



## Qué sucedió, por qué, y qué podría pasar: la situación posterior al maremoto en las centrales nucleares de Fukushima

Arun Makhijani ·····

20/03/11



El 11 de marzo de 2011, las centrales nucleares de Fukushima Daiichi y Fukushima Daini (Fukushima para abreviar) sufrieron un terremoto severo, seguido de un maremoto. Este análisis se refiere a la central de Daiichi, que ha experimentado los problemas más graves, por lo que se sabe, en el momento de escribir este artículo (9 p.m. del 13 de marzo de 2011, hora del Este en los Estados Unidos). Se desconectó la corriente de la red, y los reactores se cerraron con éxito como parte de la emergencia. Pero todavía era necesaria la corriente para hacer funcionar el emplazamiento con el fin de eliminar el calor de los reactores. La central de Dai-chi tiene seis reactores de agua en ebullición en funcionamiento. El más antiguo, la Unidad 1, que parece haber sufrido una fusión parcial del combustible, se activó por primera vez en 1970 (y quedó conectado a la red en 1971). La Unidad 3, que también parece haber tenido problemas similares a los de la Unidad 1, cuyo combustible incluye una mezcla de óxido de plutonio y óxido de uranio ("combustible MOX") se activó por vez primera en 1976. Ambos reactores son de Diseño de Agua en Ebullición Mark 1. No tienen los macizos edificios de contención de hormigón de varios pies de espesor típicos de posteriores diseños de reactores (nota del 14 de marzo, 6:30: la Unidad 3 ha sufrido también una explosión y la Unidad 2 parece haber perdido refrigeración. El problema aquí descrito se aplicaría probablemente a la Unidad 3; la Unidad 2 puede encaminarse hacia problemas similares).

Un rasgo especial del diseño del Mark 1 es que el combustible utilizado, también llamado combustible irradiado, se almacena dentro del edificio del reactor en una estructura de hormigón en forma de piscina cerca de la parte superior de la vasija del reactor. Cuando se recarga de combustible el reactor, el combustible irradiado es

retirado del reactor por medio de una gran grúa, trasladado a la piscina y mantenido bajo el agua durante unos cuantos años. Este combustible irradiado debe quedar bajo el agua para impedir fugas graves de radioactividad, entre otras razones. Podría ocurrir una fusión o incluso un incendio si se produjera una pérdida de refrigerante de la piscina de combustible irradiado. El agua de la piscina de combustible irradiado y el techo del edificio del reactor son las barreras principales para evitar la fuga de radiactividad de la piscina de combustible irradiado.

Una explosión ligada a la Unidad 1 tuvo lugar el 12 de marzo a las 3:36 p.m.[1] En un principio las autoridades declararon que esto había sucedido en el edificio de la turbina junto al edificio del reactor. Sin embargo, fue el tejado del edificio del reactor y parte de las paredes junto al tejado los que saltaron completamente por los aires, dejando solamente un esqueleto de acero en lo alto del edificio. Esto indica una explosión dentro del edificio del reactor, probablemente una explosión de hidrógeno, puesto que el hidrógeno es mucho más ligero que el aire y se acumularía cerca de la parte superior del edificio. La explosión parece haber ocurrido por tanto cerca del nivel en el que se ubicaría la piscina de combustible irradiado en un reactor Mark 1.

Si bien las autoridades japonesas han declarado que la vasija del reactor está todavía intacta, no han dicho una palabra respecto al estado de la estructura de la piscina de combustible irradiado, salvo indirectamente (véase más abajo) ¿Está todavía intacta? Se trata de una cuestión crucial con respecto al abanico de potenciales consecuencias del accidente del reactor.

Se genera hidrógeno en un reactor nuclear si el combustible del reactor pierde su cobertura de agua refrigerante. Los tubos que contienen las cápsulas de combustible están hechos de una aleación de zirconio. El zirconio reacciona con vapor que produce óxido de zirconio y gas de hidrógeno. Además, la reacción es exotérmica, es decir, libera gran cantidad de calor, y crea por tanto una retroalimentación positiva que agrava el problema y eleva la temperatura. El mismo fenómeno puede ocurrir en una piscina de combustible irradiado en caso de pérdida del agua refrigerante. Además, puede producirse un incendio. Los mecanismos y consecuencias de un accidente se conocen razonablemente bien. Vale la pena citar por extenso un estudio de la Academia Nacional de Ciencias norteamericana, publicado en 2006:

“La capacidad de eliminar el calor deteriorado del combustible irradiado quedaría también reducida a medida que cae el nivel del agua, especialmente cuando cae por debajo del límite superior en las conducciones de combustible. Esto provocaría que aumentara la temperatura en las conducciones de combustible, acelerando la oxidación del revestimiento de aleación de zirconio (o zircaloy) que recubre las cápsulas de óxido de uranio. Esta reacción de oxidación puede tener lugar en presencia tanto de aire como de vapor y es fuertemente exotérmica, es decir, que la reacción libera gran cantidad de calor, que puede elevar aún más las temperaturas del revestimiento. La reacción de vapor también genera grandes cantidades de hidrógeno...”

[Con la pérdida de refrigerante] “Estas reacciones de oxidación pueden convertirse en automáticamente autosuficientes...a altas temperaturas (es decir, cerca de un factor de 10 más elevado que el punto de ebullición del agua) si existe un suministro de oxígeno disponible para sostener las reacciones (...) el resultado podría consistir en una reacción de oxidación fuera de control a la que se alude en este informe como incendio del revestimiento de zirconio que procede como frente del fuego (tal como se ve, por ejemplo, en el incendio de un bosque o en una bengala) a lo largo del eje de la barra de combustible hacia la fuente del oxidante (es decir, aire o vapor)...”

“A medida que se incrementan las temperaturas de la barra de combustible, aumenta la presión del gas dentro de la barra de combustible y puede provocar eventualmente que el revestimiento se hinche y reviente. A temperaturas más elevadas (cerca de 1.800 grados centígrados [aproximadamente 3.300 grados Fahrenheit]), el revestimiento de zirconio reacciona con el combustible de óxido de uranio formando una fase fundida compleja que contiene óxido de uranio-zirconio. Partiendo de la ruptura del revestimiento, estos procesos podrían tener como resultado la liberación

de gases de fisión y parte del material radiactivo del combustible en forma de aerosoles en el edificio que alberga la piscina del combustible irradiado y posiblemente en el medio ambiente. Si no se disipa el calor de una conducción candente, el fuego podría extenderse a otras conducciones de combustible irradiado de la piscina, produciendo un incendio del revestimiento de zirconio que se propagara”.

“La reacción de alta temperatura del zirconio y el vapor se ha descrito cuantitativamente por lo menos desde principios de los años 60...” [2]

El alcance de la fuga dependería de la gravedad de la pérdida del refrigerante, de cuánto combustible irradiado quede en la piscina, y cuánto hace que se haya descargado parte de ello recientemente. Los mecanismos del accidente serían muy diferentes de los de Chernobil, [3] donde también se produjo un incendio, y la mezcla de radionucleidos sería muy diferente. Aunque la cantidad de radionucleidos de corta duración, sobre todo el yodo-131, sería mucho más pequeña, las consecuencias a largo plazo serían mucho más graves debido a radionucleidos de larga duración, tales como el cesio-137, el estroncio-90, yodo-129, y plutonio-239. Estos radionucleidos están generalmente presentes en cantidades mucho más grandes en las piscinas de combustible irradiado que en el reactor mismo. A la luz de lo que esto supone, es notable lo poco que han dicho las autoridades japonesas acerca de este problema. De la minúscula porción de información disponible, parece desprenderse que hay un problema con el enfriamiento del combustible irradiado. Según un comunicado de prensa de TEPCO [empresa propietaria de la central], emitido el 13 de marzo a las 9 p.m., hora de Japón:

"Estamos coordinando ahora mismo con las autoridades y departamentos lo relativo a cómo garantizar que el agua refrigerante enfríe el agua de la piscina de combustible irradiado". [4]

Esto indica que estamos ante un problema de refrigeración del combustible irradiado. Pero no hay información acerca de su gravedad, ni de si se ha dañado la piscina al estar filtrándose. Resulta razonable conjeturar que bombear agua de mar al edificio del reactor desde el exterior iría dirigido más a la piscina de combustible irradiado que al reactor. De acuerdo con TEPCO, la inyección de agua marina en la vasija del reactor de la Unidad 1 se ha realizado con éxito. También parece ser este el caso de la Unidad 3, en el momento de escribir esto. [5] Parece probable que la ventilación del vapor radioactivo de los reactores haya de continuar.

No esta claro en este estadio si se ha dado salida a los radionucleidos de la piscina de combustible irradiado en la Unidad 1. Que se ha dado salida desde el reactor lo han reconocido las autoridades. Se ha informado de niveles bastante elevados de radiación fuera de la central, por encima de 1.200 microsievets por hora, [6] que es más de 10.000 veces la radiación del trasfondo natural al nivel del mar. En este nivel la dosis anual humana permisible de radiación se sobrepasaría en menos de una hora. Esos niveles indican una fusión parcial en la Unidad 1 y posiblemente en la Unidad 3. Sin embargo, si bien parece estar ampliamente asumido que ha emanado radiactividad sólo de la(s) vasija(s) del reactor, no está claro si parte de la misma procede de una fuga de la piscina de combustible irradiado de la Unidad 1, que puede haber quedado dañada por la explosión.

Las consecuencias de accidentes graves en piscinas de combustible irradiado en reactores cerrados norteamericanos las estudió el Laboratorio Nacional de Brookhaven en un informe de 1997 preparado por la Comisión Reguladora Nuclear de los EE. UU. De acuerdo con sus resultados, los daños ocasionados por esos accidentes en Reactores de Agua en Ebullición norteamericano eran del orden de entre 700 millones y 546.000 millones de dólares, lo que sería poco más o menos entre 900 millones y 700.000 millones en dólares de hoy. Las cifras más reducidas podrían aplicarse si hubiera sólo un conjunto antiguo de combustible irradiado presente en la piscina para una piscina llena en la que el combustible irradiado ha sido reacomodado para maximizar el almacenamiento. Otras variables consistirían en si había algo de combustible irradiado recientemente descargado en la piscina, lo que

incrementaría enormemente las fugas de radiactividad. Las estimaciones de muertes por cáncer en los años y décadas posteriores al accidente se calcularían entre 1.300 y 31.900 en 50 kilómetros (30 millas) alrededor de la central y entre 1.900 y 138.000 en un radio de 500 kilómetros (300 millas) alrededor de la central. [7]

Hasta ahora las autoridades no han mencionado la cantidad de combustible irradiado en la piscina de combustible irradiado de la Unidad 1. El abanico de consecuencias en Japón sería algo diferente, puesto que las consecuencias dependen de la densidad de población entre 50 y 500 kilómetros en torno a la planta, la política de reacomodo, y algunas otras variables. Habría que hacer notar también que la Unidad 1 de Daiichi 1 estaría clasificada en cerca de la mitad de la potencia de la mayoría de los reactores norteamericanos, de modo que la cantidad de radiactividad de la piscina sería cerca de la mitad de la cantidad media, de ser igual todo lo demás. Pero el estudio de Brookhaven se puede tomar como indicador general de que la escala de daños podría ser inmensa en el caso más grave.

Esperemos que la piscina de combustible irradiado pueda mantenerse llena de agua y los diversos reactores puedan mantenerse lo bastante refrigerados como para impedir consecuencias mucho más graves que las que ya han sucedido (ha habido ya una exposición grave de los trabajadores y una exposición pública a la radiación, de acuerdo con las informaciones [8]). Pero el accidente deja claro que hay amplia información de que son posibles consecuencias muy graves en reactores de agua más ligeros, que son los diseños utilizados en Japón, los Estados Unidos y la mayoría del resto del mundo. Las piscinas de combustible irradiado tienen formas especiales de vulnerabilidad que son diferentes en diferentes diseños específicos, pero todas poseen algún riesgo de consecuencias graves en accidentes o atentados terroristas en el peor de los casos (estudiados por las Academias Nacionales en su informe de 2006).

Los Estados Unidos deberían sacar todo el combustible irradiado que pudieran de las piscinas para trasladarlo a un almacenamiento en seco reforzado y seguro. La tragedia de Japón supone un recordatorio de que elaborar productos de plutonio y fisión para hervir simplemente agua (que es lo que hace un reactor nuclear) no constituye un enfoque prudente de generación de electricidad. Aunque se necesiten los reactores existentes para mantener la estabilidad del suministro eléctrico durante algún tiempo (como resulta evidente también a partir de la catástrofe de terremoto y maremoto de Japón), deberían detenerse los proyectos de nuevos reactores y eliminarse gradualmente los reactores existentes junto al carbón y el petróleo. Es posible hacerlo en términos económicos en las próximas décadas, a la vez que se mantiene la fiabilidad del sistema de electricidad, aumentando además enormemente su seguridad, tal como he mostrado en mi libro *Carbon-Free and Nuclear Free: A Roadmap for U.S. Energy Policy* [*Sin carbono ni nucleares: una hoja de ruta para la política energética norteamericana*], publicado en 2007 y en trabajos posteriores que pueden encontrarse en la página en red del IEER, [www.ieer.org](http://www.ieer.org). [Carbon-Free and Nuclear-Free](#) y que pueden descargarse gratuitamente.

**NOTAS:** [1] Tokyo Electric Power Company, comunicado de prensa, "Plant Status of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (9 p.m. [hora de Japón 13 de marzo]," en la Red en: <http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11031310-e.html> Estos comunicados de prensa aparecen más abajo como TEPCO 2011, con la fecha y hora del comunicado de prensa y su URL correspondiente. [2] Safety and Security of Spent Fuel Storage; Public Report. Washington, D.C.: National Academy Press, 2006, pp.38-39. Este informe abordaba la cuestión de los atentados terroristas contra piscinas de combustible irradiado y las precauciones que deberían tomarse a la luz de la gravedad potencial del problema. Véase más abajo. [3] El reactor de Chernobil era de un diseño muy distinto, refrigerado con agua y moderado con grafito. El reactor mismo explotó de forma catastrófica en ese caso debido a un accidente que se descontroló. No es el caso actual, puesto que el reactor se clausuró con éxito casi inmediatamente después del accidente. En Chernobil se prendió fuego el grafito y el incendio duró diez días. En el caso del accidente más grave en piscina de combustible irradiado, sería el zirconio el que se prendería fuego, tal como describe el estudio de las Academias Nacionales citado más arriba. [4] Comunicado de prensa de TEPCO, 13 de marzo, 9 p.m. en la Red en: <http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11031312-e.html> [5] Comunicado de prensa de

TEPCO, 13 de marzo, 9 p.m. en la Red en: <http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11031312-e.html> [6] Hiroko Tabuchi y Matthew Wald, "Partial meltdowns Presumed at Crippled Reactors," New York Times, 13 de marzo, 2011, <http://www.nytimes.com/2011/03/14/world/asia/>, visto a las 8.13 p.m. hora del Este, 13 de marzo, 2011. A partir de aquí citado como Tabuchi y Wald, 2011. [7] R.J. Travis, R.E. Davis, E.J. Grove, M.A. Azarm, A Safety and Regulatory Assessment of Generic BWR and PWR Permanently Shutdown Nuclear Power Plants, BNL-NUREG-52498, Brookhaven National Laboratory, 1997, Cuadro 4.1, 4.2. [8] Tabuchi y Wald, 2011.

**Arjun Makhijani** es presidente del Institute for Energy and Environmental Research [Instituto de Investigación Energética y Ambiental]. Es doctor en ingeniería por la universidad de California, Berkeley, donde se especializó en fusión nuclear. Fue elegido miembro de la American Physical Society en 2007.

Traducción para [www.sinpermiso.info](http://www.sinpermiso.info): Lucas Antón

**sinpermiso** electrónico se ofrece semanalmente de forma gratuita. No recibe ningún tipo de subvención pública ni privada, y su existencia sólo es posible gracias al trabajo voluntario de sus colaboradores y a las donaciones altruistas de sus lectores. Si le ha interesado este artículo, considere la posibilidad de contribuir al desarrollo de este proyecto político-cultural realizando una **DONACIÓN** o haciendo una **SUSCRIPCIÓN** a la **REVISTA SEMESTRAL** impresa.

Counterpunch, 17 marzo 2011

| [Compartir](#) |



**cerrar ventana X**