LA EXPERIENCIA DE LA INDIA PUEDE SERVIR DE GUIA PARA LOS PAISES EN DESARROLLO

La experiencia adquirida por la India y los estudios que ha realizado pueden ayudar a los países en desarrollo a evaluar los beneficios que les puede reportar un juicioso aprovechamiento de la energía nuclear. En la duodécima reunión ordinaria de la Conferencia General, el Dr. Vikram Sarabhai, Presidente de la Comisión de Energía Atómica de la India, pronunció una conferencia en la que expuso las diversas formas de aprovechar la energía de origen nuclear obtenida a bajo precio.

El presente artículo es una versión abreviada de la conferencia, que fue preparada por el Dr. Sarabhai con la colaboración del Sr. V. N. Meckoni y del Sr. K. T. Thomas. El Dr. Sharabai dijo lo siguiente.

Me gustaría informarles acerca de algunos de los resultados de los estudios que hemos realizado para determinar la conveniencia de producir energía nucleoeléctrica en la India y la escala en que debe producirse, así como sobre la experiencia que hemos adquirido al tratar de hacer frente al rápido aumento de la demanda de dicha energía.

En primer lugar les hablaré de la metodología del análisis cuantitativo que exige el problema, y después les expondré los resultados que indican claramente que los beneficios potenciales de la obtención de fuentes de energía barata gracias a la energía nucleoeléctrica pueden provocar una importante transformación en una amplia comunidad.

La India cuenta con cuatro redes regionales principales de distribución, cada una de 3000 MW(e) de potencia instalada, y la demanda máxima viene a ser de los dos tercios de esa potencia. El período de duplicación del consumo es de unos cinco años, lo que quiere decir que, actualmente, se precisa aumentar cada año en 400-500 MW(e) la capacidad generadora en cada una de esas redes. La producción de energía hidroeléctrica ha venido desempeñando un importante papel (del 30 al 50% de la producción total) y continuará desempeñándolo en lo futuro, pero esta producción ofrece ciertas peculiaridades que son consecuencia del carácter estacional de las lluvias durante la época de los monzones en la India. En efecto, los embalses de que disponemos para la producción de energía hidroeléctrica se llenan, sea con el agua directamente procedente de las lluvias, sea con la proveniente de la fusión de las nieves en el Himalaya, siguiendo un ritmo marcadamente estacional. Consecuencia de ello es que el factor medio de carga a lo largo del año asciende sólo al 30-50% de la potencia instalada. Además, el volumen de lluvias en las distintas regiones del país suele sufrir las mayores variaciones en las zonas en que la precipitación anual no alcanza el nivel normal.

Por ello existen muchas regiones cuya economía, ya de por sí marginal, resulta gravemente afectada cada pocos años como consecuencia de la sequía y de los consiguientes cortes en el suministro de electricidad.

Otra característica del factor de carga en nuestras redes de distribución es lo muy diferentes que son sus valores según los casos. En la red septentrional la carga máxima es de 1430 MW pero la mínima no es más que de 600 MW. Durante el cincuenta por ciento del tiempo, el factor de carga es inferior al tercio de la potencia instalada. Esto ilustra las vastas posibilidades de economizar gastos de capital y de reducir el costo de la electricidad que ofrece el mejoramiento del factor de carga. En los casos en que la utilización de la potencia instalada es baja por las amplias fluctuaciones estacionales de la cantidad de agua embalsada, puede recurrirse ventajosamente a su almacenamiento por bombeo a base de la electricidad barata -térmica o nucleoeléctrica- obtenida de una central de carga de base. Cuando la curva del factor de carga resulte antieconómica porque los consumidores no utilizan la misma cantidad de electricidad a todas las horas del día o en distintas estaciones del año, la energía sin utilizar puede suministrarse a un precio reducido que disminuya aún más a medida que el consumo sea mayor, lo que permitirá emplearla para diversos usos que sólo toleran energía eléctrica barata.

POR QUE CUESTA CARA LA ENERGIA

Un factor que entorpece continuamente el progreso de una región en desarrollo es la reducida base de la que parte para construir su economía. Incluso en los casos en que el ritmo de desarrollo es elevado, el incremento necesario de la capacidad de producción de electricidad es pequeño y se traduce en la adquisición de unidades generadoras aisladas de pequeña potencia. En los próximos tres años, la potencia de la mayoría de las centrales hidroeléctricas o térmicas que entren en servicio oscilará entre 50 y 100 MW. En realidad, las tres centrales nucleares que actualmente se están construyendo serán las únicas que cuenten con grandes unidades generadoras de 200 MW cada una. A nadie puede sorprender, por lo tanto, que dadas estas circunstancias terminemos por encontrarnos con un costo de la energía eléctrica que oscila entre 9 y 12 mills/kWh, lo que representa aproximadamente el doble del costo más bajo conseguido en los países industrialmente adelantados.

Las repercusiones económicas de esta situación se indican de una manera perfectamente clara en la figura 1, en la que se reflejan los resultados del cálculo de los gastos de capital y de los costos unitarios de la producción de electricidad para centrales alimentadas con carbón y para centrales nucleares de 200 a 1000 MW de potencia. El reactor considerado para este cálculo corresponde al tipo de los moderados y refrigerados con agua pesada y alimentados con uranio natural. El cálculo de los costos se ha basado en la experiencia adquirida en la construcción de reactores tipo CANDU en la India. En las condiciones actuales se supone que un reactor tipo CANDU

CALCULO DEL COSTE DE PRODUCCION DE ELECTRICIDAD EN LA INDIA CON CENTRALES TERMICAS DE CARBON Y CON CENTRALES NUCLEARES A BASE DE REACTORES TIPO CANDU

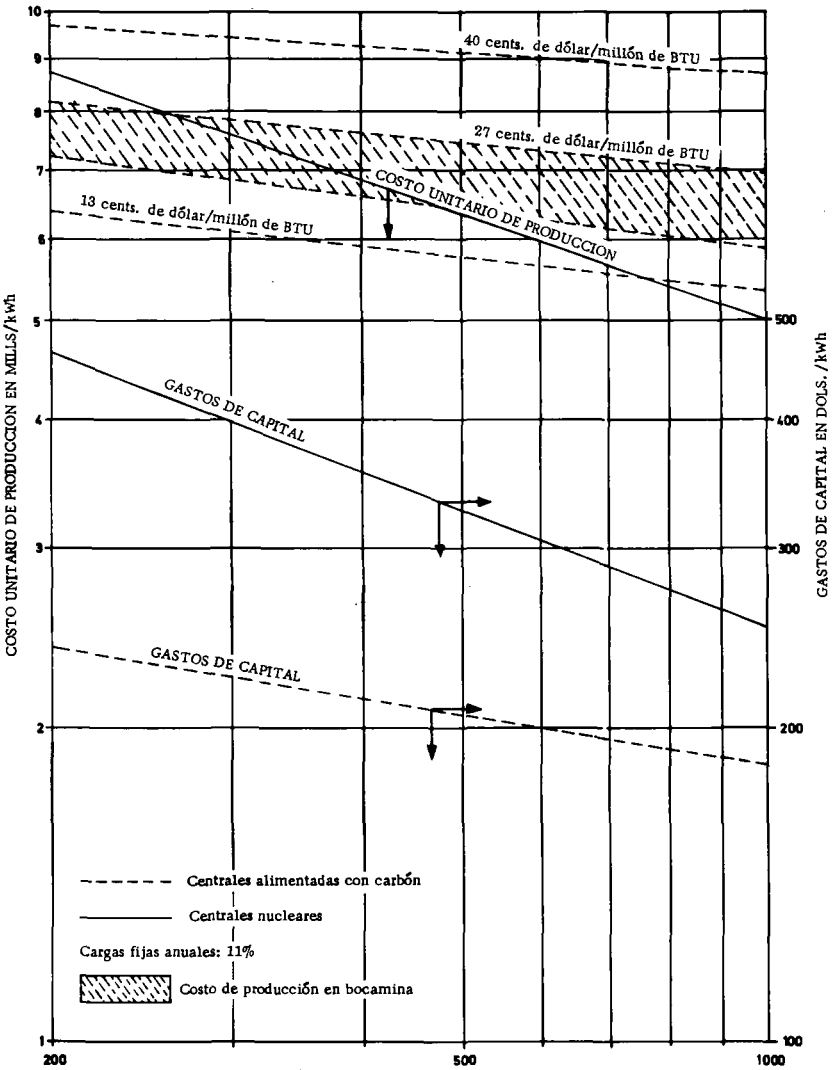


figura 1

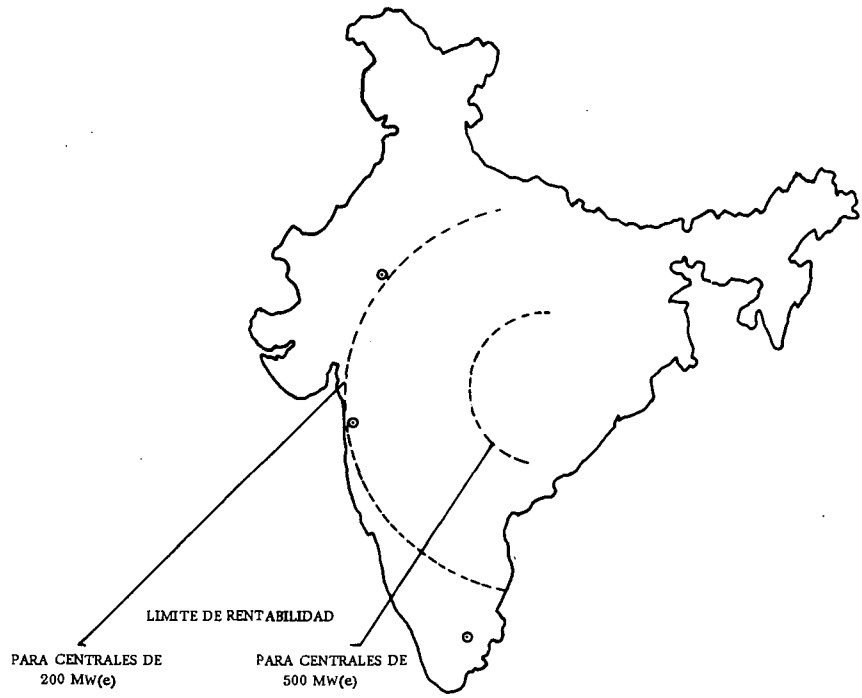

LIMITE DE RENTABILIDAD
PARA CENTRALES DE
200 MW(e)
PARA CENTRALES DE
500 MW(e)
⊙ Centrales nucleares en construcción

figura 2

de 500 MW puede producir energía eléctrica a un costo unitario que le permite competir con una central térmica de potencia equivalente instalada en bocamina y que, por ello, dispone de carbón al precio más económico. Cuando el precio del carbón es de 13 centavos de dólar por millón de BTU, como ocurre en otros varios países, el punto de rentabilidad en la curva del costo unitario de producción no corresponde a una potencia de 500 MW sino a una potencia de 800 a 900 MW. Como podrá observarse, dentro del intervalo de potencias considerado los gastos de capital que entraña el reactor tipo CANDU representan de un 80 a un 40% más que los correspondientes a una central térmica de potencia equivalente. Estos gastos adicionales de capital -que comprenden la dotación de agua pesada- pueden influir poderosamente en algunos países cuando se trata de elegir el tipo de reactor, pero también hay que tener en cuenta que la elección de un reactor de agua ligera hirviente o a presión alimentado con uranio enriquecido, cuyos gastos de capital son inferiores, obligará a emplear gran cantidad de devisas y hará que el país dependa del exterior para la importación de combustible.

Al confeccionar la figura 2 se han tenido en cuenta los principales yacimientos de carbón actualmente en explotación y los gastos de transporte por ferrocarril desde la mina hasta la central para indicar las regiones en que las centrales térmicas seguirán siendo más económicas que las nucleares. Puede observarse que Tarapur, en la costa occidental, Rajasthan y Madrás, que son los lugares en los que se están construyendo las tres primeras centrales nucleares de la India, con una potencia total de 1000 MW, quedan fuera del límite de rentabilidad correspondiente a un reactor tipo CANDU. Como afortunadamente el período de duplicación del consumo exige un aumento anual de 400 a 500 MW de capacidad existen actualmente posibilidades de construir centrales nucleares de 500 MW en diversas regiones de la India, a condición de que se disponga de tendidos e inteconexiones apropiados entre las redes.

PLENO APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA

Las ventajas económicas que ofrece la energía nucleoeléctrica sólo pueden aprovecharse si se tiene la seguridad de contar con una carga de base del 80 al 85% aproximadamente. Se han estudiado diversas operaciones electroquímicas y de desalación del agua, así como el empleo de la electricidad para bombear agua de pozos entubados, a fin de determinar si mediante una selección cuidadosa de proyectos cuya ejecución exige el consumo de electricidad y que se hallan relacionados con la existencia de una central que produzca energía barata, es posible no solamente dar nuevo impulso al desarrollo económico sino también crear una carga equilibrada para el conjunto de las redes de distribución.

A fines del pasado año la Comisión de Energía Atómica de la India constituyó un Grupo de estudio encargado de examinar las repercusiones que las diversas innovaciones tecnológicas pertinentes podrían tener sobre la industria y la agricultura de la India. El Grupo pudo utilizar los estudios realizados en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos. Se comparó el costo de producción de fertilizantes nitrogenados y fosfatados obtenidos mediante procesos de

fabricación de tipo clásico en las condiciones imperantes en la India, con los correspondientes al empleo de otros procesos de tipo electrolítico o electrotérmico.

Si la electricidad cuesta 3,5 mills/kWh, una fábrica de fertilizantes que trabaje a base de carbón y que se encuentre a una distancia de 800 km como máximo de la bocamina (precio del carbón en la fábrica: 58 rupias/t) resultará más rentable que una fábrica que emplee el método electrolítico. Dado que los precios actuales en el país son de 90 y 110 rupias, respectivamente, para los combustibles pesados bajos en azufre y para la nafta, una fábrica que emplee el método electrolítico sólo podrá competir con la primera si la electricidad cuesta 2 mills/kWh. Ahora bien, en la India las disponibilidades de nafta dependen de la capacidad de las refinerías montadas para la obtención de otros productos derivados del petróleo tales como la gasolina, el aceite pesado, etc., teniendo que importarse gran parte del petróleo crudo para esos fines.

La comparación del empleo del horno eléctrico en la fabricación de fertilizantes fosfatados con el empleo del procedimiento por vía húmeda puso de manifiesto que para un costo de la electricidad de 3,5 mills/kWh, el punto de rentabilidad en la producción de superfosfato triple o de fosfato diamónico se alcanza cuando el precio del azufre (para el método por vía húmeda) es de 575 rupias/t aproximadamente. En 1967 el precio del azufre en la India fue de ese orden, aproximadamente. En la actualidad, es ligeramente más bajo (450-500 rupias/t).

En una fábrica de aluminio con una capacidad de producción anual de 50 000 t, el costo de producción del aluminio elaborado es, para un costo de la electricidad de 3,5 mills/kWh, de 3400 rupias/t aproximadamente. El precio de venta actual del aluminio en fábrica es, en la India, de unas 5500 rupias/t.

ASPECTOS ECONOMICOS DE LA DESALACION DEL AGUA

Se ha calculado que el costo de la electricidad producida por una central nuclear monofuncional de 2 × 600 MW(e) es de 3,5 mills/kWh. Sobre la base de estas cifras, se ha calculado el costo del agua que podría obtenerse con centrales nucleares bifuncionales capaces de producir de 100 a 500 millones de galones diarios.

A fin de determinar la rentabilidad del empleo de agua desalada en la agricultura, se ha hecho un estudio del costo del agua y de su relación con la parte de la renta nacional que corresponde al agro tomando como base las condiciones imperantes en una región árida del país. Al contrario de lo que ocurre con el suministro de agua de tipo tradicional (por ejemplo, las precipitaciones durante la época de los monzones), podrá disponerse de agua desalada a lo largo de todo el año. Por otra parte, resulta necesario mantener un alto factor de carga porque la industria de la desalación del

agua exige importantes inversiones de capital. Estas características de la industria desaladora hacen necesario un aprovechamiento uniforme del agua a lo largo de todas las estaciones del año, con lo que la multiplicidad de los cultivos adquiere gran importancia para la buena economía del país.

En algunas regiones de la India -la de Gujarat, por ejemplo- se ha estudiado la influencia del costo del agua sobre diversos tipos de rotaciones de cultivos, entre ellas la de maíz híbrido-patata-cacahuete temprano y la de maíz híbrido-trigo-cacahuete temprano.

La figura 3 indica el rendimiento neto por hectárea para diversos costos del agua. Por rendimiento neto quiere decirse los ingresos percibidos por la venta de los productos, deducidos todos los gastos de cultivo. Según ese gráfico, la primera de esas rotaciones resulta rentable para costos del agua de hasta 53 centavos de dólar (4 rupias) por 1000 galones, mientras que la segunda lo es para costos del agua de hasta 37 centavos (2,80 rupias) por 1000 galones. Se ha calculado que el costo del agua obtenida en una planta de desalación de una capacidad de 150 millones de galones por día sería, incluidos los gastos de distribución, de unas 3 rupias (40 centavos de dólar) por cada 1000 galones. Para este precio, los ingresos de una familia de agricultores serían del orden de 9750 rupias/ha (1300 dóls. /ha) en el caso de la rotación de cultivos indicada en primer lugar, y de unas 2500 rupias/ha (333 dóls. /ha) para el segundo tipo de rotación. Las cifras correspondientes al "rendimiento neto" son, respectivamente, un beneficio de 4750 rupias (633 dóls.) y una pérdida de 500 rupias (67 dóls.). De cuanto antecede se desprende que, empleando agua desalada, la rotación de cultivos indicada en primer lugar proporcionaría un beneficio razonable.

Se han estudiado las consecuencias que entraña este concepto, tomando como base una región del Uttar Pradesh occidental que cuenta con una población de 22,5 millones. Dentro de la región de encuentran Delhi, al oeste, y Agra al sur, así como el Ganges, que la atraviesa por su parte central. En la región existen amplias reservas de aguas subterráneas y el terreno es, predominantemente, de tipo aluvial. Se ha sugerido la construcción de una central nuclear con dos reactores de una potencia de 600 MW(e) cada uno. Además, se prevé la posibilidad de construir una fábrica de fertilizantes con una capacidad de 4500 t/d y una fábrica de aluminio capaz de producir 150 t/d, así como el empleo de unos 200 MW(e) para el riego con bombeo de agua de 36 000 pozos entubados.

Conforme se indica en el cuadro 1, la inversión total asciende a unos 429 crores* de rupias (570 millones de dólares). El cuadro 2 pone de manifiesto que el rendimiento de esta inversión se espera que sea de un 14% aproximadamente. Para llegar a estas conclusiones se ha supuesto la aplicación de tarifas diferenciales: 2,7 mills/kWh para la fabricación de fertilizantes, 3,5 mills/kWh para la fabricación de aluminio y 13 mills/kWh para la electricidad empleada en el bombeo de agua de pozos entubados. Aunque el costo de la electricidad para la utilización de los pozos se ha fijado a un nivel elevado, la evaluación de este proyecto de desarrollo agrícola prevé

* El crore es una unidad de cuenta equivalente a diez millones de rupias.

RENDIMIENTO NETO POR HECTAREA
DE DIVERSOS TIPOS DE ROTACION DE CULTIVOS,
EN FUNCION DEL COSTO DEL AGUA

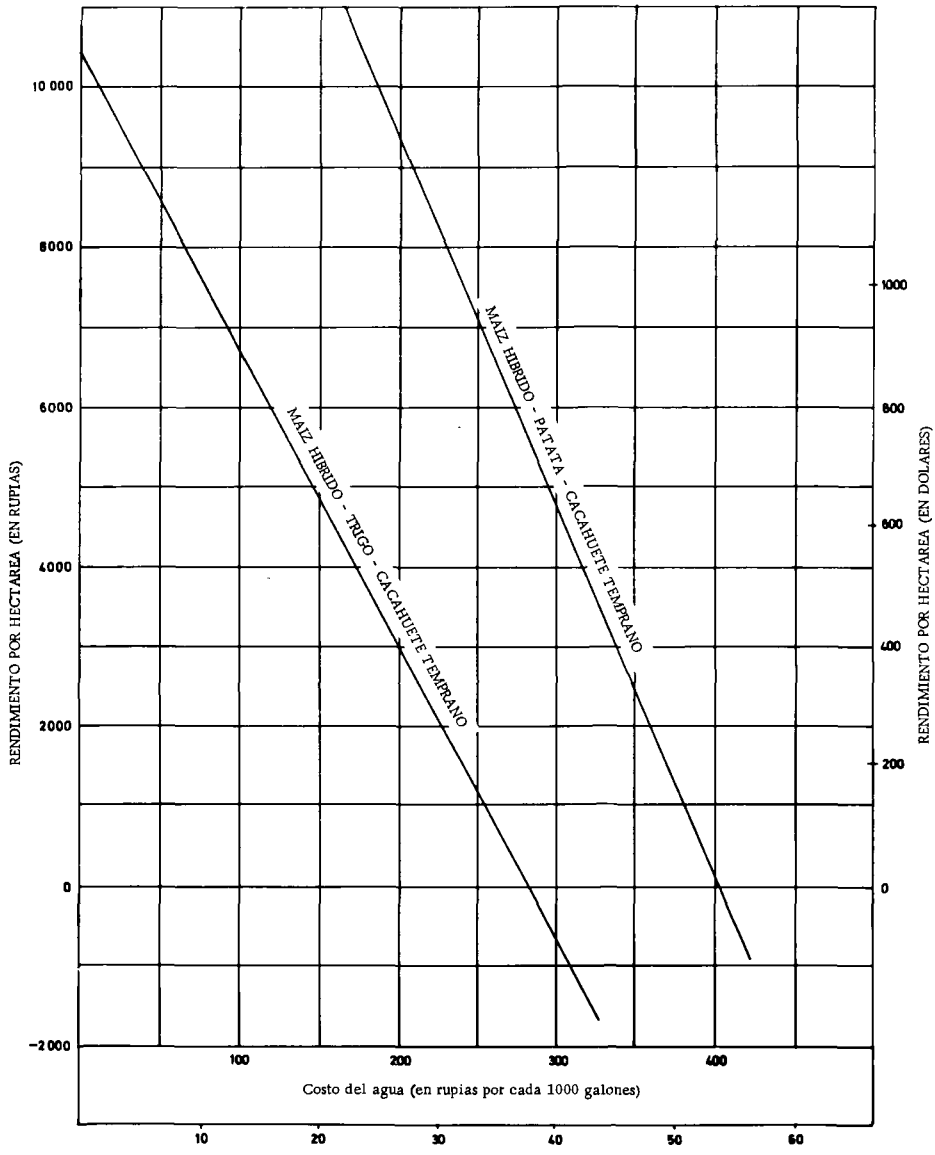


figura 3

la obtención de beneficios suficientemente altos. En el cuadro 3 se indican las características principales del proyecto en lo que se refiere a su parte agrícola. Con arreglo a él se tiene al propósito de convertir en tierras de regadío unas 720 000 ha. El incremento total de la producción de cereales sería de 4 500 000 t y, además, se producirían también 700 000 t de leguminosas. El rendimiento neto para la totalidad del proyecto asciende a 251 crores de rupias al año (315 millones de dólares anuales). La ejecución del proyecto se traduciría en un aumento de la renta per capita en la región del orden de 150 rupias (20 dólares) al año, es decir, de un 20% aproximadamente. La renta per capita para la parte de la población que se beneficie directamente del proyecto aumentará en unas 1400 rupias (187 dólares) al año. El proyecto propiamente dicho contribuirá a aumentar el producto nacional bruto en 486 crores de rupias (650 millones de dólares). Si se tiene en cuenta que los problemas más importantes que se le plantean a la India son el de aumentar la renta per capita y el de producir alimentos en cantidad suficiente para hacer frente al aumento de su población, es evidente que la ejecución de proyectos de este tipo tiene una importancia realmente fundamental. El empleo de la energía nuclear es decisivo para llevar a la práctica el plan previsto, ya que la región estudiada se encuentra fuera de la curva de rentabilidad que separa a las zonas en que es conveniente el empleo de centrales nucleares o el de centrales térmicas.

También se ha llevado a cabo un estudio análogo de las repercusiones económicas de un proyecto de este tipo en una zona de la región de Kutch (Saurashtra), en la que los recursos de aguas subterráneas son prácticamente inexistentes. El proyecto en cuestión se refiere a una central nuclear capaz de producir 1200 MW(e) para su aprovechamiento con diversos fines, a la que iría unida una planta de desalación con una capacidad de 150 millones de galones diarios. Una fábrica de fertilizantes produciría nitrato amónico, fosfato diamónico y superfosfato triple. También se construiría una fábrica de aluminio con una capacidad de producción de 150 t/d, o sea, unas 50 000 t anuales (con un consumo equivalente a un 90% del factor de planta). Se ha calculado que el rendimiento porcentual de las inversiones será del 6,48% si se consideran únicamente las actividades de producción de electricidad y de desalación de agua, y del 11,8% aproximadamente si se considera la totalidad de la parte industrial del proyecto (incluida la central bifuncional). Además, la granja agrícola produciría 192 000 t de maíz, 392 000 t de patatas y 46 400 t de cacahuete. La producción de grano bastaría por sí sola para satisfacer la demanda de un millón de personas. La inversión de capital para el proyecto entero -excluida la granja agrícola- ascendería a 598 crores de rupias (798 millones de dólares). El rendimiento neto de la granja agrícola se calcula que será de 13,67 crores de rupias (18 200 000 dólares) al año. La ejecución del proyecto incrementará el producto nacional bruto en 220 crores de rupias (266 millones de dólares) anuales.

EL PROBLEMA DE LA ELECCION DEL REACTOR

Los países en desarrollo suelen enfrentarse con múltiples problemas cuando llega el momento de decidir cuál es el tipo y la potencia de los reactores que deben elegirse para iniciar un programa de energía nucleoeléctrica;

esto se debe a diversas limitaciones que obedecen a consideraciones económicas, técnicas y de interés nacional.

La pronta iniciación de un programa de energía nucleoeléctrica entraña una gran ventaja: la de poder adquirir experiencia en el diseño, la construcción y la explotación de reactores de potencia. En efecto, la fabricación de componentes especiales para reactores exige, por regla general, un personal sumamente especializado. De aquí que incluso la construcción de reactores de pequeña potencia proporciona una valiosa experiencia y conduzca a la formación de cuadros de personal técnico, requisito indispensable cuando un país se decide a iniciar un programa de energía nucleoeléctrica. En algunos casos, el simple hecho de decidir que se construya un reactor nuclear en una región apartada abrirá a éstas unas perspectivas de desarrollo industrial que, de tener que recurrirse al transporte de combustibles clásicos desde fuentes situadas a gran distancia, no hubieran sido posibles.

Al elegir el tipo de reactor más idóneo para un país en desarrollo, es preciso tener en cuenta diversos factores tales como la disponibilidad de recursos de combustible y de materiales, la capacidad industrial del país y la política económica que éste sigue. La elección entre los reactores que emplean uranio natural y los alimentados con uranio enriquecido dependerá en gran parte de que el país disponga o no de yacimientos de minerales uraníferos. En el caso de que hubiera que importar el uranio, habría que sopesar cuidadosamente dos factores: uno, que el uranio enriquecido sólo se puede importar de un corto número de países proveedores, y otro, que el uranio natural se puede obtener en cualquiera de los muchos países suministradores. Un país que se proponga construir centrales nucleares con una potencia instalada de 5000 MW(e) puede muy bien tener que gastar anualmente divisas por valor de 35 millones de dólares para adquirir el uranio enriquecido necesario, lo que supondrá un gasto de más de mil millones de dólares para toda la vida útil de las centrales. En cambio, si un país se decide por la instalación de reactores alimentados con uranio natural, hará uso de sus propios recursos de uranio si el país dispone de este material, o importará concentrados de uranio natural, que sólo le supondrán un gasto en divisas del orden de 250 millones de dólares aproximadamente para toda la vida útil de las centrales. De aquí que en el caso de un país de desarrollo tal vez sea preferible elegir reactores alimentados con uranio natural.

RAZONES DE LA DECISION ADOPTADA POR LA INDIA

Una evaluación de las ventajas e inconvenientes que ofrecen los distintos tipos de reactores puso de manifiesto que, en vista de que los recursos de uranio de que dispone la India son limitados, era más conveniente decidirse por el empleo de reactores de agua pesada alimentados con uranio natural, ya que eran los que representaban la máxima capacidad generadora de electricidad por tonelada de uranio extraido, teniendo en cuenta tanto la dotación inicial de combustible como las exigencias del consumo. En efecto, como los reactores de agua pesada son los que producen la mayor cantidad de plutonio por tonelada de uranio extraído, el empleo del plutonio

para alimentar los reactores reproductores rápidos de la segunda generación hará posible la ejecución de un programa de energía nucleoeléctrica mucho más amplio.

En vista de ello, la Comisión de Energía Atómica de la India llegó a la conclusión de que, si bien en determinados casos concretos y debido a consideraciones de tipo técnico y económico los reactores alimentados con uranio enriquecido entrañarían ciertas ventajas y podrían construirse en la India, considerando en su conjunto el programa de energía nuclear del país sólo debían instalarse en éste, como reactores de la primera generación, reactores de agua pesada alimentados con uranio natural.

En el caso de la primera central nuclear de la India, la de Tarapur, se decidió elegir dos reactores moderados y refrigerados con agua ligera hirviente de 200 MW(e) cada uno, alimentados con uranio enriquecido, los cuales están siendo construidos por la International General Electric Co. Para la segunda central nuclear, y como consecuencia de los estudios realizados conjuntamente con la Atomic Energy of Canada Ltd., se decidió en 1964 construir, en colaboración con dicha empresa canadiense, un reactor tipo CANDU de 200 MW(e) en Rajasthán y, más adelante, construir en el mismo emplazamiento una segunda unidad generadora, también de 200 MW(e). Por lo que respecta a la tercera central, la de Madrás, se ha decidido también también construir dos reactores tipo CANDU de 200 MW(e). La responsabilidad de la construcción la asume plenamente la División técnica de proyectos de desarrollo de la energía eléctrica (Power Projects Engineering Division) de la Comisión de Energía Atómica de la India.

Esta decisión de seguir adelante con la construcción de reactores tipo CANDU ha permitido encauzar sistemáticamente los esfuerzos encaminados a capacitar a especialistas, técnicos e ingenieros del país, con lo que, a medida que se ejecuta el programa de construcción de centrales, la participación de recursos nacionales irá siendo mayor. En efecto, en los costos que supone la construcción del RAJASTHAN-1, la parte que ha de pagarse en divisas asciende al 61% aproximadamente, en el caso del RAJASTHAN-2 ese porcentaje se reduce a un 36%, y en el de la central de Madrás, sólo asciende a un 20%. Se sabe que los costos de capital de los reactores tipo CANDU son, en la actualidad, relativamente elevados, mientras que los costos del combustible para su alimentación son bajos.

En la figura 4 se indican los principales centros y establecimientos de la Comisión de Energía Atómica de la India que, o bien se encuentran ya en funcionamiento, o están próximos a quedar terminados. Los proyectos a que corresponden están respaldados por un programa de investigaciones teóricas y aplicadas que desarrollan el Centro "Bhabha" de Investigaciones Atómicas y otros centros e institutos.

Un proyecto de desarrollo de la máxima importancia es el relativo a la construcción de un reactor reproductor rápido de tipo experimental alimentado con plutonio. En la actualidad, los recursos de uranio de que se

LA ENERGIA ATOMICA EN LA INDIA

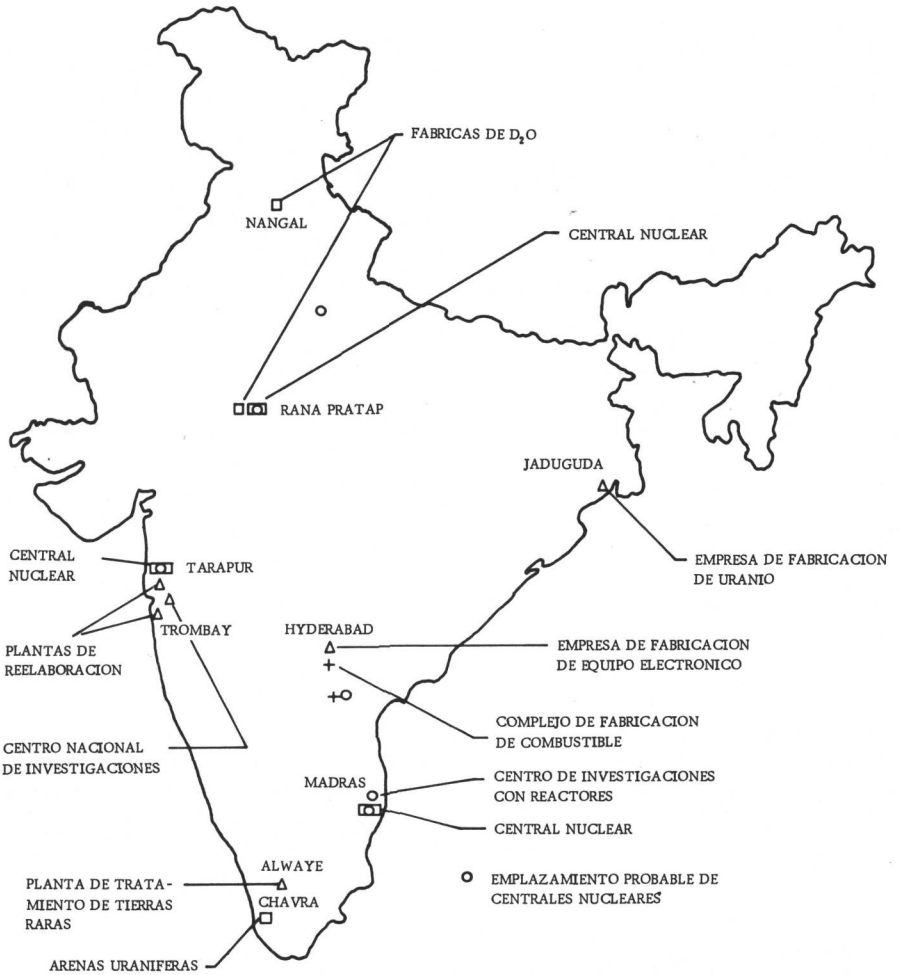


figura 4

sabe dispone la India son un tanto limitados y sólo bastarán para el sostenimiento de una producción de 5000 a 10 000 MW(e) de energía nucleoeléctrica a base de reactores de agua pesada, para toda la vida útil de estos reactores. Se están intensificando los trabajos de prospección, y se han realizado estudios para calcular el aumento de potencial de los reactores reproductores rápidos que podría conseguirse con el empleo del plutonio producido en reactores térmicos de 5000 MW(e). Los resultados de estos estudios han puesto de manifiesto que puede ejecutarse un programa de energía nucleoeléctrica de mucha más envergadura si se emplea en reactores reproductores rápidos el plutonio producido en otros tipos de reactor. Por ello se han iniciado ya en la India diversos trabajos de desarrollo encaminados a este fin. Estos trabajos también tienen importancia en la esfera del empleo del torio como combustible para la producción de electricidad.

Consideradas todas las circunstancias, es preciso reconocer que nos enfrentamos con una formidable tarea para poder construir cada año a partir de 1972-1973 una nueva central nuclear de una potencia de 500 MW(e) aproximadamente, con el menor gasto posible de divisas, empleando medios un tanto precarios y, al mismo tiempo, proporcionando el máximo impulso posible a la industria.

Si hubiera de citar la causa principal que entorpece actualmente el desarrollo de nuestro programa, tendría que referirme al número insuficiente de científicos y técnicos capacitados con experiencia bastante para asumir, con plena independencia, la responsibilidad del diseño y construcción de centrales y plantas complejas. Aun disponiendo de unos 2500 científicos y técnicos en los diversos centros y establecimientos de la Comisión, nos resulta muy difícil poder "estirar" estos recursos de personal para poder llevar a cabo todo cuanto actualmente estimamos que debe hacerse para poder obtener beneficios de las inversiones que se han realizado en los últimos 20 años en la esfera de la energía atómica.

LA ENERGIA NUCLEAR, PODEROSO ELEMENTO DE PROGRESO

Si hubiera de sacarse alguna enseñanza de cuanto acabo de exponer, la resumiría de la manera siguiente. No cabe la menor duda de que los proyectos de energía nucleoeléctrica llegarán a convertirse en un poderosísimo elemento para el progreso de los países en desarrollo. Las ventajas serán mayores si estos países, en vez de comprar las centrales como si fuesen máquinas autónomas y automáticas, se preocupan de desarrollar su capacidad nacional en la medida en que se lo permitan sus recursos de personal, financieros e industriales. Esto resulta difícil de conseguir a menos que esos países participen en programas de capacitación bien fundamentados que abarquen todos los aspectos de la labor de investigación relativa a las ciencias fundamentales y a las especializaciones técnicas. Los países en desarrollo deberían considerar, antes que nada, si pueden permitirse el lujo de depender de la importación para su abastecimiento de combustible. En efecto, esto podría traducirse a la larga en un nuevo tipo de dependencia

de unos países respecto de otros, dependencia que tendría importantes repercusiones en el terreno político y social. No es lo mismo luchar por conseguir la autoconfianza, es decir, la confianza en los propios recursos, que luchar por obtener la autarquía, ya que el progreso de un país dependerá de su capacidad no sólo para recibir sino también para proporcionar conocimientos y experiencia tecnológica en el plano internacional, de su capacidad para poder actuar en régimen de reciprocidad con otras naciones. Para ello necesitarán ser capaces de competir y tener confianza en sí mismos.

Para que los países en desarrollo puedan beneficiarse de la energía nucleoeléctrica tendrán que planear con mucha flexibilidad no sólo la adquisición de las centrales generadoras de energía barata que necesitan sino también los complejos agroindustriales, etc. que consumirán esa energía y que proporcionarán al país el impulso económico que tanto necesita. Esto les obligará a abandonar el régimen económico tradicional, según el cual diversas iniciativas tomadas independientemente unas de otras proporcionan a la economía nacional diferentes impulsos fundamentales. Reconociendo que en este terreno la suma de uno más uno puede dar mucho más que dos, los países en desarrollo necesitan abordar el problema de manera nueva y muy distinta de la fórmula usual, que se basa en gran medida en el estudio de las curvas de aumento de la carga a la que tuvieron que hacer frente las redes de suministro de energía eléctrica en lo pasado para determinar la capacidad generadora que deben tener las centrales de una nueva generación en lo futuro. De esta forma descubrirán que los problemas internos de tipo social, administrativo y político son por lo menos tan importantes como los factores económicos y tecnológicos que plantea un programa nacional e incluso más difíciles de resolver, ya que para ello no se puede recurrir a una ayuda sustancial del exterior. Por esta razón precisamente encontrarán la empresa más digna de empeño y su solución más remuneradora, ya que, en efecto, al enfrentarse sin rodeos con problemas derivados de proyectos concretos que abarcan casi todas las facetas de la vida nacional, los países adquirirán un nuevo vigor y un nuevo tesón que serán en sí, a la larga, más importantes que el proyecto de que se trate.

CUADRO 1

COMPLEJO AGROINDUSTRIAL - REGION INDO-GANGETICA OCCIDENTAL

GASTOS DE INVERSION

Central o fábrica	Capacidad	Costos en crores de rupias	
		Divisas	Total
Central nuclear	1 200 MW(e)	31 600	158 000
Central eléctrica		13 400	67 000
Total para las centrales	1 200 MW(e)	45 000	225 000
Fábrica de fertilizantes*	4 475 t/d	44 911	166 283
Fábrica de aluminio	150 t/d	17 494	38 687
Total para el complejo industrial		107 405	429 970

* Nitrato amónico: 3200 t/d
Fosfato diamónico: 1275 t/d

CUADRO 2

COMPLEJO AGROINDUSTRIAL - REGION INDO-GANGETICA OCCIDENTAL

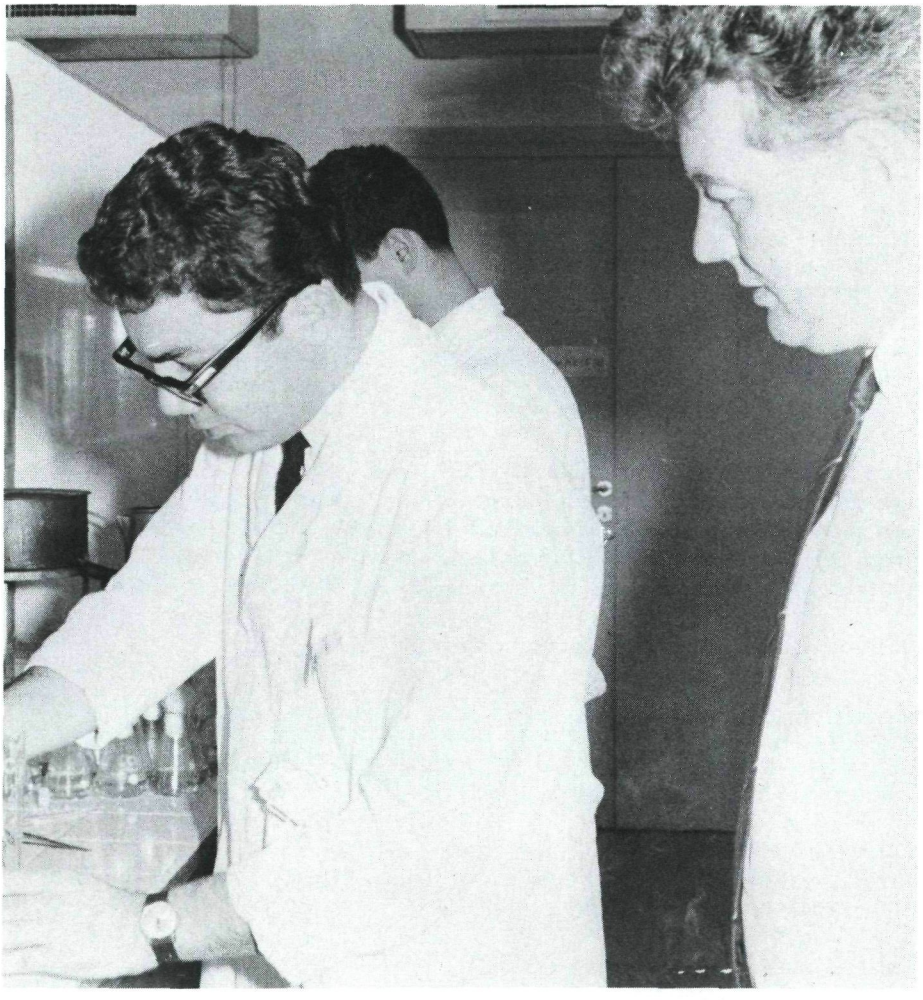
GASTOS DE EXPLOTACION Y BENEFICIOS

Central o fábrica	Gastos de explotación (en crores de rupias)	Ingreso en concepto de ventas (en crores de rupias)	Beneficio (en crores de rupias)	Rendimiento porcentual de las inversiones
Central	13 715	31 900	18 185	8, 08
Fábrica de fertilizantes	59 577	88 820	29 243	17, 59
Fábrica de aluminio	14 720	27 500	12 780	33, 04
Total para el complejo industrial	88 012	148 220	60 208	14, 00

CUADRO 3

COMPLEJO AGROINDUSTRIAL
REGION INDO-GANGETICA OCCIDENTAL

Características económicas del proyecto

Superficie a convertir en tierras de regadío (en hectáreas)	720 000
Número de pozos entubados	36 600
Aumento de la producción (en toneladas)	
De cereales	4 300 000
De leguminosas	700 000
Rendimiento neto del proyecto	2 512 millones de rupias
Necesidades en cuanto a fertilizantes (en toneladas)	
Fertilizantes nitrogenados: N_2 fijo	166 000
Fertilizantes fosfatados: P_2O_5	83 000
Inversión total para las perforaciones	432 millones de rupias
Rendimiento neto por hectárea	3767 rupias
A razón de 200 kg anuales per capita, el aumento de la producción de cereales como consecuencia de la ejecución del proyecto permitirá alimentar a 22 500 000 personas	
Número de habitantes de la región abarcada por el proyecto	23 621 716
Aumento de la renta per capita en la región como consecuencia del proyecto (parte agrícola únicamente)	150, 00 rupias anuales
Aumento de la renta media per capita para la población que se beneficie directamente del proyecto	1 404, 00 rupias anuales

En un laboratorio del Centro Demócrito de Investigaciones Nucleares, de Atenas, A. Hastie, experto en fitobiología enviado por el OIEA, supervisa trabajos de investigación sobre fungicidas. Está organizando igualmente un curso para estudiantes ya graduados. (Foto: OIEA/Moir)