

Un estudio del mercado de la energía nucleoelectrica en los países en desarrollo

por O.B. Falls, Jr.

Se admite por lo común que en los próximos decenios la electricidad nuclear desempeñará probablemente un papel importante en muchos países en desarrollo, pues dichos países poseen en general pocos recursos energéticos nacionales y, en los últimos años, han sufrido las consecuencias de la subida de precios del petróleo en todo el mundo. Por ello, muchos de los países más pequeños y menos adelantados han manifestado su preocupación por la falta de reactores de potencia de una capacidad apropiada para incorporarlos a sus redes.

Actualmente sólo ocho países en desarrollo¹ poseen centrales nucleares en servicio o en construcción: Argentina, Brasil, Bulgaria, India, México, Paquistán, República de Corea y República Socialista Checoslovaca. Su capacidad nuclear total es hoy día únicamente de unos 5 200 MW, mientras que la capacidad eléctrica instalada de esos ocho países se estimaba en 1972 en unos 56 000 MW. Se calcula que, en 1980, sólo será de origen nuclear el 8% de la capacidad eléctrica instalada en la totalidad de los países en desarrollo. En cambio, en los países industrializados se prevé que, en dicho año, será de esta naturaleza más del 16% de la capacidad eléctrica total instalada.

El Organismo, plenamente consciente de esta posible necesidad de electricidad nuclear, viene desarrollando un activo programa para ayudar a estos países a realizar sus planes de energía nucleoelectrica. Por ello, vista la demanda indicada de energía nucleoelectrica en los países en desarrollo, en la Cuarta Conferencia Internacional sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos, celebrada en 1971 en Ginebra, y en la decimoquinta reunión ordinaria de la Conferencia General del Organismo, se recomendó que se intensificase la ayuda a los países en desarrollo para sus programas de electricidad nuclear. Atendiendo a estas recomendaciones, el Organismo reunió, en octubre de 1971, un Grupo de trabajo sobre los reactores de potencia de interés para los países en desarrollo, encargado de estudiar las perspectivas que se ofrecen a las centrales nucleares en esos países, y de asesorar sobre la conveniencia de efectuar un estudio detallado del mercado de dichas centrales.

OBJETIVO Y FORMA DE REALIZACION DEL ESTUDIO

Respondiendo a la recomendación del Grupo de trabajo, el Director General decidió que se efectuara un estudio. Los objetivos principales del mismo, tal y como se ha llevado finalmente a cabo, han consistido en determinar la potencia y calendario de instalación de las centrales nucleares que, por razones económicas, convendría construir en cada país participante durante el decenio 1980-1989 (período abarcado por el estudio), y determinar la sensibilidad de los resultados frente a ciertos parámetros clave, económicos y técnicos. Catorce países manifestaron interés por participar en el estudio y convinieron en facilitar datos básicos pertinentes y personal que colaborase con los grupos de expertos visitantes. Estos países son:

Argentina	Filipinas	México	República de	Tailandia
Bangladesh	Grecia	Paquistán	Corea	Turquía
Chile	Jamaica	República Arabe	Singapur	Yugoslavia
		de Egipto		

¹ Según la clasificación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

El proyecto del estudio del mercado costó en total más de 600 000 dólares de los Estados Unidos y fue financiado en parte con fondos del OIEA y con servicios de su personal, pero prácticamente también mediante contribuciones en efectivo de la República Federal de Alemania, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y los Estados Unidos de América, estos últimos a través de la Agencia para el Desarrollo Internacional, la Comisión de Energía Atómica y el Export-Import Bank. Además, los países siguientes han facilitado expertos a título gratuito:

Alemania, República Federal de	India
Canadá	Japón
Estados Unidos de América	Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte
Francia	Suecia

Los países participantes contribuyeron con personal y costearon los gastos de cada misión de estudio.

LOS ANALISIS

La mayor parte de los datos que han servido de base a los análisis han sido facilitados directamente por los países interesados. Otros han sido obtenidos por el personal encargado del estudio y sus consultores. Han contribuido a esta labor un total de 26 expertos en distintos campos, procedentes de los ocho países mencionados, y 11 expertos del Organismo.

Los análisis comprendieron el estudio de las transmisiones de energía eléctrica en la red fundamental interconectada en condiciones normales de funcionamiento, las posibles diferencias en las necesidades de redes de transmisión entre diversos planes de capacidad de producción, un examen de la estabilidad de los sobrevoltajes y de la estabilidad de la frecuencia de cada red a raíz de la parada imprevista de una o varias de sus centrales, un examen de diferentes planes de expansión de las redes eléctricas con centrales hidroeléctricas y térmicas, nucleares y tradicionales, y una estimación del valor actualizado de todos los gastos en cada caso. Los resultados han servido para seleccionar programas cuasi-óptimos de expansión de la red eléctrica de cada uno de los países. A partir de estos programas de expansión se han determinado el número, la potencia y el calendario de las centrales nucleares necesarias. También se ha estimado el capital necesario para los programas de expansión total de las centrales térmicas.

Debe tenerse en cuenta que los datos obtenidos no son suficientes para que las conclusiones puedan considerarse equivalentes a los resultados de un estudio riguroso de la viabilidad de cualquier instalación determinada.

El Cuadro 1 indica la población y el producto nacional bruto (PNB) actuales y previstos, para cada uno de los países estudiados. En el Cuadro 2 se resumen las previsiones relativas a la producción de energía, demanda y factor de carga en cada país. Se han tomado en cuenta dos previsiones para cada país. En la previsión efectuada por el personal encargado del estudio (generalmente inferior a la facilitada por el país) se ha hecho uso de una correlación generalizada a escala mundial entre el consumo de electricidad per cápita y el PNB per cápita. Para ello se ha partido de la hipótesis de que el consumo futuro de electricidad de cada país ha de seguir una tendencia característica, que depende de la relación histórica entre estos dos factores. Se han aceptado las previsiones por países facilitadas por los mismos. Cuando se han observado diferencias efectivas entre ambas previsiones se han efectuado análisis utilizando ambas previsiones.

No se han tomado en cuenta los costos externos, ni tampoco los impuestos y restricciones al capital extranjero. Los valores de los parámetros seleccionados para los estudios en las condiciones de referencia y para los estudios de sensibilidad figuran en el Cuadro 3. En los estudios de

CUADRO 1. POBLACION Y PNB (DATOS RESUMIDOS)

País	Población (millones de habitantes) ^a			PNB (miles de millones de dólares/año) ^b		
	1972	1980	1990	1972	1980	1990
Argentina	24,0	27,3	31,8	28,9	45,4	73,2
Bangladesh	72,1	88,6	114,5	3,8	6,1	11,0
Chile	10,2	11,9	14,5	6,7	10,0	16,4
Egipto	34,7	40,6	49,5	7,4	11,9	21,5
Grecia	8,9	9,3	9,9	10,6	17,3	29,8
Jamaica	1,9	2,2	2,6	1,3	2,2	4,2
República de Corea	32,3	36,5	42,3	10,0	19,0	37,7
México	54,2	71,5	96,0	39,4	68,3	129,3
Paquistán	55,7	65,2	79,5	11,3	17,9	31,7
Filipinas ^c	20,7	25,2	30,9	5,7	9,9	18,7
Singapur	2,1	2,4	2,8	2,7	5,6	9,8
Tailandia	38,3	48,6	62,5	8,3	15,1	29,2
Turquía	37,3	45,4	58,2	16,4	27,3	48,5
Yugoslavia	20,8	22,5	24,9	16,5	27,1	49,0

a Población tomada como base para calcular las previsiones del estudio del mercado.

b Cifras en dólares de los Estados Unidos de 1 de enero de 1973 (basadas en el valor del dólar de los Estados Unidos en 1964 aplicando una tasa de inflación del 4% anual).

c Sólo Luzón.

CUADRO 2. PREVISIONES ACERCA DE LAS CARACTERISTICAS DE CARGA DE LAS REDES

País ^a	Producción de electricidad (millones de MWh)		Tasa de crecimiento de la producción de electricidad 1980-1990 (%/año)	Factor de carga de las redes (%) 1980-1990	Demanda máxima, en MW	
	1980	1990			1980	1990
Argentina	42,0	84,2	7,2	58,3	8 230	16 500
Bangladesh-B	3,1	8,1	10,1	55,0	640	1 690
Bangladesh-A	4,8	21,7	16,3	55,0	1 000	4 500
Chile	11,4	23,7	7,6	60,5	2 150	4 470
Egipto	20,7	47,0	8,5	68,0	3 280	8 380
Grecia	26,8	55,3	7,5	65,0	4 710	9 720
Jamaica-B	3,9	8,3	8,0	68,0	650	1 400
Jamaica-A	4,8	13,3	10,8	68,0	810	2 240
República de Corea	31,2	76,7	9,4	66,0	5 360	13 200
México	72,7	178,9	9,5	61,2	13 500	33 200
Paquistán	17,0	36,2	7,9	58,2	3 320	7 090
Filipinas ^b	14,8	35,2	9,0	65,0	2 610	6 190
Singapur-B	8,5	17,3	7,4	65,0	1 500	3 040
Singapur-A	9,1	27,8	11,8	68,0	1 520	4 650
Tailandia	15,7	39,3	9,7	66,0	2 710	6 800
Turquía-B	23,4	51,3	8,2	63,7	4 200	9 200
Turquía-A	29,0	81,5	10,9	63,7	5 190	14 600
Yugoslavia-B	64,4	122,4	6,7	67,5	10 900	20 700
Yugoslavia-A	87,5	165,5	6,6	67,5	14 810	27 990

a B = Previsiones del estudio del mercado.

b Sólo Luzón.

A = Previsiones facilitadas por los respectivos países.

CUADRO 3. PARAMETROS ECONOMICOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

	Estudios en las condiciones de referencia		Estudios de sensibilidad	
	Valores utilizados en el estudio ^a	Valores "reales" equivalentes aproximados	Valores utilizados en el estudio ^a	Valores "reales" equivalentes aproximados
Tipo de descuento	8%	12%	6%, 10%	10%, 14%
Aumento de los gastos de instalación y de explotación y mantenimiento	0%	4%	-	-
Ritmo de subida de precios del fuel-oil y del gas	2%	6%	0%, 4%	4%, 8%
Ritmo de subida de precios del carbón	2%	6%	0%	4%
Ritmo de subida de precios del combustible nuclear	0%	4%	2% ^b	6%
Gastos de instalación de las centrales ^c	ORCOST-3		ORCOST-1	
Depreciación ^d	Lineal		Fondo de amortización ^b	
Relación entre el tipo de cambio utilizado y el tipo oficial ^e	1,0		1,1-1,3 ^b	

^a Se ha supuesto un ritmo de inflación general constante del 4% anual.

^b Este valor se ha utilizado en los estudios de sensibilidad únicamente en varios casos seleccionados.

^c En el texto se describe el modelo de gastos de instalación basado en el programa ORCOST.

^d Utilizada como base para calcular el valor residuario de las centrales.

^e Con esta relación se trata de resaltar el efecto de la escasez de capital extranjero sobre aquellos proyectos cuyo componente predominante es la inversión de capital. En el estudio no se ha tenido en cuenta la devaluación del dólar de los Estados Unidos que tuvo lugar en marzo de 1973.

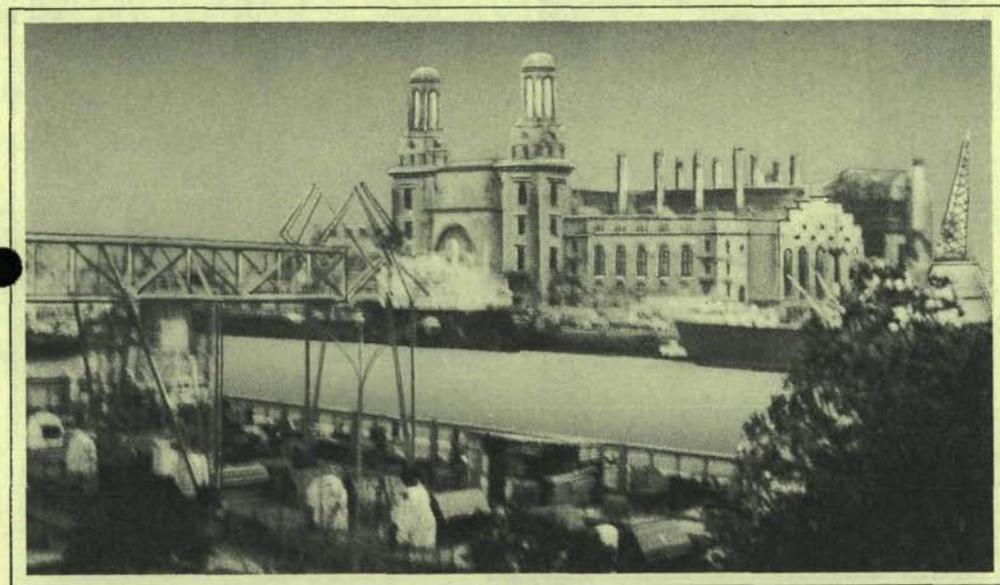
sensibilidad se ha supuesto que permanecen constantes todos los parámetros de referencia menos el que se examina.

El valor actualizado de los costos inherentes a cada uno de estos modelos se ha determinado con un programa de computadora. Este programa, denominado Wien Automatic System Planning Package (WASP), se ha utilizado para calcular los gastos de instalación inherentes a todos los aumentos de capacidad de las centrales y los gastos de explotación de todas las centrales durante el período 1980-2000, descontando un determinado valor residuario al término del año 2000. El período de dos decenios se ha utilizado en el análisis a fin de reducir al mínimo el efecto de no considerar la explotación de las centrales construidas durante el período estudiado hasta el final de su vida útil, aunque el estudio se refiere concretamente sólo al primer decenio de este período. Todos los costos se han descontado al 1 de enero de 1973 para determinar su valor actualizado. Haciendo variar la proporción entre las centrales nucleares y tradicionales añadidas durante el período estudiado, se ha podido hallar, en cada caso, la combinación de centrales que puede considerarse como plan "cuasi óptimo" de expansión.

Dada la dificultad de calcular el costo de las consideraciones ambientales en cada país, se ha prescindido de la estimación de dicho costo con la salvedad de que los gastos de instalación de las centrales alimentadas con combustibles fósiles incluyen precipitadores electrostáticos para eliminar las partículas de los gases expulsados por las chimeneas. Si las mencionadas consideraciones hiciesen necesario en el futuro el empleo de combustibles pobres en azufre, o de equipo para mitigar los efectos nocivos de operaciones tales como las descargas térmicas o gaseosas, aumentarían los gastos de instalación o de explotación, lo que influiría en la competencia entre las centrales de combustible fósil y las nucleares. Si se incorporara un equipo completo de control ambiental tanto a las centrales nucleares como a las tradicionales, los costos de las centrales de combustible fósil aumentarían considerablemente más que los de las centrales nucleares. Este factor no se ha analizado en detalle en el estudio, pero el Apéndice B del Informe General contiene un examen cualitativo y cuantitativo aproximado del mismo. Este factor no se ha analizado de una forma rigurosamente cuantitativa en estos estudios; sin embargo, se ha efectuado un examen cualitativo y cuantitativo aproximado del mismo.

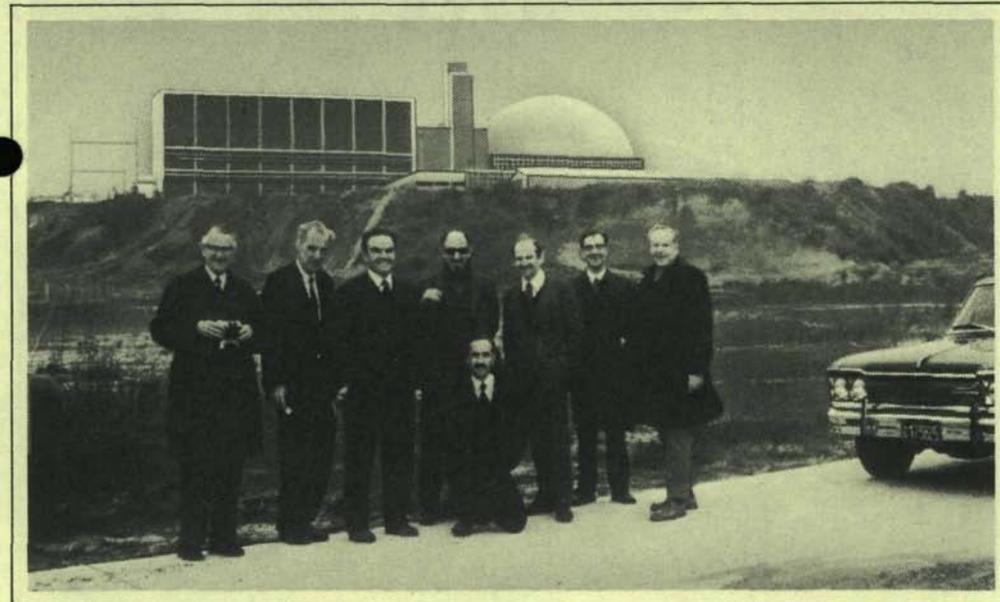
Instalaciones que ha visitado la misión de estudio de la energía eléctrica

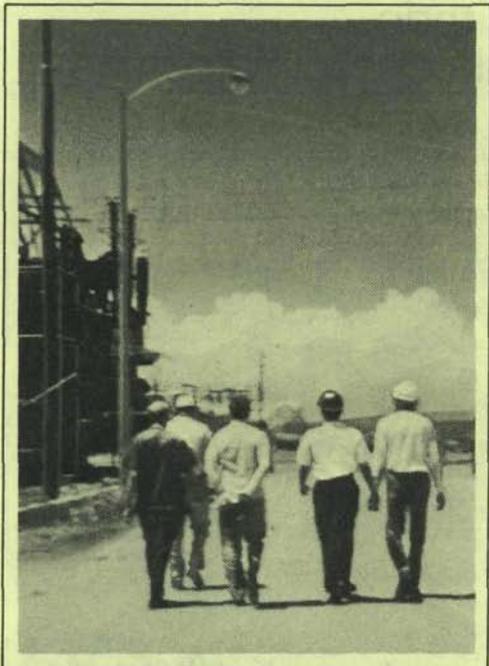
He aquí una selección de fotografías tomadas en algunos de los 14 países que ha visitado la misión de estudio de la energía eléctrica. Algunas de ellas pertenecen a los archivos del OIEA, enviadas por las Comisiones de Energía Atómica de los respectivos países, y otras son fotografías tomadas por los propios miembros de la misión de estudio.



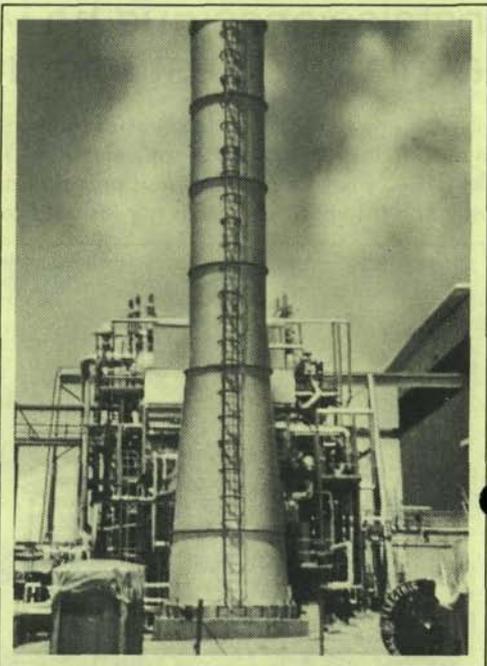
La Central térmica de Puerto Nuevo, Buenos Aires (Argentina), visitada por la misión de estudio.

El equipo que examinó las necesidades energéticas de la Argentina, delante de la Central Nuclear de Atucha.



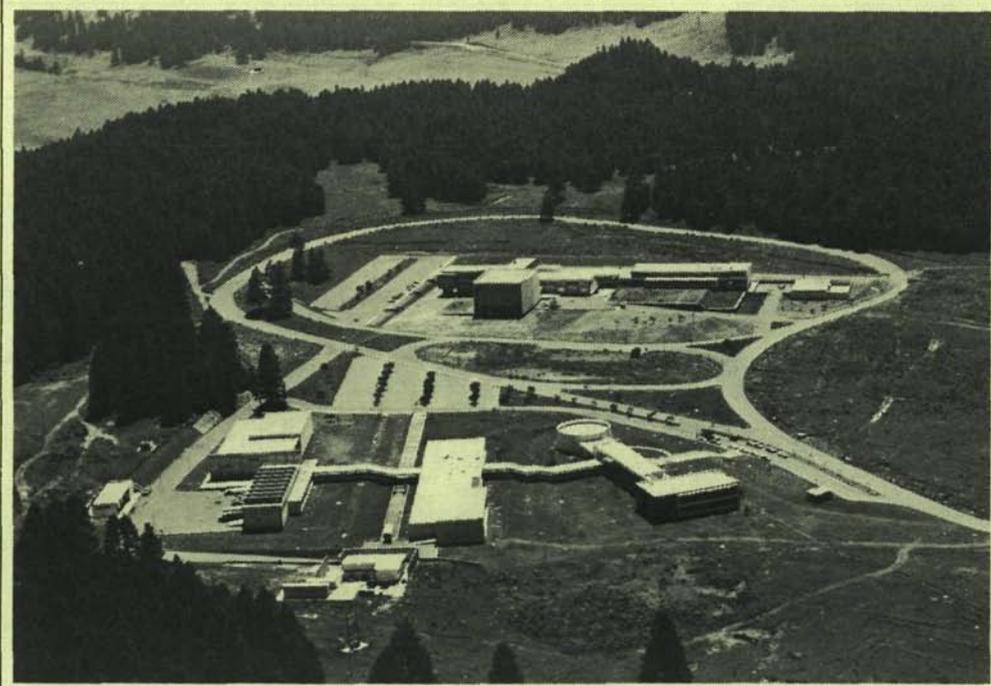


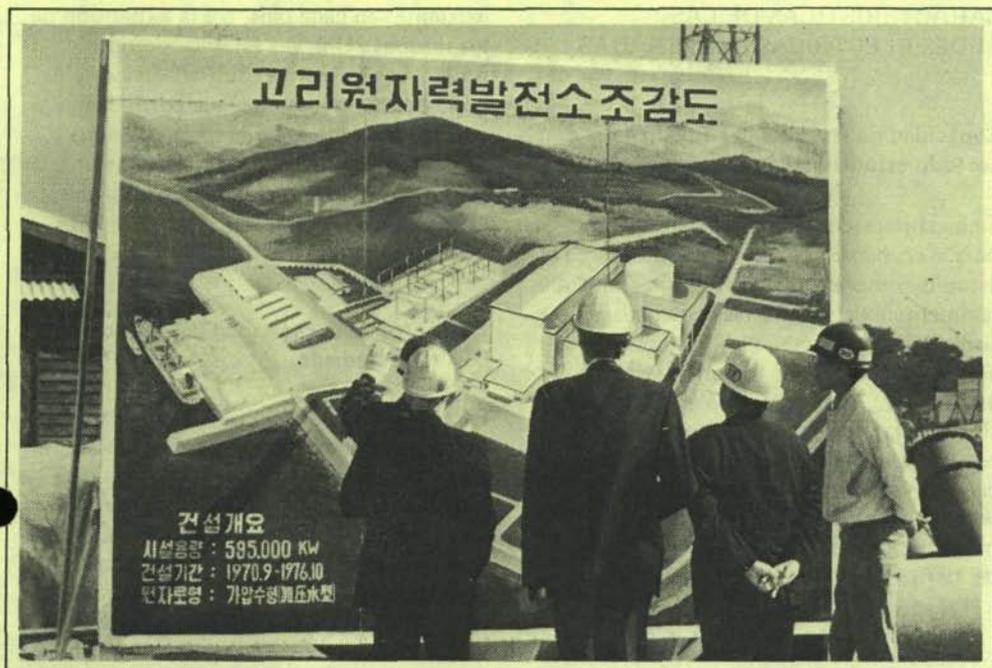
Miembros de la misión de estudio de mercados, recorriendo la central eléctrica "Old Harbour" en Jamaica.



Unidad nº 3 de la central eléctrica "Old Harbour", propiedad de la Jamaica Public Service Company, inspeccionada por la misión del OIEA.

Vista aérea del Instituto Nacional de Energía Nuclear de México.





El superintendente de la construcción de la central Kori explica la disposición de la central al equipo de estudio de mercados en Corea.

En Grecia, la misión de estudio de mercados incluyó en su programa la central hidroeléctrica de Kremasta.



CARACTERISTICAS DE LAS REDES ELECTRICAS EXAMINADAS

Capacidad de las redes al comienzo del período estudiado

Se ha supuesto que la red existente en cada país al comienzo del período que abarca el estudio comprendía: a) todas las centrales realmente existentes y las encargadas en firme (que, por lo regular, bastaban para atender a la demanda máxima hasta los años 1975-1977), y b) las centrales del mismo tipo que las comprendidas en a), con las capacidades necesarias y ajustadas a los calendarios apropiados para atender la demanda prevista en la red y conseguir unos márgenes de reserva adecuados al final de 1979.

Aumentos de la capacidad durante el período estudiado

Los aumentos de la capacidad requeridos anualmente, a fin de conseguir márgenes de reserva adecuados con respecto a la demanda máxima predecida, se han determinado utilizando el programa WASP. El criterio para asegurar un margen de reserva adecuado es que la probabilidad media anual de pérdida de carga² ha de ser de 0,005, aproximadamente. Una vez calculados los aumentos totales de capacidad requeridos, se ha deducido la capacidad correspondiente a las centrales hidráulicas y de bombeo instaladas, a fin de determinar los aumentos netos de la capacidad térmica necesarios. Estos aumentos representan la nueva capacidad o "mercado" total que ha de repartirse entre las centrales nucleares y las tradicionales.

En lo que respecta a los aumentos de la capacidad hidráulica y de bombeo, se ha supuesto que se ajustarán a los planes

existentes en cada país, o a la expansión de los mismos. Una vez establecido un programa de centrales hidroeléctricas y de bombeo, se ha supuesto que permanecía constante en todos los casos estudiados y, por lo tanto, que no influía directamente en la evaluación económica comparada de las centrales nucleares frente a las térmicas tradicionales.

Aumentos de la capacidad después del período estudiado

Para el período 1990-2000, se ha elaborado un solo plan de expansión para atender los aumentos de carga previstos en cada país, como se ha indicado antes. Estos programas de expansión se han seleccionado de modo que se alcance prácticamente la misma probabilidad de pérdida de carga que la conseguida durante el período estudiado y se han agregado a cada uno de los posibles planes evaluados. En los programas correspondientes a la segunda década, los aumentos de la capacidad hidroeléctrica se han basado por lo general en los planes de los propios países y los aumentos de la capacidad térmica necesarios se han dividido aproximadamente por igual entre las centrales nucleares y las tradicionales.

Características de las centrales consideradas en los planes de expansión

a) Gastos de instalación

Estos gastos se han determinado con ayuda del programa de computadora ORCOST (Véase el Cuadro 3). Las cifras obtenidas en la serie ORCOST-1 se basan en los gastos de instalación de las centrales a mediados de 1971 en los Estados Unidos de América, actualizados a 1 de enero de 1973 aplicando un coeficiente de aumento del 5% anual al costo del equipo y del 15% anual al costo de los materiales. Tales cifras revelan una relación entre los gastos de instalación de las centrales nucleares y los de las centrales alimentadas con petróleo que varía entre 1,4 y 1,8, según el país y la potencia en megavatios. Las cifras obtenidas

² La probabilidad de pérdida de carga se define como el porcentaje (o fracción) de tiempo en que la red no funciona con la carga prevista.

para los gastos de instalación en la serie ORCOST-3 comprenden gastos añadidos que reflejan los fuertes aumentos recientemente registrados en los costos de construcción de las centrales nucleares en los Estados Unidos de América hasta el 1 de enero de 1973, con variaciones de muy poca importancia en los gastos de instalación de las centrales de combustible fósil. De estas cifras se desprende que la citada relación entre los gastos de instalación de las centrales nucleares y los de las centrales alimentadas con petróleo varía entre 1,7 y 2,2, según el país y la potencia en megavattios. En general, los gastos de instalación de las centrales alimentadas con gas son aproximadamente el 10% menores que los de las alimentadas con petróleo, mientras que los gastos de las centrales alimentadas con hulla o lignito son del 12% y del 23% mayores que los de las centrales de petróleo, respectivamente.

b) Gastos de combustible

Los precios (sin ajuste por las subidas anuales) del fuel-oil importado puesto en las centrales varían de 130 a 200 centavos de dólar/10⁶ kcal. Los costos del combustible nuclear son del orden de 50 a 60 centavos de dólar/10⁶ kcal. Los costos de los combustibles nacionales, como gas natural, hulla y lignito, se basan en los datos suministrados por cada país.

c) Otros datos

Otros datos necesarios para la evaluación son la carga mínima de explotación de cada central (en MW), el rendimiento térmico en carga básica y progresiva (en kcal/kWh), la frecuencia de las interrupciones forzadas (en %/año), los días previstos para trabajos de mantenimiento al año, y los gastos de explotación y mantenimiento (en dólares/kW mes).

Cuando un país los facilita, se hace uso de estos datos. De lo contrario, o en ciertos casos especiales, se han utilizado datos estandarizados para la evaluación.

EL MERCADO PREVISTO DE LA ELECTRICIDAD NUCLEAR

El mercado de las centrales nucleares en las condiciones de referencia

En el Cuadro 4 se indica el mercado previsto de las centrales nucleares que entrarán en servicio en cada uno de los países participantes durante el período estudiado, partiendo de la base de los parámetros económicos de referencia. Igualmente se indica, en porcentaje, la fracción del mercado térmico total, por países y durante el período considerado en el estudio, que podría ser atendida por centrales nucleares. Este porcentaje varía entre 0 y 95% con una media general del orden del 70 al 75%. Puede verse que, durante los primeros años del período que abarca el estudio, el porcentaje del aumento total de la capacidad térmica que corresponde a las centrales nucleares es relativamente pequeño; ahora bien, a partir de 1983, la fracción nuclear sobrepasa el 70%.

Uno de los objetivos concretos marcados al estudio del mercado consistía en averiguar el empleo potencial de centrales nucleares con reactores pequeños. Las encuestas realizadas en la industria fabricante de reactores revelaron que no existía prácticamente ningún interés, ni datos aceptables sobre precios, en cuanto a potencias de menos de 400-600 MW. No obstante, se decidió, a efectos de los estudios de evaluación, fijar los costos correspondientes a las potencias de 100, 200, 300 y 400 MW. Ahora bien, los estudios realizados pusieron de manifiesto que una potencia de 100 MW no se justificaba económicamente en ninguno de los países considerados en las condiciones supuestas. La potencia mínima justificable, según estos estudios, era de 200 MW y tan sólo se necesitarían muy pocas unidades de esta capacidad. Sólo empezó a comprobarse la aparición de un mercado apreciable para 300 MW.

CUADRO 4. AUMENTO ANUAL PREVISTO DE LA POTENCIA NUCLEAR INSTALADA, POR PAISES^{a,b}, EN MEGAVATIOS

País	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Aumento nuclear total (MW)	Mercado térmico total (MW)	Porcentaje nuclear mercado total
Argentina ^c	600			600	2X 600		800	800	1000	1000	6000	6800	88,2
Bangladesh-B												1300	0
Bangladesh-A					300	300	300		600	600	600	3850	15,6
Chile				600		600	600	600	2X 600	600	4200	4800	68,6
Egipto		400		400		600	600	600	600	600	4200	4500	87,5
Grecia												1000	93,3
Jamaica-B											300	1550	19,3
Jamaica-A		600	600	600	2X 600	600	2X 600	2X 600	600+	600+	8800	9100	96,7
República de Corea		600	600	600+	800	3X 800	3X 800	1000	2X 800	3X 1000	14800	19600	75,6
México			600	800					1000				
Paquistán							600				600	2000	30,0
Filipinas			600		600		800	800		1000	3800	5400	70,3
Singapur-B												2100	0
Singapur-A							600	600	600	800	2600	4700	55,3
Tailandia					400	400	600	600	600	600	2600	3850	67,5
Turquía-B		1200	2200	4200							1200	3000	40,0
Turquía-A	600	1200	2800	4400	5700	5700	600	600	600+	600	3200	4850	66,0
Yugoslavia-B				600	600	800		800	1000	1000	4800	6000	80,0
Yugoslavia-A			600	800	800	800	2X 800	2X 800	1000	2X 1000	9200	10600	86,8
Total nuclear (B)	600	1200	2200	4200	5500	5700	7900	5800	9000	10100	52200	71200	73,3
Total nuclear (A)	600	1200	2800	4400	5700	5700	10700	7800	10400	12800	62100	83350	74,5
Porcentaje nuclear del total térmico (B)	13,5	26,4	44,0	73,7	75,3	86,4	86,3	78,4	87,3	94,8			
Porcentaje nuclear del total térmico (A)	12,5	24,0	51,9	70,4	68,3	83,2	89,9	83,0	88,9	98,5			

^a En las condiciones de referencia.

^b B denota el mercado basado en la previsión del estudio del mercado (carga baja). A denota el mercado basado en la previsión facilitada por el país (carga alta).

^c El mercado correspondiente a los países no señalados con A o B (una sola previsión de carga) se ha incluido tanto en el total de carga baja como en el de carga alta.

Distribución del mercado según la capacidad de las centrales

En el Cuadro 5 se indica el mercado de las centrales nucleares en las condiciones de referencia y en circunstancias que tiendan a favorecer tanto a las centrales tradicionales como a las centrales nucleares. Como puede verse en dicho cuadro, el mercado de las centrales nucleares pequeñas (de 200 a 400 MW) es muy sensible a la subida de precios del petróleo. Para una subida del 0% en dichos precios, el mercado potencial es nulo desde un volumen de referencia de 3 200-3 500 MW hasta cero. Si la subida es del 4% (empleando las cifras obtenidas para los gastos de instalación en la serie ORCOST-1 se llega prácticamente al mismo resultado) el mercado de las centrales nucleares pequeñas alcanza un volumen de 6 500-7 800 MW.

El mercado de las centrales nucleares medianas (600 MW) estaría sometido a la influencia de la variación de los mismos parámetros. En este caso, el mercado, que en las condiciones de referencia es de 24 600 MW a 27 600 MW, disminuye hasta un nivel mínimo de 10 200-10 800 MW para una subida del 0% en los precios del petróleo. El mercado nuclear máximo se da para un tipo de descuento del 6% y una subida de precios del petróleo del 2%. En este caso, el mercado potencial alcanza un volumen de 24 600-31 200 MW.

El mercado potencial de las centrales nucleares grandes (800-1 000 MW), a diferencia de lo que ocurre con las centrales nucleares pequeñas, es relativamente insensible a la variación de los parámetros económicos aplicados. La razón estriba en que, cuando las redes eléctricas son lo bastante grandes para admitir unidades de esta magnitud, las centrales nucleares conquistan prácticamente todo el mercado, incluso en condiciones que tiendan a favorecer a las centrales tradicionales. Por tanto, si estas condiciones varían y se hacen más favorables a las centrales nucleares, no aumenta el mercado de estas últimas.

Se han efectuado también estudios en el caso de varios países para evaluar el efecto que puede ejercer la variación de otros parámetros. Se ha observado que si se recargan los gastos calculados en divisas aplicando un tipo de cambio convencional del 1,1 al 1,3 no se produce prácticamente efecto alguno sobre el mercado nuclear. Ello se debe a que los gastos más elevados de inversión en divisas en el caso de las centrales nucleares quedan compensados por el costo real más alto del petróleo importado para las centrales térmicas que queman este combustible. Si se usa un fondo de amortización en lugar del método de amortización lineal, el mercado nuclear aumenta en un 4% aproximadamente, mientras que si se aplica a la subida de precios de los combustibles nucleares una tasa del 2% anual se reduce el mercado en un 8% poco más o menos.

FINANCIACION

Cálculo del volumen monetario (cash-flow) anual

A fin de determinar el capital nacional y extranjero necesario año por año para los planes de expansión en las condiciones de referencia, se han calculado, utilizando un programa especial de computadora, los gastos anuales en moneda nacional y extranjera inherentes a cada central. Se ha supuesto que las centrales entran en servicio el 1 de enero de cada año y que los respectivos gastos de instalación alcanzaban el 100% de su valor al finalizar el año precedente.

El capital necesario para todos los programas de expansión con centrales térmicas sólo comprende los gastos de instalación correspondientes a las centrales térmicas añadidas a la red durante el período estudiado, más el capital de explotación relacionado con el ciclo del

CUADRO 5. MERCADO POTENCIAL DE LAS CENTRALES NUCLEARES (EN MW)

Magnitud de las centrales	Mercado en las condiciones de referencia ^a		Condiciones de mercado nuclear mínimo ^b		Condiciones de mercado nuclear máximo	
	Previsión baja	Previsión alta	Previsión baja	Previsión alta	Previsión baja	Previsión alta
Pequeñas (200-400 MW)	--	--	Ninguno	Ninguno	2X 200	2X 200
	4X 300	5X 300 ^c			11X 300	10X 300
	5X 400	5X 400			7X 400	11X 400
Subtotal	3 200	3 500	Ninguno	Ninguno	6 500 ^c	7 800 ^c
Medianas (600 MW)	41X 600	46X 600	18X 600	17X 600	44X 600	52X 600
Subtotal	24 600	27 600	10 800	10 200	26 400 ^d	31 200 ^d
Grandes (800-1000 MW)	18X 800	25X 800	17X 800	23X 800	18X 800	25X 800
	10X 1000	11X 1000	10X 1000	11X 1000	10X 1000	11X 1000
Subtotal	24 400	31 000	23 600	29 400	24 400 ^e	31 000 ^e
Totales	52 200	62 100	34 400	39 600	57 300	70 000

Parámetros	Tipo de descuento	Coeficiente de subida de precios del petróleo	
a	8	y	2
b	8	y	0
c	8	y	4
d	6	y	2
e	6, 8, 10	y	2,4 (todas las combinaciones)

combustible nuclear. Se ha observado que, basándose en la previsión de carga baja, el capital necesario nacional ascenderá a 8 251 millones de dólares de los Estados Unidos, mientras que el capital necesario extranjero alcanzará 12 405 millones. Cuando la previsión es de carga alta, las cantidades correspondientes son 9 292 y 15 157 millones de dólares de los Estados Unidos respectivamente. Como ya se ha indicado, las cifras se refieren sólo a las centrales puestas en servicio durante el período 1980-1989.

Las cifras relativas al capital necesario para atender al ciclo del combustible nuclear se han calculado por separado ya que las disposiciones que se tomen para hacer frente a este tipo de gastos pueden diferir de las que se adopten en relación con la construcción de la central. Las inversiones relacionadas con el combustible nuclear ascienden a 1 262 millones de dólares de los Estados Unidos en el caso de la previsión baja y a 1 548 millones en el de la previsión alta. Estas inversiones serán de procedencia extranjera prácticamente en su totalidad.