

PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL UN DESAFIO PARA LA INGENIERIA

Jorge G. Karacsonyi

RESUMEN

La energía es el motor del crecimiento, un requerimiento esencial para el desarrollo económico y social, siendo esencial su rol para asegurar un adecuado nivel de calidad de vida. Durante los últimos veinte años la demanda de productos energéticos ha crecido a un 3% anual, con una participación de los combustibles fósiles que se ha mantenido en el orden del 85%. Esta tendencia, tanto de crecimiento como de uso de energéticos no tiene perspectiva de cambiar en los próximos 20 años.

Por lo tanto corresponde preguntarse en que medida podrá esta demanda ser abastecida, en calidad, precio y respetando los paradigmas ambientales vigentes.

Un análisis de la situación mundial muestra la existencia de suficientes reservas de combustibles fósiles para atender la demanda prevista, y otras tantas para dar tiempo a un eventual cambio si las reservas no aumentan al mismo ritmo del consumo.

No obstante, una parte muy importante de las reservas de gas y petróleo se encuentran en regiones con cierto grado de inestabilidad política y social, y gran parte de los países propietarios de las reservas se han mostrado propensos a cartelizarse. Esta situación crea incertidumbre sobre el precio al que pueden obtenerse estos energéticos. De hecho el fuerte aumento del precio del petróleo desde el año 1999 está en gran medida vinculado a las prácticas oligopólicas de la OPEP.

El panorama para el carbón es distinto, pues por un lado las mayores reservas se encuentran en países desarrollados, con estabilidad política y social. Pero por otro lado, con la tecnología disponible, el carbón sólo tiene un uso masivo para producción de energía eléctrica, en algunos casos combinados con calor. Pero no tiene flexibilidad para su uso en otras actividades, sobre todo el transporte.

Los acuerdos del Protocolo de Kyoto por su parte ponen gran presión sobre los combustibles fósiles, sobre todo el carbón. De prolongarse este acuerdo, el costo de la energía deberá subir marcadamente, pero además se produciría un gran impacto sobre el carbón, que es el combustible que produce las mayores emisiones de CO₂.

Las energías renovables, aún en los escenarios más optimistas no pueden sino marginalmente reemplazar a los combustibles fósiles, tanto por disponibilidad, costo y limitaciones técnicas.

Existen también dificultades para otras fuentes energéticas primarias. La energía nuclear sufre un fuerte rechazo de organizaciones ambientalistas, pero también de la población. La energía hidroeléctrica ha sido totalmente aprovechada en los países desarrollados, mientras que los países con recursos disponibles encuentran serias dificultades para financiar sus proyectos.

Por lo tanto las soluciones para el mediano plazo podrían surgir de una combinación del mayor uso de recursos renovables y tecnologías que permitan un mayor uso del carbón, como por ejemplo su gasificación; mejora en la tecnología de extracción de petróleo, alcanzando mayor uso de los yacimientos; combinadas con tecnologías que limiten las emisiones originadas en estos combustibles, como las llamadas de "secuestro de CO₂". Estas tecnologías han alcanzado un grado de desarrollo que las constituyen en una realidad utilizable a corto plazo. Otras que requieren todavía investigación podrán en el largo plazo tomar una posición en la cadena de abastecimiento energético.

En resumen, no existe una crisis energética, pero si continuos desequilibrios que requieren de soluciones dinámicas. La tecnología puede tener un papel relevante en la solución de la problemática actual.

WORLD ENERGY SITUATION

Jorge G. Karacsonyi

Abstract

Energy is one of the main drivers of economical and social growth, and an essential product to achieve and maintain a suited level of life quality. During the last 30 years the energy demand grew at a rate of 3%, with a participation of fossil fuel stable of around 85%. There are not perspectives that these trends, demand grew and use of fossils may change in the next 20 years. Therefore it is essential to wonder in what extent this demand can be supplied in quantity, price, and respecting the effective environmental paradigms.

An analysis of the present world situation shows the existence of enough reserves of fossil fuels not only for fulfilling the expected demand during the next 20 years, but also to give time to an eventual technological change if the reserves do not increase to the same pace than the consumption. However, a very important part of the reserves of gas and petroleum are in regions with certain degree of political and social uncertainty, and many of the countries that own the reserves have shown to be prone to cartelize. This situation creates uncertainty on the price to which the energy will be obtained. In fact the strong increase on the price of the petroleum since the year 1999 is in great extent linked to the OPEC oligopolic behaviour.

In the case of the coal the situation is different. On one hand the biggest reserves are located in developed countries, with political and social stability. But on the other hand, with the available technology, the coal has only a massive use for electric power production, and in some cases combined with heat. However, it does not have flexibility for its use in other activities like transportation.

In addition, the agreements of the Kyoto Protocol put great pressure on the fossil fuels, especially in the coal. If this agreement is extended, the cost of the energy will ascend markedly, and a great impact would also take place on the coal, that is the fuel that produces the biggest emissions in CO₂.

Renewable energies, even in the most optimistic scenarios are not able to replace the fossil fuels, so much for readiness, cost and technical limitations. Although a dramatic growth on the use renewable energies is expected in the next years, it will substitute only marginally the fossil fuels.

There are also difficulties for the development of other primary energy sources. The nuclear energy suffers a strong rejection of environmentalists' organizations, and also from the population. The hydroelectric energy has been almost completely developed in the countries with rich economies, while the countries with available hydroelectric resources face serious difficulties to finance their projects.

Therefore the solutions for the medium term could arise from a combination of the extended use of renewable resources with technologies that allow a higher use of coal, (for instance through gasification), an improvement in petroleum extraction, and a limitation on the emissions originated in these fuels, like the so called "carbon sequestration". These technologies have already reached a level of development and may constitute a short-term usable solution. Others promissory technologies require further research and they would be able to take a relevant role in the supply chain only in the long term.

To summarize, the current situation does not necessarily hold an energy crisis, but there are problems and imbalances that require dynamic solutions. New technologies may provide an answer for such problems.

1. INTRODUCCIÓN

Se presenta en este informe una síntesis del panorama energético mundial, tratándose de identificar las tendencias a mediano y largo plazo, así como los principales problemas que enfrenta el abastecimiento de una demanda continuamente creciente. La estrecha relación entre calidad de vida y disponibilidad de energía a precios accesibles hace inevitable la resolución de los problemas y conflictos asociados al abastecimiento energético. Dentro de la solución de los problemas que afectan el abastecimiento juega un papel relevante la tecnología, que puede dar respuesta a la mayor parte de las dificultades que han surgido en los últimos años.

En este informe se analiza en primer término las tendencias de la demanda, las cuales definen cuáles son las necesidades y también las dificultades que se enfrentarán en los próximos años.

A continuación se describen las reservas disponibles y asociadas a estas las tendencias en los precios de los distintos productos energéticos primarios. Se analizan luego los problemas ambientales asociados a la conversión de las fuentes primarias en energía preparada para consumo final, ya sea directamente o a través de fuentes secundarias o terciarias.

Finalmente se analizan algunas de las soluciones que puede aportar la tecnología para resolver los problemas identificados.

Un comentario inicial importante es que si bien el abastecimiento de energía enfrenta actualmente numerosos problemas y desafíos, no son mayores o más complicados que los que surgieron en otros momentos, por ejemplo al principio de los años 80. La tecnología y la ciencia económica están en condiciones de dar respuestas a todos los problemas, en la medida que se tomen decisiones políticas adecuadas y realistas.

2. DEMANDA

La energía es el motor del crecimiento, un requerimiento esencial para el desarrollo económico y social. Para el año 2050 la demanda de energía podría duplicarse o triplicarse a medida que la población aumente y los países en desarrollo expandan sus economías y superen la pobreza. Se requerirán transiciones en nuestra infraestructura energética, semejantes a aquellas que se han venido produciendo en los últimos cien años.

Actualmente para atender la demanda prevista existe una buena provisión de energéticos. Durante la última década, el consumo ha tenido un patrón de crecimiento sostenido, mostrando una estrecha relación con el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) de cada país.

En el Figura 1 se muestra la composición del consumo de energía en el período 1980-2003, el cual, como puede apreciarse está concentrado en los combustibles fósiles.

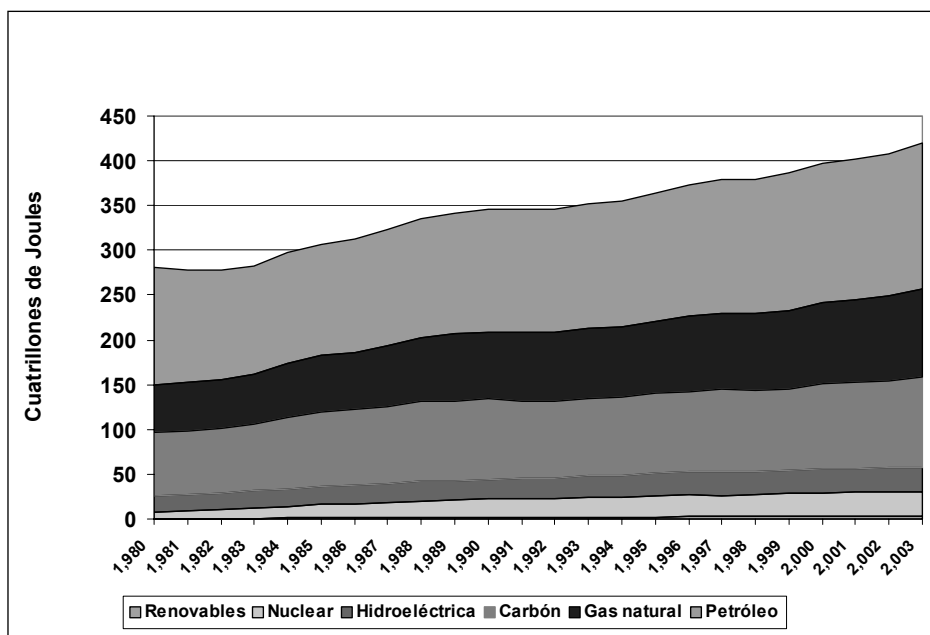


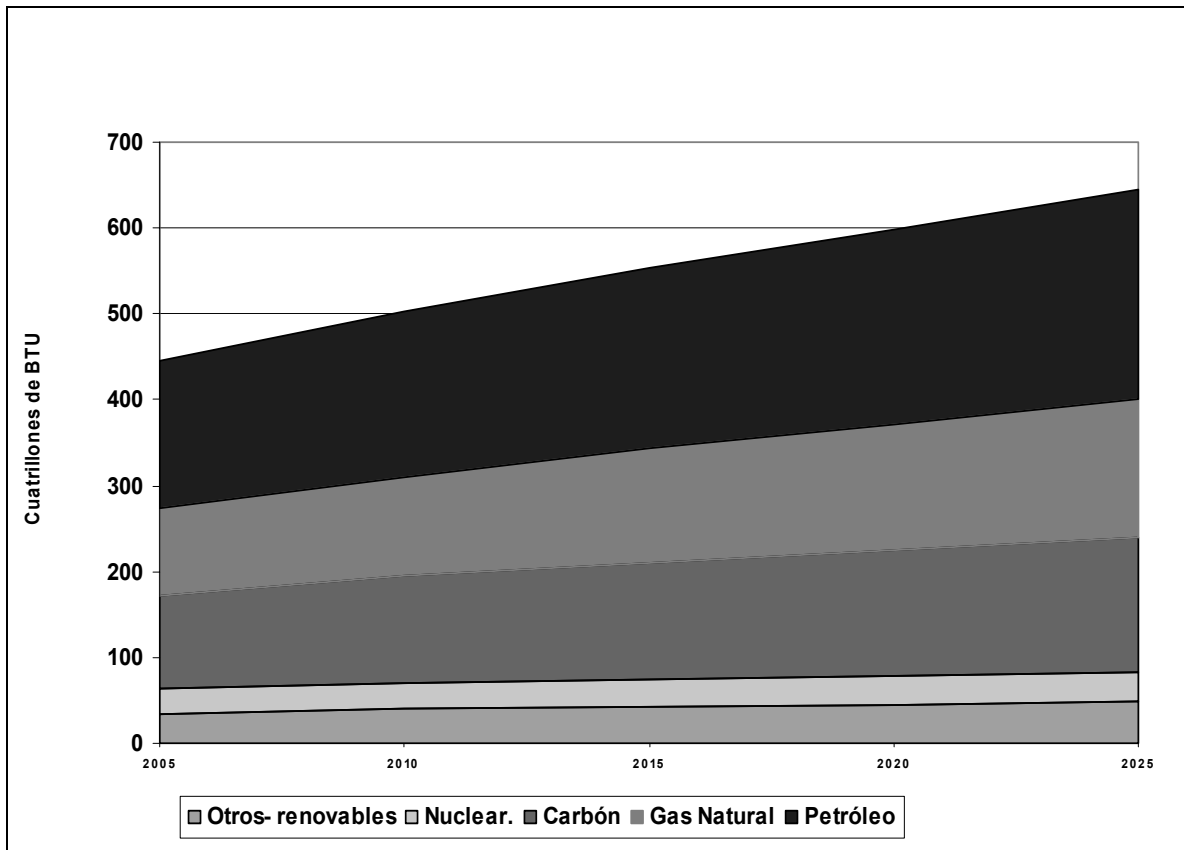
Figura 1 - Consumo mundial de energía 1980-2003

De esta tendencia se pueden formular los siguientes comentarios

- Los combustibles fósiles, gas petróleo y carbón, constituyen la fuente primaria principal (86%), con una tendencia que ha permanecido creciente.
- Sin embargo ha disminuido la tasa de crecimiento del consumo de carbón y se ha incrementado notablemente el consumo de gas natural
- En los países del primer mundo están prácticamente congeladas las inversiones en energía nuclear, por razones de rechazo de la población o de grupos ecologistas
- Existe un fuerte esfuerzo por parte de los gobiernos de los países más desarrollados para incentivar el uso de energías renovables, aunque hasta ahora se ha logrado un cierto nivel de penetración en algunos casos, a través de fuertes subsidios.

Los pronósticos, son muy variados, pero en general se encuentran coincidencias sobre que la demanda primaria de gas natural crecerá más rápidamente entre los combustibles fósiles, en valores que oscilan alrededor del 2,4% por año. Se espera que la demanda de petróleo aumente un 1,6% por año y el uso del carbón 1,4%. La demanda de electricidad también crecerá rápidamente a una tasa anual del orden del 2,4%, impulsando gran parte de la demanda de gas y carbón como insumo para la generación de energía.

En la figura 2 se muestran las proyecciones del crecimiento de la demanda de energía para el período 2005-2050.



Fuente: EIA

Figura 2 - Proyección de la demanda de fuentes primarias de energía

Los pronósticos de evolución del consumo energético a nivel mundial consideran:

- Los combustibles fósiles continuarán siendo la principal fuente primaria, con algunos cambios en la participación relativa de cada combustible:
 - El aumento de la participación del gas,
 - La continuidad del petróleo como la principal fuente primaria
 - Una ligera reducción de la participación del carbón,
- Además se verifica
 - La energía nuclear representa una incógnita. Su rechazo actual puede cambiar por sus menores emisiones de CO₂. Pero aún en los escenarios más optimistas para este energético, la participación relativa disminuirá
 - Un mayor uso de fuentes renovables, con un crecimiento relativo muy importante, pero que aún para 2025 significará un porcentaje muy reducido del total.

En el largo plazo se prevé un debilitamiento de la tasa de crecimiento global de la demanda. El mayor crecimiento de la demanda de energía primaria se va a dar en países por fuera de la OCDE. De hecho, en el largo plazo se espera que la participación en el consumo de energía de países miembros de la OCDE decrezca y aumente la de las naciones en desarrollo, especialmente China e India.

Los aspectos ligados al consumo energético que aparecen como más críticos son:

- La evolución de las reservas de cada tipo de energético
- El precio de los distintos energéticos, que en gran medida estará vinculado más que a la reservas a:
 - La seguridad en el abastecimiento al interior de los grandes bloques económicos
 - La expectativa de estabilidad política en regiones que concentran las reservas de fuentes convencionales.
 - Las prácticas de poder de mercado por parte de los países que concentran las reservas
- Los niveles de emisiones contaminantes asociadas con la actividad energética mundial. La evolución de la política mundial en relación con las emisiones de CO²

Las necesidades de producción e infraestructura suficiente para el abastecimiento de energía implican fuertes requerimientos de inversión. En la medida que estas inversiones se realicen en países que sean percibidos como de alto riesgo, será difícil lograr una importante participación privada.

Se requerirá mayor participación del sector privado en los países en desarrollo. Una de las mayores incertidumbres acerca de la futura inversión en nuevas fuentes energéticas es saber cuál será el éxito de esos países para atraer capital privado. De hecho, la inversión privada ha venido declinando desde fines de la década del 90. Existen grandes incertidumbres acerca de cuándo y hasta qué punto la inversión privada volverá a crecer y de dónde vendrán los nuevos inversores. La renovada expansión de la participación del sector privado llevará tiempo y requerirá políticas apropiadas- Las agencias multilaterales, que tradicionalmente han financiado el desarrollo energético deberán en ese caso suplir la eventual falta de inversión privada.

3. OFERTA

Los recursos energéticos mundiales son suficientes para satisfacer la demanda proyectada, pero movilizar la inversión requerida para convertir los recursos en oferta disponible depende de la capacidad del sector energético de competir con otros sectores de la economía para obtener capital. Se vuelve mucho más importante que las condiciones de inversión en el sector energético sean correctas para atraer las cantidades requeridas de capital

Se debe tener en cuenta además que una considerable proporción de toda esta inversión energética se requiere simplemente para mantener el actual nivel de oferta. Gran parte de la nueva capacidad de producción puesta en funcionamiento actualmente necesitará ser reemplazada antes del año 2030.

Se analiza a continuación el panorama para cada uno de los principales energéticos

3.1 Petróleo

3.1.1 Reservas

En 2004 se contaba a nivel mundial con reservas de petróleo de 1.188 billones de barriles de petróleo y una producción de 73 millones de barriles día, para una relación reservas/producción de 45 años. Como se muestra en la Figura 3, el 66% de las reservas están localizadas en el Oriente Medio, aunque esta región contribuye

actualmente con el 30% de la producción mundial. Los países de la OPEP representan actualmente el 77% de las reservas y 41% de la producción. Un dato relevante es que en 2004 prácticamente no se incrementan las reservas probadas de petróleo, situación no usual pues desde 1995 venían creciendo a una tasa comprendida entre 1 y 2% anual.

En la Tabla 1 se muestran también las reservas probables y presuntamente no descubiertas¹. La confirmación de estos números llevaría a más de 100 años las posibilidades de abastecer el consumo actual.

Tabla 1 - Reservas mundiales de petróleo

	Probadas	Probables	No descubiertas	Total
Economías Desarrolladas				
Estados Unidos	21.9	76.0	83.0	180.9
Canada	178.8	12.5	32.6	223.9
Mexico	14.6	25.6	45.8	86.0
Europa del Oeste	15.8	19.3	34.6	69.7
Japón	0.1	0.1	0.3	0.5
Australia/Nueva Zelanda	1.5	2.7	5.9	10.1
Economías en Transición				
Ex Unión Soviética	77.8	137.7	170.8	386.3
Europa del Este	1.5	1.5	1.4	4.4
Economías Emergentes				
China	18.3	19.6	14.6	52.5
India.	5.4	3.8	6.8	16.0
Otros Asia	11.0	14.6	23.9	49.5
Medio Oeste	729.6	252.5	269.2	1,251.3
Africa	100.8	73.5	124.7	299.0
América del Sur y central	100.6	90.8	125.3	316.7
Total	1,277.7	730.2	938.9	2,946.8
OPEP	885.2	395.6	400.5	1,681.3
No-OPEP	392.5	334.6	538.4	1,265.5
Años de reservas	44.8	25.6	32.9	103.4

En la década de los 90 se han venido presentando procesos de integración vertical de la industria petrolera internacional y de conformación de acuerdos de producción entre compañías multinacionales y países productores. La tendencia a las fuentes energéticas. Los avances tecnológicos en exploración y explotación se reflejaran en crecientes suministros de bajo costo.

No obstante las abundantes reservas, el precio del petróleo ha subido apreciablemente desde 2000, sin que existe un diagnóstico único sobre las causas. Algunas de ellas podrían ser:

- Una cierta disminución de las reservas y el menor ritmo de nuevos descubrimientos
- La cartelización OPEP + otros
- Baja elasticidad aparente de la demanda, aunque ciertos factores pueden distorsionar este indicador a nivel mundial:

¹ Son extrapolaciones estadísticas, no basadas en información geológica.

- Alto crecimiento de la demanda China-India, asociado a un fuerte desarrollo de sus economías
- Altos impuestos a la nafta y el gas-oil que distorsionan los precios relativos.
- Numerosos países que no permiten que los incrementos del precio se trasladen al precio final, a través de una injerencia directa en los mercados internos, mecanismos de compensación o otorgando subsidios.
- Hedging de fondos de inversión que toman posiciones en petróleo² para compensar valor de acciones en industrias afectadas por el alza.

3.1.2. Precio del Petróleo

El petróleo es un commodity que se comercia en un mercado mundial, con un precio que difiere geográficamente sólo por las diferencias de costos de transporte. Existen todas las modalidades comerciales, desde contratos de largo plazo, operaciones spot y mercados líquidos de futuros y otros derivados financieros.

Aunque las acciones oligopólicas de la OPEP hacen que el mercado internacional del petróleo no pueda ser considerado como competitivo, si puede afirmarse que es extremadamente transparente y líquido. Sin embargo los precios suele verse influenciados por la inestabilidad política en las zonas productoras.

Existen varios indicadores del precio del petróleo, siendo los más comunes el Brent, como referencia en Europa, y el Western Texas Intermediate (WTI) en USA.

En la Figura 3 se muestra la evolución de los últimos quince años del precio spot en USA, numéricamente próximo al WTI.

Se puede apreciar un período de precios relativamente bajos y estables entre 1989 y 1999, y otra donde aumenta la volatilidad en conjunto con el valor del indicador.

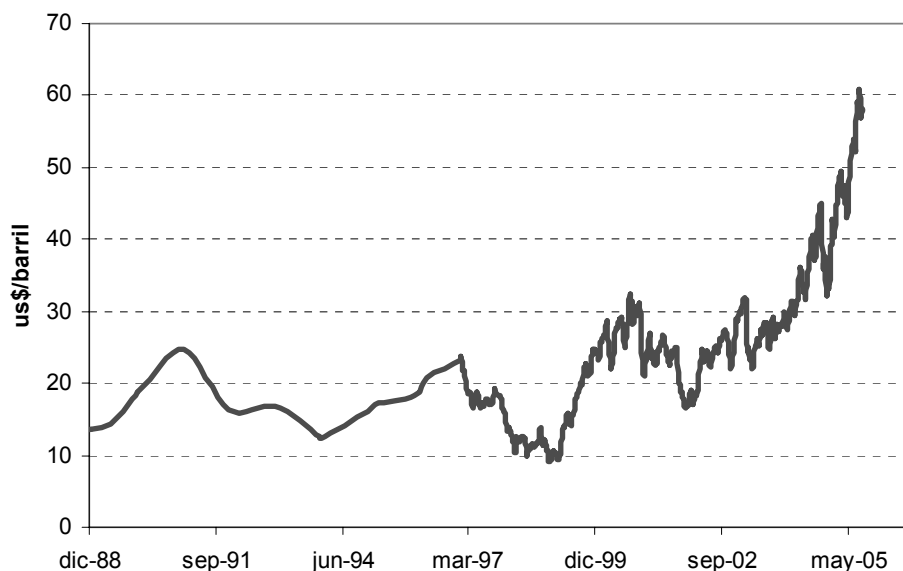


FIGURA 3 - Precio spot del petróleo (USA)

Los incrementos se inician en 1999, luego que se alcanzaran valores del orden de 10 us\$/barril, asociados a la decisión de la OPEP de disminuir el bombeo. El

² Si bien estas compras no afectan la demanda real, aumentan el precio a futuro del crudo.

aumento llega a los 30 us\$/barril, pero en 2002 inicia una segunda serie ascendente que se mantiene hasta estos días. La idea de que los precios altos continuarían en el futuro comenzó a generalizarse cuando en los mercados de operaciones a plazo se consolidaron, en el primer trimestre de 2004, precios para entrega dentro de cinco años por encima de los 30 dólares/barril de Brent. En febrero de 2005 el precio a plazo superó los 37 dólares y a principios de junio llegó a más de 53 dólares

Si bien no existe un diagnóstico único de las causas del aumento, probablemente el mismo deba ser atribuido a una combinación de factores, entre los que se cuentan:

1. La capacidad de la futura oferta de petróleo para hacer frente a una demanda que crece más de lo esperado. Cabe destacarse que los precios bajos durante la década del noventa desalentó las inversiones en exploración, lo cual parece ir revertiéndose lentamente. De hecho a habido algunos anuncios de próximas incorporaciones de reservas, que de confirmarse podrían revertir esta tendencia.
2. Los países productores de crudo se encuentran al borde de su capacidad productiva
3. La oferta no puede crecer al mismo ritmo que lo hace una demanda en la que China, India y otros países asiáticos juegan un papel cada vez más determinante, sumado a un mayor crecimiento económico mundial.
4. La entrada al mercado del petróleo de fondos de inversión también ha impactado en el mercado del petróleo y puede suponer una presión al alza, a que han tomado posiciones compradoras, en mucho casos como hedging frente a posiciones en acciones de empresas que pueden perder valor ante la subida del precio. Los productos petrolíferos conforman hoy un mercado financiero más para muchos agentes, por ejemplo para los que operan con “hedge funds” o fondos de inversión alternativa o de riesgo.
5. Inestabilidad política en zonas productoras: La escasa capacidad productiva y exportadora de Irak, debido a los sabotajes a oleoductos y otras acciones derivadas del conflicto bélico);, las tensiones internas que se viven en Venezuela, repetidas huelga sindicales en Nigeria; el riesgo de atentados en Arabia Saudita; la crisis de la compañía rusa Yukos; etc.

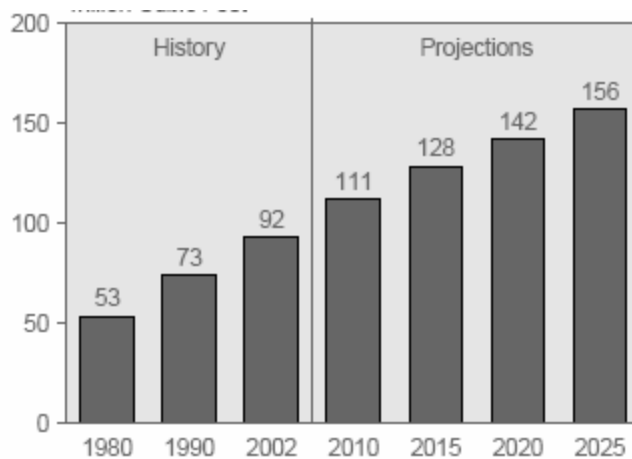
A estas causas que tiene influencia en el mediano y largo plazo, deben agregarse fenómenos de corto plazo como huelgas en países productores o fenómenos meteorológicos, que aumentan la volatilidad del precio.

Cabe destacarse que si bien el petróleo ha sido fuertemente sustituido en algunas actividades como la producción de energía eléctrica, en otras, principalmente el transporte, sigue siendo todavía insustituible, lo cual ayuda a que su demanda sea inelástica.

3.2. Gas Natural

3.2.1 Las reservas de gas natural

En la Figura 4 se muestra la historia y la tendencia en el crecimiento del consumo de gas, que confirma la dinámica que ha alcanzado este energético. El gran crecimiento de la demanda está impulsado en primer término por los avances de la generación eléctrica en base al uso de ciclos combinados, que a partir de 1995 se han convertido en la principal tecnología usada para atender el crecimiento de la demanda de electricidad:



Fuente EIA

Figura 4 - Evolución del consumo de gas natural

En la Figura 5 y la Tabla 2 se muestran las principales reservas de gas en el mundo por región.

Tabla 2 – Reservas mundiales de gas natural

País	Prov.	BP	CEDIGAZ	Oil & Gas	World Oil	Cart.
		Statistical Review				
America del Norte	no	306.9	263.1	263.1	268.9	no
Trinidad and Tobago	si	26.0	26.0	25.9	19.1	no
Venezuela	si	146.5	146.6	148.0	149.2	si
Holanda	si	58.8	59.0	62.0	55.1	no
Noruega	si	86.9	112.6	74.8	74.7	no
Gran Bretaña	si	22.2	33.5	22.2	21.8	no
Azerbaijan	si	48.4	48.4	30.0	42.2	si
Kazakhstan	si	67.1	67.1	65.0	66.4	si
Rusia	si	1659.1	1655.6	1680.0	2340.5	si
Ucrania	no	39.2	39.0	39.6	39.3	si
Uzbekistan	si	65.3	65.7	66.2	65.7	si
Iran	si	942.2	935.8	940.0	935.0	si
Iraq	si	109.7	111.9	110.0	112.6	si
Kuwait	si	55.0	55.0	55.5	56.6	si
Oman	si	33.4	33.4	29.3	31.0	si
Qatar	si	909.6	910.5	910.0	913.4	si
Arabia Saudita	si	235.7	234.5	231.1	238.5	si
Siria	si	10.6	10.6	8.5	18.0	si
Emiratos Arabes Unidos	si	213.9	213.5	212.1	204.1	si
Yemen	si	16.9	16.9	16.9	17.0	si
Algeria	si	159.7	160.5	160.0	171.5	si
Egipto	si	62.0	62.0	58.5	7.1	si
Libia	si	46.4	46.4	46.4	46.0	si
Nigeria	si	176.4	178.5	159.0	180.0	si
Australia	no	90.0	138.8	90.0	142.9	no
China	no	64.4	64.4	53.3	47.9	no
India	no	30.1	30.2	30.1	14.6	si
Indonesia	no	90.3	135.1	90.3	67.7	si
Malasia	no	84.9	89.0	75.0	57.6	si

Fuentes: las consignadas en cada columna

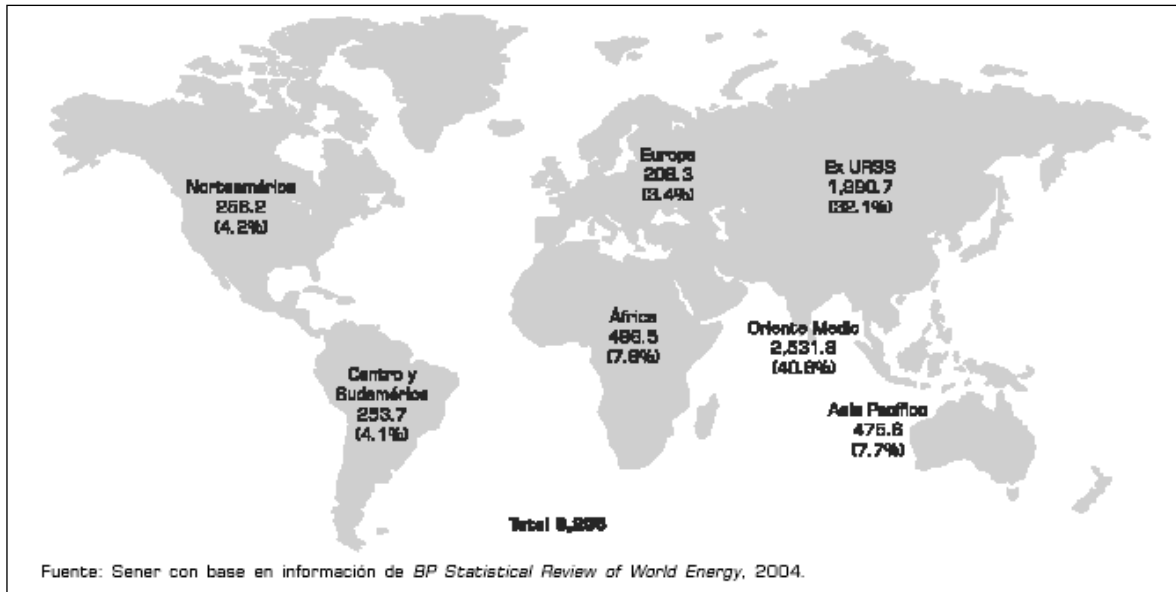


Figura 5 - Reservas mundiales de gas natural

Se consiguen valores de cuatro fuentes distintas, ya que las proyecciones no son uniformes. Las reservas mostradas en esta tabla corresponden a aproximadamente el 93% del total mundial. Los valores de reservas están expresados en trillones de pies cúbicos.

En la columna "Prov." Se han identificado los países que por localización y disponibilidad pueden ser (o son) proveedores de USA y la UE. Para ello hemos tenido en cuenta las distancias de transporte (que limitan al costo razonable) y los niveles de compromiso de sus reservas, ya sea para consumo interno (Norte América) o exportación.

En general se ha considerado que los países de Europa, Norte de Africa, Medio Oriente y Asia Central pueden ser proveedores, mientras que las reservas de América y el Caribe serían destinadas al mercado de América del Norte.

En la columna "Cart." se identifican a los países que, por sus antecedentes en el mercado del petróleo o afinidad política, podrían entrar en un cartel (estilo OPEP), si como es previsible, se mantiene la tendencia a que el gas natural se convierta en un commodity (tema que se analiza por separado).

En la Tabla 3 siguiente se han procesado los valores, a fin de identificar el potencial de suministro a Europa.

Tabla 3 - Potencial de suministro de gas a Europa

País	BP Statistical Review Fin 2003	CEDIGAZ Enero 1, 2004	Oil & Gas Journal Enero 1, 2004	World Oil Fin 2003	Promedio
Total Mundial	6253.6	6349.5	6078.6	6805.8	6371.9
Años reserva	63.6	64.6	61.8	69.2	64.8
Total grandes reservas	5857.4	5943.7	5752.8	6404.3	5989.6
% total	93.66%	93.61%	94.64%	94.10%	94.00%
Potenciales proveedores	5151.676	5184.171	5111.367	5765.562	5303.194
% total	82.38%	81.65%	84.09%	84.72%	83.21%
Proveedores no cartelizables	244.505	293.256	235.040	179.102	237.976
% total	3.91%	4.62%	3.87%	2.63%	3.76%

De esta tabla se puede apreciar:

- Las reservas mundiales pueden abastecer el consumo actual (2004) durante 64 años.
- Del total de reservas mundiales, el 83% es propiedad de países que abastecen o pueden ser proveedores de la UE.
- Pero sólo un 3.8% de esas reservas están en países que no serían propensos a cartelizarse.

Se puede concluir entonces:

- Los proveedores actuales y potenciales de gas disponen de gas suficiente para abastecer la demanda por un horizonte importante de años.
- El grado de reservas hace poco probable que el incremento de las importaciones crecientes de Europa, USA y Japón pueda llevar a desabastecimiento.
- Pero el grado de concentración de las reservas en países propensos a cartelizarse puede hacer que el precio del gas natural sea manipulado.

3.2.2. El Mercado Mundial de Gas

Parece poco probable que con las tendencias actuales, un país o región (sobre todo no productor) pueda obtener condiciones comerciales diferentes a las que se han generalizado a nivel mundial. Por otro lado existen tres bloques comerciales que concentran la mayor parte de las importaciones de gas: USA, Europa y Japón. En consecuencia sus modalidades comerciales de abastecimiento definen las condiciones para el resto de los países importadores. Por esa razón el análisis que sigue se concentra en estos bloques.

En Europa y Japón el abastecimiento se realiza mayoritariamente a través de contratos de largo plazo (10-20 años) con proveedores que adecuan su producción al abastecimiento de estos contratos. Los precios del gas en estos contratos están actualmente ligados, a través de fórmulas de indexación, fundamentalmente al precio del petróleo o sus derivados, fuel-oil y gas-oil. Es decir el precio se asocia a una competencia gas-derivados del petróleo.

Existe muy poco comercio de corto plazo, en gran medida porque como se mencionó antes, la producción está asociada a contratos de largo plazo, y no existen excedentes importantes. Actualmente existen prácticamente sólo dos mercados spot competitivos de gas en el mundo, en USA y Gran Bretaña. Es previsible que Europa continental constituya el siguiente.

En los mercados competitivos de gas los precios de este combustible se vinculan principalmente a las condiciones comerciales que resultan de una competencia gas-gas. La referencia para los contratos es el precio de las transacciones de corto plazo en los denominados hubs. Se destacan en el mundo dos hubs, Henry Hub en Louisiana, USA, y el denominado NBP (Nacional Balancing Point) en Gran Bretaña. En los hubs el precio del gas se fija con cierta independencia³ del precio del petróleo o sus derivados. Es decir los hubs se han convertido en un mercado spot, cuyo precio sirve de referencia para otras transacciones.

Mientras que en USA las transacciones toman como referencia el precio en Henry Hub, la mayor parte del gas comercializado en Europa continental se basa en contratos a largo plazo tipo "take or pay". El precio del gas entregado se basa en una fórmula de ajuste que vincula el precio de este combustible con el precio de sus sustitutos mas comunes (fuel-oil y gas-oil). El objetivo de estas fórmulas del ajuste es fijar el precios del gas en un nivel tal que los compradores no tengan ningún incentivo a cambiar a un combustible alternativo. Por lo tanto, el precio para los productores del gas se surge del net-back de los precios que estarían dispuestos a pagar los usuarios finales, antes que recurrir al combustible alternativo más barato. En Japón, el otro gran importador de gas, las compras se realizan por contratos de largo plazo, con precios vinculados al valor del petróleo.

Por lo tanto, las fluctuaciones en el precio de los sustitutos de referencia, se transfieren directamente a los consumidores de gas. Los contratos a largo plazo incluyen normalmente ajustes del precio del gas suministrado en función de cambios en el precio del petróleo cada tres a seis meses.

Este vínculo entre el precio del petróleo y sus derivados y el precio del gas refleja la influencia importante que las energías substitutas tienen al definirse el precio de un contrato, situación que se repite en todos los mercados regionales. Originalmente el gas natural tuvo un mercado cautivo reducido, y aún en la actualidad está en competencia con otras energías: electricidad, gas-oil y LPG en el sector residencial, electricidad, carbón y el fuel-oil pesado en el sector industrial, y carbón, fuel-oil, energía atómica y fuentes renovables para la generación de energía eléctrica. Por lo tanto su precio no puede desviarse demasiado del que tengan las energías substitutas. No obstante esta tendencia va cambiando a medida que aumenta el grado de penetración del gas en la canasta energética de los países.

Por esta razón, el vínculo entre el precio del gas y del petróleo y sus derivados está cambiando lentamente. Recientemente algunas compañías británicas firmaron contratos de abastecimiento con productores noruegos y holandeses, con índices de ajuste del precio de suministro ligado al precio spot en el mercado británico. En el continente, algunos nuevos contratos tienen precios que se vinculan, al menos parcialmente, al precio del gas en los hubs de Europa continental (Zeebrugge, Bunde).

Actualmente está aumentando el número y el volumen de transacciones en el primer centro de comercio de gas en Europa, Zeebrugge en Bélgica, y está emergiendo un segundo hub en Bunde, Alemania. Aunque el comercio (a corto plazo) spot está aumentando, el mismo seguirá influenciado por los precios de los contratos a largo plazo y también en parte por la competencia gas-petróleo en las grandes industrias. Los centros de comercio de gas están recién comenzando a desarrollarse en Europa continental y hasta ahora, las transacciones son limitadas.

³ No obstante, aún en USA existe una importante correlación entre el precio del gas en Henry-Hub y el indicador del precio del Petróleo, el Western Texas Intermediate (WTI):

La opinión general es que los precios del petróleo todavía son determinantes de precio del gas en Europa, y que tomará varios años alcanzar una real competencia del gas-a-gas que cambie esta situación. Además seguirá habiendo competencia del gas-a-petróleo indefinidamente para algunas actividades industriales. Durante los últimos 15 años, una caloría de gas fue casi constantemente un 80% de la misma caloría proveniente del petróleo (Brent).

Un análisis detallado realizado por OFGEN⁴ para explicar picos en los precios del gas a finales de 2004, este concluye: *“Ofgem has carefully analysed the potential causes of the significant movements in forward gas prices for the coming winter..... The first, and most significant, is the clear link between oil prices and gas prices. This oil price link is largely imported from Europe, where long term supply contracts tend to be linked to the price of oil, ...”*

En un futuro próximo la posibilidad de realizar transacciones de corto plazo en un probable mercado spot mundial va a ser casi determinante del precio mayorista, y en gran medida va a condicionar el precio de los contratos con los proveedores extra-regionales. Ya en la actualidad se realizan swaps entre empresas europeas y de USA. Por ejemplo durante los últimos dos años gran parte del gas producido en Trinidad Tobago para países europeos fue desviado por sus compradores al Henry Hub. A su vez el gas desviado fue reemplazado por mayor producción en otros sitios como Argelia.

La estrecha relación del precio en los hubs comerciales existentes puede apreciarse en La Figura 6, que muestra la evolución del precio del gas en tres hubs: Henry Hub (USA), NBP y Zeebrugge.

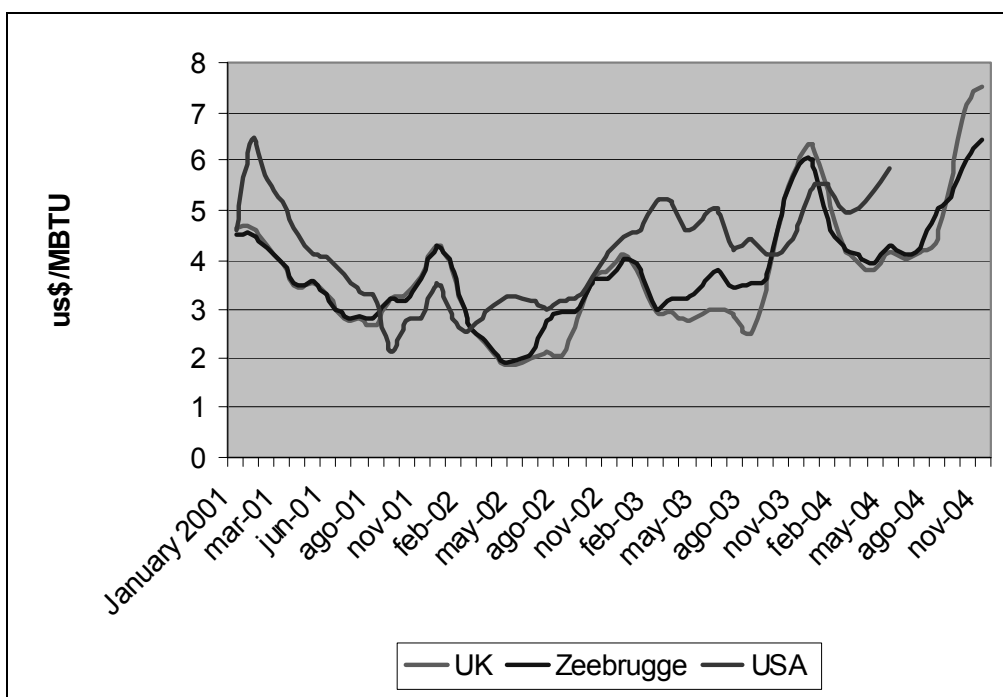


Figura 6 – Precio del gas natural en los hubs comerciales

Se aprecia que los precios en Zeebrugge y UK en el NBP son casi iguales, ya que ambos están conectados por un gasoducto. La separación de los precios se produce en períodos en los cuales este vínculo se congestiona.. En cambio el precio en USA, aunque mantiene la misma tendencia, tiene valores diferentes en cada momento.

⁴ OFGEM es el regulador en Gran Bretaña de electricidad y gas.

3.2.3. La competencia gas-gas

Bajo las condiciones descritas en la sección anterior, la competencia entre las distintas fuentes de aprovisionamiento se dará como el net-back de uno o varios precios de mercado (en cada hub) altamente correlacionados. Es decir será esperable un precio más o menos uniforme de venta en el mercado mayorista de Europa, mientras que cada productor percibirá por el gas la diferencia entre el precio de mercado y el costo de transporte al hub donde (física o virtualmente) se entregue el gas. A su vez la diferencia entre los hubs europeos y de USA convergerá a la diferencia de costo de transporte entre ambos sitios, como ya sucede con el petróleo.

Entonces sería posible identificar las distintas fuentes de abastecimiento a cada mercado función de distancias, con independencia del origen del suministro a la forma de transporte. Esta modalidad ha sido denominada competencia gas-gas, para diferenciarla de una forma común hasta hace algunos años, que era la competencia gas-petróleo. En la competencia gas-gas, el precio del gas en yacimiento para poder competir debe adecuarse al precio del mercado relevante menos los costos de transporte. De esa forma compite para abastecer a Europa, USA o Japón gas producido en Medio Oriente, el Sud-Este asiático, Nigeria, Trinidad Tobago, etc.

En Japón la mayor parte del abastecimiento es como GNL, en USA todavía las importaciones vía GNL son poco importantes en relación a la producción interna (junto con Canadá). Pero resulta interesante el caso de Europa, donde existe una relativa competencia entre proveedores, que según el caso, usan diferentes tecnologías de transporte.

Actualmente la situación en Europa se muestra en la figura 6 siguiente:

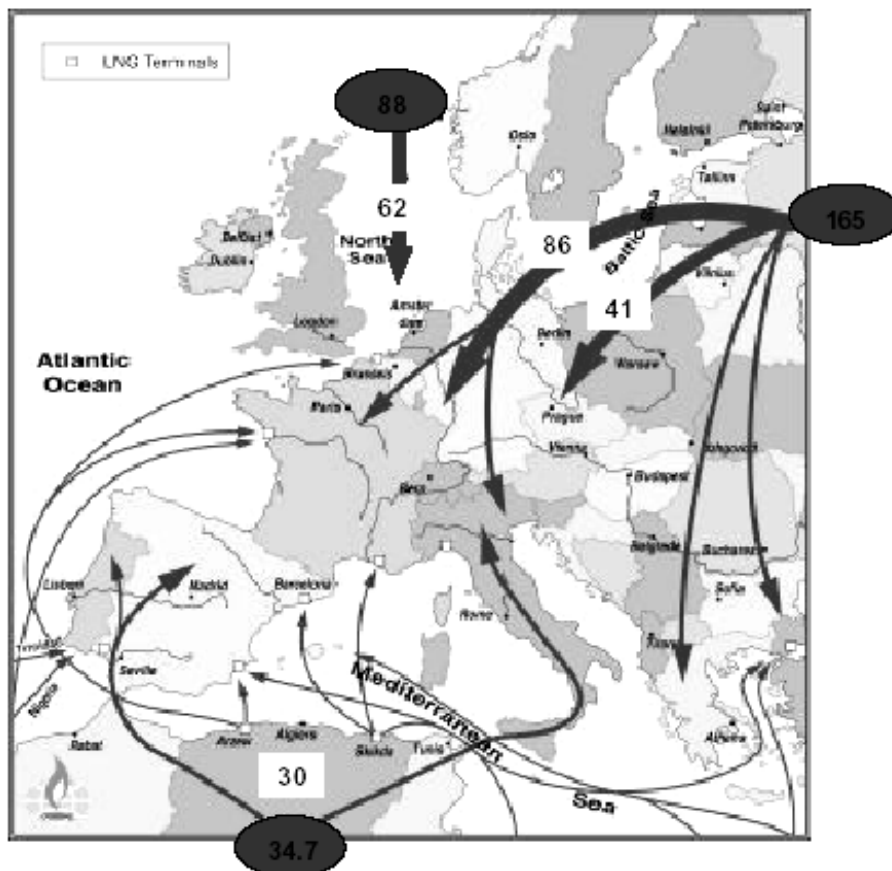


Figura 7 - Alternativas de transporte de gas
Ejemplo: abastecimiento de gas a Europa

Se puede apreciar cierta preponderancia del Gnl en la zona mediterránea, y del gas por gasoducto en Europa central y norte. En un mercado competitivo, el precio del gas debería aumentar progresivamente a medida que las fuentes de abastecimiento más próximas pierden su capacidad de atender el incremento de la demanda. Esta tendencia se puede ver compensada en parte por la disminución de los costos de transporte

O sea que en el futuro es esperable una competencia entre las distintas fuentes de aprovisionamiento, las cuales a su vez usarán distintos medios de transporte. En USA la competencia será entre gas producido localmente o en Canadá, transportado por gasoducto, con gas importado como GNL. En Japón todo el gas importado debe llegar como GNL. Sólo en Europa existirá una competencia importante entre gas que puede llegar por gasoducto terrestre (Rusia y ex repúblicas soviéticas), gasoducto submarino (Mar del Norte, Africa del Norte) o GNL (Africa del Norte, Medio Oriente, Nigeria, Trinidad Tobago).

En la Figura 8 se muestra una estimación de los costos de transporte a larga distancia y para grandes volúmenes. Dada la tendencia a precios decrecientes tanto en gasoductos como GNL, los valores mostrados muestran una gran dispersión.

Se puede apreciar que las distancias de indiferencia se encuentran por debajo de 2000 Km. para la competencia LNG-gasoducto submarino, y en el orden de 5000 Km. para LNG-gasoducto terrestre. Pero como es obvio, en muchos casos esta competencia no es posible, ya que la única forma de transporte factible queda determinada por la localización de los yacimientos de gas y la demanda.

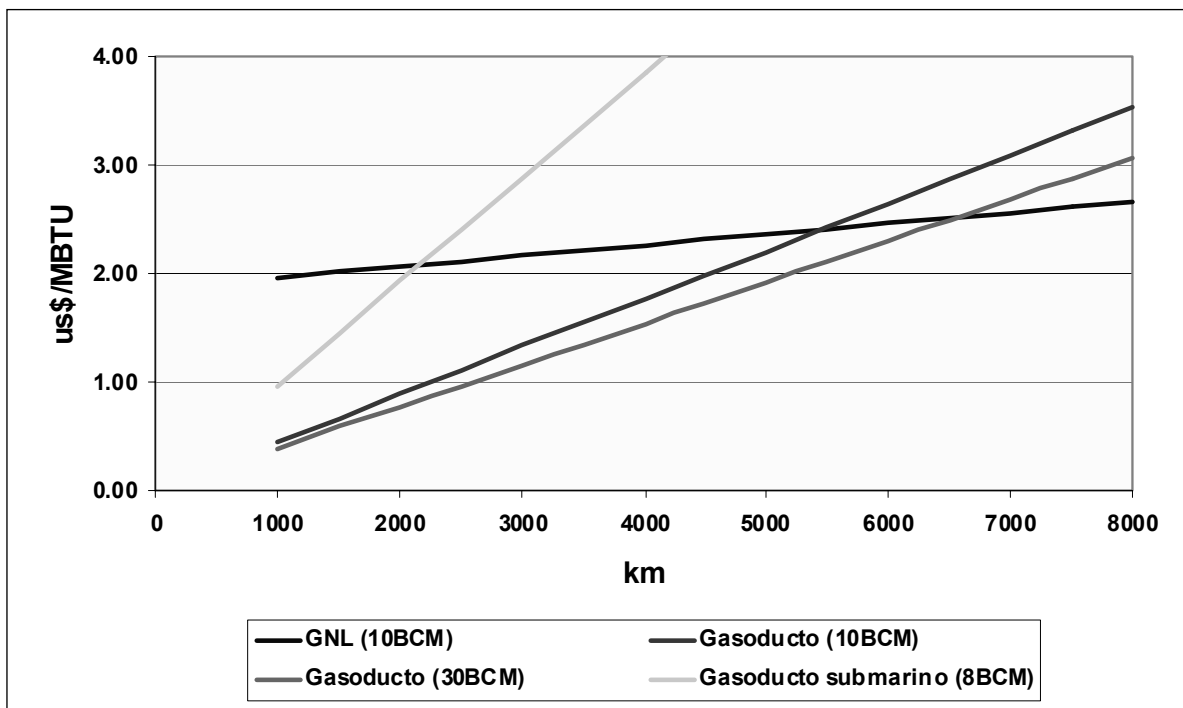


Figura 7 - Costos de transporte de gas según la distancia

Actualmente, del comercio mundial de gas natural, un 27.1% se lleva a cabo vía buque tanque en forma de GNL y el resto por medio de gasoductos transnacionales. La producción de GNL se ha convertido en una opción competitiva para ofrecer el combustible a cada vez más países fuera de las regiones geográficas naturales, sobre todo hacia aquellos que representan los grandes mercados de consumo y que carecen de autoabastecimiento en su mercado interno, a pesar de realizar importaciones por gasoductos. Esto ha generado oportunidades de inversión para la expansión y fortalecimiento del mercado de GNL.

Así, desde 1995 el comercio mundial de GNL se ha incrementado 7.8% anual hasta el año 2003, comparado con el comercio por gasoductos, que creció 5.5% anual. Asimismo, mientras que en 1995 se contaba con ocho países oferentes de GNL, actualmente son 13 los que exportan, dos en América (Estados Unidos y Trinidad y Tobago), tres en Oriente Medio (Omán, Qatar y Emiratos Árabes), cuatro en África (Argelia, Libia, Egipto y Nigeria) y cuatro en Asia Pacífico (Australia, Brunei, Indonesia y Malasia). Además, se prevé que en el corto plazo la oferta de GNL aumente, debido a que Noruega y Rusia están construyendo sus primeras plantas de licuefacción. Por otro lado, países como Angola, Bolivia, Guinea Ecuatorial, Irán, Perú, Venezuela y Yemen tienen proyectos para la construcción de plantas de licuefacción, algunas de ellas comenzarán a construirse y a operar en el mediano plazo, mientras otras han hallado dificultades económicas o políticas que hacen incierta su concreción.

La Figura 8 muestra la participación de cada país en el comercio internacional de gas.

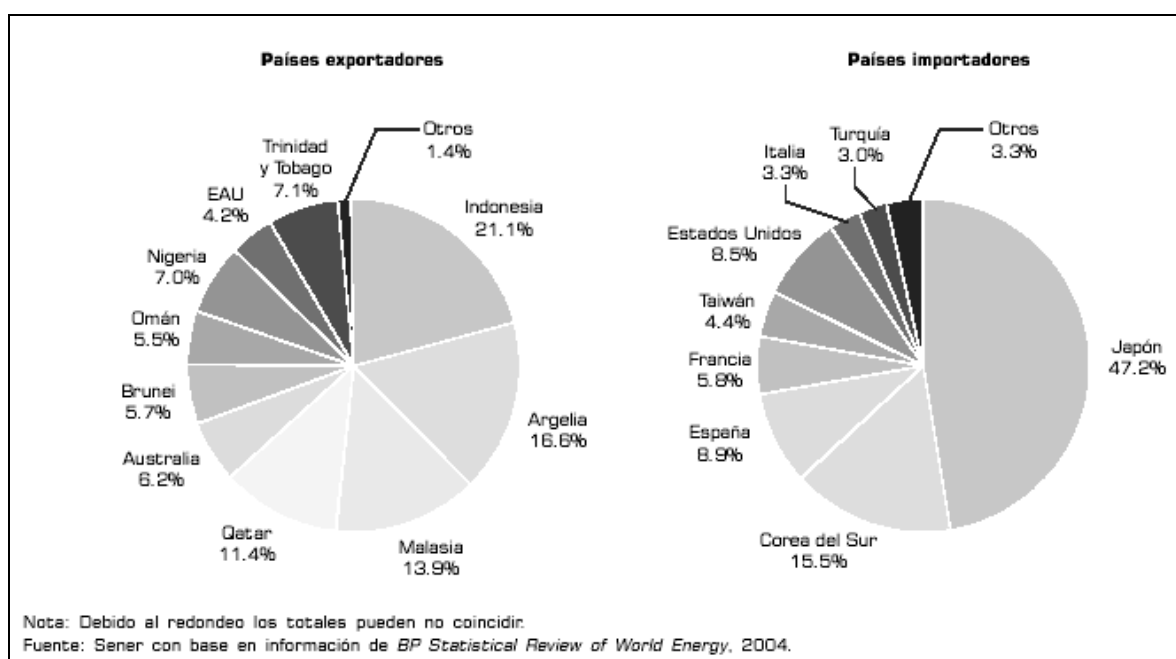


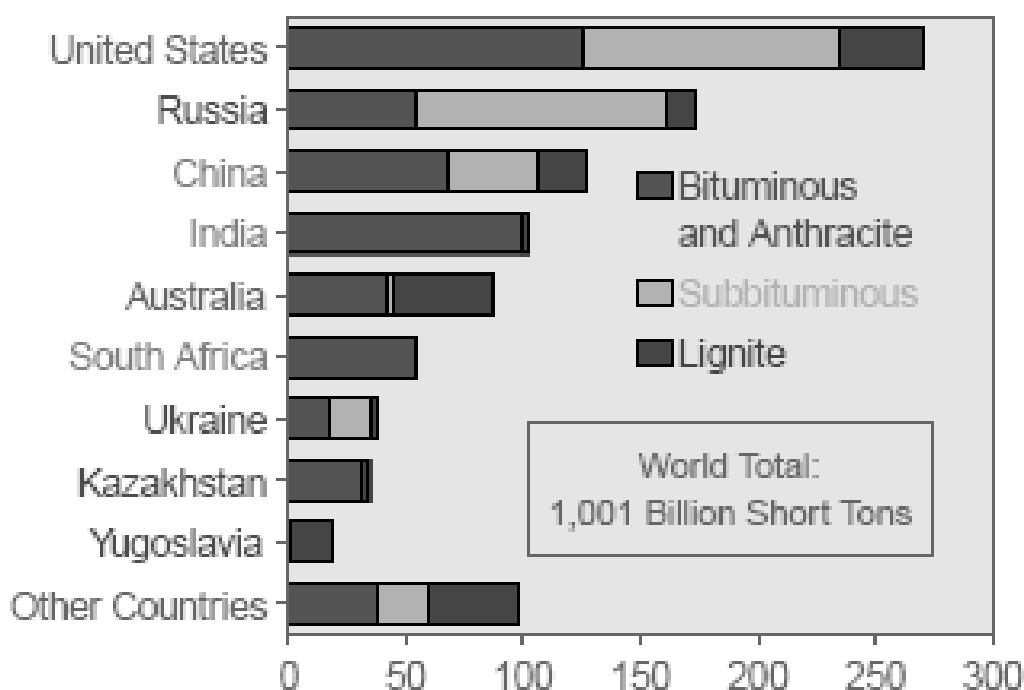
Figura 8 - Comercio internacional de gas

El comercio mundial por gasoducto es más intenso, pero está sujeto a las limitaciones geográficas. Como mencionamos antes, la consolidación de un mercado competitivo en Europa crearía las señales económicas adecuadas para que se desarrollen los yacimientos más competitivos. La competitividad de cada yacimiento sería consecuencia de los costos de producción en boca de pozo más el costo de transporte.

El costo en boca de pozo considera no sólo inversiones y gastos directos, sino también las regalías que se deben pagar al país propietario, y la rentabilidad esperada por los inversores, la cual incluye como uno de sus componentes al riesgo país. Por estas razones, no es sencillo disponer de costos (o precios) en boca de pozo en forma similar a los que se pueden estimar para el transporte.

3.3. Carbón

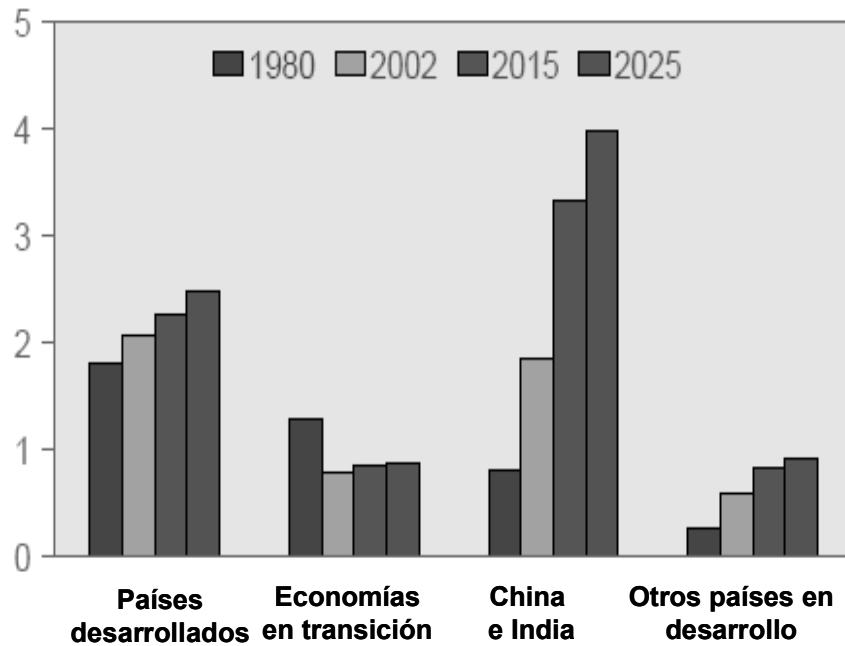
Las reservas mundiales de carbón se estiman en 1.101.000 millones de toneladas cortas, que tendrían una duración de 190 años a los actuales niveles de producción. Este volumen representa dos tercios del total de recursos fósiles explotables y a diferencia del petróleo y el gas natural está distribuido más equitativamente por todo el orbe, tal como se muestra en la Figura 9. El panorama mundial del carbón se caracteriza por una tendencia creciente de las exportaciones hacia los mercados de productores tradicionales, como Europa y hacia nuevos mercados en el Sudeste de Asia. Su disponibilidad y al desarrollo tecnológico para su explotación y uso, lo convierten en uno de los recursos con mayor confiabilidad y estabilidad en el abastecimiento. Los precios del carbón si bien han sido tradicionalmente bajos y con poca volatilidad, han sufrido un incremento apreciable desde 2004, en gran medida ligado a que los contratos de abastecimiento se indexan con el precio del petróleo o sus derivados..



Fuente: EIA-DOE

Figura 9 - Reservas mundiales de carbón

Tal como se observa en la Figura 9, el consumo de carbón se concentra en las áreas con mayores reservas, especialmente Asia, Norteamérica y Europa. El elemento de mayor peso en la trayectoria del mercado mundial del carbón es el crecimiento de la demanda mundial de energía, especialmente electricidad, para cuyo abastecimiento el carbón continuará siendo una fuente primaria de gran relevancia, aunque tendrá que enfrentar crecientes restricciones en lo concerniente a emisiones. Esta situación representa excelentes oportunidades para países con carbones de buena calidad que puedan explotarlos con eficiencia, como es el caso de Colombia, Sud Africa y Australia.



Fuente EIA-DOE

Figura 10 - Tendencias regionales en el consumo mundial de carbón

3.4. Energía Nuclear

En la actualidad, la energía nuclear representa 7 % de la producción mundial de energía, y se utiliza en la generación de electricidad. Los países que más han desarrollado la energía nuclear son Estados Unidos, Rusia, Francia y Japón. Las reservas de uranio se estiman en 4 millones de toneladas y tendrían una duración de 40 a 50 años al ritmo actual de consumo. Es decir están lejos de ser un sustituto potencial de los hidrocarburos.

La energía nuclear desempeñó un papel clave en la crisis energética de los años 70 y 80, cuando el precio del crudo alcanzó precios hasta el momento impensables. En esos tiempos se impulsó el desarrollo de centrales nucleares en la mayor parte de los países desarrollados, sustituyéndose importantes volúmenes de petróleo y carbón.

Pero a partir de fines de la década del 80 comenzó a aparecer una fuerte resistencia hacia la energía nuclear, primero por grupos ecologistas, pero luego en forma generalizada por una parte importante de la población, en casi todos los casos en países desarrollados. Esta resistencia llevó a suspender proyectos de centrales nucleares planificadas o incluso en construcción, y llegándose finalmente a que algunos países cerraran sus centrales en operación.

Si bien la construcción de centrales nucleares continuó en las economías en desarrollo, su contribución a la matriz energética mundial comenzó a declinar a partir de los 90.

Hoy en día la resistencia de la población y algunas ONG a la energía nuclear se basa en dos factores que todavía no pueden considerarse completamente resueltos:

- La seguridad de las centrales, incluyendo la posibilidad de atentados terroristas
- La manipulación y depósito de los residuos nucleares.

- Todo esto manteniendo los costos de instalación en valores del mismo orden que los actuales (1800-2500 us\$/kw)

Hoy en día Finlandia encaró la construcción de una central nuclear, y Francia anunció el reinicio de su programa nuclear. Asimismo existen centrales de este tipo en construcción en países en desarrollo, sobre todo en China.

Ante las dificultades antes mencionadas, hay ciertos hechos que pueden revertir la tendencia en materia de energía nuclear:

- La necesidad de fuentes de energía que no emitan CO₂
- El incremento del precio del petróleo que arrastro a los demás combustibles fósiles.
- Las mejoras anunciadas en materia de seguridad
- El mejor uso de las centrales existentes.

Pero en los países desarrollados la construcción de nuevas centrales estará condicionada a un cambio de la visión de la población sobre los riesgos de la energía nuclear.

Pero además cuenta el riesgo de los usos no pacíficos. Actualmente, la situación dista mucho de ser aceptable ya que debido al desarrollo tecnológico, el vínculo entre las aplicaciones pacíficas y militares se ha acortado peligrosamente. Una energía nuclear libre para todos los países, sobre todo en países que manifiestan una marcada belicosidad, sólo se podrá aceptar una vez que el vínculo entre energía y producción de armamentos nucleares se haya cortado.

El terrorismo suicida da una nueva dimensión al problema de la seguridad nuclear. Cual debería ser el criterio de diseño las centrales nucleares después del 11-S? Resistir la embestida de un Boeing 747, un Airbus 380? Se deberá proyectar el avance de la industria aeronáutica en los próximos años?

Otros problemas aún no resuelto asociados a la energía nuclear surgen del alto costo asociado a la salida de servicio de centrales nucleares, que se estima equivalente al costo de construcción. Recientemente se ha iniciado la parada de las primeras centrales nucleares, pero todavía no hay datos que permitan evaluar la real dimensión de estos costos.

3.5. Hidroelectricidad

No existen previsiones de un crecimiento importante de la energía hidroeléctrica en la matriz energética mundial por dos razones:

- Los países desarrollados han utilizado prácticamente todos los sitios disponibles para generación hidroeléctrica, es decir el recurso adicional puede considerarse como agotado.
- Los países en vías de desarrollo, donde se concentra en potencial no explotado, tiene dificultades crecientes para el financiamiento de este tipo de obras, que suelen ser capital intensivas.

Sólo China y Brasil prevén actualmente atender el crecimiento de sus demanda interna con una proporción significativa de energía hidroeléctrica. Mientras China es un fuerte receptor de inversiones⁵, Brasil ha desarrollado un esquema para atraer el capital privado. En el resto de los países en vías de desarrollo, existen numerosos proyectos, pero pocos tienen probabilidades de ser ejecutados.

⁵ Aunque no hasta ahora en centrales hidroeléctrica

3.6. Fuentes renovables

Las fuentes de energía renovable constituyen una alternativa promisorio para atender las crecientes necesidades de energía y podrían jugar un papel clave en la implantación de prácticas sustentables y descentralizadas de abastecimiento energético en los países en desarrollo. No obstante, hacia el futuro se prevé que el uso de estos recursos tendrá un crecimiento moderado en todas las regiones del planeta, ya que los costos de estas energías y la volatilidad de sus disponibilidad no alcanzan todavía niveles competitivos y requieren de subsidios directos e indirectos.

Aunque recientemente se han realizado considerables avances en la tecnología para la reducción de costos en algunos tipos de fuentes renovables. Por ejemplo la producción de energía eólica requiere de inversiones del orden de 800 €/Kw, contra 1200-1500 hace diez años. Pero estos precios muy razonables se ven afectados por la intermitencia del recurso y la carencia de tecnologías económicamente competitivas para almacenamiento.

En Europa la energía eólica ha logrado una fuerte penetración, pero a base de subsidios, y de no pagar los costos adicionales de balance asociados a su uso. En Europa típicamente los factores de utilización de las centrales eólicas se encuentra entre 25 y 35%, lo cual implica costos de la energía producida entre 70 y 95 €/MWh, bastante por encima de los costos de las demás fuentes convencionales.

La energía solar se basa en el aprovechamiento de la radiación solar por medio de sensores térmicos y paneles fotovoltaicos. A finales de 2002 se disponía de una capacidad instalada de 400 MW. La utilización de la energía solar no causa impacto alguno sobre el ambiente, pero su utilización esta limitada por los altos costos. La energía solar ha alcanzado cierto nivel de penetración para calentamiento de agua y calefacción, pero su uso para energía eléctrica todavía es muy caro, aún para localidades aisladas, requiriendo subsidios varias veces superiores al costo de la energía que reemplazan.

La geotermia consiste en el aprovechamiento del calor natural de la Tierra. Existen dos fuentes geotérmicas: las de alta energía, cuyo vapor se utiliza para la producción de electricidad, y las de baja energía, como fuentes de agua caliente. Como su potencial es muy bajo, sólo es considerada para abastecimientos en las zonas que disponen del recurso. Ha alcanzado un nivel de desarrollo interesante en Nueva Zelanda, Italia, Filipinas y algunos países de América central. No tiene posibilidades de influir en el balance energético mundial.

Otras fuentes renovables pueden resultar económicas dependiendo de características locales, por ejemplo las mini y micro centrales hidroeléctricas o la biomasa.

Los bio combustibles, en particular en bio-diesel y el bio-etanol se producen en algunos lugares a escala industrial, pero siempre asociados a subsidios directos o indirectos.

Otras fuentes sobre las cuales se ha realizado alguna investigación, o incluso prototipos, pero que parecen poco atractivas salvo bajo ciertas condiciones locales, merece mencionarse: la energía mareomotriz, energía de las corrientes marinas, energía térmica de los océanos, energía solar extra-atmosférica, bio-nanotecnologías productoras de energía y el hidrógeno biológico

El desarrollo efectivo de proyectos asociados a los "Mecanismos de Desarrollo Limpio"⁶ previstos en el protocolo de Kyoto puede mejorar las condiciones económicas y financieras de proyectos de energías renovables. Hasta ahora los proyectos

⁶ Este mecanismo prevé que se otorguen certificados de emisiones de CO₂ a proyectos que se pruebe contribuyen a reducir las emisiones de este gas. Estos certificados pueden luego ser vendidos a empresas que están excedidas en sus emisiones autorizadas. EN consecuencia se constituyen en una fuente adicional de ingresos para

aprobados son de pequeña escala pero recién ha comenzado la aplicación de este mecanismo.

4. CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES

La preocupación fundamental a nivel mundial sobre los impactos ambientales del consumo de energía es tiene dos dimensiones. Por un lado una serie de gases contaminantes que se emiten como consecuencia de los combustibles fósiles: SO₂, NO_x, partículas. Por otro el paradigma del cambio climático global ocasionado por las emisiones de gases de efecto invernadero, de los cuales el CO₂ y el CH₄ representan las fuentes mas relevantes. Con los crecimientos que se proyectan para el consumo mundial de energía hasta 2015, se estima que las emisiones de carbono aumentarán en 3.500 millones de toneladas y en el 2015 excederán en 61% los niveles que se tenían en 1990.

A manera de ejemplo se muestran en la Tabla 4 las emisiones CO₂ que surgen de su uso para producción de energía eléctrica:

Tabla 4 – Emisiones por tipo de combustible

Fuel Oil - Gas Oil	600-700 t/GWh
Carbón	950-1100 t/GWh
Gas Natural (con CC)	320-370 t/GWh

El potencial de incremento de emisiones de gases de efecto invernadero asociado al crecimiento de los países en desarrollo ha resultado en propuestas para limitar dichas emisiones. La Convención de Naciones Unidas Sobre Cambio Climático, que quedó reflejada en el Protocolo de Kyoto, recomienda esfuerzos para estabilizar la emisión de gases de invernadero a los niveles de 1990.

Cabe destacarse que los problemas y las soluciones a ambos tipos de emisiones son diferentes:

- En lo relativo a gases contaminantes se han logrado en USA y menor medida en Europa efectos de reducción muy importantes, que han reducido notoriamente la dimensión del problema. La reducción de emisiones fue lograda por una combinación de adelantos tecnológicos (calderas de lecho fluido, desnitrificadores, precipitadores electrostáticos, etc.), y restricciones a las emisiones forzadas a través de penalizaciones. El desarrollo de mercados de emisiones (se explican más adelante) logró reducir apreciablemente el costo de reducción de este tipo de emisiones.
- En los referente a gases de efecto invernadero y el paradigma del calentamiento global:
 - Desde 1975 hasta la fecha se ha manifestado un aumento progresivo de la temperatura terrestre (0.4 C)
 - En correspondencia se ha incrementado la emisión de CO₂, consecuencia del uso de combustibles fósiles
 - Potencialmente el incremento de la concentración de CO₂ puede, a través del fenómeno conocido como efecto invernadero, producir el incremento de la temperatura.

- A este fenómeno también contribuyen también otros gases (en particular el metano) cuyas emisiones son parcialmente de origen antrópico
- Por estas causa se ha atribuido a la acción del hombre este efecto de calentamiento
- Para mitigar el potencial efecto de calentamiento global, el Protocolo de Kyoto establece un acuerdo voluntario para la reducción de gases de efecto invernadero

Las medidas preventivas que surgen del Protocolo de Kyoto son efectivas a partir 2005. Los mecanismo previstos en el protocolo de Kyoto consisten en imponer límites a los países que emiten, asignando a cada uno “certificados de emisiones”, los cuales e distribuyen entre las industrias emisoras. A fin de cada año las empresas deben presentar un número de certificados igual a las emisiones efectivamente realizadas. Las empresas que se han excedido deben pagar una fuerte penalidad, pero pueden cumplir comprando certificados e empresas con excedentes. Esta modalidad impulsó el desarrollo de un mercado de certificados de emisiones donde empresas con excesos o déficit intercambian certificados a un precio resultante del equilibrio entre oferta y demanda. Este mercado está en operación en Europa desde principios de 2005, y actualmente los certificados se cotizan en el orden de los 20 €/tonelada. Estos mecanismos de mercado han probado ser eficientes en USA, donde se aplicaron para limitar las emisiones de SO₂ y NOX.

La continuación indefinida de las restricciones impuestas por el Protocolo de Kyoto implica no sólo costos muy elevados para la industria energética, que finalmente serán sustentados por los consumidores, sino que a mediano plazo significarían un cambio sustancial en el uso de fuentes primarias. Por ejemplo en Europa y en relación a la generación de electricidad, sería necesario no sólo evitar la expansión de la generación con carbón, sino incluso sustituir esta por ciclos combinados usando gas. Pero a largo plazo (2025-2030) la expansión sólo podría realizarse con fuentes que no emitieran CO₂, lo cual crearía un trade-off entre dos paradigmas ambientales: generación nuclear⁷ o aceptar un incremento de las emisiones.

5. FUENTES DE FINANCIACION

En años recientes se han producido importantes cambios en los esquemas de financiación de proyectos energéticos, particularmente a nivel de los países en desarrollo, a medida que han dejado de estar disponibles fuentes tradicionales de recursos como la banca multilateral. En particular, los cambios mas marcados han sido experimentados en el subsector eléctrico donde un buen número de inversionistas privados ha sido atraído a raíz de los procesos de reestructuración y privatización puestos en marcha.

En el caso de los sectores petróleo y de gas natural, también se están experimentando cambios. El estado ha reducido su participación en la industria y en varios países realizaron procesos de privatización, mientras que en otros han mejorado las condiciones para la inversión extranjera. Los sectores gas natural y petróleo, se enfrentan, al igual que el sector eléctrico, al reto de conseguir los recursos de capital que permitan satisfacer la creciente demanda. Teniendo en cuenta que el papel jugado por el sector privado ha sido tradicionalmente importante en el área de hidrocarburos, el proceso de cambio de los esquemas de financiación de proyectos no resultó tan significativo como en el sector eléctrico. El reto de los países en desarrollo

⁷ Que es la única fuente que podría sustituir hoy en día a la generación térmica

se encuentra en su capacidad para ofrecer facilidades al inversionista, tasas de rentabilidad atractivas y nuevas formas de asignación de riesgos.

Los costos de extracción, incluyendo aquellos incurridos en la exploración en busca de reservas, representarán la mayor parte de la inversión en el sector de los combustibles fósiles, aunque la proporción difiere entre los combustibles.

Existe una enorme dispersión sobre la magnitud de las inversiones necesarias para mantener el volumen actual de consumo y atender su crecimiento. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) estima para 2003 un total de 530.000 millones de us\$, de los cuales 38% se dedican a la exploración, desarrollo y producción de petróleo y gas, 60% a electricidad, y el 2% restante a otros energéticos incluyendo el carbón.

Para la electricidad, la participación de la generación es de 46%, mientras que la inversión en transmisión y distribución – impulsada por el creciente número de conexiones de hogares en los países en desarrollo y la necesidad de reemplazar infraestructura en los países de la OCDE y las economías en transición – será utilizará el 54% restante.

6. LAS CONTRIBUCIONES DE LA TECNOLOGÍA

Tal como aconteció durante la crisis de los 80, la tecnología deberá proveer soluciones a los problemas que enfrenta hoy el desarrollo energético. Para analizar las posibilidades conviene separar nítidamente entre los desarrollos que están ya maduros para ser lanzados a nivel comercial, de aquellos que si bien constituyen una posibilidad promisoría, aún requieren de muchos años de investigación.

Una segunda consideración es que las soluciones no estarán sólo del lado de la oferta, sino que existe un gran esfuerzo en lograr una participación más activa de la demanda, y en el campo de la eficiencia energética.

También debe considerarse que sólo dos recursos naturales tienen la capacidad potencial de ofrecer alternativas adecuadas a largo plazo: las energías nuclear y solar. Pero la energía solar no es la energía solar de hoy en día, y la energía nuclear ha encontrado las limitaciones que se mencionaron en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Dentro de los desarrollos que han alcanzado un grado de madurez suficiente se pueden mencionar:

- Las unidades integradas de gasificación del carbón y producción de energía eléctrica. Esta tecnología tiene un gran valor desde el punto de vista estratégico, por la existencia de importantes reservas energéticas en países no propensos a cartelizarse. Además permitiría usar el carbón con un nivel de emisiones menor que resulta de quemarlo en calderas, aunque igualmente se liberaría por kwh generado más CO₂ que en caso de producir la misma cantidad de energía en un ciclo combinado que use al gas como combustible.
- Nuevas técnicas de recuperación secundaria y terciaria de petróleo, que puede permitir las reservas con inversiones más reducidas.
- Obtención de combustibles a partir de esquistos bituminosos. Si bien la tecnología existe desde hace tiempo, los precios elevados del petróleo recién al alcanzar los niveles de 55-60 us\$/barril hacen conveniente su explotación. Igual que el carbón, existe una gran abundancia de esquistos bituminosos en los países desarrollados o distintos de aquellos que concentran las reservas de petróleo y gas.
- Mejoras en las técnicas de transporte y almacenamiento de desechos nucleares, cuyo desarrollo se desalentó por la escasa expansión de la capacidad generadora nuclear.

- Dispositivos para el “secuestro” del CO₂ producido en procesos de combustión, limitando las correspondientes emisiones y posibilitando el uso de carbón y derivados del petróleo.

En lo referente a tecnologías que aún requieren de investigación se puede mencionar:

- Producción de hidrogeno para usarlo en celdas de combustible en nuevos automóviles. Debe tenerse en cuenta que si bien el hidrógeno sería una fuente energética limpia y eficiente, no constituye una fuente primaria, pues se debe obtener a partir del agua usando energía eléctrica, o de hidrocarburos. Las proyecciones más optimistas prevén que las celdas de combustible podrían estar comercialmente disponibles para 2020.
- Desarrollo de motores de combustión interna mas eficientes y limpios
- Aceros de alta resistencia para gasoductos, que podrían operar a presiones apreciablemente mayores que las actuales.

Tan importante como estas investigaciones son las acciones administrativas y políticas tendientes a:

- Identificar y realizar las acciones que permitan levantar las barreras que dificulta la aplicación de nuevas tecnologías a nivel mundial.
- Acelerar la aplicación mundial de las nuevas aplicaciones,
- Circular los resultados de investigaciones y sobre nuevas tecnologías, para acelerar su implementación.
- Promover la formación de mercados mundiales competitivos y transparentes para todos los productos energéticos.

Finalmente en el muy largo plazo existe la posibilidad teórica de una energía nuclear barata, abundante y disponible para toda la humanidad. La fisión del torio y la fusión de deuterio-titrio pueden lograr esos objetivos. Estas serían nuevas tecnologías para producción de energía nuclear, que tendría residuos de corta duración y sin proliferación, con un potencial para proporcionar energía durante los próximos milenios. Pero intentar dar un plazo para disponer de la tecnología adecuada y darle dimensión comercial está totalmente fuera de capacidad de pronóstico.

7. CONCLUSIONES

La disponibilidad de energía a bajo precio está estrechamente ligada a la calidad de vida. Indirectamente como vector productivo, y directamente a través del consumo de las familias. No es pensable una reducción del consumo más allá de razonables y económicamente justificadas medidas de incremento de la eficiencia.

Pero tampoco es pensable que la atención de las necesidades energéticas pueda independizarse del uso de combustibles fósiles, principalmente el petróleo y el gas natural. Existen reservas adecuadas de estos energéticos, que darían tiempo para la búsqueda de alternativas, seguramente mucho más caras, en el caso que la exploración determine que se está en camino de su agotamiento.

- El mayor problema surge de la distribución de las reservas actuales, en una proporción importante en países que se han mostrado propensos a cartelizarse y/o con una alta inestabilidad política. Es decir el principal problema de mediano plazo está ligado más a la distribución de las reservas que de su cantidad.
- Los mayores problemas para el abastecimiento se dan más en relación a precios razonables, que a disponibilidad o tecnología de producción

- El incremento del uso del carbón, abundante en las economías maduras es una buena solución que requiere de desarrollos tecnológicos, aunque entraría en conflicto con los objetivos de reducción de emisiones.
- Una segunda dimensión lo da el paradigma del calentamiento global y las restricciones que impone en el uso de combustibles fósiles. De mantenerse las directivas actuales en cuanto a restricción de emisiones, probablemente los países que adhirieron al Protocolo de Kyoto enfrentarán una crisis de abastecimiento, ya que a largo plazo 15-20 años, para atender el crecimiento de la demanda de electricidad se hará necesario no sólo reemplazar la generación existente que usa carbón, sino prácticamente toda la generación basada en combustibles fósiles, los cuales, como se menciona en el informe, no tienen un sustituto verosímil en ese horizonte. El dilema inevitable será aceptar mayores emisiones o limitar el consumo energético. Sólo el desarrollo de tecnologías de secuestro de CO₂ a costos razonables⁸ podrían evitar este problema.
- La mayor penetración de las energías renovables no parece que pueda mitigar la dependencia de los combustibles fósiles en un horizonte de 20-30 años. La vuelta a la energía nuclear que no produzca temores a la población requeriría también de desarrollos tecnológicos que elimine en forma efectiva los temores de la población.
- Las medidas blandas: participación de la demanda, eficiencia energética, introducción de mercados mundiales competitivos para el gas, carbón, uranio son complementos necesarios para aclarar el futuro energético

Finalmente, se puede concluir que el sector energía a nivel mundial no está pasando por una crisis particular, sino que el abastecimiento de la demanda creciente requiere de continuos esfuerzos, y enfrenta situaciones cambiantes y complejas. Y este esfuerzo es particularmente valioso por la importancia que tiene la energía en el bienestar mundial. La ciencia en su conjunto, con un rol muy especial para la tecnología, puede dar respuesta a las dificultades actuales. Quizás las dificultades más grandes surjan de barreras creadas por decisiones políticas destinadas a resolver problemas parciales o locales. El objetivo de este informe es un gran medida un modesto intento de ayuda al levantamiento de estas barreras, ayudando a divulgar información que intenta ser precisa y objetiva.

⁸ Publicaciones recientes mencionan valores de 10 €/t, los cuales serían totalmente aceptables.