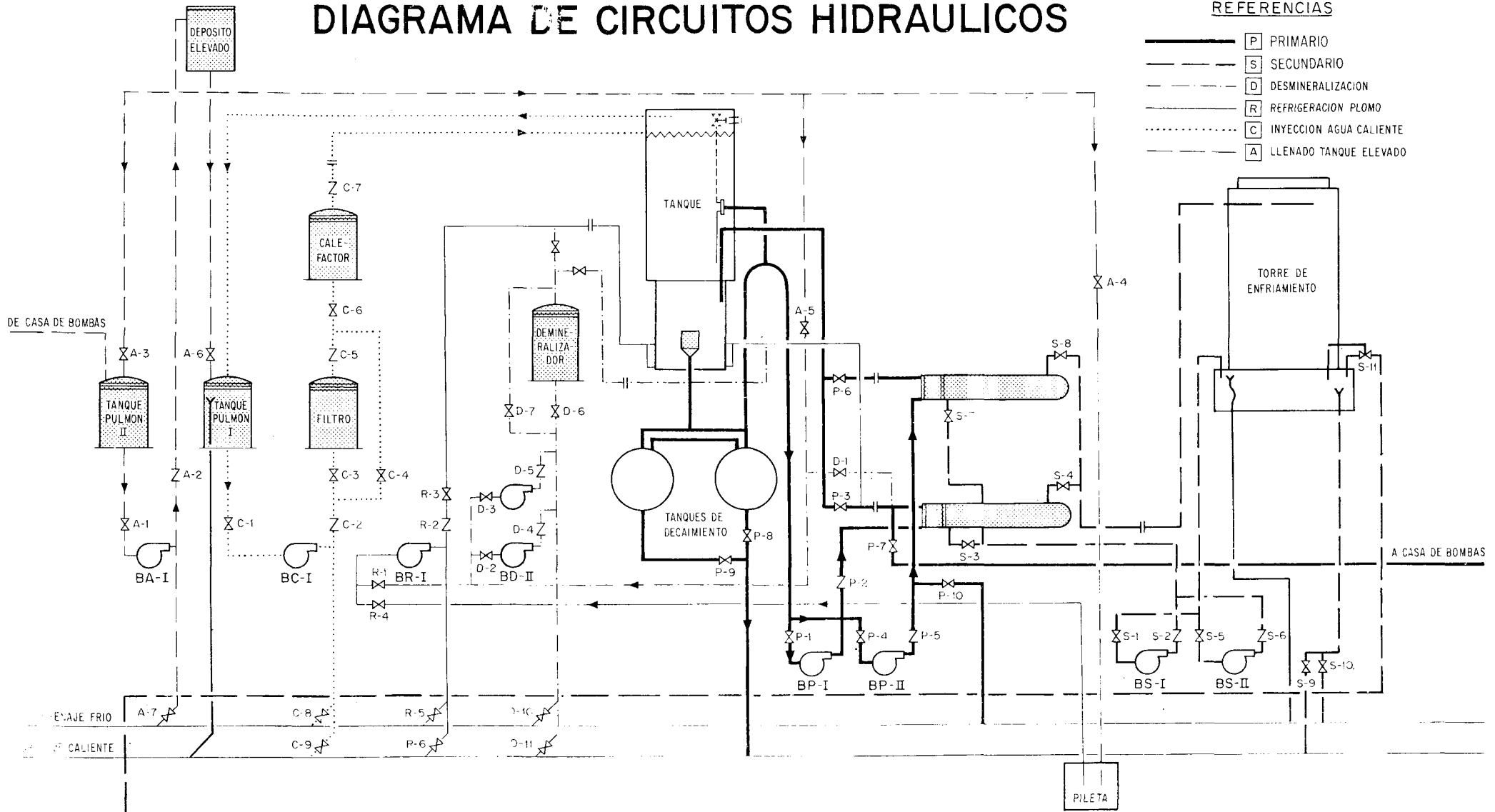
CORTE DE UN ELEMENTO COMBUSTIBLE



DIAGRAMA DE CIRCUITOS HIDRAULICOS

REFERENCIAS

	P	PRIMARIO
	S	SECUNDARIO
	D	DESMINERALIZACION
	R	REFRIGERACION PLOMO
	C	INYECCION AGUA CALIENTE
	A	LLENADO TANQUE ELEVADO



V - SISTEMAS DE REFRIGERACION

La refrigeración del núcleo se efectúa por circulación forzada, a través de los elementos combustibles, del agua desmineralizada que llena el tanque del reactor. La energía calórica que transporta la misma es disipada en la atmósfera mediante torres de enfriamiento.

Circuito primario: el agua es succionada por la parte inferior de la grilla soporte del núcleo y enviada a dos tanques de decaimiento o desactivación, de 15 m^3 cada uno, conectados en paralelo y ubicados en la parte inferior del tanque principal del reactor, debajo de la losa que lo soporta. El cometido de dichos tanques es demorar el pasaje del agua para permitir el decaimiento de los elementos radiactivos de corta vida media, de modo que al llegar a la sala de bombas, adonde pasa seguidamente, el nivel de radiación sea compatible con la presencia en ella del personal de operación.

Entre los tanques de decaimiento y la sala de bombas ubicada al mismo nivel que aquéllos, el conducto de 30 cm de diámetro describe una "U" invertida, a modo de antisifón, con el fin de evitar que el nivel de agua en el interior del tanque del reactor descienda de un determinado nivel en caso de rotura del circuito en la sala de bombas. De esta manera se asegura que el núcleo permanezca en toda circunstancia sumergido en agua.

El circuito primario de refrigeración se completa con una bomba centrífuga de acero inoxidable, de tipo carcasa partida, con capacidad de bombeo de $300\text{ m}^3/\text{h}$; un intercambiador de calor, también de acero inoxidable, con tubos en U; las respectivas válvulas; un conducto de reingreso del agua al tanque principal y un sistema difusor de entrada, que reduce la formación de torbellinos y en esa forma evita que parte del agua que ha estado en contacto con el núcleo, ascienda hasta la superficie.

El conducto de reingreso al tanque está ubicado a la altura media del mismo. Dentro del tanque se bifurca en una "T", cuyos extremos descienden hasta las proximidades del fondo, donde rematan en dos semitoros con perforaciones, por las cuales el agua proveniente del intercambiador de calor ingresa al tanque principal.

Por encima de los semitoros y a niveles de 0,50 y 1 m, se encuentran dos falsos fondos que cubren la planta del tanque y que están perforados de tal manera que las secciones de pasaje aumentan gradualmente. Con ello se consigue disminuir la velocidad de entrada del agua, que penetra en forma vertical ascendente.

Las temperaturas de entrada al núcleo y salida del agua de refrigeración, son 38 y 45 °C, respectivamente. El caudal se mide mediante un venturi, con la precisión del 1%.

En caso de detención de la bomba de recirculación del agua de refrigeración, el funcionamiento del reactor se interrumpe automáticamente mediante la inserción en el núcleo de las barras

de seguridad, y el calor remanente generado en los elementos combustibles es disipado por la convección natural del agua. Por ese motivo, dos de las caras del embudo que conecta la grilla con el conducto de succión son rebatibles y se abren cuando se detiene la bomba, permitiendo el establecimiento de una corriente convectiva en el interior del núcleo.

Circuito secundario: comprende el intercambiador de calor, una bomba de recirculación y una torre de enfriamiento, desde donde el calor proveniente del primario es disipado en la atmósfera.

Los conductos del circuito secundario salen de la sala de bombas del edificio del reactor, a través de un túnel de 15 m de largo y desembocan en una casa de bombas, donde además de la bomba de recirculación, está instalado el equipo desmineralizador de agua para la provisión del reactor.

La torre de enfriamiento se encuentra instalada al lado de dicha casa de bombas.

Circuito de agua desmineralizada: desde el equipo desmineralizador, el agua tratada pasa a un tanque pulmón situado en la sala de bombas del reactor y de allí es bombeada hasta un tanque elevado, con capacidad de 20 m^3 . Desde el mismo, se efectúa el abastecimiento del reactor.

Circuito de refrigeración del blindaje de plomo: desde la sala de bombas, el agua es enviada, cuando es necesario, a través de este circuito y reinyectada en el primario.

Circuito de desmineralización continua: con el objeto de mantener la pureza del agua del *circuito* primario dentro del orden de 0,5 ppm, se extrae del mismo, en derivación, un caudal de 10 a $15 \text{ m}^3/\text{h}$; se lo hace pasar por un desmineralizador que retiene las impurezas radiactivas que por erosión hayan sido incorporadas al agua y se lo reinyecta nuevamente al circuito.

Circuito de la napa de agua caliente: sobre la superficie del agua del tanque del reactor, se inyecta agua caliente hasta formar una napa de 1 m de espesor, con el objeto de producir una inversión en el gradiente térmico vertical del agua del tanque. En esa forma se evita que burbujas o partículas de agua que hayan estado en contacto con el núcleo, puedan llegar hasta la superficie en su ascenso por convección natural, aumentando la actividad ambiente en dicha zona.

VI - CONTROL

El reactor se controla desplazando elementos absorbentes en sentido vertical, dentro del núcleo. Estos elementos, llamados en su conjunto barras de control, son de dos tipos: barras de compensación o de control grueso, destinadas a introducir grandes valores de reactividad, pero en forma lenta, de las cuales se disponen cuatro. El tipo restante lo constituye una única barra, llamada de regulación o de control fino, utilizada para introducir cantidades limitadas de reactividad y para la operación rutinaria del reactor.

Las barras de compensación desempeñan a la vez la función de barras de seguridad, ya que ante una evolución anormal de cualquier variable del sistema, caen rápidamente dentro del núcleo, deteniendo la marcha del reactor.

Las características de las barras de compensación-seguridad, son las siguientes:

Carrera total	645 mm
Velocidad	1,1 mm/s
Valor en reactividad	3.000 pcm (3%)
Velocidad de introducción de reactividad	10 pcm/s (10^{-4} /s)
Precisión de la indicación de posición	1/360

Las mismas características con respecto a la barra de regulación son:

Carrera total	645 mm
Velocidad máxima	21 mm/s
Valor en reactividad	500 pcm
Velocidad máxima de introducción de reactividad	45 pcm/s
Precisión de la indicación de posición	1/3600

El accionamiento de las barras se realiza por medio de mecanismos situados sobre el puente superior del reactor. El vástago que soporta la barra se desplaza accionado por un motor eléctrico, un reductor de engranajes apropiado y un tornillo sinfín. El motor de las barras de compensación-seguridad es de corriente continua con excitación independiente, lo que asegura una velocidad de traslado prácticamente constante. El motor de la barra de regulación es bifásico, alimentado con corriente alterna 400 Hz.

Movimiento de barras: verificada una serie de condiciones iniciales, indispensables para la seguridad de la operación, puede iniciarse el arranque del reactor, izando las barras de compensación-seguridad. Alcanzada la criticidad, el operador ajusta la posición de las mismas para obtener una velocidad de crecimiento de potencia adecuada. A partir de un cierto nivel, en este caso 1% de la potencia nominal del reactor, la operación puede continuar en forma automática.

Comando manual: en comando manual, el operador puede actuar sobre la barra de regulación para ajustar la potencia final deseada o bien desplazar las barras de compensación, para eliminar efectos a largo término que inciden sobre la reactividad. Las barras se desplazan en el sentido elegido, a velocidad constante.

Comando automático: el sistema de comando automático actúa permanentemente sobre la barra de regulación, para mantener la potencia del reactor en un nivel constante sin intervención del operador. Este puede, asimismo, elegir otra potencia a la cual llevar automáticamente el reactor, dentro del rango de medición seleccionado inicialmente. Los rangos de operación posibles en comando automático son:

Rango III	15 a 150 kW
Rango IV	75 a 750 kW
Rango V	150 a 1500 kW
Rango VI	300 a 3000 kW
Rango VII	750 a 7500 kW

El motor de accionamiento de la barra de regulación recibe la tensión de comando de un equicalculador, que produce una señal de error, de la forma

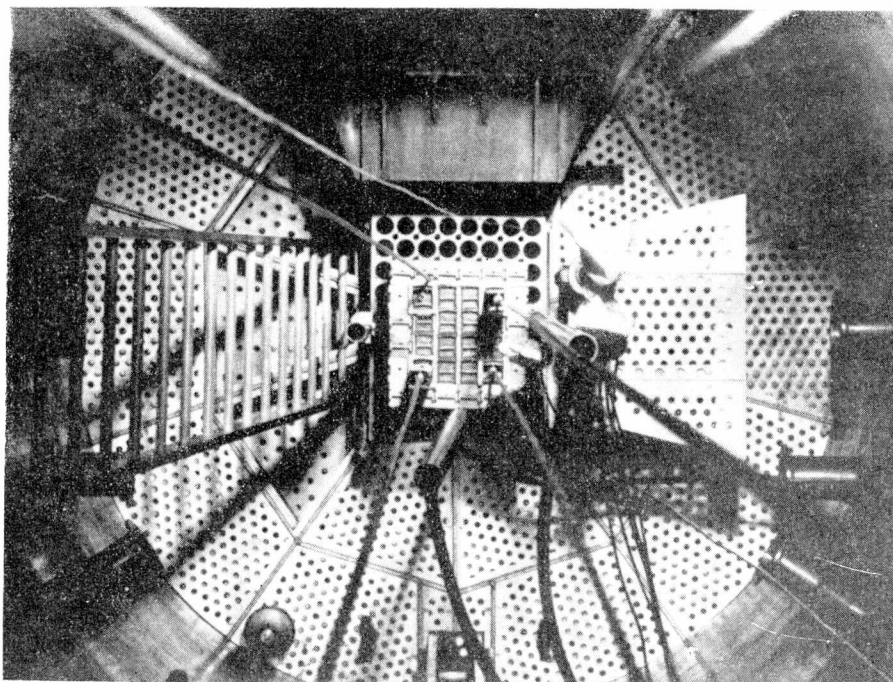
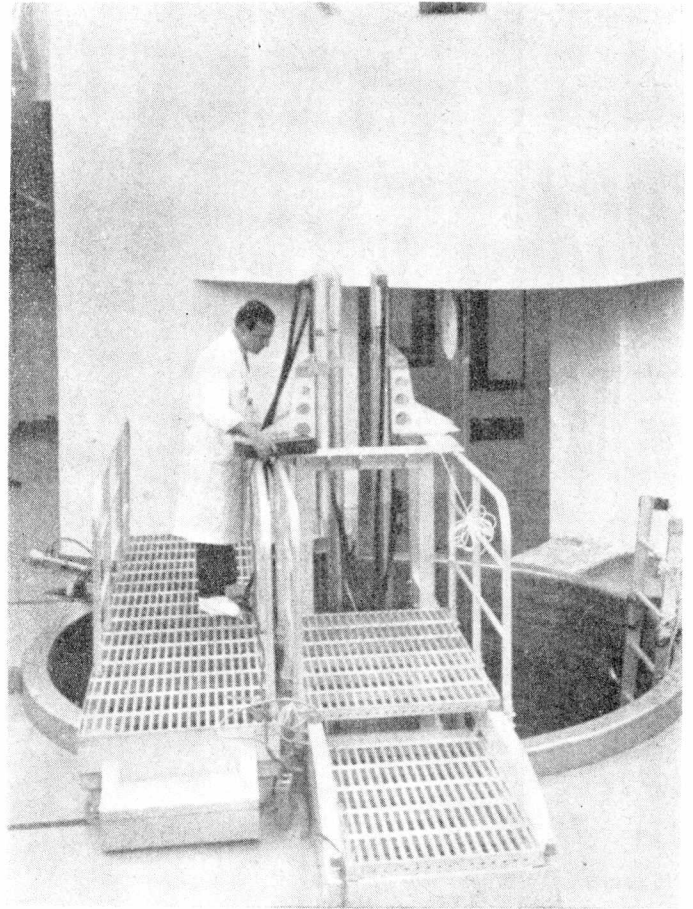
$$A \frac{P - P_o}{P_o} - B \frac{1}{P} \frac{dP}{dt}$$

siendo A y B constantes, P la potencia del reactor indicada por el canal de medición lineal y P_o la potencia deseada. Una señal proporcional al segundo término de la expresión es suministrada directamente por la cadena de medición logarítmica.

Instrumentación: el conjunto de cadenas de medición electrónicas, permite medir el nivel de potencia desde el inicial correspondiente al nivel de la fuente artificial de neutrones, hasta el de plena potencia. Entre ambos se extienden más de 10 décadas. Esta amplia gama es cubierta por:

- Dos canales de medición que utilizan cámaras de fisión como detectores y que pueden ocupar dos posiciones para ampliar la extensión del rango de medición, de desplazamiento automático. La indicación se efectúa sobre un registrador con escala logarítmica entre 1 y 10⁵ cps.
- Un canal de medición que utiliza una cámara de ionización y un amplificador de corriente logarítmico, para cubrir desde el rango intermedio hasta la potencia máxima. Un registrador con escala logarítmica y otro que indica la velocidad de variación de la potencia (Período) son los instrumentos colocados al final de esta cadena.
- Un canal de medición de corriente en escala lineal, con cámara de ionización compensada y amplificador con selector de gama de operación para lectura precisa del nivel de potencia. El sistema automático recibe la información de la potencia del reactor, a través de esta cadena de medición. Un registrador con escala lineal registra las variaciones del nivel de potencia.

Mecanismo de accionamiento
de las barras de control y
celda caliente superior



Vista general del núcleo
y accesos experimentales

- Tres canales de medición de corriente idénticos, con cámaras de ionización no compensadas, suministran las señales que utiliza el sistema de seguridad para limitar el valor máximo de la potencia.

Seguridad: el sistema de seguridad del reactor actúa sobre las barras de éste para limitar la evolución anormal de alguna de las variables ligadas al mismo. Antes de producirse la acción automática de seguridad, una alarma sonora previene al operador de la anomalía, previo a llegar al valor peligroso.

Las acciones de seguridad, ordenadas de acuerdo con su efectividad, son:

Reducción de potencia	(Set back)
Introducción de barras	(Reverse)
Caída total de barras	(Scram)

Cualquiera de ellas puede ser iniciada manualmente por el operador.

La caída total de barras, acción extrema, sólo se produce ante alguna de las siguientes circunstancias:

- Exceso de potencia.
- Período excesivamente breve.
- Exceso de temperatura del agua de refrigeración.
- Indicación excesiva de algún equipo detector de radiación ambiente.
- Actividad excesiva del agua de refrigeración.

Control sanitario de radiación: el nivel de radiación ambiente es controlado en forma centralizada desde la sala de comando del reactor, mediante distintos tipos de detectores y equipos de medición. Las mediciones que se efectúan son las siguientes:

- Radiación gamma, en ocho puntos distintos del edificio, por medio de detectores Geiger-Müller que trabajan en impulsión para los rangos bajos y en corriente para los altos y que cubren un margen de 5 décadas.
- Actividad de aerosoles, por medio de cuatro equipos monitores con detectores de cristal de centelleo y equipos amplificadores e integradores de impulsiones, que producen lectura en un margen de 3 décadas.
- Actividad debida a productos de fisión en el aire, por detección de partículas radiactivas depositadas en filtros apropiados ubicados delante de un detector de centelleo y con un equipo espectrómetro calibrado para la detección de I_{131} .
- Actividad general debida a la presencia de Ar_{41} en el sistema de ventilación, con equipo similar a los anteriores.
- Actividad debida a neutrones térmicos y rápidos, mediante monitoraje local.

VII - FACILIDADES DE EXPERIMENTACION

Conductos de irradiación: a la altura media del núcleo, el reactor tiene seis conductos horizontales dispuestos en forma radial, cada uno de los cuales tiene una boca de acceso en la cara exterior del blindaje de hormigón. El otro extremo, cerrado, llega hasta las proximidades del núcleo.

Hay un séptimo conducto, que está dispuesto en forma paralela a una de las caras de la grilla soporte del núcleo y es pasante, es decir, tiene en los extremos sendas bocas de acceso.

Cada uno de estos conductos dispone de sistemas de succión de aire, llenado y drenaje de agua. Además, cuando no son utilizados en experiencias, permanecen blindados con tapones de hormigón.

Circuito neumático: a las proximidades del núcleo llegan dos conductos de 38 mm de diámetro, que forman parte de un sistema neumático para introducir y extraer muestras en el reactor, en forma rápida y simple. Desde dos estaciones ubicadas en el edificio del reactor se envían o reciben las muestras, alojadas en cápsulas.

Columna térmica: en el hall de experimentación de la planta baja, sobre una de las caras del blindaje de hormigón, existe una cavidad llena de bloques de grafito de pureza nuclear, que llega hasta las proximidades del núcleo y que constituye una fuente de irradiación con neutrones térmicos. La columna térmica está blindada con una gruesa y pesada puerta, que puede ser retirada para facilitar la realización de experiencias y que tiene varios orificios. Estos son de distinto diámetro y su objeto es permitir el acceso al grafito, mediante la simple extracción de los tapones de hormigón que los cierran.

Celda caliente y sistema de extracción de muestras: sobre el piso superior del reactor y al costado de la boca del tanque, se levanta un recinto con paredes de hormigón pesado, de 90 cm de espesor, denominado "celda caliente". Su función es permitir el manejo y alojamiento de elementos fuertemente irradiados provenientes del reactor, sin riesgos para el personal que realiza tales operaciones.

La celda caliente está comunicada con el tanque principal del reactor de dos maneras. Una de ellas, a través de la parte frontal, que se proyecta sobre la boca del tanque, donde se encuentra la puerta de acceso a la celda. La otra consiste en un conducto de sección cuadrada, que desde las proximidades del núcleo, en el interior del tanque, llega hasta el piso de la celda, atravesando el blindaje de hormigón.

En el interior de este conducto se desplaza un cesto metálico accionado por un mecanismo de cables, dentro del cual son transportados los elementos irradiados, desde el núcleo hasta la celda caliente.

Dispuestos en forma lateral a dicho conducto, en el piso de la celda, se extienden otros dos de igual sección. Uno de ellos llega hasta una pileta de decaimiento en la planta baja del reactor, donde los elementos pueden ser almacenados para que su radiactividad decaiga lo suficiente como para poder ser trasladados fuera del edificio del reactor. El otro conducto comunica la celda con el primer piso del edificio, donde se encuentran los laboratorios de radioquímica.

El transporte de los elementos irradiados se efectúa también por estos conductos, dentro del cesto metálico accionado por cable.

Este conjunto de conductos se denomina "sistema de extracción de muestras"

EMPRESAS QUE HAN PARTICIPADO EN LA CONSTRUCCION DEL RA-3

ACEROS SIMA S.A.I.C.	Barras redondas - material para hormigón.
ADELCO S.A.I.C.A.	Cortinas americanas.
AGAR CROSS & Cº LTDA.	Bombas centrífugas de acero inoxidable.
ALDO FRESCHI	Pulido de pisos.
ARRIETA Y CABANNE S.R.L.	Electricidad.
AUTOMATIC SPRINKLERS ARGENTINA	Torres de enfriamiento.
BAVA, SEERY Y LIJTMAER S.A.I.C. y F.	Empresa Constructora.
BOHOGU Y LANZA S.R.L.	Instalación termodinámica.
BRUNO SCHILLIG	Medidores de caudal.
CALERA "VILLA DEL PARQUE" S.R.L.	Materiales de construcción.
CAMEA S.A.	Perfiles de aluminio.
CARLOS IERMAN Y ARMANDO BARRASA	Frentistas.
CELOCROM S.A.I.C.	Antióxidos.
C.I.M.E.T.	Cable coaxil.
CLERIS Y NIKLISON	Obras sanitarias.
COAMCO S.A.	Fmpresa Constructora.
COMPañIA ARGENTINA DE MEDIDORES S.A.	Relevadores industriales.
CONSTANTA S.A.	Resistores de carbón depositado.
DEGREMONT S.A.	Desmineralización de agua.
DROSA S.A.	Medidores de caudal.
DUTECNIA S.A.	Tratamientos especiales de pintura.
EL HORNERO S.R.L.	Materiales de construcción.
EMAG S.R.L.	Válvulas de acero inoxidable.
ENCAR	Luces para señalización
ERNESTO SCHEER	Empresa Constructora.
FAPESA S.A.I. y C.	Componentes de los equipos electrónicos de control.
FAUSTINO G. ROMO	Carpintería metálica.
FITZNER HNOS.	Tubería de acero inoxidable.
FLORCALDE S.A.	Caldería de acero inoxidable.
FRANCISCO VISSANI	Vidrios.
GERMAN BIANCO S.A.I.C.I.A.G.	Marmolería.
GIMENEZ HNOS.	Yesería.
IGGAM S.A.I.	Materiales de construcción.

IMDO S.A.
 IMPERTOID (ARGENTINA) S.A.
 INDUSTRIAS PIRELLI S.A.I. y C.
 IRUMA S.A.I.C.F.I.
 ISOLIT S.R.L.
 JUAN PERISSINOTTI
 LEYDEN ARGENTINA
 LUIS SOLARI Y RAMON CASEREZ
 LUIS VARGAS
 MADERERA CONSTRUCTORA RUIZ S.R.L.
 MARSETTI S.R.L.
 METALURGIA GIACOBINO Y CIA.
 MILOZ, GUTIERREZ Y MILLEFANTI
 MONTES DE OCA HNOS. Y CIA. S.R.L.
 NONIS Y CIA. S.R.L.
 ORGANIZACION CAX I.C.F.
 OTIS ELEVATOR COMPANY
 PHILIPS ARGENTINA S.A.
 PLASTIDUCTO
 RENCA
 ROSMAR
 R.Y.C.A. S.A.
 S.A.I.M. S.A.I.C.
 SAIRE S.A.C.I.
 SCHMIDBERG Y FISZER S.R.L.
 SCHMIDT
 SERRANO S.A.C.I. e I.
 SIEMENS ARGENTINA S.A.
 SODINEL
 STANDARD ELECTRIC ARGENTINA
 TALA S.R.L.
 TELESPEAKER
 TOPECO
 VICTORIO MOLTRASIO E HIJOS S.A.

Carpintería de madera.
 Pisos aislantes.
 Conductores y cables coaxiales.
 Bombas hidráulicas.
 Revestimientos y pisos especiales.
 Bornes de interconexión.
 Capacitores electrolíticos.
 Colocación de pisos y revestimientos.
 Pintura.
 Carpintería de madera.
 Materiales de construcción
 Carpintería metálica.
 Carpintería metálica.
 Obras sanitarias y gas.
 Mosaicos.
 Materiales de construcción.
 Ascensores.
 Componentes de los equipos electrónicos de control.
 Tubos de polietileno.
 Registradores potenciométricos.
 Instrumentos de panel.
 Cielorraso acústico.
 Instalación termodinámica.
 Aire acondicionado y ventilación.
 Empresa Constructora.
 Bombas centrífugas de acero inoxidable.
 Materiales de construcción.
 Interruptores automáticos.
 Tableros eléctricos y pupitres de comando.
 Relevadores.
 Materiales de construcción.
 Intercomunicadores.
 Resistores de alambre.
 Mosaicos y revestimientos.

CENTRO ATOMICO EZEIZA

PLANO DE UBICACION

