

COMPARACION DE LAS OPCIONES ENERGETICAS EL PROYECTO ENTRE ORGANISMOS DECADES

POR HANS-HOLGER ROGNER Y ARSHAD KHAN

El suministro de servicios energéticos adecuados y a precios razonables es un elemento esencial del desarrollo sostenible. La dificultad radica en desarrollar los servicios energéticos que mejor coadyuven al progreso y al mejoramiento de la calidad de la vida, sobre todo en los países en desarrollo, y que, al mismo tiempo, minimicen los efectos de las actividades antropógenas sobre la salud y el medio ambiente.

En los foros internacionales se ha subrayado muchas veces la necesidad de diseñar y aplicar estrategias sostenibles en el sector eléctrico. Por ejemplo, el Simposio de Expertos Superiores sobre electricidad y medio ambiente (Helsinki, 1991), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD, Río de Janeiro, 1992), la 16a. Conferencia del Consejo Mundial de la Energía (Tokio, 1995), y, en fecha reciente, la Tercera Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (celebrada en diciembre de 1997, en Kyoto, Japón).

En el Programa 21, aprobado por la CNUMAD, se subraya que las preocupaciones por el medio ambiente y el desarrollo deben integrarse en el proceso de adopción de decisiones. En el Segundo Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre cambio climático (IPCC) se destaca que deben evaluarse de manera integral las opciones para reducir los riesgos de un cambio

climático mundial, y que deben aplicarse políticas adecuadas para promover las tecnologías de conversión energética más inocuas para el medio ambiente.

En la Conferencia de Kyoto, los Estados aprobaron un Protocolo a la Convención sobre el Cambio Climático, encaminado a reducir las emisiones totales de un grupo de seis gases de efecto de invernadero en los años 2008 al 2012. El Protocolo entrañará que los países industrializados reducirán en 5,2% sus emisiones colectivas de gases de efecto de invernadero.

A principios del decenio de 1990, en este marco mundial, el OIEA y ocho asociados internacionales iniciaron un proyecto entre organismos denominado DECADES. (Véase el recuadro de la página 4). Su objetivo es mejorar las bases de datos y metodologías para la evaluación comparativa de distintas fuentes de energía y tecnologías de conversión.

En el presente artículo se destacan los progresos realizados por el proyecto hasta la fecha, y se abordan algunas aplicaciones ilustrativas de sus instrumentos de informática y se reseñan estudios de caso comparativos efectuados en Estados Miembros del OIEA.

INSTRUMENTOS DE INFORMÁTICA

Las bases de datos y el soporte lógico (software) elaborados en el marco del proyecto DECADES se han aplicado de manera eficaz en una serie de estudios de evaluación comparativa.

Comparación de centrales eléctricas. Se compararon los valores netos de eficiencia de generación de varios tipos de centrales eléctricas (tanto las convencionales como las que se encuentran en desarrollo). (Véase el gráfico de la página siguiente.) Cabe señalar que aunque pueden lograrse mejoras significativas en la eficiencia de generación de las tecnologías convencionales que emplean gas, las mejoras de la eficiencia previstas en el caso de las demás tecnologías convencionales parecen ser sólo marginales. No obstante, las nuevas tecnologías, con diferentes procesos de combustión y ciclos de potencia avanzados, a la larga superarán los mejores rendimientos de las tecnologías actuales.

Las características del combustible empleado, el mantenimiento de la central eléctrica y otras condiciones locales influyen mucho en los datos relativos a la eficiencia de generación. Los niveles de eficiencia de las centrales varían de un país a otro, y en muchos países son inferiores a los valores que figuran en el presente artículo correspondientes a las tecnologías de generación de electricidad que emplean carbón, petróleo y gas. Asimismo, se compararon los fac-

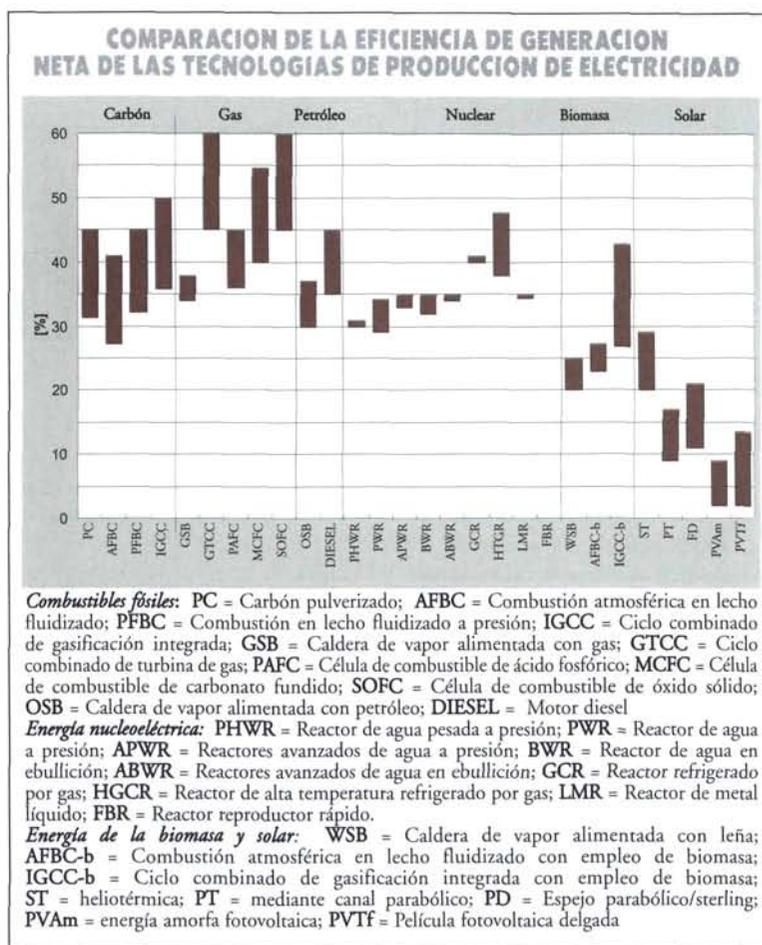
El Sr. Rogner es Jefe de la Sección de Estudios Económicos y Planificación del Departamento de Energía Nuclear del OIEA y el Sr. Khan es funcionario de esa Sección. Colaboraron también en este artículo los señores Florin Vladu y Vladimir Kagramanian de la Sección.

tores de emisión de CO₂ de diversos tipos de centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles. Las centrales eléctricas tienen el mismo tamaño (500 megavatios) y las centrales alimentadas con carbón utilizan tipos similares de carbón. Las opciones de generación a partir del carbón son las que producen las emisiones de CO₂ más altas. Estas tecnologías producen una amplia gama de emisiones de CO₂ debido a las variaciones en la eficiencia de generación de electricidad.

Las emisiones de CO₂ dependen del contenido de carbono del combustible (las más altas en el caso del carbón y las más bajas en el caso del gas natural), de los niveles de eficiencia de generación, de las medidas de control de la contaminación incluidas en diferentes diseños, y de otras consideraciones. Los factores de emisión presuponen el uso de las mejores tecnologías disponibles y de combustibles de buena calidad. Pueden hacerse comparaciones similares respecto de otros contaminantes, incluidos el SO₂, el NO_x y la materia en forma de partículas.

Las evaluaciones comparativas económicas efectuadas en centrales eléctricas empleando la base de datos DECADES indican que la energía nucleoelectrica es una opción competitiva para la generación de electricidad en muchos países. Se compararon las necesidades totales de capital de diferentes tipos de centrales de varios países. (Véase el gráfico de la página siguiente.) Como cabía esperar, las necesidades totales de capital según la capacidad de las unidades varían de un país a otro, pero la diferencia no es mucha si se trata de tecnologías similares.

Comparación de las cadenas energéticas. Se compararon las emisiones máximas y mínimas de gases de efecto de invernadero respecto de las vías de generación de electricidad a partir de fuentes sólidas, líquidas, gaseosas, hídricas, nucleares, eólica, solar y renovables. Teniendo en cuenta todas las

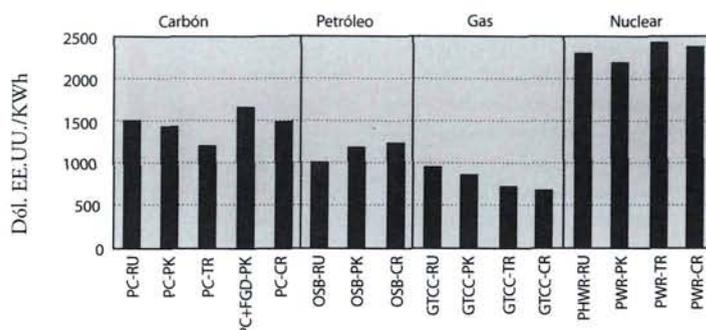


cadena energética ascendentes y descendentes de generación de electricidad, la energía nucleoelectrica emite entre 40 y 100 veces menos dióxido de carbono que las cadenas de combustibles fósiles que se emplean actualmente. (Véase el gráfico de la página 5.) Las emisiones de gases de efecto de invernadero de la cadena nuclear se deben fundamentalmente al uso de combustibles fósiles en la extracción, tratamiento y enriquecimiento del uranio, y a los combustibles empleados en la producción de acero y cemento para construir reactores e instalaciones del ciclo del combustible. Estas emisiones, ínfimas en comparación con las procedentes del uso directo de combustibles fósiles para la generación de electricidad, pueden reducirse todavía más mejorando la eficiencia energética.

Entre las mejoras que pueden hacerse en la fase de enriquecimiento están, por ejemplo, la sustitución del proceso de difusión gaseosa por procesos que consumen menos energía, como la centrifugación o la separación de isótopos por láser. Entre las cadenas de combustibles fósiles, la mayor incertidumbre se tiene con el gas natural debido, principalmente, a las diferentes hipótesis sobre las liberaciones de metano a la atmósfera durante la perforación, extracción y transporte del gas natural.

Debe señalarse que en el caso de la energía nucleoelectrica se han incorporado los costos derivados de garantizar la seguridad, y de la gestión de desechos radiactivos y la clausura de instalaciones, lo que significa que esos costos están incluidos en el precio de la electricidad generada con energía

COSTOS DE INVERSION EN CENTRALES ELECTRICAS



Nota: RU = Rumania; PK = Pakistán; TR = Turquía; CR = Croacia
Para las abreviaturas de las tecnologías, véase la nota de los gráficos de la pág. 3. Fuente: CSDB

nucleoeléctrica. Por otra parte, aún no se incluyen todos los costos derivados de los efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud de otras vías de generación de electricidad debido, en parte, a que es difícil cuantificarlos.

Ampliación de sistemas energéticos. Los instrumentos de informática DECADES pueden utilizarse para determinar cuáles son los planes de ampliación menos costosos y ecológicamente razonables respecto de los sistemas de generación de electricidad o para analizar si un proyecto dado se ajusta a un sólido plan de desarrollo a largo plazo menos costoso para un país o región determinados. También pueden utilizarse frecuentemente para investigar los métodos menos costosos de reducción de las cargas ambientales (por ejemplo, los costos mínimos de los sistemas para cumplir con los objetivos de reducir las emisiones de SO₂ o de los gases de efecto de invernadero.)

La optimización del plan de ampliación se realiza teniendo en cuenta los costos de inversión de capital, de explotación y de mantenimiento, del combustible, del inventario de combustible y de la energía no suministrada. Una vez elaborado el plan de ampliación óptimo, el soporte lógico permite calcular las emisiones a la atmósfera, las necesidades en tierra y la generación de desechos sólidos, año por año y paso por paso respecto de cada cadena energética incluida en el sistema, y así calcular los totales de todo el sistema de generación de electricidad.

ESTUDIOS DE CASO

Con el apoyo del OIEA mediante un programa coordinado de investigación (PCI), en la primera fase del proyecto DECADES se efectuaron 22 estudios de caso por países sobre la evaluación comparativa de estrategias y políticas alternativas para el sector eléctrico.

Con los estudios de caso se procuró determinar las estrategias de generación de electricidad que cumplieran los objetivos de protección ambiental, en particular la

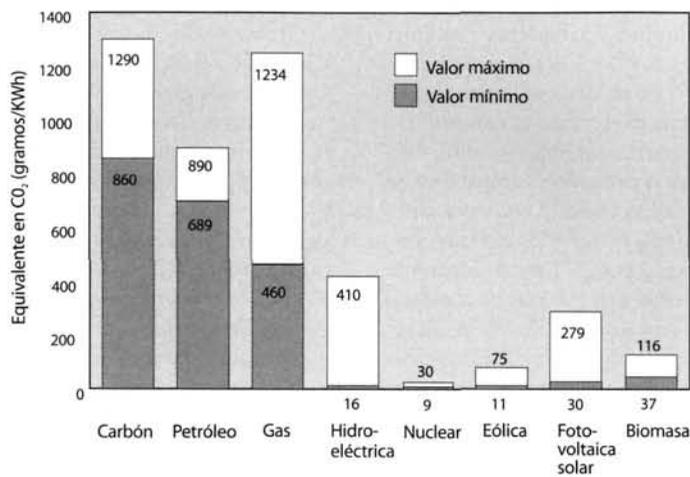
reducción de las emisiones atmosféricas, a un costo aceptable. Se ha abordado una amplia gama de problemas, como, por ejemplo, la evaluación de las posibilidades que ofrece la energía nucleoeléctrica para reducir las emisiones de gases causantes del efecto de invernadero; los efectos de los impuestos por las emisiones de CO₂ y/o las limitaciones de las emisiones en la mezcla futura para la producción de electricidad; y los efectos de la privatización y desreglamentación del sector eléctrico en las estrategias de ampliación de sistemas eléctricos.

Se pueden obtener reducciones significativas de las emisiones y otros problemas ambientales mediante la mejora de la eficacia de las instalaciones existentes en distintas etapas de las cadenas energéticas. La rehabilitación de las centrales eléctricas existentes, especialmente mediante la incorporación de tecnologías para el control de la contaminación, era, con frecuencia, una medida eficaz desde el punto de vista de los costos para mitigar los efectos sobre la calidad del aire local y la acidificación regional. Se reconoció que el aumento de la eficacia

ESFUERZOS CONJUNTOS PARA

En 1992, nueve organizaciones internacionales aunaron esfuerzos para iniciar el proyecto entre organismos sobre Bases de datos y metodologías para la evaluación comparativa de diferentes fuentes de energía para la producción de electricidad, DECADES, en su forma abreviada. Esas organizaciones son el OIEA, la Comisión Europea (CE), la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP), el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas (IIAAS), el Banco Mundial (BIRF), la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE/AEN), la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU/DI), y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). El objetivo del proyecto es facilitar el desarrollo de estrategias energéticas sostenibles como parte integrante de la planificación y del proceso de adopción de decisiones en el sector eléctrico. El proyecto ha establecido bases de datos tecnológicos, elaborado instrumentos analíticos y proporcionado capacitación y apoyo a los países en desarrollo para la realización de estudios de evaluaciones comparativas. Los instrumentos de

EMISIONES EQUIVALENTES EN CO₂ DE TODA LA CADENA ENERGÉTICA



general de los sistemas energéticos mediante la promoción de la cogeneración era, en muchos países, una opción eficaz desde el punto de vista de los costos, sobre todo donde ya existen redes de distribución de energía calorífica para la calefacción urbana.

En la mayoría de los estudios que abordan la ampliación de la capacidad, la energía nucleoelectrica resultó rentable para reducir las emisiones de SO₂, NO_x, CO₂ y otros gases de efecto de invernadero. Por ejemplo, en el estudio de caso de Rumania, se comparó

un escenario de expansión de los gases con un escenario de expansión nuclear. En el estudio se concluyó que se puede lograr una gran reducción de las emisiones de CO₂, empleando centrales nucleares en la ampliación del sistema energético sin aumentar de manera significativa el costo total de la ampliación del sistema. En cuanto al escenario de los gases, si bien las emisiones de CO₂ se reducen en comparación con los escenarios de generación con carbón, éstas han estado aumentando de manera significativa durante el período

que abarca el estudio. Las emisiones de SO₂ disminuyen en ambos escenarios, pero en el de la expansión nuclear la disminución es aproximadamente el 30% mayor que en el escenario de los gases.

Algunos estudios también indicaron que, aunque pudieran lograrse los objetivos de reducir las emisiones de CO₂ sin emplear energía nucleoelectrica, su uso permitiría disminuir mucho más los costos. Cabe señalar que es probable que con la aplicación de medidas y políticas de protección ambiental aumente el costo de la electricidad generada en centrales alimentadas con combustibles fósiles, que tendrán que cumplir dichos reglamentos. Además, las preocupaciones relacionadas con el cambio climático mundial están llevando a muchos países a considerar políticas que, como los impuestos por las emisiones de carbono, afectarían a la competitividad de los combustibles fósiles para generar electricidad. En el caso de Rumania, los costos de la reducción de las emisiones de CO₂ sobre la base del uso acelerado de la energía nucleoelectrica son de unos 5 dólares de los Estados Unidos la tonelada de CO₂ ó 18 dólares la tonelada de carbono, cifra que se encuentra en el límite mínimo de la escala (de 0 a 120 dólares de los Estados Unidos la tonelada de carbono según se indicó en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC.)

En la mayoría de los estudios de caso, se consideraron candidatos para la ampliación de los sistemas de generación de electricidad las centrales que emplean el ciclo combinado de gas natural, que son muy interesantes desde el punto de vista de la eficiencia de generación (55% o más), de las necesidades de capital y de sus cortos períodos de construcción. Al considerar esta opción también tienen que tenerse en cuenta otros factores, como, por ejemplo, la seguridad de los suministros en el caso de los países que dependen de las importaciones, la posibilidad de fluctuaciones en los

LA PLANIFICACION ENERGETICA

informática DECADES constan de bases de datos y de soporte lógico analítico. Pueden emplearse para evaluar la constante relación entre las características técnicas, económicas y ambientales de diferentes tecnologías, cadenas y sistemas de generación de electricidad a los niveles nacional, regional e internacional.

Se establecieron dos tipos de bases de datos tecnológicos: la base de datos tecnológicos de referencia (RTDB) y las bases de datos específicos por países (CSDB). La RTDB proporciona un conjunto amplio y armonizado de datos técnicos, económicos y ambientales para las cadenas energéticas que utilizan combustibles fósiles, energía nucleoelectrica y fuentes de energía renovables para la generación de electricidad. Asimismo, contiene datos sobre unas 300 tecnologías, caracterizadas según su nivel de eficacia comprobada. Las CSDB almacenan datos sobre tecnologías de generación de electricidad de diversos países o regiones para realizar estudios de caso utilizando el soporte lógico analítico DECADES u otros instrumentos de planificación nacionales. Más de 25 países han establecido una CSDB, con un total de más de 2500 tecnologías.

precios del gas, y la contribución del dióxido de carbono a las emisiones de gases de efecto invernadero en la fase de combustión, y del metano durante la producción y transmisión del gas.

La cooperación establecida por conducto de este PCI, en el que participan expertos de distintos países con formación científica diferente, ha resultado extremadamente valiosa y eficaz.

En particular, la cooperación y el intercambio de información y experiencias entre diferentes equipos con dificultades similares -reunión de datos, descripción de tecnología, definición y comparación de la cadena de combustible, y análisis del sistema de generación de electricidad- se tradujo en la determinación y aplicación de fórmulas comunes para resolver esos problemas. La participación de expertos en el análisis de los sistemas de electricidad, la macroeconomía y la evaluación de los efectos ambientales contribuyó a que se reconociera la necesidad de conciliar los diversos problemas y prioridades -por ejemplo, aliviar los efectos ambientales a nivel local y mundial y abordar los problemas económicos, sociales y de seguridad de los suministros- dentro del marco de una evaluación integral de las opciones.

DECADES - FASE II

La segunda fase del proyecto DECADES (1996-2000) se centra en la difusión de los actuales instrumentos de informática, la capacitación de los usuarios en sus aplicaciones, el apoyo a los estudios por países y el desarrollo de nuevas capacidades analíticas.

Los instrumentos de informática DECADES se ampliarán a fin de abordar de manera más amplia los problemas relacionados con la evaluación de los efectos, así como la introducción de indicadores de los efectos en el proceso de adopción de decisiones. En estos momentos se está mejorando la representación de los daños sobre la salud y el medio ambiente, los costos externos, la capacidad para el análisis

de la reglamentación, las opciones de gestión de la demanda, las unidades de combustibles múltiples y los sistemas combinados de calor y energía.

A fin de desarrollar estrategias sostenibles para el suministro energético, es imprescindible efectuar la evaluación comparativa de todas las vías de contaminación entre la fuente y los servicios, provocada por las distintas fuentes de energía y tecnologías de conversión. El proyecto DECADES proporciona la metodología y los instrumentos necesarios para realizar esas evaluaciones, y la divulgación de las actividades y los resultados entre los Estados Miembros del OIEA es un proceso continuo. En el Argonne National Laboratory de los Estados Unidos (1995 y 1996), en Polonia (1996) y en Brasil (1997) se han celebrado talleres interregionales sobre el uso de los instrumentos de informática DECADES. También se han efectuado seminarios y talleres en Canadá, Estados Unidos, Reino Unido, Brasil y República de Corea. El gran interés manifestado por institutos, organizaciones y universidades de los Estados Miembros que han participado en esas actividades es un buen indicador de la utilidad del enfoque DECADES.

Los estudios de evaluación comparativa basados en el proyecto DECADES indican que la energía nucleoelectrónica puede ser económicamente competitiva comparada con otras opciones de generación de la carga básica, y que produce emisiones notablemente menores de SO₂, NO_x y CO₂ que las otras opciones que emplean combustibles fósiles.

En los países que poseen la infraestructura adecuada, la opción preferida para la producción de electricidad es el gas natural, aun cuando éste sea importado. Las centrales alimentadas con carbón pueden ser atractivas para países que tengan acceso a fuentes baratas de suministro. Ahora bien, podría dudarse de su competitividad económica en el caso de que se apliquen reglamentos y nor-

mas más estrictos para la protección del medio ambiente, que exijan el establecimiento de mecanismos de control de la contaminación y de límites para las emisiones de gases de efecto de invernadero. La mayoría de las fuentes de energía renovables ofrecen perspectivas interesantes para los sistemas de generación de electricidad favorables al medio ambiente. Sin embargo, su posible participación en la generación de electricidad en gran escala, aparte de la energía hidroeléctrica convencional, puede verse limitada por restricciones físicas establecidas en algunas regiones. Además, no es probable que a corto y mediano plazos sean económicamente competitivas respecto de los combustibles fósiles para la generación de la carga básica eléctrica ni respecto de la energía nucleoelectrónica.

Con objeto de ayudar a más países interesados en efectuar sus propios estudios, el Organismo se propone fortalecer su capacidad para realizar análisis objetivos en la esfera de las evaluaciones comparativas de la energía. Se prevé una cooperación más estrecha con otras organizaciones en la esfera energética, como son, entre otras, la Agencia para la Energía Nuclear, la Comisión Europea, el Banco Mundial, la Organización de Países Exportadores de Petróleo y el Organismo Internacional de Energía. El OIEA también continuará realizando un examen objetivo de todas las opciones energéticas dentro del marco del sistema de las Naciones Unidas.

Sobre la base de los resultados de sus análisis de evaluación comparativa, el OIEA se propone participar de manera activa en la preparación del Tercer Informe de Evaluación del IPCC. En los próximos dos a tres años, el informe servirá de importante plataforma científica para adoptar enfoques normativos respecto de los problemas relacionados con el cambio climático y la reducción de los gases de efecto de invernadero. □