

dos adecuados para las actuales centrales alimentadas con carbón parcialmente amortizadas del sector privado. Calculada sobre la misma base de reducción del riesgo, la electricidad generada por nuevas centrales alimentadas con carbón podría haber sido un 20% menos costosa que la electricidad generada por la energía nuclear.

La forma extrema de un ambiente de competencia que se previó para el Reino Unido no existe en otros países (y la situación en el propio Reino Unido se ha modificado con la retención de las centrales nucleares en el sector público) de modo que las condiciones e hipótesis previstas en los estudios internacionales serán consideradas apropiadas en términos generales.

Tipos de combustible

No se trata de que los demás deban emplear la metodología y las hipótesis de los estudios internacionales de costos en sus evaluaciones comparativas de la energía nucleoelectrica y otras opciones para la generación de electricidad con carga básica.

Cada gobierno y empresa eléctrica deseará tomar en cuenta sus propios requisitos y normas generales, sus recursos nacionales, infraestructura, mano de obra, experiencia técnica pertinente, y las repercusiones que el suministro de energía tiene sobre la economía nacional y el medio ambiente. Con frecuencia el objetivo será lograr una combinación equilibrada de centrales eléctricas que refleje tanto los costos financieros como estos aspectos más amplios.

Evaluación macroeconómica del desarrollo de la energía nucleoelectrica en China

Informe sobre las perspectivas del programa nucleoelectrico de la zona costera del país

por Dadi Zhou, G. Woite, y Chuanwen Hu

El programa nucleoelectrico de China para la generación de electricidad se encuentra en una etapa inicial.

Hay dos centrales nucleares en construcción. Una de ellas es la de Qinshan, unidad de 300 megavatios eléctricos (MWe) ubicada en la provincia de Zhejiang. La central, diseñada en China, donde también se fabricó la mayor parte de su equipo, debe de quedar conectada a la red de distribución eléctrica en 1991. La otra central nuclear, que se construye en la Bahía de Daya, provincia de Guangdong, consta de dos unidades de 900 MWe compradas a fabricantes extranjeros, y su puesta en explotación está prevista para 1992 y 1993.

En general, el programa nucleoelectrico de China para la generación de electricidad ha progresado muy lentamente, en comparación con la fructífera experiencia acumulada en otras esferas del desarrollo nuclear en los últimos 30 años. ¿A qué obedece esto? Numerosos factores han influido en el desarrollo nucleoelectrico, en particular la estructura y la evolución de la economía y el sistema energético nacionales.

Estructura y desarrollo del sistema energético chino

En los 40 años transcurridos desde la fundación de la República Popular de China, la industria energética ha hecho grandes progresos. En 1988, la producción total de energía primaria llegó a 958 millones de toneladas equivalentes de carbón (tec), 39 veces más que en 1949; la tasa media anual de crecimiento fue de casi un 10% (*Véase el gráfico adjunto.*)

En ese mismo período, la producción de carbón creció de 32,4 millones de toneladas a 983 millones de toneladas, con una tasa media anual de crecimiento del 9,1%. La generación de electricidad aumentó de 4,3 teravatios-hora (TWh) a 545 TWh, con una tasa media anual de crecimiento del 13,2%.

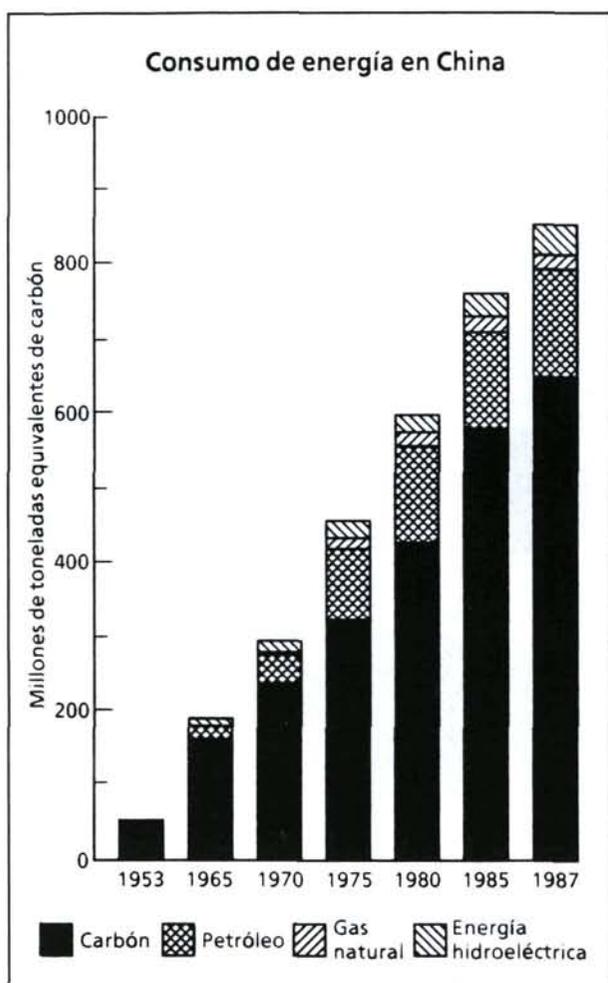
En el último decenio, la política de reformas y apertura al mundo exterior ha estimulado el avance de la economía nacional. Las inversiones de capital en la industria y la agricultura se ampliaron excepcionalmente durante el período 1983-1987. Sin embargo, en este mismo período no hubo un crecimiento análogo de las inversiones en el sector energético, lo que provocó un gran desequilibrio entre la oferta y la demanda de energía.

Déficit de energía. En 1988, la capacidad total del equipo consumidor de energía en China fue de 286 gigavatios, lo que representó 2,5 veces la capacidad del equipo generador de energía. Hubo escasez de energía eléctrica y de petróleo en la mayor parte del país. El déficit anual de energía asciende a 75×10^9 kilovatios-hora (kWh) aproximadamente. La escasez de energía ha provocado una situación grave y anormal en la producción y la vida en general. Para compensarla, en muchas regiones (especialmente en la pujante zona costera) se pusieron en explotación algunas unidades termoeléctricas pequeñas y poco eficientes con generadores diesel de baja potencia.

A todas luces esta escasez de energía es una limitación importante para la economía nacional. El desarrollo energético es un elemento esencial para el avance económico de China.

El Gobierno chino presta gran atención a este problema y está adoptando medidas eficaces para acelerar el desarrollo de la industria energética mientras se realizan ajustes simultáneos en la estructura industrial.

El Sr. Zhou es Jefe de la División de Análisis de Sistemas Energéticos del Instituto de Investigaciones sobre la Energía de Beijing (China). El Sr. Woite es funcionario y el Sr. Hu es experto gratuito de la División de Energía Nucleoelectrica del OIEA.



Como principio fundamental, el desarrollo de la energía en China se basa en los recursos energéticos nacionales. El país cuenta con abundantes reservas de carbón, su principal fuente de energía, y posee un gran potencial hidroeléctrico. Las reservas comprobadas de carbón son de 860×10^9 toneladas y la capacidad hidroeléctrica aprovechable es de 380×10^6 kW, de la que sólo se ha explotado el 8%. China es el mayor productor y consumidor de carbón del mundo. En 1988, el consumo nacional de este mineral ascendió a cerca de 980 millones de toneladas.

En ese mismo año, el consumo de energía comercial *per cápita* en China fue de 800 kilogramos equivalentes de carbón, es decir, sólo una tercera parte del promedio mundial. Su consumo energético por unidad del producto interno bruto (PIB) estuvo entre los más elevados del mundo. Como resultado de una gestión deficiente, el envejecimiento del equipo, el atraso de la tecnología y el derroche en el consumo, la eficiencia de la producción y utilización de la energía es muy baja.

La economía de China es de planificación centralizada, por lo que la mayor parte de las cuotas de producción, distribución y consumo de energía se rige por los planes nacionales. La inversión de capital en la industria energética ha sido insuficiente: en 1988 sólo representó el 8,6% del total de inversiones en activos fijos. Además, los escasos fondos disponibles se utilizan preferentemente en proyectos a corto plazo para atender las apremiantes necesidades de suministro de energía. Por consiguiente, proyectos como centrales hidroeléctricas y

nucleares, cuya construcción entraña plazos de construcción muy prolongados y grandes gastos de capital, no se pudieron llevar a la práctica por falta de fondos, y ello ha empeorado la estructura energética.

Otro factor es que los ingresos de las empresas energéticas no cubren los gastos. Los precios de los productos energéticos fijados por las autoridades se han mantenido demasiado bajos por mucho tiempo y los impuestos con que se grava a la industria energética son irrazonables. Esta situación debe cambiar para que el desarrollo del sector energético sea estable.

La estrategia de desarrollo energético a mediano plazo de China se resume del siguiente modo:

- Prestar igual atención al desarrollo y a la conservación de la energía;
- Mejorar la estructura, distribución y gestión de la energía;
- Crear industrias energéticas que tengan la energía eléctrica como centro y el carbón como base; explotar activamente el petróleo y el gas natural; y realizar ingentes esfuerzos por fomentar la energía hidroeléctrica y la nucleoelectrica;
- Tomar en consideración todos los aspectos y repercusiones de la tecnología, la economía y el medio ambiente en la adopción de decisiones sobre producción y utilización de la energía.

Cuestiones relacionadas con el carbón como principal fuente de energía

Como la principal fuente de energía, el carbón ocupa una posición muy importante en el desarrollo económico y social de China. En 1987, el carbón respondió por el 72,6% de la producción total de energía primaria, el 76,3% del consumo total de energía primaria, más del 80% de la generación de energía termoeléctrica y el 90% del consumo de energía de uso residencial. Los expertos chinos prevén que la producción nacional de carbón sin procesar llegue a alrededor de $1,4 \times 10^9$ toneladas a finales de siglo.

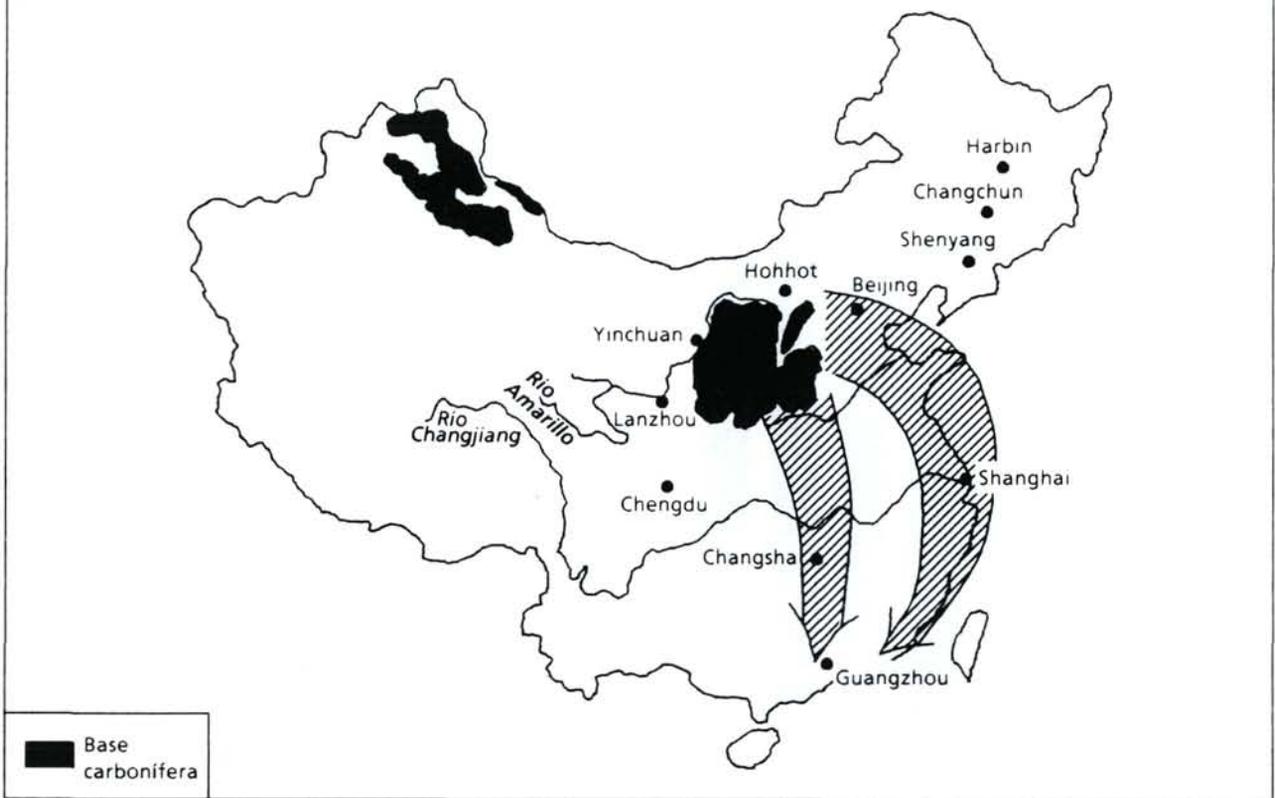
En los últimos años los inconvenientes del carbón como la principal fuente de energía se han venido haciendo poco a poco más evidentes. El aumento de la producción y utilización del carbón en grandes cantidades ejercerá una presión cada vez mayor sobre el transporte y el medio ambiente.

Eficiencia energética. La eficiencia en la utilización de la energía en China es de un 26%. En el caso del carbón es incluso menor: sólo un 20%. La eficiencia calórica media del carbón para uso residencial sólo es del 15% al 18%. Una razón importante que explica lo anterior es que la mayor parte del equipo que consume carbón en China es obsoleto e ineficiente. Otra razón es que en las zonas rurales abundan las chimeneas abiertas. El fuego de carbón no puede encenderse y apagarse como el gas o la electricidad, y suele dejarse arder durante todo el día o toda la noche.

Según datos estadísticos publicados por el World Resources Research Institute en 1988, el consumo de energía en China por unidad del PIB (en dólares de los EE UU) es 4,97 veces mayor que en Francia, 2,1 veces mayor que en los Estados Unidos y 1,65 veces mayor que en la India.

Transporte. La distribución geográfica de las reservas carboníferas de China es bastante desigual. Poco más del 80% de las reservas existentes de carbón se concentra en las regiones del norte y del noroeste. No obstante, alrededor del 74% del carbón se consume en las zonas costeras desarrolladas del este y el sur de China, por lo que es preciso transportar un inmenso

Dirección principal del transporte del carbón en China



volumen de carbón a través del país. (Véase el mapa.) Alrededor del 60% de la producción total de carbón, es decir, unos 600 millones de toneladas anuales, se transporta fundamentalmente por ferrocarril —que ocupa el 40% del volumen bruto de carga— y por barco, que representa cerca de la tercera parte de la carga que se transporta en los tramos medio e inferior del río Changjiang y en las aguas costeras. El trayecto entre la base carbonífera del norte de la provincia de Shanxi y Shanghai, Xiamen y Guangzhou en la zona costera, cubre una distancia de más de 2000, 2800 y 3300 kilómetros, respectivamente.

Para garantizar el suministro de energía en las zonas costeras, se da máxima prioridad al transporte del carbón aunque se demore el de otras cargas. La insuficiente capacidad de transporte ha limitado en gran medida el desarrollo de industrias que utilizan carbón y ha afectado la fiabilidad del suministro de energía eléctrica, lo que ha acarreado cuantiosas pérdidas económicas. En algunas zonas productoras de carbón, las cuotas de producción se asignan según el volumen que pueda ser transportado.

Capacidad carbonífera adicional. Se estima que la capacidad de las centrales eléctricas alimentadas con carbón aumente en más de 10×10^6 kilovatios anuales hasta el año 2000. Como la mayoría de las nuevas centrales eléctricas se construirán en el este y el sur de China, resulta indispensable construir una extensa infraestructura de transporte, como vías férreas, puertos, canales, así como fabricar vehículos y barcos, para llevar a la práctica este desarrollo energético y eléctrico.

Todo esto debe analizarse de manera integral junto con los problemas sociales, económicos, ambientales y demográficos, como son las inversiones financieras, la ocupación de las tierras de cultivo, la migración de la población residente y el empleo.

Aspectos relativos al medio ambiente. En China, la mayor parte del carbón se utiliza para la combustión directa y en casi todas las instalaciones que consumen carbón no se han emplazado sistemas de desulfuración de gases de combustión u otros sistemas de purificación. La utilización masiva del carbón como combustible ha causado graves problemas de contaminación ambiental. La contaminación del aire y del suelo en muchas ciudades de China por cenizas volantes y dióxido de azufre ha sobrepasado los límites estipulados por el Estado.

Respecto del contenido de dióxido de azufre en la atmósfera, por ejemplo, el 19,4% de las ciudades controladas por el Estado han rebasado los límites, y algunas de ellas se han clasificado entre las de mayor contenido atmosférico de dióxido de azufre en el mundo. Algunas ciudades de China central, como Chongqing, Changsha y Nanchang, han arrostrado graves problemas provocados por la lluvia ácida, que ha afectado mucho la salud de la población y el desarrollo económico. El efecto de invernadero y los cambios climáticos tendrán hondas repercusiones en la zona costera de China. Por ende, es indispensable reducir gradualmente el consumo de combustible fósil y mejorar la estructura energética mediante el empleo de otros recursos de energía no fósil.

El sistema de precios de la energía en China

La evaluación económica de las centrales eléctricas requiere un método de análisis cuantitativo. La comparación de los costos entre las centrales nucleares y las alimentadas con carbón, por ejemplo, se basa en los distintos precios de todo el equipo y los materiales. Sin embargo, el sistema de precios de la energía en China es muy complejo y diferente del de otros países. Ello crea problemas en los análisis macroeconómico y microeconómico y los hace poco compatibles con las evaluaciones internacionales.

Antes de poner en práctica su política de reformas en 1980, China había seguido un modelo económico caracterizado por una planificación sumamente centralizada. El Gobierno asignaba los créditos para las inversiones y la producción a los respectivos sectores y fijaba los precios de todos los bienes de producción y de consumo fundamentales teniendo presente el equilibrio social en la economía nacional. Las empresas trabajaban para cumplir las cuotas de producción sin obtener ganancias.

En el decenio de 1980, la reforma económica trajo grandes cambios en materia de gestión. En estos momentos se utilizan los factores de ajuste del mercado para complementar la planificación centralizada. Se ha fortalecido la capacidad de los gobiernos locales para tomar decisiones respecto de su economía a tono con la reducción de la autoridad del Gobierno central. Se ha establecido un sistema financiero de dos niveles para los gobiernos central y local, y la reforma económica ha alentado a las empresas a procurar sus propias ganancias.

Desde 1984, se viene aplicando oficialmente un régimen doble de precios en el sistema de control de precios. Para un mismo producto, el Estado fija precios bajos para la producción planificada, y permite la libre fijación de precios, con arreglo a las condiciones del mercado, para la producción que sobrepasa la cifra planificada. Incluso la producción planificada tiene dos o más precios, según las cuotas de producción y consumo.

En el caso del carbón producido en las minas administradas por el Estado, en el plan se prevén tres precios (precios de venta en bocamina). El precio bajo previsto se asigna al volumen de producción básica, equivalente a la producción de 1982. A los volúmenes adicionales producidos conforme a la cifra planificada para el año en curso se fija un precio superior en un 50%. Un tercer precio, un 100% más alto que el precio bajo previsto, se fija a lo producido por encima de la cuota planificada para el año en curso. El precio medio al consumidor se calcula con arreglo al coeficiente de ponderación de estas cantidades y, por tanto, varía con el incremento de la producción.

Con este sistema de precios, la mayoría de las minas de carbón administradas por el Estado tuvieron déficit y el gobierno se vio obligado a subsidiarlas. El déficit se relaciona además con los gastos corrientes directos del proceso de producción, sin incluir los gastos de exploración y la inversión de capital. En otras palabras, los precios son más bajos que el costo de producción corriente, y muy inferiores al costo de producción marginal a largo plazo de la mayoría de las minas administradas por el Estado.

El precio del carbón producido en las minas administradas por el Estado (minas provinciales o municipales) lo determina el gobierno local. Los precios en las distintas regiones varían y dependen de los recursos energéticos locales y del subsidio financiero del gobierno local.

El tercer tipo de producción carbonífera en China es la minería a nivel de aldea, en la cual los agricultores explotan las minas. En ellas se obtiene alrededor de la tercera parte de la producción carbonífera de China. La explotación de este tipo de minas se rige únicamente por el mercado y su precio fluctúa según la oferta y la demanda.

Debido a los costos del transporte a larga distancia y al sistema de precios múltiples de la producción y el transporte del carbón, los precios en la zona costera oriental varían mucho y suben drásticamente a causa de graves escaseces de energía. También la producción de petróleo y la electricidad tienen sistemas de precios múltiples.

Como se ha dicho, los precios corrientes de la energía son bastante bajos y no reflejan los costos corrientes de producción ni una ganancia razonable. El mercado para la producción no planificada no está bien establecido. Los precios de los diversos productos energéticos dependen de la situación que tengan en el sistema mixto de gestión económica, en el que inciden diversos factores no económicos, entre ellos, la forma de propiedad, las fuentes de inversión, la relación con el plan estatal, y los canales de distribución y circulación. El sistema de precios múltiples vigente entraña dificultad no sólo en lo que respecta a la gestión de los precios de la energía, sino también a la evaluación de los proyectos de inversión.

El sistema de precios de la energía, así como el sistema general de precios de China, deben reformarse. Para el análisis económico se han propuesto varios conceptos de precio de la energía. El "precio de sombra" introducido por la Comisión Estatal de Planificación está concebido para evaluar los proyectos de inversión. El precio del carbón "rentable en la mina" ha sido propuesto por el Centro de Desarrollo del Consejo de Estado de China y el Banco Mundial en un proyecto de investigación conjunto. El precio marginal se considera como función del volumen de la producción y el consumo, y como función del tiempo. El precio del carbón no planificado en la zona costera oriental es mucho más alto que los precios internacionales y refleja la tendencia de la oferta y la demanda en el mercado local.

Perspectivas de desarrollo de la energía nucleoelectrónica

En los últimos 30 años, la industria nuclear de China ha logrado un avance considerable. Se ha establecido a escala industrial un sistema completo del ciclo del combustible nuclear, incluidos la exploración y el tratamiento del uranio, la separación isotópica, la fabricación de combustible y la reelaboración del combustible gastado. Se han creado grupos de profesionales en ciencia y tecnología nucleares que han acumulado experiencia en diversas esferas. China ha contado con una sólida base para el desarrollo de la energía nucleoelectrónica.

El primer proyecto nucleoelectrónico de China, la central de Qinshan de 300 MWe, fue aprobado por el Gobierno a principios de los años setenta. Lamentablemente, el proyecto estuvo suspendido durante más de 10 años. Los dirigentes subestimaron la demanda de energía y la importancia de mejorar la estructura energética. No se prestó suficiente atención a la situación y el papel de la energía nucleoelectrónica en el desarrollo energético del país. No hubo una correcta planificación a largo plazo del desarrollo nucleoelectrónico. A fines de 1989 los canales financieros para las inversiones en centrales nucleares y en la industria de fabricación de equipo nuclear no estaban definidos en la planificación de la economía nacional.

No se coordinaron las asignaciones de fondos para el desarrollo nucleoelectrico entre los ministerios pertinentes. La escasez de fondos impidió comenzar a tiempo la construcción de Qinshan y la segunda fase de ese proyecto, dos unidades de 600 MWe, aún está pendiente pese a que fue aprobada por el Gobierno en 1987. La energía nuclear debe integrarse firmemente en la planificación energética nacional para garantizar la financiación interna de las centrales nucleares. Otras causas de las demoras en los proyectos nucleoelectricos son los prolongados debates que tienen lugar en torno al tipo de reactor y el tamaño de unidad más apropiados.

Demanda de energía y electricidad. Se prevé que para el año 2000 la demanda bruta de energía primaria en China sobrepase $1,43 \times 10^9$ tec. La generación de electricidad debe llegar, por lo menos, a 1200×10^9 kWh, con una capacidad instalada de 240×10^6 kW. Para el año 2015, se necesitarán más de 2×10^9 tec de energía primaria. La oferta de carbón no podrá satisfacer la demanda en todos los casos.

Para aumentar la oferta de electricidad, hay que acelerar la construcción de centrales hidroeléctricas, pero los recursos hidroeléctricos económicamente explotables son limitados. En las remotas regiones sudoccidentales de China se construirán numerosas centrales hidroeléctricas propuestas. Será preciso tomar en cuenta la tecnología y los aspectos económicos de la transmisión de electricidad a larga distancia a fin de evaluar la viabilidad de dichos proyectos. Los proyectos hidroeléctricos en gran escala, como el de la Central de los Tres Desfiladeros del río Changjiang, son objeto de debate debido a problemas financieros y bioecológicos. Según la estrategia energética de China, no deben construirse más centrales eléctricas alimentadas con petróleo.

Proyecciones de la energía nucleoelectrica. En los planes actuales de desarrollo energético se presenta la idea de que la energía nuclear debe convertirse en una de las tres fuentes principales de energía (térmica, hidráulica y nuclear) para el suministro de electricidad en China. La meta a corto plazo es tener una capacidad nucleoelectrica instalada de 6 a 8 GWe para fines del presente siglo. Para el año 2015, se propone que la capacidad nuclear instalada alcance de 30 a 40 GWe, lo que representa entre un 8% y un 10% de la capacidad total de energía eléctrica.

Como las centrales nucleares deben construirse preferiblemente en la zona costera, la participación de la energía nuclear en la producción de electricidad a nivel local alcanzará allí una proporción importante. Esto demostrará que la energía nucleoelectrica puede desempeñar un importante papel en la reducción del déficit energético, las cargas que se transportan y la contaminación atmosférica en la zona. El desarrollo econó-

mico de la zona costera de China es más rápido que el de las regiones interiores. La grave escasez de energía y electricidad ha despertado un gran entusiasmo por el desarrollo de la energía nucleoelectrica en la zona, y los gobiernos locales tienen la ventaja económica de decidir su propia estrategia de desarrollo.

Al evaluar la viabilidad de los proyectos nucleoelectricos en la zona costera, deben señalarse dos problemas importantes.

El primero se refiere al análisis económico comparativo, basado en un sistema racional de precios competitivos. Como ya se indicó, los precios corrientes del carbón no reflejan el costo de producción real (marginal a largo plazo). Las inversiones y los gastos de explotación de todo el ciclo del combustible, desde la exploración hasta el transporte, deberán tomarse en cuenta tanto en la producción de energía nuclear como en la producción de energía a partir del carbón. Además, como la mayoría de las centrales nucleares de China se pondrán en explotación después del año 2000, el precio de referencia del carbón deberá proyectarse hasta ese año o más adelante para que quede incluido en el análisis este factor de tiempo, así como el desequilibrio entre la oferta y la demanda.

En segundo lugar, los beneficios económicos y sociales derivados del desarrollo nucleoelectrico deberán ser evaluados en relación con la estrategia a largo plazo. En particular, en las zonas costeras densamente pobladas de China, donde la escasez de energía limita el desarrollo, la energía nucleoelectrica sería una buena opción para satisfacer la demanda energética a largo plazo.

Cuestiones importantes. En conclusión, las siguientes cuestiones son importantes al analizar las perspectivas de la energía nucleoelectrica en la zona costera de China:

- La existencia de graves déficit de energía y recursos energéticos que, según los pronósticos, persistirá;
- La importancia de aplicar un sistema racional de precios competitivos para realizar un análisis económico comparativo bien fundado de los ciclos del combustible nuclear y convencional;
- Una evaluación global de las tecnologías energéticas, incluida su repercusión para la sociedad, la salud, y el medio ambiente;
- Una evaluación macroeconómica regional para la zona costera de rápido desarrollo y con gran densidad de población. Teniendo en cuenta estas cuestiones, el desarrollo de la energía nucleoelectrica será esencial para satisfacer la demanda energética a mediano y largo plazos en la zona costera y deberá desempeñar un importante papel al complementar la oferta de electricidad y convertirse en un fuerte pilar de la generación de electricidad para el desarrollo económico a largo plazo.