

el de las centrales de petróleo, que están subordinadas a las fluctuaciones de los precios de este combustible. Por último, "la construcción de una central nuclear, al fomentar la competencia, puede frenar los aumentos de precio del petróleo".

## Medidas destinadas a la introducción de la energía nuclear

En el último capítulo del informe se indican "las medidas sucesivas que conviene adoptar para proseguir el estudio de las perspectivas de la energía nucleoelectrica y, en caso de que se tome una decisión positiva, para instalar una central nuclear". Se sugieren diversas medidas preliminares de carácter público, entre ellas la promulgación de normas legislativas sobre la responsabilidad civil y la seguridad de los reactores. También convendría investigar más detallada e intensivamente algunos de los temas a que se hace referencia en el informe del OIEA, especialmente las futuras necesidades energéticas, los programas necesarios para cubrirlas, nuevas comparaciones entre las ventajas de las centrales nucleares y las de petróleo, y los procedimientos para obtener combustible nuclear. Habría que adoptar disposiciones administrativas y financieras para construir una planta nuclear, seleccionar uno o más emplazamientos, y fijar las condiciones de la licitación acerca de las centrales nucleares y las de petróleo. A continuación se tomaría una importante medida, que es cursar invitaciones para participar

en un concurso con precios fijos, para el que habrían de darse garantías de funcionamiento adecuadas. Como la evaluación de las ofertas es una labor compleja, podría recurrirse a la ayuda de un grupo internacional de expertos.

Se examina el papel que podrían desempeñar la Comisión de Energía Atómica de Filipinas, los principales servicios públicos y otros grupos interesados. Se señala la necesidad de coordinar la explotación de las centrales hidroeléctricas y térmicas integradas en la red de distribución de Luzón.

Se formulan sugerencias con respecto a la formación del personal que ha de explotar la planta nuclear. Por último, se enumeran los tipos de asistencia que podría obtenerse del OIEA y que son los siguientes:

- a) Análisis detallado de los diversos sistemas de reactores que se acomodan a las condiciones existentes en las Filipinas;
- b) Medidas en materia de seguridad y protección de la salud;
- c) Preparación de legislación y reglamentaciones atómicas;
- d) Preparación de las especificaciones de la central nuclear;
- e) Evaluación de las ofertas;
- f) Selección del emplazamiento;
- g) Formación de personal;
- h) Obtención del combustible necesario y de créditos del exterior.

---

# PROGRAMA DE REACTORES RAPIDOS

En un seminario celebrado por el OIEA en el pasado mes de agosto, hombres de ciencia de 22 países y de dos organizaciones internacionales examinaron problemas de física de los reactores de neutrones rápidos y de neutrones intermedios.

Los reactores rápidos son reactores nucleares en los que los neutrones emitidos durante el proceso de fisión no son "moderados" o frenados, mientras que en los reactores intermedios los neutrones son parcialmente "moderados". Cuando no son frenados, los neutrones poseen una especial eficacia para convertir el abundante isótopo uranio-238, que constituye más del 99 por ciento del uranio natural, pero que que no es fisionable, en plutonio-239, el cual, lo mismo que el uranio-235, es fácilmente fisionable. En un reactor rápido es posible, por lo tanto, "reproducir" nuevo combustible nuclear incluso en cantidades superiores a la del combustible consumido.

Esta ventaja de los reactores rápidos, que pueden llegar a constituir el medio más adecuado de producir energía rentable a partir de la fisión nuclear, ha determinado que en muchos países se establezcan importantes programas de investigación y desarrollo. Algunos de estos programas nacionales fueron estudiados durante las últimas sesiones del seminario del OIEA. (No obstante, la parte principal de la reunión fue consagrada a la física de dichos reactores.) En los párrafos que siguen se exponen los puntos más salientes de este examen.

## Francia

El Doctor G. Vendryes (Francia) dijo que el programa de su país en este campo fue iniciado hace cuatro años con la esperanza de que durante el decenio 1970-1980 los reactores reproductores de neutrones rápidos se transformasen en una fuente rentable

de energía nucleoelectrónica, tanto más cuanto que las condiciones reinantes en Francia se prestan especialmente a esta evolución. Añadió que la construcción de reactores moderados con grafito por la compañía Electricité de France proporcionaría cantidades considerables de plutonio.

La primera medida adoptada por la Comisión de Energía Atómica de Francia ha consistido en comenzar la construcción del reactor experimental "Rapsodie" en Cadarache. En la primera carga del "Rapsodie" se utilizará plutonio, probablemente en forma de una aleación de plutonio, uranio y molibdeno. Una de las principales finalidades de este reactor, que entrará en funcionamiento a fines de 1964, consistirá en llevar a cabo experimentos en materia de irradiación de elementos combustibles.

Se ha construido en Cadarache un conjunto de laboratorios en los que se están instalando diversos elementos de equipo. Además, se trasladará a Cadarache un grupo de técnicos que se encargarán de la medición de constantes nucleares; Cadarache dispone ahora de todas las instalaciones y medios necesarios para efectuar trabajos de investigación y desarrollo en la esfera de los reactores rápidos.

Como segunda parte de este programa, se tiene el propósito de construir a fines del actual decenio un reactor térmico de 250 MW que facilitará la planificación de un verdadero prototipo de reactor para una central eléctrica.

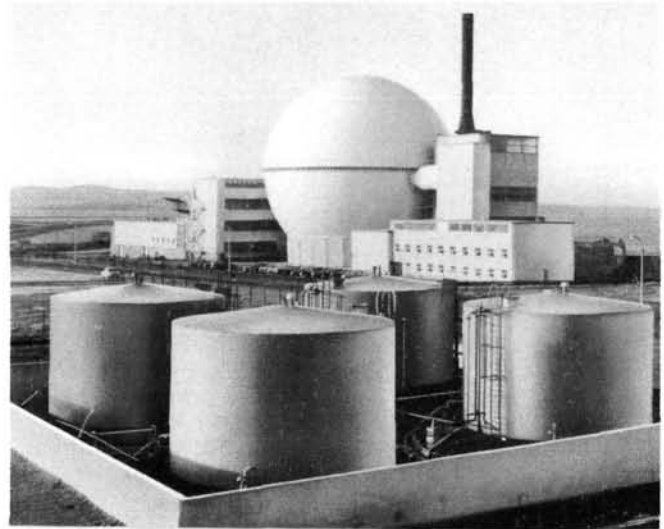
Continuará atribuyéndose particular importancia a los estudios sobre el combustible de plutonio y a la resolución de problemas en esferas tales como la física, la electrónica, el control y la seguridad, y la mecánica e ingeniería de los reactores.

La mayor parte del programa francés de reactores rápidos será ejecutada en estrecha colaboración con el EURATOM.

## Unión Soviética

Refiriéndose al programa de la Unión Soviética, el Dr. Iván Bondarenko dijo que, debido a las grandes reservas de combustibles fósiles de que dispone su país, no reviste un carácter agudo el problema que plantea la utilización de la energía nuclear como base para la producción de electricidad. No obstante, como las necesidades energéticas aumentan constantemente, es necesario movilizar nuevos recursos de energía. El Dr. Bondarenko señaló que el interés por los reactores rápidos iba unido a la esperanza de obtener energía eléctrica barata en un futuro relativamente cercano.

El programa de la Unión Soviética en la esfera de los reactores rápidos, cuya ejecución comenzó en 1948, puede dividirse en una etapa teórica y otra práctica. Durante la primera etapa, se llevaron a cabo investigaciones sobre diversos aspectos de la física de los reactores que confirmaron las suposiciones primitivas y robustecieron la confianza en los reactores rápidos. La transición a la fase práctica se inició con la construcción y puesta en funcionamiento de un reactor de óxido de plutonio de 5 MW,



El reactor reproductor de neutrones rápidos de Dounreay (Reino Unido). Esta fotografía de la esfera del reactor y de los depósitos de combustible Diesel fue tomada poco después de que el reactor comenzase a funcionar a muy baja potencia el 13 de noviembre de 1959 (Foto UKAEA)

denominado BR-5. Al mismo tiempo se iniciaron los trabajos relacionados con el proyecto del BN-50, reactor de potencia rápido con un rendimiento eléctrico de 50 MW y una potencia térmica de 250 MW. Esos trabajos, que contribuyeron a resolver múltiples problemas, se suspendieron más adelante por estimarse que un reactor con una potencia térmica de 250 MW no era todavía la instalación de la que podían obtenerse las verdaderas ventajas que presentan los reactores rápidos.

En la actualidad, científicos e ingenieros nucleares soviéticos están estudiando la conveniencia de proyectar un reactor de 800 MW, o incluso de mayor potencia.

Al mismo tiempo prosigue la labor relacionada con el combustible de los reactores rápidos y con diversos problemas tecnológicos y de ingeniería; en esa labor se utiliza la experiencia adquirida con el reactor BR-5.

## Reino Unido

Como se señaló en el seminario, el interés por los reactores rápidos en el Reino Unido está basado en la posibilidad de llegar a producir energía con una reducida inversión de capital y un bajo gasto de combustible, así como en la perspectiva de obtener abundantes cantidades de plutonio de las centrales nucleares de uranio natural y grafito que se están construyendo en el país.

Según el Dr. Derek Smith, que expuso el programa de reactores rápidos del Reino Unido, se están estudiando planos de centrales nucleares a base de reactores rápidos, que entrarían en funcionamiento a partir de 1970, ya que es probable que entonces los

organismos reguladores de la producción de electricidad traten de disponer de centrales nucleares de una capacidad comprendida entre 1 000 y 2 000 MW(e), con dos o más reactores en cada central. Se han estudiado las posibilidades de los reactores de 1 000 MW y se ha iniciado la ejecución de programas de desarrollo para estudiar problemas de ingeniería, incluido el diseño de elementos combustibles.

Con los reactores de ensayo de materiales DIDO y PLUTO, en Harwell, y DMTR, en Dounreay, se ha emprendido la ejecución de un programa bastante amplio de irradiación de elementos combustibles para reactores rápidos. En breve se iniciará la ejecución de un programa de irradiación en el reactor rápido instalado en Dounreay, que ha sido modificado para poder ensayar elementos combustibles en cuanto se distinguen de los materiales que sirven para fabricarlos.

Se están llevando a cabo estudios sobre física de reactores en Aldermaston y Harwell. El reactor ZEBRA, que se está construyendo en Winfrith y entrará en funcionamiento dentro de un año aproximadamente, producirá plutonio y permitirá realizar investigaciones sobre conjuntos de combustible.

El Dr. Smith dijo que el reactor rápido de Dounreay constituía la parte central del programa del Reino Unido. Añadió que, gracias a él, se adquirirá más experiencia y se cobrará más confianza en la explotación de reactores de grandes dimensiones refrigerados con sodio. Mediante el ensayo por irradiación de elementos y materiales combustibles, se espera poder obtener datos hasta ahora desconocidos sobre el comportamiento dinámico de un reactor rápido de mayores dimensiones. También se adquirirá experiencia tanto en la fabricación como en el tratamiento de combustibles para reactores rápidos.

Hombres de ciencia e ingenieros del Reino Unido tienen el propósito de construir reactores comerciales rápidos de 1 000 MW a partir de 1970. En la segunda mitad del actual decenio se construirá probablemente un reactor prototipo.

## Estados Unidos

El Dr. Bernard Spinrad (Estados Unidos) dijo que en su país existe un gran número de instituciones que basan su trabajo en concepciones diferentes y expuso las actividades de algunas de esas instituciones.

a) El programa de reactores rápidos del Laboratorio Nacional de Argonne está basado en el reactor EBR-2, actualmente en construcción, y en el reactor EBR-1. En este programa se prevé el empleo de combustibles metálicos y la regeneración y fabricación de combustible, especialmente con técnicas de fabricación basadas en el mando a distancia. Se prevé asimismo la sustitución en última instancia del uranio-235 por plutonio en el reactor EBR-2. Se están estudiando asimismo los problemas de seguridad y de ingeniería que plantean los reactores rápidos.

b) El Laboratorio Científico de Los Alamos es una de las primeras instituciones científicas que han iniciado tareas relativas a los reactores de neutrones rápidos y de neutrones intermedios, y en él se han llevado a cabo diversos experimentos y mediciones de propiedades básicas. En la actualidad se está realizando en dicho laboratorio un programa de química de las aleaciones del plutonio, así como tareas relacionadas con la seguridad de los reactores rápidos e investigaciones en materia de ingeniería y física. Se está construyendo en Los Alamos una instalación de ensayo de cuerpos de reactor que se utilizará para desarrollar y someter a pruebas algunos proyectos avanzados de reactores de neutrones rápidos alimentados con combustibles fundidos.

c) La Atomic Power Development Association, que ha preparado los planos del reactor Enrico Fermi, se ocupa del análisis de los aspectos económicos de los reactores rápidos y estudia el problema de los combustibles.

d) El Laboratorio Nacional de Brookhaven se ocupa de los reactores de neutrones intermedios.

El Dr. Spinrad dijo asimismo que la General Electric Company ha iniciado la ejecución de un programa de reactores de neutrones rápidos a base de óxido, que abarca trabajos sobre combustibles, experimentos de irradiación, estudios sobre problemas de seguridad e investigaciones de carácter teórico. La Atomic International y la United Nuclear Corporation se ocupan de combustibles para reactores rápidos y de diversos aspectos de la seguridad.

Entre las previsiones cabe mencionar la construcción de una central nuclear avanzada a partir de 1964 y la entrada en servicio de un reactor rápido rentable en 1971. El Dr. Spinrad dijo, no obstante, que no se trata de una decisión firme.