

ASPECTOS DE SEGURIDAD NUCLEAR

Informe presentado por Luis Lederman, Jefe interino de la Sección de Evaluación de la Seguridad del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA, quien actuó de Secretario Científico de la Sesión monográfica 7: "Medidas reparadoras en materia de seguridad nuclear".

Del 1 al 3 de abril de 1996 se celebró en la sede del OIEA en Viena, Austria, el Foro Internacional "Una década después de Chernobil: Aspectos de seguridad nuclear", organizado por el OIEA en cooperación con el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (DAHNU). Su objetivo era examinar las medidas reparadoras adoptadas después del accidente de Chernobil para aumentar la seguridad de los reactores RBMK y de la estructura de contención (sarcófago) en esa central. Los resultados se presentaron en la Conferencia Internacional sobre Chernobil celebrada la semana siguiente.

En el presente artículo se ofrecen fragmentos de las conclusiones del Foro sobre la seguridad de los reactores del tipo de Chernobil (RBMK) y las condiciones del emplazamiento de la propia central de Chernobil.

Causas del accidente

Durante los diez últimos años, numerosos grupos de científicos han investigado los sucesos que condujeron al accidente del 26 de abril de 1986 en la Unidad 4 de la central nuclear de Chernobil. Pese a que aún existen algunas lagunas en la información relacionada con los pormenores de ciertos fenómenos del accidente, lo que se conoce hasta hoy basta para determinar las causas y adoptar medidas eficaces que eviten la repetición de un hecho de esa naturaleza.

Según el punto de vista actual, las principales causas del accidente se pueden resumir de la manera siguiente:

- deficiencias graves en el diseño físico del reactor y en el diseño de los sistemas de parada;
- alto efecto positivo de huecos durante las condiciones de explotación con un alto grado de quemado;
- efecto positivo de la parada de emergencia en las condiciones del reactor previas al accidente;
- falla de incorporación del margen operacional de reactividad (ORM) a la protección del reactor;
- carencia de cultura de la seguridad en las organizaciones competentes que originó la incapacidad de remediar defectos importantes, pese a ser éstos conocidos mucho antes del accidente;

- un programa de ensayos insuficientemente fundamentado y revisado en relación con la seguridad tecnológica;
- violación de los procedimientos de explotación;
- funcionamiento y equipo de explotación que imponían exigencias injustificadas al personal competente;
- insuficiente protección contra accidentes que exceden de la base de diseño.

Seguridad de los RBMK

Hay consenso general respecto de que el diseño original del núcleo y del sistema de parada de los RBMK presentaba graves deficiencias. Esto es válido para todas las generaciones de centrales RBMK. Entre 1987 y 1991 se llevó a cabo una primera fase de mejoras de la seguridad de todas las unidades RBMK dirigidas a los problemas más graves en esta esfera.

Se ha reducido el efecto de la reactividad de huecos mediante la instalación de 80 a 90 absorbentes adicionales y el incremento del margen operacional de reactividad hasta de 43 a 45 barras de control manual, así como el aumento del enriquecimiento del combustible al 2,4%.

Se ha aumentado la eficiencia del sistema de parada de emergencia mediante la eliminación de las columnas de agua; el incremento del número de barras de control inferiores que se insertan en el núcleo junto con las barras superiores después de las señales de disparo; la velocidad de inserción de las barras; un nuevo sistema de parada rápida; y señales adicionales para el sistema de control y seguridad.

Se ha fortalecido la organización y la explotación mediante un cómputo más frecuente y representación visual del margen operacional de reactividad; y el perfeccionamiento del reglamento de explotación. También se han realizado progresos en otras esferas como la instalación de estaciones de parada a distancia, los ensayos no destructivos y la capacitación del personal (simulador). La aplicación de estas medidas varía de una central a otra.

Subsisten problemas que no corresponden a la primera fase de mejoras que requieren una atención mayor y dependen mayormente de las diferentes etapas del desarrollo de los RBMK.

No cabe duda de que se han realizado importantes mejoras en relación con las deficiencias en materia de seguridad que dieron lugar al accidente de Chernobil. En cuanto a otras cuestiones de seguridad está en marcha o prevista la mejora de la seguridad. En la ejecución de esta segunda fase de mejoras se sigue tropezando con serias dificultades financieras lo que podría calificarse como un problema actual importante, si no el principal, que enfrenta la seguridad de los RBMK.

Problemas de los RBMK sin resolver aún. El análisis realizado hasta hoy demuestra que, desde el



punto de vista técnico, las conocidas deficiencias en materia de seguridad en los RBMK de las segunda y tercera generaciones se pueden superar con medidas ampliamente compatibles con el concepto de defensa en profundidad. Muchas de las medidas que deben adoptarse han sido ya definidas y acordadas internacionalmente.

La factibilidad de readaptar a posteriori los RBMK de primera generación plantea otras interrogantes además de las relacionadas con las generaciones segunda y tercera de la central. En los países occidentales han existido serias dudas respecto de la viabilidad y rentabilidad de las readaptaciones. Sin embargo, desde la perspectiva actual, es menester reconocer que los programas de mejoras en ejecución tratan de resolver la mayoría de las inquietudes acerca de la seguridad. Entre ellos se incluye la readaptación a posteriori de características de seguridad esenciales como los sistemas de control y protección, los sistemas de refrigeración de emergencia del núcleo, y el confinamiento parcial. Es obvio que estos programas se traducirán en mejoras significativas aun cuando no siempre reproduzcan las soluciones técnicas introducidas en las nuevas centrales RBMK. Cuando resulta difícil aplicar enfoques "clásicos", éstos fre-

cuentemente se apoyan en "soluciones compensatorias".

Problemas específicos de Chernobil

La mayoría de las consideraciones anteriores sobre la seguridad de los RBMK son válidas también para la central de Chernobil. No obstante, la situación en Chernobil tiene características específicas debido a que existe una gama de problemas específicos del emplazamiento, los cuales se relacionan tanto con la seguridad de las unidades restantes como con las consecuencias del accidente.

Aunque existen planes de parar los reactores de Chernobil en el futuro inmediato, deberían ejecutarse los programas internacionalmente acordados destinados a mejorarlos para garantizar la seguridad durante el resto de su vida útil.

En cuanto a las consecuencias del accidente, las preocupaciones se centran en el sarcófago construido alrededor del reactor destruido, en el material radiactivo contenido en el sarcófago, y en el material radiactivo enterrado en el emplazamiento.

Vista aérea de la central nuclear de Chernobil. El sarcófago (primer plano) encierra la unidad destruida en el accidente.

(Cortesía: Mouchkin/OIEA)

Panorama de las actividades internacionales sobre la seguridad de los RBMK

En respuesta a una solicitud formulada inicialmente por la antigua Unión Soviética, en 1992 el OIEA puso en marcha un programa sobre la seguridad de los RBMK*. Su objetivo es consolidar los resultados de diversas actividades nacionales, bilaterales y multilaterales y lograr un consenso internacional sobre las mejoras necesarias en materia de seguridad y las prioridades conexas. Asimismo, sirve de ayuda a las organizaciones reguladoras y explotadoras y permite establecer una base para la adopción de decisiones técnicas y financieras.

El programa abarca una amplia gama de actividades, y desde 1992 se ha realizado una serie de exámenes y evaluaciones. Durante la primera fase del programa, Smolensk-3 e Ignalina-2 sirvieron de centrales de referencia de los RBMK.

Comisión Europea. En 1991 se estableció un consorcio internacional RBMK sobre la "Seguridad de las soluciones de diseño y la explotación de las centrales nucleares con reactores RBMK" bajo los auspicios de la Comisión Europea. En el consorcio han participado ocho países occidentales (el Canadá, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, España, Suecia y el Reino Unido) y los tres países que explotan los RBMK (Lituania, la Federación de Rusia y Ucrania). Se han estudiado las siguientes esferas temáticas: ingeniería de sistemas y progresión de los accidentes, sistemas de control y protección, física del núcleo, sucesos externos, calidad tecnológica, experiencia operacional, factores humanos, interfaz reglamentaria y evaluación probabilista de la seguridad (EPS).

Se han presentado más de 300 recomendaciones para aumentar la seguridad. Muchas de ellas habían sido reconocidas anteriormente por diseñadores y explotadores, y se habían tomado medidas, mientras que otras son recomendaciones nuevas importantes.

Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares (AMEIN). En 1992 un grupo de usuarios internacionales de reactores soviéticos determinó necesidades comunes para aumentar la seguridad de los RBMK, las cuales incluyen medidas aplicadas ya o completamente preparadas para su puesta en práctica y las que aún deben ejecutarse.

Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD). Al finalizar 1995, catorce países y la Unión Europea habían prometido aportar 245 millones de ECU a la Cuenta de Seguridad Nuclear (NSA).

La asistencia a la central de Ignalina incluye equipo de inspección durante el servicio, un simulador de tamaño natural, la protección contra incendios y la elaboración de un informe sobre el análisis de la seguridad.

La asistencia al RBMK de Leningrad se refiere a un programa para el aumento de la seguridad que incluye el suministro de un equipo similar al de Ignalina.

El Proyecto Chernobil de la NSA centra la atención en mejoras de la seguridad a corto plazo en la Unidad 3, incluida la inspección durante el servicio, la instrumentación de flujo neutrónico y el sistema de control del hidrógeno.

También se proporcionan fondos con destino a instalaciones de clausura, a saber, una planta de tratamiento de desechos líquidos de actividad baja e intermedia y una instalación de almacenamiento de combustible gastado.

Programas bilaterales. Suecia y Lituania. Este programa incluye el apoyo al órgano regulador VATESI, la cooperación entre la Industria Nuclear Sueca y la central Ignalina, y diversos proyectos técnicos. Las principales esferas de asistencia se relacionan con el marco jurídico (examen de la Ley sobre Energía de Lituania), el desarrollo del sistema reglamentario, la inspección del material, la administración, y la organización así como un estudio del nivel-1 de la EPS (de la central Barselina).

Los principales proyectos técnicos abarcan esferas tales como la protección contra incendios, el mejoramiento de la capacidad de alivio de la cavidad del reactor, el mejoramiento del sistema ALS, la capacidad de almacenamiento de combustible gastado, la compactación de desechos, la mejora de la protección física de la central y el perfeccionamiento del sistema de comunicaciones.

Rusia y el Canadá, Francia, Alemania, el Japón, Italia, Suecia, Suiza, el Reino Unido y los Estados Unidos de América. Entre los programas bilaterales con Rusia se incluyen los relacionados con: el desarrollo de procedimientos de explotación de emergencia basados en síntomas (EUA), la protección contra incendios, los tapones de cierre de los canales de combustible, el mejoramiento de la instrumentación y los controles, la inspección durante el servicio, el sistema de detección de fugas (el Japón), el análisis metalúrgico, la evaluación probabilista de la seguridad, la garantía de calidad, y los códigos termohidráulicos y neutrónicos.

Perspectivas. En general se considera que los resultados de la asistencia internacional han aumentado la confianza en que se han determinado las principales deficiencias y las mejoras de seguridad necesarias en los RBMK.

La situación de la introducción de las mejoras de seguridad en cada una de las centrales varía considerablemente. Por consiguiente, todavía se precisa un esfuerzo mayor para terminar los análisis de la seguridad de cada central e introducir las mejoras de seguridad necesarias.

* En el Boletín del OIEA, Volumen 38, N° 1 (marzo de 1996) se publicó un panorama de este Programa.

El sarcófago. La posible inestabilidad del sarcófago es un problema importante. La preocupación se relaciona principalmente con el hecho de que los soportes más importantes de la construcción principal tuvieron que erigirse por control remoto sin sujeciones tales como soldadura y uniones empernadas. Como resultado de ello, existe gran incertidumbre en cuanto a la resistencia a posibles impactos internos y externos. Esto tiene que ver sobre todo con la resistencia a cargas o impactos externos, tales como cargas debidas, por ejemplo, al viento, la nieve o los terremotos. En general se opina que, si no se adoptan contramedidas, es considerable el riesgo de un hundimiento parcial o total durante la vida nominal del sarcófago inicialmente proyectada en unos 30 años.

Incluso en el peor de los casos, es decir, un hundimiento completo, no habría que suponer efectos generalizados. No obstante, la estabilización del sarcófago es una cuestión de alta prioridad.

El agua que entra al sarcófago es otra cuestión importante de la seguridad. El agua estimula la desintegración de las masas de combustible en polvo y la degradación de las estructuras del edificio por la corrosión, y puede aumentar la reactividad de las masas de combustible. En cuanto al riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, la existencia de agua en el sarcófago representa cierto riesgo a largo plazo. No obstante, se supone que este riesgo sea mucho menor que el que representa el contacto del agua con el material radiactivo enterrado fuera del sarcófago.

Se han investigado ampliamente las posibilidades de la recriticidad. Se ha comprobado que el sarcófago es actualmente seguro desde el punto de vista de la criticidad. No obstante, no puede descartarse completamente la existencia de configuraciones de masas de combustible dentro del sarcófago que pudieran alcanzar un estado crítico si entraran en contacto con el agua. Sin embargo, incluso aunque ello produjera campos de radiación significativos dentro del sarcófago, no habría que preocuparse ni por las emisiones grandes fuera del emplazamiento ni por los efectos mecánicos en un suceso de esa índole. También se deberían aclarar los efectos en el personal de explotación de las demás unidades.

Otro asunto específico de la central de Chernobil es el de las posibles consecuencias que para la seguridad tiene la proximidad del sarcófago y del reactor destruido a la colindante Unidad 3 en funcionamiento. En general se supone que los riesgos sean insignificantes, pero es necesario seguir investigando este asunto. (Nota: Las opiniones difieren mucho sobre la importancia del riesgo de accidente en

la Unidad 3 de Chernobil a causa del hundimiento del sarcófago. Es preciso realizar investigaciones más detalladas sobre este asunto.)

Otros problemas específicos del emplazamiento

Los demás problemas específicos del emplazamiento se relacionan con la contaminación, particularmente con el material radiactivo enterrado en él. El tipo y magnitud de la contaminación se conocen perfectamente mediante las mediciones. Aunque la tasa de dosis local es considerablemente elevada, hay acceso a la mayoría de las áreas. Sin embargo, los depósitos provisionales de material altamente radiactivo, como es el caso del combustible nuclear expulsado por el reactor durante el accidente, representan un obstáculo para las medidas de construcción y reconstrucción. Además, las sustancias radiactivas llegan al agua subterránea del lugar. En la actualidad, la contaminación sigue siendo insignificante. Sin embargo, existe un riesgo considerable a largo plazo, y la evacuación ordenada de los depósitos provisionales es absolutamente necesaria.

Restauración gradual del emplazamiento

Debido a la magnitud de los problemas que hay que solucionar en Chernobil, es obvio que se necesita realizar esfuerzos mayores a largo plazo. Se debe asegurar la estabilidad del sarcófago, lograr la seguridad permanente del reactor destruido, evacuar los desechos y reconstruir el emplazamiento. Ello requerirá cuantiosos recursos.

En general se considera que estos problemas demandan un enfoque integrado dividido en etapas pertinentes. Dicho enfoque debería basarse en objetivos realistas que tengan en cuenta las condiciones radiológicas del emplazamiento y las prioridades debidas en materia de seguridad y evacuación de desechos. Su primer objetivo debería ser la estabilización del sarcófago existente, pues así se podría reducir de manera significativa el riesgo de desmoronamiento de la protección y disponer de tiempo para reflexionar y planificar detenidamente otras medidas como la construcción de un nuevo refugio y la gestión de los desechos. Esto incluiría la recuperación total o parcial de las masas de combustible que están dentro del sarcófago, y la evacuación del material radiactivo enterrado en el emplazamiento.