

MODIFICACION DEL REACTOR IAN-R1

JAIME J. AHUMADA B.
ARTURO SPIN R.

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES
APARTADO AEREO 8595
BOGOTA, COLOMBIA

MODIFICATION OF THE IAN-R1 REACTOR

J. Jaime, S. Ahumada, R. Arturo Spin
Colombia

ABSTRACT

The IAN-R1 reactor is the only nuclear reactor operating in Colombia; it is installed at the Institute of Nuclear Affairs (IAN) in Bogotá, which is an official body coming under the Ministry of Mining and Energy. This reactor started operation in January 1965 with a rated power of 10 kW and was modified a year later to operate at 20 kW, which has been its rated power up to the present. Given its importance for the application of nuclear technology in Colombia for various purposes, principally in the areas of neutron activation analysis, determination of uranium content in minerals using the delayed neutron counting method, production of certain radioisotopes such as ^{198}Au and ^{82}Br for engineering applications, and production of radioactive material for teaching and research purposes, research has been in progress for some years into ways of increasing its power. The study on experimental requirements and on the demand for locally produced radioisotopes came to the conclusion that its power should be increased to 1000 kW, which would allow the facility to remain on the same site. The modification includes conversion of the core to low-enriched fuel, operation up to 1 MW, modification of the shielding, renovation of instrumentation and installation of a radioisotope processing plant. When the reactor is modified we will be able to produce other radioisotopes for applications in nuclear medicine, industry and engineering; at the same time, the safety of the facility will be optimized and the experimental facilities improved.

IAEA-SM-310/32

MODIFICACION DEL REACTOR IAN-R1

1. RESUMEN

El Reactor IAN-R1 es el único reactor nuclear en operación en Colombia y está instalado en Bogotá en el Instituto de Asuntos Nucleares, entidad oficial dependiente del Ministerio de Minas y Energía. Este reactor inició su operación en enero de 1965 con una potencia nominal de 10 Kw y un año más tarde fué modificado para operarlo a 20 Kw, potencia de trabajo nominal hasta la fecha.

Dada su importancia en la aplicación de tecnología nuclear para distintos propósitos en Colombia, principalmente en las áreas de análisis por activación neutrónica, determinaciones de contenidos de uranio en minerales por el método de conteo de neutrones retardados, producción de algunos radioisótopos como el Au-198 y Br-82 para aplicaciones en trabajos de ingeniería y producción de material radiactivo para docencia e investigación; desde hace algunos años se iniciaron los estudios para el aumento de su potencia.

El estudio de necesidades experimentales y de producción local de radioisótopos llevaron a la conclusión de aumentar la potencia hasta 1000 Kw, pudiéndose mantener la instalación en el mismo sitio.

La modificación comprende el cambio del núcleo a combustible de bajo enriquecimiento, la operatividad hasta 1 Mw, la modificación del blindaje, la renovación de la instrumentación y la instalación de una planta de procesamiento de radioisótopos.

Con el reactor modificado, se podrán producir otros radioisótopos para aplicaciones en medicina nuclear, industria e ingeniería y, a la vez, se optimizará la seguridad de la instalación y se mejorarán las facilidades experimentales.

2. LA FACILIDAD ACTUAL

El Reactor IAN-R1, en operación en el Instituto de Asuntos Nucleares, entidad ésta oficial dependiente del Ministerio de Minas y Energía en Bogotá, Colombia, es el único reactor existente en el país hasta la fecha. Inició su operación en 1965 y opera en la actualidad a 20 kilovatios. Es un reactor tipo piscina, con uranio enriquecido al 90% en el isótopo 235, moderado y refrigerado por agua liviana, reflejado por grafito y con tres barras para control y seguridad, así: dos en acero inoxidable al boro, unidas mediante embragues electromagnéticos a mecanismos que les permiten su desplazamiento vertical dentro del núcleo y una tercera, reguladora, construida en acero inoxidable y unida a un servomecanismo de movimiento vertical, para hacer ajustes finos de la potencia.

El núcleo, con los elementos reflectores, las tres barras de control y seguridad (figura 1), tres cámaras de ionización y una cámara de fisión se encuentran inmersas en un tanque cilíndrico de acero al carbón que contiene el agua liviana. Alrededor del tanque, una masa de concreto monolítico se levanta sobre una base octogonal hacia arriba en forma escalonada para terminar en el tercer nivel como una conformación cilíndrica que sirve de blindaje biológico a todo el sistema (figura 2).

La refrigeración del reactor es por convección natural. El agua cumple funciones de refrigerante, moderador y blindaje biológico; es purificada mediante un pequeño sistema de procesamiento, el cual está compuesto por una bomba, un filtro, un intercambiador iónico y los correspondientes indicadores de temperatura, flujo de agua y conductividad. El sistema anterior tiene también un intercambiador de calor adecuado para 10 kilovatios. El agua circula en circuito cerrado entre la piscina y este sistema de procesamiento.

La instrumentación nuclear para el control del reactor consiste de tres canales de operación y uno de seguridad.

El canal de arranque lo componen: una cámara de fisión como detector, un preamplificador, un amplificador de pulsos, un escalímetro, un medidor logarítmico de rata de contaje y un graficador con rango de 10^5 c.p.s.

El canal de período y log-n está compuesto por: una cámara de ionización compensada como detector, un amplificador de período y un medidor de potencia logarítmica con un graficador de nueve décadas que va desde un milivatio hasta cien kilovatios.

El canal lineal de potencia está compuesto por: una cámara de ionización compensada, un micro-microamperímetro lineal y un graficador que va desde 10^{-4} hasta 10^5 vatios.

El canal de seguridad, está compuesto por una cámara de ionización circular de placas paralelas conectada a un amplificador de seguridad.

Complementando esta instrumentación en la consola de control, desde donde se opera el reactor, se dispone de indicadores analógicos y digitales de información de posición de las barras, tres medidores de nivel de radiación correspondientes a zonas críticas en la boca del tanque, en el sistema de procesamiento y en la sala de control y el sistema de caída de barras por detección de anomalías en el canal lineal, en el logarítmico y de período, en las fuentes de alimentación de los detectores, por alto nivel de radiación en las zonas de control, por alto nivel de potencia, por movimientos sísmicos además de la opción manual de emergencia. La tabla 1 muestra las características técnicas principales del reactor actual.

3. OBRAS CIVILES REQUERIDAS PARA LAS MODIFICACIONES DEL REACTOR IAN-R1

Las obras civiles requeridas para la modificación del Reactor Nuclear IAN-R1, son las siguientes:

1. Extensión de la estructura de la piscina con el propósito de instalar el nuevo Reactor MAPLE de 1 megavatio.
2. Ampliación de los blindajes de concreto alrededor de la instalación y fortalecimiento de las fundaciones para soportar la carga adicional.
3. Construcción de un edificio adicional para la instalación de una planta de producción de radioisótopos y del actual reactor, que sería relocalizado en una nueva piscina de mayor tamaño con el propósito de disponer finalmente de dos reactores. La nueva piscina tendrá un tanque de acero inoxidable instalado y que sobresalga 1 metro sobre la superficie.
4. Adaptación de algunas oficinas y laboratorios cercanos para la instalación de equipo nuevo complementario para el suministro electrónico.
5. Instalación de nuevas estructuras metálicas que permitan el acceso a los distintos sitios de la instalación.

La figura 3 muestra las actuales y futuras instalaciones cercanas al Reactor; el actual Reactor IAN-R1 será relocalizado en un sitio cercano al Reactor MAPLE y a la Planta de Producción de Radioisótopos. Las ventanas actuales en la instalación del Reactor serán removidas para establecer un recinto cerrado con las correspondientes condiciones de ventilación y aire acondicionado, nuevo sistema de protección contra incendio y nuevo sistema de recolección de desechos radiactivos. A la nueva instalación del Reactor IAN-R1, se trasladarán todos sus componentes y en la piscina existente se instalarán todos los correspondientes al nuevo Reactor MAPLE.

4. UTILIZACION DE LA FACILIDAD MODIFICADA DENTRO DEL PROGRAMA NUCLEAR COLOMBIANO

Teniendo en cuenta que el actual reactor es el centro de las actividades nucleares del Instituto, el aumento de su potencia permitirá extender favorablemente sus servicios a las diferentes áreas tecnológicas que lo utilizan. Así, los análisis por activación neutrónica se extenderán a otros elementos que en la actualidad presentan dificultad de activación por el bajo flujo neutrónico de la instalación. Los programas de investigación con las universidades se verán favorecidos al poder utilizar los dos tubos de haces neutrónicos en investigación de materiales, efecto de radiaciones sobre los mismos y desarrollos de utilización industrial. Los programas en física de reactores e ingeniería nuclear tendrán oportunidad de evaluar los diferentes parámetros con un instrumento de mayor potencia donde los mismos pueden ser fácilmente estudiados. Sin embargo, uno de los principales propósitos de la modificación es la producción de radioisótopos para la medicina nuclear, la ingeniería colombiana, la industria y la enseñanza.

Los procedimientos radioisotópicos en medicina fueron introducidos en Colombia a principios de la década de 1950; el primer laboratorio organizado, dedicado a la práctica de la Medicina Nuclear, se constituyó en el Instituto Nacional de Cancerología y comenzó a funcionar en julio de 1955. Ya en la década de 1960 existían en el país tres centros de radioisótopos y hacia 1974 el número había aumentado a siete. Con el concurso de varios factores, entre ellos el desarrollo del Programa Nacional de Control de Cáncer, la facilidad de obtención de material radiactivo a través del Instituto de Asuntos Nucleares y el aumento de la docencia y divulgación de los métodos radioisotópicos entre el cuerpo médico, este número asciende hoy a 26, de los cuales ocho se encuentran en la capital de la República. La Sociedad Colombiana de Medicina Nuclear se funda en 1969 y en la fecha cuenta con unos sesenta miembros en sus distintas categorías y es una de las más importantes de América Latina. La especialidad lleva a cabo unos 50.000 procedimientos "in vivo" al año en el país, lo que demuestra ampliamente el reconocimiento de su utilidad en la práctica de la medicina actual.

El Instituto de Asuntos Nucleares importa el material radiactivo de varios productores internacionales y lo distribuye a unos 150 usuarios en Colombia; la mayoría de ellos utiliza sistemas "in vitro", para determinaciones hormonales y de factores inmunológicos, especialmente. Los principales isótopos importados son el I-131 (cerca de 36 curios por año) y generadores de Mo-Tc99m (unos 580 por año), que junto con el resto de materiales suman un total de cerca de 50.000 dólares mensuales en la actualidad, después de un

aumento de cerca del 80% en los últimos meses. Por otra parte, el IAN produce y distribuye unos 1800 estuches (kits de 5 viales multidosis, cada uno) para marcación con Tc-99m, a costos mucho más bajos que los importados, manteniendo su alta calidad, lo cual beneficia notoriamente la práctica de muchos procedimientos (gamma-grafía hepática con coloide y fitato, biliar con derivados del IDA, renales con DMSA, glucoheptonato y DTPA, óseas con MDP, compartimentos vasculares y miocardio con pirofosfatos y otros diversos estudios). Aquí es conveniente anotar que muchos de los centros de Medicina Nuclear son oficiales, es decir, pertenecen a hospitales universitarios del Gobierno, y por lo tanto atienden un significativo grupo de pacientes del sector socioeconómico más débil; esto implica que la Medicina Nuclear cumple una misión social de importancia en la Nación.

En la actualidad, los centros de Medicina Nuclear cuenta con especialistas colombianos idóneos y con equipos modernos, incluyendo varios con SPECT que, junto con una adecuada provisión de material radiactivo, les permite llevar a cabo todos los procedimientos que se requieran en la práctica médica diaria y en la necesaria investigación clínica, de especial importancia en la docencia y en el desarrollo tecnológico y radiofarmacológico de la especialidad. Hay una franca tendencia al aumento de los centros de Medicina Nuclear; sin embargo, el constante incremento en el costo de los radioisótopos, debido en especial a la devaluación monetaria, hacen que los procedimientos ocasionen erogaciones presupuestales imponentes y que muchas veces no queden al alcance del grueso público. Como ejemplo podemos mencionar que un generador de Mo-Tc con actividad inicial de 800 mCi en Tc-99m cuesta en promedio US\$525 y que el examen más costoso practicado con este isótopo, excluyendo los estudios cardiológicos, tiene un valor promedio de US\$60. El salario mínimo mensual, que devenga cerca del 75% de la población trabajadora del país, es apenas de unos US\$100.

Con la adquisición de un nuevo reactor nuclear, capaz de sostener una adecuada producción de isótopos, especialmente I-131 y Mo-99, y con una planta de producción y montaje de generadores de Mo-Tc, se calcula que el ahorro en estos costos de material radiactivo sería del orden del 30%. Esto permitiría incrementar el número de generadores utilizados por los centros de Medicina Nuclear, abaratando así los costos de los estudios diagnósticos para los pacientes y aumentando la población que se beneficiaría con dichos exámenes. Por otra parte, con los precios competitivos podría iniciarse una activa exportación de generadores y radionúclidos a los países vecinos que tienen una activa práctica de Medicina Nuclear y cuyos costos son igualmente onerosos que los actuales nuestros.

La producción inicial esperada de Mo-99 será cerca de 1.000 GBq semanalmente a partir de la irradiación de blancos de molibdeno

natural, con el propósito de atender principalmente los requerimientos de Bogotá y zonas cercanas; se contempla la eventual producción de 3000 GBq semanalmente en el futuro. También, la facilidad producirá 100 GBq de I-131 semanalmente a partir de blancos de óxido de telurio y se contempla también la producción futura de 0,3 GBq de I-125 semanalmente a partir de blancos de xenón enriquecido. También se espera poder producir F-18, Cr-51, P-32, Fe-59, Hg-197 y Au-198 para uso médico.

La producción de radioisótopos para aplicaciones en agricultura, industria e ingeniería, permitirá comprometer al Instituto en actividades de mayor alcance, limitadas en la actualidad por las bajas actividades específicas logradas.

Además de todo lo anterior, la nueva facilidad estará de acuerdo con la moderna filosofía de seguridad aplicable a los reactores nucleares de investigación, a la producción de material radiactivo y al manejo técnico de los desechos.

La Planta de Producción de Radioisótopos, dispondrá de facilidades para Mo99, Tc99m, I-131, Tl-201, P-32, Ir-192 y Xe-133.

Tres lugares en el núcleo y diversas opciones en el reflector de agua pesada permitirá la irradiación de materiales. Los dos tubos de haces estarán habilitados para la investigación y la radiografía. Las figuras 4 y 5 muestran los detalles técnicos del nuevo núcleo y del nuevo reactor.

5. BIBLIOGRAFIA

LIDSTONE, R.F. The MAPLE Upgrade of the IAN-R1 Research Facility. August 1, 1989, Bogotá.

Lockheed Nuclear Products. "Nuclear Training Reactor for the Instituto de Asuntos Nucleares. Bogotá, Colombia". Summary Report and Hazards Analysis. 1964; E6881.

TABLA I

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL REACTOR IAN-R1

Tipo: piscina

Moderador: Agua liviana

Refrigerante: Agua liviana (refrigeración por convección natural).

Potencia de operación: 20 Kw térmicos.

Elementos reflectores: 20 elementos de grafito recubiertos con una resina poliestérica.

Barras de control: 3 barras de control (2 de seguridad construídas en acero al boro, y 1 de control construída en acero inoxidable).

Facilidades para irradiación de muestras:

- Dos tubos de haces neutrónicos con un flujo de 4.8×10^{10} n.m.⁻².s.⁻¹ w térmico y 1.1×10^{10} n.m.⁻².s.⁻¹ w rápido.
- Seis penetraciones en los elementos reflectores con un flujo neutrónico máximo de 3.5×10^{15} n.m.⁻².s.⁻¹
- Un sistema neumático con un flujo neutrónico máximo de 2.5×10^{15} n.m.⁻².s.⁻¹.

Combustible: Uranio metálico enriquecido al 90% en el isótopo U-235 aleado y recubierto con aluminio tipo 1100.

Carga nominal normal:

- 2.175 kg., distribuídos en 16 elementos formando un arreglo de cuatro por cuatro.
- 11 estandar, con 10 placas cada uno.
- 3 de control, con 6 placas cada uno.
- 1 elemento con 9 placas y una simulada.
- 1 elemento con 8 placas con combustible y dos simuladas.

Instrumentación: Una consola de control con tres canales de operación y uno de seguridad.

Canales de operación:

1. Canal de arranque, constituído por una cámara de fisión como detector, un preamplificador, un amplificador de pulsos, un escalímetro, un medidor de tasa de contaje y un graficador con rango de 1 a 10^5 c.p.s.

2. Canal de período y log-n, constituido por una cámara de ionización compensada como detector, un amplificador de período, un medidor de potencia logarítmica con graficador de nueve décadas, de 1 mw a 100 kw., y un graficador para el período.

3. Canal lineal de potencia, constituido por una cámara de ionización compensada, un micro-microamperímetro lineal y un graficador con escalas de 10×10^{-4} a 10×10^3 w.

4. Canal de seguridad, constituido por una cámara de ionización circular de placas paralelas conectadas a un amplificador de seguridad.

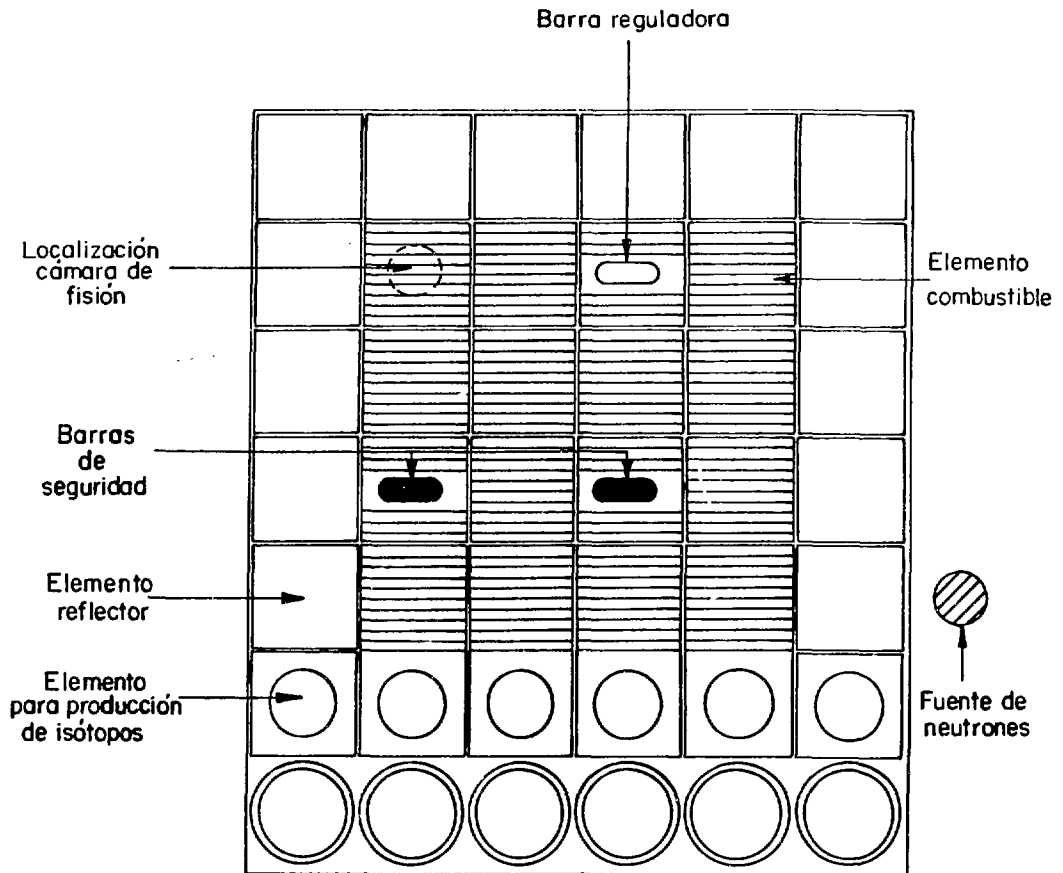


Fig. 1. Núcleo del Reactor IAN-R1

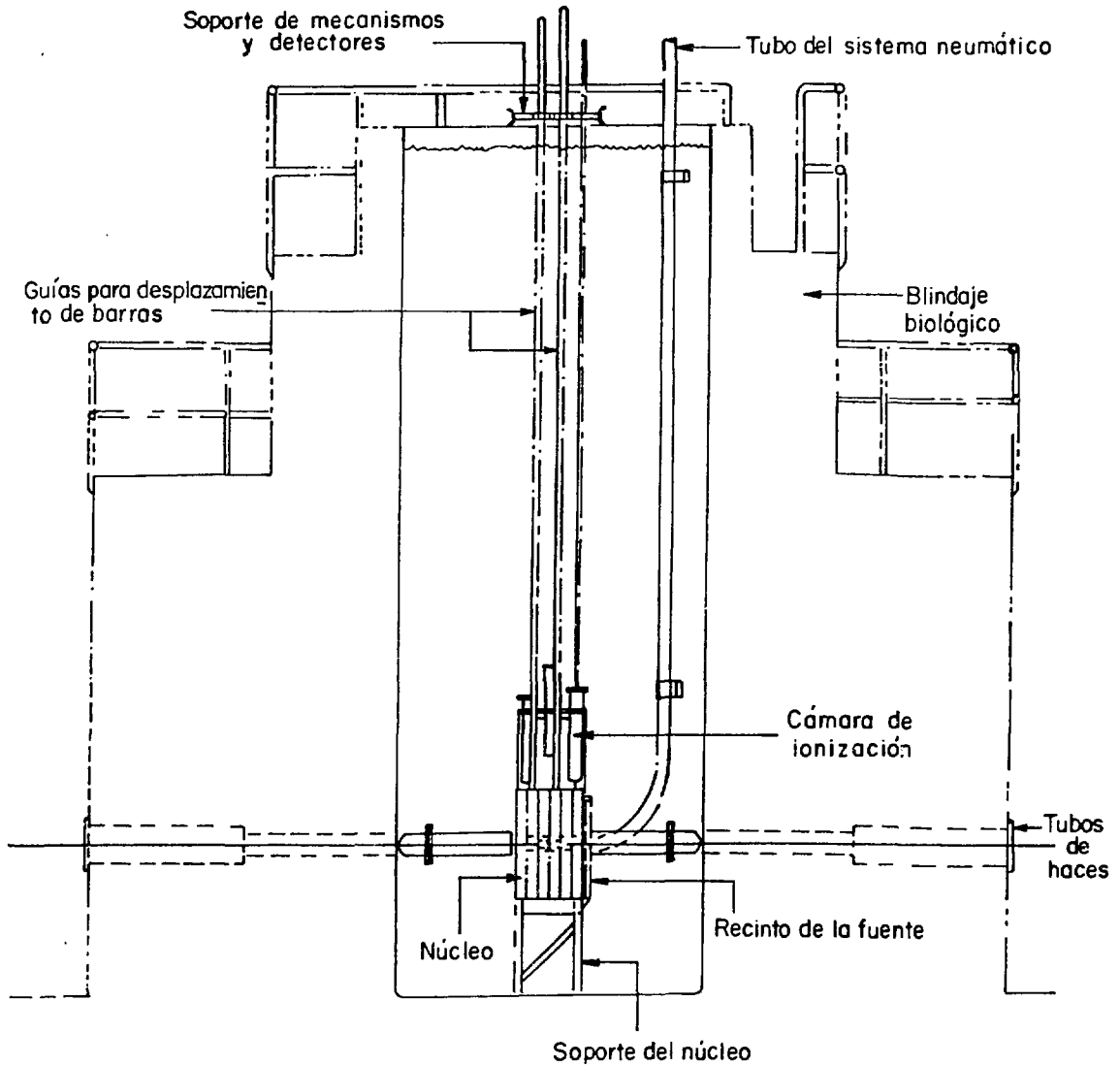


Fig. 2. Sección vertical del Reactor IAN-R1

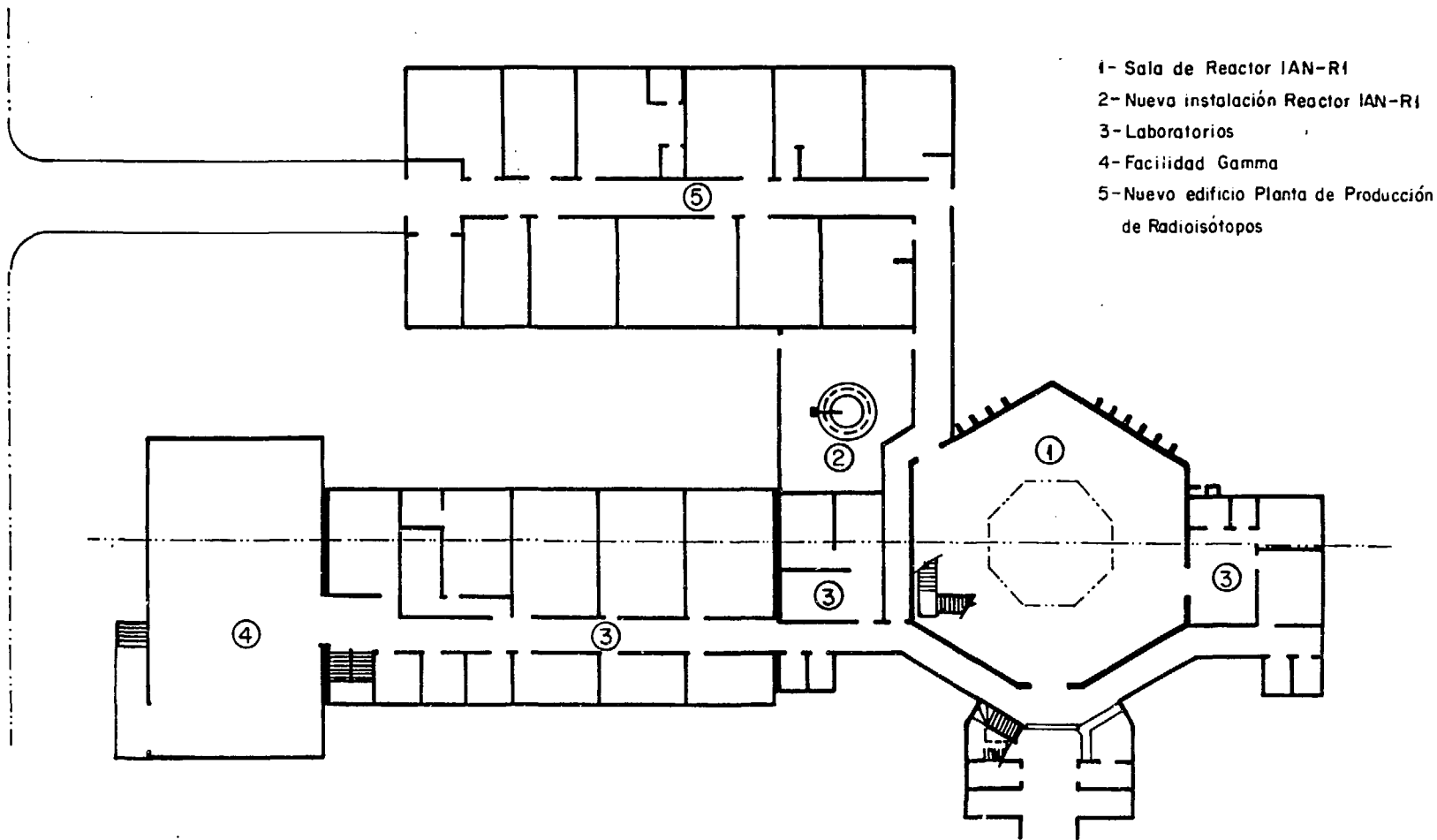


Fig. 3. Proyecto de ampliación de las instalaciones del Reactor IAN-R1 - Primera planta

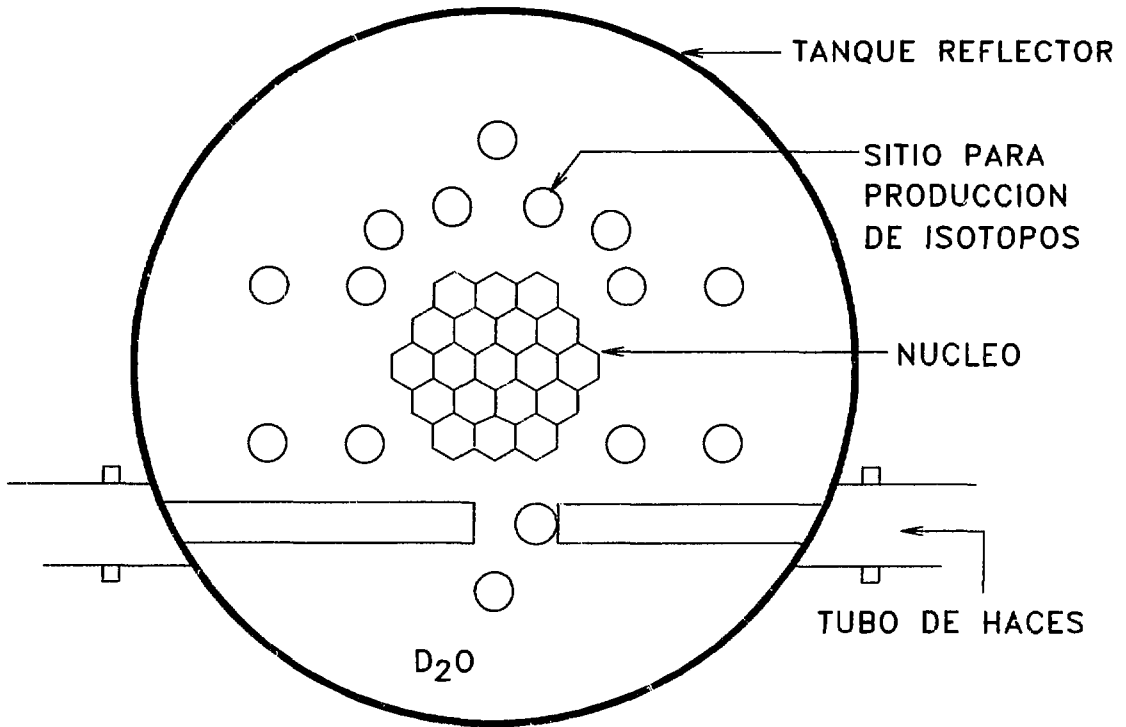


Fig. 4 Corte Horizontal Nucleo MAPLE Colombia

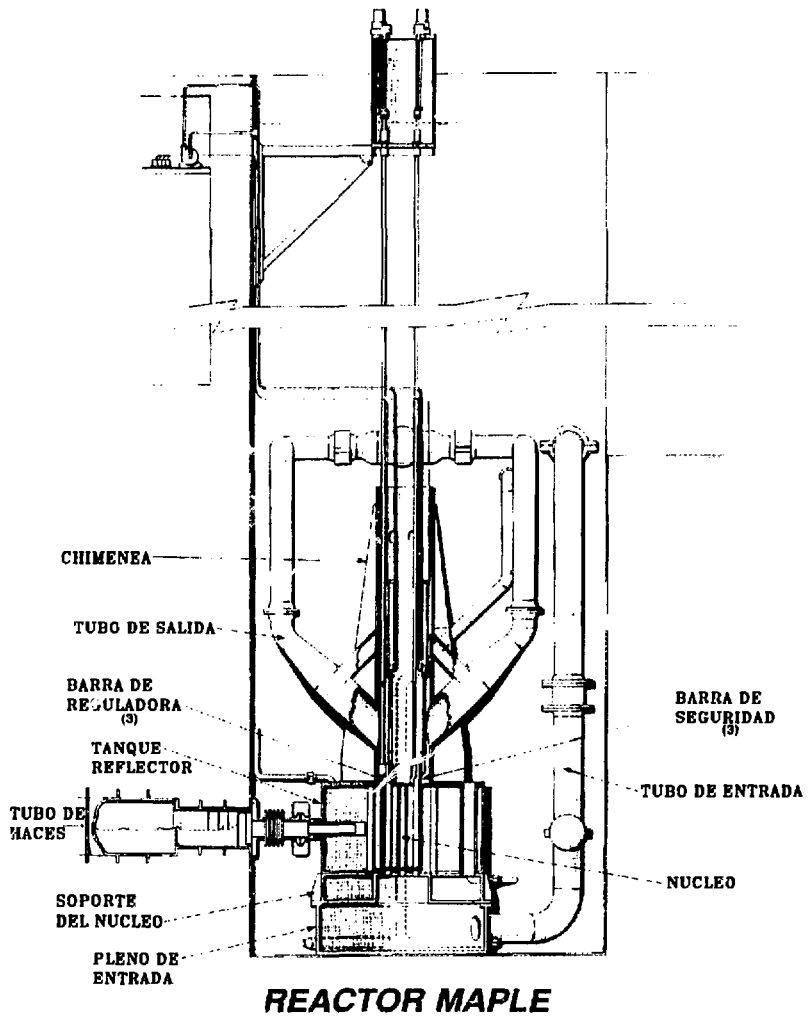


Fig. 5 Reactor MAPLE