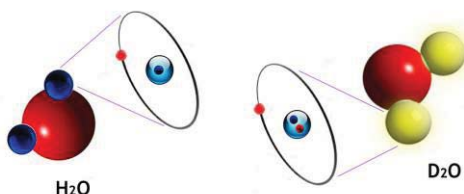


## Una mirada al agua pesada

El agua pesada es un líquido transparente de apariencia idéntica al agua común, aunque un 10% más densa. No tiene color, olor, ni sabor. No es tóxica, ni radiactiva. A diferencia del agua común ( $H_2O$ ), el agua pesada incluye en su fórmula dos átomos de deuterio<sup>1</sup> y uno de oxígeno ( $D_2O$ ). El hidrógeno y el deuterio son isótopos de un mismo elemento, es decir son átomos con igual cantidad de protones y electrones en sus estructuras, variando solamente su cantidad de neutrones. El átomo de hidrógeno es el más simple de todos los átomos, compuesto solamente por un protón y un electrón. El deuterio tiene además un neutrón en su núcleo. El hidrógeno y el deuterio se acompañan normalmente en una proporción de 7.000 a 1.



### Agua pesada y reactores nucleares

La fisión nuclear es la ruptura del núcleo atómico por el impacto de neutrones. Reacciones de fisión controladas tienen lugar en los reactores nucleares, los cuales emplean como “combustible” uranio (natural o enriquecido) u otro material fisionable. El uranio natural está constituido por dos isótopos de uranio: el  $U^{238}$  que es el más abundante en la naturaleza (99,3% en peso) y el  $U^{235}$ , que es el más importante para la nucleoelectricidad por ser naturalmente fisionable (0,7% en peso).

Se denomina uranio enriquecido<sup>2</sup> cuando la concentración del isótopo  $U^{235}$  ha sido aumentada artificialmente unas cinco veces aproximadamente, hasta alcanzar un 3%. Para que una reacción en cadena se “sostenga” en el tiempo es necesario que los neutrones liberados en cada colisión “sobrevivan” para producir nuevos choques, y así dar lugar a sucesivas fisiones. Eso se logra en un reactor mediante un elemento moderador. El agua pesada absorbe unas 70 veces menos neutrones que el agua común y esta propiedad la hace ideal como agente moderador en ciertos reactores nucleares.

En los reactores nucleares alimentados con uranio natural debe usarse agua



AUTOR  
 José Luis APREA

Ingeniero Químico (UTN-La Plata)  
 Jefe de Tecnología de la Planta Industrial de Agua Pesada de Arroyito (CNEA)  
 Profesional Experto del OIEA  
 Profesor de la Universidad Nacional del Comahue  
 Experto internacional y Secretario Técnico del ISO/TC 197 en Argentina

pesada como moderador. El más popular de los reactores de este tipo es el CANDU (Canadian Deuterium Uranium)<sup>3</sup>. Sólo en el caso de reactores que empleen uranio enriquecido puede usarse agua común en su interior, sin que se vea afectado su funcionamiento por el elevado número de neutrones que resultan absorbidos.

En síntesis, el agua pesada en un reactor nuclear cumple dos funciones: a) refrigeración, transportando fuera del reactor el calor generado en el proceso de fisión y b) moderación, desacelerando los neutrones hasta la velocidad y energía más adecuadas para lograr colisiones efectivas.

Argentina emplea reactores del tipo: Uranio Natural - Agua Pesada y posee una importante experiencia es este tipo de tecnología que ha dado lugar a excelentes registros de generación eléctrica y de seguridad, por más de 40 años.



### Producción de agua pesada

Como materia prima para la producción de agua pesada se emplea el deuterio que se halla naturalmente en cualquier compuesto del hidrógeno. El agua común, por su bajo costo y abundancia, es la más adecuada fuente de deuterio. Las aguas del Río

Limay, a la altura de Arroyito (a 60 Km al sud oeste de la ciudad de Neuquén) donde se halla emplazada la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP) inaugurada en 1993, presentan una concentración de átomos de deuterio de 145 partes por millón. Es decir que el agua de la canilla no contiene agua pesada, sino una pequeña porción de átomos de deuterio.

Para la producción de agua pesada se han propuesto y ensayado numerosos métodos entre ellos: destilación del agua, destilación del hidrógeno, electrólisis, distintos tipos de intercambio isotópico y los combinados. Sin embargo la mayoría de ellos no resultan económicos ni atractivos, siendo los procesos de intercambio isotópico los métodos más aceptados y probados para la producción a gran escala. Dentro de tales métodos, el "Intercambio isotópico entre hidrógeno y amoníaco" representa la más moderna tecnología disponible al día de hoy. La PIAP emplea este método para producir 200 toneladas anuales de agua pesada. Se trata de una industria química convencional, de muy alta tecnología, que requiere mucha energía y es mucho más limpia que cualquier planta petroquímica.

### Procesos requeridos

Del lago de Arroyito formado por el Río Limay 350 km aguas abajo de Bariloche, se bombean 300 m<sup>3</sup>/h de agua a la planta donde es filtrada y desmineralizada antes de extraerle el deuterio. En la planta se distinguen tres etapas de producción:

**1ra. etapa - Extracción isotópica:** A temperaturas y presiones moderadas, las moléculas de vapor de amoníaco capturan el deuterio del agua. Luego el amoníaco es condensado.

**2da. etapa – Enriquecimiento:** El amoníaco en estado líquido ingresa a las torres de enriquecimiento donde intercambia, en presencia de un catalizador de potasio, átomos de deuterio con una corriente ascendente de gas que es producida en hornos por descomposición catalítica del amoníaco. A este último proceso se lo denomina "cracking". Como resultado del intercambio de isótopos, el amoníaco se enriquece en deuterio y el gas de síntesis que asciende se va empobreciendo. Este gas luego alimenta un reac-



tor de síntesis para reconstruir las moléculas de amoníaco y enviarlas nuevamente hacia la etapa de extracción. El enriquecimiento se efectúa en tres pasos sucesivos. Finalmente, de la tercera torre de enriquecimiento se deriva una pequeña corriente de gas rica en deuterio, hacia la última etapa.

**3ra. etapa – Oxidación catalítica:** El deuterio contenido en el gas es oxidado con aire seco en presencia de un catalizador para generar óxido de deuterio, es decir agua pesada. Por último, el producto se envasa en tanques de acero inoxidable, bajo atmósfera de nitrógeno.

### Conclusiones

La producción de agua pesada parte de agua común como materia prima y llega a obtener un producto final con un alto valor agregado. El agua pesada se emplea en nuestro país principalmente en las centrales nucleares. Otras aplicaciones menores incluyen su uso en técnicas de trazadores, fabricación de excipientes y compuestos deuterados, investigaciones biológicas para la preservación de la fauna antártica y tratamientos medicinales. La CNEA, propietaria de la planta y su operadora, ENSI S.E. (asociación de la CNEA y la Provincia de Neuquén) conducen sus actividades bajo un Sistema de Gestión Integrado que incluye: Sistemas de Gestión de la Calidad (ISO 9001), Sistemas de Gestión Ambiental (ISO 14001) y Sistemas de Seguridad y Salud Ocupacional (OHSAS 18001).

Argentina es uno de los principales productores de agua pesada del mundo, logrando producir un bien exportable de alto grado de pureza (99,99%), cuya calidad final supera los estándares internacionales.

#### ABREVIATURAS:

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica / IRAM - Organismo Argentino de certificación y normalización / ISO - Organización Internacional de Estandarización / OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica. UTN: Universidad Tecnológica Nacional

#### REFERENCIAS

- 1 Fue descubierto por Harold Clayton Urey, Premio Nobel de Química 1934.
- 2 Para enriquecer uranio existen diversos métodos, tales como: difusión gaseosa, ultra centrifugación, etc
- 3 De esta tecnología es la Central Nuclear Embalse en la provincia de Córdoba.



Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable

Comisión Nacional de Energía Atómica

Tel: 011-4704-1485 www.cnea.gov.ar/ieds

Av. del Libertador 8250 - (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina

Año de edición: 2013 ISBN: 978-987-1323-12-8