

COSTOS DE PRODUCCION DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA

En un informe preparado por la Secretaría del OIEA para la séptima reunión de la Conferencia General del Organismo se dice que los datos sobre el costo de producción de la energía nucleoelectrónica están perdiendo rápidamente su imprecisión y resultan cada vez más fidedignos, como la experiencia corrobora. A medida que se construyen y entran en servicio más centrales nucleares se obtienen más datos sobre el costo real de producción.

Este es el cuarto informe sobre costos de producción de la energía nucleoelectrónica que se presenta a la Conferencia General del OIEA. El del año pasado contenía datos sobre los costos en 38 centrales nucleares, de las cuales 17 han entrado ya en servicio. En este informe se recogen algunos cambios importantes ocurridos desde entonces y se dan datos sobre siete centrales nuevas. (Véase el cuadro que va al final del artículo.)

El informe se divide en dos partes. La primera trata de la evolución y tendencias recientes de los costos de producción de la energía nucleoelectrónica, y la segunda, del empleo de los datos relativos al costo en estudios económicos. En ambas se subraya que últimamente se ha reducido de modo considerable el margen de incertidumbre en lo que atañe a los datos fundamentales. Al mismo tiempo se indica que las suposiciones que han servido para calcular las cifras generales de los costos de producción son inseguras por naturaleza, en especial cuando -como suele ocurrir- la central nuclear forma parte de una red de distribución integrada.

Tendencia actual de los costos

En el informe se afirma que la posición de la energía nucleoelectrónica mejora notablemente respecto de los gastos de capital y de combustible. En lo que atañe a los primeros, esto se debe en gran parte a uno o varios de los siguientes factores:

a) Reducción de estos gastos al construirse una segunda o tercera central de un tipo determinado, aprovechando i) la experiencia adquirida y ii) los progresos técnicos;

b) Disminución de los costos unitarios de capital al aumentar las dimensiones de la central, pues las centrales grandes son más económicas que las pequeñas;

c) Aumento de la potencia del reactor por encima de la nominal.

Teniendo en cuenta que rara vez se construyen sucesivamente dos centrales de las mismas dimen-

siones y del mismo tipo, es difícil separar los efectos de la experiencia y los de los adelantos técnicos. Antes de construir una segunda central se producen siempre progresos técnicos, por lo que no es fácil saber qué parte de la reducción en los costos es consecuencia de la construcción en serie. Además, de dos centrales del mismo tipo la segunda casi siempre es mayor que la primera, por cuya razón los efectos del aumento de las dimensiones no se pueden separar fácilmente de los de la construcción en serie y de los progresos técnicos.

Sin embargo, el efecto combinado se refleja en la reducción progresiva del costo de los reactores alimentados con uranio natural y refrigerados con gas de la Gran Bretaña y de Francia. Respecto de los reactores alimentados con uranio natural y refrigerados con agua ligera, la central Yankee de los Estados Unidos constituye un ejemplo notable de la influencia ejercida por todos los factores arriba mencionados. Esta central, que se basa en un reactor de uranio enriquecido y agua a presión, fue prevista en principio para una producción neta de 110 MW(e), lo que habría equivalido a un costo de 356 \$/kWh de potencia eléctrica instalada. Ahora bien, la central ha funcionado con una potencia neta de 160 MW(e), lo que ha reducido el costo a 248 \$/kW. La segunda central de este tipo, la Connecticut Yankee o Yankee No 2, tendrá una potencia neta de 463 MW(e) y su costo de capital se ha calculado en 183 \$/kW; la reducción del costo unitario de capital se debe sobre todo a su mayor tamaño.

En lo que atañe al costo del combustible, la situación ha mejorado considerablemente. Para el futuro inmediato puede considerarse que el precio del concentrado de uranio (U_3O_8) oscila entre 6 y 8 \$/lb. Los gastos de fabricación también han disminuido; los elementos combustibles Magnox, utilizados en la Gran Bretaña y en Francia, cuestan hoy en día unos 20 \$/kg. Por tanto, el costo total del combustible fabricado es de 35 a 40 \$/kg. Con una irradiación media de 3 500 MWd/t y un rendimiento del 31 por ciento, esto supondría para el ciclo de combustible un costo total de 1,8 a 2,2 mills/kWh.

Se conoce con bastante exactitud el costo de fabricación del combustible para los reactores refrigerados con agua que utilizan como combustible dióxido de uranio revestido de acero inoxidable o de zircaloy. En los Estados Unidos, el costo está comprendido entre 0,6 y 1,2 \$/kWh. El costo de un conjunto completo de elementos combustibles, sin contar el uranio enriquecido prestado, es de 100 a 110

\$/kg de uranio cuando se trata de dióxido de uranio revestido de acero inoxidable, y de 120 a 130 dólares cuando el revestimiento es de zircaloy. El costo de un ciclo entero de combustible para los nuevos reactores de agua de grandes dimensiones, como el de San Onofre, el de Connecticut Yankee y el de Los Angeles, se cree que será, basándose en cálculos prudentes, de 2 a 2,5 mills/kWh, partiendo del supuesto de que el costo del nuevo tratamiento del combustible y los ingresos correspondientes al plutonio sean de 8 \$/gr.

El combustible de uranio natural en forma de dióxido y revestido de zircaloy, como el empleado en la central refrigerada y moderada con agua pesada del Canadá (CANDU), puede comprarse a 68 \$/kg de uranio, incluido el valor del uranio contenido. Sin ningún gasto para el nuevo tratamiento del combustible irradiado, ningún ingreso correspondiente al plutonio y con una irradiación del combustible de 10 000 MWd/t, el costo de un ciclo entero de combustible, excluidos los gastos de inmovilización, asciende a 1,0 mills/kWh, aproximadamente.

La experiencia adquirida en la fabricación del combustible y en su irradiación ha permitido que los proveedores ofrezcan garantías de rendimiento. Por ello hoy en día se pueden fijar para los costos de combustible cifras seguras y válidas para largos períodos.

Empleo de los datos relativos al costo en los estudios económicos

Para los estudios económicos deben tenerse presentes ciertas limitaciones de los datos relativos a los costos de producción de la energía nucleoelectrónica. Por una parte, los costos de producción se calculan siempre partiendo de ciertas suposiciones, algunas de las cuales están basadas en una sólida experiencia y otras en extrapolaciones razonables. Por otra, es poco probable que una central nuclear de grandes dimensiones trabaje aislada; por regla general suministra electricidad a una red interconectada. Por tanto, el costo de producción de una central determinada sólo sirve de indicación respecto de los costos de toda la red durante cierto período de tiempo. Por último, cuando se quieren estudiar las ventajas económicas inherentes a las distintas posibilidades de suministrar energía a una red de distribución, no basta con tener en cuenta únicamente los costos de producción de la energía.

El Organismo, ayudado por un grupo de expertos, ha empezado a revisar el complejo problema de los aspectos económicos de la integración de centrales nucleares en redes de distribución. El examen ha demostrado ya que los costos de producción para centrales aisladas están sujetos a dos tipos de limitaciones:

a) Limitaciones resultantes de factores económicos y técnicos inherentes a la energía nucleoelectrónica;

b) Limitaciones que impone el empleo de una cifra correspondiente al costo de producción, calculada para una central al evaluar los costos reales incurridos para alimentar una red de distribución y comparar distintas posibilidades.

A medida que progresa la técnica y se adquiere mayor experiencia, las limitaciones del primer tipo desaparecerán gradualmente, en especial si se trata de reactores de probada eficacia. Sin embargo, para los estudios económicos convendría disponer no de una sola cifra sino de varias obtenidas partiendo de distintas suposiciones respecto de aquellos datos que probablemente variarán en el futuro.

Las limitaciones del segundo tipo no son específicas de los costos de producción de la energía nucleoelectrónica. Pueden no ser importantes cuando se proyecta que la nueva estación suministre únicamente una pequeña proporción de energía a la red de distribución; en dicho caso la comparación de las ventajas de una central nuclear y de otra de tipo tradicional, en una red predominantemente térmica, puede efectuarse basándose en las cifras relativas a los costos de producción. Pero este método puede ser insuficiente para una comparación económica de programas importantes de energía tradicional y nucleoelectrónica, que abarcan cada una varias centrales, o incluso para comparar dos centrales proyectadas para una red que tiene algunas características especiales, por ejemplo, una gran capacidad de producción calculada hace mucho tiempo o un ritmo de crecimiento extremadamente rápido, o en la que se han previsto grandes variaciones en su factor de carga.

Sin embargo, las consideraciones que anteceden no justifican que se reste importancia a las cifras relativas al costo de producción de la energía nucleoelectrónica, pero, en cambio, ponen de manifiesto la necesidad de desarrollar dos actividades complementarias que ayudan a comparar las ventajas económicas de las distintas posibilidades de alimentación de una red.

En primer lugar, además de calcular los costos de producción de una central determinada basándose en las suposiciones más razonables, debería calcularse una gama de costos a partir de diferentes suposiciones para cada uno de los parámetros básicos que probablemente variarán de manera considerable durante la vida útil de la instalación. En segundo lugar, convendría efectuar varios estudios sobre los costos en que incurrirán las distintas redes de distribución consideradas (y no únicamente los costos por separado de diferentes centrales) para distintos tipos de instalaciones capaces todas de suministrar electricidad a la red. Estos estudios son de particular importancia en los países en vías de desarrollo, en los que una sola central nuclear supone a menudo una parte importante de la capacidad total instalada de la red para la que ha sido proyectada.

Gastos de capital en algunas centrales nucleares

A. Datos relativos a nuevas centrales

<u>Central</u>	<u>Situación</u>	<u>Tipo de reactor</u>	<u>Producción eléctrica neta (MW(e))</u>	<u>Capital invertido (millones de \$)</u>	<u>Capital invertido unitario (\$/kW(e) neto)</u>
La Crosse	La Crosse, Wisc., Estados Unidos	De agua hirviente	50	18,4	368
KRB	Gundremmingen, Alemania	De agua hirviente	237	70*	295
Tarapur	cerca de Bombay, India	De agua hirviente	380 (2 x 190)	101,5	267
San Onofre	cerca de San Clemente, Calif., Estados Unidos	De agua a presión	373	91,5	245
Los Angeles	Los Angeles, Calif., Estados Unidos	De agua a presión	462	96,6	209
Connecticut Yankee	Haddam Neck, Connecticut, Estados Unidos	De agua a presión	463	84,9	183
Wylfa	Wylfa, Anglesey, Reino Unido	Refrigerado con gas	1 000 (2 x 500)	280	280

B. Cambios importantes de los datos comunicados el año pasado**

Yankee	Rowe, Mass., Estados Unidos	De agua a presión	158 (141)	39,2	248 (278)
Dresden	Morris, Ill., Estados Unidos	De agua hirviente	205 (184)	51,3	250 (279)

* Comprende 10 millones de dólares para intereses e impuestos durante el período de construcción de 46 meses.

** Se indican entre paréntesis las cifras comunicadas anteriormente, cuando son diferentes.