

# Revista Energética



# Energy Magazine

Año 18  
número 2  
mayo-agosto 1994

Year 18  
number 2  
May - Aug. 1994



Tema: **El petróleo y su impacto en  
América Latina y el Caribe**

Topic: Petroleum and its impact in Latin  
America and the Caribbean

Ojolade

# Entorno Internacional para la Industria Petrolera

Jesús Aristizábal F.\*

## I. FACTORES DE CAMBIO

El entorno internacional actual presenta cuatro factores principales de cambio.

### Liberalización y Apertura Económica

La liberalización busca un desempeño más eficiente del Estado mediante su dedicación a las actividades que le son propias, como seguridad, justicia, educación, promoción y regulación del desarrollo económico y social. Un Estado más eficiente implica que se despoje de actividades que dentro de dicho contexto le son ajenas, dando lugar a procesos de modernización y privatización de empresas e industrias.

La apertura económica tiende a eliminar barreras arancelarias y para-arancelarias y a facilitar el intercambio comercial y económico entre países. Este paradigma de mercado abierto y libre todavía se encuentra lejos de su desarrollo real dentro de una verdadera economía globalizada. Lo que se observa actualmente es la conformación de bloques económicos, abiertos internamente pero menos integrados hacia su exterior.

En la medida que los países más pobres adquieran mayor

progreso económico y social a través de desarrollo humano, tecnología, inversión de capital extranjero e industrialización, podrán mejorarse los términos de intercambio con los países más avanzados, dando paso a una economía internacional más globalizada.

### Cuidado del Medio Ambiente

Cada día más la sociedad contemporánea se preocupa por el cuidado del medio ambiente a medida que los centros urbanos, densamente poblados, se hacen más contaminados y menos habitables. El resultado es una creciente legislación orientada al control de la contaminación.

La más importante manifestación de esta tendencia ha sido la celebración en Rio de Janeiro en junio de 1992, de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, donde más de 3.500 delegados de 170 naciones se reunieron con el propósito de buscar compromisos y mecanismos para revertir y controlar el trágico y acelerado deterioro del medio ambiente terrestre ocasionado por la actividad del hombre en la era industrial. De ahora en adelante, el

\* Instituto Colombiano del Petróleo,  
Empresa Colombiana de Petróleos

concepto de desarrollo deberá estar sujeto a una nueva consideración: *sustentabilidad ambiental*. La Conferencia aprobó la Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Carta de la Tierra), el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Convención sobre el Cambio Climático y la Declaración de Principios respecto a la Ordenación, la Conservación y el Desarrollo Sustentable de los Bosques.

### Tecnología

La tecnología es reconocida como una de las megafuerzas que actúan dentro del proceso de cambio que se vive a escala mundial. Latinoamérica y en particular Colombia deben trabajar intensamente en investigación y desarrollo (I&D) con miras a incrementar su capacidad de generación y gestión de tecnología en un ambiente cada vez más competitivo por el futuro y el bienestar de cada nación.

De las 3 millones de personas dedicadas en el mundo a I&D, América Latina contribuye con un 2,4%, y de los recursos destinados anualmente para investigación y desarrollo técnico-científico, América Latina sólo participa con el 1,8%.

La tecnología es factor de desarrollo en la industria petrolera y petroquímica para la asimilación, desarrollo y aplicación de nuevas técnicas para exploración, producción y transporte de petróleo y gas, así como en nuevos procesos para refinación y obtención de combustibles y petroquímicos. A manera de ejemplo, las empresas como SHELL, EXXON y BP, poseedoras de reconocido liderazgo en el sector, durante 1990 invirtieron entre

US\$600 millones y US\$1 mil millones en I&D (0,5% a 0,8% del valor de sus ventas anuales).

### Dicotomía Norte-Sur Acentuada

Múltiples aspectos históricos, culturales, geográficos y políticos han determinado una polarización en la distribución de la riqueza y el bienestar en el mundo, el cual se ha segmentado en los dos grandes grupos de países conocidos como Norte-Sur.

Este desequilibrio entre los países Norte y los países Sur está claramente definido por la capacidad y nivel tecno-económico de cada uno de los grupos. El primero, generador permanente de innovación para incrementar productividad, calidad de productos y servicios y mejorar el bienestar social. El segundo, con precaria capacidad científica y organizativa, se ha convertido en un consumidor cautivo de tecnologías del bloque Norte con el agravante de tener un exhausto poder de compra sostenido principalmente por la exportación de bienes primarios de bajo valor agregado.

La liberalización supone que las economías Sur poseedoras, en la mayoría de los casos, de abundantes recursos naturales y potencial humano, al ser expuestas a la competencia internacional y a procesos de modernización, dinamizados por la afluencia de capitales y tecnología extranjeros, podrán acelerar el camino hacia el desarrollo económico y social para cerrar la brecha existente con los países Norte.

## II. NUEVO ORDEN INTERNACIONAL

A partir de la década de los

setenta se han venido gestando las condiciones para un nuevo orden internacional el cual se perfila más claramente a la luz de acontecimientos recientes como la caída del muro de Berlín, la desmembración de la Unión Soviética y el avance en la integración Europea prevista en el tratado de Maastricht.

### Del Bipolarismo al Multipolarismo

Después de la Segunda Guerra Mundial el esquema geopolítico internacional se caracterizó por el bipolarismo Este-Oeste al consolidarse los pactos de Varsovia y la OTAN con dos antagonistas claros: Estados Unidos y la Unión Soviética. Esta rivalidad política, económica y tecnológica, tuvo varios escenarios como fueron la guerra fría, episodios en Corea, Indochina, el Caribe, África y la carrera espacial. Con el advenimiento de la perestroika y el glasnot se dio curso a la distensión, el desarme y, finalmente, el colapso del estatismo Soviético.

Los nuevos actores protagónicos de la escena mundial son los Estados Unidos, Europa y Japón, triada que continuará dominando el panorama económico más allá del año 2000, gracias a su poder dominante en producción, consumo y tecnología.

### Bloques Económicos

El más notable intento de integración internacional lo constituye la Comunidad Económica Europea (CEE) donde un grupo creciente de países se ha unido para lograr preponderancia económica en el ámbito mundial. La CEE cuenta con 340 millones de habitantes, un PIB de US\$6 trillones (más de

US\$17.000 per cápita). Por el volumen de sus importaciones y exportaciones es el mercado más grande del planeta. Hacia el futuro, la CEE podrá avanzar hacia la conformación de un bloque paneuropeo integrando los países nórdicos y los antiguos aliados y miembros de la URSS.

El bloque norteamericano de libre comercio (NAFTA), que conforman Canadá, los Estados Unidos y México avanza hacia su consolidación definitiva, abriéndose paso, también aquí, la posibilidad de un bloque panamericano cuyo punto de articulación con el Grupo de los Tres sería México para unirse luego con otros países del Pacto Andino, la cuenca del Caribe y el Cono Sur.

El Japón descolla en el Asia y es el paradigma de un milagro económico bien imitado por los "tigres" y Corea. Aunque estos países no constituyen un bloque integrado formalmente, su peso específico dentro del balance económico y tecnológico mundial es muy relevante.

#### Globalización

La importancia de los miembros del NAFTA sumada a la de los países localizados en la región Asia-Pacífico con la adición de Oceanía, conducen a considerar que el eje geopolítico del mundo para el siglo XXI se localizará en la *Cuenca del Pacífico* donde se ubica más del 50% de la población y 60% del producto bruto mundial.

La Cuenca del Pacífico, el avance en las telecomunicaciones, el intercambio comercial internacional, y un esquema más homogéneo de

desarrollo entre los países, logrado a través de la tecnología, la selectividad y especialización en la producción, podrán dar paso a una economía más globalizada que paulatinamente integre la red de bloques y regiones del mundo.

#### Crecimiento Económico

En los últimos años ha habido una considerable desaceleración en el ritmo de crecimiento de la economía mundial que pasó de índices de 4,5% en 1988 a 3,3% en 1989, 2,1% en 1990 y cerca del 1% en 1991. El papel dinamizador, otrora encabezado por los Estados Unidos, se ha desplazado al Japón y a Europa Occidental. El bajo desempeño de las economías de países industrializados fue influenciado particularmente por el aumento del precio del petróleo derivado del conflicto en el Golfo Pérsico en 1990-1991.

Desde 1993, se prevé una recuperación en las tasas de crecimiento de la economía internacional dentro de un escenario con un mercado petrolero tranquilo y estable como ha sido después del último conflicto en el Medio Oriente.

Una proyección hacia el resto de la década demuestra a Canadá liderando el mundo industrializado con tasas de crecimiento superiores al 4,0% a mediados de los noventa. La economía de los Estados Unidos continuará con una lenta recuperación luego de la recesión económica del período 1991-1993.

En la OCDE el crecimiento en los años por venir, se proyecta en un 2% a 3% anual. En el caso de que se presenten dificultades en la

implantación del tratado de Maastricht, el crecimiento europeo podría ser menor.

La Europa del Este, luego de una contracción en el período 1992-1993, mostrará resultados positivos como consecuencia del avance en la política de liberalización. Como un total, experimentará una fuerte expansión durante 1995-1996 con crecimientos entre 5% y 5,5% anual, estabilizándose luego en 3,2% para el resto de la década.

Los países latinoamericanos experimentarán fuerte tendencia al crecimiento, 4% a 4,25% por año como consecuencia de la liberalización continuada acompañada de inversión de capital extranjero.

En el área del Pacífico la economía del Japón y de los "tigres" se proyecta con signos de madurez económica con menores tasas comparadas con la del dinámico crecimiento logrado en los años ochenta. La tasa de crecimiento fluctuará entre 2,5% a 3,8% de 1993 al 1996 estabilizándose en un promedio de 3,4% hasta pasado el año 2000.

Posterior al impacto sufrido con la guerra del Golfo, los países del Medio Oriente mejorarán su desempeño económico pasando del modesto 1% en 1991 a 4,0% en 1996.

La región Africa-Asia continúa una cierta trayectoria hacia el desarrollo no obstante. Se proyecta un sostenido crecimiento económico entre el 3,5 y 3,8% durante la próxima década.

En síntesis, el escenario de referencia propuesto, vislumbra un repunte económico en los años iniciales, 1994-1996, seguido de una etapa estable de crecimiento positivo hasta pasado el año 2000.

### III. ESCENARIO PARA EL MERCADO MUNDIAL PETROLERO

#### Consumo y Producción de Energía

En 1992 el consumo energético mundial solo creció un 0,2%, cifra similar a los casi nulos incrementos reportados desde 1990. Esta situación contrasta con el comportamiento de la demanda energética mundial lograda en el período 1982-1990 el cual tuvo un crecimiento promedio del 2,6%. La causa principal del actual estancamiento en la demanda global se ha originado en la caída del consumo en países de la ex Unión Soviética y países no pertenecientes a la OCDE. Por otro lado, en 1992, los países industrializados sólo marcaron un

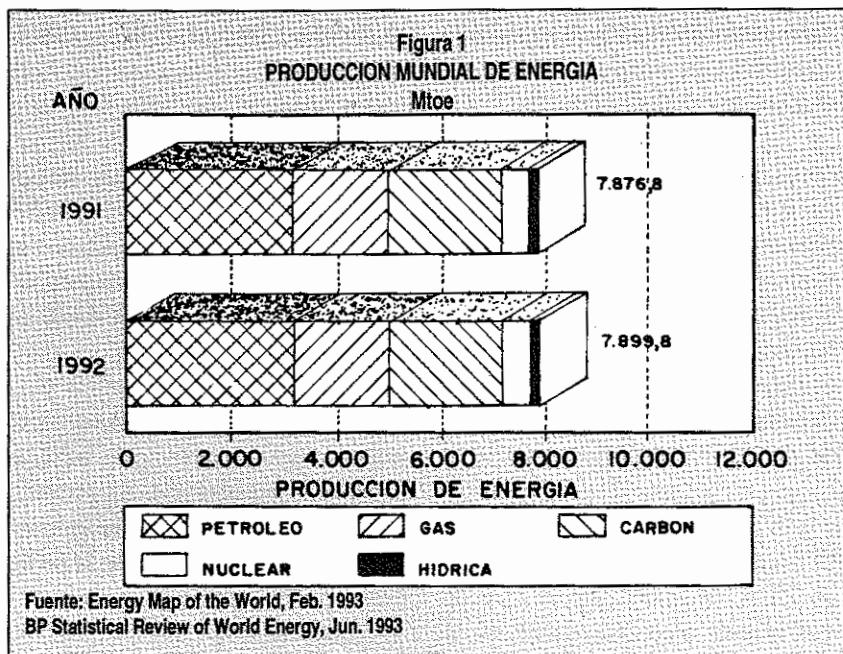
incremento del 1% en su consumo mientras los latinoamericanos elevaron su demanda en 4,8%. Los países asiáticos con mayor crecimiento reportaron guarismos de hasta dos dígitos.

Los grandes deficitarios de energía son América del Norte Europa Occidental y Asia. El Medio Oriente, ex Unión Soviética, África y Latinoamérica, en su orden, son exportadores. Con esto, podemos identificar los protagonistas del mercado de oferta y demanda petrolera. Quien tiene mayor peso específico en el balance petrolero mundial es el Medio Oriente aportando al mercado aproximadamente 18,3 millones de barriles por día. La producción energética mundial durante los últimos dos años se muestra en la Figura 1.

#### La Industria del Petróleo

El petróleo crudo y el gas natural son la materia prima para la industria petrolera cuyo negocio es encontrarlos, extraerlos, transportarlos, almacenarlos, y fabricar con ellos productos útiles para ser comercializados. Internacionalismo, productividad e intensidad en tecnología y capital son características de esta industria.

En el curso de su historia, la industria de hidrocarburos ha experimentado diversas crisis. Desde la década de los años setenta, el equilibrio del mercado se ha alterado al emerger nuevos productores, nuevas necesidades y cambios en los precios. La reciente guerra del Golfo y las crisis de 1973 y 1979, han marcado de manera particular el escenario energético mundial y han dado paso a cambios estructurales



durante los cuales la industria ha sido capaz de demostrar su adaptabilidad y flexibilidad. Esto ha servido para implementar tecnologías innovativas las cuales gradualmente conducen a una optimización del consumo y a la obtención de nuevas reservas de petróleo.

El futuro a largo plazo necesariamente se basa en dos factores claves:

- *Los hidrocarburos de origen fósil son la principal fuente de energía y permanecerán como tal por largo tiempo. A pesar de la declinación relativa que han experimentado como fuente energética desde 1973, todavía cuentan en un 58% de la demanda mundial y continuarán cubriendo más del 50% en el año 2010 (Tabla 1).*
- *Con una demanda energética mundial, en el rango de 9,5 a 10,4 GTOE para el año 2000, el petróleo por sí solo cubrirá más de un tercio de las necesidades de energía.*

## Mercado del Petróleo

### Geopolítica

En la segunda mitad del siglo XX el Medio Oriente ha sido epicentro de múltiples conflictos étnicos, fronterizos, religiosos y económicos de carácter interestatal y aún internos dentro de los países del área.

Los acuerdos y decisiones posteriores a la primera y segunda guerras mundiales, dieron origen a la creación de estados en el Medio

Oriente, los cuales desde su nacimiento mostraron una marcada propensión al conflicto ya que las divisiones y modificaciones territoriales establecidas impusieron separaciones forzadas a continuidades étnicas y religiosas tradicionales sumadas a rencillas y ambiciones por el reparto de la inmensa riqueza petrolífera.

En la parte religiosa, el fundamentalismo islámico y el judaísmo, y en la parte política el nacionalismo árabe y el fanatismo político son detonadores permanentes para nuevas crisis. Esta propensión de la zona para el desarrollo de conflictos sumada a la capacidad militar y destructiva de varios de los actores, la cual puede ser complementada con la participación de potencias occidentales, hace que la posibilidad de confrontaciones bélicas genere una constante incertidumbre sobre la confiabilidad de la producción petrolera del área.

TABLA No. 1					
DEMANDA MUNDIAL DE ENERGIAS COMERCIALES (10 <sup>9</sup> TOE)					
FUENTE DE ENERGIA	1960	1980	1990	2000	2010
PETROLEO	1,1	3,0	3,1	3,5-3,7	4,0-4,4
GAS	4,0	1,3	1,7	2,1-2,3	2,5-2,7
CARBON	1,5	1,8	2,2	2,4-2,9	2,4-2,9
NUCLEAR	-	0,15	0,45	0,5-0,6	0,7-0,9
HIDRICA Y OTRAS	0,2	0,45	0,55	0,7-0,9	1,0-1,1
<b>TOTAL</b>	<b>3,2</b>	<b>6,7</b>	<b>8</b>	<b>9,5-10,4</b>	<b>11,0-12,0</b>

Fuente: IFP, mayo de 1993

Cualquier escenario que se tome como referencia para el mercado petrolero del futuro, representa solo una, de una multitud de posibles alternativas para la evolución de precios y, consecuentemente, es muy dependiente de factores geopolíticos, ambientales, económicos y tecnológicos.

#### Reservas

Las reservas probadas de petróleo en el mundo, se estiman en un trillón de barriles (1.007 Gb). Las de gas totalizan 4.885 trillones de pies cúbicos. A las tasas actuales de producción, las reservas de petróleo durarían 43,1 años y las de gas 64,8 años (Figuras 2 y 3).

En el Medio Oriente reposan el 65,7% de las reservas mundiales probadas de petróleo. A su vez, Arabia Saudita posee el 25,6% de este total. Esta posición dominante del Medio Oriente está reforzada por tener los más bajos costos de producción. Actualmente, tres cuartas partes de las reservas mundiales tienen costos de producción inferiores a US\$4 por barril, y el 90% de

éstas se localizan en el Medio Oriente. En gas, el Medio Oriente ostenta el 31,0% de las reservas, la supremacía es la de la ex Unión Soviética y Europa Oriental con un 40,0% de tales reservas.

#### Demanda

Entre 1991 y 1992, las fuertes ganancias en el consumo de petróleo en la región del Sudeste Asiático, especialmente Corea del Sur, compensaron la reducción presentada en los países ex Unión Soviética, Norteamérica y Europa. Así, el incremento en la demanda global petrolera, en 1991, fue de 0,45% no obstante el aumento del 5,7% en el Sudeste Asiático. Para 1992, el consumo creció en 0,5%, conservándose los patrones globales de consumo ya mencionados.

En 1992, el crecimiento global de la demanda de gas fue tan sólo de 0,4% puesto que la caída en el consumo en Europa compensó los incrementos en otras regiones. El mayor crecimiento tuvo lugar en Latinoamérica donde el gas continuó ganando mercado con respecto

Figura N° 2  
RESERVAS MUNDIALES DE PETROLEO- 1992  
1007 Gb

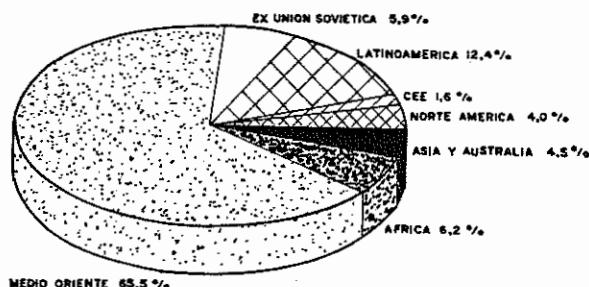
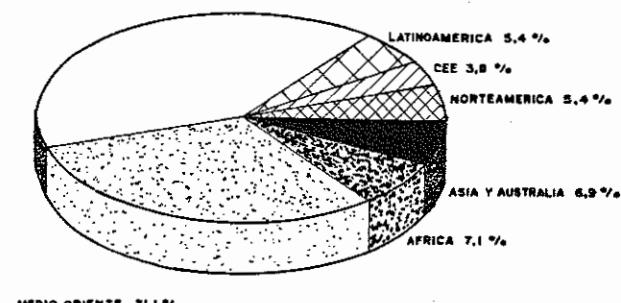


Figura N° 3  
RESERVAS MUNDIALES DE GAS - 1992  
4885 Trillones Pies<sup>3</sup>



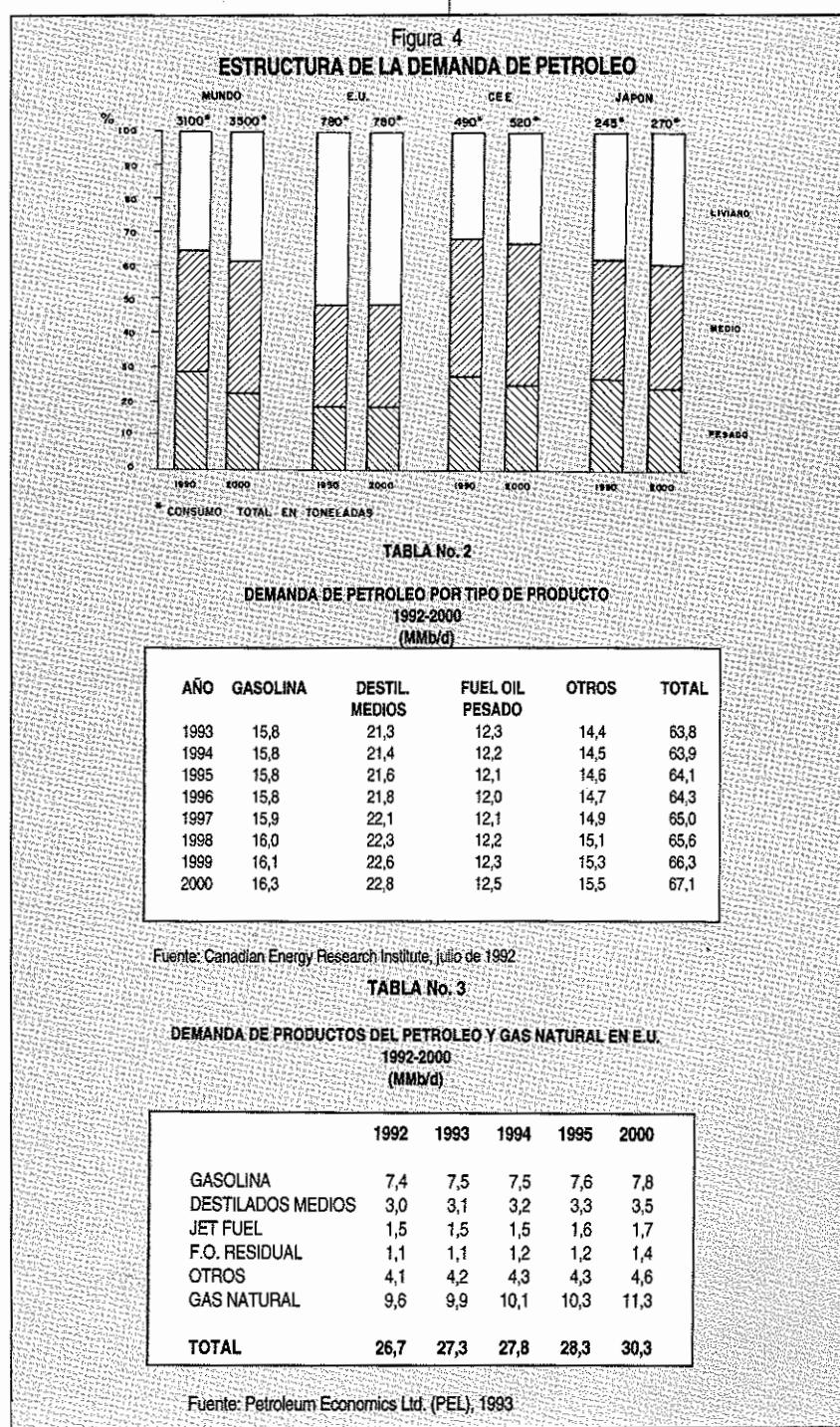
a otros combustibles. Se destaca el espectacular crecimiento, 30,8%, logrado por Corea y el 3,5% de los Estados Unidos.

Entre los años 1990 y 2000, se estima un crecimiento aproximado del 15% en la demanda global de petróleo aumentando la proporción de livianos y medios a expensas de pesados (Figura 4). La demanda será un reflejo del avance económico de los países y regiones del mundo; el nuevo líder en demanda será Asia puesto que los nuevos milagros económicos requieren energía para su crecimiento. En diez años, el consumo de petróleo en esta región se incrementará en 5 millones de barriles por día o más y consumirá más energía que Norteamérica. Esto significa que el centro de gravedad del mercado petrolero se moverá hacia la Cuenca del Pacífico. En la Tabla 1 se han indicado algunas proyecciones sobre la demanda de petróleo y gas hasta el año 2010.

En cuanto a productos, para el año 2000 se estima un moderado crecimiento en la demanda de gasolina y fuel oil y un mayor crecimiento en la de otros productos. Los destilados medios permanecerán como la categoría de productos dominante con el 34% de la demanda total; la gasolina como producto individual es el que más pesa con el 24% y el fuel oil 18% (Tabla 2).

En los Estados Unidos la demanda de combustibles de origen fósil se incrementará entre 1992 y el 2000 en 3,6 millones de barriles por día y evolucionará como se muestra en la Tabla 3.

Las regulaciones ambientales tendientes a disminuir la contaminación del aire por efecto de la combustión de hidrocarburos hacen que la demanda para los productos del petróleo exija cada vez más y mejores características de calidad.



Para las gasolinas, se continúa con la eliminación del plomo. La tendencia es la utilización de gasolinas reformuladas y el logro de mayor eficiencia energética mediante el mejoramiento del diseño mecánico, estructural y aerodinámico de los vehículos. Los destilados medios, jet fuel y fuel residual, deberán disminuir en contenido el azufre; por ejemplo, en 1992, el 34% de la demanda mundial de fuel oil se cubrió con producto de bajo azufre (<1,5%) para el año 2000, este porcentaje se incrementará al 47%.

#### Producción

La producción mundial promedio de petróleo, 1988-1992, se situó en 64,06 millones de barriles por día, (8,74 MMt/d); el Medio Oriente y la ex Unión Soviética son los principales productores (Tabla 4).

Soviética son los principales productores (Tabla 4).

La OPEP ha mantenido su sistema de cuotas, precios y solidaridad. Kuwait, con la reconstrucción de la infraestructura dañada, está recuperando paulatinamente sus niveles de producción previos a la crisis. En 1992, la producción mundial de petróleo subió aproximadamente en 0,5 millones de barriles por día, el Medio Oriente incrementó su producción en 1,5 millones de barriles por día pero esto fue compensado con la caída en la producción de la ex Unión Soviética, equivalente a 1,4 millones de barriles por día. En gas natural, la producción está liderada por la ex Unión Soviética, seguida por Norteamérica. No obstante sus importantes reservas de gas, el Medio Oriente solamente participa con el 5,7% de la producción mundial (Tabla 5).

**TABLA No. 4  
PRINCIPALES PRODUCTORES DE PETROLEO 1992  
(MMt/año)**

PAÍS	PRODUCCIÓN
Ex Unión Soviética	450
Arabia Saudita*	420
Estados Unidos	411
Irán*	173
México	155
China	142
Venezuela*	121
Noruega	106
Canadá	97
Nigeria*	97
Reino Unido	94
Abu Dhabi*	91
Indonesia*	76
Libia*	73
Algeria*	58
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>3169</b>

Fuente: IFP, 1993

\*Países OPEP

La relación de producción entre petróleo y gas ha venido incrementándose paulatinamente. En 1950 era 0,37, para 1992 llegó a 0,67; hacia el año 2000, esta tendencia seguirá, aunque de forma más moderada. Ya que el gas natural posee menor contenido energético, por unidad de volumen, que el petróleo, el consumo se concentra principalmente en zonas de producción, por esta razón, solamente se comercializa internacionalmente el 13% de la producción mundial de gas.

Hacia el futuro, algunos expertos proyectan que la producción de crudo y gas de los países no-OPEP declinará hasta el año 2000 para luego recuperar nuevamente el

nivel actual en el 2007. Por su parte, la OPEP presentará un sostenido incremento de su participación en el mercado consiguiendo para el 2007 que su producción cubra el 50% del total mundial (Figura 5). Es importante anotar que para 1993 la capacidad de producción de la OPEP está cubierta en un 86%, para el año 2000 lo estará entre un 89% a 96%.

#### Precios:

Los precios de referencia más utilizados para el petróleo crudo son los correspondientes al WTI (West Texas Intermediate Oil), Brent, Nigeria Light y Arabian Light, siendo el más costoso el primero de éstos, seguido en su orden por los demás.

En los últimos 20 años, el precio del crudo ha estado marcado

por la inestabilidad geopolítica del Medio Oriente (Figura 6). En 1973, la guerra del Yom Kippur dio lugar al primer incremento sensible en el precio del petróleo, pasando el Arabian Light de menos de US\$3 por barril a más de 10 y dando lugar al inicio de la dominación del mercado por parte de la OPEP. Posteriormente, de 1979 al 1986, la revolución Iraní y la guerra Irak-Irán dispararon la cota de precios por encima de los US\$35 por barril.

De 1986 a 1990 los precios descendieron, en esta ocasión por la política adoptada por Arabia Saudita, en 1986, de suministrar crudo bajo la modalidad de contratos tipo "netback". La más reciente crisis en el Golfo Pérsico derivada de la invasión de Irak a Kuwait nuevamente disparó los precios a picos por encima de los US\$30, pero esta vez, por un lapso mucho más breve.

Para los últimos cinco años los precios del crudo en dólares corrientes se muestran en la Tabla 6.

Recientemente se ha presentado una fuerte declinación en los precios, ocasionada por aumento en la producción de la OPEP, gracias a la continuada recuperación de la capacidad de producción kuwaití y por las expectativas generadas por la posibilidad del nuevo ingreso de Irak al mercado petrolero con cerca de 2,8 millones de barriles por día. Esta

**TABLA No. 5  
PRINCIPALES PRODUCTORES DE GAS 1992  
(Billones de M3/año)**

PAÍS	PRODUCCIÓN
CEI	771
Estados Unidos	503
Canadá	124
Holanda	83
Algeria	56
Reino Unido	56
Indonesia	54
Arabia Saudita	34
Noruega	28
México	26
Irán	25
Venezuela	24
Malasia	23
Rumania	22
Australia	22
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>1851</b>

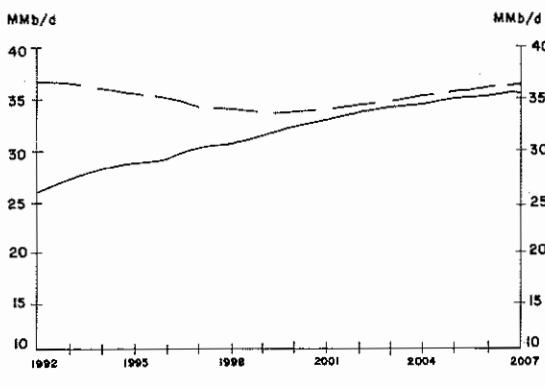
Fuente: IFP, 1993

**TABLA No. 6**  
**PRECIO DEL PETROLEO CRUDO POR TIPO**  
**US\$ Corrientes**

	ARABIAN LIGHT	BRENT	NIGERIA LIGHT	WTI
1988	13,22	14,96	15,10	15,98
1989	15,69	18,20	18,50	19,68
1990	20,50	23,81	24,27	24,52
1991	16,56	20,05	20,50	21,54
1992	17,21	19,37	19,92	20,57

Fuente: BP Statistical Review of World Energy, junio de 1993

**Figura 5**  
**PRODUCCION OPEP Vs No.-OPEP**



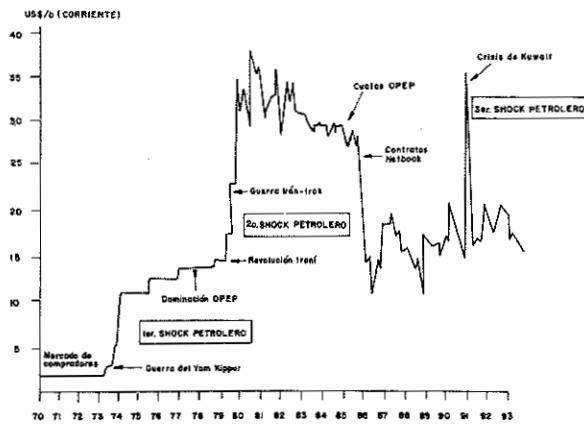
FUENTE: Canadian Energy Research Institute, Jul. 92

coyuntura deprimió los precios por barril de WTI, a menos de US\$15 a finales de 1993.

Para el próximo futuro se supone que la OPEP seguirá la política liderada por Arabia Saudita de obtener ganancias a través de incrementos paulatinos en la producción y venta, más que en el aumento de los precios. Estas hipótesis se basan en que la capacidad adicional de producción de Arabia Saudita, Emiratos Arabes Unidos e Irán no entre en plena operación.

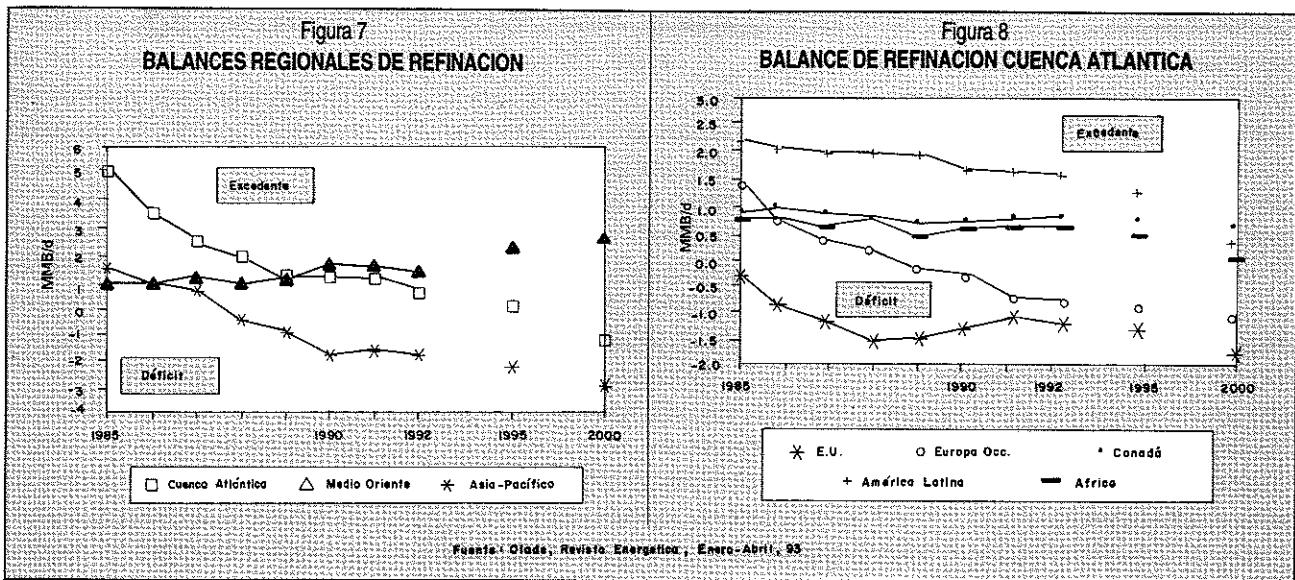
Centros de investigación en economía petrolera como el Canadian Energy Research Institute y el Instituto Francés del Petróleo prevén que entre 1994 y 1995 los precios reaccionarán, experimentando una franca tendencia al alza debido al acelerado incremento en la demanda. A partir de entonces, se supone que el precio se mantendrá estable en algún valor por encima de los US\$20 dólar de 1992 por el resto de la década.

**Figura 6**  
**PRECIO DEL CRUDO ARABIAN LIGHT**



### Refinación

El aumento en los precios del petróleo derivado de la crisis de finales de los setenta y principios de los ochenta, tuvo como una de sus consecuencias la reducción en la demanda de hidrocarburos, particularmente en los países desarrollados. Las políticas de ahorro y sustitución de energía de origen fósil disminuyeron su consumo en cerca de 6 millones de barriles por día, en el lapso 1981-1985, afectando principalmente los combustibles más pesados; por ejemplo, la demanda de fuel oil residual se contrajo en un



50%, cubriendo sólo el 15% de la demanda total.

La situación planteada hizo que buena parte de la capacidad global de refinación se volviera redundante y anti-económica y consecuentemente se presentó una racionalización de capacidad mediante el cierre definitivo de instalaciones, por un total aproximado de 10 millones de barriles por día, durante el quinquenio 1981-1985. A partir de la segunda mitad de la década, debido a la reactivación de la demanda y a una mayor estabilidad en el mercado, la capacidad global de destilación comenzó a incrementarse nuevamente, acompañada de un mayor grado de sofisticación tecnológica (expansión de unidades de ruptura catalítica).

Algunos analistas consideran que a nivel global, para el período 1992-1995, el balance capacidad de refinación-demanda, permanecerá relativamente pequeño (al nivel de 1992), es decir, que las expansiones en capacidad apenas serán suficientes para cubrir el incremento en la

demand. Para el año 2000, los excedentes potenciales bien podrían desaparecer posibilitando un déficit potencial en la capacidad global de refinación (Tabla 7). Es importante anotar que los términos excedente y déficit potencial no implican necesariamente un excedente o faltante físico, sino más bien, una medida de la presión de las tendencias sobre el sistema de refinación y sus márgenes.

Para determinar el balance de refinación, se calcula el potencial de refinación ajustando la capacidad

**TABLA No.7  
BALANCE GLOBAL DE DESTILACION  
(MMBd)**

	1990	1991	1992	1993	1994
Excedente/Déficit	0,9	1,3	0,4	0,6	(1,4)

\* Producción potencial de refinería basada en una capacidad operativa anual del 85% de la nominal.

\* En el suministro potencial total se incluyen GNL, oxigenados y otros hidrocarburos.

Fuente: OLADE, Revista Energética, enero-abril, 1993.

nominal a una tasa efectiva de operación anual del 85%. A esta producción se adicionan otros suministros como LNG, oxigenados, alcohol y otros hidrocarburos, para obtener la estimación del suministro potencial total.

Un balance desagregado por regiones muestra tendencias similares a las ya anotadas (Figuras 7 y 8), con la excepción de la región Asia-Pacífico donde los déficits acumulados durante los últimos años son importantes.

El superávit potencial de la Cuenca Atlántica podrá desaparecer hacia 1995 con la posibilidad de tener que obtener productos procesados en otras regiones. La región Asia-Pacífico continuará incrementando su déficit, no obstante los importantes incrementos en capacidad. La región del Medio Oriente continuará como equilibrador en el mercado global. Por su parte, América Latina y el Caribe con una capacidad excedente superior al millón de barriles por día se encontrará bien posicionado como suministrador para la Cuenca Atlántica y Asia-Pacífico.

Un aspecto muy importante que afectará el mercado de productos del petróleo en los años por venir, es la calidad de los refinados. Esta variable podrá afectar las inversiones, el cierre de instalaciones, los márgenes de refinación y el comercio. El mayor control en la calidad de los combustibles se está convirtiendo en política generalizada, especialmente en los países industrializados donde se están tomando medidas para eliminar el plomo de las gasolinas y reducir el

azufre en el crudo, diesel y fuel oil residual. Los Estados Unidos se ha comprometido, para el corto plazo, a través de la Ley de Aire Limpio, con el uso de gasolinas reformuladas y para el futuro se espera lo imiten un número creciente de países.

#### IV ESCENARIO TECNOLOGICO PARA EL PETROLEO

La optimización de las variables disponibilidad-costo de los hidrocarburos, son el gran reto para el desarrollo de la industria petrolera. Por esto, rápidamente la industria ha seleccionado y concretado sus esfuerzos de I&D en varios tópicos que ofrecen gran potencial de progreso tecnológico los cuales podemos resumir como sigue:

##### Exploración

El objetivo se centra en incrementar el factor de éxito en perforación y en reducir costos. Hacia el futuro, la meta es operar con una relación éxito-fracaso de 1-4, frente al promedio mundial actual de 1-7. Para esto, se buscan significativos avances en varias direcciones, a saber:

- Mejor entendimiento de procesos geológicos y físicos mediante investigación en generación, migración y entrampamiento de petróleo y gas y desarrollo de sistemas computacionales para el logro de modelos geológicos integrados.
- Combinación de resultados de las componentes geológicas, geofísicas y geoquímicas, incorporadas en modelos matemáticos de yacimiento.
- Avances en la tecnología de sísmica 3-D en todos sus domi-
- nios: adquisición, procesamiento e interpretación, con el fin de lograr mejoras en la solución del subsuelo e integración con otras disciplinas.
- Desarrollo de técnicas automatizadas de interpretación sísmica mediante uso de modelación matemático e inversión.
- Operaciones de perforación computerizadas con mejor entendimiento de los mecanismos de destrucción de roca y condiciones de estabilidad de las paredes de pozo y con recuperación de datos en línea.
- Desarrollo de fluidos de perforación estables a altas temperaturas y en ambientes contaminados con H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub> y con baja toxicidad y limitado daño a la formación.
- Perforación de pozos de pequeño diámetro (slim holes) y perforación con tubería continua.
- Mejor evaluación de yacimientos gracias al mayor conocimiento

##### Producción

En estas actividades trata de optimizar las condiciones de producción para lograr pozos de tres a cinco veces más productivos y obtener mayor recuperación de hidrocarburos de los campos con reducción de costos entre el 20% y el 50%. Sobre este particular se anota que un 1% de incremento en el promedio de las tasas de recuperación representaría el equivalente de dos años de la producción mundial. Para el área de producción se esperan avances tecnológicos en:

- de su arquitectura y al análisis de las leyes físicas que condicionan su comportamiento dinámico.
- Incremento de la productividad de pozo mediante el desarrollo de nuevos procesos de producción entre los que cuentan: perforación horizontal o altamente desviada, fracturamiento hidráulico, modelamiento numérico.
  - Reducción de costos en los procesos de recuperación secundaria mediante el óptimo posicionamiento del pozo, control de retención o absorción de productos inyectados y menor cantidad de productos usados.
- Costa Afuera**
- Disminuir costos de capital y desarrollo entre 30% a 50%.
- Se tendrá una reducción de costos con plataformas y equipos más livianos automatizados y fáciles de instalar.
  - Para aguas profundas, nueva generación de plataformas asociadas con completamiento submarino controlado remotamente.
  - Como objetivos más ambiciosos se piensa en la eliminación total de operaciones de procesamiento y separación en sitio mediante instalaciones de flujo multifacético y estaciones submarinas automatizadas.
- Productos y Ambiente**
- La investigación y desarrollo se adelanta para manufacturar nuevos productos o procesos que reduzcan el efecto ambiental negativo de la búsqueda, producción,
- transporte y uso del petróleo y el gas.
- Producción y Transporte: Prevención y limpieza de herramientas de petróleo.
  - Refinación: Cumplimiento de las rigurosas especificaciones ambientales con respecto a contaminación por agua, aire, suelo y ruido.
  - Motores: Mayor eficiencia en la combustión y desarrollo de convertidores catalíticos para control de emisiones de vehículos automotores.
  - Combustibles: Aumento del octanaje y calidad de los productos, uso generalizado de gasolina libre de Plomo, limitación del contenido de benceno, desulfuración del diesel, gas oil y fuel oil pesado.
  - Lubricantes: Lubricantes con baja volatilidad, alta estabilidad térmica y oxidativa y comportamiento reológico de tipo multigrado.
  - Asfaltos: Optimización de especificaciones de los componentes de pavimentos, asfaltos y agregados para mejorar durabilidad, costo y rentabilidad de las inversiones en pavimentos.
  - Técnicas de Combustión: Quemadores de bajo NO<sub>x</sub>, quemadores de lecho fluidizado y desulfurización de efluentes, disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>.
  - Catálisis: Mejoramientos para el procesamiento de gasolinas de alto octanaje y gasolinas de reformado catalítico. Obtención de catalizadores específicos para mejoramiento del procesamiento de crudos sintéticos.
  - Crudos pesados: Se trabajará para una mayor recuperación, transporte, y procesos para óptima utilización.

## V. MEDIO AMBIENTE Y PETROLEO

### Contaminación por Combustibles Fósiles

Las fuentes de contaminación por combustibles fósiles, su origen, efectos y soluciones se detallan en la Tabla 8.

El más dañino de los contaminantes proveniente de combustibles fósiles es el plomo que se adiciona a la gasolina para mejorar octanaje. El plomo se ha venido eliminando con mayor prioridad, 96% desde 1970.

El Clean Air Act (CAA) busca en los Estados Unidos disminuir la emisión de compuestos tóxicos derivados de la combustión de gasolina. Para el futuro, la gasolina será una mezcla balanceada de parafinas volátiles, oxigenados, isoparafinas, tolueno y tendrá un mínimo de compuestos pesados. El CAA, tendrá efectos importantes en el mercado de carburantes en los Estados Unidos y también impactos colaterales para otros países en dos formas: El primero, será un efecto demostración para desarrollar políticas y prácticas para mejorar la calidad del aire y el segundo, el impacto en las operaciones de refinación en naciones que exportan combustibles a los Estados Unidos.

**TABLA NO. 8**  
**CONTAMINACION POR COMBUSTIBLES FOSILES**

CONTAMINANTE	ORIGEN	EFFECTO	CONTROL
PLOMO (Pb)	Combustibles aditivados con Pb para aumento de octanaje.	Emisión gases tóxicos	- Eliminar adición Pb.
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	Combustión incompleta de combustibles	Emisión gas tóxico	- Instalación de convertidores catalíticos. - Adición de oxigenados. - Reemplazo de vehículos viejos. - Mejoramiento combustión.
HIDROCARBUROS NO QUEMADOS (HC)	Combustión incompleta de hidrocarburos	Ozono smog	- Adición de oxigenados. - Instalación de convertidores catalíticos.
OXIDOS DE NITROGENO (NOx)	Reacción de N y O del aire en el sistema de combustión	Lluvia ácida, ozono smog	- Bajar la temperatura de combustión con mejores diseños de motores; reducción de aromáticos; adición de oxigenados. Control catalítico de emisiones.
DIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> )	Combustión de fuel oil	Lluvia ácida	- Desulfurización de combustibles.
PARTICULADOS Y FINOS	Combustión de fuel oil y otros combustibles	Smog	- Disminución de aromáticos. - Filtrado de emisiones.
DIOXIDO DE CARBONO (CO <sup>2</sup> )	Combustión completa de combustibles fósiles y oxidación de CO.	Efecto invernadero	- Uso más eficiente de gasolina con mejores diseños de vehículos, vías y mejorando el tráfico en ciudades.
VAPORES DE HIDROCARBUROS Y BENCENO	Emisiones en tanques estaciones de distribución de combustible, venteos, escapes de carburador, etc.	Ozono, smog	- Reducción de la presión de vapor de la gasolina. - Reducción del contenido de benceno.

En el corto plazo se cree que las mejoras en la eficiencia energética proveerán el mayor decrecimiento en la cantidad de contaminantes que se emitan a la atmósfera cada año. No obstante, como el consumo de combustibles de origen fósil es la fuente primaria de dióxido de carbono, el gas principal del efecto invernadero, el objetivo a más

largo plazo, para reducir este efecto, será la capacidad de cambiar hacia fuentes de energía menos intensivas en carbono.

#### Nuevas tecnologías para vehículos

Los estándares de emisión en vehículos automotores están cambiando por ser éstos la mayor fuente de contaminación. La sociedad está

reclamando no solo combustibles sin Plomo sino combustibles que reduzcan las cantidades de CO<sub>2</sub>, NOx, CO y particulados que se descarguen a la atmósfera.

Las principales respuestas tecnológicas para el control de la contaminación ambiental son: economía de combustible, control

de emisiones mediante vehículos de combustibles alternos y vehículos alternos.

### Economía de combustible

Para automóviles pequeños la meta es lograr un rendimiento de 100 mpg. Para este propósito se trabaja en el desarrollo de los siguientes tópicos:

- Mejoramiento de la eficiencia del motor y la transmisión.
- Aerodinámica de la carrocería.
- Uso de materiales livianos como fibra de carbono para disminuir peso.

### Vehículos de combustibles alternos

La mayoría de los grandes fabricantes de automóviles tienen programas en curso para desarrollar autos que utilicen combustibles alternos. Prácticamente todos trabajan en sistemas flexibles multi-combustible para operar con alcohol y gasolina o electricidad y motor de combustión interna o alcohol-gasolina y gas natural.

- *Gas natural comprimido (GNC):* El GNC es económicamente atractivo, disponible abundantemente, poco contaminante y bastante seguro. Los problemas por resolver o mejorar están en el sistema de almacenamiento de combustible, catálisis de las emisiones y sistemas de inyección de combustible. Las emisiones de CO son menores que las de gasolina pero las de NOx son mayores.

El GNC ha sido utilizado como carburante desde 1930 en Italia

donde actualmente existen en operación más de 300.000 vehículos de este tipo. En Nueva Zelanda, hay 150.000; en los Estados Unidos, 30.000; y a nivel mundial, 500.000.

- *Metanol (M100, M85):* Emisiones similares a los de la gasolina reformulada. Entre los problemas por resolver están: toxicidad, corrosión, densidad energética baja (57% de la gasolina), emisiones de aldehidos.
- *Etanol:* Bajo nivel de emisiones. Recomendable en lugares donde su producción sea económicamente rentable.

- *Propano:* También denominado GLP ya que contiene algo de etano y butano, ha sido utilizado como carburante desde 1920 y es el combustible alterno más ampliamente utilizado en la actualidad. Cerca de 3,9 millones de vehículos operan con propano. En Japón existen 1,5 millones de estos vehículos, los taxis lo deben utilizar obligatoriamente. En Estados Unidos hay 300.000. El GLP genera menos CO que la gasolina pero más NOx. En caso de fugas, y por ser más pesado que el aire, puede formar mezclas explosivas peligrosas en lugares poco ventilados; por este motivo, en Estados Unidos existe discriminación para este tipo de vehículos en algunos sitios de parqueo.

- *Gasolinas reformuladas:* Las nuevas tendencias de control ambiental han estimulado la reformulación de las gasolinas para reducir las emisiones conta-

minantes. Las metas principales son:

- ♦ Reducción de la presión de vapor para disminuir la emisión de hidrocarburos que contribuyen a la formación de smog. Esto se logra limitando la adición de butanos mezclados a la gasolina.
- ♦ Reducción del contenido de benceno para bajar su concentración en las emisiones por ser sustancia cancerígena. La reducción se hace limitando los precursores de benceno como el ciclohexano en la carga de nafta a reformado catalítico o extraiéndolo del reformado.
- ♦ Reducción de olefinas para bajar la concentración de hidrocarburos quemados a altas temperaturas con lo cual se reduce la formación de NOx. La reducción de olefinas se logra con la hidrogenación de la gasolina durante la ruptura catalítica.
- ♦ Adición de oxígeno para mejorar la eficiencia de la combustión y por ende disminuir la emisión de CO e hidrocarburos sin quemar; también se baja la temperatura pico de la llama con lo que se limita la emisión de NOx. La oxigenación se logra adicionando compuestos como alcoholes y éteres los cuales poseen menos densidad energética que la gasolina con lo que se disminuye el kilometraje por galón.
- ♦ Reducción de aromáticos tiene el mismo efecto que la reducción de olefinas y limita la generación de óxidos nitrosos. Esta

reducción se efectúa en el proceso de reformado catalítico.

- **Hidrógeno:** Las ventajas del hidrógeno como combustible alterno son similares a las del uso de electricidad. El hidrógeno puede ser obtenido haciendo pasar electricidad (generada solar o nuclearmente) a través de agua con lo que se obtienen átomos de hidrógeno y oxígeno. Al quemar hidrógeno en un vehículo se produce solamente vapor de agua y pocos óxidos de nitrógeno. Se encuentran por resolver problemas de almacenamiento, manejo y distribución del combustible.

#### Vehículos alternos:

- **Eléctrico:** Cero emisiones y tecnología disponible. Están por solucionar problemas de baterías, capacidad, autonomía, costos de operación y traslado de fuentes de emisión contaminante a las plantas de generación eléctrica.

La tecnología del vehículo eléctrico está progresando debido a los requerimientos de vehículos limpios del Estado de California, el cual obliga a los fabricantes a vender 2% de vehículos cero emisiones a partir de 1998 (cerca de 40.000) y pasar al 10% de sus ventas en el año 2003. Algunos otros Estados están considerando adoptar esta reglamentación.

- **Híbrido:** Electricidad gasolina. Bajas emisiones y autonomía similar a vehículos convencionales. Por resolver problemas del auto eléctrico y espacio en el tren motriz.

- **Solar:** Cero emisiones. Por resolver problemas de baterías autonomía, tiempo de carga.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Oil and Energy Trends, Vol. 18, No. 5, mayo de 1993.
2. Petroleum Economist, Vol. 60, No. 5, mayo de 1993.
3. Jacquard, P., IFP, "High Technology Oil Production: A Major Challenge", ponencia presentada al XXIV Congreso de la Conferencia Mundial de la Energía, septiembre de 1989.
4. Mapa Energética del Mundo, producida por Petroleum Economist y Chase, segunda edición, febrero de 1993.
5. The Offshore Challenge, Shell Briefing Service, No. 2, 1993.
6. Research and Development in the Oil Industry, Shell Briefing Service, No. 4, 1991.
7. Chaliand, G., y Rageau, J.P.; Strategic Atlas: A Comparative Geopolitics of the World's Powers, Harper & Row, New York, 1985.
8. Reinsch, Anthony E., y Considine, Jennifer I., Challenging OPEC-World Oil Market Projections, 1992-2007, Canadian Energy Research Institute, Calgary, 1992.
9. BP Statistical Review of World Energy, junio de 1993.
10. Jaidah, Alí, An appraisal of OPEC Oil Policies, Longman, Londres, 1983.
11. Galan, M., "Geopolítica de la Industria de los Hidrocarburos", Petróleo: Presente y Futuro, Universidad Javeriana, Bogotá, 1991, pág. 12.
12. Restrepo Francisco, Conferencias sobre Innovación Tecnológica, UPB, Medellín, 1992.
13. Tempest, P. "The Post-War Middle East: Seeking Order in the Turmoil", Oil & Gas Journal, 9 de marzo de 1992.
14. Perry, G., "Perspectivas de la Economía Mundial", Revista Energética, OLADE, Año 16, No. 3, septiembre-diciembre de 1992, págs. 33-41.
15. Aristizábal, J.; Castro, S.; Serrano, C.; y Valbuena, R., Efectos de una Crisis Generalizada en el Medio Oriente sobre la Industria Petrolera Colombiana, Monografía, UPB, diciembre de 1992.
16. Linch C., Michael, Los Precios del Petróleo en el año 2000, Ediciones Punto Llano, Santafé de Bogotá, 1993.
17. Implementing the Clean Air Act: Fuel Reformulation and Regulation in the 1990's: An Analysis of Reformulated Gasoline and Oxygenated Fuels, 1992-2000, Information Resources, Inc., Washington, 1992.
18. Stanislaw, J., y Tergin, D., "Oil: Reopening the Door", Foreign Affairs, Vol. 72, No. 4, septiembre-octubre de 1993.
19. Masseron, J., Petroleum Economics, Ediciones Technip, Paris, 1990.

20.Mellen, N. Foster, "Mercados, Refinación y Comercialización Globales de Petróleo en los Años Noventa," OLADE, Revista Energética, Año 17, No. 1, enero-abril de 1993, págs. 45-54.	MTOE:Mil toneladas métricas de petróleo equivalente	Qatar, Arabia Saudita, Siria, Emiratos Arabes Unidos y Yemen)
21.Heath, Michelle, Alternative Transportation Fuels: Natural Gas, Propane, Methanol & Ethanol Compared with Gasoline & Diesel, Canadian Energy Research Institute, Calgary, 1992.	US\$: Dólares de los Estados Unidos	OCDE:Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos. Europa: Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Holanda, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza Turquía y Reino Unido. Otros países miembros: Australia, Canadá, Japón, Nueva Zelandia y Estados Unidos.
22.Russel, John, y Mellen, Foster, Petroleum Economics Ltd, Memorias Seminario sobre Economía Petrolera, Santafé de Bogotá, octubre de 1993.	GTOE: Gigatoneladas de petróleo equivalente Gb: Gigabariles de petróleo b: Barriles de petróleo b/d: Barriles por día	
	OPEP:Organización de los Países Exportadores de Petróleo (Arabia Saudita, Irán, Iraq, Kuwait, Emiratos Arabes Unidos, Qatar, Venezuela, Nigeria, Indonesia, Libia, Argelia, Gabón).	CEI: Comunidad de los Estados Independientes (ex Unión Soviética).
<b>CONVENCIONES</b>		

G: Giga ( $10^9$ )

M.O. Medio Oriente (Bahrein, Irán, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Líbano, Omán,



# International Environment for the Petroleum Industry

Jesús Aristizábal F.\*

## I. FACTORS OF CHANGE

The current international environment is marked by four major changes:

### Liberalization and Economic Openness

Liberalization strives to achieve better performance of State functions by channeling its efforts toward activities that are inherent to it, such as security, justice, education, promoting and regulating economic and social development. A more efficient State implies that it should shed some of the activities that, within this context, are alien to it, leading to processes for modernizing and privatizing companies and industries.

Economic openness tends to eliminate customs and related barriers and to facilitate trade and economic exchange between countries. This open and free market model is still far from developing within a truly globalized economy. What can be observed at present is the configuration of economic blocs, which are open inside but less integrated externally.

As the poorest countries achieve greater economic and social progress by means of human development, technology, foreign capital

investment, and industrialization, they will improve their terms of trade with more advanced countries, thus promoting a more globalized international economy.

### Environmental Concerns

Contemporary society is increasingly concerned about the environment, as highly populated urban centers become more polluted and less liveable. The result is a growing amount of legislation aimed at controlling pollution.

The most important manifestation of this trend has been the United Nations Conference on Environment and Development held in Rio de Janeiro in June 1992 and attended by more than 3,500 delegates from 170 nations who met to draw up agreements and find mechanisms to reverse and control the tragic rapid deterioration of the planet's environment stemming from human activities in the industrial age. The concept of development is now subject to a new consideration: *environmental sustainability*. The Conference approved the Rio Declaration on the Environment and Development (Earth Charter), the Convention on

\* Colombian Petroleum Institute,  
Colombian Oil Company

Biological Diversity, the Convention on Climate Change, and the Declaration of Principles on the Ordering, Conservation, and Sustainable Development of Forests.

### Technology

Technology is recognized as one of the megaforces acting within the process of change being experienced in the world. Latin America, especially Colombia, has to work intensely on research and development (R & D) aimed at increasing its generating capacity and technological management in an increasingly competitive environment for the future and well-being of each nation.

Of the 3 million persons in the world dedicated to R & D, Latin America contributes 2.4%, and of the annual allocations for technical and scientific research and development, Latin America's share only amounts to 1.8%.

Technology is a development factor for the oil and petrochemical industry: for the assimilation, development, and application of new techniques for oil and gas exploration, production, and transport, as well as new processes for refining and obtaining fuels and petrochemicals. For example, companies such as SHELL, EXXON, and BP, which are the acknowledged leaders in the sector, invested between US\$600 million and US\$1 billion in research and development in 1990 (0.5% to 0.8% of their total annual sales).

### Enhanced North-South Dichotomy

Many historical, cultural, geographical, and political aspects have led to polarization in the distribution of wealth and well-being in

the world, with segmentation into two major groups of countries known as the North and the South.

This imbalance between the countries of the North and those of the South is clearly determined by the technical and economic capacity and level of each group. The first group is permanently generating innovations to enhance productivity, the quality of products and services, and social welfare. The second, however, with precarious scientific and organizational skills, has become the captive consumer of technologies coming from the North, with the added difficulty that its purchasing power is steadily being depleted as a result of the low value-added of the primary goods it exports.

Liberalization assumes that, once they have been exposed to international competitiveness and modernization, the economies of the South, which as a rule have abundant natural resources and human potential, will be able to accelerate their economic and social development process as a result of the inflow of foreign capital and technology and will thus bridge the gap with the countries of the North.

## II. NEW INTERNATIONAL ORDER

Since the seventies, efforts have been made to promote suitable conditions for a new international order; the fruit of these efforts were apparent in the fall of the Berlin wall, the break-up of the Soviet Union, and the progress achieved in further integrating the European countries as envisaged in the Maastricht Treaty.

### From Bipolarity to Multipolarity

After the Second World War, the international geopolitical scheme was characterized by an East-West polarity. As the Warsaw Pact and the North Atlantic Treaty Organization were consolidated, two obvious antagonists emerged: the United States and the Soviet Union. This political, economic, and technological rivalry was played out on various stages: the Cold War; the conflicts in Korea, Indochina, the Caribbean, and Africa; and the race into space. With the advent of *perestroika* and *glasnot*, the situation shifted to detente, disarmament, and finally the collapse of the Soviet State.

The new protagonists on the world scene are now the United States, Europe, and Japan, a triad that will continue to dominate the economic outlook beyond the year 2000, due to its power in the areas of production, consumption, and technology.

### Economic Blocs

The most notable attempt at international integration is the European Economic Community (EEC), now referred to as the European Union, in which a growing number of countries have joined forces to achieve economic predominance in the world. The EEC now has 340 million inhabitants and a GDP of US\$6 trillion (more than US\$17,000 per capita). In terms of volumes of imports and exports, it is the planet's largest market. In the future, the EEC will be able to move ahead with plans to set up a pan-European bloc that would include the Scandinavian countries and the former allies and member countries of the Soviet Union.

The North American Free Trade Agreement (NAFTA) bloc of countries, that is, Canada, the United States, and Mexico, is in the process of consolidating its achievements; likewise, there is the possibility of a pan-American bloc, with the initial involvement of the Group of Three and then a union with other Andean Pact countries, the Caribbean basin, and the Southern Cone.

In Asia, Japan stands out as the model for the economic miracles of the Asian "tigers" and South Korea. Although these countries do not constitute a formally integrated bloc, their specific share of the world's economic and technological balance is quite notable.

### **Globalization**

The importance of NAFTA members in addition to the countries located in the Asia-Pacific region along with Oceania fosters the belief that the world's geopolitical hub for the 21st century will be located in the *Pacific Rim*, which accounts for more than 50% of the population and 60% of gross domestic product.

The Pacific Rim breakthroughs in telecommunications, international trade, and a more homogeneous development scheme among countries, attained through technology, selectiveness and specialization in production could well lead to a more globalized economy that is gradually integrated into a network of world blocs and regions.

### **Economic Growth**

Over the last few years, the pace of the world economy's growth has slowed down considerably.

World growth rates fell from 4.5% in 1988 to 3.3% in 1989, from 2.1% in 1990 to close to 1% in 1991. The driving force behind the world economy, which formerly was provided by the United States, has now shifted to Japan and Western Europe. The poor performance of industrialized economies was largely due to oil price rises as a result of the 1990-1991 Persian Gulf conflict.

International economic growth rates are expected to recover as of 1993, because of the stable and steady oil market that has prevailed since the last Middle East conflict.

A forecast for the rest of the decade indicates that Canada would be leading the industrialized world with growth rates of over 4.0% in the mid-nineties. The U.S. economy will continue with its slow recovery after the economic recession of 1991-1993.

In the OECD countries, future growth is expected to amount to about 2-3% per year. If there are difficulties in implementing the Maastricht Treaty, however, growth in Europe may be lower.

Following its 1992-1993 contraction, Eastern Europe will have positive growth as a consequence of progress in liberalization. As a whole, this region will experience substantial expansion during 1995-1996, with growth rates of between 5% and 5.5% per year, which will level off thereafter at 3.2% for the rest of the decade.

The Latin American countries will also display strong growth trends of 4% to 4.25% per year

stemming from steady liberalization along with foreign capital investment.

In the Pacific area, the economies of Japan and the Asian tigers are expected to show signs of economic maturity, which would mean that there would be relatively lower rates than the dynamic growth of the eighties. Growth rates will fluctuate between 2.5% and 3.8% from 1993 to 1996 and then stabilize at an average of 3.4% until beyond the year 2000.

The Africa-Asia region will continue its uncertain path toward development; nevertheless, steady economic growth of between 3.5% and 3.8% is forecast for the upcoming decade.

In short, the reference scenario that is being proposed foresees an economic upsurge in the first years, 1994-1996, followed by the stabilization of positive growth rates until beyond the year 2000.

### **III. WORLD OIL MARKET SCENARIO**

#### **Energy Consumption and Production**

In 1992, world energy consumption only grew by 0.2%, a figure similar to the near-zero increases reported since 1990. This situation contrasts with the behavior of world energy demand in 1982-1990, which had an average growth rate of 2.6%. The main cause of this stagnation in global demand stems from the drop in consumption in countries of the former Soviet Union and countries not belonging to the OECD. In addition, in 1992, the industrialized

countries only registered a 1% increase in their consumption whereas the Latin American countries increased their demand by 4.8%. Those Asian countries with the highest growth reported up to two-digit figures.

The countries that have the greatest energy deficits are found in North America, Western Europe, and Asia. By contrast, the Middle East, the former Soviet Union, Africa, and Latin America, in that order, are oil exporters. On the basis of this overview, we can identify the protagonists of the oil supply and demand market. The region with the largest specific share in the world's petroleum balance is the Middle East, which contributes 18.3 million barrels per day to the market. The world's energy production over the last two years is indicated in Figure 1.

#### The Petroleum Industry

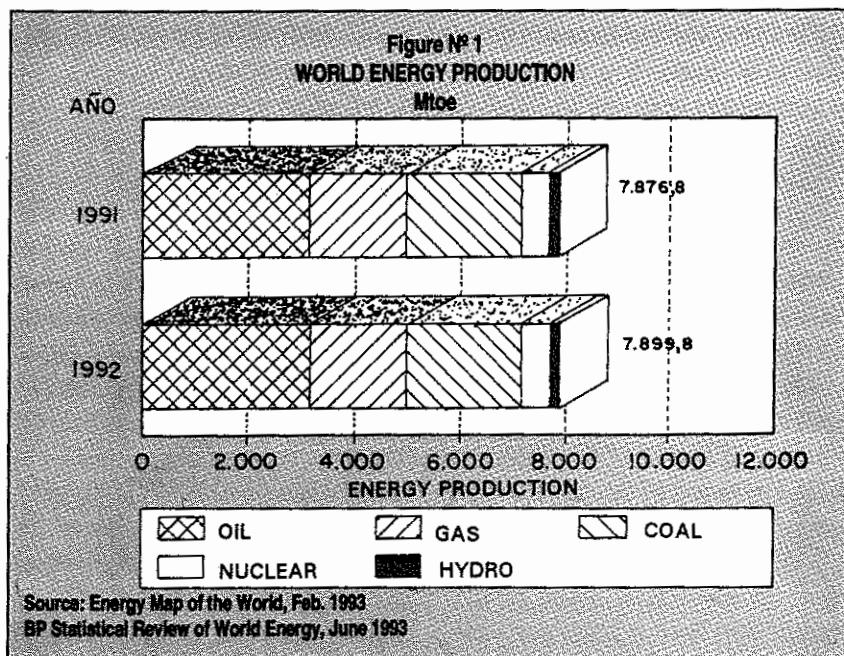
Crude oil and natural gas are

the raw materials for the petroleum industry, which is involved in finding, extracting, transporting, and storing them, and then manufacturing marketable commodities. The industry is characterized by internationalism, productivity, and intensive use of technology and capital.

In the course of its history, the hydrocarbons industry has undergone several crises. Since the seventies, market equilibrium has been altered as new producers, new needs, and price fluctuations have emerged. The recent Gulf war and the crises of 1973 and 1979 have especially marked the world's energy scenario and have given way to structural changes during which the industry has been able to demonstrate its adaptability and flexibility. This has helped to implement innovative technologies, which have gradually led to the optimization of consumption and new oil reserves.

The long-term future is necessarily based on two key factors:

- Fossil hydrocarbons are the world's major source of energy and will remain so for a long time to come. Despite their relative decline as an energy source since 1973, they still account for 58% of world demand and will continue to meet more than 50% of this demand by the year 2010 (Table 1).
- With a world energy demand in the range of 9.5 to 10.4 GTOE for the year 2000, petroleum alone will be meeting more than one third of energy needs.



## The Oil Market Geopolitics

In the second half of the twentieth century, the Middle East has been the hub of many ethnic, border, religious, and economic conflicts both between and within the countries of that area.

The agreements and decisions made after the First and Second World Wars led to the creation of the current Middle East States, which from their very creation displayed a clear propensity for conflicts, owing to the fact that the territorial divisions and modifications that were established at that time broke up traditional ethnic and religious continuities and fostered strife and ambition in the distribution of the huge oil wealth.

In terms of religion, Islamic fundamentalism and Judaism, alongside Arab nationalism and political fanaticism, are an explosive mixture ready to blow up at any time to create new crises. The area's tendency to develop conflicts, along with the military, destructive capacity of many of its players, oftentimes complemented by the participation of western powers, makes the possibility of armed confrontations generate constant uncertainty about the reliability of the area's oil production.

Any reference scenario for the futures oil market represents only one out of many possible alternatives for the evolution of prices. Therefore it is highly dependent on geopolitical, environmental, economic and technological factors.

## Reserves

Proven oil reserves in the

world are estimated to amount to one trillion barrels (1,007 Gb), whereas those for gas amount to 4,885 trillion cubic feet. At current production rates, oil reserves will last 43.1 years and gas reserves 64.8 years (Figures 2 and 3).

The Middle East holds 65.7% of the world's proven oil reserves. Of this total, Saudi Arabia has 25.6%. The dominant position of the Middle East is enhanced by its low production costs, which are the lowest in the world. At present, three fourths of world reserves have production costs below US\$4 per barrel; 90% of these are located in the Middle East. In terms of gas, the Middle East stands out with 31% of all reserves, but the former Soviet Union and Eastern Europe are the leaders, with 40% of these reserves.

## Demand

Between 1991 and 1992, high earnings from oil consumption

TABLE 1  
WORLD DEMAND FOR COMMERCIAL ENERGY PRODUCTS  
(10<sup>6</sup> TOE)

ENERGY SOURCES	1960	1980	1990	2000	2010
OIL	1.1	3.0	3.1	3.5-3.7	4.0-4.4
GAS	4.0	1.3	1.7	2.1-2.3	2.5-2.7
COAL	1.5	1.8	2.2	2.4-2.9	2.4-2.9
NUCLEAR	-	0.15	0.45	0.5-0.6	0.7-0.9
HYDRO & OTHERS	0.2	0.45	0.55	0.7-0.9	1.0-1.1
TOTAL	3.2	6.7	8	9.5-10.4	11.0-12.0

Source: IFP, May 1993

in Southeast Asia, especially South Korea, were compensated for by the decline in the countries of the former Soviet Union, North America, and Europe. Thus, increased global oil demand in 1991 was 0.45%, despite the 5.7% increase in Southeast Asia. For 1992, consumption grew by 0.5%, thus maintaining the above-mentioned global consumption patterns.

In 1992, the overall increase of demand for gas was only 0.4% because the drop in consumption in Europe offset the increases in other regions. The highest increase occurred in Latin America, where gas continued to penetrate the market compared with other fuels. Its spectacular growth should be underscored: 30.8% in South Korea and 3.5% in the United States.

Between 1990 and 2000, it is estimated that a growth of about 15% in global oil demand will take place, with a relatively higher share of light and medium fuels to the detriment of heavy fuels (Figure 4). Demand will reflect the economic

progress of the world's countries and regions; a new leader in demand will be Asia, since new economic miracles require energy for growth. In 10 years, oil consumption in this region will increase by 5 million barrels per day or more and the region will be consuming more energy than North America. This means that the center of gravity of the oil market will shift toward the Pacific Rim. In Table 1, several oil and gas demand forecasts have been indicated up to the year 2010.

Regarding oil products, by the year 2000 it is estimated that there will be moderate growth of demand for gasoline and fuel oil and higher growth for other products. Medium-weight distillates will remain as the prevailing category of products with 34% of total demand; in terms of individual products, gasoline has the largest share (24%), followed by fuel oil (18%) (Table 2).

In the United States, the demand for fossil fuels will rise by 3.6 million barrels per day between

Figure N° 2  
WORLD OIL RESERVES - 1992  
1007 Gb

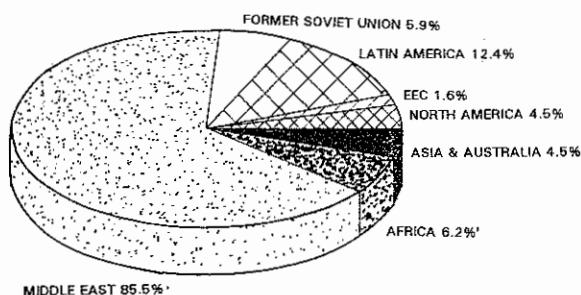
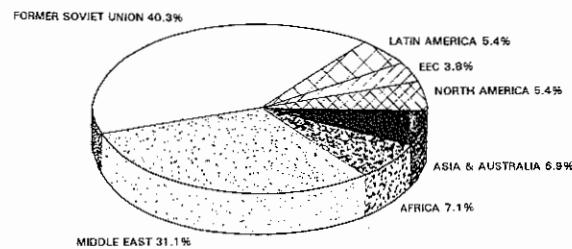


Figure N° 3  
WORLD GAS RESERVES  
4885 trillion cubic feet



1992 and 2000 and will evolve as indicated in Table 3.

Environmental regulations aimed at reducing air pollution stemming from hydrocarbons combustion require that the demand for oil products comply with increasingly higher quality standards.

For gasoline, efforts to eliminate lead will continue; the tendency will be to use reformulated gasolines and to achieve greater energy efficiency by improving the mechanical, structural, and aerodynamic design of motor vehicles. The sulfur content of medium distillates, jet fuel and residual fuel, will have to be reduced; in 1992, for example, 34% of world demand for fuel oil was met by low-sulfur products (<1.5%). By the year 2000, this percentage will have increased to 47%.

### Production

Average world oil production in 1988-1992 amounted to 64.06 million barrels per day (8.74 million tons per day), the Middle East and the former Soviet Union being the major producers (Table 4).

The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) has maintained its system of quotas, prices, and solidarity. Kuwait, as a result of the rebuilding of its damaged infrastructure, is gradually recovering the production levels it had prior to the crisis. In 1992, world oil production rose by about 0.5 million barrels per day; the Middle East increased its production by 1.5 million barrels per day, although this was offset by the drop in the former Soviet Union's

production, equivalent to 1.4 million barrels per day. Regarding natural gas, production is being led by the former Soviet Union, followed by North America. Despite its substantial gas reserves, the Middle East only accounts for 5.7% of world production (Table 5).

Figure N° 4  
STRUCTURE OF OIL DEMAND

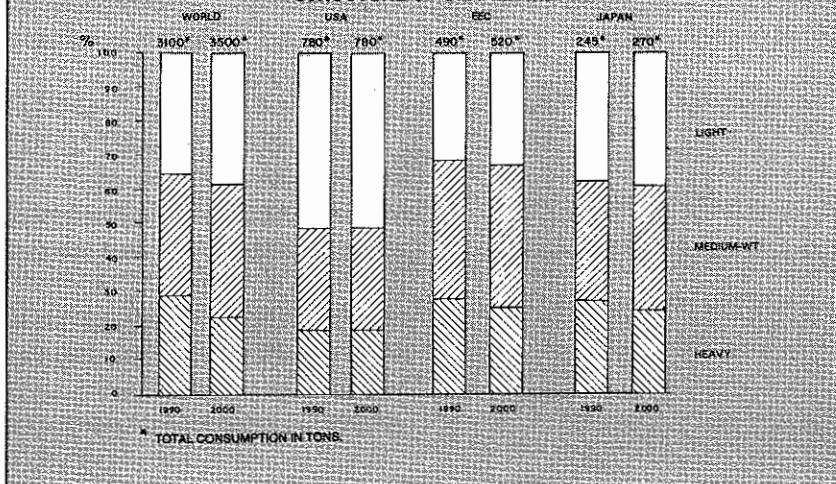


TABLE 2  
OIL DEMAND BY TYPE OF PRODUCT  
1992-2000  
(MMB/d)

YEAR	GASOLINE	MIDDLE DISTILL.	HEAVY FUEL OIL	OTHERS	TOTAL
1993	15.8	21.3	12.3	14.4	63.8
1994	15.8	21.4	12.2	14.5	63.9
1995	15.8	21.6	12.1	14.6	64.1
1996	15.8	21.8	12.0	14.7	64.3
1997	15.9	22.1	12.1	14.9	65.0
1998	16.0	22.3	12.2	15.1	65.6
1999	16.1	22.6	12.3	15.3	66.3
2000	16.3	22.8	12.5	15.5	67.1

Source: Canadian Energy Research Institute, July 1992

TABLE 3  
DEMAND FOR OIL PRODUCTS AND NATURAL GAS  
IN THE UNITED STATES  
1992-2000  
(MMB/d)

	1992	1993	1994	1995	2000
GASOLINE	7.4	7.5	7.5	7.6	7.8
MIDDLE DISTILLATES	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5
JET FUEL	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7
RESIDUAL FUEL OIL	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4
OTHERS	4.1	4.2	4.3	4.3	4.6
NATURAL GAS	9.6	9.9	10.1	10.3	11.3
TOTAL	26.7	27.3	27.8	28.3	30.3

Source: Petroleum Economics Ltd. (PEL), 1993

The production ratio between oil and gas has slowly increased over the years: in 1950 it was 0.37 but by 1992 it had attained 0.67. Toward the year 2000 this tendency will continue albeit in a more moderate fashion. Since natural gas has a lower energy content per unit of volume than oil, consumption is mainly concentrated in production zones. Because of this, only 13% of the world gas production is marketed internationally.

Some experts predict that the non-OPEC countries' production of crude oil and gas will decrease until the year 2000 and will then recover its current level in 2007. By contrast the OPEC's market share will see a sustained increase, and by the year 2007 its output will account for 50% of the world total (Figure 5). It

is worthwhile to note that 86% of the OPEC's production capacity in 1993 was covered and that it should be between 89% and 96% in the year 2000.

### Prices

The most widely used reference prices for crude oil, from the most to the least expensive, are those corresponding to the WTI (West Texas Intermediate Oil), Brent, Nigeria Light and Arabian Light.

Over the last 20 years, crude oil prices have been characterized by the geopolitical instability of the Middle East (Figure 6). In 1973, the Yom Kippur War gave rise to the first notable increase in oil prices, when Arabian Light went from less than US\$3 per barrel to more than US\$10 and the market began to be dominated by the OPEC. Later on, between 1979 and 1986, the Iran Revolution and the Iran-Iraq War made price levels soar beyond US\$35 per barrel.

Between 1986 and 1990, prices dropped due to the policy adopted by Saudi Arabia in 1986, to supply crude oil under netback contracts. The most recent Persian Gulf crisis, stemming from Iraq's invasion of Kuwait, once again sent prices over US\$30, but this time in a much shorter period.

Table 6 provides crude oil prices in current dollars for the last five years.

Recently, there has been a strong price decrease, brought on by the increase in OPEC production, thanks to the continued recovery of

TABLE 4 MAJOR OIL PRODUCERS 1992 (MMt/year)	
COUNTRY	PRODUCTION
Ex Soviet Union	450
Saudi Arabia*	420
United States	411
Iran*	173
Mexico	155
China	142
Venezuela*	121
Norway	106
Canada	97
Nigeria*	97
United Kingdom	94
Abu Dhabi*	91
Indonesia*	76
Libya*	73
Algeria*	58
WORLD TOTAL	3169

Source: IFP, 1993  
\*OPEC countries

the Kuwaiti production capacity and the expectations generated by the possibility of Iraq's re-entry into the oil market with close to 2.8 million barrels per day. This led WTI prices to fall to less than US\$15 per barrel at the end of 1993.

In the near future, it is assumed that the OPEC will continue following the policy led by Saudi Arabia: to obtain earnings through gradual increases in production and sales rather than through price increases. These hypotheses are based on the fact that the additional production capacity of Saudi Arabia, the United Arab Emirates and Iran will not enter into full operation.

Economic research centers such as the Canadian Energy Research Institute and the French Petroleum Institute predict a price

reaction between 1994 and 1995, with a definite upward trend due to the accelerated increase in demand. From then on, it is supposed that prices will remain stable at some value above US\$20 (1992 dollars) for the rest of the decade.

### Refining

One of the consequences of the increase in crude oil prices that occurred as a result of the crisis of the late 1970s and early 1980s was the reduction in the demand for hydrocarbons, particularly in the developed countries. Because of savings and substitution policies, the consumption of fossil fuel-based energy declined by some 6 million barrels per day over the 1981-1985 period, mainly affecting the heaviest fuels. For example, the demand for residual fuel oil decreased by 50%, covering only 15% of total demand.

This situation meant that a good part of the global refining capacity became unnecessary and uneconomic; and consequently, there was rationalization of capacity through the definitive shutdown of some facilities, totalling approximately 10 million barrel per day over the 1981-1985 period. As of the second half of the decade, due to the recovery of demand and greater market stability, the global distillation capacity began to increase again and was accompanied by a higher degree of technological sophistication (expansion of catalytic cracking units).

**TABLE 5  
MAJOR GAS PRODUCERS 1992  
(Billion M3/year)**

COUNTRY	PRODUCTION
CIS	771
United States	503
Canada	124
Netherlands	83
Algeria	56
United Kingdom	56
Indonesia	54
Saudi Arabia	34
Norway	28
Mexico	26
Iran	25
Venezuela	24
Malaysia	23
Romania	22
Australia	22
<b>WORLD TOTAL</b>	<b>1851</b>

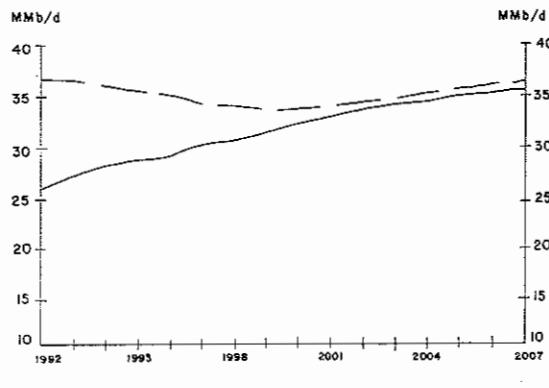
Source: IFP, 1993

**TABLE 6**  
**PRICE OF CRUDE OIL BY TYPE**  
Current US\$

	ARABIAN LIGHT	BRENT	NIGERIA LIGHT	WTI
1988	13.22	14.96	15.10	15.98
1989	15.69	18.20	18.50	19.68
1990	20.50	23.81	24.27	24.52
1991	16.56	20.05	20.50	21.54
1992	17.21	19.37	19.92	20.57

Source: BP Statistical Review of World Energy, June 1993

**Figure 5**  
**OPEC VS. NON-OPEC PRODUCTION**



SOURCE: CANADIAN ENERGY RESEARCH INSTITUTE, JULY 1992.

Some analysts consider that, overall, for the 1992-1995 period, the refining capacity/demand balance will remain relatively small (at 1992 levels); in other words, the expansion of capacity will barely be sufficient to cover the increase in demand. For the year 2000, the potential surpluses could well disappear, and there could be a potential deficit in global refining capacity (Table 7). It is worthwhile to note that the potential surplus and deficit terms do not necessarily imply a physical surplus or shortfall, but

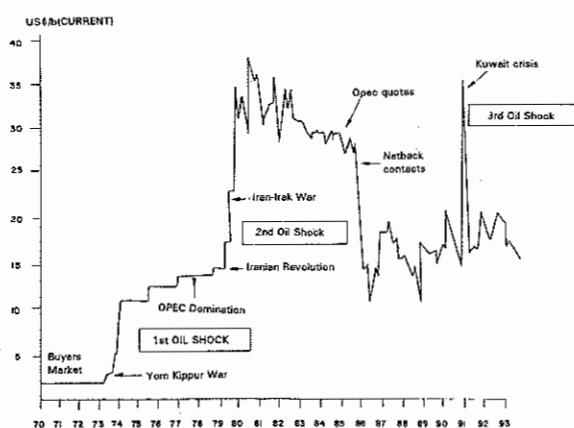
rather a measure to pressure the trends of the refining system and its margins.

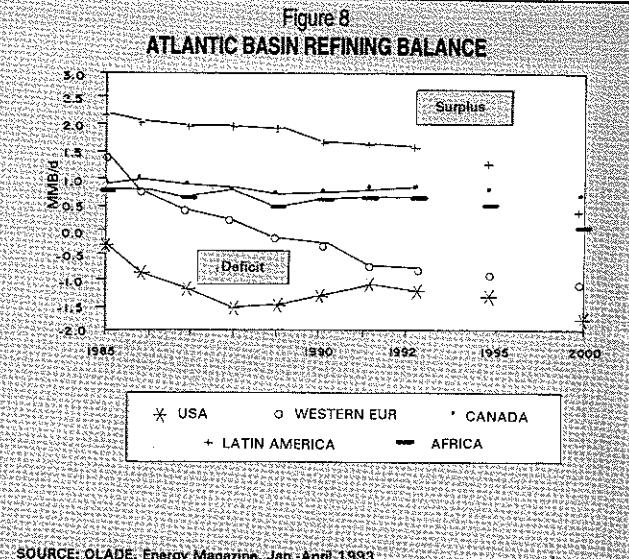
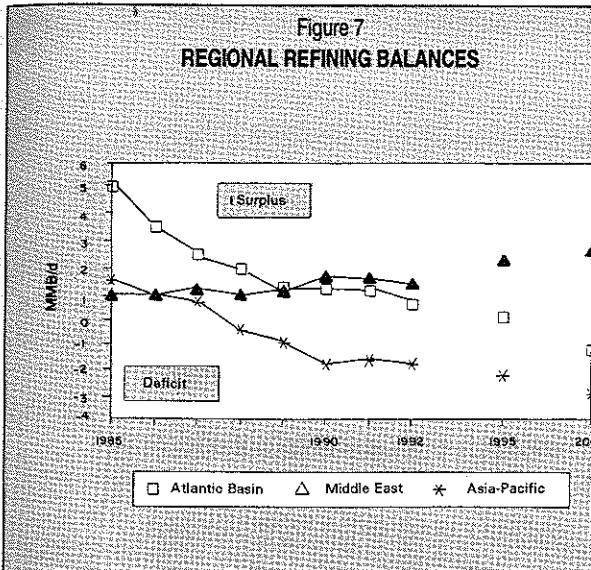
To determine the refining balance, the refining potential is calculated by adjusting the rated capacity at an effective annual operating rate of 85%. Other supplies such as LNG, oxygenates, alcohol and other hydrocarbons are added to this figure to obtain the estimated total potential supply.

A balance disaggregated by regions shows similar trends to those noted above (Figures 7 and 8), with the exception of the Asia-Pacific region, where the cumulative deficits have been significant in recent years.

The potential surplus in the Atlantic Basin could disappear by 1995, and it might be necessary to obtain products processed in other regions. The deficit of the Asia-Pacific region will continue to increase despite the significant increases in capacity. The Middle East will continue to be a swing

**Figure 6**  
**PRICES OF ARABIAN LIGHT CRUDE OIL**





SOURCE: OLADE, Energy Magazine, Jan.-April 1993

region on the global marketplace. On the other hand, Latin America and the Caribbean, with a surplus capacity of more than one million barrels per day, will be well-positioned as a supplier for the Atlantic Coast and the Asia-Pacific region.

One important aspect that will affect the market for petroleum products in coming years is the quality of refined products. This variable may affect investments, the shutdown of facilities, refining margins, and trade. Greater control over the quality of fuels is becoming a widespread policy, especially in the industrialized countries, where measures are being taken to eliminate lead from gasoline and to reduce the sulfur content of crude oil, diesel oil and residual fuel oil. For the short term, through the Clean Air Act the U.S. has been committed to using reformulated gasoline, and in the future a growing number of countries is expected to issue similar regulations.

#### IV. TECHNOLOGICAL SCENARIO FOR OIL

The optimization of the availability-cost variables of hydrocarbons is a major challenge for the development of the petroleum industry. The industry has thus rapidly selected and implemented R&D efforts in several areas that offer great potential for technological advances. These can be summarized as follows:

##### Exploration

Objectives center on enhancing the success factor in drilling and

**TABLE 7  
GLOBAL DISTILLATION BALANCE  
(MMB/d)**

	1990	1991	1992	1993	1994
Surplus/Deficit	0.9	1.3	0.4	0.6	(1.4)

\* Potential refinery production based on an annual operating capacity of 85% of rated capacity.

Total potential supply includes LNG, oxygenates and other hydrocarbons.

Source: OLADE, Energy Magazine, January-April 1993

on reducing costs. The goal for the future is to operate with a success/failure rate of 1/4, as compared to the current world average of 1/7. To do this, significant progress is being sought in several directions:

- Better understanding of geological and physical processes through research on generation, migration and entrapment of oil and gas, and development of computerized systems for integrated geological models.
- Combination of the findings of the geological, geophysical and geochemical components, incorporated into mathematical models for a given reservoir.
- Advances in 3-D seismic technology in all of its domains (data gathering, processing and interpretation), in order to enhance subsurface resolution and integration with other disciplines.
- Development of automated seismic-interpretation techniques, using mathematical and investment modelling.
- Computerized drilling operations with a better understanding of rock-destruction mechanisms and well-wall stability conditions, and with on-line data recovery.
- Development of drilling fluids that are stable at high temperatures and in environments contaminated by H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> and that have low toxicity and cause only slight damage to the formation.

- Drilling of small-diameter wells (slim holes) and drilling with continuous piping.

- For deepwater drilling, a new generation of platforms associated with remote-controlled underwater completion.

### Production

Through these activities, an effort is being made to optimize production conditions in order to attain wells that are three to five times more productive, and to achieve greater hydrocarbons recovery from fuels, at 20% to 50% lower costs. In this regard, it should be noted that a 1% increase in the average recovery rate would be equivalent to two years of worldwide production. In the area of production, technological advances are expected in:

- Better evaluation of reservoirs, thanks to greater knowledge about their architecture and the analysis of the physical laws that condition their dynamic behavior.
- Increase in well productivity, through the development of new production processes, including horizontal or highly deviated drilling, hydraulic fracturing, and numerical modelling.
- Reduction of the costs of enhanced-recovery processes through the optimal siting of wells, the control of retention or absorption of injected products, and the use of smaller amounts of such products.

- As more ambitious objectives, there is the full elimination of on-site processing and separation operations, through multi-phase flow facilities and automated underwater stations.

### Products and the environment

Research and development is advancing with regard to new products or processes that will reduce the negative environmental effects of exploration, production, transport and use of oil and gas.

- Production and Transport: Prevention and clean-up of oil spills.
- Refining: Compliance with rigorous environmental specifications for water, air, oil and noise pollution.
- Motors: Greater combustion efficiency and development of catalytic converters to control the emissions of motor vehicles.
- Fuels: Higher octane numbers and quality, widespread use of lead-free gasoline, limits on benzene content, desulfurization of diesel, gas-oil and heavy fuel oil.
- Lubricants: Lubricants having low volatility, high thermal and oxidation stability, and rheological behavior of the multi-grade type.
- Asphalts: Optimization of the specifications for the compo-

### Offshore

A 30% to 50% reduction in capital costs and development costs.

- Reduction of the costs of platforms, and use of lighter, easy-to-install automated equipment.

**TABLE 8**  
**POLLUTION FROM FOSSIL FUELS**

POLLUTANT	ORIGIN	EFFECT	CONTROL
LEAD (Pb)	Fuels added with lead to increase octane number.	Emission of toxic gases	- Eliminate adding lead.
CARBON MONOXIDE (CO)	Incomplete fuel combustion.	Emission of toxic gas	- Installing catalytic converters. - Adding oxygenates. - Replacing old cars. - Improving combustion.
UNBURNED HYDRO-CARBONS (HC)	Incomplete combustion of hydrocarbons	Acid rain, smog	- Adding oxygenates. - Installing catalytic converters.
NITROGEN OXIDES (NO <sub>x</sub> )	Reaction of N and O from the air in the combustion system.	Acid rain, ozone, smog	- Lowering combustion temperature by: improving motor designs; reducing aromatics; adding oxygenates. - Catalytic control of emissions.
SULFUR DIOXIDE (SO <sub>2</sub> )	Fuel oil combustion	Acid rain	- Fuel desulfurization.
PARTICULATES AND FLY ASH	Combustion of fuel oil and other fuels	Smog	- Reducing aromatics. - Filtering emissions.
CARBON DIOXIDE (CO <sub>2</sub> )	Complete combustion of fossil fuels and oxidation of CO	Greenhouse effect	- More efficient use of gasoline, with better motor vehicle designs, roads and improved city traffic.
VAPOR FROM HYDROCARBONS AND BENZENE	Emissions in tanks, fuel distribution stations flaring, carburetor exhausts	Ozone, smog	- Reducing vapor pressure of gasoline. - Reducing benzene content.

nents of pavements, asphalts; aggregation to improve durability, cost and the rate of return on investments in pavements.

- Fuel Techniques: Low-NO<sub>x</sub> burners, fluidized-bed burners and desulfurization of effluents, reduction of CO<sub>2</sub> emissions.

- Catalysis: Improvements in the processing of high-octane gasoline and catalytically reformed gasoline. Obtention of specific catalysts to improve the processing of synthetic crude oils.
- Heavy crude oils: Work will be done on greater recovery, transport and optimal utilization processes.

## V. ENVIRONMENT AND OIL

### Pollution by fossil fuels

The sources of pollution by fossil fuels, their origin, effects and solutions are detailed in Table 8.

The most harmful of the pollutants from fossil fuels is lead, which is added to gasoline to

improve its octane number. Greater priority has been granted to the elimination of lead (with 96% removed since 1970).

In the United States, the Clean Air Act (CAA) seeks to reduce the emission of toxic compounds resulting from gasoline combustion. In the future, gasoline will be a balanced mixture of volatile paraffins, oxygenates, isoparaffins and toluene; and it will have a minimum of heavy compounds. The CAA will have significant effects on the market for motor fuels in the United States, as well as two types of collateral effects for other countries: the first will be a demonstration effect to develop policies and practices geared to improving air quality; and the second, an impact on refining operations in nations that export fuels to the U.S.

In the short term, it is thought that improvements in energy efficiency will account for the largest decrease in the amount of pollutants emitted into the atmosphere each year. Nevertheless, since the consumption of fuels of fossil origin is the primary source of carbon dioxide, the main culprit for the greenhouse effect, the longer-term objective in reducing this effect will be the capacity for shifting to less carbon-intensive energy sources.

### New technologies for vehicles

Emission standards for motor vehicles are changing since they are the major source of pollution. Society is calling not only for unleaded fuels but also fuels that will reduce the amounts of CO<sub>2</sub>, NOx, CO and particles discharged into the atmosphere.

The main technological responses for the control of environmental pollution are: fuel economy, control of emissions through the use of vehicles run on alternative fuels, and alternative vehicles.

#### Fuel economy

For small automobiles, the goal is to attain a fuel consumption of 100 mpg. To do this, work is underway to develop the following areas:

- Improved engine and transmission efficiency.
- Structural aerodynamics.
- Use of light materials such as carbon fiber to reduce weight.

#### Vehicles run on alternative fuels

Most car manufacturers have programs underway to develop vehicles using alternative fuels. Virtually all of them are working on flexible multi-fuel systems to operate with alcohol and gasoline or electricity and an internal combustion engine or alcohol/gasoline and natural gas.

- *Compressed natural gas (CNG):* This energy source is abundant and economically attractive; it also offers low levels of pollution and is quite safe to use. The questions or improvements to be dealt with are related to the fuel storage system, catalysis of emissions, and fuel-injection systems. CO emissions are lower than in the case of gasoline, but NOx emissions are higher.

CNG has been used as a motor fuel since 1930 in Italy, where

there are currently more than 300,000 vehicles of this type in operation. In New Zealand, there are 150,000; in the U.S., 30,000; and worldwide, 500,000.

- *Methanol (M100, M85):* Emissions similar to those of reformulated gasoline. The problems still to be resolved include: toxicity, corrosion, low energy density (57% of gasoline), and aldehyde emissions.

- *Ethanol:* Low levels of emissions. Recommendable in places where production is economically viable.

- *Propane:* Also known as LPG, since it contains some ethane and butane. It has been used as a motor fuel since 1920 and at present is the most widely used alternative fuel. Nearly 3.9 million vehicles are run on propane. In Japan, there are 1.5 million such vehicles, and it is compulsory for taxis to be run on propane; in the U.S., there are 300,000. LPG generates less CO than gasoline but more NOx. In the case of fuel leaks, since LPG is heavier than air, dangerous explosive mixtures can be formed in poorly ventilated areas. For that reason, in the U.S. there is discrimination against this type of vehicles in some parking lots.

- *Reformulated gasoline:* The new environmental control trends have encouraged the reformulation of gasoline to lower polluting emissions. The main goals are:

- ❖ Reduction of vapor pressure to reduce the emission of hydrocarbons that contribute to the formation of smog. This is accomplished by limiting the addition of butanes mixed with gasoline.
- ❖ Reduction of the benzene content to lower its concentration in emissions since it is a carcinogenic substance. Reduction is accomplished by limiting the precursors of benzene, such as cyclohexane, in the load of naphtha used in catalytic reforming or by extracting the reformatre.
- ❖ Reduction of olefins to lower the concentration of hydrocarbons undergoing combustion at high temperatures, thereby reducing the formation of NOx. Reduction of olefins is accomplished by means of hydrogenation of gasoline during catalytic cracking.
- ❖ Addition of oxygen to improve combustion efficiency and therefore reduce CO and unburned hydrocarbons emissions. The peak temperature of the flame is also lowered, which limits NOx emissions. Oxygenation is accomplished by adding compounds such as alcohols and ethers, which have less energy density than gasoline; thus mileage per gallon decreases.
- ❖ Reduction of aromatics, which has the same effect as the reduction of olefins and limits the generation of nitroxe oxides. This reduction takes place in the process of catalytic reforming.

- *Hydrogen:* The advantages of hydrogen as an alternative fuel are similar to those to be had from the use of electricity. Hydrogen can be obtained by having solar or nuclear electricity pass through water to yield hydrogen and oxygen atoms. When hydrogen is burned in a vehicle, only water vapor and a few nitrogen oxides are produced. Problems related to fuel storage, handling and distribution must still be tackled.

#### **Alternative vehicles**

- *Electric:* Zero emissions and available technology. The problems to be solved are related to batteries, capacity, autonomy, operating costs and the transfer of the sources of polluting emissions to power generating plants.

The technology for electricity-powered vehicles is advancing due to the requirements for clean vehicles in the State of California, which calls for 2% of manufacturers' sales to be zero-emission vehicles as of 1998 (nearly 40,000) and 10% by the year 2003. Some other states are also considering the adoption of such regulations.

- *Hybrid:* Electricity/gasoline. Low emissions and autonomy similar to that of conventional vehicles. The problems to be resolved are those related to electric automobiles and drive-train space.

- *Solar:* Zero emissions. The problems to be resolved are related to batteries, autonomy and charging time.

#### **BIBLIOGRAPHY**

1. *Oil and Energy Trends*, Vol. 18, No. 5, May 1993.
2. *Petroleum Economist*, Vol. 60, No. 5, May 1993
3. Jacquard, P., IFP. "High Technology Oil Production: A Major Challenge," paper presented at the 14th Congress of the World Energy Conference, September 1989.
4. "Energy Map of the World," produced by *Petroleum Economist* and Chase, Second Edition, February 1993.
5. "The Offshore Challenge," Shell Briefing Service, No. 2, 1993.
6. "Research and Development in the Oil Industry," Shell Briefing Service, No. 4, 1991.
7. Chaliand, G. and J.P. Rageau. *Strategic Atlas: A Comparative Geopolitics of the World's Powers*, Harper & Row, New York, 1985.
8. Reinsch, Anthony E. and Jennifer I. Considine. *Challenging OPEC: World Oil Market Projections, 1992-2007*, Canadian Energy Research Institute, Calgary, 1992.
9. *BP Statistical Review of World Energy*, June 1993.
10. Jaidah, Ali. *An Appraisal of OPEC Oil Policies*, Longman, London, 1983.
11. Galán, M. "Geopolítica de la Industria de los Hidrocarburos," in

<i>Petróleo: Presente y Futuro</i> , Universidad Javeriana, Bogotá, 1991, p. 12.	<i>Foreign Affairs</i> , Vol. 72, No. 4, Sept.-Oct. 1993.	b:	barrels of oil
12. Restrepo, Francisco. Lectures on Technological Innovation, UPB, Medellín, 1992.	19. Masseron, J. <i>Petroleum Economics</i> , Ediciones Technip, Paris, 1990.	b/d:	Barrels per day
13. Tempest, P. "The Post-War Middle East: Seeking Order in the Turmoil," <i>Oil &amp; Gas Journal</i> , March 9, 1992.	20. Mellen, N. Foster, "Global Oil Markets, Refining and Trading in the Nineties," <i>Energy Magazine</i> , OLADE, Year 17, No. 1, Jan.-April 1993, pp. 55-64,	OPEC:	Organization of the Petroleum Exporting Countries (Saudi Arabia, Iran, Iraq, Kuwait, United Arab Emirates, Qatar, Venezuela, Nigeria, Indonesia, Libya, Algeria, Gabon).
14. Perry, G. "World Economic Outlook," <i>Energy Magazine</i> , OLADE, Year 16, No. 3, Sept-Dec. 1992, pp. 43-51.	21. Heath, Michelle. <i>Alternative Transportation Fuels: Natural Gas, Propane, Methanol &amp; Ethanol Compared with Gasoline &amp; Diesel</i> , Canadian Energy Research Institute, Calgary, 1992.	M.E.	Middle East (Bahrain, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Lebanon, Oman, Qatar, Saudi Arabia, Syria, United Arab Emirates, Yemen).
15. Aristizábal, J.; S. Castro; C. Serrano; and R. Valbuena. "Efectos de una Crisis Generalizada en el medio oriente sobre la Industria Petrolera Colombiana," Monograph, UPB, Dec. 1992.	22. Russell, John and Foster Mellen, Petroleum Economics Ltd., Proceedings from the Seminar on Petroleum Economics, Santafé de Bogotá, Oct. 1993.	OECD:	Organization for Economic Cooperation and Development. Europe: Austria, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, The Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom. Other member countries: Australia, Canada, Japan, New Zealand, United States.
16. Linch, C. Michael, <i>Los Precios del Petróleo en el Año 2000</i> , Ediciones Punto Llano, Santafé de Bogotá, 1993.		CIS:	Commonwealth of Independent States (former Soviet Union).
17. <i>Implementing the Clean Air Act: Fuel Reformulation and Regulation in the 1990's: An Analysis of Reformulated Gasoline and Oxygenated Fuels, 1992-2000</i> , Information Resources Inc., Washington, 1992.	G: Giga ( $10^9$ )		
18. Stanislaw, J. and D. Tergin. "Oil: Reopening the Door,"	Mtoe: One thousand metric tons of oil equivalent		
	US\$: United States dollars		
	GTOE: Gigatons of oil equivalent		
	Gb: Gigabarrels of oil		

