

por Dana Sacchetti

# Tierra, viento

**La preparación de las centrales nucleares  
contra la furia de la Naturaleza.**

y



Foto: La producción de la energía nucleoelectrónica no tiene lugar en el vacío. La exposición al mundo exterior puede acarrear peligros, como los huracanes, terremotos, incendios, tsunamis y las erupciones volcánicas. Con la seguridad tecnológica como prioridad máxima de las centrales nucleares, corresponde a los diseñadores y constructores de las instalaciones prepararlas para lo peor que la naturaleza pueda obligarlas a soportar.



# o fuego

**D**esde los albores de la energía nucleoelectrica, la preocupación esencial en relación con las centrales nucleares ha sido la perspectiva de un error humano o una avería mecánica que provocaran una descarga radiológica en el medio ambiente. Los ejemplos de Chernóbil y Three Mile Island dejaron la impresión de que los factores de riesgo más graves se encontraban dentro de los muros de una central.

Sin embargo, los acontecimientos de estos últimos años han hecho surgir el espectro de nuevas amenazas: que el peligro más grave que se cierne sobre el funcionamiento de una central se encuentra fuera de sus muros y no dentro. La producción de la energía nucleoelectrica no tiene lugar en el vacío y, al estar las centrales desperdigadas por todo el mundo expuestas a los elementos, la posibilidad de interferencia con fenómenos naturales es omnipresente. La exposición al mundo exterior puede acarrear peligros como los huracanes, terremotos, incendios, tsunamis y las erupciones volcánicas. Con la seguridad como máxima prioridad para las centrales nucleares, corresponde a los diseñadores y constructores de las instalaciones prepararlas para lo peor que la Naturaleza pueda obligarlas a soportar.

## Vulnerabilidad sísmica

Uno de los primeros sucesos externos que atrajo la atención de la comunidad nuclear ocurrió hace más de treinta años, cuando un terremoto que se produjo en Rumania en 1977 afectó a la central nuclear de Kozloduy, próxima a Bulgaria. Las sacudidas causaron sólo daños superficiales en partes de la central que no guardaban relación directa con la seguridad, pero que alertaron a la comunidad internacional de la existencia de un posible talón de Aquiles en algunas de las centrales de diseño soviético más antiguas.

"El terremoto de Vrancea en 1977 fue una llamada de alerta para las centrales de diseño soviético," explica Aybars Gürpınar, ex director de la División del OIEA de Seguridad de las Instalaciones Nucleares. "También obligó a la Unión Soviética a reforzar la central de Armenia y llevó al OIEA a poner en marcha la primera de sus numerosas misiones de asistencia para examinar los diseños de las centrales de toda la región."

También el accidente de Chernóbil dio lugar a abundante introspección sobre la seguridad nuclear tecnológica en toda Europa Oriental, la Unión Soviética y la comunidad nuclear internacional. Junto con problemas más generales relacionados con la seguridad tecnológica, aumentó la preocupación al pensar que no se estaba haciendo bastante para proteger las centrales de posibles sucesos externos.

Durante los últimos años del decenio de 1980 y primeros del de 1990, el OIEA envió varias misiones de reconocimiento a centrales de Armenia, Checoslovaquia, Bulgaria y la Federación de Rusia para evaluar las centrales de diseño soviético. Gracias a esas misiones, el OIEA descubrió que las centrales de primera generación con reactor de potencia refrigerado y moderado por agua (WWER) estaban diseñadas sin haber tenido en cuenta en su construcción los riesgos externos. El OIEA concluyó sus misiones recomendando que debía revisarse parte del equipo de las centrales, junto con la instalación de protecciones adicionales y el mejoramiento del equipo de seguridad tecnológica.

También en otras regiones han despertado inquietudes las limitaciones sísmicas del diseño de las centrales nucleares. Algunas centrales de los EE.UU. han excedido la base del diseño para terremotos ocasionalmente, aunque nunca ha llegado a producirse un riesgo significativo para la seguridad tecnológica.

En enero de 1986, hubo un terremoto de magnitud 4,9 en la escala de Richter en las proximidades de la central nuclear de Perry, un reactor de una sola unidad situado en la zona nororiental de Ohio. Las aceleraciones del terreno que se registraron en el emplazamiento llegaron a oscilar entre 0,19 y 0,23g, muy por encima de la base de diseño (0,1g) de la central. Esta no se encontraba por entonces en funcionamiento, aunque estaba prevista una carga de combustible no irradiado para el día siguiente. Después de este suceso fue enviado a la central un equipo de ingenieros y sismólogos para inspeccionar cualquier fallo del sistema y comprobar las posibles secuelas en los días siguientes. Se observaron pequeñas grietas en el hormigón y fugas en algunas tuberías de importancia

secundaria, aunque es posible que unas y otras existieran ya antes del temblor. El terremoto de la central nuclear de Perry desencadenó una prolongada batalla legal, pero como se observó que había resistido bien el temblor, se reanudó su funcionamiento poco después.

El mayor terremoto que ha afectado nunca a una central nuclear se produjo el año pasado en Japón, en las proximidades de la instalación nuclear más grande del mundo. La violencia del temblor provocó la muerte de 11 personas en las zonas circundantes, derribó casi 400 estructuras y destruyó fábricas de automóviles. La central nuclear de Kashiwazaki-Kariwa, una instalación de siete unidades situada en la costa del Mar del Japón, fue sacudida por este temblor de una magnitud de 6,6 el 16 de Julio de 2007, provocando su parada por razones de seguridad. Aunque los reactores funcionaban bien, se descubrió que el temblor se había producido en una falla de la que no tenían conocimiento los diseñadores de la central, y su intensidad sobrepasó con mucho los límites para los que la central había sido diseñada en principio.

Dos visitas de expertos del OIEA al emplazamiento llegaron a la conclusión de que si bien se había sobrepasado la base de diseño, la central estaba correctamente planeada y aguantó bien, a pesar de la inesperada violencia del temblor. Sin embargo la central sigue parada desde el terremoto, y no se ha fijado un calendario para reanudar la explotación.

Como Japón es uno de los países del mundo con mayor actividad sísmica, cuenta con series de reglas estrictas ideadas para limitar el efecto de los temblores en las centrales nucleares. Esas normas exigen que las centrales se construyan sobre un lecho sólido de roca para reducir las sacudidas y la clasificación de todos los componentes de la central en diferentes categorías de seguridad tecnológica. Como algunos aspectos de la central son más vulnerables que otros, el diseño en relación con la solidez ha de tenerlo en cuenta.

## Tsunamis e inundaciones

Con un número significativo de centrales nucleares en el mundo que utilizan el agua del mar como refrigerante, la segunda amenaza a la que han de hacer frente las centrales es la inundación del litoral y, más concretamente, los tsunamis. El impresionante terremoto que se produjo en el Océano Índico el 26 de diciembre de 2004 generó una serie de tsunamis devastadores, que provocaron la muerte de casi un cuarto de millón de personas y daños cuantiosos en once países.

Dos unidades de potencia en la central nuclear de Kalpakkam en la India se vieron afectadas por el tsunami, aunque ambas resistieron bien las olas. A pesar de que los diseñadores de la central nunca habían pensado en que un tsunami se abatiera sobre ella, sí tuvieron en cuenta

el fenómeno similar de la marejada provocada por un ciclón. Los constructores de la central habían calculado el nivel máximo de agua que podría alcanzarla en caso de marejada y la habían edificado en consonancia. Se construyeron dos pozos, uno lejos en el mar y otro en tierra, para alertar a los explotadores en caso de que se aproximara una ola de marejada. En cuanto el explotador recibía la señal de alarma, se procedía a la parada inmediata de la central. Aun así, los edificios que albergaban los reactores estaban protegidos por muros de un metro de espesor, de modo que no era probable que el agua penetrara en las unidades del reactor.

Así pues, incluso con niveles de agua más altos y el impacto tremendo de una ola enorme, la central de Kalpakkam funcionó bien bajo presión.

“Para conseguir que edificios de tanta importancia aguanten los terremotos, se construye una gran base de hormigón a modo de colchón,” explicó L. V. Krishnan, ex director del Centro Indira Gandhi de Investigaciones Atómicas en Kalpakkam. “Así, si la estructura se mueve, se moverá toda ella a la vez sin agrietarse.”

Grandes inundaciones afectaron también a la central nuclear de Le Blayais en la región de Burdeos (Francia). Durante una fuerte tormenta que se produjo en diciembre de 1999, olas enormes se estrellaron contra un dique protector instalado en la central, sumergiendo parcialmente algunas zonas de la instalación. El agua afectó al funcionamiento de la central, concretamente las unidades 1 y 2. Las bombas de agua que hubieran debido usarse normalmente para evacuar el agua de la central quedaron inutilizables, obligando a los directores de la central a adoptar medidas de emergencia para evitar una posible fusión del núcleo. Se recurrió a los sistemas de emergencia de alimentación de agua para hacer frente a la inundación, y la central volvió después a funcionar.

Las normas de seguridad francesas obligan a situar la plataforma que sostiene el equipo de seguridad correspondiente a un nivel como mínimo igual al nivel máximo del agua y a bloquear toda posible vía por la que las aguas del exterior pudieran llegar al equipo de seguridad del reactor, situado por debajo del nivel de la plataforma del emplazamiento. De resultados de la inundación de Le Blayais, donde las dos normas fallaron, las autoridades nucleares francesas se vieron obligadas a reexaminar las normas relativas a las inundaciones.

## El camino hacia adelante

Desde finales del decenio de 1970, el OIEA viene trabajando en la evaluación del estado de alerta ante el peligro en las centrales nucleares de todo el mundo. La mayoría de sus primeras misiones se centraron en países en desarrollo, donde el Organismo contribuía a asegurar que las instalaciones nucleares fueran suficientemente sólidas

para resistir ciertos riesgos medioambientales. Hace mucho que el OIEA ha publicado normas de seguridad que formulan recomendaciones a los países que piden asesoramiento para mejorar la seguridad de las instalaciones nucleares.

Hace unos ocho años, el OIEA empezó a formular normas de seguridad más informadas de los riesgos y basadas en evaluaciones probabilistas. Este cambio de enfoque requiere que los constructores de las centrales integren la posibilidad de que surja un riesgo externo durante la construcción de una central, en tanto que las normas más antiguas tenían una mayor uniformidad para todas las centrales del mundo.

El OIEA también organiza conferencias y reuniones entre los Estados con energía nucleoelectrónica para debatir de qué maneras se pueden construir las centrales y adaptarse retrospectivamente a acontecimientos exteriores. El año pasado, el OIEA celebró dos de estas conferencias relativas a riesgos externos, centradas en la seguridad sísmica y en la amenaza que representan los tsunamis.

Se espera que en los próximos años aumente la carga de trabajo del OIEA en relación con los riesgos externos.

“Actualmente acuden a nosotros muchos países con nuevas construcciones, pidiendo la ayuda del OIEA en la evaluación de los emplazamientos y la consideración de acontecimientos externos,” explicó el Sr. Gürpınar.

Sin embargo, la determinación de la mejor manera de proteger las centrales nucleares de la furia de la Madre Naturaleza sigue siendo un proceso de aprendizaje. “Estamos descubriendo que nuestro aprendizaje más importante de los efectos de los terremotos en las centrales nucleares se produce siempre después de intensos movimientos sísmicos,” explicó Antonio Godoy, jefe interino de la Sección de Seguridad Técnica del OIEA.

Con una comunicación y una transparencia constantes entre los países que tienen energía nucleoelectrónica, el OIEA y los reguladores del mundo entero están actuando para mantener las centrales seguras frente a todo lo que la naturaleza puede obligarlas a soportar.

El Sr. S.N. Ahmad, del Departamento de Energía Atómica de la India, recapituló sobre el diseño de las centrales nucleares en relación con los fenómenos naturales. “El hombre tiene que vivir con las catástrofes naturales,” afirmó. “La cordura está en hacer frente eficazmente a los desafíos que representan esas situaciones y garantizar la seguridad de las vidas humanas y los bienes. En las centrales nucleares se tienen en cuenta la totalidad del espectro de las catástrofes naturales y condiciones de accidentes sumamente improbables en la selección del emplazamiento y el diseño.”



Dana Sacchetti, División de Información Pública, OIEA.  
Correo-e: [d.sacchetti@iaea.org](mailto:d.sacchetti@iaea.org).

## Enseñanzas firmes de los temblores

**Kashiwazaki, Japón** — A raíz del importante terremoto que el año pasado sacudió la central nuclear más grande del mundo, la de Kashiwazaki-Kariwa, se ha reavivado el interés internacional por la resistencia estructural de las instalaciones nucleares. Del 19 al 21 de junio de 2008, el OIEA organizó un taller que tenía como objetivo compartir conocimientos y enfoques técnicos recientes sobre el diseño y el mantenimiento de la robustez de las centrales nucleares para poder resistir con seguridad a ese tipo de peligros externos graves. La reunión congregó a más de 300 participantes de diversas especialidades, y concluyó a finales de junio de 2008 en Japón.

“Organizamos el taller con objeto de intercambiar conclusiones recientes e información obtenida de terremotos fuertes que repercuten en las centrales nucleares, así como buenas prácticas y las enseñanzas aprendidas,” explicó Antonio Godoy, Jefe interino de la Sección de Seguridad Técnica del OIEA y director del taller.

Las principales conclusiones del taller fueron:

- 1 La evaluación del riesgo sísmico sigue siendo un elemento clave para garantizar la seguridad sísmica de una central nuclear;
- 2 La información propia del emplazamiento y un entendimiento cabal de las características geológicas y tectónicas del emplazamiento de una central nuclear son primordiales para la seguridad sísmica;
- 3 A la luz del terremoto de julio de 2007 en la central de Kashiwazaki-Kariwa, es evidente que el diseño y las reglas de seguridad desempeñan un papel crítico en el mantenimiento de la solidez de la central, pese a una subestimación del insumo sísmico original de los estudios sismológicos realizados por entonces; y
- 4 Las enseñanzas obtenidas de la experiencia de la central nuclear de Kashiwazaki-Kariwa representan una valiosa aportación a las normas de seguridad del OIEA.

“La ciencia está haciendo progresos extraordinarios, pero hemos de seguir procurando llegar a nuevas conclusiones y adquirir nueva información para garantizar la seguridad de las centrales nucleares. Y también tenemos que mantener la transparencia,” dijo el Sr. N. Hirawaka, de la Compañía de Energía Eléctrica Tohoku de Japón.

El taller estuvo organizado por el OIEA en cooperación con el Organismo de Seguridad Nuclear e Industrial (NISA), la Comisión de Seguridad Nuclear (NSC) y la Organización de Seguridad de la Energía Nuclear del Japón (JNES). La Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE cooperó en la organización del taller.

Un taller relacionado con éste y organizado por el OIEA sobre los efectos de los tsunamis en las centrales nucleares se celebró el 23 de junio de 2008 en Daejeong (Corea).