

# AGUA PESADA EN ASUAN

El agua pesada, empleada como moderador en algunos tipos de reactores nucleares, se produce ya en varios países, mientras que otros elaboran planes para producirla. Uno de los métodos de producción consiste en extraer el hidrógeno pesado (deuterio) contenido en el hidrógeno industrial, y en obtener después el agua pesada ( $D_2O$ ) por combustión del deuterio gaseoso. Las fábricas de abonos nitrogenados constituyen una importante fuente de hidrógeno industrial.

Las Industrias Químicas Egipcias (Kima) están construyendo una fábrica de abonos en Asuán, a orillas del Nilo superior, que producirá una mezcla de nitrato de amonio y carbonato de calcio; dicha mezcla contendrá un 20,5 por ciento de nitrógeno. Existe también el proyecto de construir en el mismo sitio una fábrica de agua pesada que estaría asociada a la fábrica de abonos.

A petición del Gobierno de la República Árabe Unida, el Organismo Internacional de Energía Atómica encargó al Dr. Victor Thayer la realización de un estudio pericial de los aspectos técnicos y económicos del proyecto de producción de agua pesada. El Dr. Thayer es miembro de la División de Energía Atómica de la Compañía Du Pont, y colaboró en el perfeccionamiento de métodos de producción de agua pesada, así como en el diseño y construcción de fábricas de ese agente moderador.

El Dr. Thayer ha presentado un informe al Director General del OIEA. Las conclusiones principales pueden resumirse en la forma siguiente: 1) La obtención de agua pesada como subproducto de la fabricación de abonos en Asuán es técnicamente posible. El deuterio destinado a ese fin puede separarse del hidrógeno industrial por intercambio catalítico o por licuación y destilación; la elección definitiva dependerá de consideraciones de orden económico. 2) El precio del agua pesada obtenida en Asuán debería poder competir con el del agua pesada producida en otras fábricas, a condición de que se concluyan contratos en firme para el suministro de equipo en los que se garantice el rendimiento del mismo y que los precios se ajusten, dentro de límites razonables, a los calculados en un principio. 3) Es difícil predecir cuál será el mercado que tendrá el agua pesada. Por una parte, los Estados Unidos poseen una capacidad de producción muy elevada, pero debido a falta de demanda, la producción efectiva es muy inferior a dicha capacidad. Por otra parte, se vende a un precio superior al fijado por ese Gobierno una cantidad de agua pesada relativamente pequeña producida fuera de los Estados Unidos. Por lo tanto, la situación futura del mercado de agua pesada dependerá por fuerza de que el Gobierno de los Estados Unidos autorice la venta libre de este producto.

Al final de su informe, el Dr. Thayer ha formulado algunas observaciones sobre la asistencia que el OIEA podría prestar en la ejecución de este proyecto. Indica que las Industrias Químicas Egipcias

esperan concertar contratos para la construcción de la fábrica de agua pesada, fijando en firme los precios para el suministro del equipo a condición de que la cantidad de hidrógeno tratada, el consumo de energía eléctrica y la cantidad de agua pesada producida con dicho equipo estén garantizadas. No obstante, el Dr. Thayer señala que si los proveedores que han presentado ofertas preliminares se encontraran más tarde en la imposibilidad de hacer ofertas en firme a precios aceptables, es posible que la Autoridad Egipcia de Energía Atómica y las Industrias Químicas Egipcias pidan asistencia al Organismo a fin de volver a examinar toda la cuestión de la producción de agua pesada en la República Árabe Unida.

A continuación se presenta un resumen de las observaciones formuladas por el Dr. Thayer acerca de ese proyecto.

## Posibilidades técnicas

Se ha demostrado que es posible extraer el deuterio contenido en el hidrógeno industrial y, especialmente, en el hidrógeno obtenido por electrólisis del agua (método seguido en Asuán). En Noruega y en Canadá se produce actualmente agua pesada aplicando este procedimiento. Existen varios métodos de extracción, incluyendo el intercambio catalítico con el agua en fase vapor, la destilación del hidrógeno líquido y el intercambio catalítico con el agua en fase líquida.

## Aspectos económicos del proyecto

El costo del agua pesada (incluyendo los gastos de capital) obtenida a partir del hidrógeno electrolítico se calcula en 20 a 30 dólares por libra, precio que depende sobre todo de las inversiones necesarias y del ritmo de amortización del capital. Aún no se conoce con seguridad la cuantía de las inversiones necesarias, pero se han efectuado algunos cálculos preliminares. Los gastos de explotación, excluyendo los de capital, oscilarán entre 7 y 13 dólares por libra.

Teniendo en cuenta los progresos técnicos realizados en materia de extracción directa del agua pesada contenida en el agua natural, no parece que en sí sea muy ventajoso obtener agua pesada como subproducto de la fabricación de hidrógeno industrial. Es posible que, a largo plazo, la producción directa resulte más económica. Por el momento, el costo de ambos métodos es aproximadamente el mismo.

## Panorama del mercado

### 1) Capacidad de producción

Los Estados Unidos poseen instalaciones que podrían producir 1 000 toneladas cortas (900 toneladas métricas) anuales, pero por la escasez de la demanda sólo se aprovecha la mitad de esa capacidad de producción. El procedimiento utilizado es el intercambio entre el sulfuro de hidrógeno y el agua para extraer directamente el agua pesada contenida en el agua natural.

En el Canadá, la fábrica de Trail produce cerca de 8 toneladas cortas por año. El costo marginal es probablemente inferior al precio americano de 28 dólares por libra, aunque contando todos los gastos, los de capital inclusive, probablemente es superior a esa cifra. El Canadá adquiere agua pesada en los Estados Unidos.

Desde 1940 se produce agua pesada en Rjukan, Noruega. La producción noruega actual es de 10 a 12 toneladas anuales.

La Farbwerke Hoechst, de la República Federal de Alemania, comunicó en Ginebra que en junio de 1958 inauguró una instalación para la licuación y destilación de gas para síntesis de amoníaco (mezcla de 75 por ciento de hidrógeno y 25 por ciento de nitrógeno). La instalación tiene una capacidad de producción de 6 toneladas anuales de agua pesada.

La tecnología de la destilación del hidrógeno industrial para producir agua pesada fue examinada por los expertos soviéticos en la Segunda Conferencia de Ginebra. Aunque no se dispone de datos precisos sobre las cantidades que se producen actualmente en la Unión Soviética, las informaciones que se poseen sobre la construcción de reactores moderados con agua pesada en la zona comercial de Europa oriental revelan al parecer que se fabrican cantidades considerables de agua pesada en dicho país.

## 2) Capacidad de producción proyectada

La India piensa construir una fábrica que producirá 14 toneladas anuales, como parte del proyecto Bhakra Nangal, en el río Sutlej, destilando el hidrógeno producido en una fábrica de abonos.

Un grupo de expertos de la OECE (Organización Europea de Cooperación Económica) está efectuando un estudio detallado de todos los procedimientos conocidos con miras a determinar si convendría construir una fábrica en la región constituida por los 17 países de la OECE. Se ha pensado establecer la fábrica en Islandia, por disponer este país de vapor geotérmico.

La empresa Pintsch Bamag (República Federal de Alemania) ha publicado un estudio sobre el procedimiento de intercambio entre el sulfuro de hidrógeno y el agua (trabajo del Profesor G. Weirs, reproducido en *Chemie-Ingenieur-Technik*, 30, N<sup>o</sup> 5, 1958). Es muy posible que esa empresa esté pronto en condiciones de construir una fábrica en que se aplique este procedimiento. El costo en la República Federal de Alemania será inferior al costo en los Estados Unidos, a causa principalmente de que los salarios son menos elevados, tanto en la industria de la construcción como en la industria química. En la Conferencia de Ginebra, el Profesor Becker (documento N<sup>o</sup> 1 000) describió las investigaciones efectuadas en Alemania occidental sobre el proceso de intercambio catalítico entre el hidrógeno y el agua en fase líquida.

La firma Air Liquide (Francia) facilitó en la Conferencia de Ginebra algunas informaciones acerca de los estudios efectuados en su planta piloto sobre la licuación y destilación del hidrógeno. Francia

estudia intensamente éste y otros métodos de producción de agua pesada.

En general, puede afirmarse que en muchas regiones existe un considerable interés por la tecnología de la producción de agua pesada. Además de los países indicados, Suecia, Suiza, Japón, entre otros, están efectuando investigaciones sobre esta cuestión.

## 3) Precios

El precio americano, de 28 dólares por libra, se distribuye de la siguiente manera: costo de producción (incluyendo todos los gastos generales) - 14 dólares aproximadamente; gastos de capital - 10 dólares, suponiendo que el capital invertido se amortice en un plazo de 16 años y 8 meses. La oferta de Alemania occidental de comprar agua pesada a 800 marcos por kilogramo (aproximadamente 87 dólares por libra) representa al parecer un precio "libre" que no constituye el resultado de negociaciones con un gobierno. Este precio disminuiría probablemente si la República Federal de Alemania construyese una fábrica de gran capacidad en la que se utilizara, por ejemplo, el procedimiento de intercambio entre el sulfuro de hidrógeno y el agua.

## 4) Necesidades probables

El vasto programa de Gran Bretaña para la obtención de energía nucleoelectrónica se basa en el empleo de reactores de uranio natural moderados por grafito y no por agua pesada. Sin embargo, el Canadá ha anunciado que está construyendo un reactor generador de energía experimental o "piloto" en el que se utiliza agua pesada y uranio natural.

Probablemente es demasiado pronto para poder comparar, a largo plazo, los resultados de los reactores generadores de energía moderados por agua pesada con los obtenidos con los demás tipos de reactores. No obstante, conviene señalar que la preferencia del Canadá por este tipo de reactor se debe a que dispone de agua pesada a 28 dólares la libra. Si el precio ascendiera a 87 dólares por libra es posible que mostrara mayor interés por otro tipo de reactor.

Al vender agua pesada, la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos impone ciertas restricciones a su empleo. Por esta razón y por el interés que los reactores moderados por agua pesada suscitan en la actualidad, existe un importante mercado "libre" para el agua pesada, en el que el producto se cotiza a precios muy superiores a los 28 dólares por libra fijados por la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos. Por otra parte, se realizan amplios estudios sobre los métodos de producción de agua pesada. Sin embargo, en un futuro lejano es probable que el precio mundial del agua pesada corresponda aproximadamente al fijado por el Gobierno de los Estados Unidos, que tienen una capacidad de producción suficiente para abastecer a una red de reactores moderados por agua pesada en considerable expansión.

(Continúa en la página 21)