

Las centrales nucleares futuras: Armonización de los objetivos de seguridad

Gracias a diversos canales de cooperación, las características técnicas de los reactores nucleares del mañana atraen más la atención

por Leonid Kabanov

La seguridad de la actual generación de centrales nucleares diseñadas y puestas en explotación según los objetivos y principios de seguridad vigentes ha alcanzado un alto nivel. Aunque la mayoría de las unidades en explotación tiene un buen historial de seguridad, los expertos en esa esfera y en energía nucleoelectrónica desarrollan intensos debates sobre cómo mejorar aún más ese comportamiento.

Esta búsqueda de un nivel de excelencia se basa en varios factores. En primer lugar, toda actividad industrial tiende a tornarse más segura y eficaz a medida que se desarrolla con el decursar del tiempo. Para la industria nuclear esto ha significado un mejoramiento de los niveles de seguridad de las centrales al asimilar las enseñanzas adquiridas en muchos años-reactor de experiencia operacional acumulada, incluidos los accidentes que han ocurrido. Además, las cuestiones de seguridad se identifican mediante la investigación, los ensayos y otros análisis, como la evaluación probabilística de la seguridad (EPS). En segundo lugar, se aspira a mantener el actual bajo nivel de riesgo a que está expuesto el público a causa de la energía nucleoelectrónica, a medida que aumente el número de centrales nucleares en el futuro. En tercer lugar, existe el deseo de reducir aún más la probabilidad y las consecuencias radiológicas de grandes emisiones potenciales fuera del emplazamiento. Al disminuir al mínimo los posibles efectos que tiene sobre la salud y la seguridad del público, se pueden reducir las medidas protectoras fuera del emplazamiento. Por último, en algunos países, los esfuerzos encaminados a aumentar el nivel de seguridad constituyen un requisito indispensable para que el público acepte un programa nucleoelectrónico nuevo o ampliado.

En 1992 el Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear (INSAG), órgano que asesora al Director General del OIEA en cuestiones de seguridad, propuso las características deseables para aumentar la seguridad de las centrales nucleares futuras*. Estas características incorporan conceptos de seguridad mejorados con inclusión de los que abordan los factores humanos y características específicas del diseño.

En la esfera de los factores humanos, las características especifican que el diseño debe ser cómodo para el usuario, tomar en consideración los procedimientos de explotación y mantenimiento y reducir la dependencia de la acción rápida de los operadores. La aplicación de estas características permitirá a los operadores disponer de más tiempo para tomar medidas de seguridad y proporcionar así una protección aún mayor contra cualquier liberación posible de radiactividad al medio ambiente.

En cuanto al diseño de la central, las características especifican que el diseño debe, en particular, reducir la probabilidad y las consecuencias de accidentes graves, poseer sistemas de confinamiento para hacer frente a las presiones y las temperaturas que se producen durante accidentes graves y proporcionar protección adecuada contra sabotajes y ataques con armas convencionales. Se debe pensar también en la conveniencia de introducir características de seguridad pasiva basadas en fuerzas naturales tales como la convección y la gravedad, lo que hace que las funciones de seguridad dependan menos de sistemas y componentes activos, como bombas y válvulas.

En la práctica, algunas de estas características ya se han incorporado a las centrales modernas en construcción o que han entrado en servicio recientemente. En los nuevos diseños que se están desarrollando actualmente se prevé incorporar otras características.

En el presente artículo se analizan los esfuerzos que se realizan internacionalmente para fomentar los principios y objetivos de seguridad de las centrales nucleares futuras. La labor está encaminada a contribuir a la armonización internacional de los criterios de seguridad y a ayudar a garantizar que los futuros reactores de todo el mundo reúnan un alto nivel de seguridad.

Tipos de centrales nucleares futuras

Las centrales nucleares del mañana son denominadas de diferentes formas. Los términos que se utilizan con más frecuencia son centrales nucleares de

El Señor Kabanov es Jefe de la Sección de Seguridad Tecnológica de la División de Seguridad de Instalaciones Nucleares del OIEA.

* Véase *Seguridad de la energía nucleoelectrónica*, INSAG-5, publicado por el OIEA (1993).

“próxima generación”, “avanzadas” o “futuras”. Los términos, que se emplean indistintamente en el presente artículo, se relacionan en lo esencial con el tiempo, y por lo general se refieren a las centrales que cumplen los objetivos y principios nacionales e internacionales en materia de seguridad que se están elaborando para los reactores nucleares de potencia que no están aún en explotación ni en construcción.

Los diseños avanzados que se están creando comprenden tres tipos básicos:

- reactores refrigerados por agua, que utilizan el agua como refrigerante y moderador;
- reactores rápidos, que utilizan un metal líquido, por ejemplo, sodio, como refrigerante; y
- reactores refrigerados por gas, que utilizan gas, por ejemplo, el helio, como refrigerante y grafito como moderador.

La mayoría, alrededor del 85%, de los reactores nucleares de potencia actualmente en explotación son reactores refrigerados por agua. La mayoría de los diseños avanzados que se han desarrollado suficientemente son también reactores refrigerados por agua. Hay dos tipos básicos: los reactores de agua ligera (LWR) que utilizan agua normal como moderador y refrigerante, y los reactores de agua pesada (HWR) que utilizan óxido de deuterio (D_2O). A su vez, los LWR se subdividen en reactores de agua en ebullición y reactores de agua a presión (BWR y PWR). Los LWR avanzados (ALWR), a veces conocidos como reactores *evolutivos*, se están desarrollando en dos direcciones: unidades de gran tamaño de 1300 a 1500 megavatios eléctricos (MWe), y unidades de mediano tamaño de unos 600 MWe. Como son construidos principalmente por la Atomic Energy of Canada Ltd., los HWR avanzados se pueden dividir igualmente en unidades de gran tamaño, con un nivel de potencia de unos 900 MWe, y unidades más pequeñas con un nivel de potencia de casi 500 MWe.

La primera clase de los ALWR grandes comprende muchos diseños y algunos de ellos son resultado del esfuerzo conjunto de diferentes países. En general, las unidades grandes son similares a las existentes, pero incorporan características avanzadas (relacionadas con la seguridad, el control, etc.) y cambios de diseño para que la central contrarreste mejor los accidentes graves. Entre los ejemplos de algunos PWR y BWR avanzados que están en una fase superior de diseño y sometidos al examen de las autoridades reguladoras, se incluyen: el reactor avanzado de agua en ebullición (ABWR), una central de 1300 MWe que la General Electric está desarrollando en los Estados Unidos; el Sistema 80+, un PWR de 1300 MWe que la ABB Combustion Engineering está desarrollando en los Estados Unidos; y el reactor europeo de agua a presión (EPR), una central de 1500 MWe que están desarrollando la Nuclear Power International, Francia y Alemania. En 1994 la Comisión de Reglamentación Nuclear de los Estados Unidos (NRC) emitió los informes finales sobre la evaluación de seguridad y los permisos de diseño del ABWR y el Sistema 80+.

La segunda clase de ALWR son centrales que utilizan principalmente la tecnología actual, pero incluyen cambios importantes para hacer un uso intensivo de las características de seguridad pasivas. Algunos

de ellos se hallan en una etapa avanzada de diseño y se pueden considerar ejemplos representativos. Incluyen el PWR (AP-600) pasivo avanzado, central de 600 MWe que la Westinghouse está desarrollando en los Estados Unidos; el reactor simplificado de agua en ebullición (SBWR), central de 600 MWe que la General Electric está desarrollando en los Estados Unidos; y el WWER-640 (V-407), central de 640 MWe que Atomenergoproject y Gidropress están desarrollando en Rusia. El AP-600 y el SBWR están siendo examinados actualmente por la NRC para la emisión de su certificación de diseño, y el WWER-640 está en la fase de que el órgano regulador ruso, Gosatomnadzor, le conceda la licencia preliminar.

Desde el punto de vista de la seguridad de las centrales nucleares, este proceso *evolutivo* de desarrollo ha recibido amplia aceptación. Al mismo tiempo, se analiza actualmente la necesidad de crear una nueva generación de centrales *innovadoras* que incorporen cambios radicales en la filosofía del diseño, para evitar accidentes graves. Esas propuestas están todavía en las primeras etapas del diseño, y su desarrollo enfrenta específicamente problemas asociados a los requisitos técnicos y financieros para comprobar y verificar los diseños.

Armonización de los objetivos de seguridad

Muchos países y organizaciones participan en los esfuerzos mundiales para armonizar los objetivos de seguridad de las centrales nucleares futuras. Además del OIEA, organizaciones intergubernamentales como la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE) y la Comisión Europea participan activamente en la labor.

Una de las tareas del OIEA es la elaboración de normas de seguridad nuclear para todas las actividades de la esfera nuclear. En el campo de la energía nucleoelectrónica, estas normas se elaboran con la ayuda de los Estados Miembros como parte de los esfuerzos que se realizan para tender un puente entre los diferentes puntos de vista y lograr un consenso. Las normas de seguridad acordadas están organizadas por orden jerárquico en cuatro niveles: al más alto nivel están las Nociones fundamentales de seguridad, seguidas por las Normas de seguridad, (o códigos NUSS), las Guías de seguridad y las Prácticas de seguridad.

El intercambio de información sobre las investigaciones en materia de seguridad nuclear se efectúa en el contexto de los grupos de trabajo de la AEN/OCDE. Dentro de la Comunidad Europea, un Grupo de Trabajo sobre Seguridad de los Reactores (RSWG), integrado por representantes de las autoridades de seguridad, los proveedores y las compañías nucleoelectrónicas, participa activamente en el intercambio de información y promueve la armonización en el campo de las normas y directrices relativas al diseño y explotación de las centrales nucleares. A menudo bajo los auspicios del OIEA, de la AEN/OCDE y del Grupo de Trabajo de Reguladores Nucleares (NRWG) de la Comunidad Europea, entre los órganos regu-

ladores también se establecen intercambios bilaterales y multilaterales.

El Instituto de Protección y Seguridad Nuclear (IPSN), Francia y la Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS, instituto de seguridad de reactores nucleares) de Alemania, han hecho un esfuerzo especial para lograr la armonización de los criterios de seguridad. Esta labor incluye la publicación en 1993 del documento titulado *GPR/PSK Proposal for a Common Safety Approach for Future Pressurized Water Reactors*.

Entre las compañías nucleoelectricas, muchos explotadores se interesan en definir sus necesidades y objetivos para las centrales nucleares que se ordenen construir en el futuro. Con ese fin, muchas compañías nucleoelectricas han recurrido a los enfoques de cooperación, tanto a nivel nacional como internacional. En 1985 las compañías nucleoelectricas de los Estados Unidos emprendieron un esfuerzo a nivel de toda la industria para establecer la base técnica del diseño de los ALWR. El Electric Power Research Institute (EPRI) dirige este programa de los ALWR, que cuenta con la participación y el auspicio de varias compañías nucleoelectricas internacionales, y mantiene estrecha cooperación con el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE). La piedra angular del programa es un documento que establece los requisitos de diseño de las compañías nucleoelectricas (URD). En otras partes, las compañías nucleoelectricas también trabajaron de consuno para publicar los requisitos de las compañías nucleoelectricas europeas (EUR).

Los URD y los EUR definen los requisitos de las compañías nucleoelectricas, con inclusión de los objetivos de seguridad que ellas establecen, especialmente para promover la concesión de licencias a los nuevos diseños de reactor. Por ejemplo, los URD exponen todas las exigencias de las compañías nucleoelectricas para las centrales nucleares de la próxima generación, y se refieren en particular a la política de seguridad de los ALWR. La política de seguridad de los ALWR presenta un enfoque de diseño integrado respecto de la seguridad, el cual se basa en el principio de la defensa en profundidad. Incluye tres niveles coincidentes de protección de la seguridad: resistencia a los accidentes, prevención del daño al núcleo y mitigación de accidentes. Los requisitos de diseño de la seguridad de alto nivel se elaboran sobre la base de la enunciación de la política de seguridad para cada nivel de protección de la seguridad y para el tipo específico de ALWR.

Los EUR han sido elaborados por los principales productores y asociaciones europeos de electricidad y se centran en los requisitos comunes de los futuros LWR que se construirán en Europa. Se prevé que sirvan de instrumento para fomentar la armonización, en particular, de los principales objetivos y requisitos de seguridad.

Muchas compañías nucleoelectricas de Asia, Europa y América del Norte han participado en la redacción y examen de ambas series de requisitos. Aunque estos documentos abarcan los requisitos generales de toda la central, abordan específicamente los principales objetivos de seguridad y los criterios de seguridad en detalle. Estos esfuerzos también pueden considerarse como una contribución importante a la

armonización mundial de los criterios y objetivos de seguridad de las centrales nucleares futuras.

Actividades que se realizan por conducto del OIEA

En 1991 los esfuerzos del OIEA en esta esfera cobraron ímpetu gracias a una resolución aprobada en su Conferencia General. En la resolución se invitó a que se emprendieran actividades para aplicar principios de seguridad al diseño de las centrales nucleares futuras utilizando un enfoque gradual basado, entre otras cosas, en la labor del INSAG.

Desde entonces, el Organismo ha celebrado una serie de reuniones destinadas a lograr acuerdo sobre las definiciones, la terminología y la clasificación de los reactores futuros en materia de seguridad. En las reuniones se han identificado mejoras de la seguridad convenientes y temas pertinentes a la formulación de nuevos principios. Se examinaron los informes de seguridad del INSAG, en cuanto se relacionaban con los principios de seguridad para las centrales futuras. Se identificaron partes de estos documentos que había que aclarar o ampliar.

En junio de 1995, una vez concluido el examen por el INSAG y recibidas las observaciones enviadas por sus Estados Miembros, el Organismo publicó un documento técnico titulado *Development of Safety Principles for the Design of Future Nuclear Power Plants* (IAEA TECDOC-801). En este documento se proponen versiones actualizadas de los objetivos y principios de seguridad vigentes que podrían tomarse de base para elaborar los recomendados para el diseño de centrales nucleares futuras. En consecuencia, se prevé que resulte útil para diseñadores, propietarios, explotadores, investigadores y reguladores de reactores. Se prevé que las propuestas proporcionen una orientación general que, si se aplica de forma cuidadosa y adecuada, dará como resultado diseños de reactores con características de seguridad mejoradas superiores a las de los que se encuentran actualmente en explotación. Estas propuestas emanan de las enseñanzas extraídas de la experiencia operacional, la investigación y desarrollo, el diseño, los ensayos y el análisis recientes; así como de los esfuerzos por reflejar las tendencias actuales del diseño de reactores, como por ejemplo, la introducción de nuevas tecnologías.

Las propuestas representan una contribución al creciente consenso internacional sobre lo que constituye un conjunto adecuado de principios técnicos para el diseño de reactores futuros. El punto de partida del documento fue el bien concebido conjunto de objetivos y principios para las centrales nucleares que se expone en el informe de seguridad del INSAG con el título de *Principios básicos de seguridad para centrales nucleares*, publicado por el OIEA en 1988. Según las definiciones que figuran en este documento, los objetivos de seguridad enuncian *qué* se debe lograr; mientras que los principios de seguridad enuncian *cómo* se deben lograr los objetivos.

Los objetivos y principios de seguridad de las actuales centrales son también en gran parte válidos para los diseños futuros. Con todo, en el documento

técnico de 1995 se proponen algunas modificaciones al objetivo técnico de seguridad y algunos principios nuevos. La propuesta principal es que los accidentes graves que excedan de la base de diseño existente se consideren sistemáticamente y se aborden explícitamente durante el proceso de diseño de reactores futuros.

En el documento también se subraya la necesidad de disminuir aún más el riesgo de las consecuencias radiológicas graves y garantizar que pueda reducirse o incluso eliminarse la posible necesidad de tomar medidas rápidas de protección fuera del emplazamiento. La defensa en profundidad continúa siendo la estrategia principal para enfrentar los accidentes graves de las centrales nucleares futuras y se basa en medidas de prevención y mitigación eficaces.

Esferas de mayor cooperación

Existe una serie de esferas en las que es necesario realizar mayores esfuerzos para armonizar las cuestiones técnicas y de política, que guardan relación con las centrales nucleares futuras. Aunque muchas de estas esferas brindan oportunidades prometedoras, otras no. En algunas esferas en las que no se dispone de un enfoque armónico, es posible que esa situación se mantenga durante muchos años debido a las grandes diferencias nacionales que existen desde los puntos de vista geográfico, cultural, político y de reglamentación. Es probable que otras esferas continúen siendo flexibles debido a las fuerzas del mercado.

En general, se necesita una mayor cooperación para salvar importantes diferencias técnicas y de política. Una mayor armonización quizás mejoraría la seguridad, el costo y la disponibilidad de las centrales nucleares futuras, así como la coherencia y la eficacia del proceso de concesión de licencias. Podría también reportar beneficios indirectos en lo que respecta a la aceptación del público. Probablemente la convergencia técnica de expertos en seguridad, reguladores y organizaciones que explotan compañías nucleoelectricas de todo el mundo en un conjunto coherente de principios contribuiría a aumentar la confianza en que se ha llegado a las conclusiones correctas.

Las oportunidades específicas para lograr una mayor armonización se encuentran en la esfera de la evaluación de la seguridad, incluida la evaluación de accidentes graves. Se necesita ante todo que las numerosas organizaciones que efectúan evaluaciones de la seguridad acuerden criterios más comunes. Entre las esferas concretas que necesitan esfuerzos de cooperación concertados figuran las siguientes:

- métodos de evaluación probabilista de la seguridad (EPS) y el papel de la EPS en la adopción de decisiones en materia de seguridad, incluido el equilibrio adecuado entre la EPS, los métodos deterministas y el criterio técnico;
- métodos y criterios de selección de las secuencias de accidentes graves que se considerarán en el diseño de las centrales futuras;
- métodos y criterios para abordar las incertidumbres, y para la aplicación práctica de políticas que exijan el análisis de todos los aspectos relacionados con los accidentes graves;

- enfoques relativos a la diferenciación entre accidentes base de diseño, según se analizan en los casos de concesión de licencias, y accidentes graves que también son tenidos en cuenta en el diseño y por el regulador;
- procedimientos de evaluación de la seguridad dentro del proceso de concesión de licencias de un país a otro, incluidos los requisitos de documentación técnica; también deberá prestarse atención a las medidas de armonización que alivien las complicaciones inherentes a la concesión de la licencia a una central diseñada a tenor de los códigos y normas de otro país;
- mayor coherencia en los métodos de evaluación del término fuente y en otros métodos de cálculo de las consecuencias radiológicas de los accidentes.

Cabe destacar también que los enfoques nacionales adoptados para hacer frente a los riesgos externos varían considerablemente. Al parecer resulta difícil armonizar las prácticas para las centrales futuras por el hecho de que cada emplazamiento tiene sus propios tipos y niveles de riesgo. El asunto de los riesgos externos ha surgido como un tema cada vez más importante, a medida que se logran niveles de seguridad más elevados respecto de los riesgos internos, por lo que la contribución relativa de los riesgos externos tiene mayor pertinencia.

Además, se deben definir objetivos de seguridad de alto nivel que permitan que se deriven metas de seguridad propias de las centrales nucleares y se comparen con las cuestiones más amplias de la salud pública y la protección en materia de seguridad de otras empresas. Una medida orientada a este fin fue la publicación por el OIEA del documento técnico titulado *Policy for Setting and Assessing Regulatory Safety Goals* (IAEA, TECDOC-831), el cual refleja el debate celebrado por reglamentadores superiores de 22 Estados Miembros en grupos de intereses afines.

Esta labor forma parte del esfuerzo constante del Organismo por contribuir al proceso del amplio debate internacional sobre la armonización de las metas, objetivos y principios de seguridad de las centrales nucleares futuras. El proceso puede ayudar a garantizar que se tomen plenamente en cuenta puntos de vista variados y diferentes y se logre un equilibrio entre ellos mediante una mayor cooperación internacional en esta importante esfera.