

# Generación de electricidad, energía nucleoelectrica y mercados de petróleo en el mundo

*Los analistas en materia de energía comunican que desde 1973 la energía nuclear ha suministrado aproximadamente la tercera parte de toda la electricidad generada en el mundo*

*Durante los últimos quince años la producción y el empleo de energía en el mundo se han caracterizado por cambios sorprendentes. Entre ellos los más importantes han sido las enormes fluctuaciones de precios, la politización de los precios y suministros mundiales del petróleo, así como las profundas transformaciones registradas en las modalidades de producción y consumo.*

*En el presente informe, que se basa en un estudio realizado por analistas en materia de energía de Science Concepts, Inc., de los Estados Unidos, se examinan los cambios que se han producido en el suministro energético mundial desde el período 1973-1974, época en que se hizo sentir el primer "impacto de los precios" del petróleo, y al hacerlo se extraen importantes lecciones para el futuro. El estudio se centró particularmente en el papel que ha desempeñado el sector de la energía eléctrica, ya que el aumento en el uso de combustibles registrados en esta esfera se ha logrado sin recurrir al petróleo y, en cambio, ha influido directamente en la sustitución del petróleo.*

*Antes de 1973, el mundo dependía cada vez más del petróleo para muchas aplicaciones de la energía, incluida la producción de electricidad. En 1973, más de la cuarta parte de la electricidad producida en el mundo se obtenía del petróleo. Sin embargo, en 1987, pese al considerable aumento de la demanda de electricidad, el petróleo sólo generó menos del 10% de la electricidad. La energía nucleoelectrica desempeñó un papel vital en ese cambio. Los analistas de Science Concepts se percataron de que en el período comprendido entre 1973 y 1987 la energía nucleoelectrica había evitado que se consumieran 11 700 millones de barriles de petróleo en el mundo y que se efectuaran compras de petróleo por un valor de 323 000 millones de dólares.*

**L**a creciente importancia de la electricidad se evidencia en el hecho de que en 1987 el 28% de la energía primaria del mundo se dedicaba a la producción de electricidad, en comparación con el 24% en 1973.

Aunque desde 1973 la utilización de la electricidad en el mundo ha aumentado en un 56%, el empleo de energía no eléctrica se ha incrementado mucho más lentamente hasta alcanzar el 24%; en los países industrializados el empleo de energía no eléctrica ha disminuido en un 9%, mientras que el de electricidad ha aumentado en un 50%. El aumento de la utilización de electricidad ha cambiado considerablemente las modalidades de empleo de energía en el mundo. Desde 1979, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) ha perdido 12 millones de barriles diarios en los mercados de petróleo, pese a que el empleo de energía en el mundo ha aumentado en una cantidad equivalente a 16 millones de barriles de petróleo diarios\*. La OPEP, además de perder un porcentaje de su participación en los mercados existentes, no pudo introducirse en los nuevos mercados de la energía que surgieron como resultado del crecimiento económico. Claro está que, además del petróleo de la OPEP, otras fuentes de energía han contribuido al crecimiento económico y desplazado al petróleo.

Entre 1973 y 1987, el empleo de la energía aumentó en 39% a escala mundial. En 1987 el mundo consumía 38 millones de barriles diarios más de energía de petróleo equivalente que en 1973. Los incrementos anuales en el empleo de energía cesaron sólo por un corto tiempo a causa del alza del precio del petróleo ocurrida entre 1973 y 1974 y en 1979. A partir de 1983, el empleo de energía en el mundo ha venido creciendo a un ritmo anual del 3%\*\*. Ese incremento anual del 3% representa la energía adicional que es preciso producir y distribuir cada año: el aumento registrado solamente en 1987 representa una demanda adicional de energía equivalente a 4 millones de barriles de petróleo por día.

Simultáneamente con el aumento del empleo de energía en el mundo, las ventas de petróleo de la OPEP han disminuido en 12 millones de barriles diarios, lo que equivale casi al 40% del nivel máximo de producción de

---

\* BP Statistical Review of World Energy (junio de 1988).

\*\* En 1982, la utilización de electricidad en el área con economía de planificación centralizada (MEAC) fue de 5625 billones de kilovatios-hora, y en 1987 fue de 6778 billones de kilovatios-hora; el aumento de la tasa anual de crecimiento compuesto fue del 3,8%.

---

El presente informe se basa en un estudio realizado por Science Concepts, Inc. para el US Council for Energy Awareness, organización no gubernamental que radica en Washington, D.C. Los ejemplares del estudio completo pueden obtenerse en USCEA, 1776 Eye St. NW, Suite 400, Washington, DC 20006, Estados Unidos de América.

la OPEP en 1979. Es precisamente esta pérdida de los mercados de petróleo lo que ha transformado por completo los aspectos económicos de la producción de energía al nivel mundial. En 1979, la OPEP controlaba los mercados de petróleo del mundo; los precios del petróleo aumentaban, lo que hacía que el precio de los demás tipos de energía ascendiera también, y la inflación en muchas partes del mundo industrializado alcanzaba los altos niveles de la posguerra. Desde entonces, la OPEP ha perdido gran parte de su capacidad para controlar los precios y dominar el mercado del petróleo. Los precios de la energía se encuentran en el nivel más bajo registrado en muchos años y en el mundo industrializado no se ha producido ninguna inflación de precios inducida por la energía. Este cambio se explica por el enorme aumento en el uso de otros combustibles que han satisfecho la creciente demanda mundial de energía y que, al mismo tiempo, han desplazado al petróleo de la OPEP.

Yendo más allá de lo que indican las cifras, empero, se aprecia la importancia del sector eléctrico. Para producir electricidad se utiliza principalmente carbón, cantidades significativas de gas natural y toda energía nucleoelectrica e hidráulica. Estas dos últimas fuentes empleadas para producir electricidad suelen tener pocas repercusiones ambientales, son por lo general recursos autóctonos y seguros, y tienen grandes posibilidades de expansión. El resto del suministro de la energía generada en años recientes se vio afectado por el aumento de la producción de petróleo de los países no miembros de la OPEP, y que ahora está declinando (por ejemplo, en el Mar del Norte y Alaska).

Desde 1973 la energía nucleoelectrica ha suministrado el 31% de toda la electricidad generada en el mundo.

### Electricidad y crecimiento

Dado el importante papel que desempeñan los combustibles utilizados en el sector eléctrico, no sorprende el hecho de que desde 1973 el uso de electricidad en el mundo haya aumentado en más del 50%, cifra equivalente a la producción de 345 centrales energéticas de 1000 megavatios\*. Entretanto, la energía no eléctrica (o el empleo directo de la energía) ha aumentado en sólo 24%.

En el mundo industrializado, la tendencia a la electrificación es aún más marcada. En los 24 países miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), el uso directo de la energía de hecho ha disminuido en 9% desde 1973. Este es un logro notable: se ha conseguido aumentar el rendimiento económico en 50% utilizando directamente menos energía que hace 15 años. Este aumento del rendimiento energético puede atribuirse, en parte, a la aplicación de energía eléctrica a procesos en que anteriormente se utilizaban combustibles en forma directa. También

puede atribuirse al hecho de que los nuevos procesos eléctricos son mucho más eficaces que sus predecesores que utilizaban combustible\*. El aumento del uso de la electricidad y la disminución del consumo de energía no eléctrica en el mercado es un hecho manifiesto en los países industrializados.

Esta tendencia al aumento del uso de la electricidad pone de manifiesto también algunas diferencias importantes entre el mundo occidental industrializado y los países de Europa oriental, así como entre el Occidente industrializado y las regiones en desarrollo del mundo. La tendencia indica que a medida que Europa oriental y los países del Tercer Mundo sigan desarrollándose, es lógico suponer que la demanda de electricidad se comporte igual que en el mundo occidental en el sentido de que marchará al mismo ritmo del crecimiento económico y rebasará el nivel de crecimiento de otras formas de energía.

Otra cuestión que se debe tener en cuenta al examinar esta importante tendencia es la cantidad de combustible o electricidad requerida por unidad de rendimiento económico. Sin lugar a dudas, el mejoramiento del rendimiento energético del mundo industrializado se ha logrado abandonando el uso directo de la energía y aumentando al mismo tiempo el uso de la electricidad.

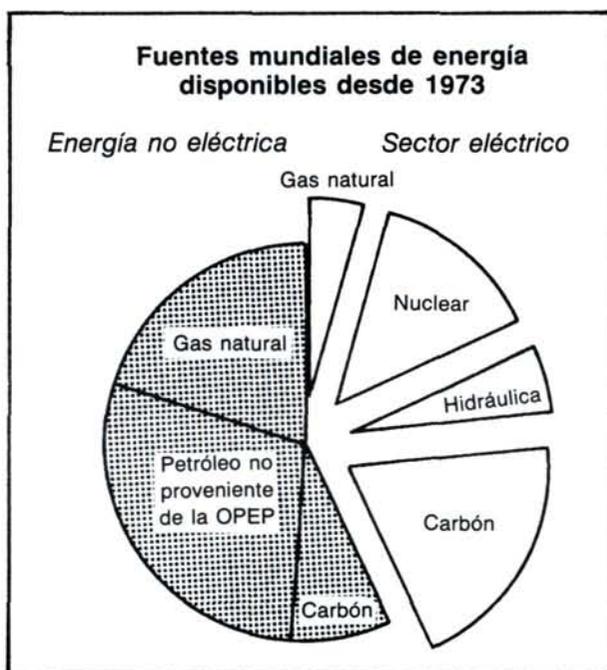
Esta tendencia tiene importantes repercusiones económicas y ambientales:

- Se podrá seguir mejorando el rendimiento energético total si el crecimiento eléctrico y económico continúan marchando a la par.

- El aumento del uso de la electricidad y la disminución del empleo de combustibles de combustión en el mercado mejorarán la calidad de la atmósfera.

- Habida cuenta de que la electricidad puede producirse a partir de muchos combustibles diferentes, los países podrán optar por las fuentes de generación que a

\* *Heating Homes: A Comparison of the Energy Efficiency and Economic Competitiveness of Natural Gas and Electricity*, Calvin C. Burwell (enero de 1988).



\* En los países de la OCDE la producción aumentó en unos 2,12 billones de kilovatios-hora. Una central de 1000 megavatios funcionando al 70% de su capacidad produce 6100 millones de kilovatios-hora anuales. La energía nucleoelectrica e hidráulica han producido prácticamente toda la energía consumida en años recientes y han sustituido la energía proveniente de combustibles fósiles.

la larga sean más baratas, más fiables y más seguras desde el punto de vista ambiental.

Los países que han disminuido el consumo de energía no eléctrica presentan también un elevado crecimiento en el uso de la electricidad. Al electrificarse, han importado menos combustibles fósiles, en tanto que han alentado el crecimiento económico y reducido al mínimo las consecuencias ambientales. Además, no es una coincidencia que estos mismos países hayan utilizado en gran medida la energía nucleoelectrónica, ni que la utilización del petróleo importado para producir electricidad haya disminuido a medida que ha aumentado el empleo de la energía nucleoelectrónica.

### Análisis por países

*A continuación figuran algunos aspectos derivados de los análisis por países realizados por Science Concepts respecto del período comprendido entre 1973 y 1987:*

**BELGICA:** En 1987 la generación de energía nucleoelectrónica ahorró unos 200 000 barriles de petróleo diarios y 88 000 millones de pies cúbicos de gas natural. El empleo de petróleo para generar electricidad se ha reducido prácticamente a cero.

**CANADA:** Se calcula que de no utilizar la energía nucleoelectrónica, el Canadá habría consumido 73 millones de barriles de petróleo adicionales anualmente. La energía nucleoelectrónica ha sustituido también la generación de energía a base de gas; se estima que el volumen de gas natural ahorrado desde 1973 asciende a más de 800 000 millones de pies cúbicos.

**REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA:** En 1987, la energía nucleoelectrónica ahorró un estimado de 16 millones de toneladas cortas de carbón, que representan cerca del 55% de la energía eléctrica total generada, en comparación con el porcentaje de la energía nucleoelectrónica, que es de 30% aproximadamente. En el presente, la electricidad generada a base de gas representa sólo un 6% de la generación de energía, en comparación con casi el 20% en 1979. La utilización de petróleo para la generación de electricidad disminuyó de unos 200 000 barriles diarios en 1973 a sólo 28 000 barriles diarios en 1987.

**FINLANDIA:** La energía nucleoelectrónica ha permitido aumentar la utilización de electricidad en casi el 70%, mientras que el consumo de petróleo para la generación de electricidad ha disminuido en 60%.

**FRANCIA:** Al generar ahora más del 70% de su energía eléctrica con centrales nucleares, se calcula que Francia ha dejado de importar más de 2200 millones de barriles de petróleo desde 1973. Francia por sí sola da cuenta de casi la cuarta parte del petróleo sustituido por la energía nucleoelectrónica en el mundo.

**ITALIA:** En 1987 las tres centrales nucleares del país produjeron el 4% de toda la electricidad, y evitaron la importación de 37 000 barriles de petróleo diarios.

**JAPON:** En 1987 el Japón consumió 23% menos petróleo que en 1973. Un elemento importante es que la capacidad de generación que dependía en gran medida del petróleo (73% de toda la electricidad generada en 1973, 26% en 1987) pasó a depender cada vez más de la energía nucleoelectrónica y del gas natural.

**PAISES BAJOS:** Las centrales nucleares del país permitieron ahorrar 1000 barriles de petróleo diarios y 38 000 millones de pies cúbicos de gas natural anuales.

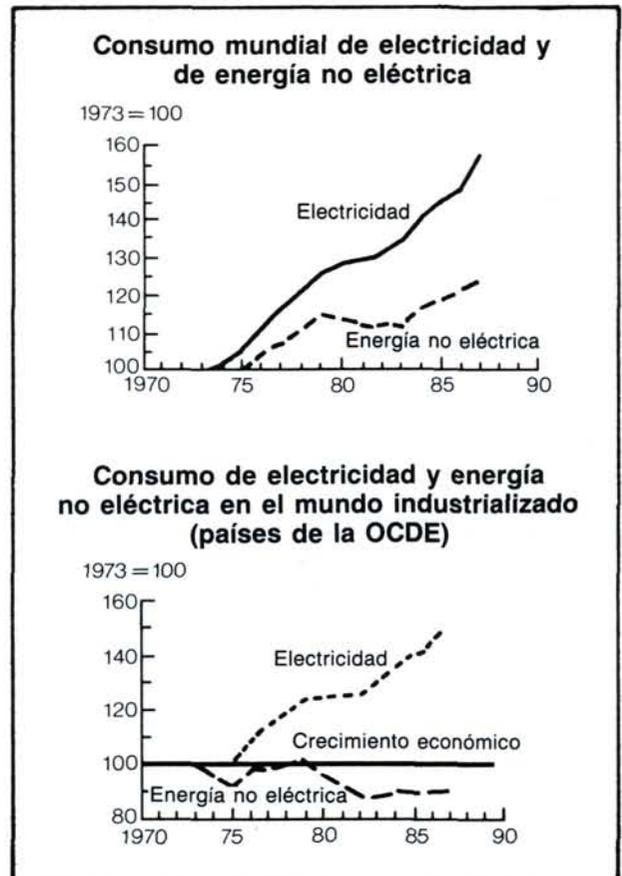
**ESPAÑA:** La generación de energía nucleoelectrónica en España se ha triplicado desde 1983 y, prácticamente, toda su capacidad nuclear ha desplazado al petróleo.

**SUECIA:** En 1987, las 12 centrales nucleares del país —que generaban cerca de la mitad de toda la electricidad— ahorraron unos 300 000 barriles de petróleo diarios; desde 1973 en el país se han ahorrado más de 700 millones de barriles de petróleo. La generación a base de petróleo, que en 1973 representaba el 20% de la producción total, disminuyó bruscamente a menos del 2% en 1987.

**SUIZA:** La energía nucleoelectrónica —con la que se produce más del 40% de la electricidad del país— permite ahorrar más de 120 000 barriles de petróleo diarios y reducir el consumo de petróleo para la generación de electricidad a menos de 1000 barriles diarios.

**REINO UNIDO:** En 1987 más del 20% de la electricidad generada en el país se produjo con energía nucleoelectrónica, lo que equivalió a un ahorro de casi 80 000 barriles de petróleo diarios y unos 70 000 millones de pies cúbicos de gas natural. Se calcula que el petróleo ahorrado por la energía nucleoelectrónica desde 1973 representa cerca del 4% de las exportaciones del país y que los ingresos devengados ascienden a 500 millones de dólares anuales.

**ESTADOS UNIDOS:** Los Estados Unidos como principales productores de energía nucleoelectrónica del mundo, representaron un 30% de la producción mundial de electricidad de origen nuclear en 1987. Ese año, la energía



## Informe especial

### Combustible sustituido por la energía nucleoelectrica: Reseña histórica

#### A ESCALA MUNDIAL

	No consumido, 1987	Valor	No consumido, 1973-87	Valor
Petróleo	5 millones de barriles diarios	32 000 millones dólares (EE UU)	11 700 millones de barriles	323 000 millones dólares (EE UU)
Gas	3 billones cúbicos	9000 millones dólares (EE UU)	15 billones de pies cúbicos	96 000 millones dólares (EE UU)
Carbón	185 millones de toneladas	9300 millones dólares (EE UU)	1500 millones de toneladas	75 000 millones dólares (EE UU)

#### A ESCALA REGIONAL

América del Norte		Europa occidental		
Combustible no consumido		Combustible no consumido		
	1987	1973 a 1987		
Petróleo	1 millón de barriles diarios	4000 millones de barriles	Petróleo 2200 millones de barriles diarios	4700 millones de barriles
Gas	1,28 billones de pies cúbicos	3,2 billones de pies cúbicos	Gas 817 000 millones de pies cúbicos	5,3 billones de pies cúbicos
Carbón	97 millones de toneladas	750 millones de toneladas	Carbón 26 millones de toneladas	273 millones de toneladas
URSS y Europa oriental		Otros regiones		
Combustible no consumido		Combustible no consumido		
	1987	1973 a 1987		
Petróleo	400 000 barriles por diarios	1000 millones de barriles	Petróleo 1,3 millones de barriles diarios	2000 millones de barriles
Gas	995 000 millones de pies cúbicos	4.4 billones de pies cúbicos	Gas 11 000 millones de pies cúbicos	2.1 billones de pies cúbicos
Carbón	18 millones de toneladas	212 millones de toneladas	Carbón 44 millones de toneladas	265 millones de toneladas

#### PAISES SELECCIONADOS

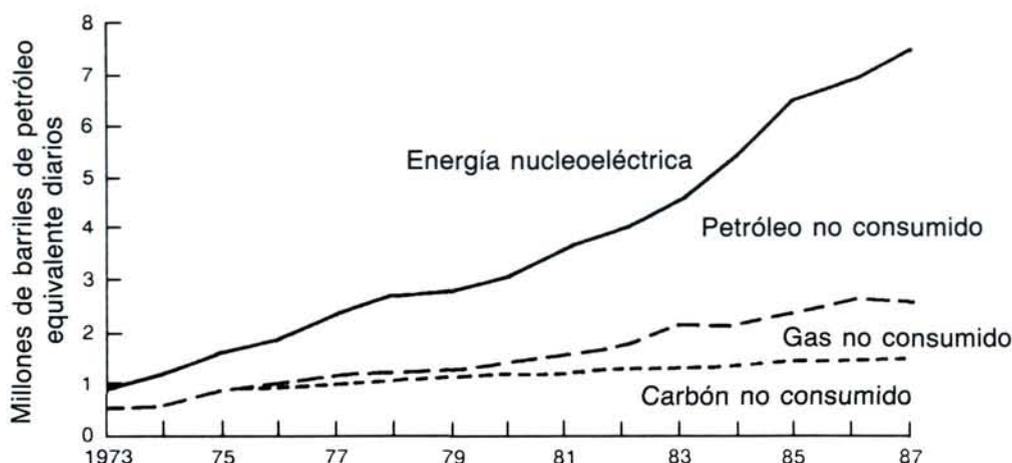
Estados Unidos		Francia		
Combustible no consumido		Combustible no consumido		
	1987	1973 a 1987		
Petróleo	800 000 barriles diarios	3500 millones de barriles	Petróleo 1 millón de barriles diarios	2200 millones de barriles
Gas	1,2 billones de pies cúbicos	3,9 billones de pies cúbicos	Gas 91 000 millones de pies cúbicos	0,7 billones de pies cúbicos
Carbón	90 millones de toneladas	800 millones de toneladas	Carbón 2 millones de toneladas	12 millones de toneladas
Japón		República Federal de Alemania		
Combustible no consumido		Combustible no consumido		
	1987	1973 a 1987		
Petróleo	800 000 barriles diarios	2000 millones de barriles	Petróleo 200 000 barriles diarios	300 000 millones de barriles
Gas			Gas 484 000 millones de pies cúbicos	2,6 billones de pies cúbicos
Carbón			Carbón 14 millones de toneladas	160 millones de toneladas

#### Petróleo no consumido y compras de petróleo no efectuadas gracias al uso de la energía nucleoelectrica, 1973 a 1987

	Petróleo no consumido	Compras no efectuadas		Petróleo no consumido	Compras no efectuadas
América del Norte	4000 millones de barriles	114 000 millones dólares (EE UU)	URSS	1000 millones de barriles	36 000 millones dólares (EE UU)
Europa occidental	4,7 millones de barriles	150 000 millones dólares (EE UU)	Otras regiones	2000 millones de barriles	23 000 millones dólares (EE UU)
<b>Mundo</b>				11 700 millones de barriles	323 000 millones dólares (EE UU)

Notas: mil millones =  $10^9$ ; billón =  $10^{12}$ ; un pie cúbico = 0,028 metros cúbicos. Todos los valores se expresan en dólares (EE UU) de 1987.

## Combustibles sustituidos por la energía nucleoelectrica: Panorama mundial, 1973 a 1987



nucleoelectrica ahorró al país 260 millones de barriles de petróleo, 1,2 billones de pies cúbicos de gas natural y 90 millones de toneladas de carbón.

**OTROS (URSS y Europa oriental):** En el período 1973-1987, las centrales nucleares de Bulgaria, Checoslovaquia, Hungría, la República Democrática Alemana, Yugoslavia y la URSS ahorraron alrededor de 1000 millones de barriles de petróleo, más de 4 billones de pies cúbicos de gas natural y 212 millones de toneladas de carbón.

### Análisis del combustible ahorrado por la energía nucleoelectrica

Analistas de Science Concepts realizaron un análisis detallado, por año y por país sobre la base de un modelo computarizado del suministro de electricidad en el mundo. Los resultados revelaron que, acumulativamente, desde 1973 la energía nucleoelectrica ha ahorrado 11 700 millones de barriles de petróleo, más de 15 billones de pies cúbicos de gas natural y más de 1500 millones de toneladas de carbón.

El modelo computarizado permitió hacer una estimación por país de los combustibles ahorrados, analizando la capacidad de generación de electricidad existente cada año, la cantidad de energía nucleoelectrica incrementada y los cambios en la disponibilidad de otros combustibles. Las cifras relativas al ahorro de combustible responden la pregunta: ¿qué se habría utilizado de no disponerse de energía nucleoelectrica?

El procedimiento para elaborar el modelo computarizado entrañaba el estudio del panorama energético de cada país por año, suponiendo en cada caso que la electricidad generada por centrales nucleares hubiera sido, en su lugar, generada por otras centrales energéticas existentes. Para hacerlo, se atribuyó gran prioridad a la energía generada a base de carbón, ya que por lo general éste tiene preferencia en los países donde se utiliza, ya por su bajo costo (América del Norte), ya

porque la producción de carbón es la industria nacional favorecida (Reino Unido, República Federal de Alemania). Se dio por sentado que la capacidad de generación a base de carbón se había utilizado al máximo. Ello se logró suponiendo que todas las centrales alimentadas con carbón habían funcionado a la capacidad máxima registrada y que todas las centrales de ese tipo, que se habían proyectado pero no construido, se habían edificado realmente según las condiciones del estudio. También se dio por sentado un factor para aumentar los suministros de carbón de cada país en la cantidad máxima probable por año.

Luego de utilizar al máximo las posibilidades del carbón, el siguiente combustible elegido fue el gas natural. Su uso se aumentó al máximo nivel factible mediante procedimientos análogos. La utilización de gas natural para la generación de electricidad disminuyó en todos los países incluidos en este estudio con excepción del Japón. Se dio por sentado que sin electricidad de origen nuclear no habría ocurrido esta disminución en el consumo de gas natural para la generación de electricidad. Se introdujeron nuevas modificaciones en el modelo de manera que los niveles máximos de consumo de gas natural destinados a tal fin se empleasen para la generación continua de electricidad. Se supuso que la diferencia existente entre el empleo de este "nivel máximo continuo" de gas natural durante todos los años del período de 1973 a 1987 y la cantidad de gas natural utilizado, sería la cantidad de gas natural ahorrado por la generación nuclear para ese año.

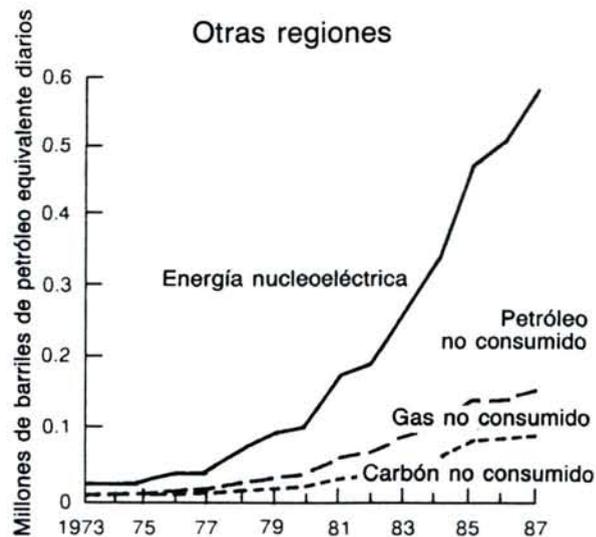
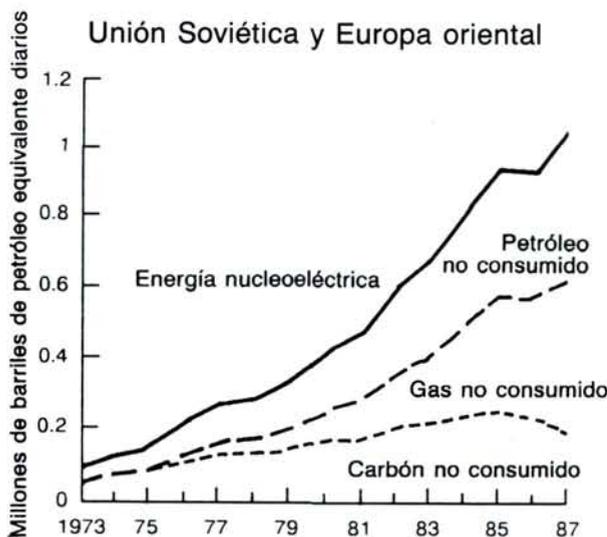
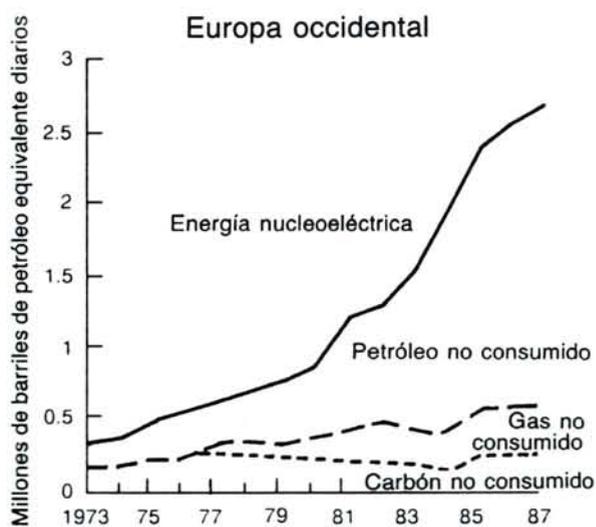
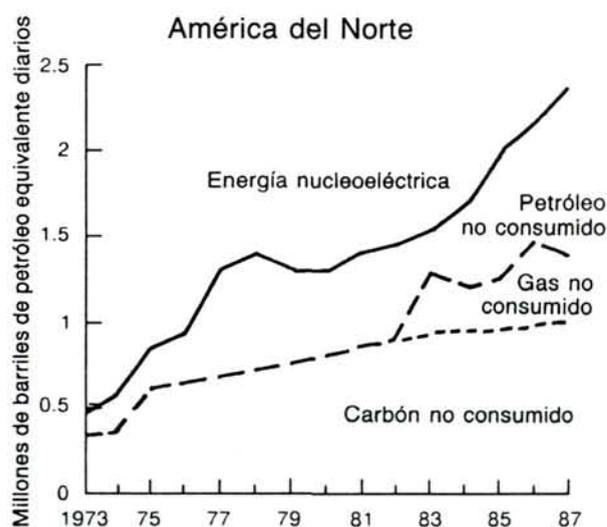
En resumen, en el modelo se utilizó el petróleo como combustible de último recurso para producir electricidad. Esta hipótesis refleja, en efecto, la práctica seguida en la mayoría de los países. Se dio por sentado que sólo se importaría petróleo para generar electricidad si la cantidad requerida superara la cantidad que se hubiera podido producir nacionalmente.

Como resultado de lo anterior, se obtuvo una recopilación por años de las estimaciones de los combustibles ahorrados con la energía nucleoelectrica.

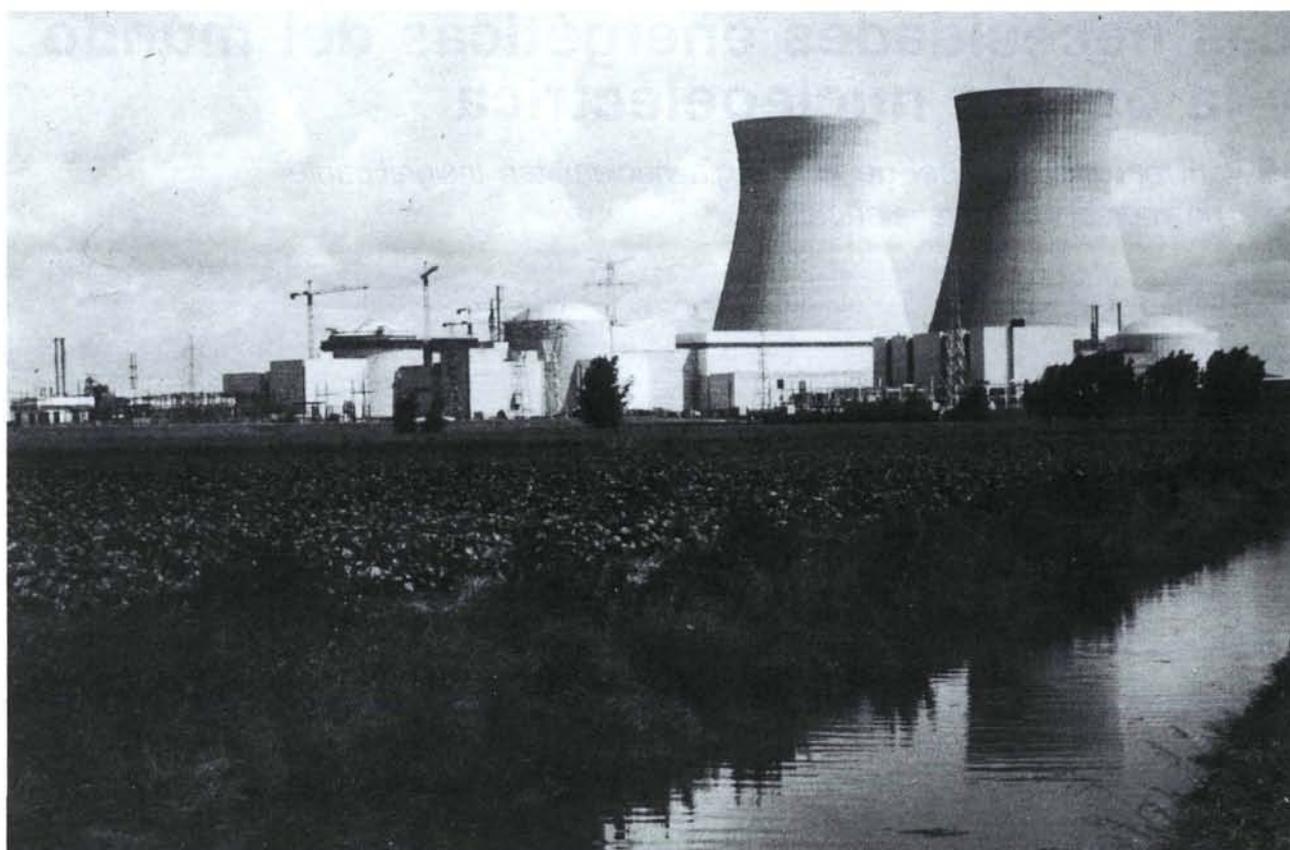
Como se trata de estimaciones de lo que hubiera podido ocurrir sin energía nucleoelectrica, debe considerarse como tales y no como cifras exactas. Sin embargo, dado que se basan en la capacidad existente, en la planifica-

ción de la capacidad y en los antecedentes del empleo de combustibles en cada país por separado, los analistas de Science Concepts los consideran estimaciones precisas del ahorro de combustible.

**Combustibles sustituidos por la energía nucleoelectrica: Panorama regional**



Acumulativamente, entre 1973 y 1987, las centrales nucleares han sustituido el uso de combustibles fósiles por un valor aproximado de 500 000 millones de dólares, según estimaciones de analistas de los Estados Unidos de América



Central nuclear de Doel en Bélgica, donde más del 60% de toda la electricidad es generada por centrales nucleares

Combustibles sustituidos por la energía nucleoelectrónica en 1987

	Generación nuclear neta (miles de millones de kilovatios-hora)	Combustible no consumido (millones de barriles)	Carbón no consumido (millones de toneladas)	Gas natural no consumido (miles de millones de pies cúbicos)	Compras no realizadas a la OPEP (miles de millones de dólares de los Estados Unidos de 1987)
Estados Unidos	455,0	294	90	1200	5,2
Francia	251,3	387	2	91	6,8
Japón	188,5	291	0	0	5,1
República Federal de Alemania	123,2	69	14	484	1,2
Canadá	72,9	73	7	80	0,0
Suecia	69,4	102	0	0	1,8
Reino Unido	48,9	50	6	73	0,9
Bélgica	39,6	49	0	99	0,0
España	39,5	57	0	39	1,0
Suiza	21,7	46	0	0	0,8
Finlandia	18,5	12	4	0	0,2
Países Bajos	3,4	0	0	31	0,0
Italia	0,1	13	0	0	0,2
<b>TOTAL</b>	<b>1332,0</b>	<b>1443</b>	<b>163</b>	<b>2097</b>	<b>23,2</b>
Europa oriental	244,1	160	18	995	0,0
Otros	84,7	187	44	11	7,5
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>1660,8</b>	<b>1790</b>	<b>185</b>	<b>3103</b>	<b>30,7</b>

Notas: En "Europa Oriental", los analistas de Science Concepts incluyeron a la URSS, Checoslovaquia, Bulgaria, la República Federal de Alemania, Hungría y Yugoslavia. En "otros", los analistas incluyeron a Argentina, Brasil, India, Pakistán, República Democrática de Corea, Sudafrica y Taiwán, China. La generación nuclear neta se tomó del *World Industry Handbook 1989*. Mil millones =  $10^9$ ; un pie cúbico = 0,028 metros cúbicos.