

Una mirada al ladrón de neutrones: gas xenón

Introducción

Entre los muchos fenómenos que se producen en el interior de un reactor nuclear de potencia durante su funcionamiento, el equilibrio entre la producción de neutrones y su absorción es sin duda el requerimiento más importante para sostener una reacción nuclear de fisión en cadena. Pero la presencia de absorbentes neutrónicos como el gas xenón-135¹ provoca dificultades en el control del proceso y puede aún imposibilitarlo en determinadas circunstancias. En esta Hojita se describe cómo se genera, actúa y desaparece este gas, causa principal de la inercia que posee el reencendido de una planta nuclear. Si bien está presente en todos los reactores, el problema es de importancia significativa en el caso de aquellos que utilizan uranio natural como combustible y agua pesada como moderador.



autor:

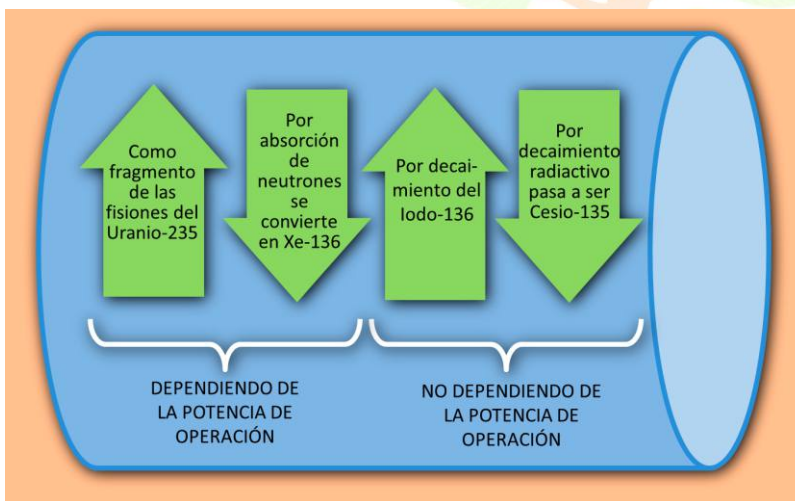
Hugo R. Martin

Licenciado en Física
(FaMAF- UNC)

Funcionario de CNEA
(Regional Centro - Córdoba)

Profesor de Posgrado
(UTN - FRC)

reduce) los *neutrones de baja energía* de una manera importante. Como los neutrones son elemento vital para el sostenimiento de la reacción de fisión en cadena, esto provoca que no se pueda re-arrancar el reactor nuclear por un plazo determinado, aunque la demanda del sistema eléctrico interconectado lo requiera. Por ese motivo, en la jerga nuclear al xenón se lo llama *ladrón de neutrones*.



Evolución de la concentración de xenón

Durante el funcionamiento del reactor se presentan varios mecanismos de producción y desaparición del Xe-135. Dos de los mecanismos dependen de la potencia y flujo neutrónico, y los otros dos, de mecanismos de decaimiento o desintegración radiactiva. Estos mecanismos, competitivos entre sí, se explican en el diagrama expresado en la primer figura.

Evolución del xenón en los arranques del reactor

Como se muestra en el gráfico de la segunda figura, durante el arranque y elevación de potencia del reactor hasta un valor estacionario, los mecanismos de producción y eliminación del Xe-135 compiten hasta alcanzar, al cabo de unas 40 horas, la concentración de equilibrio. Esto implica que, mientras la potencia del reactor va en aumento y aun habiendo alcanzado la concentración de equilibrio, la absorción de neutrones por el Xe-135 debe ser compensada mediante la extracción de las barras de control o la extracción de *venenos líquidos* como el boro.

El xenón en los reactores nucleares

Las plantas nucleares son, con mucho fundamento, el medio más importante de producción masiva de energía que no produce gases de efecto invernadero. Además de su cometido permanente de operar en forma segura y competitiva, se debe tener en cuenta que este tipo de planta generadora de electricidad exige funcionar con cierta estabilidad. Esto es debido al Xe-135, uno de los productos que se generan durante la fisión nuclear dentro del mismo elemento combustible. Si se apaga o se reduce en forma importante la potencia de una planta nuclear por un lapso de más de 20 minutos, la generación de este gas dentro del combustible instalado en el reactor absorbe (o sea,

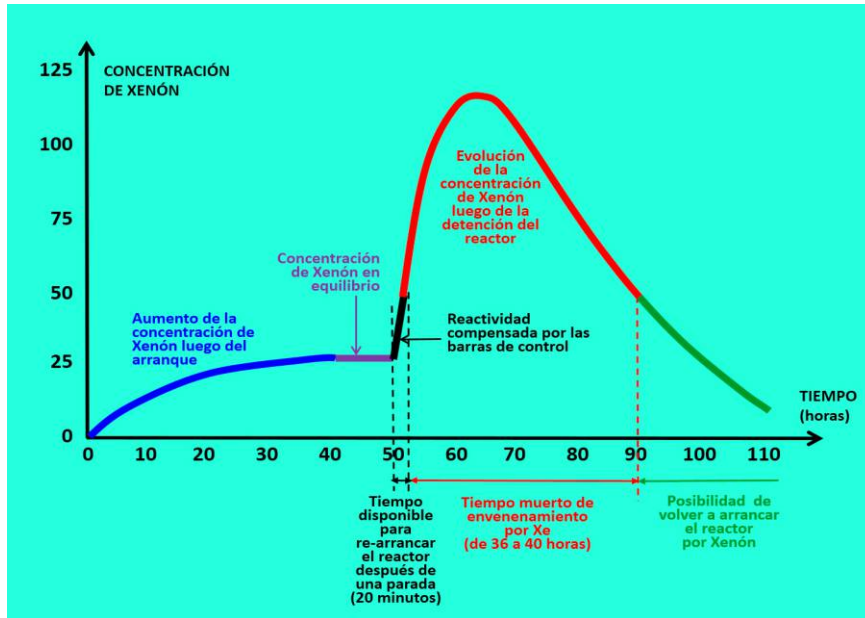
“Envenenamiento por xenón” luego de la detención del reactor

En el momento de la detención del reactor desaparecen los mecanismos de producción, pero también desaparecen los mecanismos de eliminación del Xe-135 por absorción neutrónica. Sólo subsisten los de decaimiento radiactivo. Como la acumulación de iodo-135 resulta importante al momento de detención y su tiempo de decaimiento es menor al del Xe-135, y sobretodo por estar ausente la absorción neutrónica, esto se traduce en un fuerte aumento de la concentración de Xe-135. Este fenómeno también tiene un nombre especial en la jerga nuclear ya que se lo conoce como *envenenamiento por xenón*. Durante todo este tiempo el Xe-135 tiene un poder muy grande para absorber neutrones, varias veces superior a la reserva de reactividad de las barras de control al momento de la detención. Es decir, el Xe-135 actúa como una gran barra de control introducida en el combustible de manera homogénea. El alto nivel de absorción que se alcanza temporariamente hace imposible volver a arrancar el reactor durante aproximadamente dos días. Este período recibe el nombre de *tiempo muerto de envenenamiento por xenón*. Durante ese lapso no se puede arrancar el reactor de ninguna manera.

Variaciones en la potencia durante el funcionamiento del reactor

En la operación normal del reactor es importante considerar el comportamiento transitorio del Xe-135, sobre todo durante las variaciones de potencia. Toda variación de potencia (aumento o disminución) de un reactor nuclear en operación produce un comportamiento temporal del Xe-135 durante un lapso que dependerá de la magnitud de dicha variación. Por ejemplo, si se aumenta la potencia de operación del reactor, la concentración del Xe-135 inicialmente disminuye para luego aumentar a su nuevo valor de concentración de equilibrio. Y viceversa, si se reduce la potencia del reactor el Xe-135 aumenta inicialmente, para luego reducirse al nuevo valor de equilibrio. En ese

período temporal, se requiere mover las barras de control o introducir *venenos líquidos* en el agua pesada donde están sumergidos los elementos combustibles, mucho más de lo habitual.



Conclusión

El tema del xenón hace que las plantas nucleares requieran operación a potencia más o menos constante al no tener capacidad para seguir las variaciones caprichosas de la demanda del sistema eléctrico. Esta característica junto con su gran potencia hacen que la nucleoelectricidad sea considerada como *de base*, encargada de suministrar la mayor parte de la energía eléctrica de forma continua. Otros tipos de plantas generadoras de menos potencia se utilizan como *centrales de punta*, poniéndose en marcha para trabajar en paralelo a las de base con el objeto de cubrir las demandas del Sistema Interconectado Nacional. La generación de electricidad mediante la energía nuclear sigue siendo una opción válida para erradicar el perjudicial efecto invernadero a nivel mundial que produce mayormente el empleo de combustibles fósiles en la generación eléctrica.

ABREVIATURAS

- FaMAF: Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física
- UNC: Universidad Nacional de Córdoba
- CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica
- UTN: Universidad Tecnológica Nacional
- FRC: Facultad Regional Córdoba

REFERENCIAS

1 El xenón es un gas noble, inodoro, incoloro y muy pesado. Su número atómico es 54. Está presente en la atmósfera terrestre sólo en trazas.



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: 2017 ISBN: 978-987-1323-12-8

Publicación a cargo del Dr. Daniel Pasquevich y la Lic. Stella Maris Spurio.
Comité Asesor: Ing. Hugo Luis Corso - Ing. José Luis Aprea.
Responsable Científico: Dr. Gustavo Durfo.
Versión digital en www.cab.cnea.gov.ar/ieds
Los contenidos de éste fascículo son de responsabilidad exclusiva del autor.