

● **Planificación del desarrollo de la infraestructura y estudios de viabilidad.** Las infraestructuras nacionales idóneas constituyen un requisito fundamental para la ejecución satisfactoria de un programa de energía nucleoelectrica. Esto entraña, especialmente, la disponibilidad de personal cualificado.

El OIEA presta asistencia para la evaluación de las infraestructuras básicas, es decir, las capacidades de planificación y adopción de decisiones, las estructuras de organización, el tamaño y la estructura de la red eléctrica, el personal cualificado, el apoyo industrial y la financiación, e incluye también la evaluación de la capacidad para asimilar la transferencia de tecnología y elaborar planes de desarrollo, basándose al máximo en las experiencias que posea el país en materia de técnicas nucleares y reactores de investigación. En cuanto a la formación de personal, se ofrece toda la gama de actividades de cooperación técnica, a saber, proyectos que tengan en cuenta las características específicas del país, proyectos del PNUD en gran escala, cursos de capacitación, misiones y cursos prácticos. Muchos de los elementos de este plan de asistencia se superponen y se coordinan con los que apoyan la elaboración de un plan para el programa de energía nucleoelectrica.

El papel del Organismo en los estudios de viabilidad de los proyectos nucleoelectricos (incluida la viabilidad financiera) se limita al asesoramiento para su organización, la definición de su contenido y el examen de su aplicación y resultados. Siempre que sea posible, se ofrece la cooperación del Banco Mundial y de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

● **Determinación de la política y la estrategia de participación del país.** La participación del país forma parte del programa de energía nucleoelectrica. El alcance y nivel de esa participación varían según las condiciones concretas prevalecientes en cada país y dependen de las políticas e infraestructuras nacionales, la capacidad de inversión del país, y de que los factores del mercado sean adecuados, entre ellos el costo de los productos nacionales, la financiación, las normas de calidad, los conocimientos técnicos, la seguridad nuclear y la disponibilidad de materia prima.

El papel del OIEA consiste fundamentalmente en ayudar a preparar un estudio sobre la participación nacional. Este estudio incluye una evaluación industrial para determinar las industrias nacionales cuya producción satisface o podría satisfacer las normas de calidad de la tecnología nuclear.

● **Planificación financiera de los proyectos nucleoelectricos.** La financiación de los proyectos nucleoelectricos entraña problemas complejos que exigen la plena comprensión de todas las partes interesadas. El OIEA fomenta el intercambio de información entre los compradores, los proveedores, las organizaciones de financiación y los aseguradores de créditos para la exportación a fin de lograr una mayor comprensión de las necesidades especiales, las complejidades y las posibilidades de financiación de la energía nucleoelectrica en los países en desarrollo. Conjuntamente con el Banco Mundial, también ayuda a fortalecer y apoyar las capacidades de los gobiernos y las empresas locales en la planificación financiera del sector eléctrico a fin de aumentar la disponibilidad de fondos para la energía nucleoelectrica.

Capacitación de operadores de salas de mando de centrales nucleares para evitar accidentes

Empleo de simuladores en la capacitación para enfrentar accidentes graves

por Luis Lederman

Capacitación mediante simuladores en la central nuclear Three Mile Island de Pensylvania. (Cortesía: INPO)



La utilización de simuladores para adiestrar a los operadores es común en la industria nuclear, así como en otras tecnologías muy desarrolladas. En los últimos años, los resultados de las evaluaciones probabilistas de la seguridad (EPS) y la experiencia operacional de las centrales nucleoelectricas han puesto de relieve varias situaciones hipotéticas que requieren una mayor capacitación del operador.

En las situaciones hipotéticas que pueden dar lugar a accidentes graves suelen combinarse los errores humanos, los fallos de causa común, los fallos aleatorios de componentes y los diversos tipos de interacciones de los sistemas; estas situaciones en lo esencial "rebasan el marco de las bases de diseño". Por su propia naturaleza, son acontecimientos raros y la reacción del operador ante ellos es difícil de predecir. Por consiguiente, vale la pena emplear simuladores con el fin de capacitar a los operadores sobre cómo evitar o enfrentar los accidentes graves; de manera que se están investigando diversos procedimientos.

En una reunión convocada recientemente por el OIEA en Viena, se examinó la experiencia ganada con simuladores de adiestramiento para condiciones de emergencia.*

Las posibles situaciones hipotéticas deben analizarse en el marco de la aplicación prevista a fin de adaptarlas a la simulación. Por ejemplo, con miras a determinar las situaciones de tensión para el equipo de operadores, es menester hacer consideraciones a corto plazo en lo que respecta a la duración de la situación hipotética. La capacitación de los equipos para casos de emergencia que tienen que intervenir cuando ocurren accidentes y la verificación de los procedimientos y las estrategias son también objetivos importantes para la simulación de accidentes hipotéticos que requieren consideraciones concretas.

Las limitaciones de los simuladores de tamaño natural son evidentes, en particular para las situaciones hipotéticas de larga duración. Hasta la fecha, las condiciones de contorno se han tratado de una manera restrictiva. Las condiciones iniciales se limitan a la explotación a plena capacidad. Esta suposición excluye del análisis a las situaciones que entrañen la posibilidad de que haya pocos sistemas relacionados con la seguridad y al descuido del equipo de operadores por estar desempeñando otras tareas. Esas situaciones suelen presentarse cuando hay escasez aguda de mano de obra u otros problemas con ésta, y deben tomarse en consideración. Por otra parte, dado que la exactitud de las simulaciones por computadora disminuye como función de la degradación del

núcleo, los accidentes hipotéticos graves concluyen en fases en que las interacciones manuales no pueden controlar la progresión del daño del núcleo.

A los fines de la capacitación, la característica principal de la situación hipotética es la de reconstruir la situación en una sala de mando. Se sugieren tres fases diferentes para crear esa situación hipotética:

- Las alteraciones se introducen gradualmente y aumentando en gravedad a fin de motivar al operador e integrarlo a la situación hipotética.
- Se introducen nuevos fallos o alteraciones para provocar la mayor tensión posible al operador.
- Se prolonga la situación hipotética para propiciar que ocurran dificultades específicas que pueden manifestarse a la larga; puede darse información complementaria a los miembros de los equipos de apoyo técnico para permitirles que participen y adopten decisiones.

En las revisiones de los requisitos técnicos de los simuladores de tamaño natural empleados en la capacitación de los operadores para casos de accidentes graves se han determinado limitaciones de los actuales modelos de simuladores, entre otras las siguientes:

- Los modelos matemáticos existentes (neutrónico, termohidráulico, de control y lógico) no tienen validez para una amplia gama de sucesos transitorios que dan por resultado condiciones de accidentes graves.
- Programas de simulación en tiempo real, muchos de los cuales están escritos en lenguaje de máquina específico para aumentar la eficacia de la ejecución y, por lo tanto, son difíciles o incluso imposibles de modificar.

Los aspectos específicos que requieren nuevos modelos de simulación o mejoramiento comprenden los procesos de flujo bifásico, la respuesta de contención, el sistema de emergencia para la refrigeración del núcleo (ECCS), la termohidráulica y la neutrónica del núcleo, así como el comportamiento del combustible. En la elaboración de modelos de la termohidráulica del núcleo se establecen dos períodos diferentes. El primer período, previo al daño del núcleo, puede tratarse en general por medio de modelos de accidentes con pérdida de refrigerante (LOCA). En el segundo período, la simulación es muchísimo más difícil. Tal es el caso especialmente cuando el calentamiento del núcleo se produce con rapidez y la situación hipotética supone el fallo parcial o completo del ECCS. También se requiere una elaboración detallada de modelos en el caso de fenómenos que durante las condiciones de accidentes reales pueden provocar lecturas contradictorias de los diferentes cuadrantes del núcleo.

Los resultados de las evaluaciones probabilistas de la seguridad indican que muchas de las secuencias dominantes en los accidentes ocasionados por daño del núcleo tienen su origen en los transitorios que ocurren en el sector secundario de la central. En consecuencia, hay que elaborar modelos de procesos de flujo bifásico para el equilibrio de la central.

Cuando se produce un accidente grave, en la sala de mando se vigilan los parámetros de contención, tales como la temperatura, la presión, la humedad y la radiactividad. El operador debe poder reconocer estos parámetros y adoptar las medidas apropiadas. Los modelos de contención deben incluir los fenómenos del movimiento del vapor y el agua entre compartimientos, y el funcionamiento de dispositivos de seguridad como pulverizadores y respiraderos para descubrir la localización del hidrógeno.

Por la complejidad de los fenómenos físicos asociados a los accidentes graves, es muy posible que los modelos matemáticos produzcan condiciones irreales. En estos casos se debe advertir a los instructores del particular, preferiblemente por medio del material lógico.

Generalmente se reconoce que en la capacitación mediante simuladores es preciso abordar con sumo cuidado la elaboración de modelos que rebasen el marco de la base de diseño. Además, debe procurarse no hacer demasiado hincapié inadecuado en accidentes hipotéticos concretos que puedan predisponer al operador en favor de un diagnóstico y de un plan de acción posterior determinados.

El Sr. Lederman es funcionario de la División de Seguridad Nuclear.

* *Experience with simulator training for emergency conditions*, IAEA-TECDOC-443, Viena, 1987.