

# Utilización de la EPS en centrales nucleoelectricas para aumentar la seguridad operacional

*Las evaluaciones probabilistas de la seguridad se utilizan con fines múltiples*

por L. Lederman y B. Tomic

La evaluación probabilista de la seguridad (EPS), que surgió como extensión lógica de la antigua disciplina técnica del análisis de fiabilidad, se aplicó a la esfera de la producción de energía nucleoelectrica con fines comerciales a mediados de los años setenta. Hasta la fecha se han realizado más de 70 EPS en centrales nucleoelectricas de todo el mundo. Dichos estudios aportan conocimientos sobre seguridad imposibles de obtener por otros medios. En la mayoría de los países que cuentan con programas nucleoelectricos, la EPS se ha convertido en un instrumento común para realizar evaluaciones de la seguridad.

En pocas palabras, la EPS es un método sistemático para representar con un modelo la respuesta que daría una central a una cadena de sucesos que podrían constituirse en una amenaza para su funcionamiento en condiciones de seguridad. Para elaborar los modelos necesarios, se requiere información pormenorizada sobre el diseño y funcionamiento de la central. Se elaboran modelos básicos (tales como los árboles de fallos y los de sucesos) para determinar las vías hacia el buen o mal funcionamiento. Al analizar estos modelos se tienen en cuenta algunos factores, entre otros, las roturas fortuitas de algunos componentes, las interrupciones debidas a causas comunes, los errores humanos y las estrategias de prueba y funcionamiento.

Algunas empresas electricas han emprendido EPS atendiendo a intereses de la reglamentación o para dar muestras del bajo riesgo que entraña para la población el funcionamiento de las centrales nucleoelectricas (por ejemplo, en la central nuclear de Zion en los Estados Unidos de América y en la central de Sizewell en el Reino Unido). Otras EPS han sido patrocinadas por órganos reglamentadores para promover y fomentar el uso de estas técnicas. Además, a medida que ha evolucionado la metodología, los resultados de las EPS se han utilizado cada vez más para mejorar la seguridad operacional de las centrales nucleares.

## Participación de las empresas electricas nacionales

La experiencia de las EPS pone de manifiesto que la actitud de la empresa electrica en relación con el estudio, más que los gastos reales, determina la calidad del estudio

Los Sres. Lederman y Tomic son funcionarios de la División de Seguridad Nuclear del OIEA.

La utilidad de sus resultados. En este contexto, es importante que la empresa electrica, en particular el personal de explotación, participe desde los primeros momentos en la elaboración del modelo de la central. Esto ayuda a garantizar que se apliquen criterios realistas. Entre estos criterios figuran la totalidad de los sucesos que han provocado los accidentes que se examinan y su agrupación; la respuesta de la central y las interacciones entre los sistemas, los criterios de buen funcionamiento empleados en relación con los sistemas de primera línea, las políticas de pruebas y de mantenimiento; los procedimientos de explotación y la actividad de los operadores.

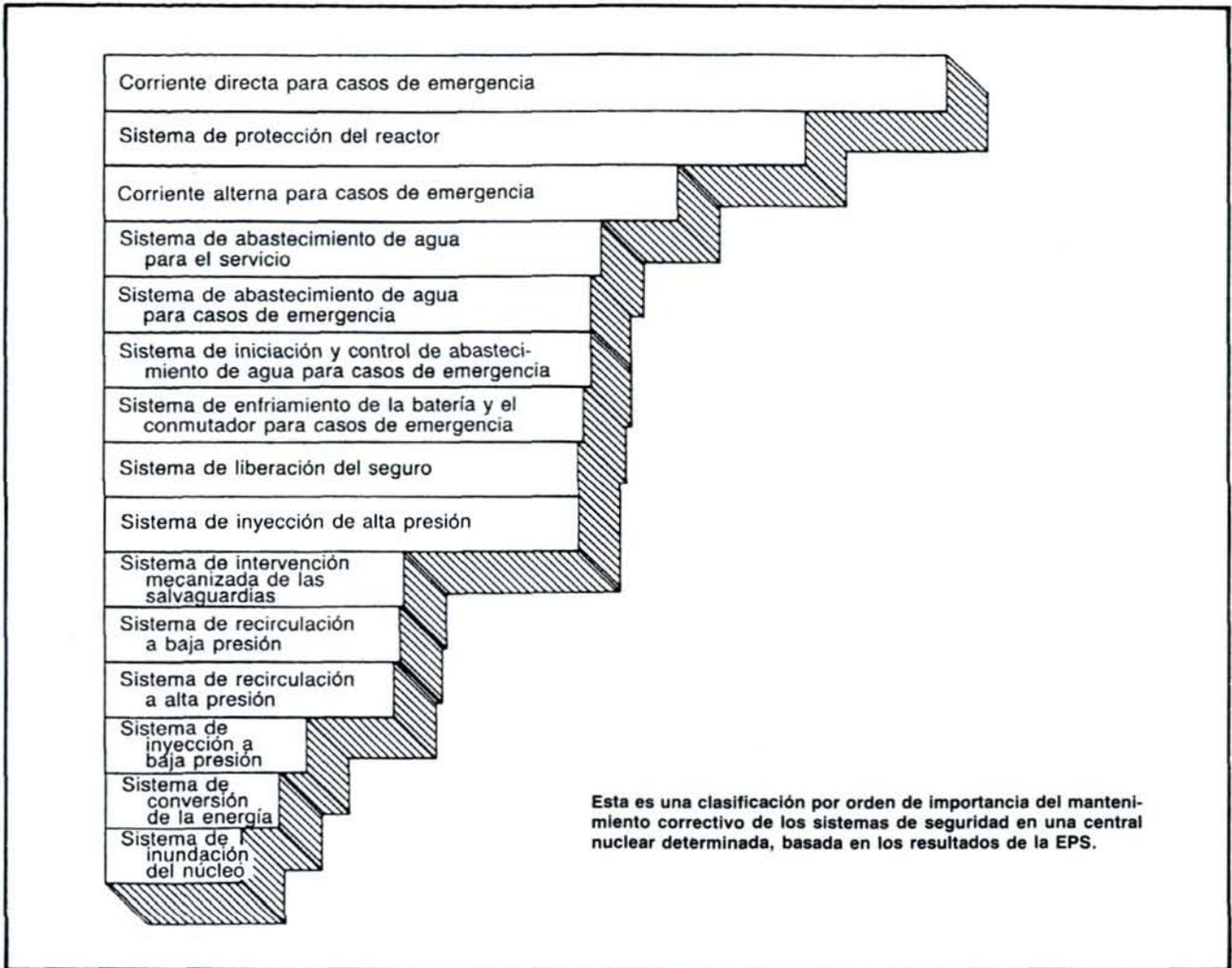
Los estudios de una central concreta deben aprovechar al máximo toda la información disponible en el lugar, incluidos los datos de la experiencia operacional anterior. Sin embargo, tiene suma importancia que la administración de la central y de la empresa se comprometan a adoptar las medidas apropiadas que tengan que ver con los cambios en el diseño o el funcionamiento indicados por la EPS.

En noviembre de 1988, la Comisión de Reglamentación Nuclear de los Estados Unidos de América pidió a las empresas electricas que realizaran inspecciones de distintas centrales para determinar los puntos vulnerables a accidentes graves aplicando un enfoque probabilista. Esta medida adoptada por la Comisión promueve una aplicación más enérgica de la EPS y estimula la máximo posible a la empresa electrica a que cumpla esta disposición.

En otros países, entre ellos España y Suecia, se ha pedido a las empresas electricas que realicen evaluaciones de seguridad por medio de la EPS. En Francia, Electricité de France está a punto de concluir un estudio de EPS basado totalmente en información y datos de centrales concretas. Dicho estudio será representativo de algunas centrales nucleoelectricas idénticas.

## El modelo "vivo" de la EPS

En ocasiones, la índole de la EPS —a saber, la elaboración de modelos pormenorizados de sistemas y la representación de secuencias de accidentes en relación con las roturas de componentes básicos y la actividad humana— dificulta a quienes no participan en el estudio original la cabal comprensión de los resultados y su aprovechamiento. No es raro que los informes sobre la EPS aparezcan publicados en más de 10 volúmenes. En



realidad, algunos estudios recientes contienen más de 10 000 páginas de apéndices con modelos pormenorizados de sistemas de las centrales.

Una vez generados los resultados, hay que actualizar constantemente la EPS y llevar los resultados a un modelo que permita la interrogación y recuperación fáciles. En este contexto, ha surgido el concepto de un modelo "vivo" de la EPS que atrae cada vez mayor atención.

Importantes adelantos logrados en materia de informática, especialmente en la capacidad de cálculo de las computadoras personales, han permitido abordar algunas de estas necesidades. Se están creando programas para las computadoras personales que facilitan el interrogatorio de determinados resultados de la EPS y la actualización de modelos y datos. (En otro párrafo de este artículo se describe brevemente un tipo de programa.)

Dichos adelantos han permitido una mejor utilización de muy diversos resultados de la EPS. También han contribuido a evitar que resultados "básicos" —tales como la frecuencia de una fusión completa del núcleo— sean considerados como los conocimientos principales que pueden extraerse de una EPS. De hecho, los resultados de la EPS ofrecen muy diversos beneficios que permiten a la administración de una central dirigir los recursos disponibles y asignar prioridades a su utilización de una manera más eficaz. (Véase la figura adjunta).

### Aplicaciones prácticas de los resultados de la EPS

Vistos con amplia perspectiva, los usos actuales de la EPS corresponden a dos categorías: ajustes de las centrales y gestión operacional (que incluye la política de explotación, la evaluación del estado de las centrales y la capacitación de operadores).

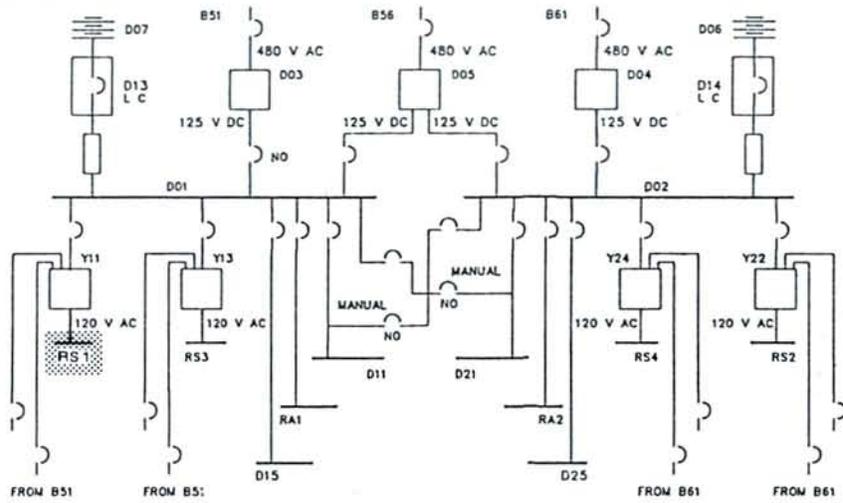
**Ajustes de las centrales.** Los resultados de los estudios de la EPS suelen señalar aspectos del diseño de la central cuyo mejoramiento redundaría en el mayor beneficio. Las empresas eléctricas suelen utilizar estos resultados para proyectar modificaciones del diseño y evaluar la manera en que una modificación propuesta o exigida por el órgano reglamentador repercute en la seguridad.

En un estudio reciente realizado en los Estados Unidos por el Electric Power Research Institute (EPRI), se informa sobre las aplicaciones prácticas de 26 EPS citadas por 10 empresas eléctricas del país.\* A continuación figuran algunos ejemplos de los beneficios obtenidos por empresas eléctricas de las EPS realizadas para centrales nucleoelectricas concretas:

- En Millstone-1, en Connecticut, se demostró que uno de los requisitos normativos de la instrumentación de di-

\* "The Practical Application of Probabilistic Risk Assessment", EPRI, NP-5664 (marzo de 1988).

DC POWER SYSTEM SCHEMATIC



SYSTEM MENU

▶ END OF INPUT

Se han creado programas para computadoras personales que pueden usarse para aplicar los resultados de la EPS a la gestión de la seguridad de las centrales nucleares. A continuación se reproducen dos representaciones en computadora del programa PRISIM. La imagen superior es un plan esquemático del sistema eléctrico de corriente directa de la central; y la inferior es un mensaje relativo a las posibilidades de riesgo cuando la barra colectora de corriente alterna de 120 V se encuentra fuera de servicio. En un listado que sale en la pantalla de la computadora figuran acápites de informaciones adicionales. (El programa existe sólo en inglés.)

RISK IMPLICATIONS OF THE CURRENT PLANT STATUS

11 IS THE RISK FACTOR WITH THE FOLLOWING EQUIPMENT OUT OF SERVICE  
120 V AC Bus RS1 Fails to Provide Power

MENU FOR ADDITIONAL INFORMATION

- ▶ 1. Ranking of safety-related equipment
- 2. Ranking of core melt scenarios
- 3. Improvement from repair
- 4. Return to Control Screen

verso nivel no repercutía en la seguridad y se aceptó una de las modificaciones posibles que significó un ahorro de alrededor de 250 000 dólares de los Estados Unidos de América. En otro caso, se eximió a la central del cumplimiento de los requisitos en relación con algunas válvulas accionadas por motor. Se logró un ahorro de 2 a 3 millones de dólares de los Estados Unidos de América

y se evitaron exposiciones a la radiación que esa labor habría entrañado.

● En la central Yankee de Massachusetts, se logró una exención de los requisitos normativos relacionados con algunas penetraciones de los medios de contención, lo que permitió un ahorro de 16 millones de dólares de los Estados Unidos de América. En la misma central, se

detectó una deficiencia de envergadura en el diseño del suministro de energía a las válvulas del agua de refrigeración del generador diesel.

● En la central de Big Rock Point de Michigan, la solución satisfactoria de una larga lista de cuestiones reglamentarias trajo consigo un ahorro total calculado entre 20 y 40 millones de dólares de los Estados Unidos de América. La empresa eléctrica atribuye a la EPS el mérito de haber garantizado el funcionamiento actual de la central.

● En la central de Catawbe en Carolina del Sur, se detectó y resolvió una posible interrupción del sistema en caso de corte en el suministro eléctrico de la central.

**Gestión operacional.** Los países que explotan centrales nucleoelectricas han fijado límites y condiciones operacionales que suelen denominarse condiciones técnicas de explotación de una central nuclear. El objetivo general es restringir el riesgo total o reducirlo al mínimo.

En la mayoría de los casos, las condiciones técnicas se basan en criterios tecnológicos o en el sentido común, y tal vez no se logren resultados óptimos desde el punto de vista de la seguridad. Algunos requisitos pueden ser onerosos para el personal de explotación y podrían llevar a exposiciones innecesarias a la radiación. A este respecto, los resultados de la EPS pueden utilizarse para determinar sistemáticamente los requisitos de las condiciones técnicas. Dichos resultados son sumamente útiles para justificar el fundamento técnico de ciertas condiciones de explotación, en particular, los intervalos de las pruebas de vigilancia y los tiempos permitidos de interrupción del servicio.

Las pruebas de vigilancia se realizan para detectar posibles interrupciones, y, por lo tanto, son un medio de controlar los riesgos. Ahora bien, si se realizan con demasiada frecuencia, las mismas pruebas pueden aumentar los riesgos, por ejemplo, causando sucesos transitorios en las centrales o poniendo fuera de servicio temporalmente a algunos componentes. Desde el punto de vista de la explotación, se prefiere un intervalo prolongado entre pruebas de vigilancia, pero ello tal vez no baste para garantizar la seguridad total de la central.

A la duración de las interrupciones del servicio permitidas se aplican consideraciones diferentes del mismo orden.

Teniendo estos hechos en cuenta, se ha demostrado la utilidad de las EPS para analizar las condiciones técnicas de las pruebas de vigilancia y los tiempos de interrupción del servicio con miras a mejorar la seguridad total de la central, al tiempo que se logra una mayor flexibilidad en su funcionamiento. En los Estados Unidos de América y en los países nórdicos, entre otros, se están evaluando las condiciones técnicas sobre la base de los métodos de la EPS.

**Control del estado técnico de las centrales.** Hasta hace poco el gran volumen de información contenido en una EPS se estuvo utilizando en lo esencial de manera estática y limitada. Una de las razones de que esto fuera así es que hasta los pequeños cambios necesarios para reflejar las configuraciones reales del sistema durante la explotación entrañaban una reiteración considerable de los cálculos.

En una reunión convocada por el OIEA en 1987, se examinaron los esfuerzos destinados a emplear la infor-

### Actividades del OIEA en la esfera de la EPS

Función	Actividad
Intercambio de información científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reuniones de comisiones técnicas, simposios, seminarios, conferencias y publicaciones asociadas</li> </ul>
Elaboración de normas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Directrices para realizar la EPS en centrales nucleoelectricas</li> <li>● Directrices concretas sobre probabilidades de error humano</li> <li>● Directrices concretas sobre peligros externos</li> <li>● Directrices concretas sobre fallos debidos a causas comunes</li> <li>● Directrices concretas sobre códigos de computadoras para la EPS</li> <li>● Directrices concretas sobre reunión y análisis de datos sobre fiabilidad</li> <li>● Directrices concretas sobre procedimientos para examinar casos análogos</li> <li>● Criterios probabilistas de la seguridad</li> </ul>
Capacitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de capacitación para ejecutivos encargados de la EPS</li> <li>● Cursos de capacitación para analistas de la EPS</li> <li>● Cursos sobre temas concretos relativos a la EPS</li> </ul>
Cooperación y asistencia técnicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Envío de misiones a Estados Miembros para apoyar en la planificación y ejecución de programas relativos a la EPS</li> </ul>
Promoción de la investigación y el desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Programa coordinado de investigación sobre reunión y análisis de datos para la EPS</li> <li>● Programa coordinado de investigación sobre estudios de referencia basados en secuencias de accidentes de la EPS</li> </ul>
Operaciones y servicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Equipos internacionales de examen de casos análogos para analizar los resultados de la EPS en Estados Miembros</li> <li>● Evaluación de la experiencia operacional de plantas nucleoelectricas basada en conocimientos obtenidos en la EPS</li> <li>● Gestión de la seguridad operacional de las plantas nucleoelectricas basada en resultados de la EPS (PSAPACK)</li> </ul>

mación de las EPS para la gestión diaria de la seguridad operacional en computadoras personales.\* Se presentó un conjunto de programas para computadoras personales (denominado PRISIM) capaz de interrogar los resultados de una EPS finalizada para asistir al personal de la central y a los inspectores normativos. Los operadores de centrales pueden usar los programas para determinar las consecuencias que tendría para la seguridad, por ejemplo, la puesta fuera de servicio de combinaciones concretas de equipos para ponerlos a prueba o darles mantenimiento en un momento determinado. Los ins-

\* Para un informe sobre la reunión, véase *Improving Operational Safety Management through PSA on Personal Computers*, IAEA-TECDOC-480 (1988). Véase también "PRISIM - A Computer Program that Enhances Operational Safety", por Fussel, J.B., NUREG/CR-5021, Vol. 2 (marzo de 1988).

pectores de centrales pueden tener rápido acceso a los resultados prácticos de la EPS de manera de adoptar decisiones sobre, por ejemplo, poner en servicio nuevamente equipos desactivados o cerciorarse de las posibilidades de uso de otros equipos así como la programación de inspecciones teniendo en cuenta las tendencias a roturas de los componentes o a interrupciones del sistema y su importancia para la seguridad operacional. (Véase la figura de la página 41.)

**Capacitación de operadores.** Los conocimientos que aportan las EPS son sumamente valiosos para formar operadores de centrales nucleares, sobre todo en lo que respecta a accidentes graves. Las múltiples hipótesis sobre la posibilidad de accidentes formuladas en las EPS contienen una valiosa información sobre la respuesta de la central a una amplia diversidad de sucesos observados o previstos capaces de originar accidentes. Estas secuencias combinan muchas interrupciones del sistema y errores humanos, y son, por su propia naturaleza, sucesos poco comunes que pueden llegar a dañar el núcleo. Por esta razón, los operadores de centrales nucleares deben tener conocimiento de estas situaciones. La participación del operador en el proceso de EPS es un medio natural de capacitación.

Los conocimientos que aportan las EPS también son valiosos en la elaboración de procedimientos operacionales para casos de emergencia que son útiles para capacitar al operador en los simuladores. En una reunión celebrada por una de las comisiones técnicas del OIEA, Electricité de France informó que había usado dos hipótesis de accidentes basadas en la EPS para la capacitación de operadores en los simuladores de escala natural.\*

#### Actividades del OIEA

Las actividades recientes del OIEA en materia de EPS se han organizado con arreglo a las recomendaciones prioritarias formuladas a partir de las experiencias

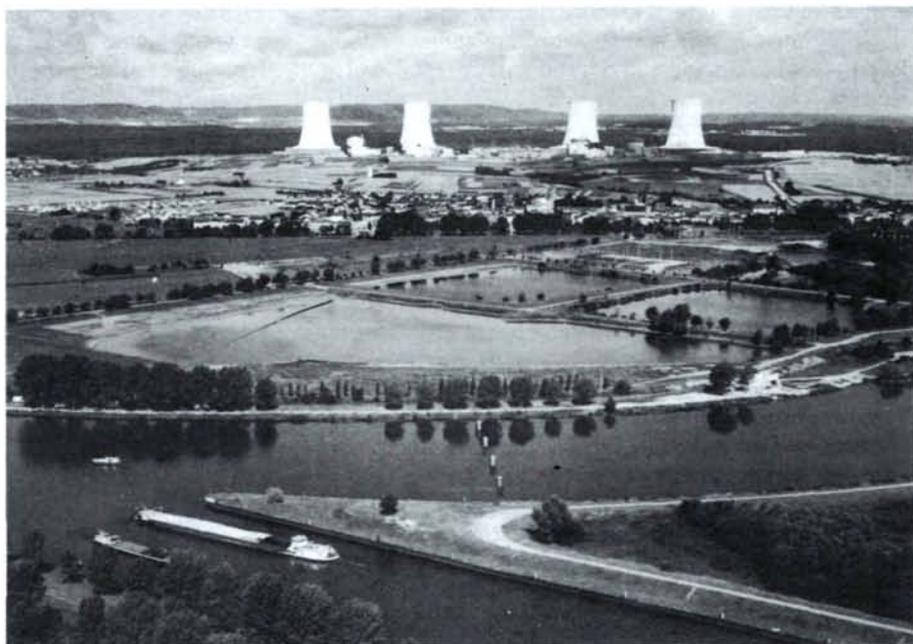
\* Para el informe de esta reunión, véase *Experience with Simulator Training for Emergency Conditions*, IAEA-TECDOC-443 (1987).

del accidente de la central nuclear de Chernobil en 1986. El programa de la EPS consta de tres elementos claramente definidos: 1) promoción, apoyo y facilitación del uso de la EPS mediante el examen de las técnicas aplicadas en los Estados Miembros para el empleo de la EPS; 2) apoyo en la formulación de directrices para utilizar la EPS y 3) ayuda a los Estados Miembros para que apliquen dichas directrices relativas a la EPS a fin de aumentar la seguridad en todas las modalidades de funcionamiento de las centrales nucleoelectricas. (Véase el cuadro adjunto.)

El objetivo de la labor relacionada con las directrices para la EPS es el establecimiento de un marco normativo uniforme para llevar a cabo la EPS y para la presentación de informes sobre sus resultados. Estas directrices figurarán en documentos de la Colección Seguridad del OIEA que se han de publicar en próxima fecha. Se presta una atención especial a la documentación del análisis y a la representación visual e interpretación de los resultados de la EPS. La finalidad de este trabajo es mitigar los problemas relacionados con la complejidad y diversidad de informes sobre la EPS.

Dada la necesidad de asegurar un acceso rápido y fácil a los resultados de la EPS, el OIEA creó un conjunto de programas de computadora denominado PSAPACK para realizar una EPS. Ya han comenzado los trabajos para ampliar el programa de computadora de manera que se facilite la utilización de los resultados de la EPS para apoyar la labor de seguridad de las centrales nucleares. PSAPACK se ha de utilizar en las computadoras personales y ha tenido amplia distribución por el OIEA.

Dado que las EPS tienen valiosas aplicaciones prácticas en la gestión y evaluación generales de la seguridad de una central nuclear, hay muchas posibilidades de que apoyen otras actividades del OIEA en materia de seguridad, entre otras, el examen de la seguridad operacional de las centrales nucleares, la elaboración de indicadores numéricos relativos al comportamiento de las centrales y a sus tendencias, y la evaluación de la importancia de las situaciones anormales para la seguridad de las centrales nucleares.



Central electronuclear de Cattenom, Francia. (Foto: Framatome)