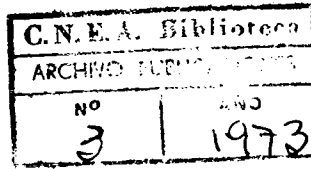


# La Energía Nuclear en el Mundo

00.73.07



CAtc. OSCAR A. QUIHILLALT (\*)

La evolución mundial de la potencia nuclear instalada, que se muestra en el gráfico 1, en las etapas de operación, construcción, planes y finalmente estimada, no deja dudas sobre la competitividad técnica y económica alcanzada por las centrales nucleares. Según el Organismo Internacional de Energía Atómica, en el año 2.000 habrá 4 millones de megawatts nucleares, lo que representará cerca del 60 % del total de la potencia eléctrica instalada en el mundo.

El gráfico Nº 2 nos da una mejor idea de la evolución habida desde el año 1957, con 10 reactores instalados en 4 países, es decir un promedio de 2,5 para cada uno de ellos, hasta 1978 donde 25 países totalizarán 330 reactores con 200.000 MW.

El detalle previsto para ese año, se muestra en el gráfico Nº 3. Argentina con 2 máquinas y Brasil con 1, serán los dos únicos países sudamericanos que dispondrán este tipo de fuente energética.

Merece destacarse el gran avance del Japón en este campo, que tendrá 29 reactores con una potencia instalada de 18.076 MW, siguiendo en orden de significación a los Estados Unidos.

Existen dos líneas fundamentales de reactores, clasificados según el combustible usado: uranio natural o enriquecido. El gráfico 4 muestra los principales tipos de reactores construidos y en avanzado estado de desarrollo. El gráfico 5 el número de reactores según el tipo y la potencia.

## EVOLUCION DE LOS REACTORES NUCLEARES

Año	Nº de países	Nº de reactores	Potencia MW
1957	4	10	200
1962	8	40	3.000
1967	11	80	10.000
1972	17	150	50.000
1978	25	330	200.000

Gráfico 2

Reactores a uranio natural - agua pesada: en operación 3, en construcción 6

Reactores a uranio enriquecido - agua natural: en operación 35, en construcción 124

## EVOLUCION MUNDIAL DE LA POTENCIA NUCLEAR INSTALADA

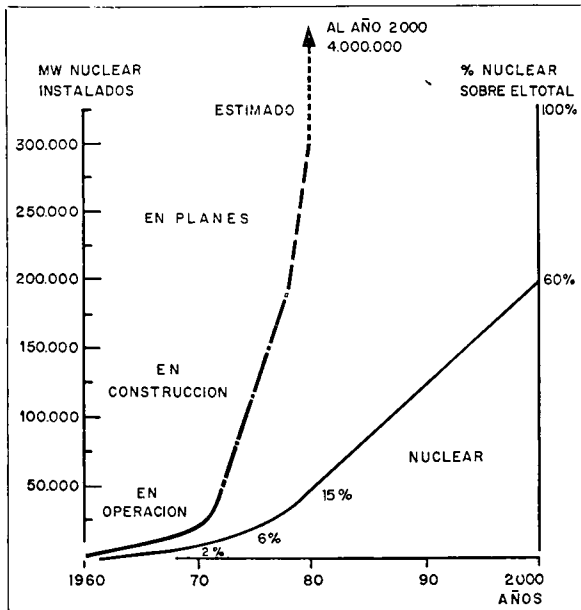


Gráfico 1

(\*) Contraalmirante - Ingeniero (UNBA) - Presidente de la Comisión Nacional de Energía Atómica desde 1955 - Presidente de la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica con sede en Viena (1967).

## REACTORES EN OPERACION - AÑO 1978

País	Nº de reactores	Potencia (MW)
Argentina	2	919
Austria	1	692
Bélgica	4	1.660
Brasil	1	600
Bulgaria	2	880
Canadá	11	5.520
Corea	1	564
Checoslovaquia	3	920
España	11	7.603
Estados Unidos	123	98.520
Finlandia	3	1.480
Francia	12	3.733
Gran Bretaña	40	11.455
Holanda	2	502
India	6	1.180
Italia	5	1.387
Japón	29	18.076
Méjico	1	600
Paquistán	1	125
Rep. Fed. Alemana	25	13.808
Sud Africa	1	500
Suecia	9	5.752
Suiza	5	2.656
Unión Soviética	30	10.009
Yugoslavia	1	600
<b>25 países</b>	<b>329</b>	<b>189.743</b>

Gráfico 3

PRINCIPALES TIPOS DE REACTORES

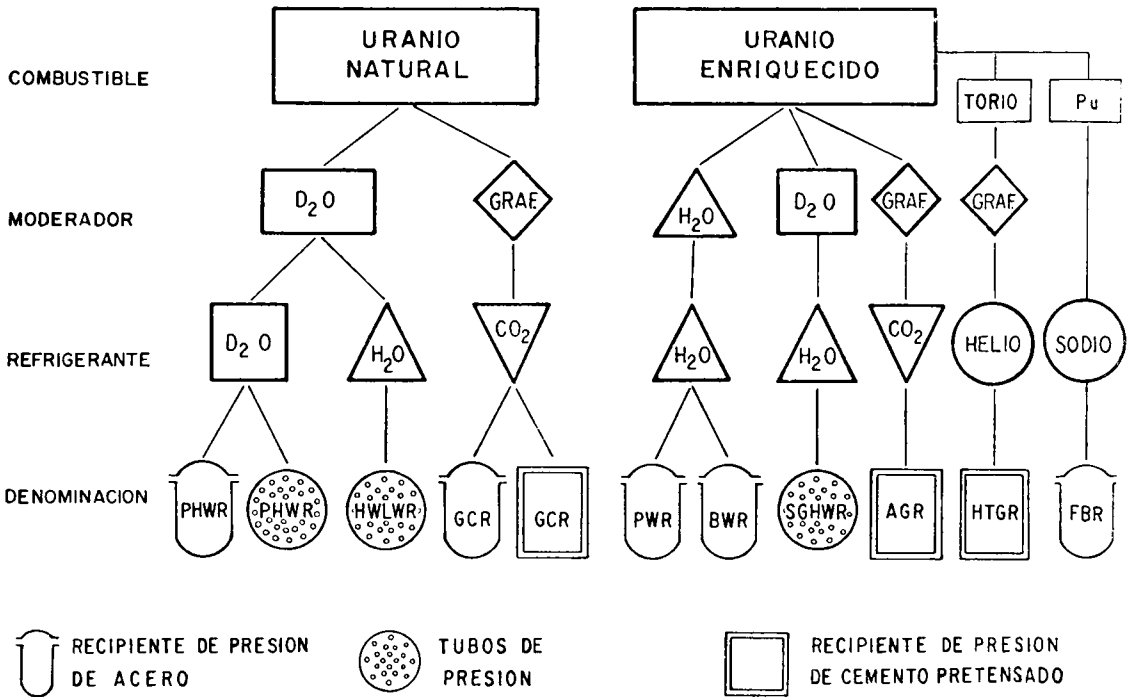


Gráfico 4

Existen centrales de más de 300 MW con otros tipos de reactores, tanto en operación como en construcción, que no han sido considerados por no estar en estado comercial.

El reactor uranio natural-agua pesada ha sido desarrollado principalmente por Canadá, país que se sigue manteniendo en dicha línea. India, después de haber instalado dos reactores a uranio enriquecido, ha volcado sus esfuerzos a la línea de uranio natural con el diseño canadiense en unidades de 200 MW; Pakistán en estos días inaugura un reactor de este tipo de 125 MW. Una variante del reactor uranio natural-agua pesada ha sido desarrollada en Alemania, país que instaló un prototipo, encontrándose en construcción una central de 319 MW en nuestro país.

Todos los demás países se han volcado a la línea de uranio enriquecido, ya desde sus comienzos o bien luego de haberse iniciado con uranio natural. En particular, Inglaterra, Francia, Japón e Italia se iniciaron con la línea de uranio natural-grafito-gas, la que ha dejado de ser comercial. En todos los demás, salvo algunos prototipos, se construyen actualmente centrales con reactor a uranio enriquecido-agua natural, en alguna o ambas variantes de agua a presión (PWR) desarrollado primero por la firma Westinghouse o a agua a ebullición (BWR) desarrollado primero por la firma General Electric. La adopción de la línea a uranio enriquecido se debe fundamentalmente a razones económicas.

MERCADO MUNDIAL DE URANIO NATURAL

Existen varios países en el mundo occidental que disponen de grandes recursos y producción de uranio natural, al que comercializan en condiciones relativamente libres (acuerdos de salvaguardias) y en competencia, bajo la forma de concentrado, siendo los principales Sudáfrica, Canadá y los EE.UU.

Al presente existe un cierto superavit de producción

y los precios resultan ser relativamente bajos, con leve tendencia de aumento. Para la década del 80 se espera un aumento sustancial (de 8 a 15 U\$S/Libra) por razones de incremento de la demanda. La forma usual de comercializar el uranio natural en el mercado mundial es mediante contratos de grandes volúmenes y largos plazos.

MERCADO MUNDIAL DE URANIO ENRIQUECIDO

Al presente cinco países poseen plantas de enriquecimiento, Estados Unidos, Unión Soviética, Gran Bretaña, Francia y China, aun cuando estos tres últimos

TIPOS DE REACTORES EN OPERACION O EN CONSTRUCCION

TIPO DE REACTOR	Nº	EN OPERACION EN CONSTRUCCION	POTENCIA EN MW			
			MECOS DE 100	101- 300	301- 600	MAS DE 600
<b>URANIO NATURAL</b>						
AGUA PESADA (HWLWR)	29	19 10	9 1	7 3	3 2	0 4
GAS (GCR)	29	29 0	8 0	7 0	12 0	2 0
<b>URANIO ENRIQUECIDO</b>						
AGUA HIRVIENTE (BWR)	81	36 45	18 0	4 0	9 6	7 39
AGUA A PRESION (PWR)	118	39 79	14 0	6 0	10 18	9 61
AVANZADO (AGR)	11	1 10	1 0	0 0	0 0	0 10
<b>URANIO (Y TORIO)</b>						
ALTA TEMPERATURA (HTR)	7	5 2	3 0	1 0	1 0	0 2
<b>URANIO Y/O PLUTONIO</b>						
REPRODUCTOR RAPIDO (FBR)	17	9 8	7 3	1 4	1 1	0 0
<b>TOTALES</b>	<b>292</b>	<b>138 154</b>	<b>58 4</b>	<b>26 7</b>	<b>36 27</b>	<b>18 116</b>

Gráfico 5

FUENTE: POWER REACTORS '72 - WORLD DIRECTORY

no intervienen en el mercado internacional. Gran Bretaña sólo alcanza a satisfacer sus propios requerimientos. Francia sólo produce para sus necesidades militares, mientras que la situación en China se desconoce.

La Unión Soviética abastece países bajo su órbita de influencia.

Todos los países productores de uranio enriquecido emplean la tecnología de la difusión gaseosa, la que requiere plantas de gran tamaño, de una inversión estimada en varios miles de millones de dólares, que demandan un enorme consumo de energía eléctrica y cuya tecnología es compleja y secreta.

Gran Bretaña, Holanda y la República Federal Alemana están desarrollando una tecnología diferente, basada en el empleo de ultracentrífugas. Esta tecnología permitirá la instalación de unidades de menor tamaño con la consiguiente disminución en la inversión requerida (diez veces menor) pero a un costo de producción algo mayor. El método se encuentra actualmente en pleno desarrollo habiéndose instalado y operado unidades de laboratorio durante más de 10 años y encontrándose en construcción tres plantas pilotos (una por país socio) y previéndose la construcción de una planta de demostración industrial, cuya operación se espera iniciar para el año 1976; las plantas industriales se instalarían, de ir todo bien, hacia fines de la década. La República Federal Alemana ensaya también el enriquecimiento con la tecnología de toberas, habiendo construido una etapa de una planta.

Sud Africa ha comunicado que tiene en construcción una planta piloto aplicando una tecnología propia pero desconocida.

Francia desea instalar una planta de difusión gaseosa comercial, pero como la capacidad mínima económica de tal planta excede sus necesidades, requiere contar con el mercado europeo u otro mercado de equivalente importancia (por ejemplo: Japón más Italia más Brasil).

EE.UU. con sus tres plantas a difusión gaseosa, es el proveedor del resto del mundo occidental; su capacidad es tal que podrá proveer combustible durante toda la vida útil de los reactores ya construidos y a los que se construyan hasta el año 1982; para esa fecha prevé construir otra planta en su propio país o fuera de él (Japón, Australia, Canadá) promoviendo a tal efecto la participación de capitales y firmas privadas.

EE.UU. en su condición de país proveedor de uranio enriquecido al exterior, se ha comprometido por acuerdos bilaterales con numerosos países, incluso el nuestro, a asegurar la provisión, si el caso fuera, de hasta 30 años, equivalentes a la vida útil de cada reactor involucrado. Acepta también que un país productor de uranio pueda enviar su uranio natural a sus plantas para ser enriquecido, aplicando una tarifa por el trabajo de enriquecimiento, a un precio determinado. Para la década siguiente se prevé un incremento del orden del 25 % respecto al vigente.

Por otra parte, el O.I.E.A. ofrece convenios asegurando la provisión del uranio enriquecido mediante acuerdos trilaterales.

### MERCADO DEL AGUA PESADA

Actualmente el país productor más importante que abastece al mercado exterior es EE.UU., con una capacidad de producción anual del orden de las 200 toneladas. Existen plantas de pequeña capacidad en la Unión Soviética, Francia y en la India, no interviniendo significativamente ninguno de ellos en el mercado mundial.

Canadá, acompañando su programa nuclear de reactores a uranio natural, inició ya hace varios años un programa de instalación de plantas productoras de agua -pesada. Su primera planta ha tenido demoras considerables en su puesta en marcha; la segunda, de 400 t de capacidad anual, ha entrado en operación a fines del año pasado. Tiene además en construcción

una tercer planta de 800 t, que entrará en operación en los próximos años, junto con la primera. Reacondicionada de esta manera, aún cuando el abastecimiento del mercado de agua pesada hoy pasa por momentos difíciles, se prevé que a partir del año 74-75 habrá un superavit de capacidad de producción.

La tecnología de la producción de agua pesada no es secreta, sino sometida a patentes industriales.

### TRATADOS INTERNACIONALES

Cualquiera que sea el tipo de reactor de potencia (natural o enriquecido) que un país desee instalar, el mismo quedará indefectiblemente sometido a las salvaguardias del Organismo Internacional de Energía Atómica, ya que ningún proveedor o gobierno involucrado se avendría a suministrarlo sin ese requisito.

Las salvaguardias significan en la práctica un control a los efectos de evitar que la instalación y el material fisionable suministrado o generado sea destinado a fines no pacíficos.

### LA ENERGIA NUCLEAR EN LA ARGENTINA

Luego de haberse diseñado y construido cuatro reactores de experimentación y de formarse una infraestructura científico-técnica importante en el campo de los reactores nucleares, Argentina decide en el año 1967 instalar una central nuclear del tipo uranio natural-agua pesada, con recipiente de presión y de una potencia eléctrica de 319 megawatts.

La decisión se tomó luego de haberse recibido y evaluado 17 ofertas de 10 firmas, incluyendo reactores de varios tipos y luego de haberse analizado la situación mundial y del país en aquel momento, considerándose los aspectos técnicos, económicos y financieros, así como los políticos.

Es de destacar que la decisión adoptada respecto a la primera central, se refería única y exclusivamente a ésta, sin haberse fijado una línea de reactores o una política a mediano o largo plazo.

En el año 1970 se fijan las políticas nacionales, que referentes al desarrollo nuclear del país determinan lo expuesto en el gráfico 6.

### POLITICAS NACIONALES

<b>Artículo 85</b>
a) Instalar centrales nucleares sobre la base de uranio nacional.
<b>Artículo 93</b>
b) Uranio: explotación hasta alcanzar el autoabastecimiento.
<b>Artículo 99</b>
Promover activamente la investigación avanzada en el campo de la tecnología nuclear.
<b>Artículo 124</b>
.....
El Estado deberá desarrollar un papel protagónico en las siguientes actividades:
— .....
— .....
— .....
— .....
Extracción e industrialización del uranio.

Gráfico 6

## CENTRAL DE 600 MW

En el año 1971, la Junta de Comandantes en Jefe decide la instalación de la segunda central nuclear del país, de 600 MW de potencia, en el Embalse Río Tercero, Provincia de Córdoba. ordenando a la Comisión Nacional de Energía Atómica llamar a concurso de ofertas sin preseleccionar tipos de reactores ni oferentes y encargándole asimismo todas las gestiones y la posterior construcción de la obra.

Por disposición del Excelentísimo Señor Presidente de la Nación se analizó conjuntamente entre el Ministerio de Obras y Servicios Públicos, la Secretaría de Planeamiento y Acción de Gobierno y la Comisión Nacional de Energía Atómica la evaluación de la política eléctrica y de su proyección futura. Esta decisión permite que el plan nuclear argentino se elabore como parte integrante del plan energético nacional, optimizando el aprovechamiento de los principales recursos energéticos de que el país dispone; fósiles, hídricos y nucleares.

Se llegó a demostrar en dicho análisis que la participación de la energía nuclear en la solución de los problemas energéticos nacionales será de envergadura, dado que aparece una importante demanda de base sin cubrir tanto en la presente década como en el lapso 81/85.

En cuanto a predicciones a más largo plazo, al año 2.000 por ejemplo se estima que la generación nuclear proveerá prácticamente la totalidad de los requerimientos de generación de base, lo que significa que aproximadamente el 60 % de la potencia total instalada será nuclear. Esta participación nuclear, debido a su colocación en base, será aun mayor en energía a generar, pudiéndose llegar posiblemente hasta el orden del 70 %.

La selección de un módulo adecuado para las sucesivas centrales, además de aportar beneficios económicos, facilita el incremento de la participación nacional. Se ha estimado conveniente adoptar el módulo de 600 MW para las primeras centrales a instalar. Tal módulo guarda relación tanto con el sistema eléctrico interconectado existente y futuro, como con la tecnología mundial en la materia, además de comprobarse que en ese módulo son francamente competitivas para las condiciones y en los lugares donde se las instala. La mayoría de las centrales a instalar en la próxima década probablemente serán de un módulo de 1.100 MW.

El país cuenta con recursos uraníferos en cantidad y calidad suficientes para abastecer sus requerimientos previstos. Actualmente tiene capacidad de producción para abastecer con concentrados la primer central nuclear durante los próximos años. A los efectos de asegurar el continuo abastecimiento de esta central, como así también las sucesivas, se requiere incrementar urgentemente la capacidad existente, dado que la situación es crítica.

Los recursos de uranio nacional y la capacidad de producción una vez incrementada, podrán abastecer en el futuro cualquiera de los tipos de reactor que se adopten, haciendo notar sin embargo que de construirse centrales a uranio enriquecido, la capacidad de producción tendrá que ser superior a la que correspondería a centrales a uranio natural.

Complementando el panorama general que estamos dando, incluimos a continuación en el Gráfico Nº 7 las principales características de dos centrales de 600 MW, una a uranio natural y otra a uranio enriquecido. No corresponden a ninguna propuesta en particular recibida para la central Córdoba y sólo se dan como valores indicativos. Hago notar que son fundamentalmente los valores de la primer hilera y los de la última, los que han hecho que los reactores a uranio enriquecido sean los más adoptados en el mundo.

Rubros	Uranio natural (U)	Uranio enriquecido (U*)
Costo unitario de producción (mills/kWh)	8,5	7,4
Costo unitario de combust. (mills/kWh)	1	1,5
Costo anual de combustible (10 <sup>6</sup> u\$s.)	4	6
Consumo anual de combust. (tU/año)	70	85
Costo unitario de instalación (u\$s./kW)	450	340
Costo de instalación (10 <sup>6</sup> u\$s.)	270	204

Gráfico 7

### IMPLICANCIAS DE LA ELECCION DE UNA LINEA

Tal como se había observado, la elección del tipo de reactor de la primera central nuclear argentina, no significó una decisión respecto a una línea a seguir. La situación actual difiere de la vigente en aquel momento. Tomada la decisión respecto al tipo de reactor a instalar en Córdoba, tal decisión afectará al desarrollo nuclear del país, por lo menos en un futuro inmediato. Resulta probable que los próximos tres o cuatro reactores que se instalen sean no sólo del mismo módulo sino también del mismo tipo, razón por la cual en la decisión de la central de Córdoba debe considerarse también como elemento de juicio, las implicancias a mediano plazo.

Se consideran a continuación algunos de los principales aspectos del tema uranio natural versus uranio enriquecido.

### CICLO DE COMBUSTIBLE

#### a) Exploración, explotación, concentración y purificación de uranio

Al requerir los reactores a uranio enriquecido mayor capacidad de producción que la línea a uranio natural, y al ser el último proceso más complejo por tener que producir exafluoruro de uranio, apto para ser enriquecido, las inversiones en la infraestructura del rubro también resultan ser proporcionalmente mayores. Estimando que se requiere invertir del orden de 100 U\$S por cada kilogramo de uranio de capacidad de producción anual (80 % en moneda argentina), para abastecer cuatro centrales de 600 MW a uranio enriquecido se necesitarían del orden de 75 millones de dólares equivalentes; la cifra correspondiente para uranio natural sería del orden de 50. En cualquiera de los dos casos, las inversiones mencionadas tendrían que realizarse en los próximos 5 años.

#### b) Enriquecimiento de uranio

Al comentarse la situación mundial del mercado de uranio enriquecido, se hizo referencia a dos de las

tecnologías actualmente empleadas: difusión gaseosa y ultracentrifugas.

Siendo la inversión para una planta de difusión gaseosa del orden de los miles de millones de dólares, aun cuando la tecnología no fuese compleja y secreta, la posibilidad de instalar tal planta en el país en un futuro próximo o mediato se puede descartar. Por otra parte, tampoco las reservas uraníferas son tan grandes para justificar la instalación de tan enormes plantas (caso de Australia o Canadá).

Subsiste la otra posibilidad, la aplicación de la tecnología de ultracentrifugas.

La provisión de uranio enriquecido para el programa argentino hasta el año 1985 requeriría la instalación de una planta con una capacidad inicial del orden de 400 toneladas de unidades de trabajo de separación, con ampliaciones del 50 % adicional cada tres años (una unidad de trabajo equivale aproximadamente a medio kilo de uranio enriquecido en el grado que requieren los reactores de potencia). Tal planta podría ser puesta en operación después del año 80 y no antes, con lo cual sólo podría servir para abastecer los requerimientos posteriores a dicha fecha.

La capacidad mínima económica de tales plantas es 1.000 toneladas anuales. La inversión requerida para una de 400 toneladas sería del orden de los 75 millones de dólares iniciales. Requeriría disponer de 25 MW eléctricos y el costo del enriquecimiento del uranio sería superior posiblemente hasta en un 30 % del precio actualmente vigente en los Estados Unidos.

#### c) Fabricación de zircaloy

La fabricación de los elementos combustibles de un reactor, tanto a uranio natural como enriquecido, requiere tubos y componentes estructurales de zircaloy (aleación de zirconio sin hafnio), que actualmente se producen en algunos países muy adelantados. La tecnología de fabricación, aun cuando no es secreta, en particular en ciertas etapas, es compleja y delicada e involucra un "know-how" especial.

Si bien se conoce la existencia de algunos recursos de zirconio en el país, estos parecen ser económicamente aprovechables.

Partiendo de la materia prima importada (zirconio) sería en principio factible encarar en el país la fabricación, aunque sólo aparece económicamente conveniente tratándose de volúmenes importantes, más allá de los requerimientos inmediatos de tres o cuatro centrales.

Importando productos semi-terminados, tachos, tubos de paredes gruesas se podría encarar, con una inversión de 5 millones de dólares, la fabricación de tubos y componentes estructurales terminados. Esta es la manera como resuelven actualmente varios países la fabricación de productos de zircaloy. Encarar la primera etapa del proceso requiere mayores inversiones.

#### d) Fabricación de elementos combustibles

Resulta técnicamente posible instalar una fábrica de elementos combustibles en el país, incluso si fuese para abastecer a reactores de distinto tipo, a un costo inicial máximo de 10 millones de dólares. Se está en posesión de los conocimientos técnicos para realizar el proyecto. El costo de fabricación de los elementos combustibles resultaría del mismo orden que el vigente en el mercado internacional, cuando abastezca a tres o más centrales.

Una vez adoptada la decisión respecto al tipo de reactor para la central de Córdoba, se considera conveniente iniciar la instalación de tal fábrica, empezando con el ensamblado final de los elementos para llegar luego al proceso completo, y previendo la posibilidad de su ampliación futura.

#### e) Reprocesamiento

Se requiere reprocessar, por razones económicas, los elementos irradiados en un reactor a uranio enrique-

cido, a los efectos de recuperar el uranio fisionable remanente y el plutonio producido. En el caso de reactores a uranio natural, en cambio, no es económicamente necesario reprocessar el combustible porque el valor del uranio remanente es menor, siendo conveniente el reprocessamiento sólo cuando el valor del plutonio producido y recuperado justifica económicamente tal operación.

Las plantas de reprocessamiento tienen un tamaño económicamente mínimo que corresponde a una capacidad del orden de 300 a 500 toneladas de uranio procesado por año, si bien existe otro criterio (India) de construir por razones de transporte y seguridad, plantas más pequeñas pero en las cercanías del grupo de reactores que la abastecen.

Considerando la posible instalación futura de centrales nucleares en el país, se estima que si la línea fuese a uranio enriquecido recién en el última década de este siglo sería económica la instalación y operación de tal planta; si la decisión fuese a uranio natural, la fecha mencionada podría adelantarse en unos cinco años, sobre todo considerando que la planta posibilitaría contar con el plutonio necesario como combustible de los reactores reproductores rápidos que para esa época serán una realidad comercial.

Dado que la Comisión Nacional de Energía Atómica construyó y puso en operación en 1968 la primera planta piloto-laboratorio de reprocessamiento y que en la actualidad está en construcción una segunda planta piloto que para el año 1976 permitirá obtener una decenas de kilos de plutonio por año, se espera que más adelante se cuente con un grupo de profesionales y técnicos capaces de encarar el diseño de una planta industrial. Una estimación global de su costo sería del orden de los 50 millones de dólares.

Mientras el país no cuente con una planta industrial de reprocessamiento y si se instalasen reactores a uranio enriquecido, el combustible irradiado se debería enviar al extranjero para su reprocessamiento, habiendo posibilidad de elegir entre E.U.U. y varios países europeos.

Se debe hacer notar también que la Comisión Nacional de Energía Atómica ha iniciado con éxito un programa de desarrollo para la fabricación de elementos combustibles a plutonio, con vistas a su reciclado en nuestros reactores de potencia.

Esta circunstancia implica el propósito de preparar al país para que, conociendo la tecnología apropiada, pueda disponer en la forma más conveniente del uso del plutonio generado en sus reactores.

#### f) Fabricación de agua pesada

Como se dijo al principio, la tecnología de producción de agua pesada no es secreta y se encuentra al alcance del país.

Siendo los requerimientos de agua pesada de las centrales a uranio natural del orden de una tonelada por cada MW eléctrico instalado, una planta con una capacidad anual del orden de 400 t podría abastecer los sucesivos reactores además de las pérdidas irre recuperables que se producen, del orden de pocas toneladas al año por reactor.

La inversión requerida para instalar una planta de agua pesada con una capacidad anual de 400 toneladas es del orden de 70 millones de dólares (70 % en moneda nacional) y el costo de fabricación en el país se espera no diferiría sensiblemente del precio internacional.

### PARTICIPACION NACIONAL

Asegurar la máxima participación nacional en todo el programa nuclear argentino es un aspecto que merece particular atención.

En el caso de la construcción de la primera central nuclear se ha podido obtener una participación nacional del orden del 40 % de la inversión total de la central.

Se prevé que la participación nacional podrá incrementarse en la instalación de la próxima central y aumentarse progresivamente con las sucesivas, prestando especial atención a la ingeniería de proyecto y a la industria nacional de componentes electromecánicos de la central. Se estima que, si se continúa con la misma tónica, se podrá lograr progresivamente ya en los primeros tres o cuatro reactores, un nivel de participación que llegue al 70 %, independientemente del tipo de reactor adoptado (natural o enriquecido). Para incrementar la participación nacional hasta el 80 %, se requiere realizar componentes principales del reactor, prestandose a tal fin la tecnología del reactor a uranio natural más que la del enriquecido.

Se considera que se debe incrementar la participación nacional, a pesar de reconocer que esto involucra mayores dificultades para obtener financiación de fuentes externas.

No sólo se requiere promover la participación nacional en la instalación de las centrales, sino también en su operación. Esto último significa llegar a alcanzar el manejo en el ciclo de combustible, en cada una de sus etapas.

La primera etapa es la exploración y explotación de yacimientos y la concentración y purificación del uranio. Es posible realizar esta etapa enteramente en el país, cualquiera sea el tipo de reactor.

La fabricación nacional de uranio enriquecido, de requerirse dicho material, sería posible empleando el método de ultracentrifugas, pasando antes por la planta de conversión a exafluoruro de uranio, y sólo podría iniciarse a partir de 1980, sin poder asegurar por ahora con certeza el logro de tal propósito.

Se ha tratado ya la posibilidad de obtención del zircaloy. En cuanto a realizar la fabricación de elementos combustibles, también como se ha visto anteriormente, es factible y conveniente para cualquiera de los tipos de reactor, en forma inmediata.

Finalmente en cuanto al reprocesamiento, resulta posible y conveniente instalar tales plantas en el país hacia mediados o fines de la próxima década; en el interín el combustible de los reactores a uranio enriquecido se debería reprocesar en el exterior, mientras que el de los de uranio natural no se reprocesaría. Es de notar que para el ciclo a uranio natural, el reprocesamiento del combustible no es un componente económicamente necesario del ciclo.

Se observa que la participación nacional en el ciclo del combustible puede ser prácticamente total para el uranio natural, excluyéndose el zircaloy, mientras que para el uranio enriquecido subsisten, además del zircaloy, tres etapas: la fluoración, el enriquecimiento y el reprocesamiento, en las cuales la participación nacional no puede asegurarse o no resulta conveniente realizarla en forma inmediata.

Todo lo dicho referente a participación nacional

queda supeditado a dos posibilidades. Para que estas posibilidades se transformen en realidad, se requiere: primero: tener acceso a las tecnologías correspondientes y segundo: implementar tanto la industria nacional como la ingeniería para transferir dicha tecnología.

Todos los proveedores brindan la posibilidad, como fue requerida en las especificaciones correspondientes de la central nuclear Córdoba, de cierto acceso a las tecnologías de sus productos ofrecidos. Pero ese acceso a las tecnologías y en particular al "know-how", al ser de valor comercial indudable, siempre presenta dificultades en mayor o menor grado.

Para el segundo punto enunciado, para implementar la participación nacional efectiva en la instalación de las centrales nucleares y en su ciclo de combustible, desarrollando el potencial científico-tecnológico-industrial del país en el campo nuclear, no es suficiente tener acceso a la información del exterior. El grado de aprovechamiento de esta información depende enteramente del esfuerzo que el país decida realizar. Tal esfuerzo significa por una parte la disponibilidad de fondos tanto en el Estado (para aumentar y mejorar los planteles de personal científico técnico) como en la industria estatal y privada (para tener capacidad de realización) y por otra parte, la adecuación de métodos y modalidades administrativo-contables en el sector estatal. Sin cumplimentarse estos requisitos, la sola disponibilidad de un acceso a la información tecnológica del exterior no facilitaría el incremento de la participación nacional.

Como se ha visto, las centrales a uranio natural y las a uranio enriquecido presentan diferentes facetas, ofreciendo ventajas o desventajas comparativas desde diferentes puntos de vista.

Las ventajas principales de la solución a uranio natural se deben a su ciclo de combustible, el cual facilita la seguridad de suministro por la mayor posibilidad de implementación local.

La solución a uranio enriquecido, por otra parte, ofrece ventajas en el campo económico, pudiendo definirse de esta manera el precio de la mayor independencia y seguridad de suministro.

Existen también otras diferencias entre las dos soluciones posibles en cuanto a sus implicancias respecto a la capacitación del país, participación nacional, confiabilidad de operación, experiencia y antecedentes, posibilidades de desarrollo futuro, etc. Todos estos factores tienen su importancia relativa y complementan lo que se dijera.

Es deber señalar que cualquiera que fuese la decisión del Poder Ejecutivo Nacional respecto al tipo de combustible, tal decisión implica mucho más que la adjudicación de la central nuclear de Córdoba: implica adoptar un camino para el desarrollo nuclear argentino.