

# Examen internacional de la seguridad de las centrales nucleares WWER-440/230

*Informe sobre la evaluación de la seguridad de centrales más antiguas realizada por el OIEA en Bulgaria, Checoslovaquia y la Federación de Rusia*

por F. Niehaus  
y L. Lederman

Desde principios de 1990 y durante 15 meses, grupos de especialistas procedentes de 21 países y el OIEA realizaron evaluaciones de la seguridad de 10 centrales nucleares de diseño soviético que están en explotación en Bulgaria, Checoslovaquia y la Federación de Rusia. Los exámenes se realizaron en el marco de un programa del Organismo iniciado a solicitud de las respectivas autoridades nacionales.

En total se evaluaron 10 centrales, todas del tipo conocido como reactores WWER-440/230: dos en Bohunice, Checoslovaquia; cuatro en Kozloduy, Bulgaria; dos en Kola y dos en Novovoronezh, Federación de Rusia.

Los resultados de la primera fase del programa del OIEA, concluida recientemente, indican que esas centrales tienen graves deficiencias en materia de seguridad en comparación con las prácticas internacionales, si bien algunas de sus características las hacen menos susceptibles a perturbaciones que las centrales de otros tipos. Las centrales WWER-440/230 han acumulado colectivamente hasta la fecha unos 160 años-reactor de explotación, y tienen una elevada disponibilidad que aventaja comparativamente las de otras centrales.

En general, en el programa del OIEA se identificaron unas 100 cuestiones de seguridad que se clasificaron en cuatro categorías de menor a mayor gravedad según su significación para la seguridad. Un 60% de estas cuestiones despierta gran inquietud

desde el punto de vista de la seguridad y requiere atención inmediata.

En todas esas centrales, las entidades explotadoras están poniendo en práctica, en mayor o menor medida, programas encaminados a aumentar la seguridad. Los órganos reglamentadores nacionales tienen que reconocer que antes de autorizar la explotación sostenida de esas centrales, incluso por un período limitado, es indispensable establecer regímenes de explotación especiales y adoptar medidas compensatorias provisionales que aumenten la seguridad, en particular, aquellas que mantienen las características de seguridad positivas del diseño de estas centrales.

La explotación a largo plazo de dichas centrales exigiría la solución de los problemas asociados con la seguridad y la realización de reajustes de seguridad permanentes, y no temporales, en el equipo y los programas de computadora. Algunas de esas medidas entrañarían costos elevados y largos períodos de construcción, y sólo convendría adoptarlas si se previera la explotación a largo plazo de dichos reactores.

Estos factores, y otros problemas potenciales del envejecimiento que podrían reducir considerablemente la vida útil prevista de la central, deben ser estudiados cuidadosamente por los países interesados antes de adoptar una decisión sobre la explotación futura de las centrales WWER-440/230.

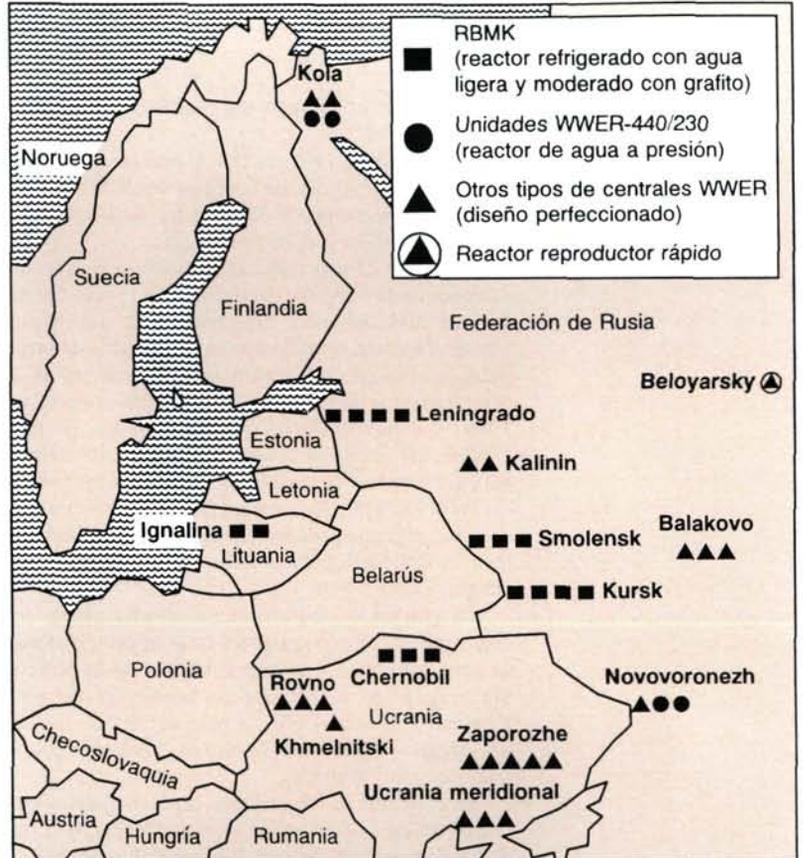
Los tres países han pedido al OIEA que continúe su programa relacionado con la seguridad de estos reactores. La segunda fase de este programa se centrará en la prestación de asesoramiento técnico para garantizar que en las mejoras que se introduzcan en materia de seguridad se tomen en cuenta las conclusiones y recomendaciones que los examinadores formularon durante la primera fase.

En este artículo se ofrece una reseña general del programa del Organismo que abarca las 10 centrales WWER-440/230 en explotación, y se examinan su-

El presente artículo se basa en un amplio informe técnico —*The Safety of WWER-440/230 Nuclear Power Plants (STI/PUB 912)*— publicado por el OIEA en mayo de 1992. Los autores principales de ese informe son los señores F. Niehaus, L. Lederman, C. Almeida, A. Erwin, K. Hide, J. Hoehn, B. Gachot, A. Godoy, A. Gurpinar y B. Thomas, del Departamento de Energía y Seguridad Nucleares del OIEA.

**Centrales WWER-440/230**

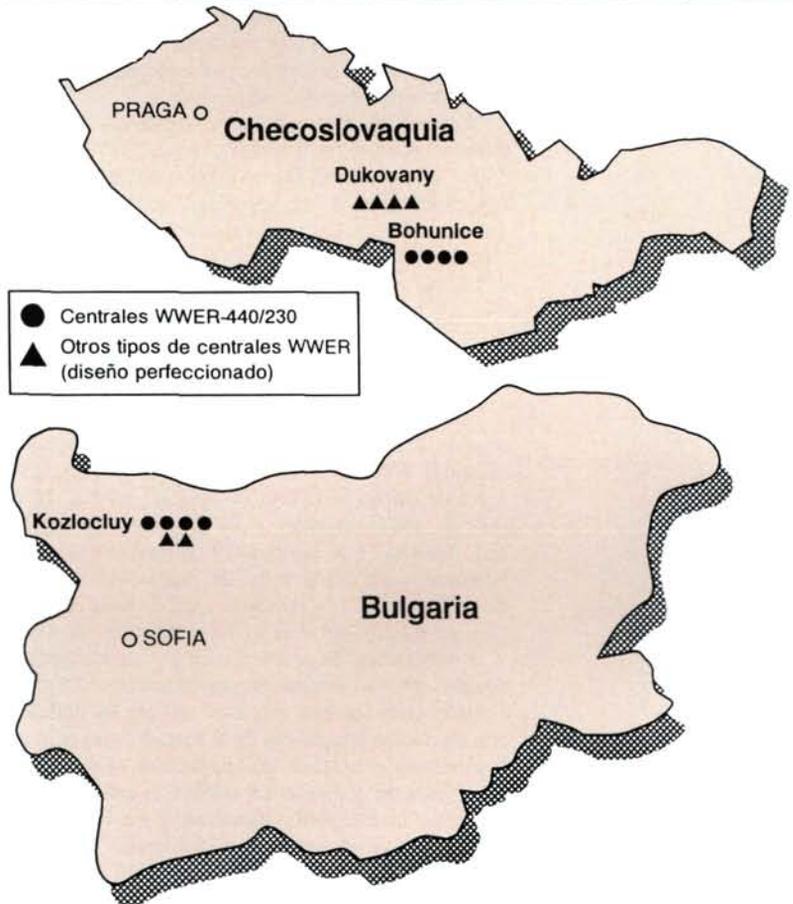
	Central	Unidad	Inicio de las operaciones
<b>En explotación</b>			
Federación de Rusia	Novovoronezh	3	1971
		4	1972
	Kola	1	1977
		2	1980
Bulgaria	Kozloduy	1	1974
		2	1975
		3	1981
		4	1982
Checoslovaquia	Bohunice	1	1979
		2	1981
<b>Parada</b>			
Alemania	Greifswald (parada en 1990)	1	1974
		2	1975
		3	1978
		4	1979
Armenia	Armenia (parada en 1990)	1	1973
		2	1975



El programa del OIEA sobre la seguridad de las centrales nucleares WWER-440/230 abarcó las 10 unidades de este tipo específico de diseño que se encuentran en explotación en el mundo. Con anterioridad, ya se habían parado dos unidades en Armenia y cuatro en la región oriental de Alemania. Cuatro de las unidades WWER-440/230 en explotación están en Bulgaria, dos en Checoslovaquia y cuatro en la Federación de Rusia. Estos países también tienen en explotación otros tipos de reactores nucleares de diseño soviético. (Véanse los mapas.)

Todos los tipos de centrales nucleares de diseño soviético representan aproximadamente el 15% de los reactores en explotación de todo el mundo. Los reactores de agua ligera a presión conocidos como WWER (reactores de energía refrigerados y moderados con agua) son los únicos que se han exportado. En total hay 44 centrales nucleares WWER-440 en explotación en el mundo (Checoslovaquia, Federación de Rusia, Finlandia, Hungría y Ucrania).

Los países de Europa oriental donde funcionan estos tipos de centrales dependen considerablemente de la electricidad nuclear. En 1991, la participación de la energía nuclear en la producción energética fue de 48,4% en Hungría, donde están funcionando cuatro centrales WWER del modelo perfeccionado; 34% en Bulgaria; 26,6% en Checoslovaquia; y 12,6% en los Estados de la antigua URSS.



cintamente los planes que están en estudio para la segunda fase.

### Examen del concepto de diseño

En febrero de 1991, el OIEA realizó un examen del concepto de diseño de las centrales WWER-440/230 en que participaron 32 expertos de 10 países y tres organizaciones internacionales.

Junto con 25 especialistas de Rusia, los expertos examinaron la información detallada que suministraron los diseñadores y explotadores de la antigua URSS. También se utilizaron los resultados de otros estudios, incluida una investigación realizada en la central nuclear de Greifswald, Alemania oriental, en 1989, y estudios llevados a cabo en los Estados Unidos, así como los requisitos mínimos necesarios para el reajuste y la explotación segura de las centrales WWER-440/230 preparados en 1989 por los órganos reglamentadores de Bulgaria, Checoslovaquia, la antigua República Democrática Alemana y la antigua URSS.

En general se observó que el diseño básico era conservador, lo que demostró la gran prioridad que se había otorgado a la disponibilidad de la central. Sin embargo, si se compara con la práctica corriente en el caso de otros PWR, la base del diseño (rotura del circuito primario de 32 mm de diámetro equivalente) es muy limitada.

En conjunto se advirtió que algunos sistemas de reactores tenían bajo grado de redundancia, diversidad y separación, lo que los hacía susceptibles a fallos debidos a causa común. En algunos sistemas y situaciones se depende fundamentalmente de la acción de los operadores y, por tanto, las probabilidades de error humano son mayores.

Además, el examen del concepto de diseño reveló diferencias entre las distintas centrales WWER-440/230, y ello confirmó la importancia de hacer exámenes específicos de la seguridad de las centrales. También proporcionó una valiosa lista de comprobación de problemas que habrán de investigarse durante las misiones de examen de la seguridad.

### Misiones de examen de la seguridad

Se llevaron a cabo misiones de examen de la seguridad en los cuatro emplazamientos donde había centrales WWER-440/230 en explotación: unidades 1 y 2 de Bohunice (Checoslovaquia), del 8 al 26 de abril de 1991; unidades 1 a 4 de Kozloduy (Bulgaria), del 3 al 21 de junio de 1991; unidades 3 y 4 de Novovoronezh (Federación de Rusia), del 12 al 30 de agosto de 1991; y unidades 1 y 2 de Kola (Federación de Rusia), del 9 al 27 de septiembre de 1991.

En esta serie de exámenes en el emplazamiento, equipos internacionales integrados por unos 15 especialistas cada uno han evaluado no sólo las deficiencias de diseño específicas de la central, sino también la dirección general de las operaciones. Los exámenes abarcaron el diseño del núcleo, el análisis de los sistemas, la integridad mecánica y de los componentes, la instrumentación y el control, la energía eléctrica, el análisis de accidentes, la protección contra incendios, la gestión y organización de la

central, la garantía de calidad, la capacitación y calificación de los operadores, la dirección de las operaciones, el mantenimiento, el apoyo técnico, y la planificación para casos de emergencia.

Se confirmaron las deficiencias del diseño básico y también se puso de manifiesto el valor de algunas virtudes del diseño y de modificaciones específicas introducidas en las centrales.

Además, se identificaron importantes deficiencias operacionales. Existen graves problemas de eficacia de gestión en lo que respecta a determinar y corregir las deficiencias relacionadas con la seguridad nuclear, las condiciones materiales del equipo y la protección contra incendios. Además, los procedimientos operacionales vitales por lo general son incompletos y no se hacen cumplir. Los programas de capacitación son insuficientes y faltan simuladores adecuados.

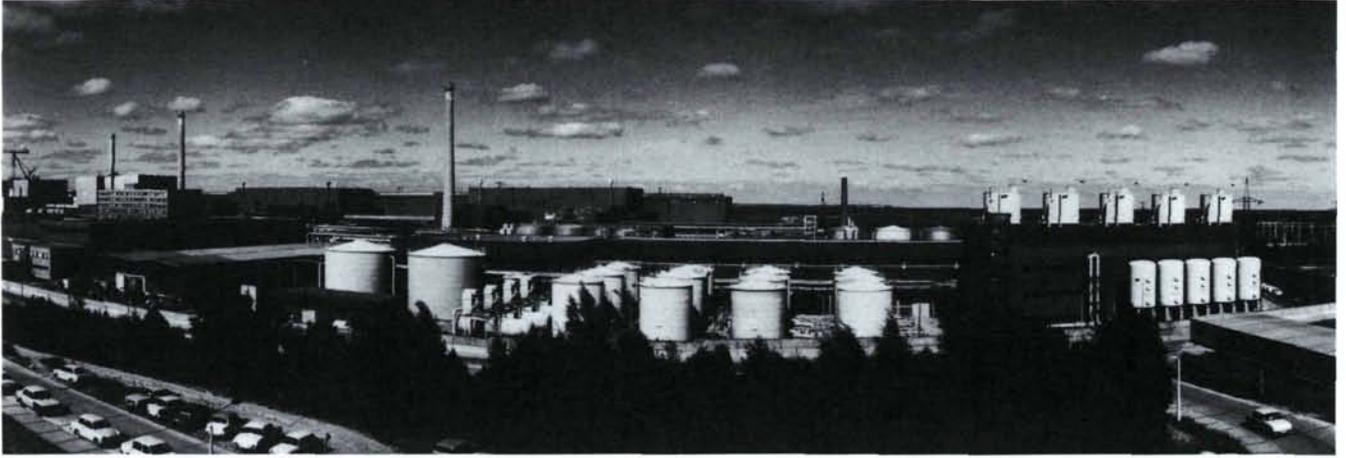
Las misiones no realizaron exámenes detallados de los órganos reglamentadores de los países visitados. Sin embargo, cuando se examinó la vinculación del órgano reglamentador con la central se hizo evidente la necesidad de fortalecer la función de esos órganos y las prácticas de reglamentación.

Particular preocupación motivaron los resultados de la misión enviada a Kozloduy, Bulgaria. Basándose en los resultados obtenidos en junio de 1991, el Director General del OIEA dirigió una carta al Primer Ministro de Bulgaria en la que le encarecía que adoptara las medidas necesarias para mejorar las condiciones a fin de posibilitar la explotación de los reactores, aunque fuera con carácter temporal. Las principales deficiencias observadas en Bulgaria, sobre todo las relacionadas con las condiciones materiales del equipo, no se encontraron en las visitas realizadas a las centrales de tipo similar de Checoslovaquia y la Federación de Rusia.

Para hacer frente a la situación de Kozloduy, se elaboró un plan de acción basado en una propuesta presentada por la Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares (AMEIN), que ya está en ejecución. En ese plan de acción, financiado y supervisado por la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE), se prevé un programa para resolver los problemas generales de seguridad; un programa para solventar los problemas urgentes de gestión; arreglos de cooperación con la central nuclear francesa de Bugey; el fortalecimiento de la función del órgano reglamentador de Bulgaria; y un estudio sobre el sistema de suministro de energía eléctrica de Bulgaria.

### Misiones GESSS del OIEA

El OIEA también realizó una serie de misiones en virtud de su programa del Grupo de evaluación de sucesos significativos desde el punto de vista de la seguridad (GESSS). Se enviaron misiones a las 10 centrales WWER-440/230 en explotación y a las unidades 1 a 4 de Greifswald. Se hizo hincapié en el examen de la experiencia operacional acumulada en esas centrales, y en la evaluación de la aplicabilidad y escrupulosidad de las medidas correctivas adoptadas por la administración de la central para impedir que vuelvan a ocurrir incidentes. Se realizaron análisis



sis exhaustivos de las causas que originaron sucesos operacionales seleccionados.

En las conclusiones se incluyeron recomendaciones encaminadas a mejorar determinados aspectos de la capacidad de funcionamiento del equipo, la eficiencia del personal y la idoneidad de los procedimientos, y a perfeccionar los programas de las centrales para la prevención de incidentes (es decir, control de calidad, mantenimiento preventivo, vigilancia y retroalimentación de la experiencia operacional). Las conclusiones de los GESSS confirmaron las deficiencias de diseño y los problemas operacionales notificados por las misiones de examen de la seguridad.

### Misiones de examen de la seguridad con respecto a los riesgos sísmicos

Además, el OIEA realizó misiones en las centrales de Bohunice y Kozloduy para examinar su seguridad desde el punto de vista de los riesgos sísmicos. En el diseño original de las centrales WWER-440/230 no se tuvieron en cuenta los riesgos externos, en especial los terremotos, de ahí que al menos los dos emplazamientos investigados tienen deficiencias importantes respecto de los riesgos sísmicos. No se han evaluado en detalle otros riesgos externos.

**Kozloduy.** En Kozloduy se inició el mejoramiento de la seguridad contra los riesgos sísmicos después de un terremoto ocurrido en Rumania (Vrancea) en 1977, que indujo una aceleración calculada en 0,1g en Kozloduy y causó algunos daños a la central. El mismo emplazamiento fue afectado posteriormente por otros dos violentos terremotos que se originaron en Vrancea, en 1986 y en 1990. Sobre la base del examen del OIEA, que incluyó un recorrido a pie por toda la central, se llegó a la conclusión de que Kozloduy afronta graves problemas de seguridad sísmica, incluso con la aceleración mínima de diseño de 0,1g recomendada internacionalmente para todos los emplazamientos de centrales nucleares. Por lo tanto, se recomendó volver a evaluar la aceleración de diseño, lo que está haciéndose en estos momentos.

**Bohunice.** En Bohunice se adoptó para el nivel sísmico una intensidad máxima prevista equivalente a una aceleración de diseño de 0,25g. La decisión se

basó en registros de terremotos reales que provocaron una aceleración máxima del suelo de entre 0,14g y 0,30g. Entre las medidas recomendadas por esta misión se incluyen un examen del anclaje de los gabinetes eléctricos relacionados con la seguridad, la resistencia antisísmica del equipo energético de emergencia en el emplazamiento (por ejemplo, generadores diesel, baterías), y un sistema de agua de servicio protegido contra los sismos.

Entre las recomendaciones formuladas por las dos misiones figuran el reemplazo de parte del equipo de la central, la instalación de medios auxiliares adicionales y el establecimiento de bases que permitan asignar prioridad al mejoramiento de la seguridad antisísmica. Cabe señalar que, según los recorridos efectuados por la central para observar las medidas antisísmicas, se podrían introducir de inmediato varias mejoras sencillas que elevarían considerablemente la capacidad antisísmica de las dos centrales.

### Estudio de las cuestiones generales de seguridad

En septiembre de 1990, el grupo asesor del programa del OIEA aprobó una lista inicial de cuestiones de seguridad que deberían ser objeto de amplios estudios de interés general. Dicha lista fue revisada posteriormente a la luz de los resultados del programa.

Todavía no se ha compilado la información sobre el estado de estas cuestiones ni sobre el volumen de trabajo ya terminado y en curso en los distintos países. Además, es preciso también evaluar qué otros trabajos sería preciso emprender para resolver cada una de estas cuestiones.

En vista de lo anterior, el OIEA ya ha comenzado a preparar una serie de informes sobre la situación de las diversas cuestiones. El principal objetivo es obtener una visión general clara de cada caso y del trabajo que aún queda por hacer antes de llegar a conclusiones definitivas. Los informes deben servir de base para permitir definir el alcance de los estudios necesarios para solucionar todas las cuestiones generales de seguridad. En los informes también se reunirá información sobre los trabajos ya realizados

**Central nuclear de Greifswald, Alemania oriental, que fue parada en 1990.**

Zona	Categoría			
	I	II	III	IV
<i>Diseño</i>				
Núcleo		4		
Sistemas		5	7	3
Componentes		2	5	5
Instrumentación y Control		4	7	1
Eléctrico		1	2	2
Análisis de accidentes		4	5	
Protección contra incendios			3	
<i>Total (diseño)</i>		20	29	11
<i>Explotación</i>				
Gestión	2	3	6	2
Procedimientos operacionales		2	1	1
Operaciones de la central	1	2	3	
Mantenimiento	1	2		1
Capacitación	1	1	3	
Planificación de emergencia		2	3	
<i>Total (explotación)</i>	5	12	16	4
<i>Total</i>	5	32	45	15

### Clasificación de las cuestiones relacionadas con la seguridad

o en curso en los distintos países, a fin de evitar la duplicación de esfuerzos.

### Clasificación de las cuestiones de seguridad

Una parte importante del programa del OIEA fue la evaluación de las consecuencias que tenían para la seguridad las deficiencias observadas durante el examen del concepto de diseño y las misiones de examen de la seguridad. Para los exámenes se tomó como base el conocimiento técnico y la experiencia de los expertos internacionales que participaron en el programa, junto con los principios y objetivos de seguridad generalmente aceptados en la actualidad como, por ejemplo, los Códigos y Guías de las Normas de Seguridad Nuclear (NUSS) y los Principios básicos de seguridad para centrales nucleares del GIASN.

Las cuestiones relacionadas con el diseño y la explotación fueron clasificadas según su importancia para la seguridad en cuatro categorías de menor a mayor gravedad:

**Categoría I.** Cuestiones que denotan un alejamiento de las prácticas internacionales reconocidas. Convendría abordarlas como parte de las medidas encaminadas a solucionar cuestiones de más prioridad.

**Categoría II.** Cuestiones que afectan a la seguridad. La defensa en profundidad está degradada y es necesario adoptar medidas para solucionar la cuestión.

**Categoría III.** Cuestiones que afectan en gran medida a la seguridad. La defensa en profundidad es

insuficiente y es menester adoptar de inmediato medidas correctivas. También podría ser necesario adoptar medidas temporales.

**Categoría IV.** Cuestiones que afectan al máximo a la seguridad. La defensa en profundidad es inaceptable y urge adoptar medidas inmediatas a fin de solucionar la cuestión. Hay que adoptar medidas compensatorias.

Para ayudar a los gobiernos de Checoslovaquia, Bulgaria y la Federación de Rusia a establecer prioridades en cuanto a las medidas correctivas que requiere cada central, el OIEA convocó en agosto y octubre-noviembre de 1991 dos reuniones de examen de los programas. Aproximadamente 1300 cuestiones específicas de seguridad observadas durante los exámenes de seguridad y el examen del concepto de diseño se agruparon en categorías más amplias que representaban unas 100 cuestiones de seguridad. Para facilitar el análisis y la consolidación de los hallazgos, los resultados se compilaron en una base de datos computadorizada.

El informe de las reuniones fue preparado por un grupo internacional de expertos y el personal del OIEA, y examinado por el Comité Directivo del programa. En el informe se evalúa la significación de estas cuestiones para la seguridad y se establece la base técnica de los programas a corto y largo plazo que se requieren para aumentar la seguridad de las centrales WWER-440/230.

### Conclusiones y recomendaciones más importantes

Las conclusiones y recomendaciones más importantes del programa están relacionadas, en general, con el diseño, las operaciones, la experiencia operacional y la protección antisísmica. A continuación se ofrece una breve reseña de algunos aspectos seleccionados.

**Fallos debidos a causa común.** Dadas las características del diseño y la configuración del reactor WWER-440/230, es muy posible que se produzcan fallos de este tipo relacionados con la eliminación del calor de desintegración del núcleo. La mayoría de los sistemas están instalados en la misma sala de máquinas sin suficiente separación. Sus principales componentes son refrigerados por el sistema de agua de servicio, que es común para las dos unidades. En la configuración no se separan los cables de control de los de suministro eléctrico del equipo redundante. La sala de control principal está cerca de la sala de máquinas y no existe un tablero de parada a distancia adecuado.

Así pues una causa común, por ejemplo, un incendio, podría destruir o poner fuera de servicio elementos del equipo que están cerca unos de otros en la sala de turbinas (común a las dos unidades). En vista de la experiencia operacional de los WWER, no se puede descartar la probabilidad de que ocurra un suceso de esta índole. De ahí que se considere necesario instalar otro medio fuera de la sala de máquinas para suministrar agua de alimentación.

Un fuego en una galería de cables podría traer consigo la pérdida total de las fuentes eléctricas que alimentan los sistemas de eliminación del calor de

desintegración. Esto ha ocurrido dos veces en centrales de este tipo: en Greifswald (1975) y en Armenia (1982). Después del incendio de Armenia se ideó y puso en práctica una solución para prevenir esta clase de suceso. Una solución semejante se aplicó en Kola y Bohunice. Se trata de una red de cables eléctricos dispuestos separada e independientemente de los demás cables. Es preciso terminar en Novovoronezh y ejecutar en Kozloduy una modificación de este tipo o una solución alternativa. Además, habrá que aumentar a corto plazo la protección contra incendios en todos los emplazamientos, especialmente en las zonas de galerías y cajas de cables, con objeto de prevenir aún más los fallos por causa común en todas las funciones de seguridad.

Por otra parte, sucesos naturales, como terremotos, podrían afectar a la fuente de agua de servicio. Un fallo único podría provocar la pérdida total del sistema de agua de servicio. Además, las bombas de ese sistema, que sirven a las dos unidades, se encuentran muy próximas en el mismo edificio. Un fallo en el sistema de agua de servicio podría causar la consiguiente pérdida en los sistemas de eliminación del calor de desintegración. Los generadores diesel refrigerados por el agua de servicio también quedarían inservibles. En ese caso, la única fuente de energía eléctrica disponible sería la red eléctrica externa, que también podría perderse cuando la central parara de improviso.

Es preciso adoptar medidas temporales para reducir la probabilidad de una pérdida completa del agua de servicio, como por ejemplo, aumentar la protección contra incendios e inundaciones y mejorar las actividades de inspección, vigilancia y mantenimiento del sistema.

**Sala de control.** La sala de control principal está cerca de la sala de máquinas y es posible que se produzcan condiciones ambientales adversas debido, por ejemplo, al vapor o a un incendio. En consecuencia, deberían introducirse modificaciones en la sala de control para mejorar su habitabilidad en situaciones de accidente y protegerla de riesgos externos. Además, debería instalarse un tablero de parada a distancia suficientemente alejado de la sala de control de modo que no se viera afectado por las mismas condiciones ambientales extremas. Este tablero permitiría al operador mantener la central en condiciones de parada seguras.

**Prevención de accidentes.** La preservación de la integridad del circuito primario es uno de los principales objetivos de seguridad en la esfera de la prevención de accidentes. Por eso, la mayoría de las cuestiones relacionadas con este tema fueron incluidas en las categorías III y IV. Entre ellas cabe citar las siguientes:

- **Integridad de la vasija de presión del reactor.** Las irradiaciones con neutrones de alta energía producen la fragilización de las paredes de la vasija del reactor, sobre todo en la soldadura circular que se encuentra a la altura del núcleo del reactor. Se han adoptado algunas medidas para reducir el ritmo de fragilización y se están estudiando otras.

- **Integridad del circuito primario.** Una de las principales preocupaciones relacionadas con la seguridad es el hecho de que las centrales WWER-440/230 no están diseñadas para soportar una rotura del circuito primario de más de 32 mm de diámetro equivalente.

Por ende, reviste suma importancia demostrar que es posible descubrir en las tuberías del circuito primario defectos que a la larga podrían originar una rotura. Es necesario analizar la aplicabilidad del concepto de fuga antes de la rotura. Además, hay que instalar y calibrar sistemas adecuados de detección de fugas. Esta esfera requiere grandes esfuerzos a corto plazo.

- **Protección contra el exceso de presión.** La protección del circuito primario contra el exceso de presión se consigue con las válvulas de seguridad del presurizador. Estas válvulas suelen ser accionadas por un piloto y no funcionan con agua ni con mezclas de agua y vapor. Esto quiere decir que el circuito primario no está bien protegido durante los períodos en que el presurizador está lleno de agua y el circuito primario todavía está cerrado. Además, algunas de estas válvulas no satisfacen los requisitos antisísmicos y su disposición es tal que no puede descartarse la posible ocurrencia de fallos por causa común.

- **Instrumentación y Control (I y C).** Durante las misiones de examen de la seguridad se observó que se exige demasiado de los operadores, especialmente en situaciones transitorias, porque la información, la centralización y la automatización son insuficientes. Por ende, se debe realizar un examen del diseño de la sala de control basado en las principales funciones de seguridad a fin de determinar cuáles son las modificaciones y los dispositivos adicionales (por ejemplo, un sistema computadorizado de representación en pantalla de los parámetros de seguridad) que ayudarían significativamente al operador en una situación de emergencia. Ni las señales de protección del equipo ni las operaciones manuales deben inhibir el funcionamiento de los sistemas de emergencia al menos por un tiempo determinado después de emitirse la señal inicial de I y C. Ya se conocen los casos en que se hace más urgente introducir cambios en el enfoque de protección del equipo, y se relacionan con los generadores diesel, las bombas de inyección de seguridad y las bombas de rociamiento de la zona de confinamiento.

- **Suministro de energía eléctrica.** Existen dos programas de carga de generadores diesel en previsión de la pérdida potencial de energía externa y de la pérdida del refrigerante primario con pérdida de energía externa. En este último caso se necesitan dos de los tres generadores diesel. Esto introduce un margen de posibles fallos por causa común en los dos conjuntos de generadores diesel al nivel de los mecanismos de secuencia de carga. Para evitar este tipo de fallo es preciso independizar completamente los dos conjuntos. Los medios auxiliares vitales para los generadores diesel también deben disponerse en dos conjuntos. Estos incluyen, por lo menos, la I y C, el sistema de arranque, el suministro de combustible y lubricante, el agua de enfriamiento y las baterías. A esta cuestión debería concedérsele suma prioridad. También es menester aplicar medidas compensatorias a corto plazo, particularmente respecto de la protección contra incendios, la vigilancia y los procedimientos operacionales de mantenimiento. La corriente directa suministrada por las baterías podría ocasionar fallos debidos a causa común, y el diseño no satisface los criterios del fallo único. Además, se comprobó que los motogeneradores reversibles son poco fiables y deben ser reemplazados por cargadores de baterías e inversores separados.

**Protección contra incendios.** El diseño inadecuado desde el punto de vista de la protección contra incendios de los edificios de la central y de la configuración de los sistemas, unido a los deficientes hábitos de gestión, crean en las centrales WWER-440/230 un grave riesgo de incendio que puede degenerar en el fallo de todas las funciones de seguridad.

En la esfera de la prevención de incendios, el material inflamable utilizado en los techos y las cubiertas de pisos, la pintura de las paredes y los revestimientos de los cables debería sustituirse por material no inflamable. Como medida temporal, las secciones de los techos, pisos o paredes cubiertas con material inflamable deberían dividirse con listones de material no inflamable.

En sentido más general, debería realizarse un inventario de todo el material inflamable de la central y adoptarse medidas adecuadas (como, por ejemplo, la instalación de sistemas automáticos de detección y extinción de incendios) para reducir el riesgo de incendio.

En cuanto a la detección de incendios, sólo se han tenido en cuenta los transformadores, los corredores de cables y los generadores diesel. Otros lugares donde hay un alto riesgo de incendio, o que en caso de incendio podrían acarrear graves consecuencias para la seguridad, como los tanques de combustible de las turbinas, la sala de bombas de inyección de seguridad, la sala del reactor, el edificio de la bomba de agua de servicio, o incluso la sala principal de control, por lo general no están dotados de sistemas de detección de incendios.

Es menester instalar sistemas automáticos de detección y extinción de incendios en todas las zonas en que un incendio tendría graves consecuencias para la seguridad. A largo plazo sería preferible reubicar el equipo redundante o instalarlo en otras zonas separadas a prueba de incendio.

**Análisis de accidentes.** La mayor parte de las cuestiones examinadas indican la necesidad de realizar un análisis de los accidentes. Se requiere aplicar un enfoque sistemático en este sentido para asegurar que todos los accidentes o situaciones transitorias pertinentes sean evaluados, y que en el análisis se tengan debidamente en cuenta los niveles de detalle, los datos y las condiciones extremas, la aplicación

del criterio del fallo único, las hipótesis sobre las acciones de los operadores y los fallos de modalidad común. Deberían incluirse accidentes no considerados hasta ahora, como los que exceden de la base de diseño, así como el análisis de la zona de confinamiento.

**Dirección de las operaciones.** Existen grandes diferencias entre las prácticas operacionales de las centrales WWER-440/230 y las prácticas internacionales, sobre todo a causa del aislamiento en que hasta hace poco han estado los operadores de estas centrales respecto de la comunidad internacional. Las misiones de examen de la seguridad han llegado a la conclusión de que hay que adoptar medidas inmediatas en las centrales para perfeccionar el enfoque sobre las operaciones y las normas de mantenimiento, y para elevar la conciencia de seguridad del personal. En varios casos no existían los elementos clave necesarios para crear una cultura de la seguridad. Aunque llevará muchos meses o años encontrar una solución cabal para gran parte de los problemas de diseño y ponerla en práctica, la mayoría de los problemas operacionales pueden resolverse inmediatamente al nivel de la central.

**Fase siguiente del programa**

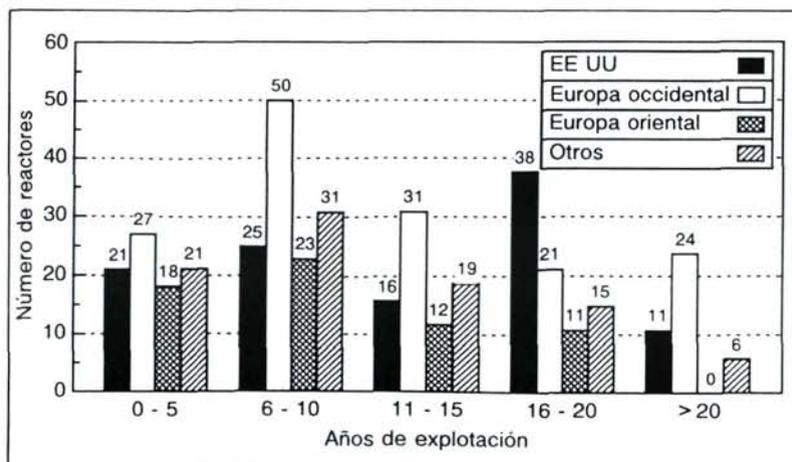
De todos los organismos intergubernamentales, el OIEA es el que está en mejores condiciones para realizar los trabajos que se avecinan, dados los largos años que lleva cooperando con los países de Europa oriental, y la experiencia adquirida en el marco del programa WWER-440/230, unidos a sus diversos servicios y actividades regulares relacionados con la seguridad. El Organismo está en condiciones de prestar el asesoramiento técnico necesario para asegurar que los programas de asistencia atiendan a necesidades de seguridad genuinas y que las prioridades se asignen conforme a los requisitos de seguridad a largo plazo que se están estableciendo internacionalmente.

Por consiguiente, la segunda fase del programa se concentrará en la prestación de ayuda a los países para que hagan el mejor uso posible de la asistencia que reciben, por ejemplo, por conducto de la CCE y la AMEIN. Esa asistencia se prestaría de conformidad con las recomendaciones formuladas durante esta primera fase del programa y no debería duplicar la labor ya completada o iniciada internacionalmente o en el marco de programas nacionales. Una característica importante de dicha asistencia será la función de los órganos reglamentadores nacionales y el fortalecimiento de la capacidad técnica.

Se ha propuesto además que el OIEA participe en la coordinación entre los 24 países del grupo de la OCDE como asesor técnico especial para la identificación de prioridades y la formulación de recomendaciones técnicas. Ya cada una de las 10 centrales examinadas por el Organismo está ejecutando, en diverso grado, programas destinados a mejorar la seguridad.

Las actividades iniciadas en 1992 se concentran en las tres esferas más importantes en que se requiere asistencia: la solución de los problemas específicos de cada central y país, el estudio de las cuestiones

**Centrales nucleares en funcionamiento agrupadas por años de explotación**



generales de seguridad, y la coordinación con otros programas bilaterales e internacionales.

En cooperación con la CCE, el Organismo tiene la intención de establecer y administrar una base de datos centralizada en la cual se registrarían todos los programas de asistencia llevados a cabo en Europa oriental en materia de seguridad nuclear. La base de datos incluiría un registro amplio de las cuestiones de seguridad y cualesquiera programas iniciados, planificados o terminados. Los datos que se recogerían en este registro deberían incluir información acerca de las organizaciones participantes, los objetivos del programa, su alcance, calendarios, los niveles de actividad y los costos, y los resultados previstos. El OIEA estará en disposición de prestar asesoramiento técnico a fin de que las organizaciones que proporcionan apoyo financiero puedan aprobar con más

facilidad propuestas específicas y vigilar su cumplimiento.

Además, el OIEA ha emprendido otras diversas actividades relacionadas con la seguridad de las centrales nucleares más antiguas equipadas con reactores de diseño soviético. Entre ellas figuran la continuación de un programa de cooperación técnica para el análisis de la seguridad de las centrales WWER-440/213; un programa internacional sobre la seguridad de los reactores RBMK; y un programa sobre la seguridad de las centrales nucleares WWER-1000. □

### Dirección y alcance del programa y apoyo que brinda

El programa internacional del OIEA de asistencia a los países donde hay centrales WWER-440/230 de diseño soviético en explotación tiene la finalidad de complementar otras actividades nacionales, bilaterales y multilaterales conexas. El programa es extrapresupuestario y depende de las contribuciones voluntarias de los Estados Miembros y de organizaciones. (Véase el cuadro.)

Su objetivo fundamental es prestar asistencia para la realización de exámenes generales de la seguridad a fin de identificar las deficiencias de diseño y operacionales que haya que corregir. Los exámenes constituyen la base técnica sobre la cual se fundamentarán las decisiones relativas al mejoramiento de la seguridad que a la larga deberán adoptar los países que explotan esas centrales.

El programa fue iniciado a raíz de una reunión de un grupo asesor, celebrada en septiembre de 1990, para definir el alcance técnico y un programa de trabajo. Asistieron a la reunión 42 participantes de 19 Estados Miembros y de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) y la Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares (AMEIN).

El programa convenido incluyó:

- un examen del concepto de diseño con objeto de lograr una visión panorámica de los aspectos relacionados con la seguridad de las centrales WWER-440/230;
- misiones de examen de la seguridad por grupos de expertos internacionales a los emplazamientos de cada uno de los reactores, con miras a evaluar las deficiencias de diseño específicas y la dirección de las operaciones de la central, para lo cual se aprovechará al máximo la experiencia del OIEA en la prestación de servicios de seguridad, en particular por conducto de los Grupos de Examen de la Seguridad Operacional (GESO) y las misiones de los Grupos de evaluación de sucesos significativos desde el punto de vista de la seguridad (GESS); y
- estudios sobre cuestiones que suscitan inquietud general en materia de seguridad como, por ejemplo, la fragilización de la vasija de presión del reactor, la aplicabilidad del concepto de fuga antes de la rotura, reevaluaciones de análisis de los accidentes mediante modernos códigos de computadora, y la realización de evaluaciones probabilísticas de la seguridad.

Se creó un comité directivo integrado por delegados de Alemania, Bulgaria, Checoslovaquia, España, la Federación de Rusia, Francia, el Reino Unido y Suiza, para que siguiera la evolución del programa y proporcionara orientación técnica sobre la solución de las cuestiones de seguridad y la asignación de prioridad a las actividades. Los Estados Unidos se incorporaron al Comité Directivo en octubre de 1991.

Observadores de la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE), la CCE, la AMEIN y el Banco Mundial asisten regularmente a las reuniones del Comité Directivo, y el Grupo Internacional Asesor en materia de Seguridad Nuclear creó un subgrupo en esta esfera.

Pais/ Organización internacional	Cantidad (dólares de los EE UU)	Contribución (días-hombre)
Alemania	156 000	260
Argentina		6
Austria	32 500	10
Bélgica		56
Bulgaria		61
Canadá		32
Checoslovaquia		75
España	150 000	153
Estados Unidos		206
Federación de Rusia		404
Finlandia		151
Francia		454
Hungría		48
Italia		32
Japón		50
Noruega	3 000	
Países Bajos	175 000	20
Reino Unido	50 000	187
Sudáfrica		20
Suecia		12
Suiza	76 500	96
Yugoslavia		20
AEN/OCDE		21
AMEIN		67
CCE		106
Banco Mundial		20
<b>Total</b>	<b>643 000</b>	<b>2567</b>