

El desarrollo de la energía atómica en el Japón

LA PROMOCION DE LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD NUCLEAR Y DE LOS REACTORES DE POTENCIA

La demanda de energía en el Japón ha crecido al compás de la economía. Se prevé que la demanda de electricidad nuclear aumentará a un ritmo constante a medida que suba el nivel de vida y la estructura industrial se haga más compleja. Frente a esta demanda creciente, es esencial asegurar el abastecimiento regular de energía barata y limpia.

Los combustibles fósiles continuarán siendo durante cierto tiempo la principal fuente de energía eléctrica, pero como el consumo del petróleo crece exponencialmente, no cabe duda de que se agravarán los problemas de transporte, almacenamiento y contaminación ambiental. Para asegurar un abastecimiento estable de electricidad en el futuro, es esencial implantar rápidamente otras fuentes de energía. La electricidad nuclear, que ya se produce en escala industrial en el Japón, presenta ventajas desde el punto de vista del transporte y almacenamiento del combustible, y un control adecuado permite atenuar considerablemente los efectos ambientales de las centrales nucleares. Por esta razón hay grandes esperanzas de que la generación de electricidad nuclear se convierta en una fuente estable y limpia de energía. Esto significa que el Japón tendrá que hacer frente a una gran demanda de electricidad de origen nuclear y que, por tanto, debe prestarse a la misma especial atención como elemento esencial de la política del Gobierno en materia de energía.

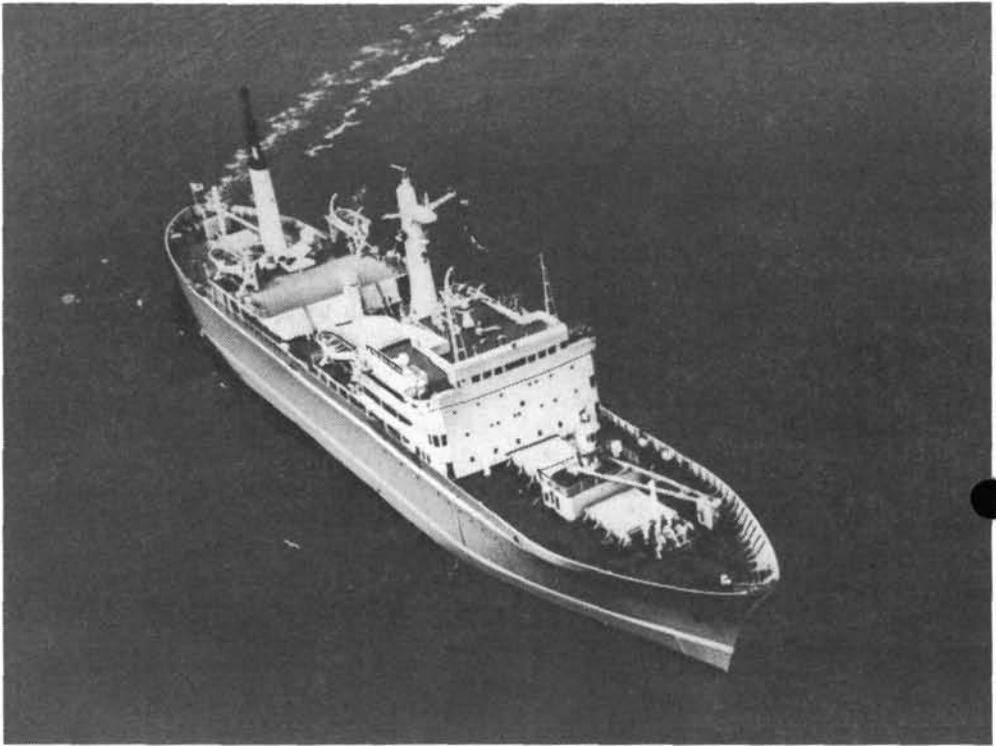
En cuanto a los aspectos económicos de la electricidad nuclear, hay que admitir que el costo unitario de la generada por los LWR (reactor de agua ligera) es todavía elevado comparado con las centrales térmicas alimentadas con petróleo. Pero a la larga, el LWR es un tipo de reactor cuya rentabilidad puede mejorar grandemente con

el progreso técnico. La diferencia de costos entre los LWR y las centrales térmicas disminuirá en 1975-1980, y en 1980-1985 la electricidad nuclear será competitiva. Cuenta habida de estos hechos sociales y económicos, la generación de electricidad nuclear se desarrollará rápidamente y las nuevas centrales nucleares que entren en servicio tendrán más importancia que las térmicas. Esto empezará a ser una realidad alrededor de 1975. Posteriormente el crecimiento de la electricidad nuclear se acelerará todavía más.

La demanda de energía, creciente al aumentar el nivel de vida de la población, deberá satisfacerse en gran parte con electricidad de origen nuclear. La capacidad instalada para la producción de este tipo de electricidad será de 32 000 (MW(e)) en 1980, 60 000 MW(e) en 1985, y 100 000 (MW(e)) en 1990.

El desarrollo de la generación de electricidad nuclear para atender a la demanda requiere un programa armonioso y bien equilibrado, que garantice no sólo la seguridad y la protección del medio ambiente, sino también la selección de emplazamientos adecuados para las centrales, el abastecimiento regular de combustible nuclear, el aprovechamiento racional de los materiales combustibles y la evacuación sin riesgos de los desechos radiactivos. Habrá que hacer también todo lo posible para perfeccionar los reactores térmicos avanzados (ATR) y los reproductores rápidos (FBR).

La construcción de tipos tradicionales de reactores proseguirá por ahora, pero a fin de resolver el problema del suministro regular de combustible y del uso racional de los recursos de materiales combustibles, habrá que realizar nuevos tipos de reactores que permitan aprovechar al máximo las



El "Mutsu" primer buque nuclear del Japón, con un registro bruto de 8 350 toneladas.

ventajas que brinda la electricidad nuclear. El Japón debe proseguir su propio programa experimental sobre nuevos tipos de reactores de potencia, ya que así contribuirá en gran medida a fortalecer la estructura industrial y a aumentar el potencial científico y tecnológico del país. Esto constituirá la piedra angular de todo programa nacional de desarrollo y utilización de la electricidad nuclear. En este orden de ideas, los reactores ATR y FBR que se estudian hoy día en el Japón, deberían entrar en servicio industrial entre 1975 y 1984 (los ATR) y 1985 y 1994 (los FBR).

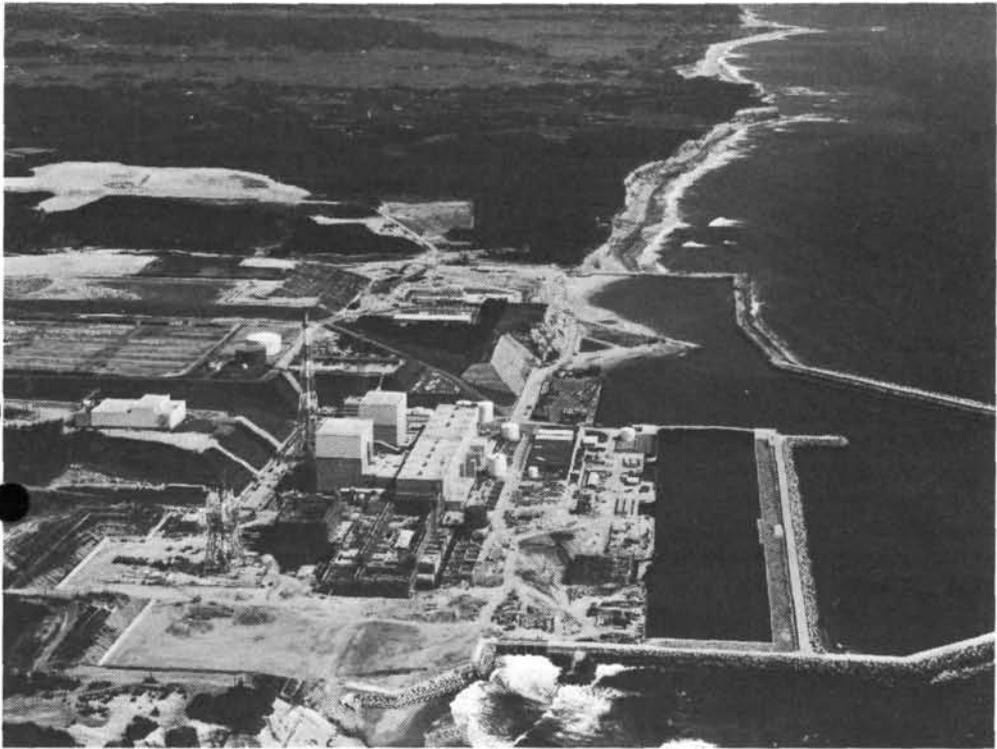
El reactor térmico avanzado en estudio en el Japón es del tipo de ebullición, moderado por agua pesada y refrigerado por agua ligera. Como este modelo posee un alto factor de economía neutrónica, su consumo de uranio, en especial de uranio enriquecido, puede reducirse en comparación con los LWR. Se cree que el

costo unitario de la electricidad producida por este nuevo tipo será del mismo orden o incluso menor que el del LWR.

Como de ese reactor se está construyendo un prototipo de 200 MW(e) que se prevé alcanzará la criticidad hacia 1975, y los trabajos de investigación y desarrollo necesarios para una versión ampliada del mismo se han programado en el "Report from the ATR Evaluation Committee" (13 de noviembre de 1969), es de creer que el ATR funcionará satisfactoriamente y será competitivo frente a otros reactores.

Hay que estudiar las medidas necesarias para asegurar la construcción sin contratiempos y en el momento oportuno de reactores de este tipo.

En 1990 se cree que los ATR ocuparán un lugar destacado en el programa de abastecimiento de energía. Cuando el FBR alcance la etapa de explotación industrial, el ATR le suministrará el plutonio



Central nuclear de Fukushima, con sus reactores BWR N^o 1, 2, 3 y 4, perteneciente a la Tokyo Electric Power Co.

necesario. Entonces uno y otro tipo de reactor se explotarán paralelamente durante mucho tiempo.

La particularidad del FBR es que produce más combustible que consume, y por tanto aprovecha al máximo el potencial energético del uranio. Esto reducirá la cantidad de uranio enriquecido necesaria en el Japón. Igualmente, producirá energía limpia, y, por tanto, será probablemente el principal tipo de reactor de potencia utilizado en el futuro. La explotación en escala industrial del FBR se cree que será un hecho en el decenio 1985-1994. Se presta especial atención al reactor refrigerado por sodio y alimentado con una mezcla de óxidos de plutonio-uranio, que se considera generalmente el tipo más prometedor. El reactor experimental rápido del Japón, con una potencia térmica de 100 MW, se espera que alcanzará la criticidad en 1974. Se trabaja en la realización de un prototipo de reactor rápido

con una potencia de unos 300 MW(e), que alcanzará la criticidad alrededor de 1978. Se precisan más estudios sobre la utilización en escala industrial de los reproductores rápidos, basados en la experiencia adquirida en la construcción y explotación del prototipo. A juzgar por los trabajos de desarrollo realizados en el extranjero, quizá sea necesario adquirir experiencia con un reactor mejor conocido, y ensayar otras medidas antes de pasar a la explotación industrial.

La planificación a largo plazo, paralela al programa en curso de desarrollo de un reproductor rápido refrigerado por sodio, debe comprender estudios fundamentales sobre los reactores reproductores refrigerados por gas, la viabilidad del combustible en forma de óxido de carbono, y la tecnología de reelaboración del combustible agotado del FBR. Estos trabajos se precisan para acrecentar aún más el rendimiento del FBR.

EL COMBUSTIBLE NUCLEAR

Para alcanzar los objetivos enunciados es esencial el abastecimiento regular y en cantidad suficiente de combustible nuclear, así como su aprovechamiento eficaz. El Japón debe asegurarse recursos de uranio natural y enriquecido; para satisfacer las necesidades del futuro, hay que fabricar combustible y reelaborar el agotado.

Esto exige la creación de un ciclo completo del combustible nuclear para garantizar la rentabilidad y la independencia. La consecución de un ciclo propio del combustible es una tarea que atañe en principio a las compañías privadas, pero como la electricidad nuclear será una importante fuente energética en el futuro para el Japón incumbe al Gobierno un papel muy destacado en las actividades con esa finalidad.

El uranio necesario conforme al programa revisado sumará 8 000 toneladas cortas anuales en 1980, y subirá a 15 000 toneladas cortas en 1990. El Japón sólo posee escasos recursos uraníferos y dependerá casi por completo de las importaciones. Se prevé que las compañías eléctricas se procurarán el uranio que necesiten mediante contratos de compra a corto y largo plazo. Según los planes para el futuro lejano, la proporción de las importaciones procedentes de explotaciones promovidas por el Japón debe aumentar hasta un tercio aproximadamente de las necesidades anuales. Habrá que trabajar activamente en la prospección y explotación de minas de uranio en el extranjero. Habrá que ampliar las investigaciones que efectúa la Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC), y tomar medidas financieras a favor de firmas privadas que trabajan en la prospección, en forma de préstamos reembolsables cuando los proyectos sean fructíferos.

El uranio enriquecido necesario aumentará a 5 000 toneladas de unidades de trabajo de separación/año en 1980 y a 11 000 toneladas de unidades de trabajo de separación/año en 1990. La capacidad de abastecimiento de los Estados Unidos, que ahora suministran uranio enriquecido

en grandes cantidades, alcanzará su límite alrededor de 1980.

Por tanto, el Japón debe obtener uranio enriquecido de los Estados Unidos para las centrales que entrarán en servicio hasta 1980. Después de esta fecha, el Japón deberá efectuar sus propios trabajos de investigación y desarrollo para conseguir uranio enriquecido nacional; convendría estudiar la participación en proyectos internacionales de enriquecimiento.

Con respecto a la fabricación de combustible nuclear, las firmas nacionales consolidan su capacidad para la fabricación propia, pero las bases no son todavía lo suficientemente firmes. Hay que seguir fomentando el progreso tecnológico.

La PNC está contruyendo la primera planta de reelaboración de combustible agotado, que estará lista en 1974. Firms privadas construirán y explotarán una segunda planta y otras sucesivas, basándose en el principio de que el combustible agotado tiene que reelaborarse en el Japón. Pero como una planta de reelaboración suscita muchos problemas todavía sin resolver, el Gobierno debe adoptar una política adecuada de emplazamientos y facilitar préstamos a largo plazo e interés bajo. Tiene también que fomentar vigorosamente los trabajos de investigación y desarrollo para reducir al mínimo posible los desechos radiactivos de las plantas.

La mejor manera de aprovechar el plutonio será utilizarlo en el FBR, pero hasta que este reactor funcione en escala industrial, existen planes para utilizar el Pu en los LWR, como medio de disminuir el consumo de uranio natural y enriquecido. Esto se considera factible en vista de lo que cuesta el almacenamiento del plutonio. El Gobierno debe facilitar a las firmas privadas que trabajan en la tecnología del plutonio el uso de las instalaciones de la PNC y del Japan Atomic Research Institute (JAERI).

Construcción del prototipo del reactor térmico avanzado (ATR) por la Japan Power Reactor and Nuclear Fuel Development Company; el reactor debe entrar en servicio en 1975. ▶



SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

El desarrollo y la utilización de la energía nuclear en condiciones satisfactorias sólo es posible con un control eficaz de las radiaciones. El Japón hasta la fecha controla y reglamenta rigurosamente las radiaciones, prestando mucha mayor atención a la seguridad radiológica que a otros problemas de seguridad en la industria.

Sin embargo, no cabe la menor duda de que se producirán grandes cantidades de desechos radiactivos a medida que se extienda el empleo de la energía nuclear para producir electricidad y para otras aplicaciones en gran escala. El volumen de los desechos radiactivos dispersados en el medio ambiente aumentará en consecuencia. Debido a las múltiples aplicaciones de las radiaciones, que se generalizarán enormemente, serán cada vez mayores los riesgos de exposición a las radiaciones de grandes sectores de la población y del personal que trabaje en las industrias nucleares.

A fin de hacer frente a esta situación y mantener el alto grado de seguridad y de eficacia de las salvaguardias hay que

desplegar mayores esfuerzos y prestar más atención a los problemas de seguridad y conservación del medio ambiente. Esto requiere medidas adecuadas con respecto al emplazamiento de las plantas, a las normas de seguridad aplicables a todas las instalaciones y equipo, así como al control radiológico. Se precisan más trabajos de investigación y desarrollo sobre la seguridad de las instalaciones nucleares y el control de las radiaciones; hay que efectuar estudios sobre la radiactividad del medio y sus efectos, así como sobre la evacuación de desechos radiactivos. Las conclusiones de estos estudios deberán ponerse en práctica rápidamente por medio de reglamentos.

En lo que respecta a estas cuestiones de seguridad y conservación del medio ambiente, las firmas privadas que trabajan en el desarrollo y la utilización de la energía nuclear tienen desde luego que cumplir plenamente sus obligaciones. Por su parte, el Gobierno debe ejercer un control riguroso para garantizar la seguridad de la población. *Sólo así podrá fomentar y utilizar la energía nuclear sin riesgos y mejorar el bienestar de la población.*

BUQUES NUCLEARES

La expansión de la economía mundial va acompañada de un rápido aumento del comercio internacional. Esto a su vez incrementa la necesidad social y económica de medios de transporte baratos, de gran volumen y rápidos. Para satisfacer esta necesidad las compañías navieras construyen buques mercantes más rápidos y aumentan el tonelaje de las flotas mercantes. El mayor tamaño de los buques tanque y la velocidad creciente de los buques que transportan contenedores son las tendencias dominantes en el panorama naviero mundial.

Para responder a esas necesidades se necesitan medios propulsores muy potentes y son grandes las esperanzas puestas en la propulsión nuclear. Algunas personas en el Japón predicen que los buques de este tipo entrarán en servicio en 1975-1984.

Pero para que los buques nucleares sean verdaderos barcos mercantes deben poder competir económicamente con las naves tradicionales, y tener garantizada su seguridad y fiabilidad. Hasta la fecha, en el mundo sólo se han construido tres buques de propulsión nuclear. Sin embargo, los tres son más de tipo experimental que el Mutsu, el primer buque nuclear en construcción en el Japón. Ninguno de ellos puede competir todavía con los barcos corrientes.

Los buques nucleares ya construidos han demostrado con creces su seguridad y fiabilidad; las perspectivas de explotación comercial de estos buques dependen casi por entero de la realización de un reactor marino avanzado muy competitivo. Por tanto, son precisas intensas investigaciones sobre los reactores marinos

a fin de fomentar el empleo de naves nucleares de tipo comercial. El Japón realiza intensos y fructíferos trabajos de desarrollo e investigación sobre un reactor de agua a presión y pequeñas dimensiones, consciente de las tendencias de la marina mercante y recurriendo a la cooperación internacional. Hoy día es necesario enfocar en sus justas perspectivas técnicas y económicas los buques nucleares, teniendo en cuenta que ha mejorado la seguridad y la fiabilidad de los reactores marinos.

Se espera que las sociedades privadas construyan uno o varios buques nucleares más cuando conozcan bien el rendimiento Mutsu. Se presta atención a los progresos de los reactores marinos, a la creciente rapidez de los buques que transportan contenedores y a otras tendencias en el Japón y en el extranjero. Se están analizando cuidadosamente los resultados de un estudio de evaluación de los buques nucleares efectuado conjuntamente por entidades privadas japonesas y alemanas.

El Gobierno debe examinar las medidas necesarias para facilitar la explotación

comercial sin contratiempos de esta clase de buques.

Antes de construir buques nucleares de tipo comercial, hay que asegurarse de su viabilidad económica. A fin de acopiar datos sobre la explotación futura de estos barcos es preciso adquirir amplia experiencia con respecto a los puertos y a la navegación durante los viajes experimentales del Mutsu. Al mismo tiempo se precisan acuerdos bilaterales y otras medidas internacionales en armonía con las tendencias mundiales relativas a los buques nucleares. El Mutsu, que estaba listo para los ensayos a mediados de este año, tiene por finalidad principal la adquisición de experiencia en materia de construcción y explotación. Por los resultados de la navegación experimental se podrá juzgar cuál es la forma más conveniente de la propiedad del buque después de 1976, así como las normas de explotación y estancia en puertos seguidas por el buque. Entretanto, se espera que se afianzarán las perspectivas de explotación comercial de los buques nucleares. Cuando se conozcan todos los hechos, convendría fijar lo antes posible los plazos para el desarrollo de barcos comerciales de este tipo.

UTILIZACION DE LOS REACTORES NUCLEARES CON FINES MULTIPLES

La utilización de los reactores nucleares con fines múltiples, es decir, el empleo de la energía nuclear no sólo para la producción de electricidad sino también para la industria ferrometalúrgica, la industria química, la desalación del agua del mar y la calefacción de grandes zonas, contribuirá mucho a regularizar el abastecimiento energético del Japón, pues permitirá aprovechar racionalmente la energía nuclear en un amplio campo de actividades. Esta utilización reducirá también la contaminación del medio ambiente, problema cada vez más grave, en particular para las industrias grandes consumidoras de energía. Al fomentar la utilización con fines múltiples de la energía nuclear, convendría recurrir primero a los reactores corrientes, y desarrollar los reactores refrigerados por gas de alta temperatura

(HTGR), así como las técnicas para aprovechar el calor de los reactores en una mayor variedad de usos industriales. Esto exige planes bien meditados y completos, fruto de la cooperación entre el Gobierno y las firmas privadas.

Los reactores multifuncionales de temperatura relativamente baja deberán ser realizados por firmas privadas o por entidades locales en cooperación con el Gobierno. Ahora bien, incumbe al Gobierno la responsabilidad de establecer normas sobre la seguridad y el emplazamiento de estos reactores.

Hay que seguir estudiando el modelo HTGR. Si bien es cierto que este tipo de reactor permite aplicar la energía generada a sectores industriales más amplios, quedan por resolver muchos problemas relacionados con el progreso tecnológico en el extranjero,

la estructura industrial del Japón y la promoción de las aplicaciones con fines múltiples.

De todas formas, desde el punto de vista de la política energética, el HTGR, que genera una temperatura de $1\ 000^{\circ}\text{C}$ o más en la salida del refrigerante primario, se considera necesario en el futuro. Para

FUSION NUCLEAR

La fusión nuclear quizá sea la solución de las dificultades en el abastecimiento mundial de energía, pues será una fuente de electricidad limpia y virtualmente inagotable. Por ello, se cree que la fusión nuclear llegará a ser la fuente energética por excelencia de la humanidad en el futuro.

Se dice que en 1975-1979 uno u otro de los países que trabajan en este campo conseguirá crear un plasma de núcleo crítico. Se están ampliando en el ámbito internacional los trabajos de investigación y desarrollo con la finalidad decidida de construir un reactor de fusión nuclear, para llegar a la meta que es la aplicación en gran escala de este tipo de reactores. En el Japón estos trabajos han progresado tan rápidamente que hoy día se consideran una parte importante del programa mundial de investigación y desarrollo. Esperamos obtener buenos resultados con el JFT-2, situado en el JAERI.

En vista de ello, el Japón presta especial atención al estudio de las instalaciones Tokamak de tipo toroidal, con la finalidad de construir un reactor experimental en 1985-1994. Los trabajos en física del plasma deben orientarse cada vez más hacia los problemas generales de ingeniería. Por tanto, habrá que intensificar los trabajos relativos a los aspectos tecnológicos del

UTILIZACION DE LAS RADIACIONES

Desde hace mucho tiempo las radiaciones se utilizan en medicina, así como en física, química y biología. En los últimos años, las radiaciones han recibido aplicación en otros campos, tales como la radioquímica, el control de procesos, el diagnóstico del cáncer y la fitogenética. Se

conseguirlo se necesita un programa a largo plazo de investigación y desarrollo sobre combustibles y materiales.

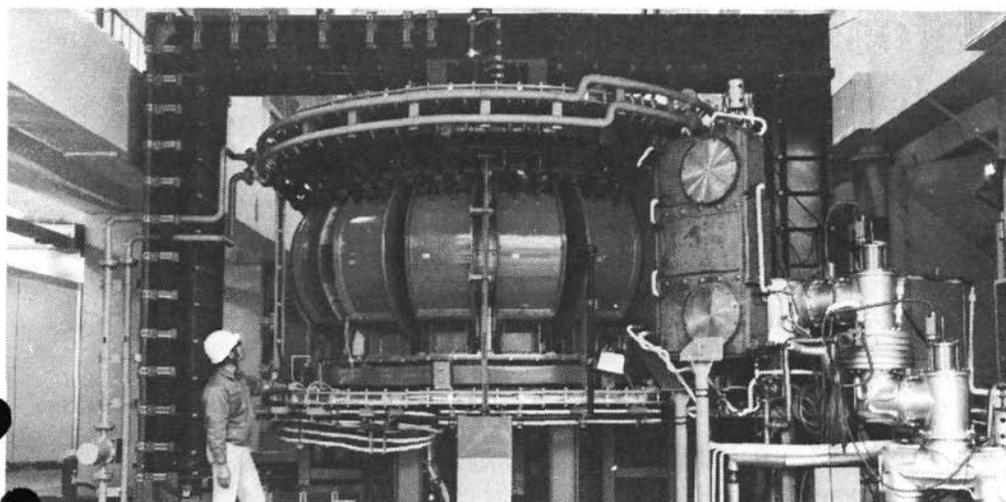
Se debe construir un HTGR experimental, teniendo gran cuidado de que por sus características tecnológicas y sus requisitos económicos responda a la estructura industrial del Japón.

núcleo de los reactores de fusión y sus instalaciones auxiliares.

Utilizando la instalación JFT-2, alrededor de 1974 se obtendrán los datos necesarios para conseguir un plasma de núcleo crítico. A continuación se espera construir entre 1975 y 1984 equipo para el ensayo de este tipo de plasma. En el futuro inmediato será necesario fomentar a fondo los trabajos de investigación y desarrollo sobre calentamiento del plasma, generación de intensos campos magnéticos, control cinético y técnicas de vacío. Mediante una estrecha colaboración en la realización de instalaciones para el ensayo de plasma de núcleo crítico, debe ser posible planificar sistemáticamente la construcción de un reactor de potencia experimental, con la finalidad de elaborar técnicas de generación y control del plasma en escala industrial.

Con respecto a la solución de los problemas de ingeniería relativos a las instalaciones auxiliares, la experiencia adquirida con los reactores de fisión de tipo corriente se aprovechará en todo lo posible. Estos trabajos han de efectuarse con rapidez, paralelamente a la solución de los problemas de ingeniería del núcleo. Para realizar los componentes deberán estudiarse los progresos tecnológicos en ingeniería de reactores, transmisión de calor y materiales.

espera que las radiaciones desempeñarán un papel todavía más importante en otras ramas de la industria y nuevos aspectos de la vida humana. Para seguir fomentando el empleo de las radiaciones, es necesario asegurar la disponibilidad de fuentes radioisotópicas, desarrollar y normalizar el



Instalación de investigación sobre fusión nuclear "JFT-2" del Japan Atomic Research Institute, en funcionamiento desde abril de 1972.

equipo y las instalaciones correspondientes y prestar atención a su uso y manipulación en condiciones de seguridad.

El JAERI y otros órganos nacionales producirán radioisótopos de período corto y especiales, pero se deberá garantizar el suministro en condiciones comerciales corrientes de otros radioisótopos muy utilizados. Se espera que las firmas privadas establecerán sus propios sistemas comerciales de producción y suministro. Deberán efectuarse trabajos de investigación y desarrollo para la obtención de fuentes de radiación con ayuda de reactores nucleares, y para la producción de radioisótopos de período corto con aceleradores. El JAERI y la PNC deberán ser los principales responsables de las técnicas de separación y utilización de los productos de fisión y elementos transuránicos contenidos en los desechos radiactivos resultantes de la reelaboración del combustible agotado.

El equipo y las instalaciones para el trabajo con radiaciones tienen que ser de pequeño tamaño, ligeros, baratos, de gran capacidad y fiabilidad. Hay que fabricar equipo de medición de grandes dosis y de vigilancia radiológica; asimismo, todas las instalaciones y el equipo deben ser normalizados y sometidos a inspección.

La utilización de radiaciones según diferentes métodos ha alcanzado la etapa de la viabilidad industrial en muchas esferas. A partir de ahora se precisa la colaboración entre el Gobierno y las firmas privadas. En lo que respecta a la química de las radiaciones y a la irradiación de alimentos en particular, deben generalizarse rápidamente las aplicaciones en escala industrial de las radiaciones, basándose en los resultados de los estudios efectuados. Se debe extender e intensificar el empleo de las radiaciones. Es necesario que todos los grupos interesados continúen los trabajos de investigación y desarrollo sobre la utilización de las radiaciones, concentrándose, por ejemplo, en temas tales como el establecimiento de métodos de diagnóstico de varias enfermedades, la aplicación a problemas ambientales y la irradiación de alimentos.

En la tarea de fomentar los trabajos de investigación y desarrollo sobre estos temas, los institutos nacionales de investigación deben tomar la iniciativa, en cooperación con universidades y firmas privadas. En materias tales como los problemas ambientales, el tratamiento del cáncer, etc., que comprenden muy distintos sectores relacionados entre sí, deben realizarse extensos estudios, ejerciendo cada una de las diversas organizaciones participantes las funciones especializadas que les sean propias.