

# LA COOPERACION TECNICA POR DENTRO

Organismo Internacional de Energía Atómica



Junio de 1997, Vol. 3, N° 2

## INDICE

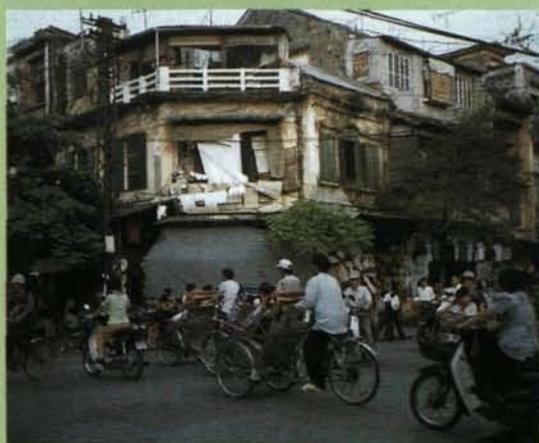
Nuevos instrumentos . . . . .	1
Tecnología para . . . . .	1
Reactores seguros . . . . .	2
Iniciativas regionales . . . . .	3
Mejoramiento del . . . . .	3
Aporte de la energía . . . . .	5
Muy breves . . . . .	7
Protección contra . . . . .	8

## Nuevos instrumentos y opciones

Un suministro adecuado de energía a precios razonables es decisivo para lograr el crecimiento económico sostenido; no obstante, muchos países en desarrollo no tienen los recursos naturales, financieros ni técnicos para garantizar suministros fiables. Además, las preocupaciones por los efectos de la generación de energía sobre la salud humana y el medio ambiente significan que los países deben poder evaluar e intercomparar todas las opciones al planificar sus sistemas energéticos.



Cortésia: L. Langlois/OIEA



Funcionarios superiores participan en el programa de planificación energética (ENPEP). La demanda de energía eléctrica aumenta rápidamente en Vietnam. El 40% de la población vietnamita es menor de 15 años. Cortésia: L. Langlois/OIEA

Nueve organizaciones internacionales, incluido el OIEA, establecieron un proyecto denominado DECADES para elaborar instrumentos informatizados (bases de datos y metodologías) que puedan ayudar a los responsables de la planificación de la energía a nivel nacional a enfrentar estos retos. En su primera fase (1993-1996), el DECADES produjo tres bases de datos y un modelo analítico llamado DECPAC, basado en modelos como el ENPEP (programa

de evaluación de la energía y la electricidad) desarrollado conjuntamente por el OIEA y el Argonne National Laboratory (EE.UU.). Con el uso del paquete de información para computadoras personales y el modelo analítico, los planificadores nacionales pueden comparar los sistemas energéticos sobre la base de la producción energética, así como las emisiones de gases causantes del efecto de invernadero y otros contaminantes, e incorporar otros elementos al análisis.

Una de las bases de datos DECADES sobre "referencia tecnológica" abarca todos los sistemas de generación de energía primaria disponibles a nivel

(continúa en la página 6)

## Tecnología para mantener seguras las fuentes gastadas

La analogía de levantar una pared de ladrillos suele emplearse para ilustrar lo que significa una infraestructura de seguridad nuclear. Al poner los cimientos de la seguridad en países que sólo tienen programas nucleares limitados, algunos ladrillos representan las leyes necesarias (sobre gestión de

desechos y protección radiológica), mientras que otros son el órgano regulador independiente con facultades para asegurar el cumplimiento de las leyes. Y hay otros que representan las capacidades técnicas y el personal capacitado para abordar todas las tareas relacionadas con la seguridad.

Las actividades del OIEA han contribuido a poner los ladrillos en muchos países, pero todavía es necesario fortalecer algunas paredes nacionales. Con el objetivo de contribuir a consolidar la protección radiológica

(continúa en la página 4)

## Reactores seguros: Prioridad vital en ex bloque oriental



En el centro de capacitación de Balakovo, Rusia, se usa un simulador de tamaño natural para capacitar a los explotadores de centrales nucleares. Cortesía: Departamento de Energía de los EE.UU.

Durante los años de la guerra fría, la industria nucleoelectrónica de la Unión Soviética estuvo regida efectivamente por consideraciones distintas de las de Occidente. Los reactores se diseñaban y construían para que satisficieran, en primer lugar, los requisitos de fiabilidad y disponibilidad. Se explotaban para producir energía eficiente, pero no se exigían paradas regulares para realizar las inspecciones y el mantenimiento. Las circunstancias entonces eran muy diferentes en cuanto a la participación del público, el diseño y los requisitos de explotación, y, sobre todo, en cuanto a las normas de seguridad en general. Actualmente, las autoridades nucleares abordan una serie de problemas serios.

El OIEA, conjuntamente con varios otros organismos internacionales y algunos países, participa en muchas actividades encaminadas a aumentar la seguridad de los reactores de ese período. Los principales objetivos son corregir las deficiencias de diseño en la medida de lo posible mediante readaptaciones a posteriori y refuerzos estructurales, para mejorar la eficiencia operacional, fortalecer y prestar asistencia a las autoridades reguladoras y fomentar la cultura de la seguridad en todo el sector de la energía nuclear de la región.

De los tipos de reactores de diseño soviético, solo los WWER (reactores de energía refrigerados y moderados por agua) se construyeron fuera de la antigua URSS. Los tipos iniciales todavía en funcionamiento son los WWER 440/230 (capacidad de diseño de 440 megavatios, modelo 230). Existen 11 de esas unidades en

explotación en cuatro países: Armenia (1); Bulgaria (4); Eslovaquia (2); y cuatro en la propia Rusia. Estas unidades fueron diseñadas antes de que se emitieran normas oficiales de seguridad nuclear en la Unión Soviética y no tienen las características de seguridad básicas presentes en los reactores de agua a presión.

Una parte importante del programa del OIEA aborda la seguridad de los reactores WWER 440/230. Es importante continuar realizando esas actividades en el futuro previsible porque los problemas no desaparecerán mañana, ni tampoco los dilemas económicos que entrañan. No es probable que estos países tengan medios para reemplazar las centrales eléctricas, nucleares o de otro tipo, en el siguiente decenio.

La participación internacional es también importante para aumentar y mantener la seguridad y eficacia de otros reactores de diseño soviético—los WWER 440/213 y 1000 más modernos, y los RBMK—en funcionamiento. Existen 14 WWER 440/213 en explotación: República Checa (4); Hungría (4); Eslovaquia (2); Rusia (2) y Ucrania (2). Existen también 19 WWER 1000, de los cuales solo dos (en Bulgaria) se hallan fuera del territorio de la antigua URSS, mientras Rusia tiene siete y 10 están en Ucrania. Los RBMK están funcionando en Lituania (2), Rusia (11) y Ucrania (2 en Chernobil).

Un estudio realizado por expertos internacionales, coordinado por el OIEA, iniciado en 1990, analizó los problemas relacionados con la seguridad, tanto genéricos como especí-

ficos de las plantas, de todos estos reactores y los clasificó sobre la base de su importancia para la seguridad. Los resultados han servido de marco y guía útiles para otras actividades del Organismo, incluidos proyectos de cooperación técnica (CT) nacionales y regionales. También han contribuido a establecer vínculos con varios programas internacionales—sobre todo de la Comisión Europea, el Banco Europeo de Reconstrucción y Fomento, la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, el G-24, y la Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares—para aumentar la seguridad de esas centrales.

Los proyectos de CT del OIEA, en especial los de Europa oriental y central, están dirigidos principalmente a aumentar la capacidad reguladora nacional y aumentar la seguridad de las centrales. En la época de la Unión Soviética, los expertos rusos se ocupaban de casi todas las actividades nucleares. Los reguladores nacionales de otros lugares de la región no tenían información sobre sus centrales ni independencia. Las leyes de reglamentación y los reglamentos eran inadecuados. Estos países ahora están abordando el problema y la CT los ayuda a formular leyes y reglamentos adecuados para que los reguladores tengan la independencia y facultad jurídicas que necesitan, así como a proporcionar capacitación y equipo. En Rumania y Eslovaquia concluyeron recientemente proyectos encaminados a fortalecer la reglamentación, y este año, en Ucrania y Armenia, se iniciaron otros análogos.

La actividad más destacada en la esfera de la seguridad de las centrales se tradujo en la inauguración oficial en abril de este año de un centro de capacitación en mantenimiento en el emplazamiento de la central nuclear de Paks, Hungría, dotado de todas las partes clave de la zona del núcleo de un reactor WWER 440/230 (véase la noticia de la página 7). El reactor modelo de tamaño natural servirá para capacitar y recalificar al personal de mantenimiento de las centrales, de la misma forma que los simuladores capacitan al personal de operaciones, no solo húngaros, sino también de todos los países, con cualquier modelo de reactor WWER, ya sea bilateralmente, o por conducto del Organismo.

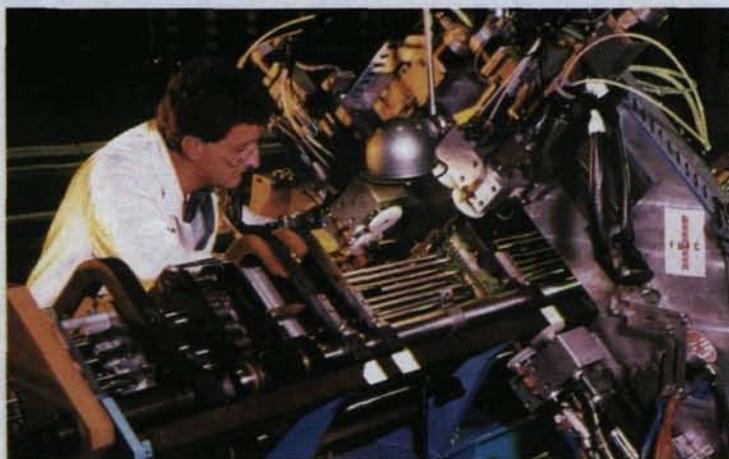
### Iniciativas regionales para aumentar la seguridad de las centrales

Como parte de los esfuerzos del Organismo por aumentar la seguridad de los WWER, la CT continuará prestando atención a cuestiones específicas de cada país por medio de proyectos nacionales. Sin embargo, una nueva tendencia es establecer programas regionales que aborden aquellas cuestiones amplias que el OIEA define como comunes a una serie de países. Este enfoque es, por naturaleza, más dinámico, ya que determina las oportunidades de intervención en vez de esperar por las solicitudes de los gobiernos.

Los proyectos regionales abarcan una diversidad de cuestiones pertinentes sobre el aumento de la seguridad de los reactores WWER más antiguos y nuevos. Los propios países han asignado gran prioridad a los problemas abordados. Un proyecto se propone transferir los métodos avanzados de ensayos no destructivos (END), durante los tres años siguientes, a siete países que desean mejorar los procedimientos de inspección durante el servicio (IS). Croacia ha permitido al Organismo que use libremente un laboratorio e instalaciones de capacitación, con todo el equipo requerido para actividades de capacitación. La metodología común es una combinación de talleres, debates y capacitación práctica.

El sector de la energía nucleoelectrica de la región es hoy muy diferente de lo que era. Se reconoce que los WWER 440/213 y 1000 modernos tienen una alta calidad de diseño. En el caso de los modelos más antiguos que continúan en funcionamiento, los antiguos problemas de seguridad reciben actualmente atención prioritaria. Se han iniciado programas de mejoras. La capacitación y recalificación del personal de mantenimiento y operaciones son hoy prácticas normales. La seguridad de las centrales ha reemplazado a la productividad de éstas como objetivo primordial. Con esfuerzos constantes, la razón de ser de todos los proyectos de CT del OIEA, nacionales y regionales, se está haciendo realidad: alcanzar gradualmente niveles de seguridad sin privar a los países de la energía que necesitan para continuar avanzando.

### Mejoramiento del comportamiento del combustible nuclear



Un técnico inspecciona la estructura de un conjunto combustible. Se pueden elaborar modelos de la integridad de los conjuntos combustibles en distintas condiciones utilizando códigos de computadora complejos. Cortesía: Framatome.

El combustible nuclear se fabrica por pedido para diversos tipos de centrales eléctricas e incluso para modelos específicos. El buen comportamiento del combustible es un factor clave en la producción rentable de energía. Es también esencial para la seguridad operacional, por lo que es importante que las autoridades reguladoras tengan conocimientos profundos de la base de diseño, los antecedentes de fabricación y las características del combustible, así como de la forma en que se espera que se comporte en diferentes condiciones de funcionamiento y en accidentes en el reactor.

Las plantas de fabricación de muchos países pueden ajustar el combustible a las especificaciones del cliente. Los países de Europa central y oriental que explotan reactores WWER construidos en la URSS acostumbraban a comprar el combustible a Rusia (que ahora lo vende solo en moneda convertible), pero ahora pueden obtener los suministros en el mercado mundial. Sin embargo, como dependieron durante mucho tiempo de la Unión Soviética, estos explotadores de centrales nucleares (CN) no tienen conocimientos amplios sobre el combustible que usan.

Para contribuir a resolver este problema se inició un proyecto regional de cooperación técnica del OIEA (1995-1996) destinado a proporcionar capacitación y conocimientos especializados a Bulgaria, Eslovaquia, Eslovenia, Hungría, Polonia, República Checa, Rumania y Ucrania, así como códigos de computadora decisivos para evaluar el com-

portamiento del combustible en diversas condiciones y la base de datos para la elaboración de modelos de combustible por su cuenta. Para complementarlo, hay un nuevo proyecto modelo de CT de dos años de duración (1997-1998) para la región que se propone transferir tecnología a cada uno de los ocho países, además de Turquía, sobre procedimientos de concesión de licencias y utilización de códigos de computadora para la elaboración de modelos del comportamiento del combustible (procedimientos sistemáticos para elaborar modelos matemáticos que representen las circunstancias reales que afectan al combustible). El objetivo es que cada órgano regulador nacional desempeñe con el tiempo e independientemente la función de concesión de licencias.

El proyecto tiene como objetivo las compañías eléctricas, los reguladores y el personal que diseñará y habilitará los códigos de combustible nacionales. Cuenta con un cuestionario concebido para determinar, al principio, las lagunas de conocimiento y las necesidades específicas de los diferentes países. Posteriormente, se organizarán cursos de capacitación y becas que abarquen las directrices del Organismo sobre seguridad del combustible, la función de los reguladores nacionales en la concesión de licencias para el combustible, los requisitos de la Convención sobre Seguridad Nuclear, la garantía de calidad del comportamiento del combustible, y la fabricación del combustible y los criterios de seguridad para las compañías eléctricas y los reguladores.

## Tecnología para mantener seguras las fuentes gastadas *(viene de la página 1)*

e introducir tecnologías para el almacenamiento seguro de desechos radiactivos, este año se iniciaron dos proyectos modelo multinacionales, independientes, pero conexos, de cooperación técnica (CT) del OIEA.

Como los desechos radiactivos siguen siendo activos y peligrosos durante períodos prolongados, la tecnología de gestión de desechos forma parte esencial de la infraestructura nuclear. De nada vale garantizar, mediante reglamentaciones, que las fuentes radiactivas se manipulen con el debido celo mientras se estén utilizando, si después no se pone cuidado al desahacerse de ellas cuando se dejan de explotar y se convierten en desechos.

Las tecnologías de gestión de desechos que se transfieren a los países en desarrollo deben ajustarse a sus necesidades y capacidades técnicas nacionales. Los países beneficiarios de los proyectos suelen hacer poco o mínimo uso de los radisótopos. La mayoría utiliza las fuentes solo en hospitales y para algunos trabajos industriales, como la radiografía de soldaduras. Unos cuantos también tienen instituciones de investigaciones nucleares; por tanto, el proyecto centra su atención en soluciones de sentido común, en cinco posibles esferas clave de problemas.

La primera necesidad urgente es el acondicionamiento y almacenamiento de las agujas de radio gastadas. Estas minutas fuentes de radio 226 se utilizaron ampliamente, sobre todo para tratar tipos de cáncer, en todo el mundo durante unos 70 años, pero desde hace mucho tiempo su uso se ha discontinuado y han sido reemplazadas por fuentes más modernas de radiación ionizante. Dado el período de semidesintegración del radio, de 1600 años, las fuentes obsoletas deben estar en almacenamiento seguro a largo plazo hasta su evacuación definitiva. En cambio, las alrededor de 15 000 agujas identificadas en países en desarrollo suelen estar indebidamente almacenadas, y se sabe que algunas tienen fugas.

El proyecto está utilizando una tecnología relativamente sencilla para acondicionar y almacenar este desecho. El Uruguay es un excelente ejemplo de país en desarrollo que necesita de tecnología de acondicionamiento para sus anticuadas fuentes de radio. Las 150 agujas y algunas fuentes médicas obsoletas, con un

contenido total de unos 2,6 gramos de radio, habían sido retiradas de servicio y llevadas al centro de investigaciones nucleares de ese país. (Marie Curie, en las investigaciones, prolongadas y heroicas, que posteriormente le causaron la muerte, solo extrajo miligramos de radio del pecblenda).

El OIEA reunió a un grupo de tres expertos brasileños especialmente capacitados para acondicionarlas. Bajo la supervisión del Organismo, los contenedores de fuente blindados fueron abiertos, inventariados y colocados en cápsulas de acero inoxidable, que después se soldaron. Como parte de los procedimientos de garantía de calidad requeridos, se verificó que las soldaduras no tuvieran fugas.

Las cápsulas se colocaron en blindajes de plomo especialmente contruidos que se almacenaron en bidones de 200 litros, revestidos con unos 500 kilogramos de cemento.

Por tanto, todo el radio 226 no deseado del Uruguay está ahora almacenado en cuatro bidones en condiciones de seguridad y debidamente identificados, en espera de su evacuación definitiva en un repositorio profundo para desechos de período de semidesintegración muy largos. Otros cuatro países de la región y uno de Europa ya han escogido el mismo método del Uruguay. Nicaragua, Guatemala y Jamaica están concentrando todas sus agujas en un solo lugar, según exige el proyecto. En el año en curso los grupos de expertos repetirán en esos países el proceso que se llevó a cabo en Montevideo. En el marco del proyecto modelo interregional, Chile ha comenzado a capacitar a su propio grupo de expertos que serán los que realizarán el trabajo. El proyecto también contribuirá a que Croacia se convierta en el primer país de Europa en proteger todas sus fuentes de radio este otoño.

La segunda necesidad abordada por el proyecto es asegurar que fuentes que reclaman una atención menos urgente y que se utilizan comúnmente en la medicina y la industria, también se almacenen con seguridad después que dejen de usarse y se consideren desechos. Los isótopos -cesio 137, cobalto 60, iridio 192 y otros- no son de



*Los participantes reciben capacitación práctica sobre el acondicionamiento de las plantas selladas del combustible gastado en el Centro Lo aguirre de Estudios Nucleares de Chile. Cortesía: V. Friedrich/OIEA*

período largo como el radio, pero son potentes y pueden ser letales. La solución ideal sería su "Devolución al vendedor". Los futuros contratos pueden contener una cláusula que exija a la compañía proveedora que acepte la devolución de las fuentes gastadas. Aun así, en el caso de las fuentes ya importadas, y de las futuras importaciones, incluso en virtud de contratos de "devolución", se pueden interponer obstáculos a la reexportación. Por consiguiente, el proyecto proporcionará tecnologías de acondicionamiento similares a las de las agujas de radio. La evacuación definitiva en repositorios a poca profundidad, del tipo existente en muchos países desarrollados, es adecuada para estos isótopos porque se desintegrarán en un período relativamente breve.

El control no estricto o los disturbios civiles como la guerra pueden resultar en el abandono, el entierro en cascotes o, de lo contrario, la pérdida de fuentes. La tercera necesidad que se aborda en el nuevo proyecto es encontrar las fuentes perdidas, recuperarlas y almacenarlas de manera segura. La localización de fuentes fuera del control reglamentario es técnicamente directa y rentable en comparación con los efectos sobre la salud pública y los costos de la limpieza, si se dañan o manipulan mal. Las necesidades cuarta y quinta del proyecto se relacionan con países que tienen programas nucleares más amplios (los que tienen reactores de investigación o

grandes hospitales) donde regularmente se generan desechos radiactivos sólidos y líquidos. En este caso, el proyecto modelo tiene una tarea más prolongada y compleja: por una parte, establecer instalaciones de tratamiento y almacenamiento centralizados; por la otra, aumentar la competencia de los operadores de desechos. La capacitación de los operadores suele proporcionarse mediante misiones de expertos que se envían al país y becas y visitas a los centros de investigación de la región. Un nuevo programa especial de demostración en centros nacionales seleccionados permite a los operadores no solo observar la aplicación de técnicas de tratamiento de desechos, sino también obtener experiencia trabajando con desechos radiactivos reales.

Este año el proyecto ayudó a 10 operadores de cinco países de América Latina a que recibieran esa capacitación en el Centro de Estudios Nucleares (CEN) Lo Aguirre de Chile. El Centro de Investigaciones de Cekmece de Turquía, en Estambul, recibió a pasantes de cuatro países de Europa y Asia occidental. Ya se han acometido planes para coordinar demostraciones prácticas para los Estados recientemente independizados de la antigua Unión Soviética, y para los países de la región de Asia oriental y el Pacífico. El "enladrillado" tecnológico ya ha mejorado varias "paredes" de la infraestructura, sobre todo porque los gobiernos, ya conscientes de los problemas, consideran que los instrumentos proporcionados mediante el proyecto modelo son apropiados para sus necesidades.

#### Desintegración radiactiva y período de semidesintegración

Período de semidesintegración es el período requerido para que la desintegración radiactiva reduzca el inventario de un isótopo dado a la mitad de su valor inicial. La desintegración ocurre espontáneamente, sin ningún estímulo externo. La tasa de desintegración no varía, por tanto, algunos isótopos con períodos de semidesintegración largos no desaparecerán hasta pasados millones de años. El período de semidesintegración es un parámetro clave en las estrategias y estructuras artificiales para el tratamiento y almacenamiento seguro de desechos radiactivos. En comparación con el período de semidesintegración de 1600 años del radio 226, el cesio 137, el cobalto 60 y el iridio 192 tienen períodos de semidesintegración de 30 años, 5,3 años y 74 días respectivamente.

## Aporte de la energía nucleoelectrica

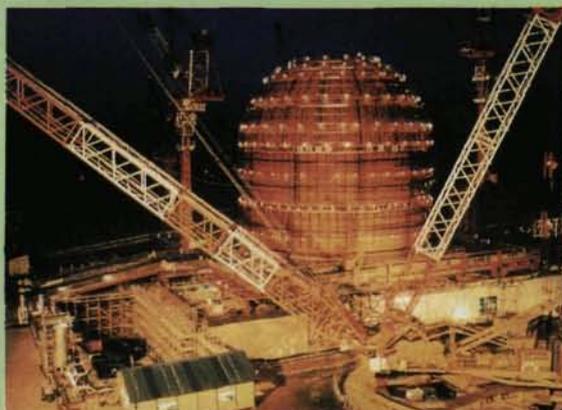
La energía va a ser quizás el principal factor determinante del crecimiento económico y del desarrollo en el próximo siglo. Estadísticas interminables y serios análisis proporcionan estimaciones sobre las pasmosas necesidades energéticas del futuro, pero las opciones prácticas de fuentes de energía se reducen a unas pocas, cada una con sus propias consecuencias.

En el mundo se explota actualmente un total de 443 centrales nucleares. Durante 1996, cinco centrales nucleares que representan una capacidad eléctrica neta de 5717 megavattios eléctricos (MWe) fueron conectadas a la red en Francia, el Japón (2), Rumania y los Estados Unidos. En abril de 1997, Wolsong-2, una unidad de 650 MWe, fue conectada a la red en la República de Corea. Durante 1996, comenzó la construcción de tres nuevos reactores nucleares -dos en Qinshan, China, y uno en Onagawa, el Japón- que elevan a 35 el número total de reactores nucleares notificados en construcción en 14 países. Varios Estados Miembros como, por ejemplo, Vietnam, están explorando la viabilidad de la opción nucleoelectrica con la cooperación del Organismo. Ese país ha llegado a la conclusión de que del 2010 al 2015 se deberá incorporar una central nuclear con una capacidad de 800 a 1000 MWe.

La energía nucleoelectrica seguirá desempeñando una función importante en la mezcla energética de muchos Estados Miembros a lo largo

de los próximos decenios. Aunque la mayoría de los Estados prefieren las fuentes de energía renovables, en estos momentos la participación de estas fuentes en la satisfacción de la demanda energética mundial se limita a un 2% y es probable que se mantenga así en el futuro previsible. Con el aumento de la demanda de energía y electricidad, y el espectro de la creciente preocupación por el efecto de invernadero y la lluvia ácida, la opción nucleoelectrica seguirá siendo sumamente pertinente para la mezcla energética de cada Estado, en dependencia de una serie de variables: la disponibilidad de otras fuentes energéticas, la existencia de una infraestructura industrial y reglamentaria adecuada, la aceptación del público y otras.

En 1996, a nivel mundial la electricidad total generada a partir de la energía nuclear aumentó a 2300 teravattios-horas (TWh), lo que es más que la electricidad total que se generó en el mundo -1912 TWh-, en 1958, a partir de todas las fuentes. Las centrales nucleares en general aportaron aproximadamente el 17% de la producción mundial de electricidad en 1996. La experiencia operacional acumulada en el mundo con los reactores nucleares civiles a finales de 1996 fue de más de 8135 años.



En resumen, 17 países y Taiwán, China, dependieron de las centrales nucleares para satisfacer, al menos, una cuarta parte de sus necesidades de electricidad totales.

La decisión de usar energía nucleoelectrica, energía generada a partir de combustibles fósiles convencionales, hidroeléctrica, geotérmica, o de otro tipo, refleja un proceso de compensación. La función del OIEA es cooperar con los Estados Miembros para adoptar decisiones expertas. Entre estas esferas de cooperación figuran la evaluación de fuentes energéticas; el apoyo técnico en esferas como la seguridad, la gestión de desechos, la protección física; la evaluación y el control de calidad; la planificación de la energía; y la capacitación. El OIEA es la única organización internacional que desempeña esta función y es, por tanto, un importante asociado para proyectar nuestro futuro energético.

mundial, y los previstos para los próximos 20 ó 30 años. Una segunda base de datos mundial, "Repercusiones en el medio ambiente y la salud de los sistemas energéticos", suministra datos sobre las repercusiones, no solo de las centrales eléctricas, sino a lo largo de cada cadena energética. Una tercera base de datos proporciona un modelo genérico para las bases de datos nacionales, y se puede adaptar a las necesidades de los usuarios incluyendo información específica por países como, por ejemplo, la demanda de electricidad en carga punta, la duración de la carga, las condiciones hidrológicas, las adiciones comprometidas y los cierres de centrales eléctricas, el uso de la tierra o la utilización de combustibles locales.

Los instrumentos DECADES se transfirieron a unos 35 países en la Fase I mediante cursos de capacitación que incluían conferencias y actividades prácticas. Unos 80 pasantes recibieron copias de las bases de datos y DECPAC en disquetes para compartir la experiencia con colegas de sus países. Dos o tres pasantes de un país participan al mismo tiempo, lo que les permitiría comenzar a hacer estudios específicos por países durante la capacitación. La mayoría de las bases de datos nacionales ya han sido examinadas por homólogos.

La capacitación en la Fase I se complementó con un programa coordinado de investigaciones (PCI) del OIEA, de tres años de duración, que se centró en estudios de casos nacionales para evaluar y comparar la posible función de las fuentes de energía nuclear y de otro tipo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y otras cargas sobre el medio ambiente. Los PCI están diseñados de modo que todos los participantes observen las mismas directrices estrictas y presenten resultados comparables.

La Fase II del PCI, iniciada este año, tiene dos objetivos fundamentales: mejorar los modelos y las bases de datos, y difundirlos ampliamente. Se ampliarán las bases de datos a fin de abarcar otros contaminantes como los metales pesados. Se incluirán los efectos específicos de las distintas emisiones —en la salud humana, las edificaciones, los cultivos y el medio ambiente— y, a su debido tiempo, se cuantificarán, clasificarán o ponderarán. Se elaborarán modelos para



*Producción de energía geotérmica en El Salvador. Cortesía: J. Pérez-Vargas/OIEA*

pronosticar la futura demanda de electricidad en diferentes países. También se ha establecido un PCI para comparar las estrategias de generación de electricidad en cuanto a su sostenibilidad con el decursar del tiempo. La Fase II también está orientada a examinar todo el espectro energético en oposición a la generación de electricidad solamente.

La capacitación es un elemento esencial para la difusión de los nuevos instrumentos, y el objetivo actual es graduar otro grupo de 100 a 200 pasantes durante esta fase. Una vez que dominen los métodos, los encargados de planificar y adoptar decisiones en materia de energía tienen que comenzar a aplicarlos al formular planes nacionales reales. El Brasil y Croacia serán los dos primeros países en aplicar las bases de datos DECADES y el modelo DECPAC al elaborar sus planes nacionales.

El tamaño del Brasil y la existencia de varias compañías eléctricas regionales, independientes y competidoras, dificultan bastante la elaboración de un plan coherente. La energía eléctrica desempeña un papel decisivo en la economía del estado de Minas Gerais, que se basa en industrias manufactureras con alto consumo energético. Gracias a un proyecto de cooperación técnica del OIEA, concluido en 1996, la compañía eléctrica del Estado (CEMIG) ya conoce el paquete ENPEP, y ahora tiene considerables capacidades para realizar estudios y adoptar decisiones respecto

de las futuras necesidades energéticas. Un nuevo proyecto de cooperación técnica (CT), para el cual todavía se busca financiación, permitirá que CEMIG utilice los instrumentos DECADES a fin de incluir factores relativos a la salud y el medio ambiente al evaluar los sistemas de generación de electricidad. Al mismo tiempo, el proyecto DECADES introducirá su paquete en otras compañías eléctricas del país.

Un anterior proyecto de CT destinado a ayudar a aplicar las metodologías de planificación energética del Organismo en Croacia se ha prorrogado (1997-1998) con el objetivo de "aumentar las capacidades nacionales para ...la planificación del sector energético" en su conjunto. Todas las autoridades pertinentes del país participan en la actividad, desde el Ministerio de Asuntos Económicos hasta las facultades universitarias y la compañía eléctrica, la compañía petrolera más importante, el instituto nacional de energía, e, incluso, algunas organizaciones no gubernamentales que promueven nuevas energías. Una de las tareas esenciales es realizar una evaluación comparativa de las distintas opciones para producir electricidad, utilizando el paquete DECADES. Dos "graduados" en el método DECADES desempeñan funciones destacadas en el grupo de trabajo que realizará el estudio, cuya terminación está prevista para dentro de 12 meses.

La electricidad de Lituania depende principalmente de su central nuclear de Ignalina, construida por la URSS. Este año se inició un nuevo proyecto de CT para ayudar al instituto nacional de energía a determinar las formas prácticas de ampliar la generación de energía, utilizando otras fuentes primarias, e, incluso, otras centrales nucleares, a medida que el país avanza hacia una economía de mercado. El proyecto introducirá, capacitará y aplicará las metodologías de planificación básicas del OIEA (incluido el ENPEP) en virtud de las cuales se elaboró el DECPAC. En otros lugares, en dos proyectos regionales de CT en marcha, 26 países europeos y nueve de Asia occidental participan en talleres, foros técnicos e intercambios que brindan capacitación en ENPEP, sentando así las bases para utilizar el paquete DECADES para elaborar sistemas energéticos inocuos para el medio ambiente y el público en docenas de países en el siglo XXI.

# Muy breves: Lo último en reportajes y noticias

## Capacitación de administradores de centrales eléctricas

Organizado por el OIEA en cooperación con el Gobierno de Alemania, del 6 al 10 de octubre se celebrará en el Forschungszentrum Karlsruhe, Alemania, un curso regional sobre las responsabilidades de la dirección en la capacitación y cualificación del personal de centrales nucleares. Entre los 20 a 25 participantes figurarán gerentes superiores de línea de compañías eléctricas, centrales nucleares u órganos reguladores de los Estados Miembros del OIEA de la región de Europa y de algunos países de la CEI. Se dará preferencia a candidatos de los países en desarrollo que reciben asistencia técnica del Organismo.

El curso -que se ofrecerá en ruso e inglés- orientará a los administradores sobre sus funciones y responsabilidades en la capacitación de los operadores de centrales nucleares. También introducirá el enfoque sistemático de la capacitación (ESC), demostrará cómo se aplica en la central nuclear de Neckarwestheim y también abarcará el establecimiento de reglamentos, políticas y procedimientos nacionales. Por último, el curso se centrará en la transferencia de experiencia entre conferenciantes y participantes y contribuirá a la coherencia, eficiencia y garantía de calidad en la capacitación, la cualificación y el otorgamiento de licencias del personal de las centrales nucleares.

## Progreso en la CTPD

El creciente énfasis del OIEA en la Cooperación Técnica entre Países en Desarrollo (CTPD) fue reiterado en la declaración conjunta que emitió junto con otros cuatro organismos especializados del sistema común de las Naciones Unidas en la décima sesión del Comité de Alto Nivel encargado de examinar la CTPD, celebrada en Nueva York, a principios de mayo. Por conducto de su programa de CT, el Organismo ha estimulado el desarrollo del sector privado, ayudado a la transferencia de tecnología y capacitado personal a nivel nacional y local.

El OIEA promueve la cooperación técnica entre sus Estados Miembros en desarrollo principalmente en el marco de tres acuerdos regionales

para la cooperación en materia de investigaciones, desarrollo y capacitación en la ciencia y la tecnología nucleares. Estos acuerdos -en África, Asia y América Latina- están destinados a ampliar las responsabilidades regionales respecto de programas financiados por el OIEA, otros donantes y los propios Estados Miembros.

Como asociado de los Estados Miembros en desarrollo que participan en la cooperación técnica mutua, el Organismo proporciona asistencia en materia de coordinación y apoyo técnico en el contexto de la promoción de la autosustentación regional. Por ejemplo, la campaña internacional para erradicar la peste bovina en África cuenta con el OIEA, en cooperación con algunos laboratorios nacionales de veterinaria, para verificar los niveles de inmunización y determinar las zonas libres de peste bovina. Estos laboratorios también funcionan como centros regionales de capacitación y diagnóstico para apoyar el objetivo de una África libre de peste bovina en el año 2000.

## Inaugurado CCM en Paks

Un reactor simulado del tipo WWER 440/213, que será el eje del Centro de Capacitación en Mantenimiento (CCM) de la central nuclear de Paks en Hungría (véase "Piezas viejas, fines nuevos". Cooperación Técnica POR DENTRO, diciembre de 1996) quedó oficialmente inaugurado el 29 de abril. El Centro es sui generis porque es el único reactor WWER en tamaño natural -como los que producen el

50% de la electricidad de Hungría- que se utiliza con fines de capacitación práctica. El mejoramiento de la capacitación con componentes reales reducirá el tiempo de parada por mantenimiento y contribuirá a evitar errores. Ello aumentará la seguridad de los trabajadores de mantenimiento, quienes pasarán menos tiempo en un ambiente radiactivo.

El proyecto fue financiado fundamentalmente por el Gobierno de Hungría y el OIEA (a un costo total de 10 millones de dólares) y con fondos extrapresupuestarios del Japón, España, los Estados Unidos y la Unión Europea en el marco de su programa regional PHARE. El Organismo donó los componentes esenciales, comprados a precios muy bajos (1 millón de dólares) a proyectos de construcción de reactores cancelados en Alemania y Polonia.

La repercusión del proyecto no estará limitada a Hungría. Otros ocho países de la región tienen 45 reactores WWER en funcionamiento que proporcionan entre una tercera parte y la mitad de su electricidad. Los programas e instalaciones de capacitación en Paks se pueden utilizar para capacitar al personal de mantenimiento de CN de esos países y al personal de Paks, contribuyendo así al funcionamiento más seguro de los reactores en toda la región. La República Checa y Eslovaquia ya firmaron un acuerdo de capacitación con Hungría, y existe la posibilidad de que el OIEA apoye la capacitación mediante becas de CT y visitas científicas.



El Sr. S. Fazakas (izquierda), Ministro de Industria y Comercio de Hungría y el Sr. Qian Jihui, Director General Adjunto del OIEA y Jefe del Departamento de Cooperación Técnica, inauguran el CCM en la CN de Paks. Cortesía: M. Samie/OIEA

# Protección contra la amenaza sísmica

Los terremotos han constituido una preocupación permanente para el sector de la energía nuclear a nivel mundial. En los primeros años de la energía nucleoelectrónica, los conocimientos sobre los sismos eran muy limitados. Sin embargo, los conocimientos sobre el comportamiento de los terremotos, junto con los instrumentos y las metodologías para medir muchos fenómenos sísmicos con más precisión, han aumentado muchísimo durante los últimos 30 años. Los nuevos conocimientos han dado lugar al fortalecimiento de las barreras de seguridad de muchas centrales nucleares. Por ejemplo, como resultado de un importante programa de evaluación de los Estados Unidos, se introdujeron mejoras en la central de Diablo Canyon, California, zona expuesta a terremotos, para que resistiera una enorme sacudida de 0,76 g (el valor "g" es la aceleración de la gravedad en términos sísmicos).

La industria nuclear mundial está comprometida con márgenes de seguridad significativos en las centrales nucleares. Sólo la selección de un emplazamiento apropiado puede llevar más de cinco años de estudio y de 10 a 15 millones de dólares de los Estados Unidos. Entra en juego una amplia gama de disciplinas, a saber, geología, vulcanología, sismicidad histórica y geofísica, que se concentran en la región inmediata (un radio de 5 kilómetros), a mayor distancia (25 km) y, por último, hasta 200 km de distancia, y así presuponen la magnitud de un terremoto en el emplazamiento con un "período de reaparición" de 10 000 años.

Es solo sobre esta base que se culmina el diseño de la central. La base del diseño antisísmico (SDB) especifica la ingeniería que puede soportar un terremoto igual al valor "g" del emplazamiento. Los requisitos eran mucho menos estrictos en los primeros años de construcción de las centrales nucleares. Por otra parte, aunque la actividad sísmica no ha dañado de manera considerable una central nuclear en decenios de generación de energía nucleoelectrónica (más de 8000 años en total), la industria no está satisfecha. Con más de 10 veces la cantidad de reactores en funcionamiento (443) que los que se construyen (35), el principal esfuerzo antisísmico está en mejorar las centrales existentes.

El programa de seguridad sísmica del OIEA ha ayudado a países como Indonesia, Irán, Marruecos y el Pakistán, a evaluar de manera rigurosa la selección del emplazamiento a las centrales nucleares previstas. No obstante, la mayor parte de las actividades se desarrolla en la ex URSS y en Europa oriental y central. Se ha realizado una importante labor para reevaluar las bases de diseño antisísmico de los WWER, en su mayoría de los modelos más antiguos, de Armenia, Bulgaria, Hungría y Eslovaquia. Estos estudios indican que todas las bases de diseño originales habían subestimado los parámetros de movimiento del suelo. Por tanto, todas deben hacerse más estrictas, y las mejoras que se les introduzcan tendrán que ajustarse a las nuevas bases de diseño antisísmico. Es preciso mejorar la central nuclear de Armenia para que pueda soportar hasta 0,35 g.

Hace veinte años, un violento terremoto ocurrido en Vrancea, región de Rumania expuesta a las sacudidas, dañó ligeramente los dos reactores WWER 440/230 en funcionamiento en Kozloduy, Bulgaria, a unos 400 kilómetros de distancia. Se estimó que el movimiento del suelo llegó a 0,1g. En consecuencia, se introdujeron varias mejoras de seguridad sísmica en esas dos unidades y también en las otras dos (3 y 4) que estaban en construcción en ese momento. La central ahora es capaz de soportar hasta 0,2 g.

Se necesitan dos conjuntos de datos para formular o reevaluar una base de diseño antisísmico. Uno se relaciona con los terremotos que han ocurrido, remontándose lo más lejos posible en el tiempo; el otro analiza las fallas tectónicas que pueden producirlos. "En la mayoría de las centrales del Este (europeo), sólo se había tenido en cuenta la actividad sísmica reciente y no la sismicidad histórica", señala un experto del OIEA. "La limitada base de datos no era suficiente para diseñar una central nuclear".

Las recién revisadas Normas de Seguridad Nuclear (NUSS) del OIEA combinan ambos conjuntos de datos, lo que

permite evaluar la capacidad antisísmica (capacidad para soportar sacudidas) de esas centrales y definir qué mejoras se deben introducir para lograr la base de diseño reevaluada. Las mejoras se clasifican en dos categorías: los llamados "arreglos fáciles", que pueden hacerse con rapidez y a un costo relativamente bajo, y las mejoras estructurales que son a largo plazo y más costosas. Hasta ahora, solo Kozloduy y Paks (Hungría) han terminado los "arreglos fáciles", mientras que en una de las unidades de Bohunice (Eslovaquia) se han iniciado mejoras estructurales.

El OIEA solicita que se adopte un plan de trabajo metódico en cada país, y que se ejecute según su programa. Conforme a la nueva base de diseño antisísmico, la magnitud de un terremoto se calcula con un período de reaparición de 10 000 años. Por tanto, un país puede decidir que el aplazamiento de la conclusión de esta labor por unos años es un riesgo razonable, pero que el aplazamiento indefinido es demasiado largo para ser aceptable.

El compromiso de Bulgaria con el aumento de la seguridad nuclear en Kozloduy ha sido enorme y le trajo también dividendos. El proyecto de cooperación técnica del OIEA en Kozloduy (1991-1995) incluyó ayuda para terminar los estudios sismológicos, mayormente en el país, pero también en la zona sísmica de Rumania. El Organismo también ayudó a mejorar la instrumentación sísmica de la central. Con ayuda técnica de la Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares y fondos del programa PHARE de la Comisión Europea, los búlgaros elaboraron y ejecutaron el programa de "arreglos fáciles" de las Unidades 1 y 2. El país también introdujo mejoras análogas en las unidades 3 y 4, con el apoyo de los Estados Unidos. La experiencia acumulada en el proceso, incluidos los preparativos pormenorizados para los "arreglos fáciles" de las cuatro unidades, ha permitido a las autoridades búlgaras elaborar un programa amplio para la mejora estructural de la central de Kozloduy.

La Cooperación Técnica POR DENTRO es analizada y escrita para el OIEA por un periodista independiente designado por Maximedia. Los artículos se pueden reproducir libremente. Para obtener más información, diríjase a: Sección de Coordinación de Programas del Departamento de Cooperación Técnica del OIEA, P.O. Box 100, A-1400 Viena, Austria. Tel: +43 1 2060 26005; Fax: +43 1 2060 29633; e-mail: TCPROGRAM@IAEA.org