

# Cuestiones de actualidad relacionadas con la seguridad de las centrales nucleares: Reseña anticipada de una Conferencia internacional

---

por M. Rosen y R. Schmidt

El accidente de Three Mile Island en los Estados Unidos ha impulsado a muchos países a examinar a fondo la seguridad de sus instalaciones nucleoelectricas. Se van conociendo los resultados de estas investigaciones y aparecen con claridad las cuestiones de seguridad que en la actualidad son motivo de preocupación. Las más importantes son: aspectos de seguridad relacionados con la explotación, en particular la cualificación del personal de explotación y de la dirección de las empresas, así como las zonas de contacto hombre-máquina; planes y preparación para casos de emergencia; requisitos en materia de emplazamiento; mejoras y modificaciones del diseño de las centrales; diversas posibilidades de cooperación internacional. Con objeto de poner en claro, debatir y valorar estas importantes cuestiones, el Organismo Internacional de Energía Atómica va a reunir una Conferencia internacional sobre cuestiones de actualidad relacionadas con la seguridad de las centrales nucleares, que tendrá lugar del 20 al 24 de octubre de 1980 en Estocolmo (Suecia). Este artículo expone brevemente algunas de las cuestiones que se tratarán en la reunión.

## ANTECEDENTES

Existen actualmente 22 países con 235 centrales nucleares en explotación, que generan el 7% de la electricidad mundial. Considerando las centrales que se encuentran ahora en diferentes etapas de construcción, este total se elevará en 1990 a 35 países, en los cuales 540 reactores de potencia generarán el 15%, aproximadamente, de la electricidad necesaria en ese año, con una producción global de 400 000 MW(e) (véase la Figura 1). Hace más de 20 años que comenzó la explotación industrial de la energía nucleoelectrica y, que se sepa, no ha producido ningún efecto perjudicial para la salud física de la población.

La radiactividad escapada en el pequeño número de incidentes más graves ocurridos en estas centrales ha sido por lo general completamente contenida dentro de los límites de la central. En efecto, en Three Mile Island, el concepto de defensa en profundidad, es decir las múltiples barreras entre la radiactividad y el medio ambiente, dio por resultado la contención casi completa de los materiales radiactivos dentro de la central. Sin embargo, el accidente del 28 de marzo de 1979 llamó espectacularmente la atención internacional sobre el hecho de que pueden ocurrir accidentes graves en las centrales nucleares, con escapes radiactivos que afecten a las zonas circundantes. En consecuencia, la seguridad nuclear ha pasado al primer plano en las discusiones en torno a la energía nucleoelectrica. Resulta evidente que la

---

El Dr. Rosen es Director Adjunto de la División de Seguridad Nuclear y Protección del Medio Ambiente del OIEA; el Sr. Schmidt es Oficial de Primera de la División de Energía Nucleoelectrica y Reactores del OIEA.

UNIDADES EN  
FUNCIONAMIENTO

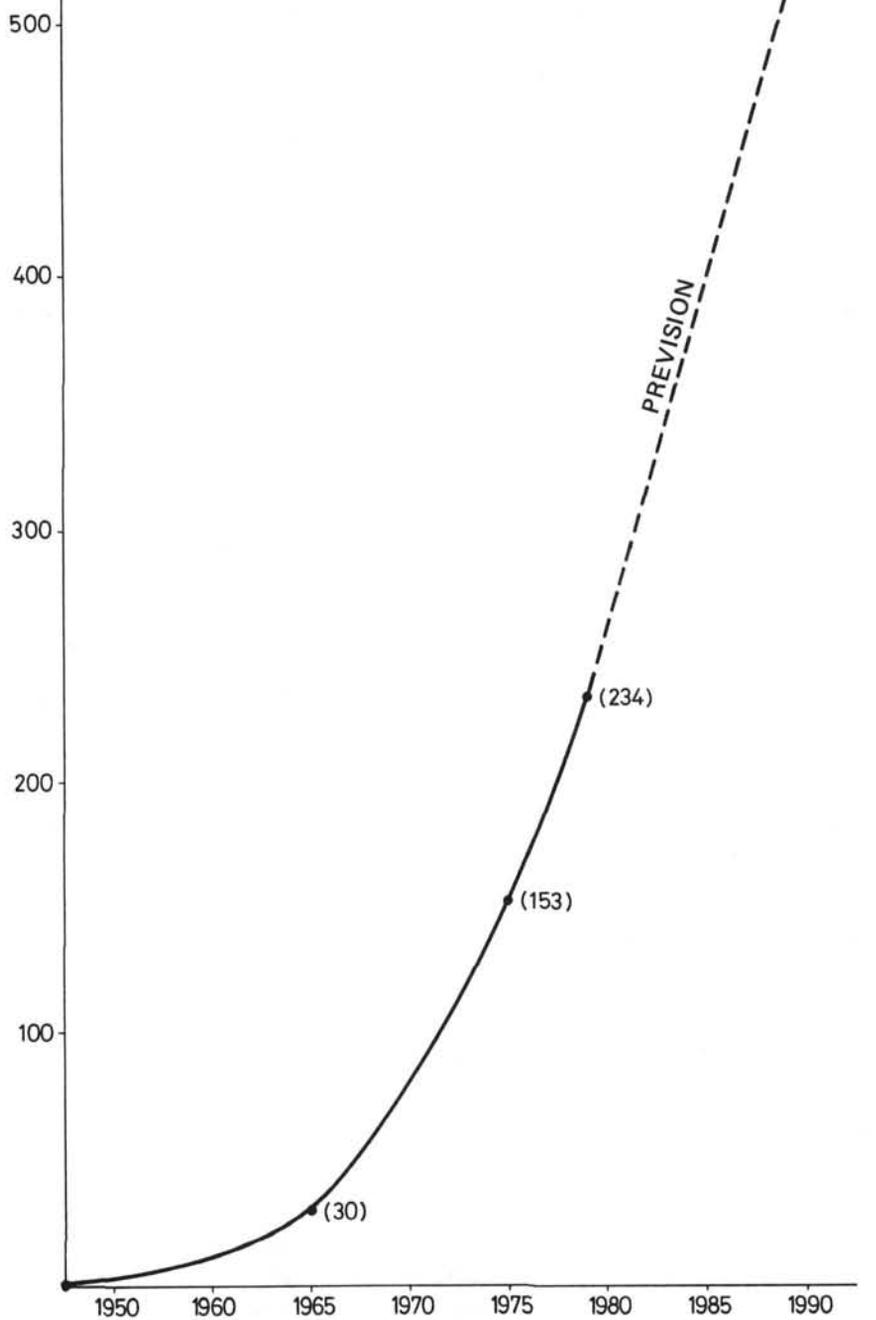


FIGURA 1. Centrales nucleares de todo el mundo

utilización a escala mundial de dicha energía en el futuro depende de que los centros de decisión y el público tengan el convencimiento de que las centrales nucleares son diseñadas, construidas y explotadas en condiciones de seguridad.

Ha transcurrido casi un año desde que ocurrió el accidente de Three Mile Island y se comienzan a conocer los resultados de los nuevos y detenidos exámenes realizados por muchos países sobre la seguridad de sus instalaciones nucleoelectricas. Con objeto de brindar un marco adecuado para la exposición de las opiniones más aceptadas en materia de seguridad nuclear, el OIEA decidió reunir una conferencia internacional para que ponga en claro, debata y valore las cuestiones más importantes. La conferencia será una recapitulación de los conocimientos y experiencia adquiridos por la comunidad internacional en más de dos decenios de explotación comercial de la energía nucleoelectrica. Habrá sesiones plenarias en las que se harán exposiciones generales para planificadores y funcionarios superiores, así como sesiones monográficas en las que se facilitará información complementaria y explicativa más detallada (véase la Figura 2).

**Figura 2. Temas de la Conferencia internacional sobre cuestiones de actualidad relacionadas con la seguridad de las centrales nucleares, 20 a 24 de octubre, Estocolmo.**

**Estructura de la conferencia**

- Sesiones plenarias con memorias presentadas exclusivamente por invitación especial, discusiones de mesa redonda y sesiones técnicas paralelas con presentación de memorias aportadas voluntariamente.

**Temas**

- Evaluación de incidentes importantes en las centrales nucleares y sus repercusiones en los programas nucleoelectricos
- Tendencias actuales en las reglamentaciones nacionales de la energía nucleoelectrica y en los programas de investigación en materia de seguridad
- Tendencias en los principios de diseños y en el análisis de accidentes, con el fin de mejorar las condiciones de seguridad
- Dirección de la explotación de las centrales nucleares con responsabilidad y cualificación crecientes del personal directivo, y capacitación de los operadores
- Preparación para casos de emergencia tanto en el emplazamiento como fuera del mismo
- Cooperación internacional en la difusión de las experiencias adquiridas, la elaboración de normas, la coordinación de investigaciones en materia de seguridad y asistencia en casos de emergencia, y el papel presente y futuro de las organizaciones internacionales
- Contribuciones específicas sobre determinado número de cuestiones de seguridad enumeradas más adelante.

**Memorias aportadas voluntariamente a las sesiones técnicas**

- Detalles sobre la evaluación de incidentes y accidentes y sobre las correspondientes medidas de emergencia
- Concepción de sistemas avanzados de seguridad
- Planes de operabilidad en casos de emergencia
- Capacitación de los operadores a fin de evitar las emergencias y mitigar sus consecuencias
- Accidentes consistentes en pequeñas fugas de refrigerante
- Especificación y cualificación del equipo para garantizar las condiciones de seguridad
- Adelantos en instrumentación para casos de accidente y situaciones consecutivas a los mismos
- Nociones de protección radiológica en base a las nuevas experiencias

Entre las numerosas cuestiones de seguridad que podrían seleccionarse para su debate se dará prioridad a las más urgentes e importantes. Estas comprenden sin duda:

- Los aspectos de seguridad relacionados con la explotación
- Los planes y la preparación para casos de emergencia
- Los requisitos en materia de emplazamiento
- La modificación y mejoras del diseño de las centrales
- La cooperación internacional

#### ASPECTOS DE SEGURIDAD RELACIONADOS CON LA EXPLOTACION

Desde el punto de vista de la seguridad del público, los 1800 años-reactor de experiencia de explotación acumulados por las 235 centrales nucleares industriales existentes en todo el mundo han sido satisfactorios en general. Como es de esperar en todo sistema complejo, se han producido fallos de equipo y errores humanos. Sin embargo, desde el punto de vista radiológico, se puede considerar que casi todos los accidentes ocurridos tienen relativamente poca importancia, pues han causado sobre todo problemas de carácter operacional y pérdidas económicas, pero no han tenido consecuencias para la salud. Por otra parte, estos sucesos han proporcionado valiosa experiencia, ya que su estudio puede permitir un mejor conocimiento de las causas y la prevención de accidentes más graves (véase el Cuadro 1).

Una característica común de muchos de los accidentes ocurridos hasta la fecha es la importancia decisiva del factor humano. En muchos casos los errores humanos han sido la causa inmediata de los accidentes y han tenido importancia determinante en el curso de los acontecimientos. Si bien el accidente de Three Mile Island fue el resultado de una serie de factores (fallos de equipo, errores de diseño, así como errores de los operadores) el principal fallo de la seguridad del reactor puesto de relieve por el accidente fue la insuficiente atención que se había prestado en todos los niveles y sectores de la industria nuclear a la

**Cuadro 1. Algunos incidentes importantes ocurridos en centrales nucleares**

Año	Central	Causa	Resultado
1966	Fermi (Estados Unidos – 60 MWe)	Error de diseño	Daños en el núcleo
1969	St. Laurent (Francia – 500 MWe)	Error humano	Daños en el núcleo
1974	Würgassen (República Federal de Alemania – 640 MWe)	Error humano Fallo de equipo Error de diseño	Daños en la contención
1975	Brown's Ferry I & II (Estados Unidos – 1100 MWe)	Error humano	Daños importantes en el equipo
1979	Three Mile Island (Estados Unidos de América – 900 MWe)	Error humano Fallo de equipo Error de diseño	Daños en el núcleo
1979	Oyster Creek (Estados Unidos – 650 MWe)	Fallo de equipo Error de diseño	Posibilidad de quedar el núcleo descubierto

explotación sin riesgos y tal vez en particular al elemento humano y a su papel fundamental en la prevención y respuesta a los accidentes. Anteriormente, los esfuerzos se encaminaban sobre todo a conseguir un diseño satisfactorio desde el punto de vista de la seguridad. Por lo tanto, las enseñanzas más importantes desprendidas de dicho accidente son las relacionadas con el tema general de la seguridad operacional, en particular las referentes a:

- las funciones de la dirección y de las compañías eléctricas y de su personal técnico,
- la cualificación y capacitación del personal operador,
- la idoneidad de los procedimientos operacionales en caso de emergencia,
- la evaluación y utilización de la experiencia de explotación y la zona de contacto hombre-máquina

En la mayoría de los países, la generación de energía nucleoelectrónica está a cargo de las mismas empresas y direcciones que producen electricidad por medios más tradicionales. Pero la energía nucleoelectrónica requiere atención especial del personal directivo, así como cualificaciones particulares del personal operador y un amplio sistema de apoyo formado por científicos e ingenieros competentes. En algunos países se está realizando actualmente un examen a fondo de las cualificaciones y la capacitación de los operadores de reactor, y se está considerando la conveniencia de definir con mayor claridad los requisitos que han de cumplirse en materia de estudios. En el futuro los simuladores de reactor tendrán un papel más importante en la capacitación de los operadores, y sus programas comprenderán una gama más extensa de incidentes anómalos. En lo que respecta a la zona de contacto hombre-máquina, el hecho de haberse comprendido la importancia del diseño de la sala de control empieza a traducirse en el estudio de aspectos tales como la pertinencia de la información presentada al operador, la agrupación de los dispositivos de indicación y la disposición de los tableros de mando, así como los medios de comunicación entre la sala de control y los puntos del exterior. Se está examinando nuevamente la cuestión del funcionamiento manual en comparación con el funcionamiento automático de los sistemas de seguridad, en vista de la serie de sucesos ocurridos en Three Mile Island.

## PLANES Y PREPARACION PARA CASOS DE EMERGENCIA

En la eventualidad de un accidente grave, se deben especificar en un programa eficaz de medidas y preparación para casos de emergencia las disposiciones finales que hayan de adoptarse para hacer frente a una emisión de radiactividad. Sin embargo, a esta tarea no se le ha dado aún suficiente prioridad en el seno de la industria nuclear o a nivel gubernamental. Los recursos y fondos destinados a este fin, expresados en forma de porcentaje de las sumas asignadas a la construcción, explotación y mantenimiento de centrales nucleares, son por cierto relativamente pequeños. Las causas de tal estado de cosas son diversas, aunque huelga decir que la situación está cambiando como consecuencia de Three Mile Island.

Se han establecido para la mayoría de las centrales nucleares y sus entornos diferentes tipos de planes para casos de emergencia. En Three Mile Island, dichos planes existían para el interior de la central y a nivel federal, estatal y municipal. Los planes especificaban las medidas de emergencia que debían tomarse en la central para la protección de su personal y equipo, y las disposiciones que debían adoptarse fuera de la central para la protección del público y del medio ambiente. No obstante, estos planes demostraron ser inadecuados. No se habían previsto en su totalidad las complejidades que suscita una emergencia nuclear en la realidad. No se habían indicado claramente todas las organizaciones que quizás hubiesen de intervenir, ni se habían definido con precisión sus funciones y competencia. Hubo deficiencias en los procedimientos de alerta, en los medios de comunicación y en la difusión de información pública. Hubo dificultades para obtener equipos y servicios, y una enseñanza clara es que hay que saber por anticipado lo que se necesita y dónde encontrarlo.

**Figura 3. Fases de un accidente nuclear**

Fase	Elaboración de planes y preparación	Inmediata Accidente	Intermedia Evaluación	Prolongada Recuperación
Duración	años	de unos segundos a varias horas	de unos minutos a varios días	de unos días a varios años
Medidas	Evaluación de recursos: Personal Equipo Servicios	Recursos locales según las posibilidades locales	Recursos locales e internacionales	

Actualmente se están realizando esfuerzos, tanto a nivel nacional como internacional, para establecer planes y medidas eficaces de preparación para casos de emergencia. El OIEA ha acelerado su programa para establecer procedimientos que garanticen que, en caso de accidente nuclear, se faciliten con demora mínima los recursos especiales (personal, equipo y servicios) que sean necesarios para hacer frente a la emergencia. En lo que se refiere a las medidas para hacer frente a los accidentes nucleares, se pueden distinguir cuatro fases, como se indica en la Figura 3.

Se pueden definir con claridad los recursos necesarios para estas cuatro fases en forma de personal, equipo y servicios, así como establecer un programa que asegure la disponibilidad y el empleo de estos recursos y que facilite la lucha contra la emergencia.

#### REQUISITOS EN MATERIA DE EMPLAZAMIENTO

Los países que ejecutan programas nucleoelectrónicos en gran escala empezaron por seleccionar emplazamientos, generalmente en regiones distantes de las áreas de población densa. En vista de la experiencia de funcionamiento satisfactoria y de los adelantos técnicos, algunos de estos países escogieron emplazamientos más cercanos a zonas más densamente pobladas. Surgieron diferentes políticas en materia de emplazamiento, como indica la Figura 4. Ciertos países han establecido zonas de exclusión, en las cuales no se permite la existencia de una población, y zonas de restricción, en las cuales la densidad de la población debe ser baja. Los límites de las eventuales dosis de radiación para los individuos y para la población pueden fijarse en función de estos criterios.

Generalmente, el emplazamiento de las centrales nucleares es objeto de más atención y más rigurosidad que el de otros tipos de instalación industrial. En el caso de una central nuclear, se examinan los efectos radiológicos potenciales sobre los habitantes de la región circundante, tanto en condiciones de funcionamiento normal como en posibles condiciones de accidente. Las consecuencias de una emisión grave de radiactividad dependen no solo de la distribución de la población, sino también de las características meteorológicas, topográficas, económicas y sociales de la zona que rodea la central. Al evaluar el emplazamiento hay que tener en cuenta no solo el número total de habitantes en las proximidades del mismo, sino también el número de habitantes de las zonas adyacentes, especialmente en los sectores situados

Figura 4. Ejemplos típicos de criterios nacionales en materia de emplazamiento

País	Zona de exclusión	Zona de restricción	Observaciones
Canada	1 km		Se aplican igualmente límites de dosis individuales y colectivas
RSS Checoslovaca	0,5 km		Valor típico
India	1,6 km	5 km	no debe haber ningún centro de población de 16 000 habitantes en un radio de 16 km en la dirección de los vientos predominantes
Italia	0,8–1 km		Valor típico adoptado
Estados Unidos de América	0,65 km	5 km Zona de escasa población	Valor aceptable para las centrales autorizadas en los años sesenta y a principios de los setenta
URSS	3 km		Valor típico

a sotavento en la dirección de los vientos predominantes. Para la aplicación de medidas de emergencia en el caso de un accidente grave se debe prestar especial atención al tráfico rodado, las comunicaciones y la existencia de escuelas, hospitales, prisiones u otras grandes instituciones cerca del emplazamiento.

Hay algunas cuestiones relativas al emplazamiento que siguen todavía pendientes. Por ejemplo, puesto que en principio, el alejamiento de las centrales nucleares supone una mayor protección para las personas, ¿deberían emplazarse dichas centrales lejos de los centros de población? Hay que reconocer que en muchos países no es posible el emplazamiento remoto. ¿Deben diseñarse las centrales de forma que proporcione protección contra accidentes más graves que los previstos actualmente en el diseño, es decir, para emisiones de radiactividad mayores que las consideradas en las actuales bases de diseño? ¿Debe mejorarse el diseño de los dispositivos de seguridad de forma que haga realidad ideas tales como un sistema de refrigeración del reactor a prueba de roturas, para evitar accidentes con grandes pérdidas de refrigerante y reducir más los riesgos de accidente? Nos enfrentaremos siempre con la cuestión de hasta qué punto puede conseguirse una verdadera seguridad.

Las respuestas a estas cuestiones dependen en cierta medida del problema básico de los riesgos y los beneficios. El riesgo nulo no es posible, puesto que todas las actividades humanas

implican cierto riesgo. Es difícil el cálculo de riesgos, igual que la determinación del tipo y grado de riesgo aceptable para el público. Se ha calculado que el riesgo teórico derivado para la salud humana de las centrales nucleares es mucho menor que el resultante de otras muchas actividades industriales en gran escala y de otros medios de producir energía eléctrica, tales como las centrales de combustible fósil y las hidroeléctricas.

## MODIFICACIONES Y MEJORAS DEL DISEÑO DE LAS CENTRALES

Los sistemas de seguridad de las centrales nucleares se han concebido para controlar y mitigar las consecuencias de los accidentes incluso más graves, los llamados accidentes tipo, que pueden producir grandes daños en el núcleo y emisiones de sustancias radiactivas procedentes del combustible. Hasta la fecha, tras 1800 años-reactor de funcionamiento, no se ha producido ningún accidente que haya seguido la pauta de lo que puede llamarse el accidente tipo clásico, es decir, una gran rotura en el sistema primario estanco, que produzca una rápida pérdida del refrigerante indispersable. En realidad, solo han ocurrido unos pocos incidentes en que ha habido que recurrir a los sistemas de seguridad. En cambio, el accidente de Three Mile Island ha demostrado que diversos sucesos aparentemente leves, combinados con deficiencias de la instrumentación y errores de los operadores, pueden causar accidentes graves. Es ahora evidente que las consecuencias de los incidentes de menor cuantía en las centrales nucleares no se habían investigado adecuadamente.

Se prestará más atención al examen analítico de los accidentes (lo cual ya es tradicional en el campo de la seguridad de las centrales nucleares), *acrecentando el alcance y la profundidad del análisis*. Estos nuevos análisis se centrarán en la consideración de un conjunto más amplio y detallado de posibles sucesos iniciadores y fallos consecutivos, así como en la importante cuestión que son las interacciones hombre-máquina. Se utilizarán métodos de análisis probabilistas cada vez más perfeccionados y también métodos de simulación por computadora. Para facilitar esta tarea, se recurrirá en mayor medida a la experiencia real obtenida en las centrales en funcionamiento. Esta experiencia se está expresando ahora en forma de bancos de datos computadorizados, para su evaluación.

La nueva información resultante de estos trabajos será incorporada en los estudios de seguridad con el fin de mejorar las características de las centrales en servicio o previstas para el futuro. Aunque no se esperan cambios radicales en las centrales nucleares que ya están en funcionamiento, habrá ciertamente modificaciones en los procedimientos de explotación, en la instrumentación y en los sistemas de automatización, y se mejorarán las técnicas de garantía de calidad para aumentar la fiabilidad del equipo. De todas formas, hay ciertas mejoras y modificaciones que es menester considerar. Por ejemplo, medios para evacuar el hidrógeno del sistema primario, reintroducir efluentes radiactivos en el sistema de contención, mejorar la instrumentación (tipo y gama), controlar el hidrógeno a raíz de un accidente, y evacuación controlada de gases de la contención para hacer frente a emisiones radiactivas importantes. En relación más estrecha con el tipo de la central de Three Mile Island, se plantean cuestiones tales como el suministro eléctrico de emergencia a los calentadores del agua de alimentación, las señales de aislamiento de la contención y la garantía de calidad fuera de la contención, especialmente de los sistemas relacionados con la seguridad.

## COOPERACION INTERNACIONAL

Muchas de las actividades relacionadas con la seguridad son respaldadas por acuerdos bilaterales y multilaterales entre las naciones y por el patrocinio de organizaciones y comisiones internacionales tales como el OIEA, el CAEM, la AEN, la CCE y la CIPR. Hay

materias que se prestan especialmente para la labor de cooperación internacional, tales como el intercambio de información relativa a la seguridad, la investigación sobre cuestiones de seguridad y la asistencia en casos de emergencia.

A medida que se acumula la experiencia operacional y que crece el acervo de información relativa a la seguridad, la difusión de esta información en el seno de la comunidad internacional permitirá aprovecharla no solo para mejoras de diseño, sino también para promover la explotación sin riesgos. Los 19 países en desarrollo que tendrán centrales nucleares en funcionamiento en el año 1990, necesitarán ciertamente fácil acceso a la información sobre experiencia operacional. Se pueden crear bancos de datos que contengan tal información, siempre que sea sobre el intercambio de ésta entre todas las naciones, y a ello pueden contribuir las organizaciones internacionales.

La cooperación internacional en la esfera de la investigación sobre cuestiones de seguridad puede evidentemente favorecer la realización de proyectos conjuntos de investigación sobre seguridad y la comunicación de la información resultante de tales investigaciones. Se pueden convocar reuniones periódicas de expertos de varios países para que discutan los resultados y propongan nuevos proyectos.

La asistencia en caso de accidente nuclear es otro aspecto que ofrece oportunidades de cooperación. El asegurar la disponibilidad de recursos para casos de emergencia, en forma de personal, equipo y servicios, es una tarea extensa, variada y compleja que puede facilitarse mediante una planificación adecuada. Se pueden especificar dichos recursos y definir los medios para tenerlos disponibles. Los criterios y normas de seguridad, convenidos internacionalmente, que está elaborando el OIEA, constituyen un buen ejemplo de cooperación para garantizar un nivel mínimo aceptable de seguridad en el plano mundial. Otros programas que se desarrollan activamente con el fin de asistir a los Estados Miembros comprenden el envío de misiones de asesoramiento en materia de seguridad y de expertos en seguridad, por plazos largos o cortos, así como la organización de cursos de capacitación y seminarios sobre los diversos aspectos de seguridad y de reglamentación de la energía nucleoelectrónica. Estos programas pueden seguir siendo un elemento importante de las actividades internacionales para fomentar la seguridad.