

LOS PROGRAMAS DE ENERGIA NUCLEAR EN ALGUNOS PAISES

Debate público organizado por el OIEA
durante la sexta reunión de la Conferencia General

En la última reunión ordinaria de su Conferencia General, el OIEA organizó un debate público en el que destacadas personalidades de las comisiones de energía nuclear de seis Estados Miembros describieron algunos aspectos importantes de sus respectivos programas, especialmente en relación con la energía nucleoelectrónica. Tomaron la palabra:

El Profesor V.S. Emelyanov, Vicepresidente del Comité Estatal de utilización de la energía atómica de la Unión Soviética

El Dr. G.C. Laurence, Presidente de la Junta de Control de la Energía Atómica del Canadá

Sir Roger Makins, Director General de la Junta de Energía Nuclear del Reino Unido

El Profesor Francis Perrin, Presidente de la Comisión de Energía Atómica de Francia

El Dr. Glenn T. Seaborg, Presidente de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos

El Dr. I.H. Usmani, Presidente de la Comisión de Energía Atómica del Pakistán

Presidió el debate el Director General del OIEA, Dr. Sigvard Eklund.

A continuación se transcriben las declaraciones de los seis oradores, con las que se inició el debate público.

Declaración del Profesor V.S. Emelyanov

Las aplicaciones pacíficas de la energía atómica en la Unión Soviética son muchas y muy variadas. Es difícil dar en pocas palabras una idea de la enorme variedad de las actividades que estamos desarrollando y por eso me limitaré a exponer las más importantes, que son las que tienen ya una significación práctica.

Como es natural, a todo el mundo le interesa saber si se podrá utilizar la energía nuclear para producir electricidad. En este momento mi país está acabando la construcción de dos centrales nucleoelectrónicas de gran potencia. Una de ellas está en las cercanías de Voronezh y producirá al principio 210 000 kW. La otra está en Sverdlovsk (montes Urales) y

su potencia será de 100 000 kW. En ambos casos, la potencia indicada es la que se producirá en la primera fase de la explotación. Ambas centrales se acabarán de construir en los próximos meses.

Además de estas dos centrales, estamos construyendo en Bratislava una central nucleoelectrónica de 150 000 kW en cooperación con Checoslovaquia, y en la República Democrática Alemana otra de 70 000 kW.



Profesor V.S. Emelyanov

Gracias a la construcción de estas centrales podremos adquirir una experiencia interesantísima en el enfoque y solución de muchos problemas técnicos; por ejemplo, los que plantea la fabricación de elementos complicados como los recipientes de gran solidez para reactores, el perfeccionamiento de la tecnología y la fabricación de elementos combustibles, la regulación de la potencia y la supervisión de su equipo y de sus actividades. Mientras tanto, la industria soviética ha aprendido a fabricar equipo de características totalmente inéditas y a producir los materiales indispensables para la fabricación.

Además de construir centrales nucleoelectrónicas, nuestro país estudia y experimenta distintos tipos de reactores atómicos, unos refrigerados con agua, con gas, con metales líquidos o con líquidos orgánicos, otros que utilizan neutrones de energías diversas.

desde los neutrones lentos o termicos hasta los neutrones rápidos, etc. El año pasado iniciamos el funcionamiento de un reactor de impulsos de tipo completamente nuevo. Creo, en efecto, que es el único reactor del mundo que utiliza barras de plutonio y un disco con uranio-235 que gira a 5 000 revoluciones por minuto. Este reactor, que genera 8,3 veces por segundo un flujo neutrónico de una densidad de 10^{17} neutrones por cm^2 , será de gran utilidad para las investigaciones de física nuclear y para el estudio de la física de los sólidos.

Hemos construido y perfeccionado reactores destinados no sólo a la producción de electricidad sino también al uso de las radiaciones ionizantes en los procesos químicos e incluso a la propulsión, sobre todo a la propulsión de buques.

Ha resultado un éxito completo el ciclo de pruebas del primer buque atómico del mundo: el rompehielos "Lenin". Acabamos de reparar el reactor del buque, tras un prolongado período de funcionamiento, y se ha comprobado que los elementos combustibles no acusan la menor alteración, ni traza alguna de efectos corrosivos. Están completamente nuevos, como si se acabaran de colocar. Esto demuestra que es posible utilizar reactores para la propulsión naval. No olvidemos que el rompehielos ha sufrido una serie de pruebas realmente severas. En primer lugar, cuando zarpó de Leningrado y estaba contorneando la costa noruega tuvo que atravesar una violenta tempestad. Magnífica prueba para el buque, que soportó además una campaña invernal durísima en su primer año de servicio; en efecto, el invierno fue muy riguroso en el Norte y el hielo llegó a tener un espesor de más de dos metros y medio. Pese a todo, al inspeccionar el reactor se pudo comprobar que se hallaba en perfecto estado, lo que nos corrobora en nuestra convicción de que la energía atómica se puede emplear para la propulsión naval. Así lo demuestra la experiencia.

Ahora que hemos valorado y cotejado los resultados de nuestras experiencias y que hemos asimilado los datos obtenidos gracias a la explotación de las nuevas centrales nucleoelectricas, vamos a confeccionar un programa que nos permita emprender nuevos trabajos sobre la utilización práctica de la energía nuclear. Hay zonas de nuestro país en las que ya desde ahora se justifica de sobra la utilización de la energía de origen nuclear, pero para poder juzgar si la energía nucleoelectrica resultará rentable es preciso efectuar un minucioso análisis economicotécnico teniendo muy en cuenta todos los recursos energéticos de la zona de que se trate, así como la posibilidad de traer combustibles de otras regiones. Hasta que no se haga dicho análisis no se podrá decidir si conviene construir centrales nucleoelectricas en la zona. Como he dicho ya, después de efectuar los correspondientes análisis economicotécnicos podemos afirmar que en la Unión Soviética

hay zonas en que efectivamente se puede producir energía nucleoelectrica en condiciones económicamente rentables.

Declaración del Dr. G.C. Laurence

En el Canadá, como en la mayor parte de los países, la demanda de energía eléctrica aumenta sin cesar. Por eso queremos producir energía nucleoelectrica: para hacer frente a la demanda y porque creemos que en algunas regiones llegará a ser más barata que la que obtenemos quemando carbón. La energía nuclear nos ofrece la posibilidad de obtener combustible a precio muy reducido. En el Canadá central el carbón necesario para producir un kilovatio/hora de electricidad cuesta unos 3 mills. Nuestra energía nucleoelectrica no podrá competir con la tradicional a menos que sus gastos de combustible sean considerablemente inferiores a 3 mills por kilovatio/hora. Estoy hablando del costo efectivo del combustible, sin descuento o compensación de ningún género por el plutonio recuperado al que no podemos atribuir valor alguno porque no se puede utilizar ni vender.

Por todas estas razones no utilizamos reactores de escasa economía neutrónica en las centrales nucleares de gran potencia de nuestro programa de energía nucleoelectrica. Otros tipos de reactores pueden emplearse en centrales muy pequeñas, pero las grandes centrales requieren combustible enriquecido, el cual resulta demasiado costoso.



Dr. G.C. Laurence

Esta es una de las razones que nos han conducido a elegir el reactor de agua pesada. El costo del combustible de CANDU, nombre de nuestra primera central nucleoelectrica, en construcción en Douglas Point, será probablemente inferior a 1,2 mills por kilovatio/hora y se espera que disminuya. En cuanto a la NPD, la primera central nucleoelectrica construida en el Canadá con fines demostrativos, no se pretendía que resultase rentable y, en efecto, no lo es. Se trata de un centro destinado sobre todo a la

investigación y la experimentación, demasiado pequeño para resultar económico, pues su capacidad es de sólo 20 MW. Pero la experiencia adquirida en su construcción nos permite calcular con exactitud los costos de las centrales mayores del mismo tipo. Hay regiones del Canadá donde podría construirse ya desde ahora una central de 50 MW del mismo tipo que podría competir con las centrales térmicas a base de carbón.

El costo de la energía generada en la central CANDU de Douglas Point, que tendrá una capacidad de 200 MW, será apenas superior al de la energía producida por las centrales térmicas de carbón de la misma región. Las futuras centrales de ese tipo costarán aproximadamente igual que las de carbón, o un poco menos.

Nuestra pequeña central nucleoelectrica NPD, construida con fines demostrativos, viene funcionando desde hace sólo unas semanas. Es aún demasiado pronto para dictaminar sobre su rendimiento y sus resultados. Pero ya puedo decirles que hasta ahora ha justificado plenamente nuestra confianza en las centrales nucleoelectricas de agua pesada.

Mientras tanto, el Canadá sigue estudiando la posibilidad de perfeccionar las centrales nucleoelectricas moderadas con agua pesada. En nuestro segundo centro de desarrollo nuclear, instalado en Whiteshell, se construirá un reactor de agua pesada refrigerado con un líquido orgánico, y se está estudiando el diseño de un reactor de agua pesada refrigerado con agua ligera pulverizada. Se han estudiado otras modificaciones de los reactores de agua pesada.

En suma, esperamos que dentro de unos años pueda disponerse en el Canadá de energía nucleoelectrica económica. Pongamos ahora punto final a esta panorámica de la situación en el Canadá y pasemos a otra cuestión que me parece de interés para todos nosotros.

Hemos dicho ya que nuestras ideas sobre el costo de la energía son hoy en día mucho más realistas que hace unos años. De la misma manera, nuestro concepto de los riesgos que entraña la explotación de las centrales nucleoelectricas se hará también más realista con el tiempo. Hace unos años, un grupo de expertos examinó las consecuencias que podía tener un accidente grave de reactor y presentó un informe sobre el particular a la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos. Muchos de ustedes conocen ese informe, al que se le suele designar con la signatura Wash/740. En él se describen accidentes hipotéticos que causan millares de víctimas y miles de millones de dólares de daños y de pérdidas financieras: su lectura producía espanto.

Poco a poco estamos empezando a saber lo que son los accidentes de reactor. Ha habido hasta ahora unas 20 ocasiones en que se ha perdido el control de

un reactor; en total hubo seis muertos y, que yo sepa, sólo en un caso se registraron pérdidas financieras por daños y contaminación fuera de la central. En el caso citado, las pérdidas financieras por daños y contaminación fuera de la central se elevaron a unos cientos de miles de dólares, cifra muy inferior a las que se preveían en el informe Wash/740.

Claro que no podemos decir que no puedan producirse accidentes más graves. Tenemos que admitir su posibilidad, pero cada vez es más evidente que son muy poco probables. El historial de la industria nuclear en cuanto a seguridad se refiere es más brillante que el de la mayoría de las demás industrias.

Declaración de Sir Roger Makins

Voy a explicarles brevemente los progresos realizados el pasado año en la Gran Bretaña en la esfera de la energía nucleoelectrica y en el diseño y construcción de reactores. En primer término, la capacidad de producción de energía eléctrica de los ocho reactores destinados a la producción de plutonio y explotados por la Junta de Energía Atómica -en Calder Hall y Chapelcross- ha superado en un 25 por ciento las previsiones. Pese al hecho de que ha habido que interrumpir varias veces el funcionamiento de estos reactores para reponer el combustible y de que se utilizan mucho para experimentos, se ha mantenido un factor de carga global superior al 85 por ciento. El más antiguo de estos reactores viene funcionando sin incidentes desde hace seis años y hasta ahora no se ha descubierto en él ningún desperfecto. Ahora bien, estos reactores son los prototipos de los del programa de energía eléctrica del Reino Unido. Los dos primeros reactores civiles de potencia de Bradwell y Berkeley suministran ya electricidad y su capacidad combinada es de 575 MW. Se están construyendo otras seis centrales y se ha autorizado la construcción de otras dos. Cuando, en 1968, estén terminadas las diez centrales, poseerán una capacidad total de 4 500 MW, la cual, aprovechada con arreglo a la carga básica, cubrirá un octavo del consumo total de electricidad del Reino Unido. Además, los reactores de la Junta de Energía Atómica del Reino Unido suministrarán unos 400 MW, y se piensa construir una central de 1 000 MW para 1969.

Según las actuales suposiciones, el coste de la energía generada por las centrales hidroelectricas más recientes será en 1967-1968 algo superior al de la energía producida en las mejores centrales a base de combustibles fósiles pero estas suposiciones son muy moderadas y se espera que el factor de carga, el período de vida del combustible y el del propio reactor sean mejores de lo que actualmente se supone.

Gracias a estas mejoras y gracias asimismo a la experiencia adquirida en la explotación de reactores de gran tamaño, es probable que el coste de la energía nucleoelectrica pueda competir con el de la generada por las mejores centrales eléctricas tradi-

cionales. Todavía cabe introducir perfeccionamientos en los reactores a base de combustible revestido de Magnox, pero la índole del metal de uranio y el revestimiento de Magnox limitan la temperatura a que puede elevarse el gas refrigerante y, por lo tanto, la eficacia de la central.

Esto nos ha impulsado a estudiar sistemas más adelantados. En los reactores refrigerados con gas, el próximo paso consistirá en utilizar como combustible óxido de uranio en vez de uranio metálico y en sustituir el Magnox por un revestimiento de acero inoxidable. Esto aumentará la eficacia del sistema y permitirá lograr diseños más compactos. El prototipo perfeccionado de reactor refrigerado con gas, que la Junta tiene instalado en Windscale y en el que se han introducido las modificaciones citadas, alcanzó la criticidad a comienzos de agosto; este reactor producirá unos 30 MW eléctricos y se estima que alcanzará su potencia máxima dentro de los tres próximos meses. Uno de los principales objetivos que se persiguen con este reactor es demostrar que su carga de combustible es perfectamente adecuada y sirve de base para el diseño de la primera central comercial. Además, con él podrán efectuarse muchas y muy diversas operaciones de irradiación. Este tipo de reactor resulta relativamente barato y ofrece buenas características de seguridad y un coste de producción reducido.



Sir Roger Makins

El programa británico de energía nucleoelectrica parte del supuesto de que el plutonio producido en estas grandes centrales se podrá utilizar en los reactores generadores de neutrones rápidos; el reactor experimental de este tipo construido en Dounreay (Escocia) se destina al estudio de la tecnología de esos reactores. El reactor de Dounreay viene funcionando desde hace dos años. Hemos tropezado con dificultades de importancia secundaria para elevar su potencia, pero hace dos meses que conseguimos incre-

mentarla a 30 MW térmicos y tenemos el propósito de seguir a este nivel durante un período de tiempo considerable antes de intentar que el reactor alcance una potencia aún mayor. Tenemos la convicción de que hemos superado ya los trastornos de infancia de este reactor.

Mientras tanto, estamos acelerando la labor de diseño de un prototipo de reactor generador de neutrones rápidos para la producción de energía eléctrica. La Junta presta actualmente menos atención que antes al procedimiento Magnox, pues están entrando en servicio grandes centrales nucleoelectricas y disponemos de recursos para intensificar el estudio y perfeccionamiento de los reactores moderados con hidrógeno.

Por lo que respecta a los reactores moderados con agua pesada, recientemente hemos iniciado la ejecución de algunos programas en colaboración con el Canadá y con Suecia y ahora tenemos el propósito de construir, en estrecha colaboración con nuestra propia industria, un prototipo de reactor perfeccionado, moderado con agua pesada y generador de vapor. Al parecer, estos reactores requieren menor inversión de capital y un grado de enriquecimiento del combustible inferior al de los demás sistemas en estudio. No queremos repetir los trabajos que otros países han realizado ya con éxito, pero estimamos necesario ampliar nuestros conocimientos acerca de la tecnología de los reactores. Cuando queremos concentrar nuestros esfuerzos en un tipo de reactor a fin de mejorarlo y aumentar su rendimiento, escogemos siempre aquellos reactores que por sus posibilidades intrínsecas de perfeccionamiento ofrecen mejores perspectivas a este respecto.

Por último, en la esfera de la propulsión naval, la Junta, asimismo en colaboración con nuestra industria, está llevando a cabo bajo los auspicios del Gobierno un programa intensivo de investigaciones destinado a construir un reactor que pueda competir con los medios tradicionales de propulsión.

Por todo lo dicho cabe afirmar que 1962 será un año señalado para la industria nuclear británica.

Declaración del Profesor Francis Perrin

Francia es uno de los países que antes reconocieron la importancia que podría tener para su economía la utilización industrial de la energía atómica. Al principio sólo disponíamos de uranio natural y nos esforzamos por emplearlo directamente para la producción de energía; así llegamos a diseñar y construir un tipo de reactor de potencia cuyo rendimiento es comparable al de los que emplean uranio enriquecido. Los principios en que nos fundamos son los mismos que los de la producción de energía nuclear en el Reino Unido: elementos combustibles de uranio natural metálico, revestimientos de una aleación a base de magnesio, moderación de los neutrones con

grafito y extracción térmica mediante anhídrido carbónico a presión, pero las técnicas de ejecución suelen ser diferentes en los dos países.

En nuestro Centro de Marcoule funcionan desde hace más de tres años dos prototipos de reactor basados en estos principios, que suministran a nuestra red de distribución una potencia eléctrica total de 70 megavatios. Aprovechando la experiencia adquirida, la "Electricité de France" ha iniciado la construcción de una serie de reactores cada vez más perfeccionados, con un intervalo de dos a tres años entre el comienzo de las obras de cada reactor. Las tres primeras centrales se levantarán en el mismo emplazamiento: Chinon, en el valle del bajo Loira. La primera, cuyo reactor alcanzó la criticidad por primera vez hace varios días, entrará en servicio a fines de este año y suministrará una potencia neta de 70 megavatios eléctricos.



Profesor Francis Perrin

La segunda suministrará 160 megavatios eléctricos y comenzará a funcionar a principios de 1964, pero mientras no entre en servicio la tercera, que es la central EDF-3, no esperamos aproximarnos al objetivo apetecido: producir energía eléctrica de origen nuclear a un precio que pueda competir con el de las centrales clásicas. La EDF-3 se halla en construcción desde hace dos años y debe entrar en servicio a fines de 1965. Su potencia neta será de 480 megavatios eléctricos. Esta potencia tan elevada es necesaria para reducir el precio de coste del kilovatio-hora hasta un valor próximo al que se obtiene en las centrales clásicas. Esta central ofrece tales posibilidades para el suministro de nuestra red de distribución que difícilmente se la podrá superar antes de 1970. Su construcción fue posible gracias al empleo de hormigón pretensado para erigir la enorme estructura de confinamiento que ha sido necesaria para alojar el reactor a una presión de 25 atmósferas.

Las perspectivas que abre esta central EDF son tan favorables que estamos convencidos de que otra central similar, con algunos perfeccionamientos que se han revelado necesarios y tactibles, que empiece a construirse en 1963 para entrar en servicio hacia 1968, podría producir electricidad a precios de competencia y constituir el prototipo de una serie de centrales gracias a las cuales la energía nuclear desempeñaría en la producción francesa de energía eléctrica un papel cuya importancia aumentaría rápidamente.

Ahora bien, sabemos perfectamente que la primera generación de centrales nucleares no podrá permanecer en servicio durante muchos años, por buenos que sean sus resultados y por importante que sea su producción eléctrica. En efecto, estas centrales y los principios en que se basan -y lo mismo puede decirse de las centrales de uranio poco enriquecido que se están construyendo en otros sitios- no podrán utilizar en el mejor de los casos más que un 1 por ciento del uranio natural, rendimiento totalmente insuficiente para que de aquí a fines de siglo la energía atómica pueda transformarse efectivamente en una fuente importante de energía para la humanidad. Dentro de los próximos 15 ó 20 años habrá que construir centrales fundadas en el principio de la reproducción ("breeding"). Los reactores reproductores requieren plutonio como combustible y exigen el empleo de técnicas muy complicadas. En Francia estamos realizando una gran labor de investigación y desarrollo en esta esfera y para ello construimos en nuestro Centro de Cadarache el reactor Rhapsodie; este reactor reproductor sólo tendrá una potencia de 10 a 20 megavatios térmicos, pero ayudará a ensayar y perfeccionar numerosas técnicas nuevas, en particular el empleo de plutonio como combustible y de sodio fundido para la extracción de calor.

La magnitud de nuestros trabajos sobre la reproducción ("breeding") es tan grande y se necesitará tanto tiempo para que esta nueva técnica resulte rentable que hemos resuelto asociarnos con el EURATOM a partir de este año a fin de mancomunar el poderío técnico e industrial de los Estados de la Comunidad para el desarrollo de este sistema tan prometedor como difícil, y que es preciso poner a punto de aquí a 15 ó 20 años.

Declaración del Dr. Glenn T. Seaborg

En vista de que no sabía con seguridad cuáles son los aspectos de nuestro programa nuclear que debía elegir, me he resuelto por las aplicaciones de la energía atómica para la exploración del espacio ultraterrestre, pensando que el tema podría resultar interesante para Vds. Puede decirse que el empleo de la energía nuclear para la exploración espacial reviste en nuestro país dos formas principales de las que hablaré a continuación.

La primera es la construcción de cohetes de propulsión nuclear. Estos cohetes presentan muchas

más ventajas que los que emplean combustibles químicos y permitirán obtener resultados que no se podrán alcanzar nunca con estos últimos. Por ejemplo, con ellos se podrán transportar cargas muy elevadas hasta la luna e incluso hasta los planetas más próximos; ya no es descabellado esperar que una nave tripulada pueda llegar hasta Marte y regresar. En efecto, un cohete nuclear podría transportar hasta Marte a una nave espacial con varios tripulantes y, calculando un mes aproximadamente para explorar el planeta, regresar a la Tierra en el término de un año. La ventaja de los cohetes nucleares sobre los químicos estriba en que dan un impulso específico mayor, es decir, mayor empuje del flujo propulsor por libra y segundo. Estamos estudiando un cohete nuclear cuyo empuje específico sería aproximadamente el doble que el de los cohetes químicos: algo así como 800 libras de empuje por libra de agente propulsor y por segundo.

El impulso del cohete químico se obtiene al ser expulsados los gases calientes que se producen por combustión. En cambio, para el cohete nuclear podemos escoger el agente propulsor que deseemos calentar, y el más eficaz de todos, a una temperatura dada, es el que tenga menor peso molecular, o sea el hidrógeno. El motor de un cohete nuclear consiste en un reactor compacto que calienta hidrógeno líquido hasta temperaturas elevadísimas, obteniendo así el máximo impulso específico. Esto, como es natural, plantea problemas muy complicados en la elección de materiales, porque precisamos un reactor que soporte temperaturas que van desde la del hidrógeno líquido hasta la elevadísima que alcanzará el hidrógeno gaseoso que se expelle.

Un reactor nuclear de esta clase se ha probado en Nevada, en nuestro centro experimental de reactores, y los resultados han sido buenos. El primer vuelo de pruebas con una nave espacial está proyectado para 1967, pero no es probable que se puedan realizar viajes extensos hasta después de 1970.

La segunda aplicación de la energía nuclear que estamos estudiando en nuestro programa espacial es su empleo como fuente auxiliar de energía para las naves espaciales. Dentro del marco de nuestro programa SNAP ("Systems of Nuclear Auxiliary Power", es decir, generadores auxiliares de energía de origen nuclear) estamos tratando de construir generadores de energía para naves espaciales. Hemos estudiado dos clases de generadores: en primer lugar, los que producen energía a base de la desintegración de los isótopos radiactivos. En este programa empleamos los siguientes radioisótopos, que son productos de fisión: estroncio-90, cesio-137, cerio-144 y plutonio-238. En los satélites Transit, uno de los cuales está actualmente en órbita alrededor de la Tierra y emite señales con datos de utilidad para la navegación, se transforma en electricidad el calor desprendido por la desintegración radiactiva del pluto-

nio-238. Otro isótopo transuránico, el curio-242, servirá de fuente de energía para un vuelo lunar.

Estos generadores nucleares transforman el calor de la desintegración de los isótopos en electricidad con ayuda de dispositivos termoelectrónicos. Ahora estamos estudiando el empleo de procedimientos termoiónicos en casi todos estos sistemas de generación, con lo cual aumentaremos el rendimiento eléctrico del proceso de transformación del calor. Las fuentes de energía radioisotópicas generan una potencia de varias unidades, decenas o centenas de vatios, quizá de hasta varios kilovatios, pero éste es probablemente el límite máximo de la potencia que se podrá obtener con estos dispositivos relativamente sencillos, pues la radiactividad que se produciría sería intensísima.



Dr. Glenn T. Seaborg

Huelga decir que estas fuentes de energía nucleoelectrónica tendrán muchas aplicaciones tanto en la Tierra como en el espacio.

En segundo lugar están los generadores SNAP que en vez de una fuente radioisotópica utilizan un reactor nuclear compacto refrigerado con metal líquido. Este sistema permite obtener potencias de varios kilovatios e incluso de varios megavatios, y no descartamos la posibilidad de alcanzar con el tiempo potencias de muchísimos megavatios. Estamos investigando toda una serie de sistemas de este tipo. Uno de ellos, de 500 vatios y con transformación termoelectrónica, se probará en vuelo dentro de un año o dos. Otro desarrollará tres kilovatios de potencia eléctrica y funciona con un turbogenerador. Otro, parecido al de tres kilovatios pero de mayor potencia y más complicado, desarrolla de 30 a 60 kilovatios. También estamos comenzando a estudiar un sistema de reactor para generadores SNAP que producirá de 100 a 1 000 kilovatios eléctricos o quizá más. Se tra-

ta de una empresa sumamente difícil, pues necesitamos un reactor cuya vida útil sea suficientemente larga para los fines a que lo destinamos pero que no pese más de 5 a 10 kilogramos por kilovatio. Este reactor se basa también en el principio de la refrigeración con metal líquido.

Los generadores de potencia más elevada servirán para la propulsión eléctrica, que consiste en acelerar con campos electromagnéticos los iones y expulsarlos del cohete por su extremo inferior; el empuje obtenido no es muy grande, pero en cambio el impulso específico es muy elevado y puede resultar que, a fin de cuentas, éste sea el sistema más eficaz de propulsión nuclear.

Gracias al empleo de estos generadores podemos pensar, ya desde ahora, en transmitir directamente programas de televisión a todo el mundo desde una cadena de satélites relativamente inmóviles, situados a unos 35 000 kilómetros de la Tierra. Estos satélites transmitirían los programas directamente a los receptores, mientras que con el Telstar, por ejemplo, la señal transmitida por el satélite tiene que ser captada en la Tierra por un receptor-emisor de gran sensibilidad para que la transmita a su vez a los receptores.

Declaración del Dr. I.H. Usmani

Me complace tener esta oportunidad de exponer el punto de vista de una serie de países insuficientemente desarrollados acerca de las perspectivas de la energía nucleoelectrica para su economía; me referiré en especial al Pakistán.

Quizá les sorprenda oír que en Asia, excepción hecha de la República Popular de China, las reservas de combustibles fósiles per capita son solamente la quincuagésima parte de las de los Estados Unidos y del Canadá, y la décima parte de las de Europa occidental. Por ello, para Asia y seguramente para algunos países de Africa, la energía nuclear es la única fuente con que generar la electricidad necesaria para hacer frente a la demanda cada vez mayor de los programas nacionales de desarrollo económico. Lo paradójico es que actualmente la técnica nuclear es patrimonio exclusivo de países que necesitan menos la energía nucleoelectrica que otros que carecen de los conocimientos necesarios. Esos países disponen de grandes reservas de combustibles clásicos, mientras que nosotros carecemos de ellas. Menos mal que las investigaciones realizadas en los países desarrollados han demostrado la eficacia de diversos tipos de reactores de potencia que se pueden instalar en cualquier país que cuente con una modesta infraestructura industrial y con un mínimo de personal especializado, condiciones que, en mi opinión, la mayor parte de los países en vías de desarrollo podrán alcanzar antes de 1970 con ayuda del Organismo.

Se nos dice a menudo que si la energía nucleoelectrica no puede competir todavía con la de fuentes

tradicionales en los países más adelantados menos podrá competir en los insuficientemente desarrollados. Creo que este argumento es pueril porque la palabra "competir" tiene un valor relativo y su significado varía según la situación. Hay muchos países -el mío, entre ellos- cuyo desarrollo económico se ve obstaculizado por el elevado costo del combustible y por la enorme hemorragia de divisas extranjeras que provoca su importación. Esto nos ha impulsado a emprender en el Pakistán Oriental y Occidental un programa muy modesto de producción de energía nucleoelectrica.



Dr. I.H. Usmani

Permítanme que cite algunas cantidades en apoyo de mis afirmaciones. Todos los expertos concordarán conmigo en que el mejor índice del desarrollo económico de un país es el consumo de electricidad per capita. Veamos cuál es en algunos países que recuerdo en este momento. En Noruega, el consumo de energía eléctrica per capita es de 7 000 unidades por persona y por año; en los Estados Unidos y en el Canadá es de unas 5 000, de 2 000 en el Reino Unido y en Francia, y de aproximadamente 900 en el Japón.

Tomando a mi país como ejemplo típico de desarrollo insuficiente, debo decir que cuando alcanzamos la independencia, hace casi 15 años, el consumo de electricidad per capita en el Pakistán era de 2 unidades; en 1957 era de 18 unidades y hoy en día llega a 34 unidades por persona. La cuestión estriba en saber cómo podremos resolver nuestros problemas energéticos dentro de unos años. Incluso si partimos de la hipótesis de que en nuestro país se duplicará el consumo cada diez años -ritmo muy lento pero que, dicho sea de paso, es el promedio mundial- hemos calculado que en los próximos 40 años necesitaremos en el Pakistán Occidental una capacidad de producción de 23 millones de kilovatios y de 7 millones el Pakistán Oriental.

La población actual del Pakistán es de unos 94 millones y aumenta a razón del 2,34 por ciento, cifra extraordinariamente elevada. Esto es típico de muchos de los países de Asia. Para mantener el incremento del desarrollo económico y sostener su ritmo actual durante el próximo decenio es absolutamente necesario que aumentemos nuestra capacidad de producción eléctrica. Ahora bien ¿de qué recursos disponemos para generar energía?

El potencial hidroeléctrico del Pakistán Occidental es de unos 15 a 20 millones de kilovatios, pero todos los saltos de agua se hallan en regiones montañosas prácticamente inaccesibles del Himalaya septentrional, tan inaccesibles que quien vaya a estudiarlas puede muy bien emprender el último viaje de su vida.

En cuanto al gas, hemos descubierto reservas bastante importantes, de más de 250 000 millones de metros cúbicos. Pero para aprovecharlo hay que transportarlo a distancias muy grandes por tuberías (que no fabricamos), y el resultado es que cuando llega al punto en que se va a utilizar para generar electricidad su costo es tan elevado como el del petróleo importado: de 38 a 40 centavos por millón de BTU. No obstante, seguimos recurriendo al empleo del gas y me satisface poderles comunicar que el 35 por ciento de su producción total se emplea para generar electricidad. Como ustedes saben, el gas natural tiene la propiedad de arder pero se puede utilizar también para muchas otras cosas. En nuestro país se emplea sobre todo para la fabricación de abonos químicos. El consumo total de abonos en el Pakistán es de menos de 8 kg por hectárea y por año, mientras que en el Japón es de más de 130 kg por hectárea y por año.

No es sorprendente que el rendimiento que dan allí el arroz, el trigo, etc., sea de 3 a 4 veces superior al nuestro. Esto nos impide quemar todo el gas para generar electricidad. De todos modos, aunque lo hiciéramos el total de las reservas de gas descubiertas hasta ahora en el Pakistán Occidental -puede que haya más- equivalen a unos 365 millones de toneladas de carbón, que es aproximadamente el consumo de dos años en el Reino Unido al ritmo actual. Esto prueba que, contrariamente a lo que se cree, no disponemos de grandes reservas de gas. A mí no se me ocurrirá nunca aconsejar a mi Gobierno que obre de tal manera que si mi hijo, que ahora tiene cuatro años, llega a ser ingeniero petroquímico o ingeniero químico y pregunta: "¿Dónde está el gas del Pakistán?", se le pueda contestar: "Tu padre lo hizo quemar para generar electricidad". Queremos evitar semejante situación por todos los medios.

En el Pakistán Oriental no hay reservas hidroeléctricas, desgraciadamente. Tenemos unos 120 MW para 51 millones de habitantes, en una región cuya densidad de población es la mayor del mundo. No hemos encontrado gas como en el Pakistán Occidental, ni hay petróleo ni carbón, así que, para mantener en pie su economía, tenemos que importar mensualmente 80 000 toneladas de carbón de Sudáfrica, China, Polonia, la India o de donde sea. Tenemos que encontrar nuevas fuentes de energía cueste lo que cueste y por eso hemos decidido iniciar en el Pakistán Oriental un modesto programa de producción de energía nucleoelectrica. Queremos construir un reactor de 50 kW moderado con agua, que comenzaría a funcionar en 1967 ó 1968, y otro de 100 MW en el Pakistán Occidental para la zona de Karachi, donde el factor de carga es suficientemente elevado.