

CANADA



CANADA, EL REACTOR CANDU Y EL FUTURO

por J. L. Gray

Presidente de Atomic Energy of Canada Limited

Es un honor para mí que se me haya pedido colaborar en el número del Boletín del OIEA que conmemora el 30 aniversario de la primera reacción nuclear en cadena automantenida producida por el hombre.

Celebro también tener la oportunidad de congratular y alabar al OIEA por lo mucho y bien que ha trabajado para promover y fomentar la utilización de la energía atómica con fines pacíficos en todo el mundo. Gran parte de los progresos realizados en materia nuclear se deben a la colaboración entre las naciones y, en esta esfera, el OIEA ocupa el primer lugar y nos da a todos un magnífico ejemplo.

Todos tenemos programas nucleares que son nacionales por su naturaleza y su denominación. Canadá, por ejemplo, ha seguido un camino independiente en materia de electricidad nuclear y ha producido la serie de reactores CANDU. Sin embargo, aunque hemos procedido por nuestra cuenta, nos hemos beneficiado notablemente de los acuerdos de cooperación con otros países y de la información que ha llegado a nosotros a través de las publicaciones al alcance de todos. Estoy seguro de que otros, a su vez, se han beneficiado de los trabajos de investigación y desarrollo realizados en Canadá.

Desde el principio, Canadá ha concentrado sus esfuerzos en el proyecto y realización de reactores que utilizan agua pesada como sustancia moderadora. Inicialmente la elección se debió a las circunstancias, pero después fue deliberada, siendo en gran parte el resultado de la experiencia adquirida y del éxito conseguido en la explotación de grandes reactores de investigación moderados con agua pesada. De esta experiencia nació el sistema básico de electricidad nuclear CANDU - moderador de agua pesada y combustible de uranio natural en un reactor de tubos a presión. A estos factores podría añadirse un cuarto, el reaprovisionamiento de combustible con el reactor en marcha.

El primer reactor de potencia canadiense, llamado de demostración de la electricidad nuclear, con una capacidad neta de 22 MW(e), entró en servicio en 1962. Ahora, diez años después, la capacidad nuclear instalada en Canadá es de 2000 MW, o sea, unas cien veces la de dicho reactor.

De los muchos hitos que marcan nuestro progreso hasta el presente, diría que el que más destaca es el que podría llevar el rótulo de "Pickering, 1971-72". En efecto, ha sido el excelente rendimiento de las tres unidades de 500 megavatios de la central nuclear de Pickering, desde su entrada en servicio sucesivamente en 1971-72, el que ha establecido firmemente la energía nuclear industrial en Canadá y la viabilidad del sistema CANDU.

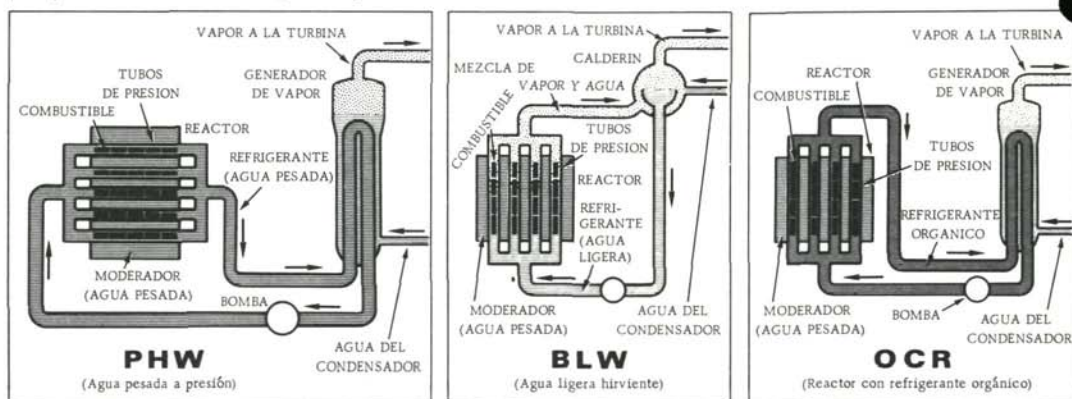
La cuarta unidad de Pickering se espera que esté terminada y entre en servicio en 1973. Después, a intervalos anuales entre 1976 y 1979, comenzarán a producir electricidad los cuatro reactores de 750 megavatios de la central nuclear Bruce, ahora en construcción. Así, al sistema hidroeléctrico de Ontario se sumarán 3500 megavatios de capacidad nuclear y, tras la instalación de una central de 600 megavatios en el sistema hidroeléctrico de Quebec, que entrará en servicio en 1979, la capacidad total de Canadá alcanzará los 6100 megavatios en 1980.

Según una previsión, la capacidad nuclear de Canadá dentro de 20 años, en 1992, se aproximará a los 44 000 megavatios. Esto supone un incremento de 22 veces la producción actual e implica la instalación de dos unidades o más al año, de 750 megavatios e incluso mayores, durante la segunda mitad del período.

La planta de agua pesada de Bruce, con una capacidad teórica de 800 t anuales. La producción se iniciará en breve.

Prevedemos que los actuales tipos de reactor se mantengan hasta el decenio de 1980. El sistema CANDU-PHW, en el que un reactor CANDU es refrigerado con agua pesada a presión, ha demostrado su valía en Pickering y no es probable que nuestras compañías eléctricas opten por cambios radicales de modelo a no ser que se demuestre claramente su utilidad. Nuestro principal empeño será perfeccionar los modelos conocidos con objeto de reducir costos y mejorar la seguridad y el rendimiento. A medida que adquirimos más experiencia en la explotación de centrales nucleares, encontramos también más sectores en los que se pueden hacer mejoras.

Aunque es posible que los tipos básicos no cambien apreciablemente, se espera que aumente la capacidad de las unidades hasta los 1200 megavatios, y posiblemente, más. También es posible que vayamos en la dirección opuesta. Se dice comúnmente que las plantas de energía nuclear no son competitivas si su potencia es menor de 500 o 600 megavatios. Sin embargo, la potencia mínima disminuye a medida que aumentan los precios de los combustibles fósiles, y es muy posible que se opte por centrales nucleares de no más de 200 megavatios para suministrar electricidad a zonas de baja demanda, en Canadá y en otros países. Esta es una perspectiva interesante que no perdemos de vista.



Una característica notable del sistema CANDU es su flexibilidad y lo bien que se presta a sucesivos perfeccionamientos graduales. Por ello, aunque esperamos que los reactores de agua pesada a presión seguirán siendo durante muchos años la principal familia de reactores de uso industrial en el Canadá, tenemos en marcha dos programas importantes encaminados al desarrollo de refrigerantes sustitutivos del agua pesada a presión.

Uno es el agua ligera en ebullición, que se está probando en una central prototipo (CANDU-BLW), en servicio desde 1970. Si esta central, la de Gentilly, sigue dando tan buenos resultados como hasta ahora, me parece muy posible que los reactores BLW rompan el monopolio de los PHW en los próximos 10 o 15 años. La principal ventaja del agua ligera en ebullición es que promete menores gastos de primer establecimiento y gastos de combustible duraderamente bajos.

El otro refrigerante que estamos estudiando atentamente es una sustancia orgánica de tipo oleoso. Muchos de los problemas pronosticados en relación con esta sustancia se han resuelto gracias a la experiencia de explotación adquirida con el reactor de investigación de refrigerante orgánico, WR-1, y estamos haciendo un estudio técnico detallado de una central de 500 megavatios para tener una idea exacta de las ventajas de un CANDU-OCR. Las características comprobadas del reactor orgánico son su alta temperatura, que permite un mayor rendimiento térmico, su baja presión en el circuito del refrigerante y la ausencia de actividad en el sistema de transmisión del calor, que facilita el acceso a muchas partes del reactor para trabajos de mantenimiento y reparación durante el funcionamiento.

Cualquiera que sea el refrigerante, el reactor CANDU moderado con agua pesada se distingue por su elevada eficiencia nuclear - su buena economía neutrónica - que se traduce

en su capacidad de quemar combustible de uranio natural, en gastos de combustible notablemente más bajos que los de otros sistemas, y en un ciclo sencillo del combustible, pues el material quemado se desecha. El tratamiento periódico del combustible agotado es innecesario, por lo que no existen los gastos ni las complicaciones de la reelaboración y la consiguiente manipulación de los desechos.

Los futuros reactores CANDU es muy posible que utilicen combustibles distintos del uranio natural, o en combinación con el uranio natural, si la economía lo aconseja. También en este aspecto el sistema tiene gran flexibilidad, ya que puede adaptarse fácilmente a diversos regímenes de aprovisionamiento.

El plutonio, que el CANDU produce en relativa abundancia, es un posible combustible futuro, especialmente indicado para los reactores CANDU-BLW. Sabiendo que tendremos unas reservas considerables de plutonio para 1980 aproximadamente, hemos emprendido un programa como resultado del cual ya hemos producido algunos haces de elementos combustibles de óxido de uranio-plutonio para probarlos durante dos o tres años en el reactor NPD.

Un reactor de refrigerante orgánico, alimentado con uranio natural, requiere un combustible de mayor densidad que el UO_2 . El carburo de uranio es el material más indicado y el reactor WR-1 recibirá el año que viene una carga de combustible de esa composición, a fin de adquirir la experiencia y los datos necesarios para establecer un proceso económico de fabricación de combustible. El uranio en forma metálica también tiene sus ventajas, y continuarán los experimentos con este material en circuitos especiales del WR-1. A más largo plazo, prevemos la introducción del torio en el ciclo del combustible del reactor CANDU, incrementándose así indefinidamente el combustible nuclear disponible.

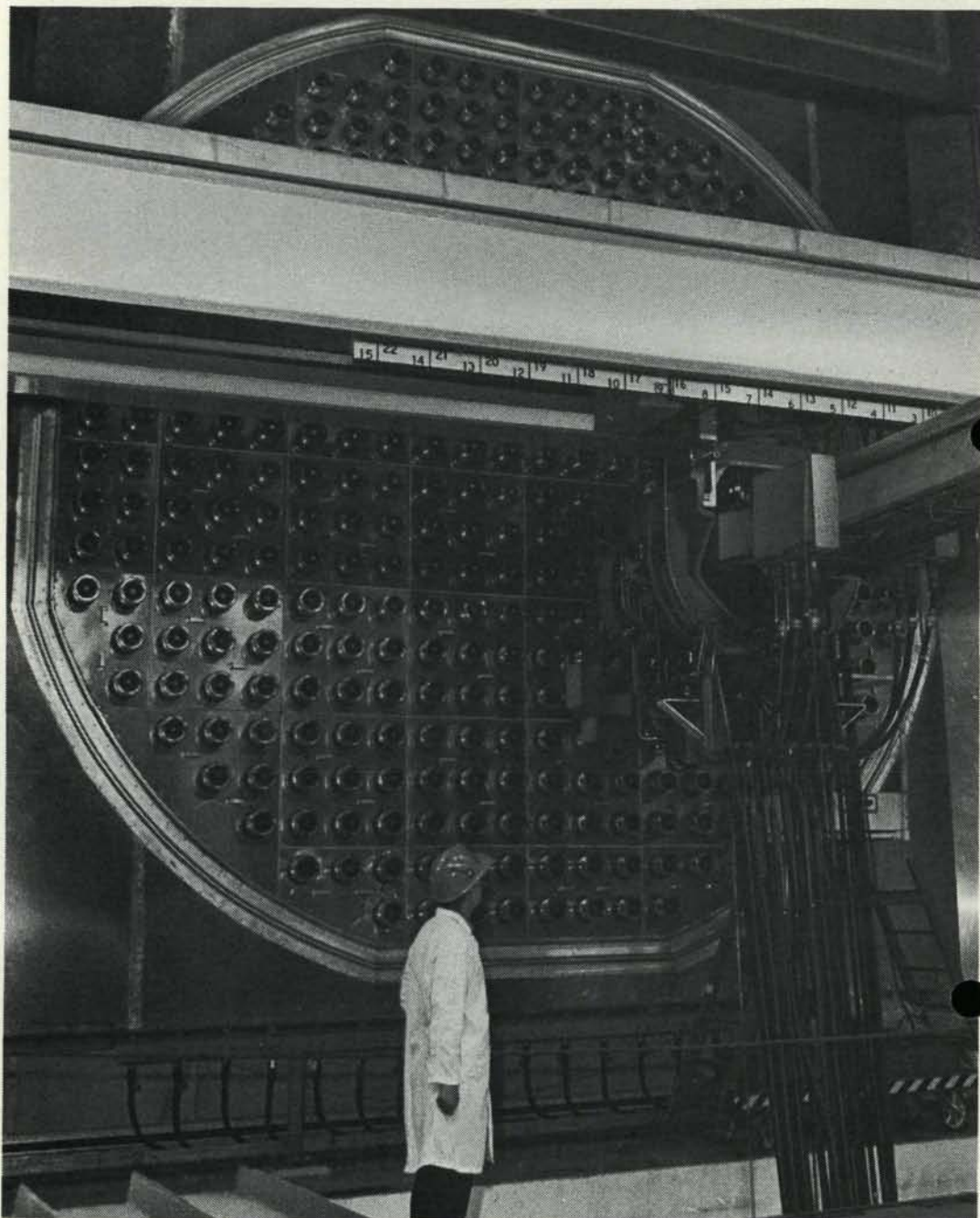
El reproductor rápido es un tema al que no hemos dedicado ningún trabajo. Ante todo, porque no podíamos permitirnoslo.

Creemos que la familia canadiense de reactores de agua pesada llegará a ser un sistema muy parecido a los reactores rápidos por su economía de recursos (en particular durante los próximos decenios, en los que aumentará la producción eléctrica), con iguales o inferiores costos de la electricidad producida y técnicamente mucho más sencillo. Más aún, esperamos que los reactores CANDU sean complementarios de los reactores rápidos en lugar de hacerles competencia. El plutonio generado por los reactores térmicos será necesario para satisfacer las necesidades de un sistema de reproductores en expansión y, a más largo plazo, el reactor CANDU alimentado con torio será un sistema que convivirá armoniosamente con el reproductor a base de uranio.

Desde hace más de veinte años, Canadá ocupa un lugar destacado en la producción de radioisótopos y el desarrollo de sus aplicaciones. Fue en Canadá, en 1951, donde se trató por primera vez a un enfermo de cáncer con una fuente teleterápica de cobalto-60 y después hemos visto como esta forma de tratamiento se generalizaba en todo el mundo.

Las radiaciones gamma del cobalto-60 se utilizan desde hace más de siete años para esterilizar grandes cantidades de material médico no reutilizable. Los positivos resultados y bajos costos obtenidos prometen una aplicación más amplia en este campo, sobre todo en vista de que los hospitales tienden cada vez más a emplear artículos médicos estériles para usos específicos. Hay ya cobalto-60 en cantidades suficientemente grandes para satisfacer la demanda con estos fines y su producción en reactores de potencia garantiza un suministro prácticamente ilimitado.

Los radionúclidos en combinación con la conversión termoeléctrica se utilizan ahora para construir generadores radioisotópicos de electricidad. Las características geográficas de Canadá - miles de millas de costas accidentadas, largas distancias en regiones escasamente pobladas y pasos navegables en el Artico - han estimulado el desarrollo de fuentes de energía eléctrica seguras y de larga vida útil, alimentadas por radiocobalto, para accionamiento de balizas, servicios auxiliares de centrales meteorológicas y determinados enlaces en redes de



Vista frontal del reactor de Pickering e instalación de carga del combustible.

comunicación por microonda a larga distancia. Están en servicio unidades experimentales y, por sus resultados, es de prever la generalización de esta útil y polivalente fuente de electricidad.

El análisis por activación utilizando fuentes neutrónicas de flujo elevado ha permitido ya obtener regularmente sensibilidades de 0,04 a 50 000 ppm. Se extenderá el control esporádico

o continuo de procesos por medio de este valioso y exacto instrumento. Canadá ha construido un reactor pequeño, autocontrolado, con dispositivos protectores automáticos, que se presta admirablemente para estas aplicaciones.

La estimulación del crecimiento de las plantas para conseguir más temprana madurez y mayor rendimiento es ya algo cuya posibilidad se ha demostrado. Esto tendrá especial aplicación en regiones donde la temporada de crecimiento es corta, pero conseguirá también aceptación comercial en otros lugares. Las pruebas hechas sobre el terreno con maíz dulce, lechugas, tomates, pepinos y otros productos han dado resultados prometedores. El irradiador de cobalto pequeño y económico podría convertirse en algo corriente en la explotación agrícola.

El tratamiento de alimentos para aumentar su período de conservación ha ido progresando lentamente, aunque los resultados científicos y técnicos son alentadores. Puede impedirse fácilmente la germinación de patatas y cebollas, acrecentando grandemente las posibilidades de almacenamiento. La duración en buen estado de los frutos frescos puede prolongarse, permitiendo más largos períodos de transporte y de elaboración. La irradiación de carnes es realmente interesante cuando el almacenamiento es un factor importante. La significación económica de todos estos "beneficios" varía según las circunstancias, y la aprobación por las autoridades competentes de los alimentos irradiados para el consumo humano es lenta. Sin embargo, no puedo por menos de predecir que dentro de un decenio habrá en el mercado alimentos y cereales irradiados, y que bien pudiera suceder que dentro de este siglo cobren gran importancia tales artículos, lo que sería sumamente beneficioso para un mundo hambriento.

Otra aplicación prometedora de las radiaciones es la consistente en provocar reacciones químicas. La producción y el empleo de combinaciones de madera y polímeros presentan gran interés en Canadá, por su importante industria de productos forestales. La mejora de las propiedades textiles mediante el injerto por irradiación de determinadas moléculas en las fibras permite mejorar selectivamente propiedades tales como la absorción de la humedad, la repelencia a la suciedad, la resistencia al desgaste, la teñibilidad y la estabilidad frente a la luz ultravioleta. Las radiaciones gamma, que no requieren catalizadores químicos y actúan a temperaturas y presiones normales, se utilizarán para fabricar materiales selectos dentro del decenio en curso.

El programa de energía atómica de Canadá comenzó casi en la misma época en que Fermi y sus colaboradores iniciaron la reacción en cadena bajo el estadio de Stagg Field. En ese invierno de 1942-43, vinieron a Canadá científicos del Reino Unido para establecer, con el apoyo del país, un laboratorio nuclear anglocanadiense. El equipo procedente del Reino Unido comprendía eminentes científicos de muchos países, dando así al programa canadiense en su comienzo un carácter verdaderamente internacional.

En 1945 fue concluido el reactor ZEEP, el primero que entró en funcionamiento fuera de los Estados Unidos. Más tarde, en 1947, se puso en servicio el poderoso NRX, de múltiples aplicaciones. Desde entonces, el programa canadiense se ha ampliado sin cesar con la ayuda generosa y constante del Gobierno.

En materia de electricidad nuclear, se ha seguido desde el principio la política de interesar en la mayor medida posible a las compañías eléctricas y a la industria. Como consecuencia de esto, tenemos ahora una compañía eléctrica, la mayor de Canadá, que ha optado decididamente por la electricidad nuclear y posee una gran competencia en la materia; otra compañía, la segunda en magnitud, orientada en la misma dirección, y una sólida y amplia base industrial capaz de responder a los rigurosos requisitos de un programa nuclear.

Volviendo la vista hacia el pasado, vemos que hemos recorrido un largo camino en treinta años. Si dirigimos nuestra mirada hacia el futuro, advertimos que aún nos queda un largo camino por recorrer.