

LA NECESIDAD DE GENERAR ENERGÍA NUCLEOELECTRICA

OPINION SOBRE EL INCIERTO FUTURO ENERGETICO DEL MUNDO

POR RICHARD RHODES Y DENIS BELLER

El mundo necesita más energía. La energía multiplica el trabajo humano y aumenta la productividad. Con ella se construyen e iluminan escuelas, se purifica el agua, se mueve la maquinaria agrícola, se hacen funcionar las máquinas de coser y las ensambladoras de robots, se almacena y se mueve información. La población mundial crece a un ritmo sostenido y en 1999 sobrepasó los seis mil millones de habitantes. Sin embargo, una tercera parte de ellos --es decir, dos mil millones de personas-- no tienen acceso a la electricidad. El desarrollo depende de la energía y si no hay desarrollo se padece: pobreza, enfermedades y muerte. Tales circunstancias crean inestabilidad y favorecen la violencia generalizada. Por tanto, la seguridad nacional exige que las naciones desarrolladas ayuden a aumentar la producción de energía en los países en desarrollo más populosos. En aras de la seguridad tecnológica y física, ese aumento en el suministro energético deberá proceder de diversas fuentes.

En un informe publicado en 1999 sobre la energía nuclear y el cambio climático, la Real Sociedad y la Real Academia de Ingeniería de Gran Bretaña calcularon que "en el plano mundial, cabe esperar que nuestro consumo de energía, al menos, se duplique en los próximos 50 años y crezca en un factor de hasta cinco en los 100 años siguientes, a medida que la población mundial crezca y las personas procuren aumentar su nivel de vida." Incluso con fuertes



medidas de conservación, habría que triplicar la producción energética mundial en el año

2050, a fin de sustentar el consumo en sólo una tercera parte del índice per cápita actual de los

El Sr. Rhodes es autor de The Making of the Atomic Bomb, Dark Sun y otros libros. El Sr. Beller es ingeniero nuclear y miembro del personal técnico del Laboratorio Nacional de Los Alamos, Estados Unidos.

El presente artículo se basa en el ensayo del autor publicado en Foreign Affairs, vol. 70, No. 1 (enero-febrero de 2000) y se publica aquí con la autorización de New York Times Syndicate.

Foto: Labores de mantenimiento en líneas de transmisión eléctrica en Indonesia.. (Cortesía: PNUD)

Estados Unidos. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) calcula un crecimiento del 65% de la demanda mundial de energía para el año 2020, dos terceras partes del cual tendría lugar en países en desarrollo.

La Real Sociedad y la Real Academia han advertido que "en vista de los probables niveles de consumo en el futuro, constituirá un inmenso desafío satisfacer la demanda mundial de energía sin ocasionar un daño no sostenible a largo plazo al medio ambiente". Ese daño incluye la contaminación superficial y atmosférica, así como el calentamiento de la Tierra.

CAMBIO INOCU PARA EL FUTURO

Actualmente, la mayor parte de la energía mundial se genera a partir de petróleo (39%), carbón (24%), gas natural (22%), energía hidroeléctrica (6,9%) y energía nucleoelectrica (6,3%). Si bien el petróleo y el carbón continúan siendo las fuentes principales, su participación en el mercado comenzó a disminuir hace decenios. Entre tanto, la participación del gas natural y la energía nucleoelectrica ha aumentado sostenidamente, y debe continuar aumentando.

Contrariamente a lo que afirman las organizaciones que se oponen a la opción nuclear, la energía nucleoelectrica no está muerta ni agonizante. Francia genera alrededor del 75% de su electricidad a partir de la energía nucleoelectrica; Bélgica, 58%; Suecia, 47%; Suiza, 36%; Japón, 36%; España, 31%; Reino Unido, 29%; y los Estados Unidos (el mayor productor de energía nuclear del mundo), 20%. La República de Corea y China han dado a conocer ambiciosos planes para ampliar sus capacidades de generación de energía nucleoelectrica; en el caso de la primera, construyendo 16 nuevas centrales que aumentarían la capacidad en más

del 100%. Con 433 reactores en explotación en todo el mundo, la energía nucleoelectrica satisface las necesidades anuales de electricidad de más de mil millones de personas.

En los Estados Unidos y en todo el mundo, la seguridad nuclear y el rendimiento de la energía nuclear han aumentado de manera notable desde 1990. En 1998 y 1999, el factor de capacidad por unidad (la fracción de la capacidad que una central eléctrica realmente genera) de los reactores en explotación alcanzó niveles históricos.

En 1999, el factor de capacidad medio en los Estados Unidos fue del 85% para unos 100 reactores, comparado con el 58%, en 1980, y el 66%, en 1990. A pesar de la reducción del número de centrales eléctricas, la industria nuclear estadounidense generó el 9% más de electricidad en 1999 que en 1998. Los costos de producción medios de la energía nuclear son hoy de sólo 1,9 centavos por kilovatio-hora (kWh), mientras la electricidad generada a partir de gas cuesta 3,4 centavos por kWh.

Sólo con el aumento de la capacidad y el rendimiento, la energía nucleoelectrica ha sido la industria estadounidense que más ha contribuido al cumplimiento de los compromisos contraídos por Estados Unidos en Kyoto de limitar las liberaciones de dióxido de carbono a la atmósfera. Entre tanto, los niveles de exposición de los trabajadores a las radiaciones y los desechos producidos por unidad de energía han descendido hasta límites no registrados hasta ahora.

Como las tecnologías más importantes y complejas demoran más de medio siglo para diseminarse por el mundo, el gas natural compartirá con la energía nucleoelectrica la supremacía en la generación de electricidad durante el próximo siglo. Queda aún por determinar cuál de las dos realizará la mayor contribución, pero ambas son fuentes menos contaminantes y más seguras que los combustibles que han comenzado a sustituir, y su predominio debe apoyarse.

Hasta los ambientalistas deberán acoger con agrado la transición y reconsiderar su propensión a las fuentes de energía renovables.

LA ENERGIA A PARTIR DEL CARBONO

Entre las fuentes generadoras de energía eléctrica, el carbón es la más nociva para el medio ambiente. (El petróleo, actualmente la principal fuente de energía, sustenta el transporte, y por ello se le coloca en una categoría aparte.) Estudios recientes realizados por la Facultad de Salud Pública de Harvard indican que los contaminantes procedentes de la quema del carbón provocan en los Estados Unidos solamente alrededor de 15 000 muertes prematuras al año. Utilizado para generar aproximadamente una cuarta parte de la energía primaria del mundo, la quema del carbón libera desechos tóxicos en cantidades tan grandes que no se pueden contener en condiciones de seguridad. Esos desechos se dispersan directamente en la atmósfera o se solidifican y se vierten. Parte de ellos se mezcla incluso con materiales de construcción.

Además de emitir productos químicos nocivos en forma de gases o partículas tóxicas --como óxidos de azufre y de nitrógeno (componentes de la lluvia ácida y del smog), arsénico, mercurio, cadmio, selenio, plomo, boro, cromo, cobre, flúor, molibdeno, níquel, vanadio, zinc, monóxido y dióxido de carbono, y otros gases de efecto invernadero-- las centrales eléctricas alimentadas con carbón son también la principal fuente mundial de liberaciones radiactivas al medio ambiente. Durante la quema del carbón, se emite uranio y torio, elementos ligeramente radiactivos que se encuentran en toda la corteza terrestre.

La extracción de carbón libera el gas radón radiactivo, resultado de la desintegración del uranio en la corteza terrestre y que además está normalmente bajo tierra. Una central eléctrica de 1000 megavatios

eléctricos (MWe) alimentada con carbón libera aproximadamente cien veces tanta radiactividad al medio ambiente como una central nuclear comparable. Las emisiones de uranio y torio a nivel mundial procedentes de la quema del carbón ascienden a un total de 37 300 toneladas (métricas) anuales, de las cuales los Estados Unidos aportan unas 7300 toneladas. Como el uranio y el torio son combustibles nucleares potentes, la quema del carbón también desecha más energía potencial que la que produce.

Los desechos radiactivos que se generan durante la quema del carbón y que no son tenidos en cuenta ponen de relieve las desventajas políticas a que la energía nucleoelectrica se tiene que enfrentar. A diferencia de las centrales de carbón, las leyes en vigor obligan a las centrales nucleares a invertir en costosos sistemas que limitan la liberación de radiactividad. El combustible nuclear no se recicla con eficacia en los Estados Unidos por temor a la proliferación. Esos factores han deformado la economía del desarrollo de la energía nucleoelectrica y creado un problema políticamente difícil respecto de la disposición final de los desechos. Si a las centrales de carbón se les obligara a incurrir en gastos similares, la generación de electricidad a partir del carbón dejaría de ser más barata que la de origen nuclear.

ENERGIA RENOVABLE: NUEVAS REALIDADES

Las fuentes de energía renovables --energía hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica y la biomasa-- acarrear altos costos de inversión de capital y consecuencias significativas, aunque generalmente no reconocidas, para el medio ambiente. La energía hidroeléctrica no es ni siquiera una verdadera fuente renovable, puesto que las presas se entarquinan con el tiempo. La mayoría de las fuentes renovables concentran una energía

extremadamente diluida, cuya concentración requiere grandes extensiones de tierra y masas de colectores. La fabricación de colectores solares, el vertido de hormigón para campos de molinos de viento y el anegamiento de muchas millas cuadradas de tierra detrás de las presas provocan daños y contaminación.

Las células fotovoltaicas que se utilizan para captar la energía solar son grandes semiconductores; en su fabricación se producen metales y disolventes residuales muy tóxicos, cuya disposición final exige una tecnología especial. Una central helioeléctrica de 1000 MWe generaría 6850 toneladas de desechos peligrosos sólo a partir de la transformación de metales durante un período de vida útil de 30 años. Para construir una central heliotérmica similar (con espejos dirigidos hacia una torre central) habría que utilizar metales que generarían 435 000 toneladas de desechos de fabricación, de los cuales 16 300 estarían contaminados con plomo y cromo y se considerarían peligrosos.

Un sistema de energía solar mundial consumiría, al menos, el 20% de los recursos mundiales de hierro conocidos. Además, se necesitaría un siglo para construirlo y una parte considerable de la producción mundial anual de hierro para mantenerlo. La energía necesaria para fabricar suficientes colectores solares, a fin de cubrir 500 000 millas cuadradas de la superficie terrestre y distribuir la electricidad mediante sistemas de transmisión a larga distancia agravaría en sí seriamente la carga mundial de contaminación y gases de efecto invernadero. Un sistema de energía solar mundial sin el apoyo de los combustibles fósiles o la energía nuclear también sería peligrosamente vulnerable a la disminución de la radiación solar debida a sucesos volcánicos como la erupción del Tambora, en 1815, que liberó 40 kilómetros cúbicos de ceniza a la atmósfera. Esa

ceniza redujo significativamente la radiación solar durante varios años, lo que provocó una falta generalizada de cultivos durante el siguiente "año sin verano".

Las granjas eólicas, además de necesitar millones de libras de hormigón y acero para su construcción (lo que crea enormes cantidades de materiales de desecho), son de bajo rendimiento y poca capacidad (por ser intermitentes). También ocasionan contaminación visual y acústica, y matan grandes cantidades de aves. Todos los años, una sola granja eólica de California causa la muerte de varios cientos de aves de presa, incluidas docenas de águilas reales; las turbinas eólicas han matado más águilas que las que perecieron en el desastroso derrame de petróleo del Exxon Valdez. La Sociedad Nacional Audubon ha iniciado una campaña para salvar al cóndor de California con la creación de una granja eólica que se prevé construir al norte de Los Angeles. Una granja eólica equivalente, en producción y capacidad, a una central de 1000 MWe alimentada con combustibles fósiles o una central nuclear necesitaría más de 4000 grandes molinos de viento, ocuparía desde varios cientos a mil millas cuadradas y produciría electricidad al doble o al triple del costo de los combustibles fósiles, incluso con subsidios considerables y sin tener en cuenta los costos ocultos de la contaminación.

Aunque ya se ha desarrollado al menos una cuarta parte de la capacidad potencial mundial de energía hidroeléctrica, ésta ha perdido, como es lógico, el respaldo de los ambientalistas en los últimos años, las presas que la producen inundan grandes extensiones de tierra, desplazan a poblaciones rurales, cambian la ecología de los ríos, causan la muerte de peces y están expuestas a un catastrófico derrumbe. El Banco de Exportación e Importación de los Estados Unidos

respondió en parte al cabildeo de los ambientalistas cuando rechazó financiar el proyecto chino de 18 000 MWe Tres Gargantas. De hecho, la generación de energía hidroeléctrica puede liberar a la atmósfera más gases de efecto invernadero que la generación a partir de combustibles fósiles: la vegetación sumergida en el agua embalsada detrás de muchas presas se descompone anaeróbicamente y libera abundantes cantidades de metano, gas, cuyo efecto invernadero es peor que el del dióxido de carbono.

Entretanto, las fuentes geotérmicas --que explotan el calor interno de la tierra que emana de las zonas de géiseres o de los volcanes-- son de por sí limitadas y en muchas ocasiones coincide en que son lugares pintorescos (como el Parque Nacional de Yellowstone, en los Estados Unidos) que los ecologistas desean naturalmente preservar.

Debido a esas y otras desventajas, organizaciones como el Consejo Mundial de Energía y la AIE han pronosticado que la generación de energía hidroeléctrica continuará teniendo no más de su actual participación del 6,9% en el suministro de energía primaria del mundo, mientras todas las demás fuentes renovables, aunque fuertemente subsidiadas, aumentarán su actual participación del 0,5% y se situarán entre el 5% y el 8% en el año 2020. En los Estados Unidos, principal generador de energía a partir de fuentes renovables en el mundo, esa producción en realidad descendió en 9,4% entre 1997 y 1998: la energía hidroeléctrica, en 9,2%; la geotérmica, en 5,4%; la eólica, en 50,5%; y la solar, en 27,7%.

Así pues, igual que el sueño de controlar la fusión termonuclear, la realidad de un mundo movido por una energía pura generada a partir de fuentes renovables continúa alejándose, a pesar de las costosas y muy subsidiadas actividades de investigación y desarrollo. En

1997, las inversiones federales de los Estados Unidos en actividades de I+D por cada mil kWh fueron de sólo 5 centavos para las esferas nuclear y del carbón, 58 centavos para el petróleo y 41 centavos para el gas, pero de más de 4 700 dólares para la energía eólica y 17 000 dólares para la fotovoltaica. Estas impresionantes inversiones públicas en las fuentes renovables habrían sido más provechosas de haberse realizado para reducir los efectos contaminantes de las centrales de carbón y los automóviles.

Según Robert Bradley, del Instituto de Investigación sobre la Energía, de Houston, en los Estados Unidos, las actividades relacionadas con la conservación y las fuentes de energía renovables distintas de la hidroeléctrica se han beneficiado de una inversión acumulativa de 20 años de los contribuyentes que fluctúa entre unos 30 y 40 mil millones de dólares, "los mayores gastos públicos en la esfera de la energía en tiempos de paz de la historia de los Estados Unidos." Además, Bradley estima que solamente con "los 5800 millones de dólares invertidos por el Departamento de Energía en los subsidios a las energías eólica y solar" se pudo haber sufragado "la sustitución de entre 5000 y 10 000 MWe de las centrales de carbón más contaminantes del país por unidades de ciclo combinado alimentadas con gas, que habrían reducido las emisiones de dióxido de carbono entre uno y dos tercios". La sustitución del carbón por la energía nuclear habría reducido aún más las emisiones totales.

A pesar de las grandes inversiones, las actividades en pro de la conservación y las fuentes renovables distintas de la energía hidroeléctrica continúan siendo pertinazmente no competitivas y contribuyen sólo de forma marginal al suministro energético de los Estados Unidos. Si la nación más próspera del mundo no puede darse ese lujo, ¿quién puede? China no; evidentemente,

espera generar menos del 1% de su energía comercial con fuentes renovables distintas de la energía hidroeléctrica en 2025. El carbón y el petróleo seguirán representando el grueso del suministro energético de China en ese año, a menos que los países desarrollados ofrezcan incentivos que convengan al país más poblado del mundo de cambiar sus planes.

COMPARACION DE LAS OPCIONES

El gas natural tiene muchas virtudes como combustible comparado con el carbón o el petróleo, y su participación en la generación de energía en el mundo sin duda aumentará en la primera mitad del siglo XXI. Sin embargo, su suministro es limitado y su distribución desigual; es caro como fuente energética comparado con el carbón o el uranio, y contamina la atmósfera. Una central de gas natural de 1000 MWe emite 5,5 toneladas diarias de óxidos de azufre, 21 toneladas de óxidos de nitrógeno, 1,6 toneladas de monóxido de carbono y 0,9 toneladas de partículas de materia. En los Estados Unidos, la producción de energía con gas natural liberó unos 5500 millones de toneladas de desechos en 1994. Los incendios y explosiones provocados por el gas natural también constituyen riesgos significativos. Un gasoducto de una milla de largo y tres pies de diámetro, con una presión de 1000 libras por pulgada cuadrada, contiene el equivalente de dos tercios de una kilotonelada de energía explosiva; un millón de millas de esos grandes gasoductos circunvalan la Tierra.

La gran ventaja de la energía nucleoelectrónica es que puede extraer una enorme cantidad de energía de un reducido volumen de combustible. La fisión nuclear, que transforma la materia directamente en energía, es varios millones de veces tan energética como la quema de productos químicos, que solamente rompe

los enlaces químicos. Una tonelada de combustible nuclear produce energía equivalente a entre 2 y 3 millones de toneladas de combustible fósil. La quema de 1 kg de leña puede generar 1 kilovatio-hora de electricidad; 1 kg de carbón, 3 kWh; 1 kg de petróleo, 4 kWh. Sin embargo, un kilogramo de combustible de uranio en un moderno reactor de agua ligera genera 400 000 kWh de electricidad, y si ese uranio se recicla, un kilogramo puede generar más de 7 000 000 kWh. Esas diferencias espectaculares en cuanto a volumen ayudan a explicar las enormes diferencias que existen entre el combustible nuclear y los combustibles fósiles desde el punto de vista de sus efectos en el medio ambiente. Para explotar una central eléctrica de 1000 MWe durante un año se necesitan 2000 vagones de carbón o 10 superpetroleros comparado con sólo 12 metros cúbicos de uranio natural. Por otra parte, las centrales alimentadas con combustibles fósiles, incluso las que tienen sistemas para controlar la contaminación, liberan miles de toneladas de gases nocivos, partículas y cenizas portadoras de metales pesados (y radiactivas), además de desechos sólidos peligrosos: hasta 500 000 toneladas de azufre del carbón, más de 300 000 toneladas del petróleo y 200 000 toneladas del gas natural.

En contraste, una central nuclear de 1000 MWe no libera gases nocivos ni otros contaminantes* y mucha menos radiactividad *per cápita* que la que liberan los aviones comerciales, un detector de humos casero o

**Hoy día, el uranio se refina y se convierte en conjuntos combustibles utilizando la energía del carbón que, desde luego, sí libera contaminantes. Si la energía nucleoelectrica se pudiera utilizar para calor industrial o si se reciclaran los conjuntos combustibles, esta fuente de contaminación industrial se eliminaría o reduciría considerablemente.*

un televisor. Produce unas 30 toneladas de desechos de actividad alta (combustible gastado) y 800 toneladas de desechos de actividad baja e intermedia, unos 20 metros cúbicos en total después de compactados (casi el volumen de dos automóviles). Todas las centrales nucleares en explotación en el mundo producen alrededor de 3000 metros cúbicos de desechos anualmente. En comparación, la industria estadounidense genera unos 50 millones de metros cúbicos de desechos sólidos tóxicos al año.

Naturalmente, los desechos de actividad alta son muy radiactivos (los desechos de actividad baja pueden ser menos radiactivos que la ceniza de carbón, que se utiliza para hacer hormigón y yeso, ambos se agregan a algunos materiales de construcción). No obstante, gracias a su pequeño volumen y a que no son liberados al medio ambiente, esos desechos de actividad alta pueden ser cuidadosamente aislados tras barreras múltiples. Los desechos generados por el carbón, diseminados por el paisaje en forma de humo o enterrados a poca profundidad, conservan su toxicidad siempre. Los desechos nucleares radiactivos se descomponen de manera sostenida y pierden el 99% de su toxicidad después de transcurridos 600 años, lo que es bien conocido dada la experiencia humana en materia de cuidado y mantenimiento, como lo prueban, por ejemplo, las estructuras del Panteón romano y la Catedral de Nuestra Señora.

La disposición final de los desechos nucleares constituye un problema político en los Estados Unidos debido a un temor generalizado que no guarda proporción con el riesgo real. Sin embargo, no es un problema técnico, como lo demuestran los proyectos avanzados de Francia, Suecia y el Japón. Según la Organización Mundial de la Salud, la contaminación atmosférica bajo techo y al aire libre ocasiona unos

tres millones de muertes cada año. Sustituir enormes y dispersas cantidades de desechos tóxicos generados por los combustibles fósiles por volúmenes de desechos nucleares pequeños y debidamente contenidos mejoraría de manera tan evidente la salud pública que resulta sorprendente que los médicos aún no hayan exigido esa conversión.

El costo de producción de la electricidad de origen nuclear generada en las actuales centrales estadounidenses ya es totalmente competitivo comparado con la electricidad generada con combustibles fósiles, aunque la energía nucleoelectrica producida con nueva tecnología es algo más costosa. No obstante, ese aumento del precio es engañoso. Las grandes centrales nucleares requieren mayores inversiones de capital que centrales de carbón o gas similares, sólo porque a las centrales nucleares se les exige establecer y mantener costosos sistemas para evitar la emisión de radiactividad al medio ambiente.

Si a las centrales alimentadas con combustibles fósiles se les exigiera igualmente aislar los contaminantes que generan, su costo sería mucho más elevado que el de las centrales nucleares. La Unión Europea y el OIEA han determinado que "para cantidades equivalentes de energía generada, las centrales de carbón y petróleo... debido a sus grandes emisiones y enormes necesidades de combustible y transporte, registran los costos externos y las pérdidas en vidas humanas equivalentes más elevados. Los costos externos son unas diez veces mayores que los de las centrales nucleares y pueden representar una fracción significativa de los costos de generación". En cuanto a las pérdidas en vidas humanas equivalentes por gigavatio generado (es decir, reducción de la esperanza de vida a causa de la exposición a contaminantes), el carbón causa la muerte a 37 personas anualmente; el petróleo a 32; el gas a 2 y la

energía nucleoelectrónica a 1. Es decir, comparados con la energía nucleoelectrónica, los combustibles fósiles (y las fuentes renovables) han gozado de libertad respecto de la protección del medio ambiente, la salud pública y la seguridad.

Incluso la estimación de la pérdida de una vida a causa de la energía nucleoelectrónica es debatible. Esa estimación depende, como se afirma en la vieja teoría del "modelo lineal sin umbral" (LNT), de si la exposición a las radiaciones en cantidades considerablemente menores que los niveles de radiación natural existentes anteriormente aumenta o no el riesgo de cáncer. Aunque la mencionada teoría impone regímenes de confinamiento complejos y costosos para las operaciones de las centrales nucleares y la disposición final de desechos, no existen pruebas de que la exposición a la radiación de bajo nivel aumente el riesgo de cáncer. De hecho, existen pruebas válidas de que no es así. Existen incluso pruebas suficientes de que la exposición a dosis bajas de radiactividad mejora la salud y prolonga la vida, probablemente al estimular el sistema inmunológico de manera muy similar a como lo hacen las vacunas (el mejor estudio, sobre los niveles de radiactividad de fondo del radón en cientos de miles de hogares en más del 90% de los condados de los Estados Unidos, descubrió una disminución significativa en los índices de cáncer del pulmón con el aumento de los niveles de radón entre fumadores y no fumadores). De manera que la radiactividad de bajo nivel procedente de la generación de energía nucleoelectrónica representa, en el peor de los casos, un riesgo insignificante. Las autoridades encargadas de las cuestiones relacionadas con la geología y la ingeniería del carbón argumentan lo mismo sobre la radiactividad de bajo nivel que genera la quema del carbón; por ejemplo, en un resumen analítico de US

Geological Survey se concluye que "los elementos radiactivos contenidos en el carbón y la ceniza volante no deben motivar alarma". No obstante, el desarrollo de la energía nucleoelectrónica se ha visto obstaculizado, y la disposición final de los desechos nucleares innecesariamente demorada, por limitaciones no impuestas a la industria del carbón.

Ningún sistema tecnológico es inmune a los accidentes. Los rebosamientos y roturas ocurridos recientemente en presas de Italia y la India provocaron varios miles de muertes. En los accidentes de las minas de carbón, los incendios en centrales alimentadas con petróleo y con gas y las explosiones en los gasoductos y oleoductos normalmente mueren cientos de personas. El desastre de 1984 ocurrido en la planta de productos químicos de Bhopal ocasionó la muerte inmediata a unas 3000 personas y el envenenamiento a varios cientos de miles. Según el Organismo para la Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos, entre 1987 y 1996, más de 600 000 liberaciones accidentales de productos químicos tóxicos ocasionaron la muerte en los Estados Unidos a un total de 2565 personas y 22 949 resultaron lesionadas.

En comparación, los accidentes nucleares han sido pocos y de mínimas consecuencias. El reciente y muy comentado accidente ocurrido en Japón se produjo en una instalación de procesamiento de combustible para un reactor de investigación y no en una central eléctrica. No ocasionó muertes ni lesiones al público. La explosión de Chernóbil se debió a un error humano al operar un reactor de diseño intrínsecamente defectuoso, al cual no se le hubiera otorgado licencia en Occidente. Ese accidente provocó daños severos a los seres humanos y al medio ambiente localmente, incluidas 31 muertes, la mayoría a causa de la exposición a las radiaciones.

El cáncer de la tiroides, que pudo haberse evitado mediante una rápida profilaxis con yodo, ha aumentado entre los niños ucranianos expuestos a la precipitación radiactiva. Se han diagnosticado más de 800 casos y se prevén varios miles más; aunque la enfermedad es susceptible de tratamiento, ya han fallecido tres niños. Los cálculos realizados sobre la base del LNT prevén 3420 muertes por cáncer entre los residentes de la zona de Chernóbil y el personal de los equipos de limpieza. El reactor de Chernóbil carecía de una estructura de contención, sistema de seguridad esencial que se exige en los reactores de Occidente. Los cálculos realizados después del accidente indican que esa clase de estructura habría confinado la explosión y, por consiguiente, la radiactividad, por lo que no habría habido ni lesionados ni muertos.

Esas cifras, correspondientes al peor accidente en la historia de la energía nucleoelectrónica, son notablemente bajas comparadas con importantes accidentes en otras industrias. Más de 40 años de operaciones comerciales con la energía nucleoelectrónica demuestran que ésta es mucho más segura que los sistemas basados en combustibles fósiles desde el punto de vista de los accidentes industriales, daño al medio ambiente, efectos en la salud y riesgo a largo plazo.

REEVALUACION DEL RECICLADO

Casi todo el uranio utilizado en los reactores nucleares es inerte, producto no fisionable inutilizable para armamentos. Sin embargo, los reactores en explotación producen plutonio fisionable que pudiera utilizarse en bombas, por lo que la comercialización de la energía nucleoelectrónica ha despertado preocupaciones acerca de la proliferación de los armamentos. En 1977, el Presidente Carter pospuso indefinidamente el reciclado del

combustible nuclear "gastado", aduciendo riesgos de proliferación. Esa decisión puso fin, en efecto, al reciclado nuclear en los Estados Unidos, aun cuando esa práctica reduce el volumen y la radiotoxicidad de los desechos nucleares y pudiera prolongar por miles de años los suministros de combustible nuclear. Otras naciones evaluaron los riesgos de manera diferente y la mayoría no siguió el ejemplo de los Estados Unidos. Francia y el Reino Unido actualmente reprocessan el combustible gastado; Rusia acumula el combustible y el plutonio separado para la arrancada de futuros ciclos de combustible de reactores rápidos; el Japón ha comenzado a utilizar uranio reciclado y combustible de mezcla de óxidos de plutonio (MOX) en sus reactores y recientemente aprobó la construcción de una nueva central nuclear que utilizará únicamente combustible de MOX en el año 2007.

Aunque, en teoría, el plutonio procedente de los reactores de potencia puede utilizarse para fabricar explosivos nucleares, el combustible gastado es refractario, altamente radiactivo y su procesamiento no está al alcance de los terroristas. Las armas fabricadas con plutonio de calidad apropiada para reactores serían calientes, inestables y de resultados inciertos. La India ha extraído plutonio apto para armamentos de un reactor de agua pesada canadiense, y prohíbe la inspección de algunos reactores de doble finalidad que ha construido. Sin embargo, nunca se ha desviado plutonio de las instalaciones de reprocesamiento británicas o francesas ni nunca se han producido embarques de combustible para la producción de armas; las inspecciones del OIEA son eficaces para evitar esos desvíos. El Organismo ha llegado a la conclusión de que el riesgo de la proliferación "no se ha eliminado completamente y no llegará a eliminarse aun cuando

la energía nucleoelectrónica dejara de existir. Un régimen de no proliferación cada vez más fuerte seguirá siendo la piedra angular de los esfuerzos encaminados a impedir la proliferación de las armas nucleares".

Irónicamente, enterrar el combustible gastado sin extraerle el plutonio mediante su reprocesamiento en realidad aumentaría el riesgo de proliferación nuclear a largo plazo, dado que la desintegración de los isótopos menos fisionables y más radiactivos del combustible gastado después de uno a tres siglos aumentan las cualidades explosivas del plutonio que contiene, y su atractivo para su uso en armamentos. Además de prolongar casi indefinidamente los recursos mundiales de uranio, el reciclado posibilitaría convertir el plutonio en energía útil a la vez que lo va descomponiendo hasta convertirlo en desechos nucleares inocuos, no fisionables y de período más corto.

Cientos de toneladas de plutonio de calidad apropiada para armamentos, cuya producción cuesta a las superpotencias nucleares miles de millones de dólares, se han convertido en excedentes militares durante los últimos diez años. En vez de enterrarse parte de ese material estratégicamente preocupante, pero valioso desde el punto de vista energético --como Washington ha propuesto-- debe reciclarse y convertirse en combustible nuclear. Un sistema internacional para el reciclado y la gestión de ese combustible impediría la proliferación encubierta. Como previeron Edward Arthur, Paul Cunningham y Richard Wagner del Laboratorio Nacional de Los Alamos, esa clase de sistema combinaría el almacenamiento recuperable con la fiscalización internacional, el procesamiento de todo el plutonio separado en combustible de MOX para reactores de potencia, y, a más largo plazo, para reactores avanzados integrados de

procesamiento de materiales que recibirían, controlarían y procesarían todo el combustible procedente de los reactores de todo el mundo, generarían electricidad y reducirían el combustible gastado a desechos nucleares de período corto preparados para su almacenamiento geológico permanente.

LA PROXIMA NOVEDAD

Se necesitará una nueva generación de centrales eléctricas modulares pequeñas --que pueda competir con el gas natural y estén diseñadas para garantizar la seguridad, impedir la proliferación y facilitar el funcionamiento-- a fin de extender los beneficios de la energía nucleoelectrónica a países en desarrollo más pequeños que carecen de una infraestructura nuclear. El Departamento de Energía ha asignado fondos para tres diseños de las mencionadas centrales de "cuarta generación". Eskom, central eléctrica sudafricana, ha anunciado sus planes de comercializar un reactor modular de lecho de bolas refrigerado por gas que no requiere sistemas de refrigeración de emergencia del núcleo y físicamente no pueden "fusionarse". Eskom estima que el reactor producirá electricidad a un costo aproximado de 1,5 centavos el kWh, y que es más barata que la electricidad producida por una planta de gas de ciclo combinado. El Massachusetts Institute of Technology y el Idaho National Engineering and Environmental Laboratory trabajan en un diseño similar destinado a suministrar calor a alta temperatura para procesos industriales como la generación de hidrógeno y la desalación.

El petróleo se utiliza hoy fundamentalmente en el transporte, pero el motor de combustión interna ha sido perfeccionado hasta el máximo. Sólo será posible alcanzar mayores reducciones de la contaminación ocasionada por el transporte, abandonando el petróleo y creando sistemas



energéticos no contaminantes para autos y camiones. La recarga de las baterías de los autos eléctricos tan sólo transferirán la contaminación de una fuente móvil a una centralizada, a menos que la fuente centralizada de electricidad sea nuclear. Las pilas de combustible, cuya comercialización ya está próxima, pueden ser una mejor solución. Como estas pilas de combustible generan electricidad directamente de combustibles gaseosos o líquidos, pueden ser reabastecidas en uso, de manera muy similar a como lo son hoy los motores de combustión interna. Cuando funcionan con hidrógeno puro, las pilas de combustible sólo producen agua como desecho. Como el hidrógeno puede obtenerse del agua utilizando calor o electricidad, es posible prever una infraestructura energética con un efecto contaminante mínimo utilizando el hidrógeno generado por la energía nucleoelectrónica en el transporte, la electricidad de origen nuclear y el calor para procesos industriales para la mayor parte de las demás aplicaciones, y el gas natural y los sistemas de fuentes renovables como sistemas de apoyo.

Un compromiso de tal magnitud con la energía nucleoelectrónica no sólo podría detener, sino, a la larga, incluso revertir la continua acumulación

del carbono en la atmósfera. Entre tanto, las pilas de combustible que utilicen gas natural pudieran reducir significativamente la contaminación atmosférica.

ENERGÍA PARA EL FUTURO

A fin de satisfacer las crecientes necesidades mundiales de energía, en el informe de la Real Sociedad y de la Real Academia se propone “crear un órgano internacional para las actividades de investigación y desarrollo de la esfera de la energía, financiado mediante donaciones de los países sobre la base del PIB o del consumo nacional total de energía”, que sería “un organismo de financiación que respaldaría las actividades de investigación y desarrollo, así como a los encargados de las demostraciones en otros lugares y no un centro de investigación en sí”. Su presupuesto pudiera llegar a un nivel anual de aproximadamente 25 000 millones de dólares, “casi el 1% del presupuesto mundial total para la energía”. Si en realidad desea desarrollar suministros energéticos de alto rendimiento y en forma responsable, dicho órgano deberá concentrarse en la opción nuclear, en establecer un sistema internacional y seguro de almacenamiento y reprocesamiento del combustible nuclear, así como en proporcionar conocimientos especializados para seleccionar el emplazamiento,

financiar sistemas modulares de energía nucleoelectrónica en los países en desarrollo, y otorgarles licencias.

Según Arnulf Gruebler, Nebojsa Nakicenovic y David Victor, quienes estudian la dinámica de las tecnologías energéticas, “la participación de la energía suministrada por electricidad aumenta con rapidez en la mayoría de los países y en el mundo entero”. A lo largo de su historia, la humanidad ha descarbonizado de forma gradual sus principales combustibles, abandonando decididamente las fuentes ricas en carbono más contaminantes. Así, el mundo ha pasado del carbón (que tiene un átomo de hidrógeno por átomo de carbono y predominó desde 1880 hasta 1950) al petróleo (que tiene dos átomos de hidrógeno por uno de carbono y ha predominado desde 1950 hasta hoy). El gas natural (cuatro átomos de hidrógeno por uno de carbono) aumenta constantemente su participación en el mercado. No obstante, la fisión nuclear no produce carbono alguno.

La realidad física --no los argumentos sobre la codicia empresarial, los riesgos hipotéticos, la exposición a las radiaciones o la disposición final de los desechos-- debe tomarse como base para adoptar decisiones cruciales para el futuro del mundo. Debido a que la diversidad y la redundancia son importantes para la seguridad tecnológica y física, las fuentes de energía renovables deben mantener un lugar en la economía energética del próximo siglo. Sin embargo, la energía nucleoelectrónica debe ser fundamental. A pesar de su historial destacado, ha sido relegada en cambio por sus opositores a la misma nebulosa zona de polémicos conflictos ideológicos que el aborto y la evolución. Merece algo mejor. La energía nucleoelectrónica es inocua para el medio ambiente, práctica y costeable. No constituye un problema, sino que es una de las mejores soluciones. □

Foto: Central nuclear de Forsmark (Suecia). Cortesía: Göran Hansson