

AGUA DULCE DE LOS MARES

AVANZAN LOS PROYECTOS DE DESALACIÓN NUCLEAR

POR T. KONISHI Y B.M.MISRA

La demanda de agua dulce está en constante aumento. En sus proyecciones más recientes, el Foro Mundial de Recursos Hídricos, celebrado en 2000, prestó especial atención a la creciente necesidad de agua dulce para abastecer las ciudades en crecimiento del mundo hasta el año 2025.

Los recursos renovables de agua dulce ascienden a unos 40 000 kilómetros cúbicos. De esa cantidad, sólo se extrae el 10% y se consume el 5%. El problema consiste en que la distribución de los recursos por zona geográfica y estación no es uniforme.

Cada vez se hace más evidente que deben utilizarse todas las tecnologías disponibles y apropiadas, incluidas las nucleares y conexas, en pro del desarrollo sostenible y la ordenación de los recursos de agua dulce. Un enfoque específico es la desalación del agua de mar, por lo que los países están aumentando su capacidad para explotar los océanos. (Véase el gráfico de la página 6.) En las plantas de desalación suele utilizarse vapor o electricidad como energía. Los combustibles fósiles convencionales se han empleado normalmente como

fuentes de energía primaria. Sin embargo, su uso intensivo motiva preocupaciones respecto del medio ambiente.

Las perspectivas de utilizar energía nuclear en la desalación del agua de mar en gran escala son atractivas, ya que se trata de un proceso de alto consumo energético. Como tal, el calor proveniente de un reactor nuclear y/o la electricidad generada por esas centrales pueden utilizarse en las instalaciones de desalación. La eficaz explotación de una central nuclear refrigerada por sodio (BN-350) en Aktau, Kazajistán ha demostrado la viabilidad técnica, el cumplimiento de los requisitos de seguridad y la fiabilidad de esos reactores nucleares de cogeneración. Asimismo, a menor escala, el Japón cuenta con unas diez instalaciones de desalación conectadas a reactores de agua a presión (PWR) que han funcionado satisfactoriamente. La implantación comercial en gran escala de la desalación nuclear dependerá principalmente de su competitividad económica frente a otras opciones de suministro energético, así como de la demanda del mercado en países

donde las necesidades de agua y energía son más agudas.

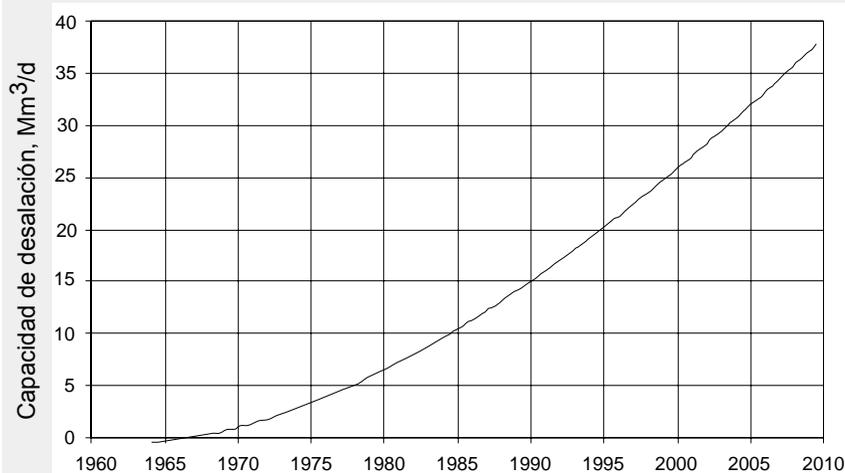
Mediante sus programas, el OIEA ha reunido a expertos de diferentes países para estudiar los aspectos técnicos, económicos y de otra índole de la desalación nuclear.* Entre las actividades figuraron la preparación y publicación de un documento técnico titulado *Options Identification Programme for Demonstration of Nuclear Desalination* (TECDOC-898), y las actas del Simposio internacional sobre desalación nuclear de agua de mar, celebrado en 1997 (Colección de Actas STI/PUB/1025). Las conclusiones impulsaron las actividades en muchos Estados Miembros del OIEA interesados en evaluar, planificar o iniciar proyectos de desalación nuclear.

Todos los reactores nucleares son capaces de proporcionar la energía que requieren los procesos de desalación, y podrían utilizarse para ese fin según el cronograma de aplicación. Se ha adquirido cierta experiencia al respecto en centrales nucleares que se utilizan para los sistemas de calefacción urbana, tema que el OIEA ha examinado en un documento técnico (TECDOC-1056). Las preocupaciones respecto de la seguridad, la reglamentación y el medio ambiente en la esfera de la

* Se entiende por desalación nuclear la producción de agua potable a partir de agua de mar en una instalación en que un reactor nuclear se utiliza como fuente de energía (eléctrica y/o térmica) para el proceso de desalación. La instalación puede estar dedicada exclusivamente a la producción de agua potable, o puede utilizarse para generar electricidad y producir agua potable, en cuyo caso sólo se utiliza una parte del insumo total de energía del reactor para producir agua. En cualquier caso, el concepto de desalación nuclear se interpreta en el sentido de una instalación integrada en que tanto el reactor como el sistema de desalación se encuentran en un emplazamiento común y la energía necesaria para el sistema de desalación se produce en el lugar. El concepto también entraña, al menos en cierto grado, instalaciones, personal y estructuras comunes o compartidos.

El Sr. Konishi es funcionario de la Sección de Desarrollo de la Tecnología Nuclear de la División de Energía Nucleoeléctrica, del OIEA. El Sr. Misra es jefe de la División de Desalación del Centro de Investigaciones Atómicas de Bhabha, India.

CRECIMIENTO PROYECTADO DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA DE DESALACIÓN



Fuente: Wangnick, 2000, estimaciones basadas en la Reunión de consulta del OIEA
 Nota: Los datos incluyen la capacidad de explotación y estipulada.

desalación nuclear son las relacionadas directamente con las centrales nucleares, prestando debida atención al proceso de acoplar la central con la instalación de desalación. Las actuales normas y guías de seguridad internacionales parecen ser apropiadas para abarcar esas plantas de desalación.

El proyecto coordinado de investigación del OIEA sobre "Optimización del acoplamiento de reactores nucleares con sistemas de desalación" comenzó en 1998, con la participación de institutos de investigación de nueve países. La labor comprende un examen de los diseños de reactores adecuados para acoplarse con los sistemas de desalación, la optimización de este acoplamiento, mejoras de funcionamiento y tecnologías avanzadas de sistemas de desalación para la desalación nuclear.

El conjunto de programas informáticos del OIEA denominado "Programa de evaluación económica de la desalación", o DEEP, ha beneficiado a muchos países. Sus resultados incluyen el costo medio del agua y de la energía,

un desglose de los componentes del costo, el consumo de energía y la energía vendible neta para cada opción seleccionada. Se pueden hacer modelos para centrales específicas mediante el ajuste de los datos de entrada, incluida la potencia de diseño, los parámetros del ciclo energético y los costos.

El DEEP cumple tres objetivos: Permite calcular el costo medio de la electricidad y del agua desalada como una función de la cantidad, los parámetros específicos para el emplazamiento, la fuente de energía y la tecnología de desalación. En segundo lugar, permite comparar simultáneamente numerosas opciones de diseño de forma coherente con suposiciones comunes. En tercer lugar, permite identificar rápidamente las opciones de más bajo costo para el suministro de cantidades especificadas de agua desalada y/o potencia en un lugar dado.

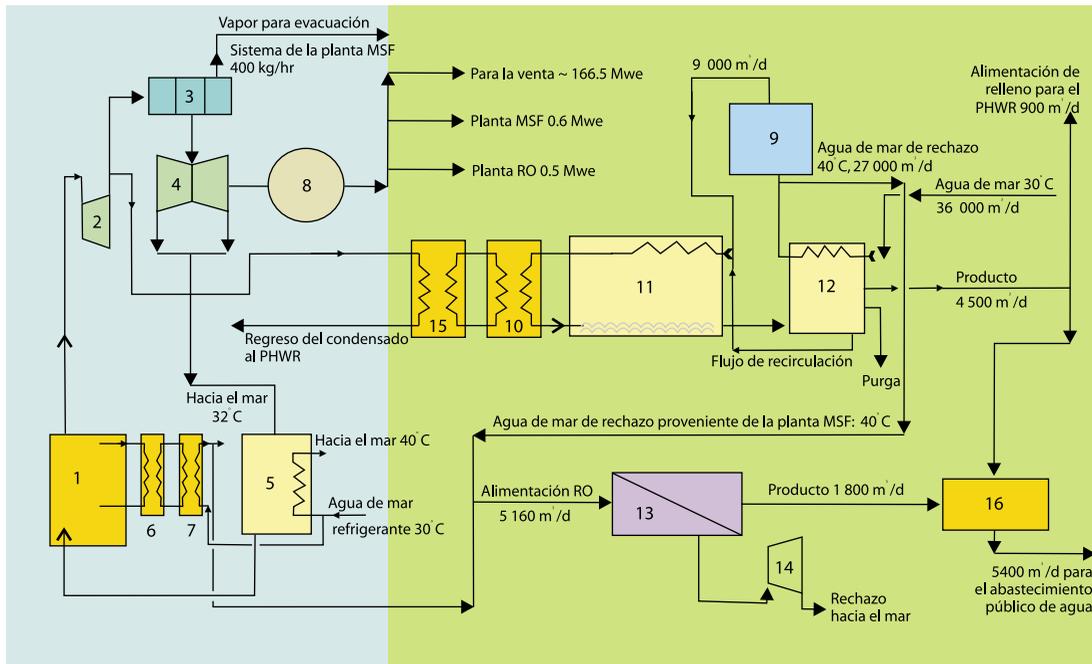
Se ha utilizado este programa informático para realizar una amplia evaluación económica de la desalación de agua de mar con el empleo de energía nuclear frente a las opciones de

combustibles fósiles. Por lo general, los resultados --publicados en el TECDOC-1186 del OIEA-- muestran que la desalación nuclear puede ofrecer agua potable a un costo comprendido en la misma escala que el de las opciones fósiles; de ahí que ambas opciones puedan considerarse viables en muchas regiones.

La nueva publicación del OIEA titulada *Introduction of Nuclear Desalination: A Guidebook* (Colección de Informes Técnicos STI/DOC/010/400), ofrece una visión general de la desalación nuclear. También señala las consideraciones especiales para la adopción de decisiones y proporciona una guía sobre las medidas que deben tomarse una vez que se haya optado por la desalación nuclear.

Colaboración internacional. Para facilitar las actividades de desarrollo, el OIEA ha acopiado y difundido información pertinente en diversas reuniones técnicas a las que han asistido expertos de Estados Miembros que se encuentran en las etapas de explotación, diseño o planificación de la desalación nuclear, o que están interesados en ella.

Para ampliar la experiencia operacional adquirida en el Japón y Kazajstán, se prevé establecer nuevas plantas de desalación nuclear con fines de demostración en varios países. Por ejemplo, la República de Corea ha hecho progresos en el diseño de una planta de cogeneración de desalación nuclear que funciona junto con un reactor de 330 MW(t) denominado SMART. La Federación de Rusia ha emprendido un proyecto de desalación nuclear utilizando una serie de unidades montadas sobre barcas, conocidas como KLT-40C. La India se ha puesto a la vanguardia de la demostración de la desalación nuclear mediante el acoplamiento de nuevas instalaciones de



desalación a sus actuales reactores de agua pesada a presión de 170 MW(e) (PHWR). Ya han comenzado los trabajos de construcción en Kalpakkam, al sur de Chennai.

En 1999, el OIEA inició un proyecto interregional de cooperación técnica denominado "Diseño de un sistema integrado de energía nucleoelectrica y desalación nuclear", para facilitar la colaboración entre los poseedores de la tecnología y los posibles usuarios finales. El proyecto se propone ofrecer un foro para que los proveedores y posibles receptores de la tecnología puedan desarrollar conjuntamente conceptos integrados de desalación nuclear con miras a demostrar la viabilidad de esta técnica en lugares específicos.

En este marco, Indonesia, Túnez, el Pakistán y el Irán han formulado solicitudes concretas de asistencia técnica para iniciar o planificar estudios de viabilidad en condiciones locales específicas. Algunos otros países en desarrollo, que prevén mayores problemas de energía y agua, también han manifestado un



PROYECTO DE DEMOSTRACIÓN DE DESALACIÓN NUCLEAR DE LA INDIA

En Kalpakkam, India, se han comenzado a construir las instalaciones de un proyecto de demostración de desalación nuclear que aparece en la foto. Como se indica en el diagrama del flujo del proceso, los sistemas de desalación están acoplados a una central nuclear, un PHWR de 170 MW(e). Los números que aparecen en el diagrama muestran el PHWR (1); la turbina de alta presión (2); el separador de humedad/recalentador (3); la turbina de baja presión (4); el condensador de la central nuclear (5); el circuito de refrigeración moderador-agua (6); el circuito de refrigeración del agua de mar (7); el generador (8); la sección de pretratamiento químico de la planta de evaporación instantánea en etapas múltiples (MSF) (9); el calentador de salmuera de la planta MSF (10); la sección de termorreuperación de la planta MSF (11); la sección de eliminación de calor de la planta MSF (12); la planta de ósmosis inversa (RO) (13); la turbina de recuperación de energía de la planta RO (14); el intercambiador de calor intermedio (15); y el depósito de almacenamiento del producto (16).

marcado interés en participar en el proyecto.

Entre los posibles proveedores de tecnología que participan en las actividades internacionales de cooperación figuran la República de Corea, la Federación de Rusia, la Argentina, el Canadá, Francia y China.

De conformidad con esas actividades del OIEA, en varios países se planifican y evalúan proyectos de demostración destinados a demostrar la viabilidad del empleo de la energía nuclear para aplicaciones de desalación en condiciones específicas.

En 1998, Marruecos, conjuntamente con China, terminó su estudio previo al proyecto utilizando un reactor de calor de 10 MW(t) que produce 8000 metros cúbicos diarios de agua potable mediante un proceso de destilación de efecto múltiple en Tan-Tan. En 1999, Egipto inició un estudio de viabilidad relacionado con una planta de cogeneración para generar electricidad y producir agua potable en El-Dabaa a lo largo de la costa del Mediterráneo.

Proyecto de demostración en la India. El Centro de Investigaciones Atómicas de Bhabha (BARC) se ha dedicado a la investigación y el desarrollo de la desalación desde los años setenta con el objetivo de aumentar las fuentes de agua en zonas donde ésta escasea. De esta manera, se han desarrollado en el país las tecnologías de evaporación instantánea en etapas múltiples (MSF) y la osmosis inversa (RO).

A fin de utilizar ventajosamente la experiencia y los conocimientos especializados en diversos aspectos de la actividad de desalación, el BARC está tratando de establecer una planta de demostración híbrida MSF-RO, acoplada a las unidades de PHWR de 170 MW(e) que funcionan en la central atómica de Madras

(MAPS), ubicada en Kalpakkam, en la India suroriental. (Véase el recuadro de la página 7.)

El Proyecto de demostración de la desalación nuclear (NDDP) incluye una planta MSF de 4500 metros cúbicos diarios de capacidad y una planta RO de 1800 metros cúbicos diarios de capacidad, que en conjunto proporcionarían suficiente agua desalada para satisfacer dos necesidades: agua para uso industrial en la central nuclear y agua potable para la población de los alrededores.

Los objetivos de la planta de demostración son:

- crear capacidad autóctona para el diseño y la fabricación, instalación y explotación de plantas de desalación nuclear;
- generar los insumos de diseño necesarios y parámetros de proceso óptimos para una planta de desalación nuclear en gran escala.
- servir de proyecto de demostración para los Estados Miembros interesados del OIEA, cuya participación es acogida con agrado.

El proyecto que se ejecuta en Kalpakkam comenzó en 1998. Se prepararon el informe sobre el análisis preliminar de seguridad (IAPS) y el informe sobre la base de diseño preliminar. El equipo principal se encuentra en diversas etapas de obtención o de fabricación. La obra civil está en marcha y los edificios que alojan las plantas MSF y RO y la administración están casi terminados. El IAPS ha sido aprobado y se prepara el informe sobre el análisis final de seguridad (IAFS) para someterlo a aprobación.

La mayor parte del equipo llegará al emplazamiento en 2002, año en que puede comenzar la instalación. Los ensayos de funcionamiento y la puesta en servicio están previstos para finales de 2002. Cuando concluya la prueba de puesta en servicio, el NDDP quedará

abierto a la participación internacional de los Estados Miembros interesados bajo el patrocinio del OIEA, a fin de intercambiar la información pertinente acerca del funcionamiento y mantenimiento de una planta de desalación nuclear.

Sobre la base de la experiencia del proyecto, el establecimiento de plantas estandarizadas con una capacidad de 10 millones de galones diarios terminaría en el año 2005. Las plantas utilizarían los procesos MSF y RO y se podrían utilizar comercialmente en el país.

Intercambio de experiencias.

Para el despliegue en gran escala de la desalación nuclear, uno de los principales factores decisivos, aunque no el único, es la competitividad económica. La experiencia operacional de Kazajstán y el Japón quizás no sea un indicador convincente de la viabilidad económica en muchos países en desarrollo que ahora consideran la opción de la desalación nuclear.

Es necesario demostrar con urgencia en más países la viabilidad económica en las condiciones locales. El éxito de la puesta en servicio y el funcionamiento de la planta Kalpakkam en la India profundizarán la confianza técnica y económica en la desalación nuclear. Más importante aún es que la experiencia de funcionamiento y mantenimiento de la planta se compartirá con otros países interesados.

El OIEA prevé celebrar en 2002 un simposio internacional para examinar y actualizar la situación mundial de la desalación nuclear. Mientras más experiencia se adquiera y comparta, más cabalmente podrán evaluar los países la función que esta tecnología nuclear de múltiples facetas puede desempeñar para satisfacer las crecientes necesidades de electricidad y agua. □