

¿Es necesaria la energía nuclear?

DAVID LÓPEZ CASTILLO

Introducción

Este es el segundo de una serie de artículos sobre energía nuclear que presenta, con lenguaje no especializado, criterios cuantificables y fundamentados que permitan al lector obtener información y llegar a sus propias conclusiones sobre el tema. En este documento se describe la tecnología que se emplea en los reactores nucleares de fisión.

En el artículo anterior¹ se procuró hacer notar al lector la pequeñez del núcleo atómico, y se anotó el siguiente ejemplo: si se ampliara una regla de madera de un metro de largo hasta alcanzar la longitud de diez millones de kilómetros, un átomo tendrían un metro de diámetro, y en el centro de cada átomo, su núcleo tendría cerca de una décima de milímetro de diámetro, es decir, el tamaño de una mota de polvo, a pesar del enorme aumento de la regla de madera.

Para contestar la pregunta ¿de dónde sale la energía contenida en el núcleo atómico?, se comentó en el primer artículo que ésta se manifiesta al modificar la estructura nuclear, que comenzó a conocerse por los años de 1911 a 1914.

Simplificando la exposición del tema, se puede decir que el núcleo

atómico está constituido por protones y neutrones, y que existen normalmente más neutrones que protones en el mismo. El total de partículas en el núcleo, es decir el número de protones más el de neutrones, forma la masa total de ese núcleo.

El elemento químico llamado uranio es el que más interesa en el presente artículo; éste siempre tiene noventa y dos protones en su núcleo; sin embargo, el total de partículas del núcleo puede cambiar sin dejar de ser uranio, con tal de que no cambie el número de protones.

En la naturaleza se encuentra uranio 235, es decir átomos de uranio en cuyo núcleo hay 235 partículas entre protones y neutrones; 92 protones y 143 neutrones, para ser exactos.

Asimismo, existen en la naturaleza tres isótopos del uranio, el uranio 234, el ya citado uranio 235 y el uranio 238.

Cuando se extrae este mineral de un yacimiento, la proporción de los tres tipos de uranio, en la mayoría de los casos, es la siguiente: U-234 (0.0054 por ciento) U-235 (0.7110 por ciento) y U-238 (99.2836 por ciento). Aquí interesan tan sólo el U-235 y el abundante U-238.

Cuando se habla de energía nuclear usada con fines pacíficos, por ejemplo para generar electricidad —con la tecnología en uso en 1996— se hace referencia a la energía que se obtiene al fisionar —al partir— los núcleos de los átomos de uranio. Se da el caso de que los únicos núcleos fisionables que se encuentran en la naturaleza son los del uranio 235.

Dentro de los reactores nucleares, el uranio 238 puede transformarse en material fisionable y, por lo tanto, útil en el proceso que proporciona energía nuclear. Este será un asunto que se verá más adelante. Por lo pronto, conservemos la idea de que hoy en día el principal aporte de energía en los reactores nucleares proviene del U-235, lo cual significa que en una tonelada de uranio natural, es decir tal y como se extrae de la naturaleza, tan sólo siete kilogramos son aprovechables, esto es, el 0.7 por ciento del total.

En el artículo anterior se mencionó cómo, a pesar de su pequeñez, el núcleo atómico encierra una gran cantidad de energía. Conviene cuantificar lo antes dicho.

De un kilogramo de uranio 235 puede obtenerse, al fisionar los núcleos de sus átomos, la energía contenida en unos once mil barriles de petróleo, en unas dos mil quinientas

toneladas de carbón o en unos sesenta y cuatro millones de pies cúbicos de gas natural. Como nota al margen, recuérdese que 159 litros equivalen a un barril de petróleo.

Dado que el U-235 se encuentra mezclado con el U-238, el contenido energético de un kilogramo de uranio tal y como se extrae de un yacimiento es mucho menor; así, un kilogramo de uranio natural equivale a 77 barriles de petróleo, 17.88 toneladas de carbón y 450 555 pies cúbicos de gas natural.

Aun así la energía contenida en un kilogramo de uranio natural equivale a la existente en unos diecisiete mil ochocientos kilogramos de carbón, lo cual permite comprender que es una fuente de energía mucho más condensada.

México consume unos 3 950 millones de pies cúbicos de gas natural al día (INEGI), lo que equivale a 8.77 toneladas de uranio natural al día. De acuerdo con datos del INEGI, México extrae de sus yacimientos petrolíferos dos millones 785 mil barriles de petróleo al día, igual a unas 36 toneladas de uranio natural diarias. Ambos consumos suman un equivalente a unas 45 toneladas de uranio natural diario. Si existen diez mil seiscientas toneladas de uranio de reservas probadas en el país (Rojas, 1981), a ese ritmo de consumo, se agotaría en ocho meses el uranio localizado en México.

Si las reservas probadas duraran ocho meses, las reservas probables de uranio en México —que se estiman en 31 800 toneladas— se consumirían, al ritmo citado, en dos años.

El monto de las reservas potenciales de uranio del país es mucho más incierto, pero se ha llegado a estimar en 225 mil toneladas, el cual

de ser extraído a un ritmo equivalente al consumo actual del petróleo y gas natural, se terminaría en catorce años.

Lo anterior permite observar lo enorme de la extracción nacional de gas natural y petróleo y lo poco que hasta la fecha se tiene localizado de uranio en el país.

En su estado natural, el U-235 se fisiona espontáneamente y libera la energía correspondiente, pero a un ritmo sumamente lento, inútil para la obtención de energía suficiente para el uso industrial. Es necesario conseguir una fisión de los núcleos del U-235 sostenida y controlada. Lograr lo anterior es trabajo de los ingenieros que diseñan los reactores nucleares.

Hay muchos diseños de reactores, pero aquí se mencionarán tan sólo los que se han señalado para su posible uso en México: los de agua normal con uranio enriquecido, que son los más usados en todo el mundo, y los de agua pesada con uranio natural.

Reactores de agua normal y uranio enriquecido

A este tipo de reactores pertenecen los dos que México tiene en Laguna Verde, Veracruz. La fisión de un núcleo de U-235 genera pedazos del viejo núcleo, que pasan a ser núcleos de elementos químicos más ligeros; y además, algunos de los neutrones pueden quedar libres.

Cuando un neutrón libre, quizá de esos que resultan de la fisión espontánea de algún núcleo de U-235, penetra en otro núcleo de U-235, éste puede partirse de muy diversas maneras, por ejemplo en un molibdeno 103 y un estaño 131, más dos neutrones.

Si cada uno de esos dos neutrones choca con otro núcleo de U-235, se repite el proceso una y otra vez, aumentando el número de neutrones, y de átomos fisionados y de energía liberada. Pero, amable lector, fíjese en lo siguiente: si acaso logra chocar con otro núcleo de U-235, pues ahí está la clave.

Recuérdese el pequeñísimo tamaño del núcleo atómico y la gran cantidad de U-238 (99.3 por ciento) en comparación con la cantidad de U-235 (0.7 por ciento). El neutrón puede chocar con un núcleo de U-238 que no se fisiona, o bien viajar de lado a lado del trozo de uranio, y salir al aire libre sin percatarse de la existencia del resto del U-235 que dejó atrás, perdiéndose así la oportunidad de fisionar otro núcleo con ese neutrón, ya desperdiciado.

Hay varias maneras de aumentar la probabilidad de colisión de un neutrón con un núcleo de U-235. Una es aumentando la cantidad de átomos de U-235 con respecto al U-238 en el trozo de uranio, aumentando con ello la probabilidad de colisión que produzca fisión; otra es haciendo que los neutrones viajen más lentamente, frenándolos, y una más es propiciando que los neutrones que iban saliendo de la zona del reactor donde está el material fisionable reboten para reintegrarse a la zona donde está el uranio.

Los reactores nucleares, como los de Laguna Verde, Veracruz, tienen en su interior unas barras que contienen uranio llamadas barras del combustible nuclear. Se les llama así porque se les compara con los combustibles convencionales, como el carbón que arde. En los reactores nucleares las barras con uranio no arden, pero al consumirse desprenden enormes

cantidades de calor, de ahí que también se les llame combustible. Se consumen conforme el U-235 se fisiona, y queda cada vez menos material fisionable en su interior.

Pues bien, a esos reactores se les llama de uranio enriquecido porque en las barras del combustible el uranio no está ya en la proporción mencionada –U-235 (0.7 por ciento) y U-238 (99.3 por ciento)–, sino aproximadamente en la proporción U-235 (3.0 por ciento) y U-238 (97 por ciento). Es decir, el U-235 se encuentra en una proporción mucho mayor que la original; de ahí el nombre de enriquecido.

Al corazón del reactor, formado por las barras del combustible, ordenadas en una posición específica, se llama también núcleo del reactor, nombre quizá desafortunado ya que ahora se está usando la palabra núcleo para dos cosas totalmente distintas: el núcleo del átomo y la parte del reactor donde se genera la energía.

Puesto que el U-235 se encuentra al 0.7 por ciento en la naturaleza, hay que enriquecerlo hasta el 3 por ciento. Este procedimiento dista mucho de ser sencillo; México tiene que solicitar el servicio de enriquecimiento de su combustible en el extranjero, lo cual significa que si por alguna circunstancia no se pudiera conseguir uranio enriquecido, sus reactores nucleares suspenderían su actividad.

El núcleo del reactor se encuentra rodeado de agua común, pero extremadamente pura –con pureza grado nuclear–; el agua sirve tanto para frenar un poco a los neutrones como para retirar el calor que se genera en las barras del combustible nuclear.

Un reactor nuclear de este tipo, con una potencia de unos mil mega-

watts, consume anualmente unas treinta toneladas de uranio enriquecido, lo que da unos 900 kilogramos de U-235 al año.

Los dos reactores nucleares de Laguna Verde suman una potencia de 1 250 megawatts, cifra que corresponde a poco más del 3.5 por ciento del total de potencia instalada para generar electricidad en México, que es de unos 32 mil megawatts.

Reactores de agua pesada y uranio natural

Canadá diseña reactores de este tipo, identificados con las siglas CANDU. Al material que rodea al núcleo de los reactores nucleares se le llama moderador, pues modera la velocidad de los neutrones libres en el corazón del reactor. En los reactores nucleares descritos en el inciso anterior el moderador era el agua pura, en los reactores a que nos referimos en este inciso es el agua pesada.

¿Por qué se le llama agua pesada?

Posiblemente todos sepan que el agua está formada de hidrógeno y oxígeno, que cada molécula de agua contiene dos átomos de hidrógeno por uno de oxígeno y que su fórmula es H_2O .

El hidrógeno se caracteriza por tener sólo un protón en su núcleo, pero es posible encontrar átomos de este elemento con diferente número de neutrones en el núcleo. Puede existir el protón solo –sin ningún neutrón–, este es un átomo de hidrógeno normal; o contener un protón y un neutrón, con lo cual es un hidrógeno más pesado, o contener un protón y dos neutrones, más pesado aún.

Cuando el núcleo del átomo de hidrógeno tiene un protón y un neu-

trón se le da el nombre de deuterio, y cuando tiene un protón y dos neutrones se le conoce como tritio. El tritio es muy escaso y es radiactivo, es decir, se trata de un núcleo atómico que se desbarata espontáneamente.

El agua pesada está formada por dos átomos de deuterio y uno de oxígeno: D_2O . Éste es un mejor moderador, ya que compensa la falta de enriquecimiento isotópico del uranio existente en el combustible nuclear, puesto que en estos reactores el U-235 se usa en la proporción original: 0.7 por ciento.

Dado que para este tipo de reactores no es necesario enriquecer el uranio, lo que se debe enriquecer es el hidrógeno que forma el agua pesada; este último enriquecimiento tampoco es simple, pero es mucho más accesible a la tecnología mexicana.

Sin embargo, hasta la fecha la mayoría de los reactores nucleares existentes en el mundo, incluidos los de Laguna Verde, son de uranio enriquecido. En México no hay reactores de uranio natural y agua pesada.

Nota

¹ *Carta Económica Regional*, año 8, número 45, noviembre-diciembre de 1995, pp. 32-35.

Bibliografía

- Braunbek, Werner, *El drama fascinante de la energía nuclear*, Editorial Labor, España.
- General Electric, Nuclear Energy Group, *Nuclear power quick reference II*, General Electric California.
- Rojas, José Antonio, *Desarrollo nuclear de México*, Universidad Nacional Autónoma de México, 1989.
- Domicilios en internet:
 INEGI: <http://www.inegi.gob.mx/homepages/estadistica/economia/>.
 Organismo Internacional de Energía Atómica: <http://www.iaea.or.at/world-atom/inforesource/>.