



T e s i s

**“El petróleo en el desarrollo en México, análisis, perspectivas
y propuestas de solución”**

Que para obtener el grado de:

Maestro en Administración/Administración Industrial

Presenta: Arturo Rubén Valles Terrazas

Tutor: Dr. Raúl Valdivieso Martínez

México, D.F.

Octubre 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional Autónoma de México

Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

T e s i s

**“El petróleo en el desarrollo en México, análisis, perspectivas
y propuestas de solución”**

Que para obtener el grado de:

Maestro en Administración /Administración Industrial

Presenta: Arturo Rubén Valles Terrazas

Tutor: Dr. Raúl Valdivieso Martínez

México, D.F.

Octubre 2010

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
DE LA ADMINISTRACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Dr. Isidro Ávila Martínez

Director General de Administración Escolar.

Presente

OFICIO: PPCA / FQUIM / MAI / JDCE / 113 / 2010

ASUNTO: **Oficio de jurado**

Coordinación

Lic. Balfred Santaella Hinojosa

Coordinador de la Unidad de Administración del Posgrado

Me permito hacer de su conocimiento que el alumno **VALLES TERRAZAS ARTURO RUBEN**, con número de cuenta 67075030 presentará su **Examen de Grado** dentro del Plan de Maestría en Administración Industrial clave 461 toda vez que ha concluido el Plan de Estudios respectivo, por lo que el Subcomité de asuntos académicos y administrativos de Maestrías, tuvo a bien designar el siguiente jurado:

Dr. Raúl Valdivieso Martínez	Presidente
Dr. Martín Guillermo Hernández Luna	Vocal
I.Q. Héctor Marcelino Gómez Velasco	Secretario
I.Q. Eduardo Rojo y de Regil	Suplente
L.I.B. Héctor López Hernández	Suplente

Por su atención le doy las gracias y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e

“Por mi Raza Hablará el Espíritu”

Ciudad Universitaria, D. F., a 9 de junio de 2010.

EL COORDINADOR DEL PROGRAMA

DR. RICARDO ALFREDO VARELA JUAREZ

A mis padres

Arturo Valles Alvidres

Ma. Teresa Terrazas Taboada

A quienes debo los principios que norman mi vida

A mi esposa,
Ma. Débora Valerio Flores,
Con admiración y amor
A mi hijo,
Rodrigo Arturo Miguel
Con todo mi amor.

A mis hermanos y cuñadas y cuñados,

Hugo,

Jorge y Rosy,

Ma. Teresa,

Gerardo y Lupita,

Luis Javier y Guillermina,

Federico y Josefa,

Guillermo y Ma. Del Carmen,

José y Rosario,

Con cariño.

A todos mis sobrinos y sobrinas

A mis sinodales y director de tesis:

Dr. Martín Hernández Luna

Dr. Raúl Valdivieso Martínez

Ing. Marcelino Gómez Velasco

Ing. Eduardo Rojo y de Regil

Lic. Héctor López H.

Por sus sabios consejos

A mi México y a mi querida Universidad,

Con gratitud.

"Nuestra ignorancia no es tan vasta, como nuestro error de no usar lo que sabemos"
(Our ignorance is not so vast as our failure to use what we know) M. King Hubbert.

El 7 de noviembre de 2006, la Agencia Internacional de Energía (IEA) distribuyó su World Energy Outlook 2006. En la conferencia de prensa anunciando la liberación del reporte, el Director Ejecutivo de la agencia indicó:

“La palabra clave es urgencia. Urgencia para políticas inmediatas y medidas para promover la eficiencia energética y facilitar el desarrollo de tecnología...

De seguir las tendencias actuales, nos encontramos en la trayectoria de un sistema de energía caro y sucio que pasará de crisis a crisis. Puede significar, más cortes en los suministros, desastres meteorológicos o ambos. El futuro de la energía no solo no es sustentable, sino que está condenado al fracaso.

Los gobiernos puede aceptar tal falla, o pueden decidir el unirse para cambiar el rumbo.”

El ayer es historia, el mañana un misterio y el ahora un don, por eso se llama “presente”.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	4
CAPITULO I.....	8
<i>La administración de los recursos petroleros</i>	8
CAPITULO II.....	12
<i>Antecedentes del petróleo</i>	12
CAPITULO III.....	32
<i>Futuro del petróleo</i>	32
CAPITULO IV.....	40
<i>Alternativas de producción de hidrocarburos</i>	40
CAPITULO V	46
<i>Evolución histórica del petróleo en México</i>	46
CAPITULO VI.....	76
<i>Situación en México respecto de la energía</i>	76
<i>Las reservas de crudo en México</i>	79
<i>Pemex Petroquímica (Petroquímica secundaria)</i>	93
CAPITULO VII.....	97
<i>Disparadores del cambio tecnológico</i>	97
CAPITULO VIII.....	109
<i>Problemática general y particular</i>	109
CAPITULO IX.....	117
<i>Industria de la Ingeniería de Proyectos en México</i>	117
CAPITULO X	126
<i>Aspectos relacionados con la formación técnica</i>	126

<i>CAPITULO XI</i>	133
<i>El Índice de Desarrollo Humano (IDH)</i>	133
<i>El Producto Interno Bruto (PIB)</i>	139
<i>Cálculo del índice de educación:</i>	150
<i>Cálculo de índice del PIB per cápita:</i>	151
<i>Cálculo del IDH:</i>	151
<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	155
<i>A n e x o s</i>	168

INTRODUCCIÓN

Es difícil imaginarse un mundo sin petróleo, en parte porque el ser humano lo ha estado utilizando desde al menos al año 3000 A.C. En la Mesopotamia de esa época usaban el “aceite de la roca” como adhesivo de las rocas, sellador de embarcaciones, como medicamentos y para adecuar sus caminos. Los chinos de hace dos siglos refinaban el petróleo crudo para usarlo en lámparas y en calefacción de sus casas. Los químicos árabes y persas del siglo XVII, descubrieron que los elementos ligeros del petróleo podían ser mezclados con la cal (óxido de calcio), para hacer el fuego griego, el napalm actual (gasolina gelatinosa). De esos usos, el petróleo aún ocupa un lugar central en edificios, embarcaciones, medicina, caminos y para la guerra. Es crucial en varias industrias, incluyendo la industria química y la agricultura. Pero sobre todo domina la escena del mundo actual en la energía motriz.

El petróleo fue conocido por los nativos del continente americano, y se le daban varios usos por las sociedades locales. Los españoles mencionaron que los nativos lo usaban para curar varias afecciones y en ceremonias religiosas. A la mitad del siglo XIX, se expandió el uso del aceite obtenido del carbón y se diseminó su búsqueda para obtener fuentes accesibles. En la Tierra del Fuego, los indígenas encendían el gas que afloraba naturalmente para calentarse, de ahí surgió el nombre de Tierra del Fuego. Este ímpetu inició con la época del petróleo.

Se puede considerar al siglo XX, como la época en la que el incremento en el uso de energía ha sido de proporciones extraordinarias. En la primera parte del siglo, fue el carbón la fuente dominante de energía. El gran competidor fue el petróleo por su alta densidad de energía (energía por unidad de volumen). Durante y después de la segunda guerra mundial, se dio un cambio del carbón hacia el petróleo principalmente debido al uso para el transporte. Para el suministro de energía “barata”, se construyó infraestructura en general y en particular para el transporte dependiente del petróleo, situación que ha hecho a la sociedad altamente dependiente de éste recurso. Casi el 40% del consumo total de energía en el mundo

depende del petróleo (de acuerdo con datos publicados por la empresa petrolera British Petroleum en el año 2006). La extracción mundial anual se encuentra alrededor de los 26 mil millones de barriles (aprox. 4.2 mil millones de m³) y con la adición de los líquidos relacionados con el petróleo, la extracción total de líquidos del petróleo llega a casi 30 mil millones de barriles (4.8 mil millones de m³).

Esto nos plantea una interrogante: dado que se trata de un recurso no renovable, (y esta pregunta ha generado alguna polémica), de si llegaremos a la cima de extracción en un futuro cercano o bien si ya llegamos, de tal forma que no sabemos si el suministro será capaz de satisfacer la demanda futura.

En nuestro país, en vías de desarrollo, adicionalmente se trata de un actor importante y por muchos años protagonista sobresaliente en el desarrollo de nuestra sociedad.

En ocasiones ha sido más importante de lo que debería y hemos contado con su presencia, y para nuestro país, aun sin cuidar su permanencia vía sustitución de lo extraído. La caída consistente de las inversiones en energía en los últimos treinta años acarreará consecuencias graves para la seguridad energética de país. Cuando debimos prever su calidad de no renovable.

Bajo estas premisas haremos un análisis y propondremos algunas acciones que permitan corregir el rumbo y que encausen su participación en la creación de infraestructura que permita mejorar el nivel de vida de nuestro país.

OBJETIVO

El objetivo es el de analizar algunos aspectos sobresalientes respecto de la administración del petróleo, y de los recursos energéticos que se han aplicado en los últimos años en México, con el objeto de entender cómo se fue conformando la situación respecto de la energía en la que nos encontramos actualmente, detectando puntos particulares de las decisiones que se tomaron en su momento y las posibles

acciones que podrían tomarse para aprovechar los recursos de que dispone el país y lograr entre otros efectos:

- promover la definición de una política energética realista de largo plazo;
- anticipar los requerimientos del capital humano (personal capacitado), que permita:
- preparar a las generaciones que se encuentran en las universidades y escuelas para enfrentar los desafíos que se presentarán, y
- la incorporación de fuerza de trabajo calificada productiva a éste sector.

No es el propósito de éste trabajo, ni creemos que lograra algún resultado constructivo, el señalar o encontrar culpables por cualquier situación, acción o inacción, que pudiera haber sido inconveniente en el pasado o bien, que a la luz de los resultados, se juzgue no acertada o deficiente, ya que consideramos que la crítica nada resuelve, más bien, lo que se está buscando es el lograr descifrar desde el punto de vista de la administración, cuáles pudieron haber sido las alternativas que se presentaron, las decisiones que se tomaron, las consecuencias de esas decisiones, y las circunstancias que nos posicionan en el momento actual, con el firme propósito de lograr que las experiencias pasadas puedan ser utilizadas para una mejor comprensión de la problemática del tema y eventualmente afloren las recomendaciones que consideramos se pueden plantear para mejorar nuestro futuro, como institución, como profesionales y consecuentemente como país.

Partiendo del principio de que los recursos son limitados y finitos, propiedad de la nación y que esto nos genera una responsabilidad hacia el futuro, de donde se desprende que el buen uso que de ellos hagamos y el que se logre incorporar a los segmentos sociales que hasta ahora han estado marginados, sería un aporte.

La forma en la que abordaremos el tema, es el siguiente:

- definir que entendemos por administrar,
- breve descripción de que se entiende por petróleo,

- algunos hechos históricos relacionados con el desarrollo de ésta industria en México,
- visión general del estado en el que se encuentra la industria,
- abordaremos brevemente el contexto internacional,
- a continuación revisaremos la previsión a futuro,
- trataremos de identificar algunos de los problemas más trascendentes,
- reflexiones, hallazgos y recomendaciones que permitan establecer los puntos que se prevé puedan aportar una solución en el mediano-largo plazo, que permitan revertir o rectificar el desempeño y la expectativas que sobre el petróleo se han generado

Debido a la complejidad del tema, y a la cantidad de interrogantes que surgen, éste trabajo no trata de cubrirlas todas ellas, sino que se concentra en abordar algunos esquemas de solución, evitando caer en la tentación de solo criticar sin aportar soluciones sin perder de vista que éstos no son absolutos, ni totalmente exhaustivos, y pretenden coadyuvar a buscar una solución.

El asunto del petróleo es un punto importante para la humanidad, ha sido el elemento de mayor presencia en el desarrollo de los últimos 100 años, y por supuesto que su disponibilidad afectará a todos, a unos más que otros. Aquellos países, que planeen y se preparen en todos los campos (y éste es uno de los objetivos), en crear conciencia de la necesidad de capacitarse, lograrán estarán mejor que otros. Es un asunto complicado y difícil, pero se buscará dejar clara la esencia de la problemática.

CAPITULO I

La administración de los recursos petroleros

Iniciaremos con la comprensión mas aceptada de ¿Qué es administrar?,

De acuerdo con el Diccionario de la Lengua Española, editado por la Real Academia Española en su vigésima segunda edición, nos indica:

administración.

(Del lat. *administratĭo*, -*ōnis*'

1. f. Acción y efecto de administrar.

administrar.

(Del lat. *administrāre*).

Entre otras acepciones:

1. Gobernar, ejercer la autoridad o el mando sobre un territorio y sobre las personas que lo habitan.
2. Dirigir una institución.
3. Ordenar, disponer, organizar, en especial la hacienda o los bienes.
4. Suministrar, proporcionar o distribuir algo.
5. Graduar o dosificar el uso de algo, para obtener mayor rendimiento de ello o para que produzca mejor efecto.

Aquí quisiéramos recordar la frase celebre y que pareciera que ahora cobra una connotación relevante, y que en su momento nos pareció antipática y hasta pretenciosa, cuando a finales de los años `70, el entonces presidente de la república Lic. José López Portillo en una conferencia transmitida por televisión, indicaba, sic:

“México, país de contrastes, ha estado acostumbrado a administrar carencias y crisis, ahora (con) el petróleo, del otro extremo, tendremos que acostumbrarnos a administrar la abundancia”¹.

Como ahora nos damos cuenta, no supimos administrar la abundancia, y hasta nos acostumbramos a aplicarlos al gasto corriente, llegando al punto de reclamar su distribución y esperar que con esos recursos se complementaran los presupuestos operativos de varios estados y municipios.

Es interesante recordar varios aspectos interesantes, para 1966 México después de muchos años de haber sido un exportador neto, dejó de exportar crudo por primera vez y la extracción nacional no era suficiente para cubrir la demanda interna, por lo que iniciamos a importar productos derivados.

Hasta esa fecha los precios del crudo se habían mantenido estables después de la segunda guerra mundial, para 1973 el precio era de \$ 3.89 U\$/barril. Como parte de la estrategia política derivada de la guerra árabe israelí del Yom Kippur o Ramadán, el 16 octubre de 1973, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) detuvo la producción de crudo y estableció un embargo de los envíos de petróleo hacia occidente, especialmente hacia Estados Unidos y los Países Bajos. La OPEP también acordó un boicot a Israel. Los efectos del embargo fueron inmediatos, el precio promedio del petróleo llegó a \$ 12.64 U\$ en 1979, presentando un pico para 1979 por arriba de \$ 40.00 U\$/barril (ver anexo 9. Precios internacionales de crudo 1862-2008)².

Citaremos dos frases que nos pueden ayudar a ubicar en nuestra realidad:

Séneca afirmó... “Si el hombre no sabe a cuál puerto se dirige, ningún viento le es favorable.”

¹ LOPEZ PORTILLO, JOSE. *Mis tiempos*, ©1988 Fernández Editores, S.A. de C.V. México ISBN 968-416.832-2.

² U.S. Energy Information Administration, sitio web: <http://www.eia.doe.gov/>

Y por otro lado, seguramente refiriéndose a otros asuntos, pero que nos puede ayudar a buscar una solución, Albert Einstein dijo... "Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo."

Esto nos debe poner en antecedentes de que, tal vez lo que hemos venido haciendo no es lo que nos puede llevar a distintos derroteros. Así, dadas las condiciones actuales estamos importando volúmenes importantes de refinados, de gas natural, de petroquímicos y recientemente de crudo, situación que en el mediano plazo, y tal vez corto nos pueda colocar en posiciones de balanza inconvenientes, podemos resumir que no hemos sabido administrar nuestros recursos, primero la minería y recientemente el petróleo. Y buscamos un elemento externo, que nos permita ir sobrellevando las cosas y no prepararnos para saber que queremos, a donde vamos, que podemos y buscar como llegar allí, de una forma racional y organizada.

En términos generales podemos reconocer que los objetivos en una empresa (o de un país), pueden ser los siguientes:

1. Obtener utilidades (objetivos económicos), a nivel país ingresos que permitan aplicarlos para la mejora del nivel de vida de la población;
2. Proporcionar buenos productos o servicios;
3. Mantenerse a la cabeza de los competidores;
4. Bienestar de los empleados (beneficios sociales) y al final de los habitantes de un país;
5. Ser eficiente, es decir buscar un equilibrio duradero y permanente;
6. Progresar.

En conclusión respecto de la administración, podemos concluir que se trata de:

Un proceso consistente en las actividades de planeación, organización, ejecución y control, desempeñadas para determinar y alcanzar ciertos objetivos señalados con la

participación ejecutiva (de ejecutar, actuar) de seres humanos y la aplicación de otros recursos.

Y como veremos más adelante, hemos perdido también la capacidad ejecutiva, entendiéndolo como la capacidad de ejecutar, realizar, hacer y cada vez nos alejamos más de aprovechar una experiencia adquirida durante los más de 70 años en que logramos crear una infraestructura que se está volviendo obsoleta, ya cubrió con creces su vida útil, que hace treinta años iniciamos su abandono y que dramáticamente seguimos perdiendo.

CAPITULO II

Antecedentes del petróleo

Como referencia y para ubicar bien la materia prima del tema que son ocupa, mencionaremos intentaremos definir: ¿Que es el petróleo crudo?

Definición: **Petroleum** (L. *petroleum*, del griego *πετρέλαιον*, lit. "aceite de la roca", la primera vez que se utilizó fue en el tratado *De Natura Fossilium* publicado en 1546 por el mineralogista alemán Georg Bauer, conocido como Gerogious Agrícola, aceite crudo o crudo solamente y se trata de un líquido inflamable que aparece naturalmente en formaciones rocosas en la tierra y que consiste en una mezcla compleja de hidrocarburos de varios pesos moleculares, junto con otros compuestos orgánicos.

El término "petróleo" puede representar el petróleo crudo solamente (que incluye algunos condensados de gas natural para algunos países, como los Estados Unidos) y tendríamos un total de 65 millones de barriles por día, para el suministro mundial, o la demanda de todos los líquidos (incluyendo petróleo sintético, condensados de gas natural, líquidos de las plantas de gas natural y las producciones en las refinerías) que nos darían 75 millones de barriles por día. El petróleo puede ser reportado en volumen (m^3 o barriles), o por peso (toneladas); situación que complica los totales para estimar cuando no se conoce adecuadamente la densidad. Ocasionalmente su medición genera problemas ya que se reportan barriles "perdidos" dando la percepción de desperdicio y como consecuencia un bajo precio por barril.

El petróleo es una mezcla de diferentes hidrocarburos; siendo las moléculas más comunes los alcanos (lineales o ramificados), ciclo-alcanos (conocidos en la industria petrolera como naftenos), hidrocarburos aromáticos o químicos más complicados como los asfaltenos. Cada variedad del petróleo tiene una mezcla única de

moléculas, que definen sus propiedades físicas y químicas, como el color y la viscosidad.

Los alcanos, conocidos como parafinas, (del latín poca afinidad), son hidrocarburos saturados con cadenas rectas o con ramales que contienen solo carbono e hidrógeno y tienen la fórmula C_nH_{2n+2} . Generalmente tienen de 5 a 40 átomos de carbono por molécula, sin embargo pueden encontrarse trazas de moléculas más cortas o mayores en la mezcla.

En términos generales, aunque la gasolina contiene rastros hasta de los nanopentanos y más, de los alcanos de pentanos a octanos se obtiene primordialmente la gasolina, los nano pentanos a hexadecanos el combustible diesel y queroseno (componentes de ciertos tipos de combustibles para los aviones, y del hexadecano hacia adelante, en aceites lubricantes. En el extremo más pesado, la parafina es un alcano con aproximadamente 25 átomos de carbono, mientras el asfalto tiene de 35 y más, no obstante en las refinerías modernas a través del proceso de craqueo se logran productos más valiosos. Las moléculas más cortas, aquellas con cuatro o menos átomos se encuentran en forma gaseosa a temperatura ambiente. Esos son los gases del petróleo. Dependiendo de la demanda y del costo de recuperación, los gases son: quemados a la atmósfera (situación cada vez menos recomendada), vendidos como gas licuado bajo presión, usado para quemarse en las calderas que generan energía y recientemente se ha continuado con su conversión a combustibles líquidos. En forma licuada bajo presión se utiliza en los encendedores, pero también es una fuente de combustible para muchos países en desarrollo. El propano butano puede ser licuado bajo presiones menores y es consumido para casi todas las aplicaciones que dependan del petróleo para la energía, desde las cocinas hasta la calefacción o el transporte.

Los ciclo alcanos, también conocidos como naftanos, son hidrocarburos saturados que tienen uno o más anillos de carbono a los cuales se juntan átomos de carbono, de acuerdo con la fórmula C_nH_{2n+2} . Los ciclo alcanos tienen propiedades similares a los alcanos pero tienen puntos de ebullición más altos.

Los hidrocarburos aromáticos son hidrocarburos no saturados que tienen uno o más anillos de carbón llamados anillos de benceno, a los que se unen átomos de hidrógeno según la fórmula C_nH_n . Estos tienden a la ignición con una flama suave y muchos tienen un aroma dulce. Algunos son carcinogénicos.

El petróleo crudo es una mezcla de diversas sustancias, las cuales tienen diferentes puntos de ebullición. Su separación se logra mediante el proceso denominado refinación, nombre que surgió en el siglo XIX, cuando todo el proceso se dirigía a refinar el petróleo para iluminación. Las operaciones básicas son:

- La destilación atmosférica y al vacío, primer proceso en una refinería, en el que se separan en fracciones que después de procesamientos adicionales se obtienen los productos principales que se venden en el mercado: gas LP (propano líquido), gasolinas, turbosina, diesel y combustóleo.
- Hidrotratamiento o hidrodesulfurización, es el proceso que se utiliza para reducir los compuestos de azufre, para evitar daños ambientales por lluvia ácida.
- Reformación catalítica de nafta, los cortes de nafta que se obtienen por destilación directa de cualquier tipo de petróleo presentan un número de octano muy bajo (45 a 55) y serían inaplicables para la gasolina que requieren los automóviles modernos (octanaje de 80 a 100). Para esto es necesario modificar la estructura química de los compuestos que integran las naftas, y para ello se utiliza el proceso de reformación catalítica en el que se promueven reacciones que conducen a la generación de compuestos de mayor octanaje.
- Isomerización, los isómeros son compuestos que tienen en mismo tipo y cantidad de átomos, pero con diferente estructura en su conformación. En el caso particular de las parafinas, que son hidrocarburos constituidos por cadena de átomos de carbono asociada a hidrógeno, se tienen una misma conformación general, una gran variedad de estructuras; cuando la cadena de

átomos de carbono es lineal, el compuesto se denomina parafina normal y si la cadena es ramificada, el compuesto es una isoparafina. El proceso de isomerización es aquel en el que las parafinas normales se convierten en isoparafinas a través de reacciones de isomerización.

- Desintegración Catalítica Fluida (FCC), es un proceso de conversión de hidrocarburos pesados presentes en los gasóleos de vacío, que permite producir gasolina, y en consecuencia aumentar el rendimiento de éste combustible en las refinerías, disminuyendo la producción de residuales. En el proceso se producen además de gasolina, productos más ligeros como gas seco (metano y etano) y fracciones de 3 a 5 átomos de carbono de carácter olefínico, que se utilizan como materia prima en la producción de éteres y gasolina, así como un producto pesado rico en aromático, conocido como aceite cíclico ligero, que se procesa en las hidro-tratadoras de la fracción diesel y otro denominado aceite decantado que se incorpora al combustóleo.
- Producción de éteres, con el propósito de reducir las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados de los vehículos con motor a gasolina, se agregan a éste combustible componentes que contienen oxígeno en su molécula como es el caso de los éteres. Los componentes oxigenados utilizados en la formulación de gasolinas en México, son el MTBE (Metil ter-butil éter) y en menor grado el TAME (tetra-mil metil éter).
- Alquilación, el proceso es una síntesis química por medio de la cual se unen las olefinas ligeras (propileno y/o butadienos obtenidos en el proceso FCC) con isobutano, proveniente de la fracción de gas LP recuperada en la destilación atmosférica del petróleo y complementado con corrientes equivalentes del procesamiento del gas natural. Al resultado se le denomina alquilado o gasolina alquilada, producto constituido por componentes isoparafínicos cuyos puntos de ebullición se ubican dentro del intervalo de la gasolina.
- Fondo de barril, cada vez se dispone de mayor disponibilidad relativa de crudo pesado, con altos contenido de azufre y metales y bajos rendimientos de destilados, por lo que se hace necesario el contar con unidades de proceso

que permitan el modificar estos rendimientos en conformidad con las demandas, produciendo combustibles con calidad ecológica. Esto apunta a la introducción de procesos de conversión que aumenten la producción de destilados y disminuyan los residuales pesados. Otro proceso basado en la descomposición térmica, es el de reducción de viscosidad, orientado a la autogeneración de diluentes del combustóleo para reducir el uso de destilados valiosos que también se usan para éste propósito.

- Procesos petroquímicos, además de los combustibles, del petróleo se obtiene derivados que permiten la producción de compuestos químicos que son la base de cadenas productivas que terminan en una amplia gama de productos conocidos genéricamente como productos petroquímicos, que se utilizan en las industrias de fertilizantes, plásticos, alimenticia, farmacéutica, química y textil, entre otras. A éste tipo de procesos se les ha llamado en su conjunto procesos de fondo de barril, y constituyen una sección específica de la mayor parte de las refinerías. Entre las opciones de procesamiento se tienen las orientadas a la producción de combustóleo de bajo contenido de azufre, utilizando el proceso de hidrot ratamiento de residuos, aunque se empiezan a generalizar los esquemas de alta conversión basados en hidro-desintegración profunda o en coquización para aumentar el rendimiento de destilados a expensas de la desaparición del combustóleo.

Nota: Uno de los problemas mayores lo representa la combustión incompleta del petróleo o gasolina, resulta en la generación de productos tóxicos. Poco oxígeno resulta en el monóxido de carbono. Debido a las altas temperaturas y presiones involucradas, los gases de escape de motores de combustión usualmente incluyen óxidos de nitrógeno que son responsables del smog fotoquímico (de la combinación en inglés de las palabras: smoke y fog), Se denomina smog fotoquímico a la contaminación del aire, principalmente en áreas urbanas, por ozono originado por reacciones fotoquímicas, y otros compuestos. Como resultado se observa una atmósfera de un color marrón rojizo, ya tan familiar a nuestros horizontes ciudadanos. El ozono es un compuesto oxidante y tóxico que puede provocar en el ser humano

problemas respiratorios. Se le considera un fuerte causante del cambio climático, además de precursor o detonador de algunas enfermedades más graves.

¿Cómo se forma el petróleo? Los geólogos se refieren al rango de temperatura en el que se forma el petróleo como la ventana del petróleo. Abajo de la temperatura mínima, el aceite permanece atrapado en forma de queroseno, y sobre la máxima temperatura el aceite se convierte en gas a través del proceso de craqueo térmico, (ruptura térmica de cadenas carbonadas). No obstante que este rango de temperatura se encuentra a diferentes profundidades por debajo de la superficie en todo el mundo, una profundidad típica para la ventana del petróleo es entre 4 y 6 Km. Algunas veces, el petróleo se forma en profundidades extremas que pueden migrar y quedan atrapados en profundidades menores que en donde fueron formados. Las arenas saturadas de Athabasca (región en el norte de Alberta en Canadá, rico en aceite que son una combinación de arcilla, arena, agua y bitumen³ que cubren una superficie de 141,000 Km²) es un ejemplo de esto.

La explotación de arenas bituminosas se remonta a las épocas paleolíticas. Los usos más antiguos fueron por los Neandertales, hace como 40,000 años. El “bitumen” ha sido encontrado adherido a herramientas de piedra utilizadas por los Neandertales en sitios como Siria. Después de la llegada del *Homo sapiens*, los humanos usaron el bitumen para la edificación de construcciones y para impermeabilizado de embarcaciones. En el antiguo Egipto, el uso del bitumen fue importante en el proceso de momificación, de hecho la palabra momia, proviene de la palabra Persa *mūm* (موم), que significa bitumen.⁴

Los geólogos ven al petróleo crudo y gas natural como producto de la compresión y calentamiento de materiales orgánicos antiguos sobre tiempos geológicos. La formación de petróleo ocurre de la pirolisis de los hidrocarburos, en una variedad de

³ Del lat. *bitūmen, -īnis*, betún, voz de origen celta. Nombre de varias sustancias compuestas principalmente de carbono e hidrógeno.

⁴ HIRST, K. KRIS (2009). “*Bitumen – A smelly but useful material of interest*”. *Archaeology*. Liga internet: <http://archaeology.about.com/od/bcthroughbl/qt/bitumen.htm>. Edición 23.10.2009.

reacciones endotérmicas a alta presión y/o temperatura. El petróleo actual se formó de restos conservados de zooplancton prehistórico y algas, que se sedimentaron en el fondo del mar o en lagos en grandes cantidades en condiciones anóxicas (los restos de plantas terrestres prehistóricas, que pudieron tender a formar carbón). En tiempos geológicos, la materia orgánica se mezcló con lodos y fue enterrado bajo capas de sedimentos pesados resultando en altas presiones y temperaturas (conocido como diagénesis). Esto causó que la materia orgánica cambiara, primero en material pesado conocido como el queroseno que se encuentra en varios yacimientos de arenas bituminosas y con más calor se convirtiera en hidrocarburos líquidos y gaseosos en un proceso conocido como catagénesis.

Con el pasar del tiempo, la biomasa se cubrió por capas de lodo, arcilla y arena que formaron las rocas sedimentarias. El calor geológico y la presión de las capas rocosas convirtieron la biomasa en un líquido rico en hidrocarburos que denominamos petróleo crudo y eventualmente se acumuló en estratos de rocas porosas que denominamos yacimientos. Existen formaciones o depósitos en arenas saturadas de hidrocarburos y pizarras bituminosas en donde las condiciones geológicas no han sido las suficientes para convertir los hidrocarburos en líquidos.

¿Cómo se extrae el petróleo crudo?

Antes que nada, la industria del petróleo tiene algunos problemas de definición. En general el petróleo es extraído, no producido, ya que no se fabrica ni se elabora, excepto cuando se sintetiza a partir del carbón o del gas natural a partir de reacciones químicas. No con éste proponemos cambiar incluso el nombre de la empresa subsidiaria que se encarga de esto en México, pero en ocasiones el llamar a las cosas con propiedad no hace daño.

En su forma más común, se perforan pozos en los yacimientos para extraer el petróleo crudo. Normalmente al inicio de la explotación se utiliza la presión natural del yacimiento para “fluir” o forzar al crudo a salir a la superficie. En algunos yacimientos, esta presión natural es suficiente en períodos largos del tiempo. Con el

paso del tiempo, la presión natural se disipa, entonces el crudo debe ser “extraído” artificialmente, ya sea con gas (bombeo neumático), o con bombas mecánicas. Con el agotamiento del yacimiento, los métodos naturales se vuelven menos efectivos y deberán usarse métodos secundarios. Un método comúnmente usado es el de la inyección de agua o gas en el yacimiento para incrementar la presión y forzar las gotas de petróleo que abandonen su posición y fluya hacia los pozos. Eventualmente se aplicarán métodos de recuperación terciaria o mejorada para recuperar el flujo, inyectándole vapor, bióxido de carbono u otros gases o productos químicos para estimular los yacimientos. El extraer aceite o bitumen de arenas con alquitrán/aceite o pizarras bituminosas, requiere el extraer las arenas o pizarras y calentarlas en recipientes, o utilizando métodos in situ de inyección de líquidos calientes en el depósito y bombeando el líquido saturado.

Definiciones apropiadas.

El volumen de petróleo se mide en barriles, que equivale a 0.159 m^3 . La extracción de petróleo se mide en barriles por día (bpd). Los prefijos están dados en el Sistema Internacional de Medidas (SI). Entonces un millón de barriles de petróleo se indica como 1 Mb y mil millones de barriles de petróleo (10^9) se indican como 1 Gb. Los volúmenes de gas natural se miden en pies cúbicos (ft^3), que equivale a 0.0283 m^3 . Los volúmenes de petróleo y gas se reportan normalmente en barriles de petróleo equivalente (bpe), con el objeto de comparar los volúmenes de cada recurso. Un barril de petróleo crudo equivalente es igual a $5,610 \text{ ft}^3$ de gas, o 159 m^3 de gas natural. De ahí se deriva el hecho de que si un reporte de un campo se da como barriles de petróleo equivalente (bpe), y no se da información acerca del contenido de fluido, no es posible decir si se trata de un campo de petróleo o gas o del volumen de aceite.

La viscosidad se mide en centipoises (*cp*), que en unidades del SI equivale a 0.001 Pascal segundos (Pa-s).

El petróleo puede ser clasificado en diferentes formas dependiendo de las propiedades físicas y químicas. De cualquier manera, una forma conveniente ha sido a través de la gravedad API. La medida fue definida por el American Petroleum Institute (API). Por lo general se refiere como los grados API (°API) y está definida por la siguiente fórmula:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{Gravedad específica}} - 131.5$$

La gravedad específica se define como la relación de un petróleo crudo al agua a 15.6° C.

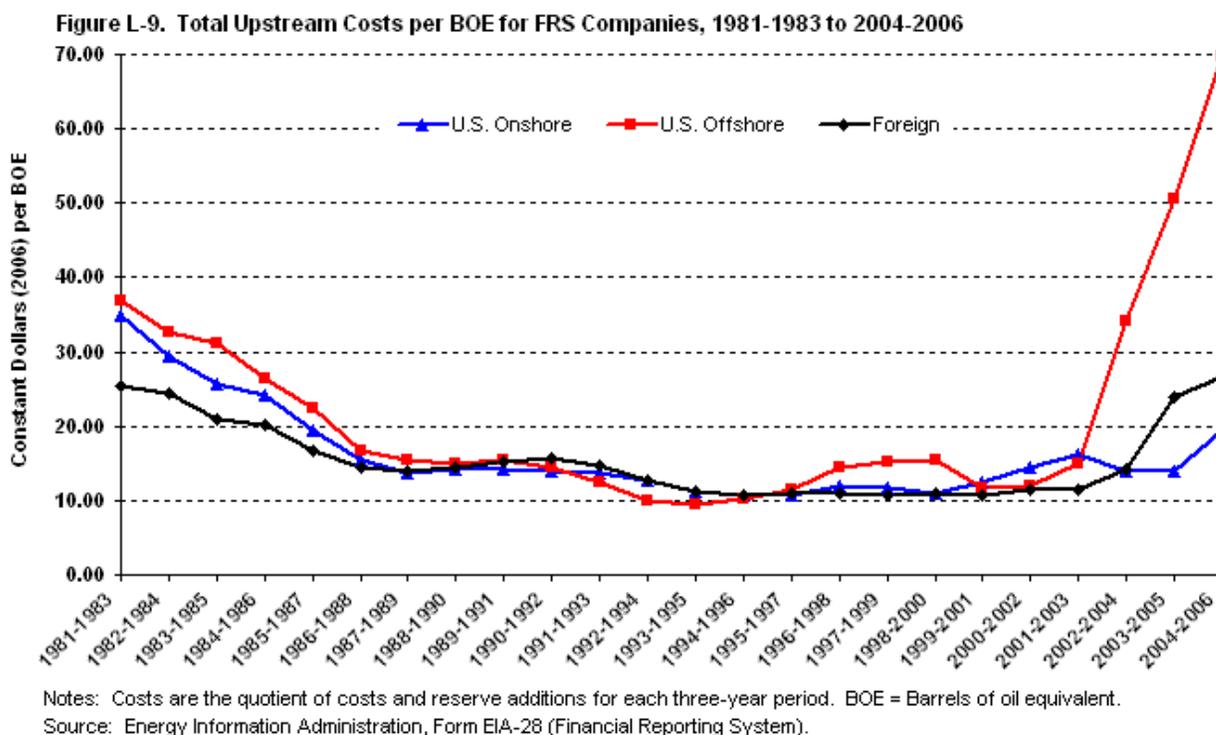
¿Que afecta los costos de extracción?⁵

Las características de los yacimientos (como la presión), y las características físicas del crudo son factores importantes que afectan el costo de extraer petróleo. Ya que esas características varían substancialmente dentro de las diferentes ubicaciones geográficas, el costo de extracción también varía significativamente. En el 2006, el costo de extracción (costos de “traer a la superficie” un barril de petróleo), se encontraba entre \$ 4.00 US/barril en África a \$ 8.30 US/barril en Canadá. El costo promedio en Estados Unidos era de \$ 6.83 US/barril. Adicionalmente a los costos directos asociados de extraer el petróleo del subsuelo, existen costos importantes asociados con la exploración y desarrollo de campos petroleros (costos de hallazgo) y estos varían substancialmente dependiendo de la región de que se trate. Por ejemplo en los años 2004 a 2006 este costo variaba de \$ 5.26 US/barril en el Medio Oriente a \$ 63.71 US/barril en el área costa afuera del Golfo de México, principalmente con la localización de yacimientos en aguas con tirantes continuamente mayores, al irse agotando las reservas en aguas someras. En

⁵ **DEPARTMENT OF ENERGY**, Gobierno de los Estados Unidos. Sitio internet: <http://www.eia.doe.gov/neic/infosheets/crudeproduction.html>

México, en 1980 se tenían registrado costos alrededor de los \$ 3.00 U\$/barril. Actualmente estará entre \$ 6.00 y \$ 8.00 U\$/barril.

Además los costos asociados con la obtención del petróleo de la tierra, existen costos importantes en la exploración y desarrollo de campos (conocidos como costos de descubrimiento). Mientras los avances tecnológicos en el descubrimiento y extracción han hecho posible el “traer” a la superficie yacimientos remotos a profundidades en el mar cada vez mayores, tales como los que se encuentran en el Golfo de México, los costos de descubrimiento y extracción se han incrementado notablemente independientemente de los tiempos requeridos, ya que para aguas ultraprofundas (mayores de 1000 m. de tirante), se tiene la referencia desde la exploración hasta el “primer aceite” como de 10 años, aprox.



En la gráfica anterior, se muestra los costos totales de extracción por barril de petróleo equivalente para diferentes compañías de 1981/1983 a 2004/2006. Esta información aparece en la EIA (Energy Information Administration), ver referencia.

Para tener una idea del orden de magnitud del esfuerzo por adicionar reservas y producciones, a continuación mostramos una tabla en la que se indican los pozos

exploratorios y de desarrollo que se ha perforado en los Estados Unidos para el periodo 2006 y 2007, según datos de la Administración de Información sobre Energía (Energy Information Administration, EIA):

Tabla pozos netos completados, promedio profundidad, en tierra y costa afuera, para deferentes empresas 2006 y 2007 ⁶									
	Total Estados Unidos			U.S. en tierra			U.S. Costa afuera		
	2006	2007	%Cambio	2006	2007	% Cambio	2006	2007	% Cambio
Pozos Exploratorios									
Pozos petróleo									
Pozos Completados	21.6	62.4	188.9	11.6	57.3	394.0	10.0	5.1	-49.0
Profundidad promedio (1000 ft)	14.4	16.2	12.4	11.4	15.7	37.9	18.0	22.4	24.2
Pozos de Gas Natural									
Pozos Completados	382.6	523.2	36.7	360.3	508.6	41.2	22.3	14.6	-34.5
Profundidad promedio (1000 ft)	8.6	8.3	-3.3	8.3	8.2	-0.6	13.6	10.9	-19.8
Pozos secos									
Pozos Completados	93.9	93.4	-0.5	63.5	68.8	8.3	30.4	24.6	-19.1
Profundidad promedio (1000 ft)	12.4	11.0	-11.7	10.4	8.9	-14.0	16.7	16.7	-0.1
Pozos en desarrollo									
Pozos petróleo									
Pozos Completados	2,375.4	1,965.4	-17.3	2,273.6	1,875.2	-17.5	101.8	90.2	-11.4
Profundidad promedio (1000 ft)	5.7	5.5	-3.1	5.6	5.3	-5.9	8.8	11.6	31.6
Pozos de Gas Natural									
Pozos Completados	8,798.2	9,039.1	2.7	8,736.7	8,990.5	2.9	61.5	48.6	-21.0
Profundidad promedio (1000 ft)	7.6	8.3	10.0	7.5	8.3	10.3	12.1	10.9	-9.9
Pozos secos									
Pozos Completados	198.9	150.9	-24.1	183.9	138.8	-24.5	15.0	12.1	-19.3
Profundidad promedio (1000 ft)	7.7	6.9	-10.8	7.6	6.7	-12.0	9.0	9.0	0.1

Ahora veremos los costos de extracción en México. Estos costos no incluyen los costos por exploración, que como se mencionó anteriormente alcanzan los \$6.50 pesos por barril y que deberían ser cercanos a los 10 dólares por barril.

Costo de Extracción de Petróleo Crudo Equivalente

Dólares por barril

⁶ Fuente: ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, *Form EIA-28 (Financial Reporting System)*.

	2000	2001	2002	2003
Total Nacional	2.99	3.14	3.04	3.16
Región Norte	6.24	6.74	6.11	5.91
Altamira, Poza Rica, Veracruz				
Región Sur	3.58	3.86	3.43	3.94
Cinco Presidentes, Bellota, Chinchorro, Luna, Jujo, Tecominoacán, Samaría, Sitio Grande, Chilapilla, José Colomo, Muspac				
Región Marina Noreste	2.43	2.51	2.47	2.63
Ek-Balam, Ku-Maloob-Zap, Cantarell				
Región Marina Suroeste	2.49	2.50	2.98	2.71
Abkatun, Pol-Chuc, Litoral de Tabasco				

Fuente: BDI, PEP

Extracción mundial de petróleo crudo

La extracción total de petróleo crudo (incluyendo condensados, pero excluyendo los líquidos de las plantas de gas natural), en 2006 llegó a 73.54 MMbbl/d (preliminarmente). Las cinco naciones más productoras, que comprenden el 43% del total extraído, son: Rusia (9.25 MMbbl/d); Arabia Saudita (9.15 MMbbl/d), los Estados Unidos (5.1 MMbbl/d), Irán (4.03 MMbbl/d) y China (3.69 MMbbl/d), en éste contexto la OPEC (Organización de Países Exportadores de Petróleo) produce 32.1 MMbbl/d ó el 44% del total mundial.

Precio

Así por ejemplo, para crudo Maya vendido a Estados Unidos (y a PEMEX Refinación), la fórmula está dada por:

$$\text{Maya} = 0.24\text{WTS} + 0.147\text{ANS} + 0.099 (\text{LLS} + \text{Brent DTD}) + 0.394 (\text{FO No. 6 3\%S}) + K.$$

En donde se tiene:

WTS, es el precio spot del crudo West Texas Sour en Midland, TX.

ANS, es el precio spot del crudo Alaskan North Slope;

LLS, es el precio spot del crudo Louisiana Light Sweet;

Brent DTD, es el precio spot del crudo Brent dated (del mar del Norte);

FO No. 6 3%S, es el precio del Fuel Oil No. 6 con 3 % de azufre.

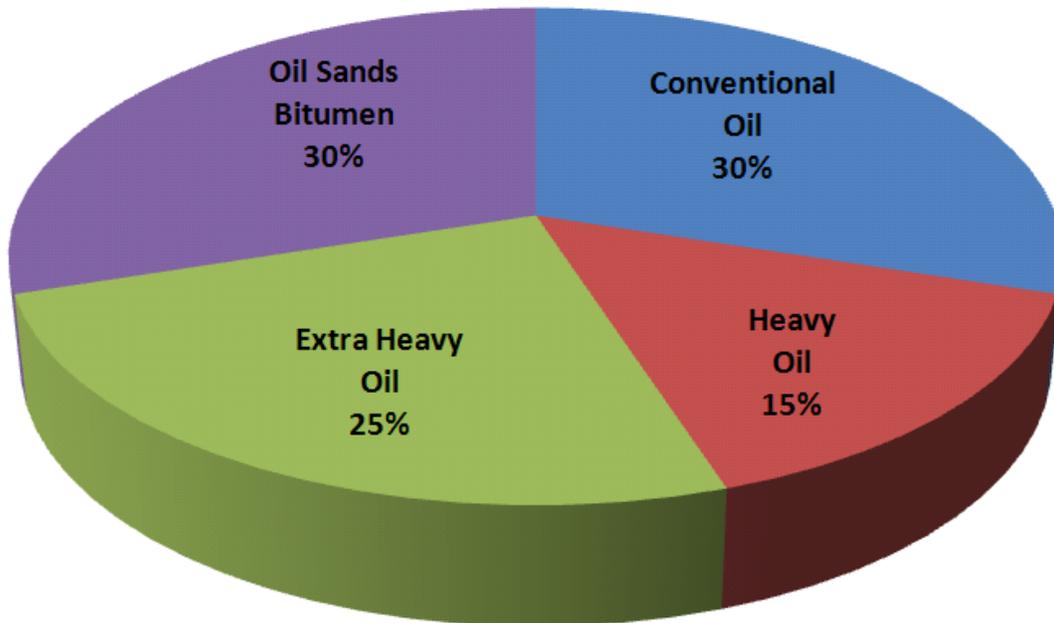
K, es una constante determinada mensualmente por el Comité de Comercio Exterior de Petróleo, considerando los rendimientos de nuestros crudos con la canasta incluida en la fórmula, ajustes por condiciones comerciales, ajustes por riesgos volumétricos y otros factores cualitativos del mercado.

Lo que ésta fórmula intenta reproducir es que procesar 100 barriles de crudo Maya en una refinería de complejidad básica, dá los mismos rendimientos de productos que el procesar una mezcla de 24 barriles del WTS, 14.7 barriles de ANS, un barril de LLS, un barril de Brent y 39.4 barriles de crudo pesado.

Reservas

Hay que elaborar modelos para estudiar el comportamiento de las reservas con respecto al tiempo. De hecho las reservas son la adición de todas las producciones hasta el final. La extracción de ahora formaba parte de las reservas hasta el día de ayer. Las bases de datos más confiables son las que publica el Oil & Gas Journal (OGJ) en el mes de diciembre anualmente, datos estadísticos de la empresa British Petroleum (BP) publicados en junio y World Oil (WO) en agosto de cada año <http://www.eia.doe.gov/>, así como los datos de la OPEP. Veamos ahora una gráfica indicativa de las reservas totales de petróleo crudo por el OGJ.

Reservas totales de petróleo crudo en el mundo



Debido a tratarse de un dato estratégico, en el mundo del petróleo, se tiene una importante discrepancia, dependiendo de la fuente, veamos a continuación:

Referencia	Reservas en Gb	Extracción en MMBPD
OGJ (fin 2002)	1,212.880,852	66.0427
BP (fin 2002)	1047.7	73.935
OGJ (fin 2001)	1,031.553 477	63.6948
BP (fin 2001)	1,050.3	74.350
Continuación: Referencia	Reservas en Gb	Extracción en MMBPD
WO (fin 2001)	1,017.763 1	67.700 444
OPEP (fin 2001)	1074.850	65.498 7

Las iniciales se refieren a: OGJ, Oil and Gas Journal; BP, a British Petroleum; WO, a World Oil y OPEP, Organización de Países Exportadores de Petróleo.

Ante estos datos, seguramente será importante el definir cuál es la cifra adecuada y cuál es el modelo que más se acerca a la realidad.

A continuación trataremos un asunto bastante controvertido, pero que se base en el principio de que el petróleo es finito, no renovable en el corto plazo y es el que se refiere al concepto de la cima en la extracción de petróleo, (peak oil)

En 1956 el Sr. M. King Hubbert introdujo el concepto de cima (peak oil), refiriéndose al punto en el tiempo en el cual se alcanza la mayor extracción global de petróleo, después de la cual se inicia la declinación hacia el final de su extracción. El principio se basa en el concepto de que la extracción de petróleo en un yacimiento crece normalmente en forma exponencial con respecto al tiempo hasta que llega a un máximo y entonces entra en declinación, algunas veces rápidamente, hasta que se agota. Este término se confunde algunas veces con el de agotamiento. Ver figura en anexo 5.

Este principio busca la predicción del comportamiento en función de los datos históricos de hallazgos y los datos de extracción, entonces la curva de Hubbert puede ser dibujada para dar estimados de las producciones futuras. En particular, la fecha de la cima o la cantidad total de petróleo puede ser estimada de esa manera.

Por ejemplo Cavallo⁷ define la curva de Hubbert utilizada para anticipar la cima de la extracción en Estados Unidos, como la derivada de:

$$Q(t) = \frac{Q_{\max}}{1 + ae^{bt}}$$

⁷ CAVALLO, ALFRED. *J. Hubbert's Petroleum Production Model: An Evaluation and Implications for World Oil Production Forecasts*, Natural Resources Research, Vol. 13, No. 4, December 2004

En donde $Q_{\text{máx}}$ es el total del recurso disponible (último aceite recuperado), $Q(t)$, es la extracción acumulada y a y b son constantes. El año de máxima extracción (cima) vendría dado por:

$$t_{\text{max}} = \frac{1}{b} \ln \left(\frac{1}{a} \right)$$

En este tema también existen serias dificultades para consensar un criterio, para definir cuando se presentará la fecha pico de extracción mundial, (seguramente relacionado con manejos financieros), en las cuales se tienen fechas un poco discutibles, ente ellas se tienen por ejemplo los siguientes escenarios:

Fecha proyectada	Fuente de la proyección	Antecedentes y referencias
2006-2007	Bakhitari, A.M.S.	Iranian Oil Executive ¹¹
2007-2009	Simmons, M.R.	Investment banker ¹²
Después 2007	Skrebowski, C.	Petroleum journal Editor ¹³
Antes 2009	Deffeyes, K.S.	Oil company geologist (ret.) ¹⁴
Antes 2010	Goodstein, D. Vice Provost	Cal Tech ¹⁵
Alrededor 2010	Campbell, C.J.	Oil company geologist (ret.) ¹⁶
Después 2010	World Energy Council	Non-Government Org. ¹⁷
2010-2020	Laherrere, J.	Oil company geologist (ret.) ¹⁸
2016	EIA nominal case	DOE analysis/ information ¹⁹
Después 2020	CERA	Energy consultants ²⁰
2025 o después	Shell	Major oil company ²¹
No pico previsto	Lynch, M.C.	Energy economist ²²

¹¹ BAKHTIARI, A.M.S. "World Oil Production Capacity Model Suggests Output Peak by 2006-07." *OGJ*. April 26, 2004.

¹² SIMMONS, M.R. ASPO Workshop. May 26, 2003.

¹³ SKREBOWSKI, C. "Oil Field Mega Projects - 2004." *Petroleum Review*. January 2004.

¹⁴ DEFFEYES, K.S. *Hubbert's Peak-The Impending World Oil Shortage*. Princeton University Press. 2003.

¹⁵ GOODSTEIN, D. *Out of Gas – The End of the Age of Oil*. W.W. Norton. 2004

¹⁶ CAMPBELL, C.J. "Industry Urged to Watch for Regular Oil Production Peaks, Depletion Signals." *OGJ*. July 14, 2003.

¹⁷ WORLD ENERGY COUNCIL *Drivers of the Energy Scene*. 2003.

¹⁸ LAHERRERE, J. *Seminar Center of Energy Conversion*. Zurich. May 7, 2003

¹⁹ DOE EIA. "Long Term World Oil Supply." April 18, 2000. See Appendix I for discussion.

²⁰ JACKSON, P. et al. "Triple Witching Hour for Oil Arrives Early in 2004 – But, As Yet, No Real Witches." *CERA Alert*. April 7, 2004.

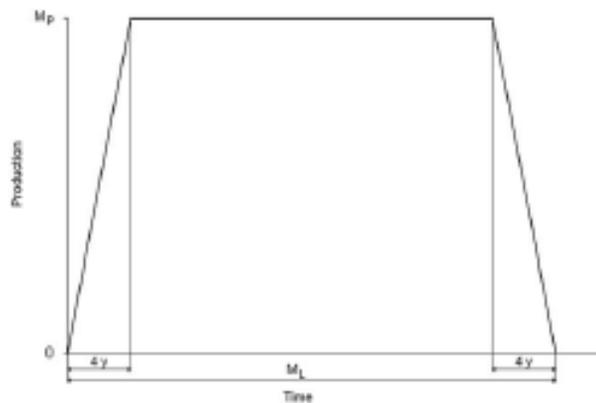
²¹ DAVIS, G. **"Meeting Future Energy Needs."** *The Bridge*. National Academies Press. Summer 2003.

²² LYNCH, M.C. **"Petroleum Resources Pessimism Debunked in Hubbert Model and Hubbert Modelers' Assessment."** *Oil and Gas Journal*, July 14, 2003.

Existe una creciente certidumbre de que el pico de extracción convencional, ya se alcanzó o se estará alcanzando antes del 2025. La pregunta obligada sería, ¿cuál será el papel del petróleo no convencional?, específicamente si la extracción de este petróleo podrá proveer una transición suave cuando la extracción del petróleo convencional llegue a su cima.

Haremos uso de la aplicación de un modelo propuesto por Mohr y Evans⁸, en 2009 aplicado a la producción de carbón. En términos generales este modelo se basa en la producción de una mina individual, con una producción máxima, una vida útil y una rampa ascendente y descendente de cuatro años.

Para una mina, equiparándolo con un yacimiento petrolífero, el perfil de producción se asume como lo muestra la siguiente figura:



Perfil esquemático de extracción de un pozo (mina)

La extracción de un yacimiento (mina) viene dado por la suma de los pozos individuales. Matemáticamente la extracción del *i*-ésimo pozo del yacimiento del modelo de extracción ($P^{Mb}(t)$) es:

⁸ MOHR S.H. y EVANS, G.M. **Long term prediction of unconventional oil production** Energy Policy, Elsevier, 14 Octubre 2009, University of Newcastle, Faculty of Engineering and Built Environment, Chemical Engineering, University Drive, Callahan NSW, Australia.

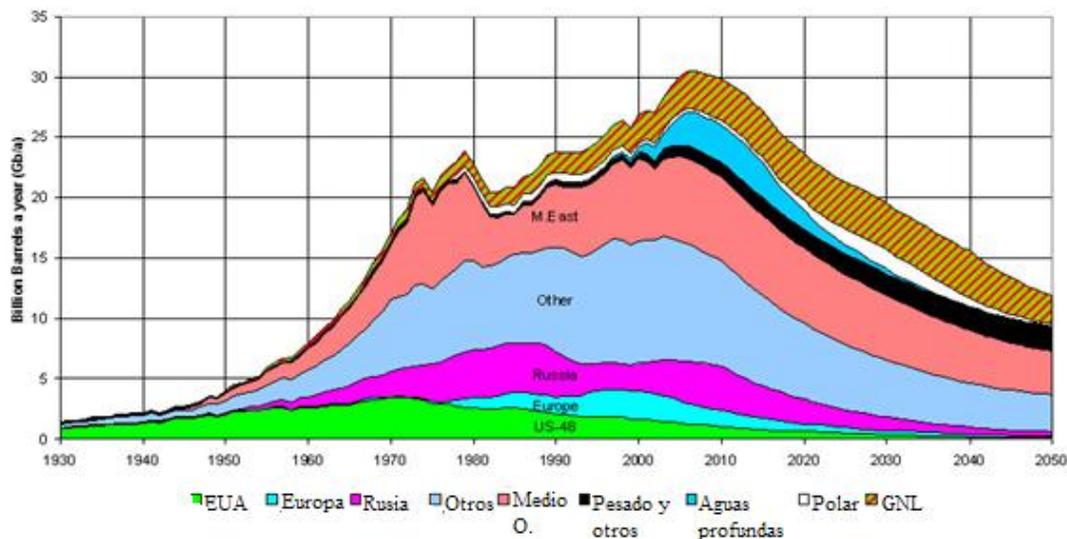
$$P^{Mb}(t) = \sum_{l=1}^{n^{Mb}(t)} P_l^{Mb}(t)$$

En donde $n^{Mb}(t)$ es el numero de pozos productores en el año i-ésimo en el yacimiento b-ésimo.

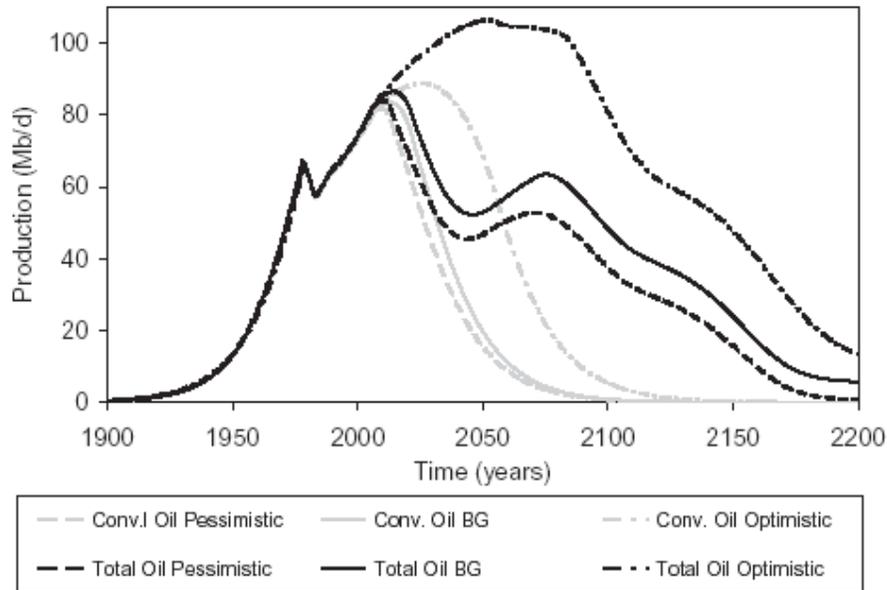
Los resultados presentados en el artículo por Mohr y Evans son interesantes y se incluyen en el anexo 8. En estas Mohr y Evans muestran tres escenarios, siempre que haya iniciado su explotación en el 2000, el pesimista con una extracción pico de 18.25 miles de millones de b/d en el 2060, mejor previsión con 21.9 miles de millones de b/d para el 2075 y una optimista con 29 miles de millones de b/d para el 2090.

Ante esos escenarios, podemos revisar cuáles pueden ser algunas alternativas para la producción de combustibles:

Líquidos de petróleo y gas Escenario 2004



Veamos que sucede si combinamos las dos graficas, en las que combinemos la extracción de petróleo convencional con la producción de petróleo no convencional incluyendo los tres escenarios encontrados.



Combinación de petróleo convencional/predicción de petróleo no convencional por Mohr y Evans.

Es muy posible que la cima no llegue a presentarse por varias décadas, pero también es posible que ocurra en un futuro cercano. Por lo que nos encontramos ante la disyuntiva de manejar el siguiente riesgo:

Por un lado, se pueden tomar medidas que mitiguen el impacto y que resulten prematuras, si la cima se presenta varias décadas por delante; o, por otro lado, si la cima es inminente, el no tomar las medidas de mitigación rápidamente puede tener un costo económico y social significativo.

Las dos posiciones son asimétricas:

Si se toman acciones de mitigación prematuramente, puede ser costoso y que resulte en una aplicación de costos no efectiva, (non cost effective).

Una iniciación tardía puede traer consecuencias severas. Este punto lo revisaremos posteriormente con un poco más de detalle, sobre todo una reflexión acerca del caso Mexicano.

El mundo no ha enfrentado un problema similar, y el equivocarse en la toma de acciones a tiempo puede tener impactos catastróficos en la economía mundial. La minimización del riesgo requiere la implementación de medidas de mitigación con mucho tiempo antes de llegar al pico. Ya que es incierto cuando se presentará, el reto es realmente significativo. Lo que no sería aceptable es el no hacer nada y solo dejar pasar las cosas para ver si se resuelven por si solas o como es el sentir generalizado, ...”que otros se preocupen”.

CAPITULO III

Futuro del petróleo

Frontera en la exploración, petróleo no convencional

Como hemos visto en el capítulo anterior, los altos precios del petróleo y el fantasma de la proximidad del pico en la extracción convencional, han abierto la puerta a nuevas oportunidades de exploración, llevando a los operadores independientes y a los mayores, a tratar de desarrollar petróleo no convencional a partir de diferentes fuentes. Dos de las más buscadas son las arenas productoras de petróleo y las rocas sedimentarias que contienen materia orgánica sólida (oil shale).

Las arenas bituminosas de Canadá son particularmente interesantes por varias razones, la más notable es que se estima cuentan con entre 1.7 y 2.5 billones de barriles de petróleo no convencional (como referencia, Arabia Saudita, el mayor productor de petróleo, tiene de reserva probada, aproximadamente 260 mil millones de barriles de petróleo. La pregunta es ¿cómo se puede obtener ese petróleo? Las aéreas mezclan bitumen, un lodo rico en carbón, con arena, agua y arcilla. Para extraer el crudo de las arenas, se debe extraer el bitumen, típicamente escarbando las arenas y transportándolas a plantas, en donde se procesa el bitumen y se mejora añadiéndole hidrógeno para general lo que se conoce como el “crudo sintético” (syncrude). Se puede recuperar bitumen adicional en sitio, inyectándole vapor a las arenas para bombear el bitumen líquido del suelo. Este es un proceso intensivo y costoso, pero a un costo de \$ 30.00 dólares por barril, se justifica.

Las rocas sedimentarias (oil shale) tienen una dinámica parecida. Se tiene un estimado de 2.6 billones de barriles de petróleo en rocas recuperables alrededor del mundo, de los cuáles casi un billón se encuentra en los Estados Unidos. Esencialmente, oil shale es una roca sedimentaria que contiene suficiente material

orgánico para obtener aceite y gas en un proceso de destilación. Se han probado diferentes métodos para producir el petróleo del oil shale eficientemente, pero la tecnología básica involucra el obtener la roca con técnicas mineras, molerla, calentarla para obtener el gas, vapor de aceite, y separar (proceso llamado “retorting”) y entonces condensar el aceite.

Pocos esfuerzos para procesar el oil shale se han llevado a escalas comerciales, no obstante Estonia, Brasil, China y Rusia actualmente usan el oil shale como fuente de energía para instalaciones generadoras de energía eléctrica.

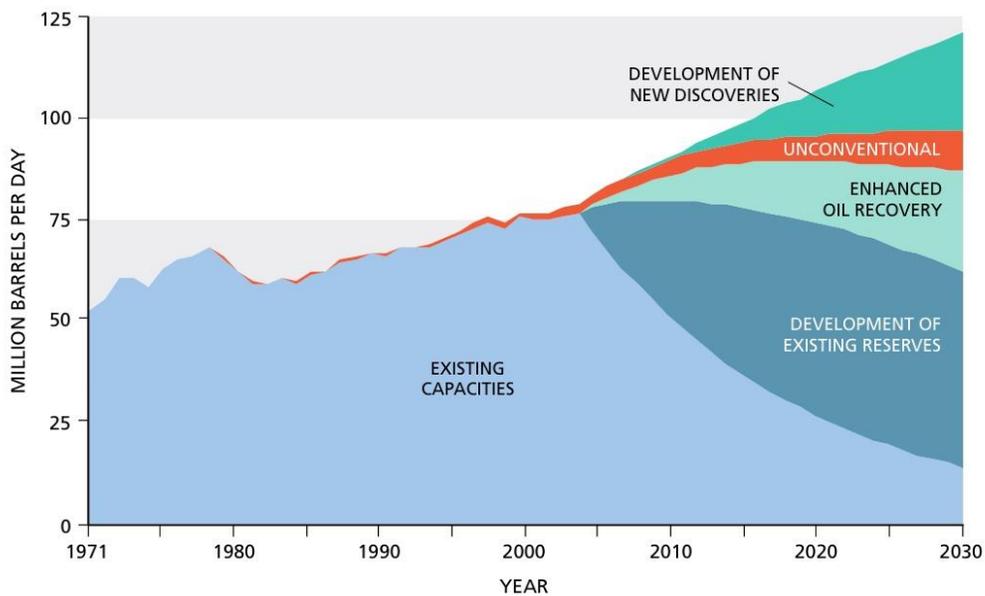
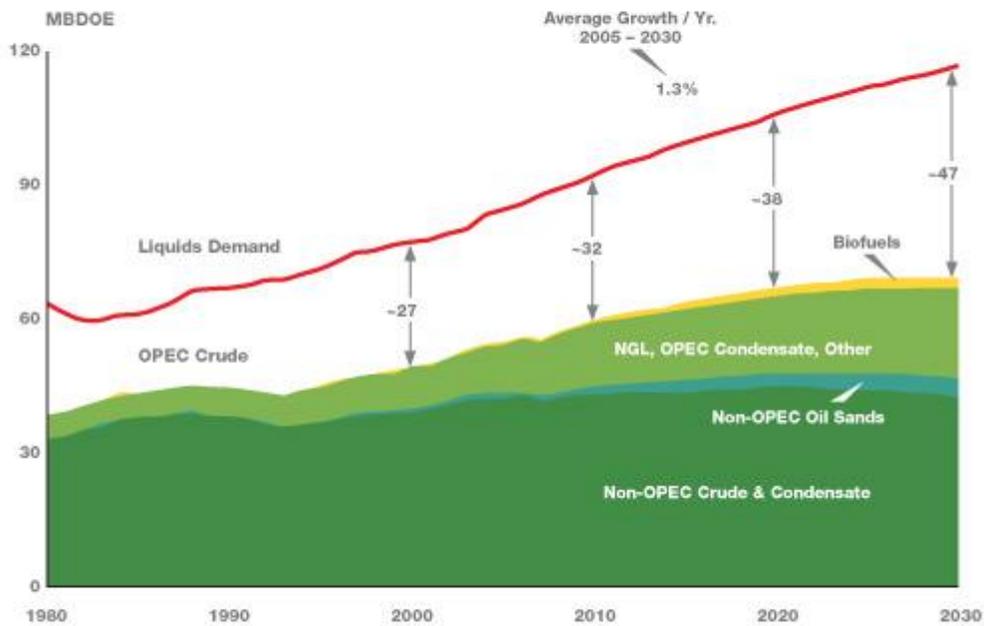
La base económica del “oil shale” es aún un misterio. Existen estimados de que fluctúan en un costo de \$ 75-90 U\$ por barril, aunque Shell estima que de las rocas de Colorado pueden ser lucrativas a un precio de \$ 30.00 U\$ por barril.

La verdad es en escalas pequeñas el “oil shale” es costoso. Si se pueden alcanzar escalas comerciales, seguramente será competitivo, especialmente si se descubren nuevos yacimientos mayores.

De acuerdo con estimado de Exxon Mobil (XOM) y el reporte que liberó en 2008⁹ el Consejo Nacional del Petróleo de Estados Unidos, (National Petroleum Council), que depende del Departamento de Energía de los Estados Unidos, el petróleo continuará dominando el suministro del combustible líquido mundial y la mayor parte del petróleo provendrá de métodos de extracción convencionales. Las tablas a continuación muestran los estimados de suministro y demanda de combustibles líquidos, hasta el 2030 y las fuentes estimadas de suministro hasta esas mismas fechas.

⁹ National Petroleum Council, USA *Facing the Hard Truths about Energy, A Comprehensive View to 2030 of Global Oil and Natural Gas (2007)*– 2007, sitio web: <http://npchardtruthsreport.org/>.

Liquids Supply and Demand

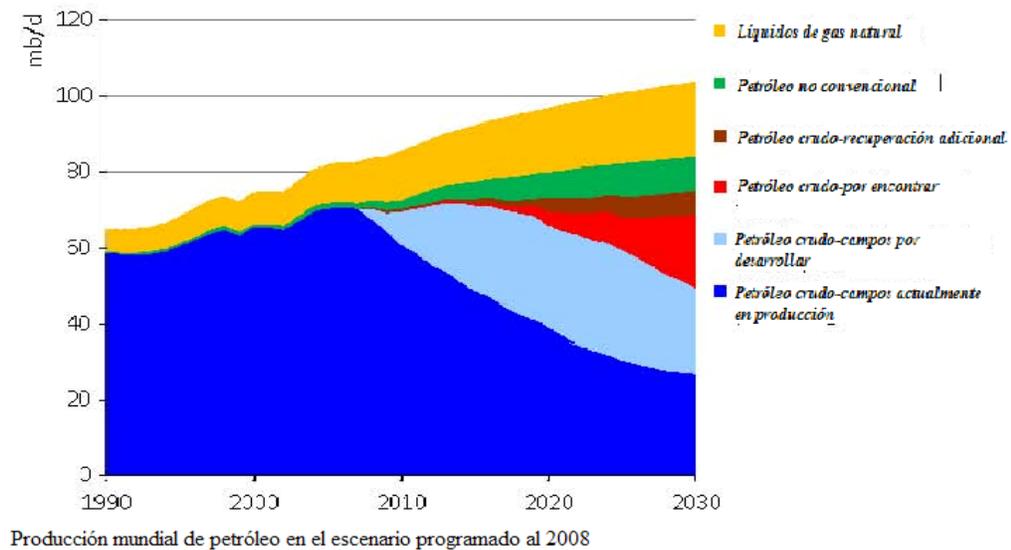


Source: IEA, *World Energy Outlook 2004*.

La extracción de petróleo se espera llegue a un tope en los próximos años iniciando una declinación a partir de ese momento, debido fundamentalmente al agotamiento del recurso.

La industria del petróleo y del gas está al tanto de ello y ha estado considerando fuentes alternas de energía, algunas tradicionales y otras más especulativas.

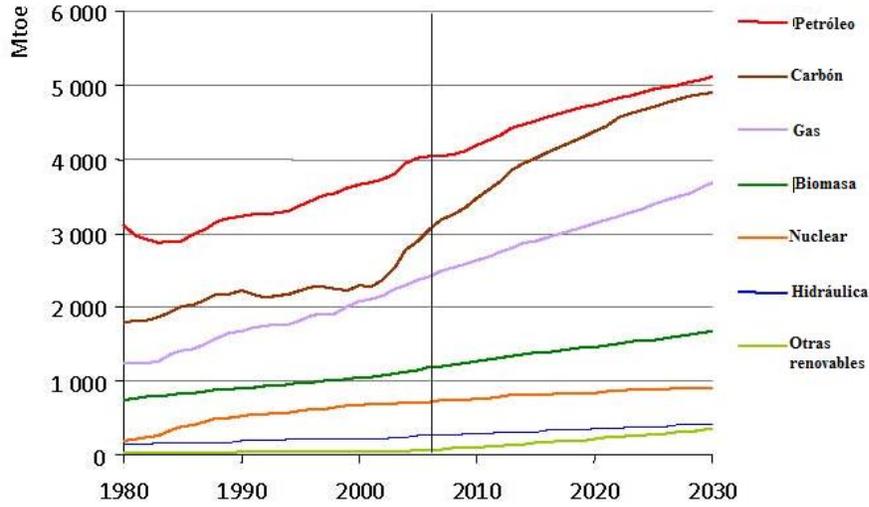
La extracción y uso de petróleo y gas fósiles en general estará asociado a aspectos políticos y del medio ambiente, que aunque el suministro fuera infinito, nos obligarían a preguntarnos si es una selección de combustible adecuada en el largo plazo.



La producción llega a 104 MMB/D en 2030, esto requiere de 64 MMB/D de capacidad adicional- seis veces más la producción actual de Arabia Saudita- para satisfacer el crecimiento de la demanda y contrarrestar la declinación esperada

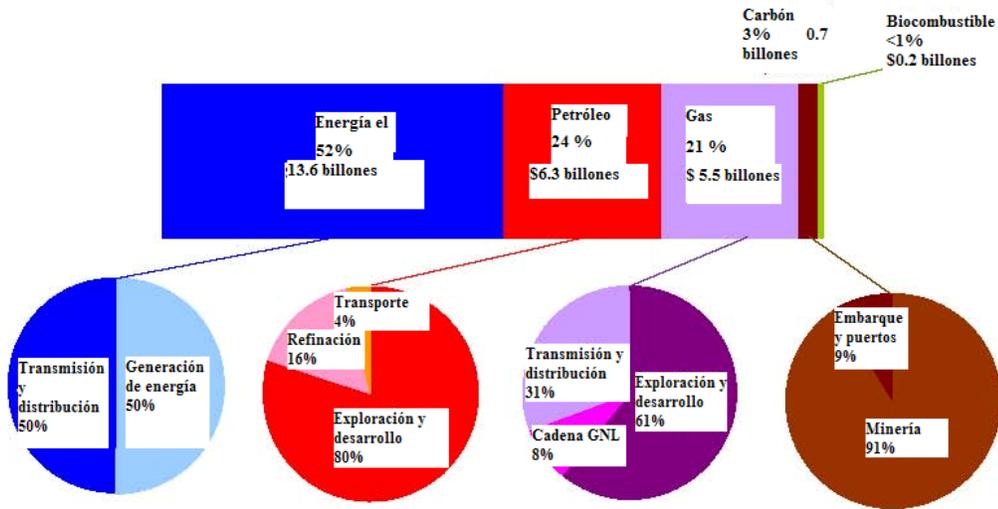
Veamos ahora la grafica que nos muestra un escenario de demanda primaria de energía a nivel mundial, que aunque la crisis del 2009-2010, hizo disminuir un poco el crecimiento esperado, por la recesión a nivel mundial hizo que por primera vez en mucho tiempo se redujera el crecimiento de la demanda, es mas en algunos países no solo se redujo el crecimiento, reduciéndose la demanda absoluta.

DEMANDA PRIMARIA DE ENERGÍA MUNDIAL EN ESCENARIO - WORLD ENERGY OUTLOOK -2008



La energía del mundo crecerá 45% entre ahora y el 2030- un promedio de incremento del 1.6% anual- con el carbón participando en mas del 30% del total de incremento

Inversión en energía en el escenario de referencia, 2007-2030. World Energy Outlook, 2008



Se requiere una inversión acumulada en infraestructura para el suministro de energía de \$26.3 billones, pero la reducción en los créditos disponibles puede retrasar el gasto, especialmente en el sector eléctrico

en

Las figuras anteriores nos indican que antes de que se presente el problema, que seguramente se presentará, deberemos de buscar y encontrar los disparadores de

un cambio en el suministro de energía tal como sucede en el campo biológico, cuando el medio ambiente cambia, la evolución nos trae nuevas tecnologías, algunas de las cuáles ya existen y que pueden lograr un mundo más seguro y más benigno.

Entendiendo la palabra “declinación” en la industria petrolera¹⁰, ver anexo 5 para una mejor comprensión de que se entiende por declinación de un pozo o yacimiento.

Actualmente, el ritmo de declinación mundial de petróleo se encuentra entre el 4-6%, de acuerdo con Exxon Mobil. Tomando el 5% de la extracción en 2004 de 82.5 millones de barriles por día (mmb/d), esto nos da una cifra de 4.1 MMB/día/año. Se ve aparatoso, pero es correcto.

De acuerdo con una presentación de Klaus Rehaag de la Agencia Internacional de Energía (IEA) en agosto del 2004. Otra forma de ver esto es que el 70% de la extracción global, se encuentra en declinación al 7% anual. Si hacemos los números, encontramos:

$$70\% * 82.5 * .07 = 4.04 \text{ MMB/día. (similar)}$$

De esa forma concluimos que la declinación se encuentra un poco arriba de 4 MMB/D por año actualmente.

Veamos cuales son los tipos de declinación, (para mayor comprensión, ver anexo 5):

Declinación Tipo 1: Esta es una situación normal en la que los pozos de un yacimiento se encuentran declinando y su extracción está siendo compensada por nuevos pozos. (Si se tiene una relación de reposición de reservas/extracción de uno o mayor a uno). Este tipo de declinación se había iniciado desde el “primer aceite” (First oil) del campo.

¹⁰ SKREBOWSKI, CHRIS, Oil Depletion Analysis Centre (ODAC), **Outlook for global oil supplies in detail at a one-day conference, 'Peak Oil UK: Entering the Age of Oil Depletion'**, en el Royal Museum of Scotland in Edinburgh on 25deabril de 2005

Declinación tipo 2: Esto ocurre cuando todo el campo, área o región se encuentra declinando pero se encuentra compensado en la cuenta del país por otros campos dentro del mismo país. Esta es normal dentro del manejo por ejemplo de países como Canadá, en los que se ha ido compensando de los campos costa-afuera del éste de Canadá y de la extracción de petróleo más pesado.

Declinación tipo 3: Esta ocurre cuando todo el país se encuentra en declinación, no has compensación por la extracción y las cuotas internas y de exportación bajan. En la historia petrolera reciente en 1990, solo los Estados Unidos y Rumanía se encontraban en declinación tipo 3. Actualmente 18 de los mayores productores se encuentran en este tipo de declinación, y más de 50 sí se consideran los productores menores.

Declinación 4: Esta será cuando todo el mundo se encuentre en franca declinación. En los años 2003-2004, la declinación de tipo 3 se encontraba a 1 MMB/D. Y en los años siguientes Dinamarca, Malasia, Brunei, México y la India han ingresado a la lista. Esto puede llevar la declinación a niveles de 1.3 a 1.4 MMB/D por año.

Esto nos lleva a las siguientes conclusiones:

Los productores que ingresan en declinación tipo 3, no lo admitirán fácilmente.

Tampoco los países en declinación tipo 3 lo reconocerán.

Esta declinación para el mercado será como “nueva demanda” y puede ser peligrosa para la determinación de los estimados de demanda. En algunos casos se podrá “compensar” por una baja en la actividad económica, antes de que se encuentre un incremento en la demanda.

Una vez que se normalice el mercado internacional, seguramente la extracción global inicie su declinación. No es muy claro como se esté manejando los estimados de demanda la “participación” de la declinación tipo 3.

Esto nos lleva a pensar en el surgimiento de varios problemas:

El primero es que siempre se puede “extraer” más petróleo, pero los resultados de la actividad no lo indican.

El segundo problemas es de que de acuerdo con los consultores de energía IHS, el 90% de las reservas conocidas se encuentran actualmente en extracción.

Eso nos lleva a la indicación de que hay algo más por venir y es que en un punto la espiral del crecimiento de las declinaciones 1 y 2 sea mermada por las declinaciones tipo 3, sobre todo si llegamos a 3 MMB/D/AÑO.

Actualmente no existe una tecnología o alternativa que pueda compensar esos niveles por varios años sostenidos.

CAPITULO IV

Alternativas de producción de hidrocarburos

A continuación se presentan algunas alternativas para la sustitución o reemplazo de las fuentes de generación de hidrocarburos.

Procesos químicos:

El *proceso Fischer-Tropsch* es un proceso químico para la producción de hidrocarburos líquidos (gasolina, queroseno, gasoil y lubricantes) a partir de la síntesis del gas (CO e H₂). Fue inventado por los alemanes Franz Fischer y Hans Tropsch en los años 1920.

El gasoil obtenido mediante el proceso Fischer-Tropsch (abreviado FT) tiene las ventajas de apenas contener azufre (con lo cual respeta de forma natural las duras reglamentaciones en vigor en Europa) y tener un alto índice de cetona, gracias a su bajo contenido en aromáticos. Por ello, es un combustible con fácil salida al mercado.

Sin embargo, tanto el gasoil como la gasolina y los otros productos FT pueden obtenerse de forma más sencilla y barata mediante la refinación a partir del petróleo. Las plantas FT son caras de construir y presentan toda una serie de problemas medioambientales. Su uso se justifica sólo si el petróleo es particularmente caro o escaso y se dispone de una fuente alternativa de hidrocarburos barata o cercana, como son el carbón o gas natural, desechos vegetales o residuos pesados de refinerías.

La producción de gasolina y gasoil a partir de carbón vía el proceso FT sería positiva desde el punto de vista de la independencia energética para los países que disponen de carbón y no de petróleo, pero sería negativa en cuanto al impacto sobre el cambio

climático ya que la emisión total de CO₂ para el combustible obtenido de carbón por el proceso FT es aproximadamente dos veces superior a la del mismo tipo de combustible obtenido mediante refino de petróleo. El CO₂ no es emitido en la reacción de FT en sí misma sino en la etapa previa de gasificación y en la posterior combustión del gas de síntesis no convertido. Si bien el proceso de gasificación teóricamente permite la captura y secuestro del CO₂, al año 2006, aun no existe ninguna planta de gasificación a escala industrial que incluya esta opción. Sólo si se utiliza biomasa como materia prima puede el proceso FT alcanzar un nivel de emisiones de gases de efecto invernadero comparables o incluso inferiores a las del petróleo.

El proceso FT no es la única vía para convertir carbón en combustibles líquidos. La alternativa principal es la licuefacción directa del gas natural, que sufre de más o menos las mismas desventajas que la vía FT.

En cuanto al FT a partir de gas natural, sólo es rentable económicamente si algún obstáculo impide la comercialización directa del gas. Ello ocurre por ejemplo en yacimientos pequeños situados lejos de las terminales de licuefacción.

Referencia del proceso FT, éste fue patentado por los alemanes Franz Fischer y Hans Tropsch en 1925, llevado a escala piloto por vez primera por Rhurchemie AG en 1934 e industrializado en 1936. Experimentó gran auge en la Alemania nazi porque el estallido de la Segunda Guerra Mundial volvió difícil el acceso a fuentes exteriores de petróleo mientras que el país producía mucho carbón, convertible en gas de síntesis mediante el proceso de gasificación. El proceso FT tenía un serio competidor en la licuefacción directa del carbón, impulsada por IG Faben, que se desarrolló aun más deprisa. A principios de 1944 Alemania producía a partir de carbón unos 124.000 barriles/día de combustibles, que suponían más del 90% del queroseno de aviación y más del 50% del combustible total del país. Esta producción provenía sobre todo de 18 plantas de licuefacción directa pero también de 9 pequeñas plantas FT, que aportaban unos 14.000 barriles/día.

Japón también hizo un gran esfuerzo por producir carburantes a partir del carbón. La vía principal elegida por Japón fue la carbonización a baja temperatura, proceso poco eficiente pero simple. No obstante, la empresa Mitsui compró una licencia del proceso FT a Ruhrchemie y construyó tres plantas en Miike, Amagasaki y Takikawa, que nunca alcanzaron su capacidad nominal debido a problemas de diseño. En 1944 Japón produjo 114.000 toneladas de combustible a partir del carbón, pero sólo 18.000 de ellas provinieron de las plantas FT.

Entre 1944 y 1945 las plantas alemanas y japonesas fueron muy dañadas por los bombardeos aliados y la mayoría fueron desmanteladas después de la guerra. Los científicos alemanes que habían trabajado en el proceso FT fueron capturados por los americanos y siete de ellos enviados a trabajar en EE.UU. en el marco de la Operación Clip de Papel (Paperclip). El programa estadounidense sobre la síntesis FT fue a su vez abandonado en 1953.

A partir de los años 1950 la tecnología FT renació en Sudáfrica que, para hacer frente a un embargo internacional de petróleo, recurrió a sus grandes reservas de carbón. La empresa South African Synthetic Oil Ltd. (Sasol) fue fundada con el objetivo exclusivo de producir hidrocarburos líquidos a partir del carbón.

Sasol desarrolló sus propios procesos y construyó un gran complejo FT en Sasolburg (Sasol 1) en 1955. Dado el éxito de esta planta, a principios de los años 1980 otras dos plantas (Sasol 2 y Sasol 3) fueron inauguradas en Secunda. Hoy día (datos de 2003) Sasol produce el 41% de los combustibles automotrices consumidos en Sudáfrica.

Las actividades para la gasificación a partir del carbón de Sasol tienen más de cinco décadas. Sus logros tecnológicos incluyen el diseño, ingeniería y puesta en operación de la instalación de gasificación a partir de la lignita en Dakota en los Estados Unidos.

Las crisis del petróleo de 1973 y 1980 empujaron a algunos países y empresas occidentales a investigar de nuevo las fuentes alternativas de combustibles líquidos.

La empresa Shell fue la que llevó más lejos el desarrollo, construyendo a principios de los 1990 una planta FT en Bintulu (Malasia) basada en su propio proceso. En este caso el gas de síntesis no proviene de carbón sino del reformado de gas natural por lo que se habla de Gas-a-Líquido, para distinguirlo del Carbón-a-Líquido practicado en Alemania y Sudáfrica.

En general los años 1990 fueron una era de petróleo barato que frenó la mayoría de los desarrollos en fuentes alternativas al petróleo, entre ellos la síntesis FT.

Al aumentar el precio del petróleo a partir de 2000, el interés ha renacido una vez más y numerosas empresas anuncian nuevos desarrollos o proyectos industriales. El más avanzado es el proyecto Gas-a-Líquido "Oryx" en Qatar, basado en la tecnología FT de Sasol, cuyo arranque está previsto para el verano de 2006.

Solo como referencia a principio de los años 70's, Qatar quemaba cerca del 80% de los 16.8 MM de m³ de gas natural asociado con su extracción de petróleo. Al final de esa década el país revirtió ésta cifra al iniciar a utilizar sus recursos en gas natural no obstante varios percances, logrando para 1979 que la proporción cayera a menos del 5%.¹⁰

A continuación se presenta el resumen de las plantas actualmente en operación y/o programadas que utilizan éste tipo de tecnología:

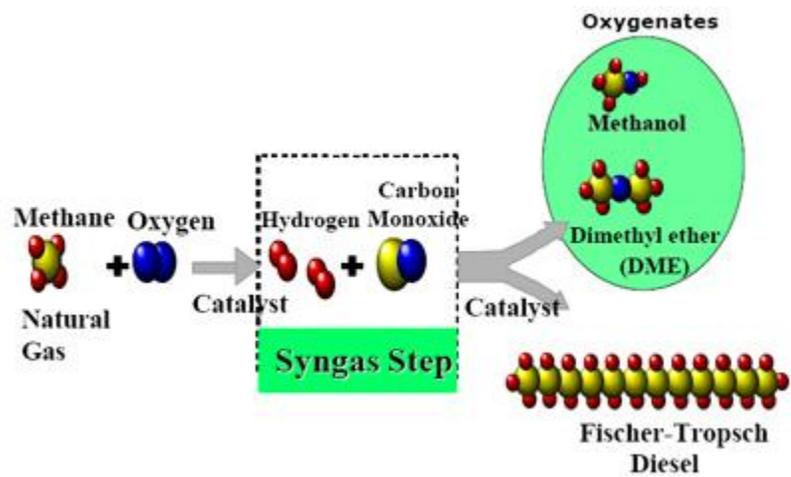
Plantas Fischer-Tropsch en el mundo:

¹⁰ *Estudios de la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos*, Qatar, Economy, January 1993. Número referencia [DS247.A13 P47 1994](#)

Ubicación	Empresa	Fecha de arranque	Origen del gas de síntesis
Sasolburg (Sudáfrica)	Sasol Chemicals	1955	Hasta 2004: carbón Desde 2004: gas natural
Ubicación (continuación)	Empresa	Fecha de arranque	Origen del gas de síntesis
Secunda (Sudáfrica)	Sasol Synfuels	1979	Carbón
Bintulu (Malaysia)	Shell	1993	Gas natural
Mossel Bay (Sudáfrica)	PetroSA	1993	Gas natural
"Oryx" (Qatar)	Sasol Chevron y Qatar Petroleum	2007	Gas natural
Escravos (Nigeria)	Chevron y Nigeria NPC	en construcción	Gas natural
"Pearl" (Qatar)	Shell y Qatar Petroleum	en construcción	Gas natural
ErDOS (Mongolia Interior, China)	Yitai	en construcción	Carbón

Datos actualizados a octubre de 2007

A continuación se muestra un diagrama esquemático del proceso:



CAPITULO V

Evolución histórica del petróleo en México

A continuación repasaremos algunos de los datos históricos más representativos de petróleo en México, debido a lo extenso del tema, nos enfocaremos fundamentalmente en asuntos relacionados con el petróleo separándolos de otros elementos como el carbón, la energía eléctrica y la industria química o de transformación.

Hechos históricos relacionados con el petróleo en México¹¹

Antes de la conquista, las tribus precolombinas, lo utilizaban para pintar estructuras y aunque en algunos sitios se dice que se utilizaba como medicinal, no existe evidencia comprobada de ello.

1783

Se expiden las *Reales Ordenanzas para la Minería de la Nueva España*, las cuales determinaban que toda riqueza extraída del subsuelo, entre ellas el petróleo (bitúmenes o “jugos de la tierra”, de acuerdo con la designación de la época), eran patrimonio de la Real Corona y, por lo tanto, sólo ella tenía la potestad de conceder a los particulares el derecho de explotarlo mediante denuncia.

1862

Antonio del Castillo, ingeniero de minas, dirige una de las primeras perforaciones realizadas en México para obtener petróleo. El pozo perforado, localizado en la Villa

¹¹ MARICHAL, DR. CARLOS. Coordinador del Proyecto de Investigación del Centro de Estudios Históricos de El Colegio de México.

de Guadalupe, detrás del edificio de la Colegiata, tenía una profundidad de 70 metros y arrojó una mezcla de agua y petróleo crudo de buena calidad.

1863

Manuel Gil y Sáenz intenta explotar un yacimiento superficial, que llamó “Mina de Petróleo de San Fernando”, cerca de Tepetitlán, Tabasco.

1864

Maximiliano de Habsburgo, Emperador de México, intenta promover las actividades petroleras otorgando la primera de una serie de concesiones para la explotación de depósitos naturales de petróleo.

1868

El médico norteamericano Adolfo A. Autrey organiza la Compañía Explotadora de Petróleo del Golfo de México, primera empresa que extrajo petróleo de pozos perforados y produjo destilados en escala pequeña. Sus operaciones se localizaron en la región veracruzana de El Cuguas, próxima a Papantla.

1869

Los ingenieros estadounidenses Samuel Fairburn y George Dickson comenzaron la construcción de una pequeña refinería en el Puerto de Veracruz, que fue terminada en 1886 y llevó por nombre “El Águila”.

1881

El Dr. Adolph Autrey, instala una refinería rudimentaria con el nombre de “La Constancia” en el campo “Furbero” en las afueras de Papantla, Ver., para producir petróleo como combustible para lámparas.

1883

Simón Sarlat Nova, médico y gobernador de Tabasco, forma la primera compañía petrolera de capital mexicano (un millón de pesos) y reinicia la explotación de la “mina” petrolera descubierta por Gil y Sáenz.

1884

El gobierno expide el Código de Minas de los Estados Unidos Mexicanos que deroga las Ordenanzas de Minería de 1873. La nueva legislación tuvo la intención de fomentar la inversión en el ramo minero y petrolero trasladando el derecho exclusivo del soberano (de la nación después de la independencia) sobre el subsuelo al propietario de los terrenos superficiales.

1886

Inician las operaciones de la refinería “El Águila” constuída en Veracruz por la Compañía Mexicana de Petróleo, la cual trata petróleo norteamericano, con capacidad de 500 barriles diarios (bd).

1887

La Waters-Pierce Oil Company, firma organizada en 1873 –subsidiaria de la Standard Oil Company– para comercializar productos refinados en el suroeste de Estados Unidos, instala refinerías en las ciudades de México, Tampico, Veracruz y Monterrey. En un principio, la Waters-Pierce sólo exportaba refinados a nuestro país, posteriormente se convirtió en la primera empresa con resultados positivos en el área de la refinación y la distribución en México.

1892

Se promulga un nuevo Código de Minero de la Republica Mexicana, el cual establece que “el dueño del suelo explotará libremente, sin necesidad de conexión especial en ningún caso, los combustibles minerales [...] siempre que se cubra el impuesto sobre propiedades federales.”

1896

El 20 de abril, se autoriza a la empresa Waters Pierce Oil Co., la construcción de una refinería en Árbol Grande, Tamps., situada en la desembocadura del Río Pánuco y la

Ciudad de Tampico, Tamps, con capacidad para procesar 2,000 bd de petróleo crudo importado de Estados Unidos.

1900

En mayo el petrolero norteamericano Edward L. Doheny viaja a México para explorar las emanaciones de petróleo en la región de la Huasteca potosina. Luego de adquirir los derechos de varios terrenos en la zona organiza en noviembre, en la ciudad de Los Angeles, la Mexican Petroleum Company of California e inicia su explotación.

1901

Se expide en diciembre la primera Ley del Petróleo que faculta al Ejecutivo Federal para otorgar permisos a particulares y compañías organizadas para explorar y explotar terrenos de propiedad federal.

Weetman D. Pearson, contratista inglés que realizaba importantes obras públicas para el gobierno mexicano a través de su firma de ingeniería S. Pearson & Son, comienza a desarrollar actividades de exploración y explotación petrolera en la región del Istmo de Tehuantepec, al sur de Veracruz.

1903

La Mexican Petroleum Co., construyó en Ébano, S.L.P., una refinería dedicada a la producción de asfalto con capacidad de 2,000 bd.

1904

El geólogo mexicano Ezequiel Ordóñez localiza para la Mexican Petroleum Company el prolífico pozo de La Pez, ubicado en el campo petrolero de El Ébano, cuya extracción se calculó en 1500 barriles diarios, la primera extracción importante en México. En noviembre la S. Pearson & Son obtiene su primera extracción comercial en los campos de San Cristóbal, en la región del Istmo de Tehuantepec.

1908

El pozo de Dos Bocas, en San Diego de la Mar, Veracruz, perteneciente a la S.

Pearson & Son, brota intempestivamente con una fuerza sin precedente de 100 mil barriles diarios. Aunque un incendio casi acaba con toda su extracción, dicho pozo demostró definitivamente la riqueza petrolera del país. En marzo comienzan las operaciones de su primera refinería instalada en Minatitlán, Ver. En agosto Pearson organiza la Compañía Mexicana de Petróleo El Águila. El 28 de marzo inicia sus operaciones de refinación la Compañía Mexicana de Petróleo “El Águila” en una planta con capacidad de 2,000 bd.

1910

El pozo Casiano No. 7, de la Huasteca Petroleum Company, firma organizada por Doheny en 1907 como subsidiaria de la Mexican Petroleum Company, brota con un flujo de 60 mil barriles diarios. En diciembre, Potrero del Llano No. 4, pozo de la Compañía Mexicana de Petróleo El Águila, brota con 100 mil barriles diarios. Al terminar la década El Águila y la Huasteca son las empresas que dominan la industria petrolera.

1911

El auge productivo repercute en la expansión de las compañías de Doheny y Pearson. Comienzan las exportaciones de petróleo mexicano a Estados Unidos, Europa y América Latina. La extracción general de la industria dio un salto considerable pasando de 3.6 millones de barriles anuales en 1910 a 12.5 millones en 1911.

1912

El gobierno de Francisco I. Madero decreta, bajo la modalidad de impuesto especial del timbre, el primer gravamen sobre extracción de petróleo crudo.

1913

Cierra la refinería en Ébano, S.L.P.

1914

Inicia operaciones la refinería llamada “Doña Cecilia” llamada posteriormente “Ciudad Madero”, de la compañía “El Águila”, en Cd. Madero, Tamps., con una capacidad de 20 mbpd.

1915

La extraordinaria productividad de los campos mexicanos atrajo a un número creciente de empresas petroleras, entre otras, la Compañía Petrolera La Corona, la Compañía Transcontinental de Petróleo, la Penn Mex Fuel Company y la Mexican Gulf Oil Company. Durante este año, Venustiano Carranza implementa la regularización y el control de la industria petrolera a través de la Secretaría de Fomento. En ese sentido, se crea también la Comisión Técnica del Petróleo, primer paso en el proyecto de reestructurar la relación entre empresas petroleras y gobierno. La compañía “La Huasteca Petroleum, Co.”, construye una refinería en Mate Redonda, Ver., con capacidad de 75 mbpd.

1916

El pozo Cerro Azul Número 4, de la Huasteca Petroleum Company, brota en Tepetzintla, Ver. Cuya extracción se estimó en 80 millones de barriles inició operaciones con una extracción de 260 mil barriles diarios, constituyéndose en uno de los depósitos subterráneos más importantes de la historia de la explotación petrolera, no solo en México, sino a nivel internacional. Confiando en una extracción creciente, Doheny llevó sus operaciones más allá del Atlántico organizando la British Mexican Petroleum Company para distribuir sus productos en el mercado británico. Se autoriza a la Compañía Mexicana de Petróleo “El Águila” a construir una planta de destilación primaria en la Barra de Tuxpan, Ver., con capacidad de 20,000 bpd.

1917

Venustiano Carranza promulga la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, que reforma la de 1857. En su artículo 27 se restituye a la Nación la propiedad de las riquezas del subsuelo. Varias de las principales compañías petroleras se agrupan formando la Asociación de Productores de Petróleo en México, como una respuesta a la promulgación de la nueva constitución mexicana.

1918

Carranza impone nuevos impuestos a la industria petrolera: una cuota de renta anual y un 5% de regalías sobre todas las tierras petroleras desarrolladas por los propietarios de la superficie o sus arrendadores. Weetman D. Pearson traspasa el control de la Compañía Mexicana de Petróleo El Águila a la Royal Dutch/Shell.

1919

Comienza la construcción de cuatro plantas refinadoras en las inmediaciones de Puerto Lobos, localizado en la Laguna de Tamiahua en el Estado de Veracruz. Su propósito es la exportación de productos refinados. La Texas Co. construyó en Agua Dulce, Ver. una refinería, con capacidad de 9,500 bd.

1920

Inician las operaciones de la Refinería "La Atlántica", propiedad de la Compañía de Petróleo Atlántica, con una capacidad de 20,000 bd. En agosto, la Continental Mexican Petroleum Co. es autorizada para construir una refinería en Pueblo Viejo, Ozuluama, Ver., con capacidad de 10,000 bd.

1921

Fin del primer auge petrolero. La extracción total de este año alcanza la cifra record de 193.4 millones de barriles, cantidad que no volvería a alcanzarse sino hasta años después de la expropiación de la industria. México ocupa la segunda posición como productor mundial de petróleo. Para entonces operaban en el país más de 200 empresas privadas petroleras. Comenzó a operar la planta de la Compañía Refinadora Atlantic Gulf West Indies (AGWI), S.A, en Tecomate, municipalidad de Tamiahua, Veracruz.

Para ese año la planta de destilación primaria en la Barra de Tuxpan, Ver., alcanza la capacidad de 30,000 bpd. Se inicia la construcción de una refinería de la Compañía Refinadora Island, en Puerto Lobos, Ver.

La compañía Mexicana de Petróleo "El Águila" amplía la Planta "Doña Cecilia" (después Ciudad Madero) para alcanzar una capacidad de 75,000 bd.

Inician su operación las refinerías de la Continental Mexican Petroleum Co., en Ozuluama, Ver. y la Compañía Mexicana de Petróleo "La Corona", en Tampico, Tamps. Se alcanza la producción de crudo de 193 millones de barriles al año (530,000 bpd).

1922

El paulatino agotamiento de los depósitos más ricos en la Faja de Oro marca el inicio del declive productivo de la industria petrolera en México. Se produce un desplome de los precios internacionales de petróleo al descubrirse los grandes yacimientos de Texas, California y Oklahoma. El gobierno de México expide un decreto que establece un impuesto de exportación sobre petróleo crudo y derivados a ser cubierto en oro nacional o en bonos de la deuda pública.

1923

Para este año se tenían 14 refinerías:

Ubicación	Compañía	Capacidad (BPD)
Ébano	Mexicana de Petróleo	300
Madero	Águila	75,000
Arbol Grande	Pierce Oil Corp.	16,000
Mata Redonda	Huasteca	133,000
Tampico	Corona	15,000
Tampico	Texas	22,000
Ozuluama	Continental	10,000

Agua Dulce	Texas	22,000
Puerto Lobos	Atlántica	10,000
Tamiahua	AGWI	12,000
Puerto Lobos	Island	5,000
Tuxpan	Águila	30,000
Minatitlán	Águila	20,000

1924

La crisis productiva y la baja de precios internacionales llevó a las compañías a reducir su ritmo de producción al mínimo, y concentrarse en el mercado interno de productos derivados, en espera de una nueva alza de los precios.

1925

Durante el gobierno de Plutarco Elías Calles se promulga la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo y se crea por decreto la dependencia Control de Administración del Petróleo Nacional para sustituir al Departamento del Petróleo. Edward L. Doheny traspasa el control, a la Standard Oil de Indiana, de la Pan American Petroleum and Transport Company, holding que agrupaba diversas compañías con operaciones en México, entre ellas a la Mexican Petroleum Company y la Huasteca Petroleum Company, terminando con ello el dominio en la industria de las empresas individuales para dar paso al de los grandes consorcios internacionales.

1927

La Huasteca Petroleum Company construye el primer gasoducto de la república, que

va de Cerro Azul a Mata Redonda, donde el gas natural es utilizado como combustible.

1932

Se inaugura el oleoducto de 500 km Tampico-Azcapotzalco, propiedad de la Compañía Petrolera El Águila.

1933

Se inaugura la refinería de la Compañía Petrolera El Águila en Azcapotzalco con una capacidad de 7 mil 500 barriles diarios. La Compañía Mexicana de Petróleo El Águila descubre los yacimientos de Poza Rica, Veracruz, convirtiéndose esta zona una nueva región de gran potencial. El proyecto de una empresa petrolera nacional cobra forma con la creación de la Compañía Petróleos de México, S. A. (PETROMEX), una empresa con participación del gobierno y de inversionistas privados. La nueva compañía sustituyó al Control de Administración del Petróleo Nacional (CAPN) y tuvo como objetivos principales regular el mercado interno de petróleo y refinados; asegurar el abastecimiento interno (especialmente para las necesidades del gobierno y los ferrocarriles); y capacitar personal mexicano.

1935

La política obrera del gobierno logra que las diversas agrupaciones de los trabajadores petroleros se fusionen en un solo sindicato: el Sindicato de Trabajadores Petroleros en la República Mexicana (STPRM). Desde 1913 se había iniciado un movimiento encaminado a dar forma a una agrupación sindical que congregara a todos los trabajadores petroleros, pero tanto la actitud gubernamental como la de las empresas habían impedido su consolidación por más de dos décadas. La compañía Petromex recibe una pequeña planta de refinación primaria localizada en Bellavista, en el margen derecho del río Pánuco, cerca de su desembocadura y aumenta su capacidad a 1,500 bpd.

1937

Ante la necesidad de un control más eficiente sobre la industria petrolera, el gobierno

crea una organización que dependía directamente del Ejecutivo, la Administración General del Petróleo Nacional (AGPN), a la que traspasó las propiedades de PETROMEX. Luego de incorporarse a la Confederación de Trabajadores de México (CTM) en 1936, el STPRM declara, en mayo, una huelga que paraliza la industria y el tráfico de vehículos cerca de dos semanas. El motivo fue la negativa por parte de las empresas a aceptar la propuesta de contrato colectivo del sindicato. La Junta de Conciliación y Arbitraje falla a favor de los trabajadores, pero las compañías se amparan ante la Suprema Corte de Justicia de la Nación.

1938

La Junta de Conciliación y Arbitraje emite un laudo en el que da por rescindido el contrato de trabajo en vigor entre empresas y el STPRM. Inmediatamente los empresarios manifiestan al presidente Lázaro Cárdenas su deseo de cumplir con la sentencia de la Suprema Corte que los obliga a elevar los salarios de los trabajadores. Cárdenas les contesta que la decisión es extemporánea y el día 18 decreta la expropiación de la industria petrolera. La AGPN se hace cargo provisionalmente de los bienes expropiados a las compañías petroleras. Para reorganizar, concentrar y coordinar la industria nacionalizada el gobierno de México crea, el 7 de junio, a Petróleos Mexicanos (PEMEX) y a la Distribuidora de Petróleos Mexicanos. Al realizarse la expropiación petrolera se tenían las refinerías de Minatitlán, Ver.; Madero, Tamps.; Azcapotzalco, D.F.; Arbol Grande, Mata Redonda y Bellavista en Tampico, Tamps. con capacidad para procesar 102,000 bd.

1939

Petróleos Mexicanos inicia la construcción de una planta productora de tetraetilo de plomo.

1940

PEMEX es reformado como una sola entidad que se hace cargo verticalmente de toda la industria petrolera, desde las actividades de exploración hasta la venta final al consumidor. Las reservas nacionales de hidrocarburos descienden de 1,270 a 1, 225 millones de barriles. Para enfrentar el problema del abasto de combustible, se

destinan grandes cantidades de crudo a la refinación en el extranjero y se inicia la operación de la refinería de Poza Rica, que originalmente fue iniciada por la Compañía Mexicana de Petróleo El Águila, con capacidad de 5,000 barriles diarios (bpd).

1941

PEMEX crea el Departamento de Exploración para invertir la tendencia a la baja de la extracción.

1942

La extracción total anual de PEMEX desciende notablemente a 35.1 millones de barriles (14.8 millones menos que en 1937).

1944

El desequilibrio entre oferta y demanda internas convierte a México en un importador neto de productos petroleros (gasolinas, grasa y aceites lubricantes). El gobierno estadounidense, por medio del Export-Import Bank of United States (Eximbank USA), realiza un préstamo a México de 10 millones de dólares que se destinan a la ampliación de la refinería de Azcapotzalco y a la producción de gasolina de alto octanaje necesaria en la aviación.

1945

El descubrimiento del yacimiento Misión, ubicado en el norte del país, impulsa la extracción de gas natural en México. La extracción anual de crudo de los campos mexicanos había sido de 43.5 millones de barriles y las reservas totales de hidrocarburos, que incluían crudo y gas natural, representaban 1 276 millones de barriles. En 1946 estas cifras se habían elevado a 49.2 y 1 437 millones de barriles para cada categoría. Cierra la refinería de Bellavista en las inmediaciones de Tampico, Tamps.

1946

PEMEX descubre en Reynosa, Tamaulipas, importantes yacimientos de petróleo y

gas. En noviembre se inauguran las nuevas instalaciones de la refinería de Azcapotzalco, (a partir de entonces conocida como “18 de Marzo”) con capacidad para procesar 50 mil barriles diarios de crudo. Un nuevo decreto reformó, en diciembre, la estructura corporativa original de la empresa estableciendo como principales funcionarios al Director General y tres subdirectores, cada uno a cargo de la extracción, la comercialización y la administración y los asuntos jurídicos

1949

Se descubre el campo “Francisco Cano”, productor de aceite en la zona de “Frontera Noreste”, que comprende parte de los estados de Tamaulipas y Nuevo León.

1950

Se inaugura la refinería en Salamanca con capacidad de 30,000 bpd. y entra en operación la refinería en Reynosa con capacidad para 4,000 bpd que complementan la refinería 18 de Marzo. De esta manera entre 1938 y 1958, PEMEX incrementó el volumen total de destilación primaria en 315% y la producción con base en la desintegración catalítica en 369%. Se amplía la refinería de Mata Redonda, Ver. a 14,000 bpd.

1951

Se descubre el, hasta la fecha, más importante de los yacimientos de gas y de hidrocarburos líquidos, llamado “José Colomo”, en el distrito de Macuspana, Tabasco.

1952

PEMEX da a conocer el descubrimiento de la prolongación de la “Faja de Oro” en campo “Ezequiel Ordoñez”. Algunos de sus pozos se localizan entre las poblaciones de Martínez de la Torre y Tecolutla, Veracruz. Se descubren los nuevos campos productores de Tamiahua, Poza de Cuero, Concepción, Mexicano, Tullillo, Monte Solís, Coatzintla y Arroyo Blanco.

Se crea la planta de azufre en la refinería de Poza Rica, Ver.

1955

No obstante la mayor productividad de PEMEX, continúan los desequilibrios comerciales entre oferta y demanda. Para entonces 20 % de los productos distribuidos por la empresa se compraban en el exterior. La razón estriba en un déficit de la capacidad refinadora. El Chemical Corn Exchange Bank consolida las diversas líneas de crédito que había abierto a México para el desarrollo de la industria petrolera, en una sola con un monto de 12 millones de dólares. La extracción de gas supera al consumo interno. Nuevos descubrimientos de petróleo y gas en Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz y Tabasco. Concluyen nuevas obras importantes: las plantas de lubricantes y parafinas en la Refinería "Ing. Antonio M. Amor" en Salamanca, Gto., con capacidad de 2,400 barriles y 100 toneladas al día respectivamente, la ampliación de la refinería de Reynosa para ampliar su capacidad a 10,000 bpd, y la planta de absorción con capacidad para 300 millones de pies cúbicos por día, la ampliación de la capacidad de la refinería "18 de Marzo" con 7 plantas de destilación que lleva su capacidad de 50 mil a 100 mil barriles diarios, y se inaugura un oleoducto que enlaza al Sistema Nacional de Refinación con el campo de Poza Rica y con los yacimientos de la Nueva Faja de Oro.

1956

Se crea la empresa paraestatal Petroquímica de México, con el objeto de producir amoníaco anhidro, distribuir y aplicar fertilizantes. Se inaugura la nueva Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas del Río" en Minatitlán, Ver., con capacidad de 50,000 bpd que incluye la primera planta de desintegración catalítica en México. Se adicionan otras instalaciones en Reynosa, que ampliaron la capacidad en 2,000 bpd.

1957

Para estimular el desarrollo de PEMEX se emiten 500 millones de pesos en bonos estabilizados. Se finalizan las obras del oleoducto Tampico-Monterrey. Se obtiene por primera vez en México petróleo de formaciones del periodo Jurásico.

1958

Comienza a operar el conjunto de instalaciones de Cd. Pemex en el Estado de Tabasco. 28 de noviembre. Se inaugura la planta catalítica de Azcapotzalco. Se construye el poliducto Madero-Monterrey.

1959

Se concluyen las plantas de destilación al vacío, catalítica, polimerización y recuperación de azufre de la Refinería "18 de Marzo". Se concluye la planta de lubricantes en Minatitlán.

1961

PEMEX obtiene un crédito por 10 millones de libras esterlinas (350 millones de pesos) del Consejo Británico de Equipo Petrolero, para estimular su programa petrolero.

1960

Inician en la Refinería "Francisco I. Madero" en Tampico, Tamps., las operaciones con plantas nuevas, estableciendo su capacidad de proceso de crudo en 125,000 bd. En noviembre se concluye el poliducto Monterrey-Gómez Palacio de 345 km. Deja de operar la refinería de Mata Redonda, por resultar antieconómica.

1962

Se inaugura la Planta de amoníaco en la Refinería "Ing. Antonio M. Amor" en Salamanca, Gto. En Noviembre entra en operación junto con la planta de tetrámero de Cd. Madero. Diez instituciones financieras norteamericanas, entre ellas el Chase Manhattan Bank, conceden a PEMEX un crédito por 50 millones de dólares.

Se da inicio al área de petroquímica separada de la refinerías, con la instalación del complejo Petroquímico de Cosoleacaque, Ver.

1963

La revista Time comenta que 1962 fue el primero en que PEMEX operó sin pérdidas.

1964

Se arranca el tren de aromáticos en la refinería de Minatitlán. Lo mismo que la planta de tetrámero de propileno y dodecibenceno la refinería de Azcapotzalco.

1965

Se crea el Instituto Mexicano del Petróleo. El IMP surgió como parte de los esfuerzos en la integración vertical de la industria petrolera que tenían como propósito desarrollar la investigación científica propia y reducir los altos costos provenientes de la importación de tecnología.

1966

Petróleos Mexicanos deja de exportar crudo por primera vez en su historia y redujo sustancialmente las exportaciones de derivados y gas natural. Además, la extracción nacional ya no permitía satisfacer plenamente la demanda interna, creando un problema económico mayor.

Se crean las plantas de estireno y etilbenceno en la refinería Madero. Da inicio el complejo Petroquímico en Reynosa, Tamps.

1967

Se inauguran las plantas que permiten ampliar la capacidad de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas del Río" en Minatitlán, Ver. a 175,500 bpd. Se autoriza la compra de la planta de Metanol de San Martín Texmelucan.

Inicia operaciones el Complejo Petroquímico Pajaritos, en Coatzacoalcos, Ver., comercializa y distribuye derivados del etileno y cloro para maximizar su valor económico. Es la única empresa en México que produce el monómero de cloruro de vinilo, además de otros productos, como etileno y óxido de etileno, así como ácido muriático.

1968

Se inaugura la planta de absorción de Cd. Pemex, Tab., con capacidad de procesamiento de 300 millones de pies cúbicos diarios de gas.

Se crea la planta de amoniaco y alcohol isopropílico en la refinería de Salamanca, Gto.

Se establece la Petroquímica Camargo, en el estado de Chihuahua.

1969

Inicia operaciones el Complejo Petroquímico Independencia, en San Martín Texmelucan, Pue., es el único productor nacional de metanol y cuenta con tres plantas de acrilonitrilo.

1970

El drástico incremento de las importaciones de gasolinas y diesel, refleja la orientación de la demanda nacional de petrolíferos: ésta no sólo crecía muy rápidamente, sino que se dirigía cada vez más hacia los destilados ligeros e intermedios. El consumo nacional de gasolinas se elevó a una tasa media anual de 7%, de 1965 a 1970, comparado con 4.8% en el quinquenio anterior. Ante esta situación, PEMEX presenta un programa de desarrollo para el área de refinación, que perseguía fundamentalmente mejorar el aprovechamiento del crudo, con el fin de adecuar la extracción, tanto en cantidad como en calidad, a los requerimientos de la demanda. Se amplía la Refinería "Ing. Antonio M. Amor" en Salamanca a 100,000 bpd y la de Reynosa a 20,500 bpd.

1971-1973

Nuevos descubrimientos de petróleo y gas en las áreas productoras de Tampico, Reynosa y Poza Rica. Se localizan 5 campos de gas en Nuevo Laredo y se realizan los primeros hallazgos en áreas geológicas de Chiapas y Tabasco que habrían de constituirse en las más prolíferas hasta entonces.

En 1971 inicia operaciones el Complejo Petroquímico Cosoleacaque, en la ciudad del mismo nombre en el estado de Veracruz, en donde se elabora, comercializa y distribuye petroquímicos no básicos, principalmente para el sector agrícola del país. Los productos que se obtienen de sus plantas, son el amoniaco, y el anhídrido carbónico. Cuenta con centros de distribución en Guaymas, Son., Topolobampo,

Sin., San Martín Texmelucan, Pue., y Lázaro Cárdenas, Mich. Integrada por cinco plantas de amoniaco anhidro.

En 1972 se establece el complejo petroquímico en Escolín, Ver,

En 1973 y como resultado del embargo generado por la guerra del Yom Kippur el precio del petróleo pasa de aprox. \$ 12.50 U\$/BI, hasta casi los \$ 25.00 y en México la demanda de petrolíferos sigue al alza, creando el primer aviso de la volatilidad de los precios generando problemas en la balanza de pagos.

1974

Los campos de Tabasco y Chiapas propician el repunte de la extracción nacional, que en ese año alcanzó 209.8 millones de barriles, cifra que rompió por primera vez el récord marcado en 1921 (193.3 millones de barriles). Para 1978 esta región petrolera proveía 79% de la extracción total del país, convirtiéndose consecuentemente en el centro principal de reservas.

1976

Inicia la exploración¹² de depósitos marinos en la Sonda de Campeche. Chac, el primer campo marino de esta zona, da pie a nuevos descubrimientos conformándose así el complejo Cantarell, que para las siguientes dos décadas se convertiría en el principal productor del país.

Inicia operaciones la refinería en Tula, Salamanca, con capacidad para procesar 150 mbpd, Se amplían las refinerías de Azcapotzalco, Madero, Minatitlán y Poza Rica a 105,000, 185,000, 270,000 (incluye la fraccionadora de gasolina) y 38,000 bpd respectivamente.

Importante desarrollo de la industria petroquímica. PEMEX cuenta con 92 plantas agrupadas en 17 complejos petroquímicos. Entre las plantas más importantes pueden mencionarse las de Cosoleacaque (amoniaco), Pajaritos (etileno y derivados), Poza Rica (etileno, polietileno y azufre), Minatitlán (aromáticos),

¹² Aunque la literatura así lo menciona, en realidad se trato de una exploración acelerada, sin embargo la producción llega hacia el final de 1979.

Salamanca (amoníaco y azufre) y Cactus (azufre). Además, el complejo petroquímico de la Cangrejera, un proyecto diseñado por PEMEX desde 1974 para atender economías de escala, ya contaba con 12 plantas terminadas.

1977-1979

El sostenido crecimiento de la demanda interna de derivados determina un progresivo aumento de los ingresos de PEMEX provenientes del mercado nacional. La política de precios bajos de la energía se reafirmó en esta etapa, luego de un periodo de incrementos de precios, introducidos a fines de 1976, tendientes a compensar la devaluación del peso.

El efecto Cantarell,

Aquí haremos una reseña de un campo, que ha sido considerado como uno de los súper gigantes descubiertos a la fecha. En el año de 1972 un pescador, Rudesindo Cantarell, descubrió una mancha de aceite que brotaba de las profundidades del mar en el Golfo de México, a unos 70 kilómetros de la costa, dirigiéndose al superintendente de producción en la región sur de Petróleos Mexicanos. Confirmando el descubrimiento y posterior desarrollo del yacimiento en la Sonda de Campeche.

El apellido del casual descubridor le dio nombre a su hallazgo: Cantarell.

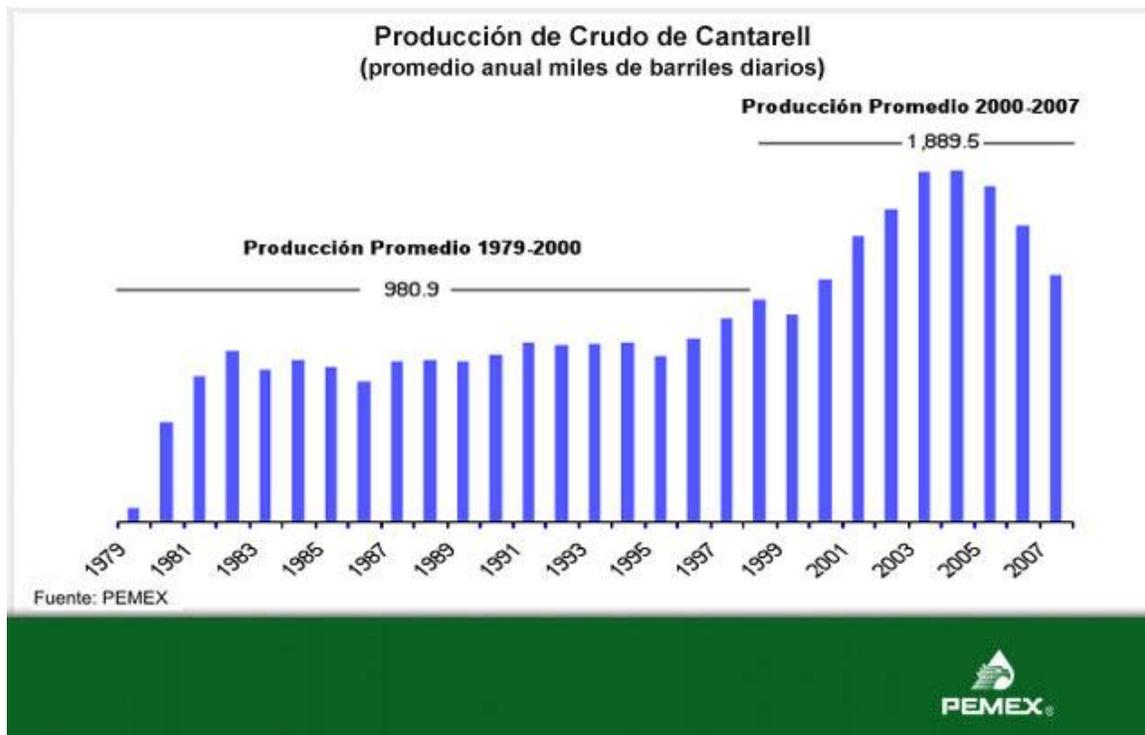
La Sonda de Campeche tiene una extensión aproximada de 15,500 kilómetros cuadrados. A partir de la explotación de este yacimiento, México despegó realmente como exportador de petróleo, lo que lo ubicó por primera vez en el panorama mundial como uno de los países relevantes del mundo petrolero.

Los primeros barriles de petróleo de Cantarell se produjeron en junio de 1979, y casualmente el día que se estaba programando la celebración de la primera extracción, con un promedio diario de 4 mil 290 barriles diarios.

Con el incremento en las actividades marinas, el domingo 3 de junio de 1979, durante las primeras horas de la mañana, la plataforma semi-sumergible Sedco 135 se encontraba perforando un pozo exploratorio denominado Ixtoc-1 en un tirante de 45 m, y a una profundidad de 3,615 m aproximadamente, cuando alrededor de las 3 a.m. se escapó gas del pozo hacia la plataforma incendiándola, aparentemente la tripulación de la plataforma experimentó una pérdida de circulación, pero no pudo conectar la válvula de seguridad en la tubería de perforación. Era un descubrimiento importante de crudo ligero y en ese momento Pemex estimó que fluían cerca de 30,000 bpd del pozo hacia el Golfo de México. Se requirió de mucho esfuerzo para controlarlo a través de la aplicación de dos pozos direccionales y varios intentos por mitigar el efecto, y solo después de 8 meses se logró. Coincidentemente ese día se había programado la apertura de la válvula hacia la Terminal Marítima de Dos Bocas del primer crudo del yacimiento Cantarell, saliendo del complejo productor conformado por solo tres plataformas (una de separación, una de perforación y una de enlace) en Akal-C.

El efecto Cantarell se hizo sentir rápidamente. Para diciembre de ese mismo año, la extracción alcanzaba los 239 mil barriles diarios. De extraer el país, 748 mil barriles diarios durante los setentas, el promedio diario creció hasta alcanzar 2.5 millones de barriles en la década de los ochentas, 2.8 millones en los noventas y 3.2 millones en el periodo 2000-2007. Ver grafica en Anexo 4.

Cantarell representó el 36.7 por ciento de la extracción total de petróleo de los ochentas, el 40.8 por ciento de los noventas y el 56.8 por ciento en el periodo 2000-2007. En el mes de diciembre del 2003, Cantarell alcanzó su pico de extracción al promediar 2.21 millones de barriles. Es también ese mes cuando la extracción global del país alcanzó su nivel más alto de la historia: 3 millones 454 mil barriles diarios. Como puede apreciarse en la grafica a continuación a partir de 1997 con un plan de racionalización se disminuyeron cuellos de botella, se inicio con el proceso de recuperación secundaria inyectando nitrógeno, en uno de los proyectos mas controvertidos y ambiciosos, fue que se logró una extracción record en 2004/2005.



Para 1978, México de lleno en el proceso de exploración de las reservas costa afuera vuelve a aparecer el fantasma del crecimiento del precio del petróleo llegando en 1980/1981 hasta cerca de los \$ 67.00 y nosotros nos encontrábamos en el inicio del crecimiento sostenido de nuestras exportaciones, es en ese momento y desconociendo las reglas de comportamiento de los mercados internacionales nos negamos a bajar los precios del petróleo mexicano como sugería el entonces director de Pemex, Jorge Díaz Serrano, y por supuesto nos quedamos varios meses con nuestro producto “guardado” confirmando como se indica en el medio petrolero, “barril diferido no se recupera sino al final de la vida útil del yacimiento”.

Se terminaron y pusieron en operación siete plantas de la Refinería "Miguel Hidalgo" en Tula, Hgo., con capacidad combinada de 150,000 bpd.

1979

Inicia operaciones las refinerías de Cadereyta, N.L. con una capacidad de 100,000 bpd y Salina Cruz, Oax., con una capacidad de 165,000 bpd.

Inicia operaciones la Unidad Petroquímica Tula, en el municipio de Tula de Allende, Hgo. Actualmente cuenta con la planta de acrilonitrilo con capacidad para 50, 000 tonm de acrilonitrilo y 6,000 tonm de ácido cianhídrico por año.

1980

En este año se iniciaba con la participación activa de México en los mercados internacionales del crudo estableciendo el Programa de Energía de 1980, en el que se definían por primera vez condiciones, que después no se cumplieron, acerca de la forma de efectuar el comercio exterior de hidrocarburos, y que eran:

- Los mercados de exportación de hidrocarburos se tendrían que diversificar, evitando la concentración de más de un 50% de las exportaciones petroleras mexicanas en un solo país.
- La cooperación con países en desarrollo de explotación petrolera y el suministro de petróleo se intensificaría; en este contexto el límite a la participación mexicana en el abastecimiento de crudo en el caso de los países centroamericanos y del Caribe se elevaría de 20 a 50%.
- Se procuraría que las exportaciones de hidrocarburos tuviesen un mayor valor agregado, incrementando las exportaciones de derivados. (después no se cumplió con ésta buena intención!).
- Para evitar la dependencia excesiva de la economía en un solo producto, los ingresos por concepto de exportaciones petroleras no deberían rebasar el 50% de los ingresos totales en divisas del país.
- Se aprovecharían las ventas externas de petróleo para absorber tecnologías modernas, desarrollar la fabricación nacional de bienes de capital, tener acceso a nuevos mercados para la exportación de manufacturas y lograr mejores condiciones de financiamientos.
- Esta política consideraba que los recursos provenientes de las exportaciones petroleras serían utilizados como palanca de desarrollo y que la meta de exportación se definiría en función de la capacidad de absorción de divisas de la economía, pero sin mayor precisión en cuanto a las alternativas de utilización de divisas. Esto no se logró, causando daños estructurales, ya que

lejos de articular a la industria nacional de la crisis de 1982, la urgencia de divisas para cubrir el servicio de la deuda externa se modificó drásticamente, a partir de 1983, la política petrolera, convirtiendo a Pemex en el principal proveedor de divisas vía exportaciones¹³.

Al entrar en operación la planta Combinada No. 2, de 135,000 bpd en la refinería de Cadereyta, nuestro país se coloca en el undécimo lugar como refinador, con una capacidad de proceso de 1,476,000 bpd de petróleo crudo y líquidos procedentes del gas.

Entra en operación el complejo Petroquímico Cangrejera, es la instalación en su tipo más grande en América Latina, actualmente opera con 16 plantas activas, las cuales se encuentran dirigidas a una cadena de derivados de etileno y otra de aromáticos, obteniendo como productos principales el polietileno de baja densidad, el estireno, el óxido de etileno, benceno y tolueno entre otros.

1981

La sobreoferta petrolera mundial y la liberación de los precios que regulaban la industria petrolera norteamericana traen como consecuencia una caída generalizada de los precios que afectó gravemente a los países productores independientes, entre ellos México. En 1980 los precios de exportación de los crudos de tipo Istmo y Maya eran de 19.2 y 16.5 dólares respectivamente, para 1986 habían descendido dramáticamente a 5.8 y 4.6 dólares.

Se inaugura el Complejo Petroquímico "La Cangrejera" con capacidad para procesar 113,000 bpd de crudo y líquidos.

1984

Entran en operación las ampliaciones de la Refinería de Poza Rica, la cual llega a una capacidad de 72,000 bpd y la refinería de Salamanca, con una capacidad de 235,000 bpd.

¹³ Manzo, José Luis, Política Petrolera y Neoliberalismo en México, Planeación Energética y Empresa Pública, UNAM-Plaza Valdés y Editores, 1ª. Edición, 1995.

1986

La crisis del petróleo provoca que PEMEX reduzca sus exportaciones a 470 millones de barriles, una disminución de 12.5% con respecto al año de 1983, año en que había alcanzado el nivel de exportaciones más alto hasta entonces.

1987

Entra en operación la ampliación de la Refinería "Francisco I. Madero", la cual llega a una capacidad de 196,000 bpd. Entra en operación la ampliación de la Refinería "Miguel Hidalgo" en Tula, Hgo., con la Planta Primaria No. 2 de 165,000 bpd, para llegar a 320,000 bpd de capacidad. Se inicia con el complejo petroquímico Morelos.

1989

PEMEX crea la empresa filial Petróleos Mexicanos Internacional Comercio Internacional, S. A. de C. V. (PMI), con el objetivo de establecer un marco organizacional moderno y eficiente para la realización de las actividades comerciales internacionales y derivar de éstas el mayor beneficio económico posible. En un principio PMI se encargó únicamente de las exportaciones de petróleo crudo, pero posteriormente sus operaciones abarcarían también el comercio internacional de productos petrolíferos y petroquímicos.

Se amplía la Refinería "Ing. Antonio Dovalí Jaime" en Salina Cruz, Oax., al entrar en operación la Planta Primaria No. 2 con capacidad para procesar 165,000 bpd. Se llega a la más alta capacidad de destilación atmosférica en el Sistema Nacional de Refinación de 1,679,000 bpd.

En 1989, se hace la primera reclasificación del listado original de productos petroquímicos básicos y surge la nueva lista de petroquímicos secundarios.

1990

Se agudiza la inestabilidad del mercado petrolero internacional por los efectos de la invasión militar de Irak a Kuwait. Al mismo tiempo, la recesión de la economía mexicana conforma el marco en que la industria petrolera mexicana se desenvuelve durante la primera mitad de la década de 1990.

1991

Quedan fuera de operación las refinerías de Azcapotzalco y Poza Rica; la capacidad de proceso se reduce a 1,525,000 bpd.

Queda definida la lista de 9 productos para petroquímica primaria y 67 productos para la petroquímica secundaria. Se reclasificó como Fabricantes de Especialidades Químicas todo lo que fue la industria petroquímica secundaria, originalmente en manos de la iniciativa privada, perdiendo con ello la protección que le otorgaba la “Ley Petroquímica” que autorizaba hasta un máximo de 40% de inversión extranjera en su estructura de capital. Esto ocasionó que la mayor parte de esta industria fueran adquiridas por los socios extranjeros o por empresas transnacionales, ya que normalmente se trataba de los propietarios de las tecnologías o licenciarios.

1992

El 16 de julio el Ejecutivo decreta una nueva Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y PEMEX experimenta una transformación corporativa de gran impacto. La Ley determina la creación de un órgano Corporativo y cuatro Organismos Subsidiarios, que es la estructura orgánica bajo la cual actual opera actualmente PEMEX. Dichos Organismos son: PEMEX Exploración y Producción (PEP), PEMEX Refinación (PXR), PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y PEMEX Petroquímica (PPQ).

Esta separación con autonomía y presupuesto propio, generó una estructura más pesada, con un incremento sustancial en sus costos, debido a que varias de sus departamentos se cuadruplicaron en el mejor de los casos y en algunos más aún, ya que se generó el principio de “activos” generando una falta de coordinación y burocracia exagerada.

Nota: Este proceso se encuentra en reversión ya que a partir del 2010, se planteaba el regresar al esquema similar al que tenía antes de esta transformación. Sin embargo el 3 de septiembre de 2010, se difirió la ejecución de la reversión por incapacidad financiera.

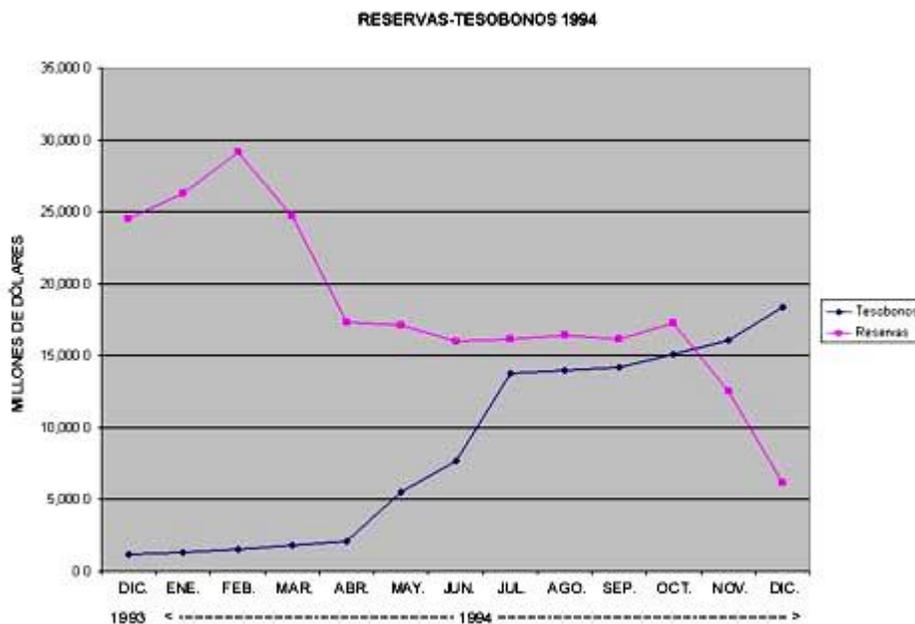
1993

De 1993 a 1997 se contempló la construcción de varias plantas dentro del paquete ecológico, con el fin de mejorar la calidad de las gasolin, diesel y combustóleo. Iniciaron operaciones las Plantas Catalíticas Núm. 2 y reductora de viscosidad en Salina Cruz, Oax.

Se aprueba la reestructuración de Pemex, buscando privatizar la industria petroquímica, acabando con el desarrollo del sector.

1994

Se genera una nueva crisis afectando la operación de Pemex, debido al diferencial del valor de las reservas y la emisión de los Tesobonos, se generó y agudizó la dependencia de los ingresos petroleros y al recortarse la inversión en exploración o sustitución de reservas se complica el desarrollo, ver grafica:



Iniciaron operaciones las plantas reductoras de viscosidad y MTBE en Cadereyta. Iniciaron operaciones las plantas MTBE, TAME y la planta catalítica No. 2 de Tula.

1996

PEMEX Exploración y Producción logró una extracción de crudo de 1 043 millones

de barriles, “el volumen más alto en la historia de Petróleos Mexicanos”. De esta cantidad 74.6% correspondía a las regiones marinas del noroeste y sureste. La calidad de la extracción estaba compuesta por 52% de crudo ligero y superligero y el resto de crudo pesado.

Iniciaron Operaciones: Planta Alquilación Salamanca; Planta Isomerización Tula; Planta Hidrodesulfuración Profunda Tula; Planta MTBE Tula; Planta TAME Tula. Solamente quedan 9 complejos petroquímicos.

1997

El complejo Cantarell se consolida como los más importantes de México, pues su extracción abarca una gran proporción de los volúmenes totales producidos anualmente. Más adelante, 2000 y 2004 los aportes de Cantarell en la extracción de PEP se incrementaron de 47% a más de 61%.

Iniciaron Operaciones: catalítica II Cadereyta; alquilación Salina Cruz; isomerización Salina Cruz; H-Oil, Tula. Inician los programas de reconfiguración del Sistema Nacional de Refinación.

Se crean las filiales de Pemex Petroquímica y se tiene una licitación para la venta de la petroquímica Morelos, que resulta fallida.

1999

Se tienen 6 refinerías con capacidad de proceso de 1.525,000 bpd. Sale de operación la planta petroquímica en Reynosa, Tamps.

2000

Inicio de Operaciones del Proyecto Cadereyta. Se inicia el planteamiento de inversiones estratégicas mediante alianzas con la iniciativa privada. Pasando de una estrategia industrial a una de privatización que no ha dado resultados.

2001-2004

Pese al aumento en la extracción y las exportaciones petroleras, el gobierno destina el grueso de los recursos de PEMEX para pagar los déficit de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la cual fracasó en llevar a cabo una reforma fiscal y

acentuó su dependencia de los ingresos petroleros hasta alcanzar más del 30% del total de los ingresos federales. Como consecuencia, PEMEX no dispuso de fondos suficientes para una modernización integral ni para los costosos gastos de exploración de nuevos campos con potencial de desarrollo.

En 2003, la Petroquímica Camargo, Chih., sale de operación y se encuentra actualmente en desincorporación.

2004

El mercado petrolero internacional enfrenta una serie de circunstancias que ocasionaron una alta volatilidad en los precios del petróleo, ubicándose en los niveles que no se tenían desde la década de los ochenta. La guerra en Irak y otros conflictos internacionales fueron la causa fundamental de la volatilidad. La demanda creciente de petróleo por China y la India contribuyeron al alza sostenida de precios. En octubre se alcanzó el precio más alto, 53.24 dólares por barril para el West Texas Intermediate (WTI) y 38.93 dólares por barril para el promedio de la canasta de crudos mexicanos. Este nivel de precios se vinculaba con una tendencia al alza iniciada desde diciembre de 1998, mes en el cual los precios habían alcanzado su cotización más baja de los últimos 25 años: el West Texas Intermediate (WTI) se vendía entonces en 11.30 dólares por barrilla mezcla y la mezcla mexicana en 7.89 dólares por barril. En diciembre de 1995, se decreta la devaluación del peso a raíz de la fuga de capitales que había sufrido el país en el último año del sexenio de Carlos Salinas de Gortari. La acumulación de una deuda a corto plazo gigantesca (de 30 mil millones de dólares en tesobonos) se destina a cubrir el déficit de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

2005

En febrero se firman préstamos de emergencia con el Fondo de Estabilización monetario de los Estados Unidos por 14 mil millones de dólares y con el Fondo monetario Internacional por 17 mil millones de dólares. En todos los contratos se ofreció como garantía los recursos de PEMEX y con estos fondos se liquidaron estas deudas.

Es más, durante el sexenio del entonces presidente Ernesto Zedillo se utilizaron el grueso de las utilidades de PEMEX para pagar diversas deudas y déficit a cargo de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

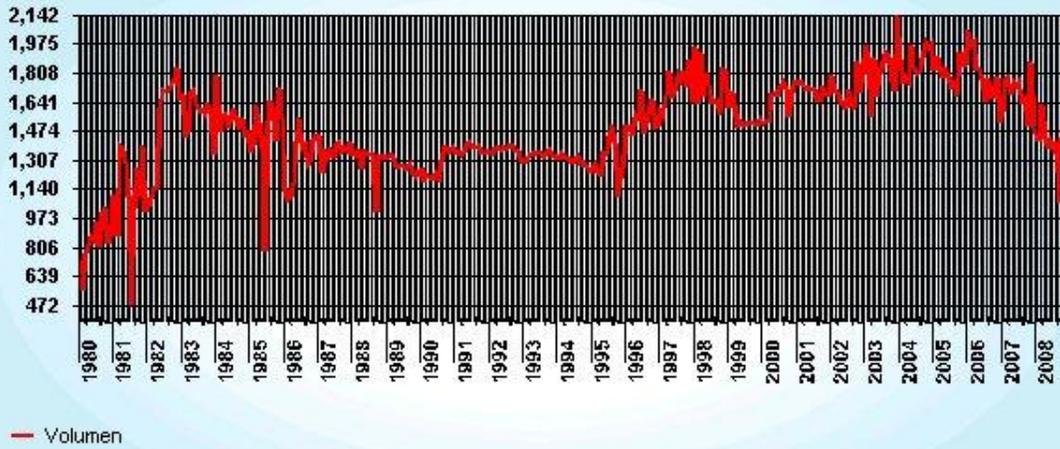
El perfil de la industria petrolera mexicana en el contexto internacional mostraba las siguientes características: por el volumen de sus reservas probadas de crudo (13 401 millones de barriles) y de gas natural (15 billones de pies cúbicos), ocupaba respectivamente los lugares 14 y 34 en la lista de países productores. Su extracción (3.4 millones de barriles diarios) se situaba en el sexto lugar mundial, luego de Arabia Saudita (8.9), Rusia (8.8), Estados Unidos (5.4), Irán (3.9) y China (3.5). PEMEX era la tercera empresa productora de petróleo crudo a nivel mundial después de SAUDI ARAMCO (Arabia Saudita) y NIOC (Irán); asimismo, estaba catalogada como la novena productora de gas natural. Finalmente, sus ventas internacionales ocupaban el octavo lugar con 57.9 millones de dólares.

2007-2008

La extracción anual de crudo en México se incrementó hasta alcanzar la cifra de 1 237 millones de barriles, destacándose en este rubro el campo del complejo Cantarell. Sin embargo, se informa por algunos medios nacionales que este campo gigante, considerado en como el segundo mayor a nivel mundial, había comenzado su declinación. Esta afirmación, era resultado de un estudio técnico de Pemex (PEP), llamado: Análisis del comportamiento del avance del “casquete” de gas en el campo Akal, resultados y recomendaciones. La declinación de Cantarell depende de la velocidad con la que se produce la extracción de petróleo. A su vez, la extracción petrolera global del país depende en parte importante del nivel que alcanza la extracción del complejo Ku-Maloob-Zaap y será también determinante la trayectoria de la extracción del paleocanal Chicontepec.

A continuación se muestra la gráfica de las exportaciones de petróleo crudo de México a partir de 1980 y hasta el 2008:

Sector energético - Indicadores mensuales - Subsector petrolero - Exportaciones - Petróleo crudo - Por tipo



Unidades: Miles de barriles por día

Fuente: Petróleos Mexicanos. Indicadores petroleros.

CAPITULO VI

Situación en México respecto de la energía

Es uno de los productores mayores no pertenecientes a la OPEP y una de las empresas petroleras más grandes del mundo. La mayor parte de las exportaciones de petróleo están dirigidas a los Estados Unidos.

México cuenta con las cuartas más grandes reservas de crudo del hemisferio occidental, después de Canadá, Venezuela y Estados Unidos con 12.6 MMBLS. Durante el 2002 México extrajo cerca de 3.6 MM BPD de crudo, de los cuales México consumió 1.9 MMBPD, logrando una exportación neta de 1.7 MMBPD, de los cuales 1.5 MMBPD fueron a los Estados Unidos, colocando a México en el tercer puesto de los países que el resto se exportan principalmente a Estados Unidos.

En éste período México fue el cuarto mayor productor de crudo del mundo, después de Estados Unidos, Arabia Saudita y Rusia.

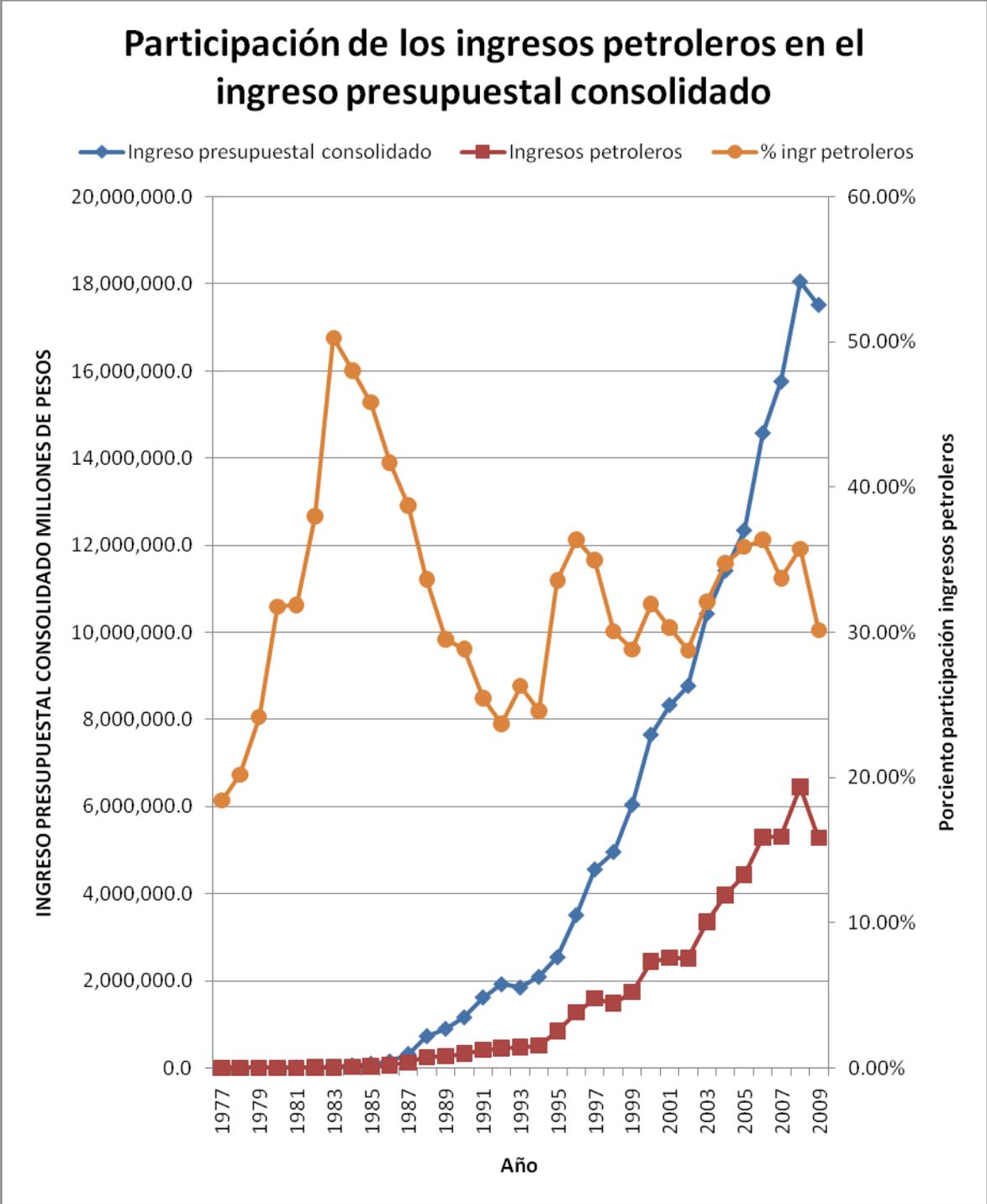
Pemex es la quinta mayor empresa petrolera del mundo, siendo la empresa más importante en México y se tiene considerada un símbolo en cuanto a independencia y soberanía.

Participación de Pemex a los ingresos, la contribución de Pemex a la economía se encuentra arriba del 30%, aporta el 60% de sus ingresos vía impuestos.

A continuación se muestra una tabla en la que se aprecia el impacto que ha tenido desde 1977.

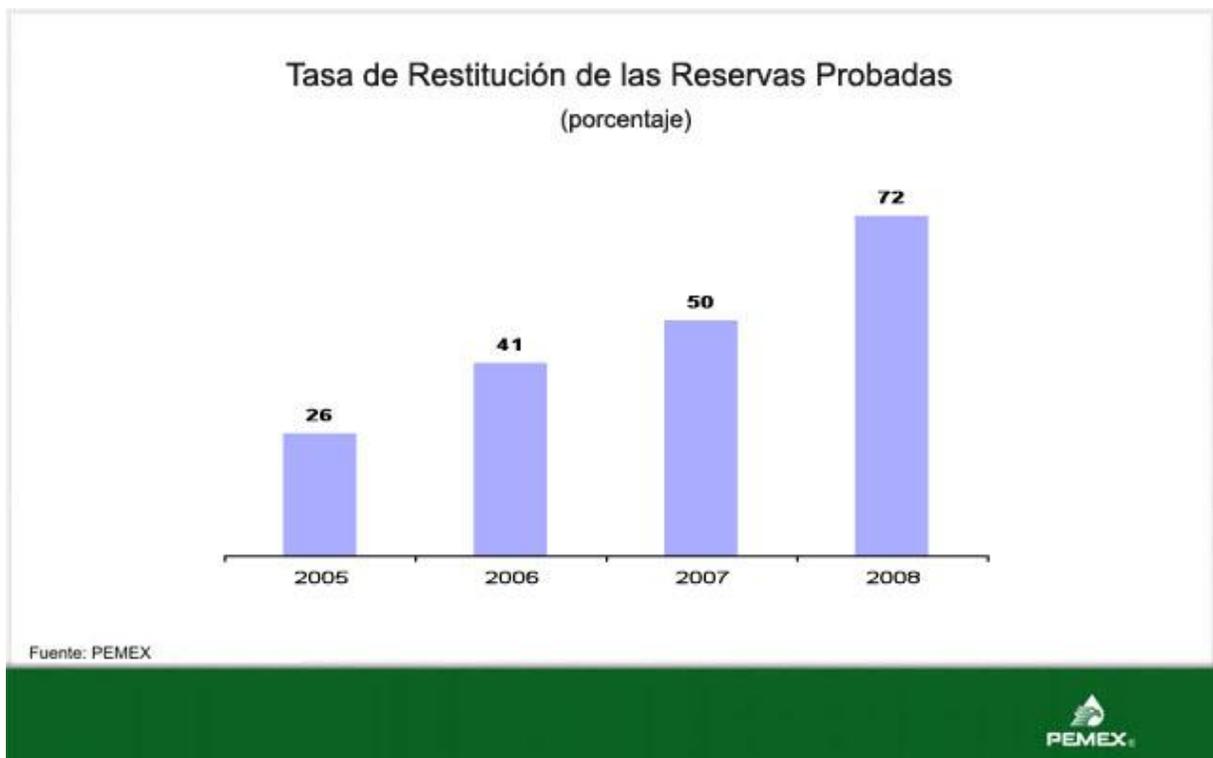
	Ingreso presupuestal consolidado	Ingresos petroleros	% ingr petroleros
Unidad	Millones de Pesos	Millones de Pesos	
Fecha	SG8	SG255	
1977	2,576.8	474.6	18.42%
1978	3,412.5	689.2	20.20%
1979	4,552.4	1,100.4	24.17%
1980	6,952.6	2,210.0	31.79%
1981	9,489.0	3,025.1	31.88%
1982	15,244.0	5,796.0	38.02%
1983	33,166.4	16,675.5	50.28%
1984	56,941.1	27,338.4	48.01%
1985	92,532.0	42,415.3	45.84%
1986	147,597.3	61,512.4	41.68%
1987	316,892.5	122,731.2	38.73%
1988	726,450.8	244,423.6	33.65%
1989	895,233.5	264,292.4	29.52%
1990	1,158,842.0	334,354.3	28.85%
1991	1,616,263.7	411,428.4	25.46%
1992	1,918,219.2	454,652.2	23.70%
1993	1,842,712.4	484,723.7	26.30%
1994	2,088,365.7	512,998.2	24.56%
1995	2,537,516.4	852,566.6	33.60%
1996	3,504,821.0	1,274,899.1	36.38%
1997	4,554,094.6	1,593,078.3	34.98%
1998	4,954,390.1	1,489,833.0	30.07%
1999	6,039,251.0	1,740,779.9	28.82%
2000	7,647,258.2	2,443,302.3	31.95%
2001	8,326,709.3	2,524,793.8	30.32%
2002	8,765,810.2	2,520,748.9	28.76%
2003	10,421,250.8	3,346,075.5	32.11%
2004	11,411,722.9	3,965,500.9	34.75%
2005	12,336,894.9	4,427,256.3	35.89%
2006	14,569,605.3	5,300,011.7	36.38%
2007	15,753,551.4	5,309,864.2	33.71%
2008	18,047,872.0	6,452,793.6	35.75%
2009	17,513,722.0	5,281,083.5	30.15%
2010	5,053,780.9	1,566,002.2	30.99%

Gráficamente se aprecia mejor el comportamiento, veamos la gráfica siguiente:



Esta responsabilidad ha dejado a Pemex con poca movilidad para efectuar sus inversiones en cuanto a exploración y desarrollo, resultando los siguientes números que son impactantes:

- Las reservas probadas cayeron en el período 1999-2009 de 24.9 a 14.3 mmbpce, un 43% aprox.
- Las reservas totales pasaron en el mismo período de 57.7 a 43.6 mmbpce, un 25% aprox. Ver anexo 12. Histórico de reservas totales de Pemex.
- En cuanto a las reservas probadas se ha logrado una mejora de la tasa de restitución, pasando de 25.5 por ciento en el año 2003 a un histórico de 71.8 por ciento en 2007. La cifra alcanzada en este último año es la más alta desde la adopción de los lineamientos de la SEC.



Las reservas de crudo en México

Sin duda el petróleo en nuestro país ha sido una fuente de recursos muy socorrida a lo largo nuestra historia y no ha habido otra fuente que pueda sustituirla por lo que es necesario conocer las reservas de crudo mexicano existentes:

Año	Reservas probadas (mmdb*)	Producción (mmdb)	R.P. menos Producción (mmdb)	Reservas (años)
1998	28,862.9	1,120.7	27,742.2	25.8
1999	24,700.1	1,060.7	23,639.4	23.3
2000	24,631.3	1,102.4	23,528.9	22.3
2001	23,660.4	1,141.4	22,519.0	20.7
2002	22,419.0	1,159.6	21,259.4	19.3
2003	15,123.6	1,123.3	14,000.3	13.5
2004	14,119.6	1,234.8	12,884.8	11.4
2005	12,882.2	1,216.7	11,665.5	10.6
2006	11,813.8	1,217.8	10,596.0	9.7

Fuente: BDI.PEP-

*millones de barriles

Por lo que se refiere a la relación reservas producción la caída es más dramática, pues de tener en 1982 reservas para casi 60 años, hemos llegado a reservas para de las reservas probadas del 9% entre 1998 y 2002, ya que se ha reducido sus tasas de recuperación de reservas, como puede apreciarse en la siguiente gráfica.



Reservas y extracción

En septiembre del 2002, Pemex revisó sus estimados de reservas a la baja en un 26% a 12.6 MMBLS. Esta revisión se hizo para ajustarse a los lineamientos de la SEC (Securities and Exchange Commission), que requiere se califiquen las reservas probadas de hidrocarburos bajo el compromiso de explorarlas en el corto plazo. Las ventas de bonos en dólares de Pemex requieren que la empresa reporte a la SEC. Esta revisión de las reservas probadas, es 14.4 MMBLS por debajo de las reservas del año anterior.

Aproximadamente 75% de la extracción de crudo proviene de la Sonda de Campeche y su principal yacimiento ha sido Cantarell, que se ubica a aproximadamente 100 Km. al norte de Ciudad del Carmen, Camp., Cantarell aporta aproximadamente 1.7 MMBPD de crudo pesado tipo Maya de 22° API. El campo Cantarell (que incluye a los yacimientos Akal, Nohoch, Chac y Kutz) ha perdido su presión natural desde su descubrimiento en 1976 últimamente ha estado decayendo en su capacidad de extracción a un ritmo de 13% anual.

En 1997 se inició un programa masivo de inyección de nitrógeno, que inició operación en 2001. Para noviembre de 2002, la extracción diaria de Cantarell subió 370,000 BPD sobre los niveles de 2001. Pemex tiene esperanzas de que el campo Sihil, localizado “por debajo” del campo Cantarell pueda aportar 1.4 MMB de aceite y gas natural asociado.

México también produce otros dos tipos principales de crudo, ligero, bajo en azufre denominado Istmo de 34° API y que contribuye con el 20% de la extracción y el Olmeca con 39° API, que es aproximadamente el 14% de la extracción.

Se considera que existen campos con esos grados también localizados en el sur, cerca del Golfo de México. Pemex continúa explorando para ubicar nuevos campos en la plataforma continental al sur de Veracruz, en el delta del río Grijalva en el sureste mexicano.

México ha tenido más contacto e relación con la OPEP, que cualquier otro país, no miembro de la OPEP. Ha trabajado con ella desde 1998 y los datos de exportación de 1998 a 2001, demuestran que ha mantenido sus objetivos auto-impuestos. En enero de 2002, México se comprometió a reducir 100,000 BPD su nivel de exportación de tal forma de coordinarse con la política de la OPEP. Lo mismo hizo Rusia, Noruega, Omán y Angola. Es interesante notar que el crudo Istmo es el único crudo no de país OPEP, que está incluido en la canasta OPEP, y participa en el promedio aritmético de siete crudos seleccionados como indicador para promediar el precio por barril de la OPEP.

Refinación

Pemex tiene seis refinerías, con una capacidad total de 1.7 MMBPD al 1º de enero de 2003. Últimamente se renovaron las refinerías de Madero y Cadereyta para incrementar su capacidad de refinación de casi 200,000 MBPD y espera incrementar la capacidad de las otras 350,000 BPD adicionales con la aprobación de la nueva refinería que sería instalada en Tula, sin embargo se ha estado posponiendo el inicio de esta obra que sería la más grande efectuada en el periodo 2006-2010.

Es importante notar que desde los años 70's no se ha construido ninguna nueva instalación, solo adecuaciones a las existentes.

A continuación presentamos una tabla con la ubicación de las refinerías, así como el tipo de proceso básico y los valores actualizado de las capacidades.

**Refinerías de petróleo en México
(a enero 2009)¹⁴**

Refinería	Ubicación (Estado)	Capacidad (MBPD)		
		Destilación	Craqueo Catalítico	Reformadora Catalítica
Salina Cruz	Oaxaca	330	80	50
Tula	Hidalgo	315	80	65
Salamanca	Guanajuato	245	40	39
Cadereyta	Querétaro	275	90	46
Minatitlán	Veracruz	185	30	49
Ciudad Madero	Tamaulipas	190	61	30
Total		1,540	381	279

No obstante estos incrementos, Pemex está importando cerca de 519,27415 BPD de productos petrolíferos, que cubren aproximadamente el 29% de su consumo. De los cuales casi el 80% proviene de los Estados Unidos. Los precios de la gasolina en México se encuentran entre los más altos, ya que no se controlan por el precio internacional de referencia, sino que se define como parte del presupuesto de ingresos del estado.

En el año 2009, se definió Tula como el lugar donde se instalará una nueva refinería. Y las últimas noticias indican que se diferirá su inicio formal, hasta el 2012.

Por supuesto este un proyecto muy atractivo, el primero después de casi 40 años que se diseñaron las últimas plantas catalíticas en México para las refinerías de Tula, Salamanca, Cadereyta y Salina Cruz.

Esta acción de concretarse, sería un disparador importantísimo, ya que dejaríamos de exportar materia prima (asumiendo que la tengamos, al límite no es tan grave porque podríamos importarlo) al mismo tiempo, dejaríamos de importar una parte de

¹⁴ Fuente: Base de Datos Institucional de Petróleos Mexicanos.

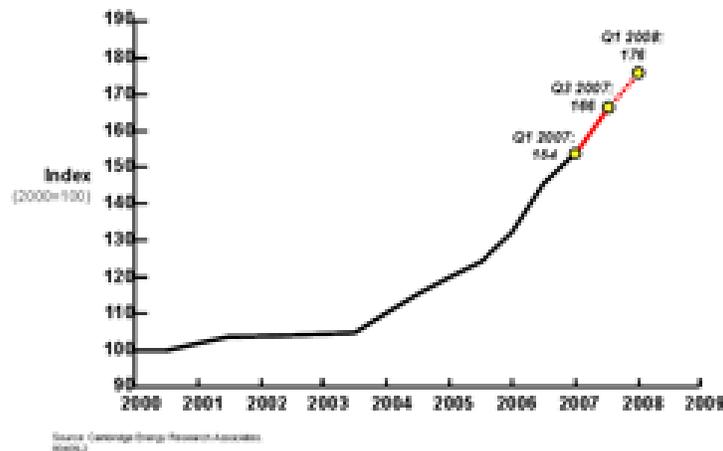
¹⁵ Incluye gas licuado, Fuente: Base de Datos Institucional, Petróleos Mexicanos

materia con valor agregado (casi 350,000 bpd) logrando adicionalmente un impacto tremendo en cuanto al desarrollo de infraestructura, recuperación de fuerza de trabajo calificada, directa e indirecta durante la fase de proyecto, suministro de la planta productiva, construcción y después.

Solo como referencia, es algo que debimos haber previsto, unos 5 años antes de iniciar a importar los volúmenes de gasolina que ahora resultan muy gravosos, junto con los costos extra que representa actualmente el construir esa infraestructura, ya que de acuerdo con HIS/CERA, los costos para construir refinerías y plantas petroquímicas, han alcanzado un nuevo máximo, y continúan creciendo a un ritmo de aproximadamente 12% por año. El índice muestra que los costos continúan creciendo vertiginosamente, influyendo en los costos en la programación de los proyectos y el precio del petróleo, de acuerdo con Daniel Yerguin, director de CERA y vicepresidente ejecutivo de IHS.¹⁶

Ver gráfica a continuación.

IHS/CERA Downstream Capital Costs Index



¹⁶ <http://energy.ihs.com/News/Press-Releases/2008/Refinery-and-Petrochemical-Construction-Costs-Reach-New-High.htm>

Aunque las comparaciones deben ser más profundas, Petrobras anuncia un nuevo record de producción en sus refinerías al procesar el día 3 de julio del 2010, la cantidad 2,020,000 b/d, que equivale a un 4% más sobre su máximo anterior que era de 1,942,000 b/d¹⁷. Y en crudo estiman extraer en el 2010 2.422,000 bpcepd (barriles de petróleo crudo equivalente por día).

Gas natural. Las reservas probadas de gas natural de México se encuentran en aproximadamente 16.6 mil millones de pies cúbicos, (TcF) con una extracción de 625.2 mil millones de pies cúbicos y un consumo de 692.4 mil millones de pies cúbicos. Las reservas de gas natural de México fueron revisadas igualmente en septiembre del 2002 junto con las reservas de crudo. No obstante que México es poseedor de la sexta más grande reserva de gas natural, (después de Estados Unidos, Venezuela, Canadá, Argentina y Bolivia), México había despreciado la exploración y desarrollo de gas natural, su extracción se ha incrementado ligeramente desde 1980. El consumo de gas natural inició a superar la extracción en 1988, posteriormente en 1995, ciertos cambios en la economía impulsaron un crecimiento no coordinado de plantas de generación de energía eléctrica operadas con gas natural. En 1999, se eliminaron los aranceles para la importación de gas natural. Y como resultado de lo cual creció la demanda de gas natural. Ha crecido importantemente la importación de gas, principalmente de los Estados Unidos. En el año 2000, aproximadamente el 8% de las importaciones de gas natural fueron cubiertas por Estados Unidos. Se espera que la demanda de gas natural crezca 8% anual hasta el 2010, resultando en aproximadamente 9 MM Ft3d para el final de la década, casi el doble de lo que consumía en el año 2000.

Capacidad de extracción. Las reservas de gas natural existentes, se encuentran principalmente en el sureste, en los estados de Tabasco y Chiapas. El año 2002, Pemex anunció el descubrimiento de tres campos de gas natural en el estado de Veracruz, localizados en el Golfo de México. Los resultados de los campos: Lankahuasa, ubicado costa-afuera puede contener hasta 1 Bft³ de gas natural;

¹⁷ [eDaily@latinpetroleum.com](mailto:EDaily@latinpetroleum.com), LatinPetroleum, Inc. Clifford Fingers, Online Editor E. 9 de Julio de 2010.

Playuela y Hap, que podrían sumar un cuarto de las reservas de gas natural mexicanas. El campo Cantarell también cuenta con reservas de gas natural asociado, la mayor parte de los cuáles ha sido quemado. Existen reservas en el yacimiento de Burgos, que ha extraído desde 1945 y que genera actualmente 1.5 MM ft³/d, aproximadamente el 21.6% de la extracción total anual.

Transporte y distribución. La red nacional de gas natural cubre aproximadamente 7,500 Km., con ocho estaciones de compresión. No obstante que se ha permitido la participación de empresas del sector privado desde 1995, y se ha permitido el acceso a la red de Pemex desde 1997, Pemex ha frenado la participación del capital privado. Pemex cuenta con nueva interconexiones con la red de gas natural de los Estados Unidos que puede operar en los dos sentidos en Mexicali, Naco, Piedras Negras, Reynosa, Cd. Juárez y dos en Argüelles y Baja California, casi lista para operar.

A continuación se muestra la infraestructura de ductos, tanto para petrolíferos líquidos, como para el sistema de gas.



Gas Natural Licuado

Actualmente ya opera la terminal de Gas Natural Licuado en Altamira, Tamps., en la costa del golfo de México y en donde la Comisión Federal de Electricidad planea importar 425 MM ft³/día por 15 años, que suministrará combustible para los productores independientes de energía.

También existe interés por empresas extranjeras de participar en las terminales de Baja California y Manzanillo (actualmente en construcción) y/o Lázaro Cárdenas, en la costa del pacífico.

Organización del sector

En 1993, el Ejecutivo Federal promovió una iniciativa de Ley para llevar a cabo la reforma institucional necesaria para apoyar el desarrollo del nuevo marco para la industria del gas natural. El objetivo principal de esta reforma institucional era definir y asignar claramente las funciones y atribuciones de las dependencias y entidades involucradas en el desarrollo del gas natural y la energía eléctrica.

Se fortalecieron las funciones de propietario de la Secretaría de Energía, encargada de definir la política energética del país; de la toma de decisiones relativas a la explotación del subsuelo acordes con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo, y de supervisar las operaciones de las entidades del sector. Pemex, la Comisión Federal de Electricidad, y Luz y Fuerza del Centro (ahora extinta) conservaron sus funciones de operadores.

Las funciones de regulación se asignaron a la CRE a través de la expedición, en 1995, de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía. Esta Ley transformó a la CRE, de ser un órgano consultivo en materia de electricidad, como lo estableció su decreto de creación en 1993, a uno desconcentrado de la Secretaría de Energía, con

autonomía técnica y operativa, encargado de la regulación de gas natural y energía eléctrica en México.

La redistribución de funciones entre las distintas dependencias y entidades permitió definir, para cada una de ellas, objetivos específicos que fueran congruentes con sus atribuciones respectivas.

Industria petroquímica

Aunque este trabajo se trata en forma básica, el área de extracción (exploración y producción), debido a lo trascendente de los efectos que sobre la industrialización en México, ha tenido en la segunda parte del siglo XX, mencionaremos algunos de los aspectos más sobresalientes. La función de la industria petroquímica, es transformar siete hidrocarburos en más de 5,000 productos industriales, las cuales representan la base de diversas cadenas productivas.

A continuación se presenta una tabla en la que se identifican algunos de los productos y la forma en la que se agruparon:

Petroquímica básica	Petroquímica secundaria
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Etano <input type="checkbox"/> Metano, <input type="checkbox"/> Pentano, <input type="checkbox"/> Propano, <input type="checkbox"/> Butanos, <input type="checkbox"/> Naftas, <input type="checkbox"/> Materia prima para negro de humo <input type="checkbox"/> Otros (incluye hexano y heptano) 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Amoniaco, <input type="checkbox"/> Benceno, <input type="checkbox"/> Dicloroetano, <input type="checkbox"/> Etileno, <input type="checkbox"/> Metanol, <input type="checkbox"/> Óxido de etileno, <input type="checkbox"/> Paraxileno, <input type="checkbox"/> Propileno, <input type="checkbox"/> Tolueno, <input type="checkbox"/> Xilenos, y <input type="checkbox"/> Otros

Las principales cadenas petroquímicas son:

1. Metano, (gas natural);
2. Etano, (olefinas ligeras);
3. Naftas, (aromáticos).

La industria petroquímica es fundamental para el crecimiento y desarrollo de importantes cadenas industriales como son la textil y del vestido; la automotriz y del transporte; la electrónica; la de construcción; la de los plásticos; la de los alimentos; la de los fertilizantes; la farmacéutica y la química, entre otras.

Dado el valor que tiene esta industria como primer eslabón de importantes cadenas productivas, es imprescindible que se fortalezca y pueda así abastecer oportunamente a la industria nacional con los insumos que ésta requiere.

La cadena industrial de Pemex Gas consiste en tres procesos básicos:

Endulzamiento: se eliminan gases ácidos y se recupera azufre que posteriormente se coloca en el mercado nacional e internacional.

Recuperación de licuables vía plantas criogénicas: se producen gas seco e hidrocarburos líquidos.

Fraccionamiento de hidrocarburos: de la corriente de hidrocarburos líquidos proveniente de las plantas criogénicas se separan el etano, el gas licuado y las gasolinas naturales.

Producción

A continuación se presenta la tabla con los datos históricos de producciones de Pemex Gas y Petroquímica.

	Gas seco (MMpcd)	Etano (Mbd)	Gas licuado (Mbd)	Gasolinas (Mbd)	Azufre (td)
2003	3,029.4	125.2	212.1	86.5	2,075.3
2004	3,144.1	132.5	224.9	89.8	2,072.6
2005	3,146.9	129.0	215.4	87.9	1,895.4
2006	3,444.5	126.7	215.3	91.5	1,948.8
2007	3,546.4	119.4	198.9	84.6	1,805.1
2008	3,461.3	117.1	182.4	74.3	1,803.1
2009	3,572.1	120.7	180.6	75.7	1,949.4
Ene	3,464.9	120.7	182.5	71.0	1,941.8
Feb	3,465.7	116.5	181.0	74.5	1,963.0
Mar	3,574.0	122.7	186.5	74.1	2,156.2
Abr	3,542.4	123.5	186.5	79.5	2,074.4
May	3,546.3	126.3	185.4	79.2	2,017.6
Jun	3,624.3	116.4	177.2	78.1	1,988.8
Jul	3,603.6	119.7	177.6	77.2	2,048.1
Ago	3,586.8	125.1	181.3	77.4	1,954.9
Sep	3,531.0	119.9	176.9	77.7	1,816.3
Oct	3,621.6	117.8	170.9	74.1	1,850.6
Nov	3,591.2	118.9	178.5	70.8	1,708.6
Dic	3,702.7	121.0	182.3	75.0	1,867.2
2010	3,663.2	121.7	186.7	79.2	1,913.8
Ene	3,692.3	122.7	183.5	76.9	1,949.4
Feb	3,664.9	124.3	183.2	76.0	1,921.9
Mar	3,690.7	124.2	188.4	79.2	1,945.2
Abr	3,669.4	117.8	189.6	80.8	1,942.5
May	3,646.8	118.5	188.0	81.8	1,838.5
Jun	3,613.8	122.9	187.0	80.6	1,886.3

MMpcd: millones de pies cúbicos diarios
Mbd: miles de barriles diarios
td: toneladas diarias

Actualización más reciente: 29/06/2010 a las 11:51:02 AM hrs., por Subdirección de Planeación

©Pemex Gas y Petroquímica Básica

Marina Nacional #329 Torre Ejecutiva Piso 17, Petróleos Mexicanos, C.P. 11311, México D.F. (+52 55) 1944 005.

Pemex Petroquímica (Petroquímica secundaria)

Pemex Petroquímica cuenta con ocho centros de trabajo que son: el Complejo Petroquímico Cangrejera, el Complejo Petroquímico Cosoleacaque, el Complejo Petroquímico Morelos, el Complejo Petroquímico Pajaritos, ubicados al sur del estado de Veracruz, asimismo, el Complejo Petroquímico Independencia, el Complejo Petroquímico Tula, el Complejo Petroquímico Escolín y la Unidad Petroquímica Camargo, se localizan al centro y norte del país.

Estos se dedican a la elaboración, comercialización y distribución de productos, tales como: Acetaldehído, Amoníaco, Benceno, Etileno, Óxido de Etileno, Glicoles, Ortóxileno, Paraxileno, Propileno, Tolueno, Xilenos, Acetronitrilo, Ácido Cianhídrico, Acrilonitrilo, Polietileno de baja y alta densidad, Metanol y Cloruro de Vinilo, para satisfacer la demanda del mercado nacional y una parte del mercado Internacional. Su actividad fundamental son los procesos petroquímicos no básicos derivados de la primera transformación del gas natural, metano, etano, propano y naftas de Petróleos Mexicanos.

Hay una gran variedad de productos que se ofertan en PEMEX Petroquímica.

SEGMENTOS	
<u>Polietilenos</u>	<u>Químicos</u>
<u>Solventes</u>	<u>Especialidades</u>

Aunque es fácilmente entendible dadas las experiencias históricas de que el negocio importante se encuentra en la adición de valor agregado a la materia prima, en 1992 se inició con el proceso de intención de venta de la industria petroquímica.

La producción para 2009, se resume en la siguiente tabla:

Año: 2009	Miles de toneladas
Producción	7 587
Ventas internas	2 695
Instalaciones	
Número de Plantas	39
Número de Complejos	8
Capacidad instalada (Mt)	13 061

Actualmente PEMEX – PETROQUÍMICA solo abastece el 7% del consumo nacional, las compañías privadas abastecen el 43% y el restante 50% se importa del exterior, principalmente de los Estados Unidos de Norte América, lo que significa, que hoy por hoy, les hemos entregado gratuitamente a nuestros vecinos este importante volumen del mercado mexicano¹⁸.

Otra grave consecuencia por tener en la actualidad, una gran dependencia del exterior, es que se han roto muchas cadenas de producción, por lo que lamentablemente se han seguido cerrando empresas del sector químico privado, con la consecuente pérdida de empleo, pues en el año de 1995 este sector generaba más de 80,000 empleos directos y para el año de 2007 se redujo a menos de 50,000. Con respecto a su contribución en el Producto Interno Bruto (PIB), la industria química aportaba en el año de 1995 un 5.4 %, mientras que para el año de 2007 esta se redujo a 1.7%.

De las cadenas de producción más afectadas, me gustaría mencionar un solo ejemplo, que es de por si dramático pero muy ilustrativo. México, fue uno de los países más importantes del mundo en la producción de amoniaco, el amoniaco es

¹⁸ Ing. Carlos Mireles García, Senado de la Republica “Debate sobre petroquímica”, Junio 12 de 2008.

usado para la industria de los fertilizantes solo o en forma de compuestos como sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea, sulfato de hidroxilamina, acrilonitrilo, fibras sintéticas y plásticos (nylon, resinas urea-formaldehído, uretano y melamina), refrigerantes, ácido nítrico, explosivos, hidrazina, aminas, amidas y para otros compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como intermediarios en la industria farmacéutica, con un volumen de exportaciones muy importante, hoy se importa el amoníaco en cantidades considerables y este producto forma parte fundamental en la cadena de producción para la elaboración de fertilizantes nitrogenados, pues de él se obtiene la urea y posteriormente este tipo de fertilizantes. Pemex bajó la producción de 2,702 mil toneladas por año en 1991 a 790 mil toneladas por año al 2009¹⁹, (actualmente se está desincorporando la Petroquímica Camargo, que era la única planta que suministraba el producto para el noroeste del país).

Una vez que fue reclasificada la lista original de Productos Petroquímicos Básicos, en 1991 se inicia el proceso de desincorporación de la Petroquímica Secundaria de PEMEX, para lo cual se logra un acuerdo entre el Ejecutivo, el Congreso y el Sindicato Petrolero, para promover un esquema de participación Estatal mayoritaria, en el que los particulares podrían participar hasta un 49%, para que PEMEX mantuviera el 51% restante. Como respuesta a este esquema, no se obtuvo ni una sola solicitud del Sector Privado, nadie se quiso asociar con PEMEX teniendo una participación minoritaria. Lo que desde el punto de vista de negocios es comprensible, ya que nadie quiere arriesgar su capital dejando las decisiones en manos de externos.

Por lo anterior, podemos afirmar que todos los intentos por desincorporar a este importantísimo sector de Pemex han fracasado. De 1991 a 2010 han transcurrido 19 largos años de espera para Pemex y los mismos de agonía y desesperación para miles de pequeñas y medianas Industrias, ya mencionamos algunas de las causas y sus efectos, pero jamás nos hemos cuestionamos el porqué de estos fatales resultados y sobre todo el impacto en cascada que generó el intentar abandonar éste

¹⁹ Memoria de labores 2009, sitio http://www.pemex.com/files/content/Memoria_2009.pdf

sector que nos había llevado a un plano de generar productos con valor agregado importantísimos para nuestro país.

Las principales cadenas petroquímicas son las del metano (gas natural), las del etano (oleofinas ligeras) y las de las naftas (aromáticos). Esta industria es básica para el crecimiento y desarrollo de cadenas industriales como la textil y del vestido, la automotriz y del transporte, la electrónica, la de la construcción, la de los plásticos, la de los alimentos, de los fertilizantes, la industria farmacéutica y la química, entre otras.

Además ese intento generó un proceso de regresión sobre la industria mexicana, así como el desmembramiento de cadenas de producción y más grave aún una migración alarmante del mercado de trabajo para profesionales de la industria de transformación, inhibiendo la continuación de fuentes de trabajo y de investigación de una forma casi podemos decir irreversible, puesto que 50 años de experiencia altamente creativa y productiva.²⁰

²⁰ Hernández Luna, Dr Martín, “La petroquímica: Un ejemplo de la regresión industrial mexicana” Debate universitario sobre la reforma energética. CCU Tlatelolco, 26 de junio de 2008.

CAPITULO VII

Disparadores del cambio tecnológico

Se ha aceptado que con los avances en la tecnología, prácticamente se puede acometer cualquier campo de la ciencia y de la tecnología con éxito. Consideramos que es necesaria (y se están dando las condiciones) una búsqueda intensiva de un cambio en la tecnología. Para que éste se dé, se requiere identificar los elementos disparadores del cambio en la tecnología, por lo que se presentarán los diferentes cambios que han operado en las siguientes secciones de la sociedad:

La industria, la sociedad y el petróleo

El petróleo es esencial para la industria. Cumple con tres funciones:

- uno como fuente de suministro químico,
- un producto y
- una fuente de suministro de energía.

Cada una a de estas funciones tiene sus ventajas sobre otras alternativas, y esas ventajas nos llevan a su posición dominante en el mercado, por ejemplo:

Puede manejar tan lejos como pueda, llevar un tanque lleno y podrá llenar el tanque con relativa facilidad;

Se encuentra, por el momento, disponible en grandes cantidades;

Se puede transportar a lo largo de distancias grandes entre los diferentes continentes.

Cuáles son sus debilidades:

No es un recurso infinito o renovable;

Es una fuente de contaminación y gases de efecto invernadero;

Está sujeto a limitaciones de suministro ya que depende de la estabilidad política y de otro tipo de los países proveedores;

Sujeto a limitaciones de procesamiento en los países que lo reciben.

Existen alternativas al petróleo y gas, pero éstos se encuentran generalmente disponibles a un costo adicional y algunos aspectos de desempeño no son totalmente reemplazables actualmente.

Tal vez el agua sea considerada de la misma importancia como una fuente de suministro limitado. No obstante, uno puede sorprenderse en las posibilidades de cambiar a tecnologías de no crudo y no gas ocurren en el mundo.

Cambio: ¿cuándo, y que tanto?

Antes que nada el mundo se encuentra cerca del punto medio del descubrimiento de yacimientos de petróleo barato, entonces podríamos preguntar, ¿por qué deberíamos preocuparnos ahora? Después de todo, solo llevamos un poco más de 100 años en llegar hasta este punto y la economía de los vehículos y de las plantas de generación se encuentra continuamente mejorando. Por lo que surge la pregunta obligada: ¿Se requiere un esfuerzo especial?

La respuesta sería que existen varias razones por las cuáles se requiere un cambio y porque se necesita desesperadamente. Estas son:

“Pronto” el crudo barato no estará tan disponible como en el pasado;

La combustión de combustibles fósiles está cambiando la composición de la atmósfera, aumentando el calentamiento global, con sus desastrosas consecuencias;

Así como se aprecia lo crítico del suministro de energía por los proveedores, el peligro de la seguridad energética es por sí sola un costo visible no deseado, por otro lado, el precio de petróleo no es constante y su volatilidad permite que otras fuentes alternas sean comercialmente más competitivas.

A continuación indicaremos cuales podrían ser unos detonadores para un cambio:

Limitación de recursos

El tamaño del requerimiento de cambio, se puede apreciar considerando que el suministro mundial de petróleo será consumido en ésta década (no considerando los estimados o reservas). Por otro lado la proporción de explotación de los combustibles fósiles depende de la población mundial y de su nivel de desarrollo. Estos dos puntos están presionando más que nunca, por lo que la declinación esperada será más rápida que su crecimiento. Es importante notar que el precio actual del petróleo (en abril 2010 de 80.00 U\$ dls/barril) no es otra cosa que resultado de la recesión mundial que se está atravesando, más que la capacidad de extracción y la combinación de no crecimiento económico de las naciones industrializadas, por lo que se está castigando el precio, situación por demás inestable.

Por otro lado, vale la pena reflexionar, que nadie estaría buscando por petróleo en 1,500 m. o más de profundidad si tuvieran nuevos desarrollos en aguas menos profundas.

Suministros esperados de petróleo

Por supuesto, el petróleo no es la única fuente de energía, ni siquiera el único combustible fósil. Los suministros de gas y de carbón se añaden a los recursos disponibles, y también otras tecnologías. Existe buena disponibilidad de gas natural y

de carbón, teniendo en consideración que el gas es un combustible más limpio. En contraste, el carbón (y sus fuentes como las arenas saturadas con alquitrán, otra alternativa) son más contaminantes en su extracción. El carbón limpio, y el aceite de las arenas, se encuentran disponibles a un precio razonable, por lo que la limitante de que el aceite barato está acabando deja de ser una frontera. Igualmente se ha estado experimentando con alternativas como el azúcar y el maíz, sin embargo estas entran en conflicto con la cadena alimentaria, por lo que su desarrollo podría estar en conflicto ante los desbalances actuales y previsibles en el corto plazo. Aquí podría ser interesante el dedicarle un poco de espacio, porque se presenta un escenario más que complejo.

Emisiones

El protocolo de Kyoto no ha sido firmado, y por lo tanto no existe un acuerdo global para topar y eliminar las emisiones. Aún sin un acuerdo global, en los Estados Unidos existen objetivos para limitar y reducir las emisiones y los países de la Comunidad Europea se espera compartan el esquema de reducción de emisiones de los Estados Unidos (se está aplicando un esquema similar en el Reino Unido, desde 2001).

Las empresas individuales han operado auto limitaciones en los topes de emisiones y se han establecido los famosos bonos verdes para limitar las emisiones de CO₂. En resumen, no obstante la política, existe una gran conciencia de continuar el desarrollo económico bajo un techo de emisiones y el desasociar el crecimiento de la dependencia de fuentes de combustibles no-renovables.

Esto ha llevado a desarrollos tanto en la industria como en las finanzas para el intercambio de sustitución de combustibles y la investigación y desarrollo de captura del carbón.

Seguridad nacional

La seguridad energética de los países, especialmente Estados Unidos, dependen de las fuentes de energía. Aún contando con petróleo ilimitado, existen razones de peso para no depender más si su origen no es dentro de la nación receptora. Algunas referencias se dan a continuación:

- Del sitio en la red US bio-combustibles: “El Departamento de Energía de los Estados Unidos estima que el petróleo importado se incrementará hasta llegar al 75% del suministro total para el año 2020. Baste recordar que en 1990 el congreso indicó que una dependencia de más del 50% de las importaciones de petróleo se debería considerar una amenaza para los Estados Unidos”.

Existe una tendencia a diversificar los suministros, por lo que ha establecido relaciones de suministro importantes con Rusia, África del Norte, Arabia Saudita de quien han ido reduciendo su dependencia. Incrementa todo lo anterior el atractivo de fuentes de suministro de energía locales ya sea renovable o no renovable. También incrementa la politización y militarización de las fuentes externa y ha sido un imán para la guerra.

Otro detonador para el cambio es el precio del petróleo

Si el petróleo se encuentra limitado en el suministro, es fácil pensar que los precios podrían escalar a extremos inalcanzables, como lo hizo la segunda mitad del año 2008. Eso también significa que las fuentes alternativas de suministro de energía cuyos precios no se incrementen puedan ser atractivas. Existe un “techo verde” en donde las fuentes de suministro de energía más limpias le dan al consumidor una opción de aprovisionamiento sin emisiones sin un costo adicional. En algunos casos la situación es aún más favorable para el consumidor a los precios actuales de la energía. Podemos decir que la energía renovable a nivel casero es económicamente viable.

Adicionalmente, este techo verde ha ido disminuyendo debido a diferentes factores:

- el impacto de las emisiones por combustibles fósiles;

- los precios internacionales de los combustibles, y más que nada;
- la investigación, desarrollo y comercialización de alternativas “verdes”.

En donde existe una demanda por energía limpia, las economías de escala crean una retroalimentación positiva y fomenta más la innovación.

La fluctuación de los precios en energías no renovables;

El mercado y la comercialización de energías “verdes”

La implicación de esto es que una vez que el petróleo barato se termine, el petróleo más costoso no será competitivo con otras alternativas. En el futuro el petróleo puede estar disponible en forma generalizada, sin que el mundo lo tome como su solución energética.

Alternativas de energía

Habiendo establecido que existe un ímpetu para alejarse del petróleo, y de que existen otras fuentes de energía en el mercado, sería importante preguntarse cuáles serán las soluciones y eso a su vez nos diría que tiene que hacer la energía.

Las necesidades de combustible del mundo pueden ser divididas en energía estacionaria y móvil (vehículos).

La energía estacionaria debería estar disponible al voltaje y carga adecuados.

La energía móvil, para vehículos es seguramente uno de los puntos neurálgicos, ya que aquí tendríamos que revisar eficiencias, tecnologías, disponibilidad, economía de escala, confiabilidad, capacidad de cubrir picos de demanda y por supuesto el utilizar las capacidades existentes y la infraestructura para distribución y entrega al detalle.

Bio Combustibles

Las alternativas biológicas, denominadas Bio, existen desde el siglo pasado, Brasil y Sudáfrica durante el “apartheid” desarrollaron combustibles fósiles cuando las circunstancias lo permitían. Esta actitud ahora está en reversión, el Estados Unidos el etanol se utiliza como alternativa al MTBE (Metil-terbutíl-eter) para incrementar el valor del octanaje de la gasolina. Brasil está incrementando el alcohol para reducir la contaminación. El biodiesel no obstante sus altos costos de producción es un combustible con cero azufre, y puede ser producido a partir de lo que sería desperdicios orgánicos líquidos (por ejemplo aceite comestible usado, grasa de la carne de res, etc.). Ambos pueden ser utilizados como combustible en vehículos casi idénticos a los existentes actualmente, y esto es un argumento poderoso a su favor. De hecho el proceso diesel fue diseñado para utilizar combustible derivado del polvo de carbón.

El mejor detonador para la biomasa, será el estado de la agricultura en varias partes del mundo en desarrollo. Obteniendo valor de esas fuentes también ayudaría a mantener las comunidades rurales y darle valor a superficies de cultivo amenazadas.

De 1996 al 2002, la industria del etanol le añadió \$ 51 MM U\$ a la economía de los Estados Unidos. La extracción de etanol crea trabajos en la construcción de la planta, operación, mantenimiento y soporte en las comunidades en donde se produce. Esto tiene un impacto positivo en las áreas rurales en donde la declinación de los empleos y migración hacia las ciudades está amenazando las comunidades agrícolas y la infraestructura y base impositiva.

En los Estados Unidos, la investigación y desarrollo en las biomásas ha sido impulsado por el Agricultural Risk Protection Act de 2000, The Biomass R&D Act del año 2000, para mejorar el papel que juega en la economía estadounidense, con los siguientes objetivos:

- 10 % de los combustibles para el transporte;
- 5 % de la electricidad y calefacción en servicios y en la industria; y
- 18% de químicos y materiales.

La energía solar térmica también es una fuente de energía, de hecho más económica que la celda foto-voltaica. La estación de energía solar térmica, el proyecto Theseus, en Creta de 50 MW. Los costos son de cerca de 12 c/kWh (IEA) y se logran eficiencias del 30-40%. Se estima que 5 GW de energía termo solar se encontrarán disponibles para el 2010.

Energía de olas y de mareas

La energía de las olas es un componente menor en las estrategias de energía renovable en éste momento. No es claro porque, ya que han existido diseños por décadas, pero el financiamiento parece que no prospera entre los modelos a escala y la aplicación en aguas abiertas. La ingeniería no es esotérica, y también puede ser multi-funcional. Los generadores de energía a partir de las olas han sido utilizados en ciertas paredes en las bahías y en granjas acuículas.

Los recursos de las mareas son una fuente alterna para el aprovechamiento de energía, existen lugares como en La Tierra del Fuego en el que las mareas llegan a valores extremos de hasta 12 m. De cualquier forma se aprecia que aún con máquinas ineficientes, el recurso es inmenso. Aunque los aparatos se encuentran en etapas incipientes de desarrollo, y como parte del problema es que la disponibilidad de energía se encuentra muy concentrada, y las estructuras requeridas requieren de soluciones no disponibles. Aún así en Irlanda ha iniciado con la instalación de un esquema basado en 2 MW a la empresa Osprey, que estará lista para el final de ésta década haciendo que para la próxima década la energía de las olas contribuya a la energía renovable en Europa.

Energía de las mareas (valores en kW/m)

La energía de las mareas también se encuentra en desarrollo, la dificultad de la energía de las mareas es fundamentalmente ambiental, ya que los mayores rangos de mareas se presentan en los estuarios, que son al mismo tiempo importantes puntos de migración para las aves. Tanto la energía de las mareas y la energía de

las olas puede ser explotada utilizando las turbinas de tipo Wells, que son aparatos generadores de energía bi-direccionales.

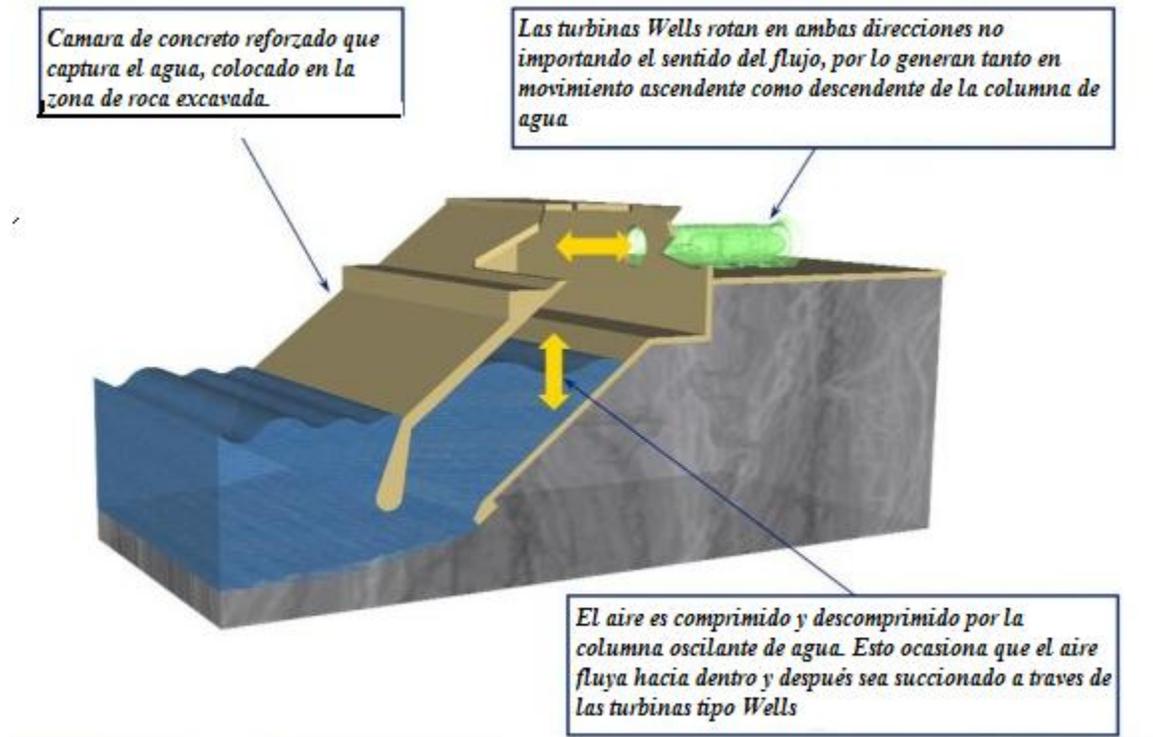
A continuación se muestra una grafica con los recursos de las olas en kW/m de instalación para generación de energía a partir de las olas. Aquí México no es uno de las zonas con mayor potencial, aunque lo que tenemos ampliamente son los “m”s, de litoral²¹.



El proyecto Siadar (Siadar Wave Energy Project, SWEP) será un patio de generación de energía eléctrica de 4 MW a partir de las olas, a ser construidas por npower Renewables y Wavegen, a 400m de la costa en la Bahía de Siadar, en Lewis, Escocia. Este será la instalación más grande del mundo en este género, mayor que la instalación en Pelamis, Portugal, que es la única instalación comercial para generación a partir de la energía de las olas. La inversión se estima en 30 MM de libras esterlinas y recibió la aprobación del gobierno Escocés el 22 de enero del 2009 y se espera se encuentre en operación para 2011.

²¹ EVANS, JOHN Y CHLA, STUART, *Sustainable Development Conference*, Granherne Lmted Hill Park South, Springfield Dr. Leatherhead, Surrey, KT22 7LH U.K., Sydney Australia, Sept. 2004.

El proyecto se basa en una tecnología de columna de agua oscilante. Una boca toma de 200m y un rompeolas con 10 cajones de concreto que contendrán entre 36 y 40 turbinas del tipo Wells, ubicadas en el lecho marino.



Celdas de combustible- General

No obstante no son una fuente de energía, las celdas de combustible pueden tomar un rol muy importante en el cambio tecnológico suministrando energía con alta eficiencia utilizando diferentes combustibles.

Algunos tipos pueden ser utilizados para almacenar energía. Ya que son tecnología de investigación costosa, también son un indicador del apetito general por las inversiones y muchos se encuentran actualmente a nivel experimental en plantas automóbiles instalaciones de fabricación de las celdas y los planes de negocios se encuentran almacenados, no obstante haber llenado los objetivos de desempeño tecnológico establecidos.

Celdas de energía – Regenesys

Regenesys es una tecnología que suministra energía eléctrica de un almacenamiento electrolítico. Permite a los aparatos de energía renovable integrarse a las redes de transmisión de energía actuales. Adicionalmente permite que las redes sean rediseñadas, reduciendo los costos de capital. En mercados eléctricos y de gas no regulados, en los que los precios de la energía pueden variar en factores de 5 a 10 durante el día pueden tener beneficios mediadores.

La economía del hidrógeno

Islandia ha iniciado una estrategia radical para liberar a su economía de los combustibles fósiles. Aprovechando su abundante energía geotérmica, el país se mueve hacia un sistema de energía basado en el hidrógeno para todas sus necesidades, y se encuentra atrayendo el interés de compañías industriales y de energía.

El costo auxiliar de sustitución es una consideración importante en el éxito de la innovación. La sustitución de combustible por hidrógeno requiere mucho más ingeniería para la distribución, manejo y almacenamiento.

El sitio más indicado para un cambio tecnológico, se encuentra en el mercado de los automóviles. Ya han aparecido en países avanzados tecnológicamente vehículos con celdas de combustible, pero se advierte que los vehículos híbridos y con gas natural comprimido han llegado para quedarse.

Las referencias anteriores son solo una breve descripción de lo que podrá ser llamado industrialización de la sustentabilidad, (sostenibilidad).

En solo 10 años las referencias y consideraciones podrán considerarse especulativas y limitadas. Es de reconocer que se aproximan tiempos en los que se requiere un gran esfuerzo de desarrollo e investigación acerca de éstos campos (para lo cual será necesario e imprescindible el contar con el recurso más importante y que es el

de contar con personal técnico y administrativo altamente preparado y calificado) y que deberá asumirse la responsabilidad ética para enfrentarse a la búsqueda de reversión si no se puede la atenuación de los efectos del cambio climático.

CAPITULO VIII

Problemática general y particular

Como mencionamos brevemente al inicio de éste trabajo, el objetivo de éste es el de puntualizar los puntos fundamentales y uno de ellos consideramos es muy importante y es:

Definición de una política energética de largo plazo;

Se ha faltado seriamente en establecer metas y sobre todo cumplirlas, bajo el "mito" embaucador de la escasez financiera y el atraso tecnológico. El problema de Pemex no es Cantarell y su declinación natural ya que no debería haber llegado ésta como caída del cielo. Es un fenómeno natural, esperado y por lo tanto predecible, ya que manteniendo tasas de reposición de reservas menores a 100% por más de 30 años no es posible esperar que no llegara y preocupantemente, la solución no estará en el corto plazo. Hay mucho que hacer, aún en aguas someras (hasta 300m) o en aguas profundas, hasta 1,000 m, antes de llegar a aguas ultra-profundas, para tirantes superiores a los 1,000 m.

Un problema es el que se refiere a la pérdida de capital humano experimentado. Ahora se dice que no tenemos las tecnologías para ir a aguas profundas.

Para abordar el tema lo dividiremos en dos vertientes principales:

- Establecimiento de una política seria de manejo energético general;
- Descapitalización del factor humano.

El régimen fiscal de Pemex debe dejar de ser un proceso permanente de descapitalización y que le permita, plantearse y lograr sus objetivos.

Parece sencillo, se estableció una política de extracción de petróleo y sin más no se cumple, desde el punto de vista de responsabilidad, en la iniciativa privada, equivale a plantear una meta y no cumplirla, lo menos sería que se despidiera a quién lo ofreció y no lo cumplió.

En primer lugar, no es posible el pretender que e cerca del 45% de los ingresos del estado provengan de un producto o empresa, cualquiera que este sea.

Estamos conscientes de que se han establecido a lo largo de varios períodos presidenciales, Programas Nacionales de Energía, Planes Nacionales de Desarrollo Industrial y también Planes Globales de Desarrollo, en los que originalmente se le llamó al petróleo, palanca, eje, pivote, etc., etc., sin embargo, la realidad fue que se convirtió en un ingreso que permitió mantener la operación del país por más de 30 años yendo desafortunadamente al gasto corriente en la mayor cantidad de ocasiones, y no permitiendo incrementar la infraestructura que permitiera ya no generar riqueza, fuentes de empleo calificado y productivo, sino cuando menos mantener lo logrado hasta después del esfuerzo de 1976-1982. Sería interesante, aunque sea chocante, el ver el fenómeno de Brasil, que tiene tres decenios buscando su camino y a estas alturas parece se encuentra en la trayectoria y eso que ellos tienen que ir a buscar el petróleo a profundidades mayores de las que hemos abordado nosotros como país.

Sabemos que los yacimientos no tienen palabra de honor, ni siquiera los precios internacionales, pero no es posible como dijo el presidente López Portillo el ir “de crisis en crisis”, y soportar la operación de un país, basado en la creencia (se antoja más irresponsabilidad) de que nunca se iban a acabar las reservas, si teníamos para 30 años, para que preocuparse, parafraseando al ignorante: “que se preocupe el que venga”.

Basta decir que se indicó en el plan energético 2008 a 2012, que para el 2012 llegaríamos aproximadamente a 2.500,000 BPD de extracción²² y el futuro nos alcanzo tres años antes, es decir estamos extrayendo en julio de 2009: 2.561,000 bpd. Si hacemos una referencia al mayor nivel de extracción en 2005, durante los meses de abril, mayo y junio Petróleos Mexicanos extrajo un promedio diario de 3.425,000 (tres millones cuatrocientos veinticinco mil barriles de crudo, es decir casi 1.000,000 de BPD a un precio cercano a los \$80.00 U\$/BL, ¡tendríamos una diferencia en ingresos del estado de cerca de \$ 80.000,000 por día! Inaudito.

Si aplicamos una tendencia, a partir de la cima de extracción en 2004 se llegaría en el 2010 a 2.137,235 BPD, una diferencia a la baja de casi 17%, referido al actual y menos del 33% de la cima de 2004.

Tampoco se puede entender como pretenden, ex funcionarios de Pemex, apoyándose en la desmemoria del pueblo (recordando la conseja de que los pueblos que desconocen su historia corren el riesgo de cometer los mismo errores) decir: "... ¡y éstos (gobernantes actuales), se acabaron el petróleo!", cuando ellos en su oportunidad no hicieron nada, ya que como hemos visto las consecuencias de no hacer nada y no apoyar los trabajos de sustitución de reservas dilapidando el esfuerzo generado en el período 1974-1982, nos tiene en la condición precaria que tenemos actualmente.

Como lo mencionó el diputado David Bravo y Cid de León en el no tan lejano 1981²³, sic:

"La imprevisión, el caminar a ciegas, la falta de planeación y de probidad en materia tan importante, tuvo que traer consecuencias graves en el área energética y en el ámbito nacional. Y una de ellas, quizá la más trascendente, resulta ser la petrolización de nuestra economía, amén de otras varias, como la falta de diversificación de la obtención de energía a partir de las fuentes primarias como el calor, geotermia, energía nuclear o aprovechamientos hidráulicos."

²² Programa Sectorial de Energía 2007-2012, Secretaría de Energía, 28 de noviembre de 2007.

²³ Sesión de la LI Legislatura, Año III, Período Ordinario, del día 17 de Septiembre de 1981.

¡Cuánta verdad y como aplicó en esos momento, y que actual en estos días!

La etapa del petróleo "fácil y barato" llegó a su fin. En México y en el mundo. Como lo mencionamos anteriormente, no por capricho se están explorando y explotando yacimientos en aguas profundas.

Se estimaba que la extracción de Cantarell al cierre de la presente administración en el 2012, sería de alrededor de 600 a 700 mil barriles por día, nivel en el que se estimaba tendería a estabilizarse para los subsecuentes años. Sin embargo para junio 2010, Cantarell está produciendo 501,000 bpd²⁴, que equivale al 23% de los 2.125,000 bpd, que producía en 2004.

Cantarell fue y seguirá siendo un extraordinario regalo que la naturaleza dio a todos los mexicanos. Sin embargo, ante el agotamiento de nuestro gran yacimiento, se torna indispensable acelerar los trabajos en nuevas zonas donde se sabe la existencia de petróleo, pero indudablemente en condiciones más complejas.

Las consecuencias de desarrollar nuevos yacimientos en zonas más inhóspitas serán múltiples: mayores costos de extracción del crudo, mayor tiempo para el desarrollo de los proyectos, inevitablemente mayor complejidad tecnológica y de ejecución, mayores requerimientos de perforación de pozos por la menor dimensión de los yacimientos y por ahí también mayores riesgos asociados, entre muchos otros.

Existen cuatro áreas de explotación petrolera en las que se deberá trabajar para mantener la plataforma de extracción en el mediano plazo: exploración y desarrollo de recursos prospectivos en las cuencas del Sureste; explotación de campos abandonados; desarrollo del paleo-canal de Chicontepec, y exploración y desarrollo

²⁴ Reporte ejecutivo sitio internet:
<http://www1.pep.pemex.com/Reportes/Lists/Produccion/Attachments/84/Ejecutivo2010-06-13_PEP.pdf>

de las aguas profundas del Golfo de México y explorar el resto de los 2.7 millones de km² que tenemos de mar territorial. Solo para dimensionar la tarea, la Sonda de Campeche comprende el 0.57% de la zona marítima exclusiva, incluyendo el Pacífico y el mar de Cortés. En este caso, antes de llegar a las aguas profundas hay mucha superficie que explorar. Igualmente es importante se revise el Tratado Bilateral México-Estados Unidos, ya que en el 2010 concluye el período en el que no se tenía permitido el perforar o explotar dentro de 1.4 millas náuticas a cada lado de la frontera acordada en el Golfo. (Ver anexo 10), distancia que debería ser revisada, ya que actualmente es posible el lograrse 3000/4000 m. con perforación direccional y hasta 7500 m. de profundidad.

Por ejemplo, en Chicontepec, se tendrán que perforar 16,000 pozos de desarrollo en un periodo 2002-2020, cerca de 1,000 pozos por año dado que la permeabilidad de la roca (la capacidad de la roca para permitir que un fluido lo atravesase) de la zona es baja, lo que provoca que la productividad de los pozos sea baja.

Para dar una dimensión del reto, en Cantarell se han perforado poco más de 250 pozos, entre otras razones porque la productividad promedio por pozo de Cantarell está entre 5 y 15 mil barriles por día, mientras que en Chicontepec, la productividad promedio por pozo está entre 100 y 300 barriles por día y en algunos casos menos. Por su parte, PEMEX ha estimado que de un total de 54 mil millones de barriles de petróleo crudo equivalente de recursos prospectivos (potenciales) que tiene el país, el 55 por ciento o cerca de 30 mil millones de barriles de crudo equivalente, se localizan en Aguas Profundas.

Aún en el supuesto de que todos los proyectos de PEMEX en tierra y aguas someras tengan una ejecución exitosa (incluyendo Chicontepec), la extracción de esas zonas sería insuficiente para recuperar en el corto plazo los niveles actuales de extracción de más de 3 millones de barriles, pues aún así se tendría un déficit de alrededor de 500 mil barriles diarios; este déficit, valuado a precios actuales, equivale a más de 17 mil millones de dólares anuales.

Dicho déficit pudiera ser cubierto por diferentes acciones si se dota a Pemex de la capacidad de ejecución para acelerar la extracción en Aguas Profundas, y de la capacidad de exploración para acelerar el ritmo al que se está accediendo a ese tipo de yacimientos (actualmente se ha perforado alrededor de uno o dos por año, mientras que en la parte norteamericana del Golfo de México, se perforan más de 100). Con referencia en la experiencia que se tiene en el Golfo de México del lado norteamericano, se estima que en Aguas Profundas se requiere perforar alrededor mil pozos para producir un millón de barriles diarios. Ello impone un reto monumental a PEMEX y al país. Adicionalmente a lo mencionado y concluido en los capítulos anteriores y con el objeto de ubicar el objetivo de éste trabajo, en 1976, el objetivo originalmente planteado había sido que los recursos generados por el petróleo sirvieran como una palanca financiera para mejorar el nivel de vida de los habitantes del país y que sirvieran como una palanca para incluir a grandes sectores de la sociedad al desarrollo.

Este es el punto clave, ya que nos encontramos ante una problemática de proporciones severas, por un lado la declinación natural (esperada por los técnicos, y no estoy seguro que haya sido igualmente comprendida por los políticos) de los yacimientos que han estado aportando gran parte de los recursos al estado y por otro lado la no incorporación de nuevos yacimientos.

En éstos términos podemos decir que de continuar así, tendremos que importar petróleo crudo en el corto plazo (situación real para septiembre del 2010), ya que no se tendría ni siquiera para las refinerías existentes y menos aún para la nueva refinería que se encuentra actualmente en planeación para iniciar con su construcción el año 2010 y que de acuerdo con las últimas informaciones posiblemente se difiera.

Históricamente los ingresos derivados por la exportación de petróleo han sido importantes para el país, ya desde principio de siglo XX, se tenían los datos que se muestran en la tabla que aparece en la siguiente página.

Cuadro

Movimiento de petróleo crudo y derivados en México e impuestos pagados por la industria petrolera 1901-1925²⁵

Años	Extracción, BLS.	Exportaciones, BLS.	%	Impuestos sobre extracción, pesos	% Ingresos totales del gobierno
1901	10,345				
1902	40,200				
1903	75,375				
1904	125,625				
1905	251,250				
1906	502,500				
1907	1,005,000				
1908	3,932,900				
1909	2,713,500				
1910	3,634,084				
1911	12,552,798	901,596	7.2		
1912	16,558,215	7,729,420	47	\$494,275	
1913	25,692,291	21,330,867	83	\$767,043	
1914	26,235,403	23,365,513	89	\$1,232,930	
1915	32,910,508	24,769,332	75	\$1,942,686	
1916	40,545,712	27,268,748	67	\$3,088,368	
1917	55,292,770	46,023,740	83	\$7,074,968	
1918	63,828,326	51,767,218	81	\$11,480,964	10.8
1919	87,072,954	75,549,714	87	\$16,690,622	13.2
1920	157,068,678	145,508,949	93	\$45,479,168	21.5
1921	193,397,587	172,268,136	89	\$50,604,049	22.4
1922	182,278,457	180,866,282	99	\$58,374,155	33.6
1923	149,584,856	135,606,525	91	\$42,152,722	23.4
1924	139,678,294	129,699,788	93	\$38,952,735	21.1
1925	115,514,700	96,515,558	84	\$30,366,063	14.7

Que se aprovechen los técnicos, especialistas e investigadores petroleros del país, que a lo largo de 72 años han creado y desarrollado la infraestructura energética existente en el país, pues ellos pueden aportar el potencial técnico que permita al país (tanto Pemex como a la Comisión Federal de Electricidad) solucionar todo tipo

²⁵ Gobierno de México, *El petróleo de México: recopilación de documentos oficiales de orden económico de la industria petrolera*, México, 1940, p. 18; Gustavo Ortega, *Los recursos petrolíferos mexicanos y su actual explotación*, Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, Departamento del Petróleo, Talleres Gráficos de la Nación, México, 1925, **Última Modificación:** 25/03/2009 a las 16:47 por Iván Angel Esquivel

de problemas y atrasos tecnológicos, para eso basta ver la realidad, la infraestructura petrolera (con todo lo antigua y obsoleta que pudiera parecer) y que ha mantenido al país en los últimos 40 años, fue erigida en una porción importante por profesionales y técnicos nacionales, en conjunción con el apoyo de empresas trasnacionales, que aportaron el saber hacer (“know how”) y pudieron transferir ese conocimiento hacia los técnicos nacionales.

Entonces, hay personal de la más alta calidad, hay capital, ¿que falta?: voluntad política, para aprovechar tan invaluable riqueza humana. ¿Qué más falta?: un alto espíritu nacionalista.

Esta situación cada día se advierte más complicada, ya que los técnicos que en 1938, digamos personas que tenían 25/30 años en esos días, ya no existen o difícilmente pueden aportar algo. Posteriormente, las generaciones del crecimiento importante que se dio en 1960 a 1982 ahora tienen 75/80 años. Esto nos apunta un peligro de consecuencias desastrosas, y es precisamente que se irán (a jubilación o retiro) con su experiencia y/o no tendrán más la energía para regresar y aportar su experiencia el camino.

Y esto aplica tanto en el área de extracción, como en las áreas de transformación industrial y de proceso, que pudiera ser aún más crítica.

¿Que nos queda?, ¡volver a iniciar!

Que desperdicio de recursos en una sociedad tan sensible al derroche.

CAPITULO IX

Industria de la Ingeniería de Proyectos en México

Ahora revisaremos un área industrial importante, por la calificación y maduración que requiere el personal y que a partir de la mitad del siglo XX, representó una fuente de desarrollo y actividad creativa importante además de haber logrado múltiples éxitos tanto en México como también reconocida internacionalmente, y es la que se refiera a la ingeniería de proyectos. Esta actividad multidisciplinaria, había venido creciendo tanto desde el punto de vista técnico, como de respuesta a las necesidades de diferentes áreas tanto en la parte de infraestructura (aeropuertos, carreteras, hospitales, presas, puentes, puertos, etc.) como de servicios (plantas de generación de energía de todos los tipos, plantas de tratamiento de agua, plantas desaladoras, etc.), como en el sector de la industria (siderurgia, fertilizantes, plantas químicas, petroquímicas, refinerías, plantas de producción primaria del crudo (separación, compresión, deshidratación, tanto en tierra como en el mar, etc.),

Veamos ahora como se encuentra actualmente la industria, a partir de los años '90 al terminar la etapa en la que se logró un crecimiento espectacular, las compañías de ingeniería se encontraron en un mercado de "compradores", es decir se inició la competencia en concurso, anteriormente los servicios se "asignaban" después de efectuar unos estudios de capacidad, en cuanto a las horas hombre por ejecutar y se procuraba balancear los trabajos que se les encargaban, tratando de equilibrar el mercado y buscando repartir el trabajo entre los que demostraban buenas eficiencia, existía un tabulador y se revisaban los factores aplicables en reuniones con la Cámara Nacional de Empresas de Consultoría, eran tiempos de crecimiento moderado en las que no existía la "piratería".

Para el inicio de la última década del siglo XX, se inició un período de decremento en el volumen de trabajo requerido, por la baja en las inversiones en el sector energético

y en el ramo de la construcción en general, además de modificar la forma de contratación y someter a concurso (a la propuesta económica más baja) los trabajos. Esto propició que se entrara en un mercado de vendedores, que excedía la demanda, lo que ocasionó que los precios de venta bajaran y que se devaluara el mercado, hasta el punto de perder valor la actividad, desapareciendo una gran cantidad de empresas y permaneciendo en condiciones de supervivencia las menos. En este momento podemos calificar el mercado de las empresas en una situación de inestabilidad; en el que existen muchas preguntas y pocas respuestas.

En los últimos cuarenta años no llegamos a las condiciones de pérdida de talento y de ingenieros capacitados como las que se presentan actualmente. Y lo peor, no podremos reaccionar con la velocidad que se requerirá y finalmente aunque se ejecuten las inversiones adecuadas, no tendremos el capital humano capacitado encargado de ejecutar los proyectos no obstante para el consumidor del producto, las empresas contratantes, el proceso es muy simple, tendrán que contratar en el exterior a unos precios muy por arriba de los que se pagaría en México y la generación de empleo, la capacitación y la experiencia seguirá creciendo fuera del país, y solo veremos pasar el pago de esos servicios, dejando a las futuras generaciones fuera de la posibilidad de incorporarse a una industria creativa y a un trabajo digno.

Para esto es vital que como consecuencia de una planeación seria, se puedan anticipar los requerimientos de personal capacitado, (capital humano), en todas las áreas ya que, cuando se “decida” arrancar, nos encontraremos con una industria mermada de capital humano, experiencia, casi inexistente y que seguramente vera pasar las oportunidades al tener que desarrollarse en el extranjero, dejando pasar las oportunidades por carecer de capacidad de extracción.

Aunque no tenemos el tiempo, debemos prever los recursos requeridos e iniciar con la preparación de las generaciones que puedan retomar el camino abandonado.

Un aspecto (éste es un punto sensible y que lastima a la sociedad) es el que se refiere a la irresponsabilidad de los monopolios (del griego *monos* 'uno', *polein* 'vender'). Veamos el porqué.

Capacidad de ejecución en la parte técnica:

La capacidad de ejecución se relación con la capacidad para ejecutar eficiente y eficazmente las tareas que la industria requiere.

Lo que se vino haciendo durante el período 1938 a 1982, fue que se contrataba la elaboración de los estudios básicos y la ingeniería conceptual con los “licenciadores” o dueños de los procesos y posteriormente se “ligaban” éstas a empresas nacionales que se encargaban de desarrollar en conjunto la ingeniería de detalle o constructiva que se requería para la construcción, puesta en marcha, arranque y operación de las diferentes plantas e instalaciones, en general aprovechando la oferta de mano de obra que las universidades e instituciones educativas nacionales estaban proveyendo.

Con el propósito de identificar el problema, empezaremos por definir que es la ingeniería de Proyectos.

Definición:

Ingeniería: Es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten el aplicar el saber científico a la eficiente utilización de los recursos materiales y de las diferentes fuentes de energía, para el logro de objetivos específicos.

El área de ingeniería de proyectos, es una rama de la industria de la construcción, y es aquella que se dedica a la cubrir todas las áreas previas a la ejecución de una obra desde la evaluación de su factibilidad hasta la generación de las especificaciones, indicaciones, cálculos y diseños y planos que permitan el construir, probar y operar satisfactoriamente cualquier instalación urbana, industrial y de

servicios, como pueden ser plantas de tratamiento de aguas, generación de energía, de salud, como hospitales, clínicas, laboratorios farmacéuticos, infraestructura como carreteras, puentes, presas, etc. casi podemos decir que casi no hay ninguna actividad de la generación de infraestructura que no requiera de la participación de grupos multidisciplinarios de técnicos especializados, encargados de proyectar, anticipar y prever los problemas que pudieran surgir durante la construcción, operación y mantenimiento.

Para ubicarnos, haremos un poco de historia y mencionaremos que con el advenimiento de la era industrial, se fue haciendo necesario el poder crear las especialidades que pudieran proyectar e instalar todo tipo de industrias.

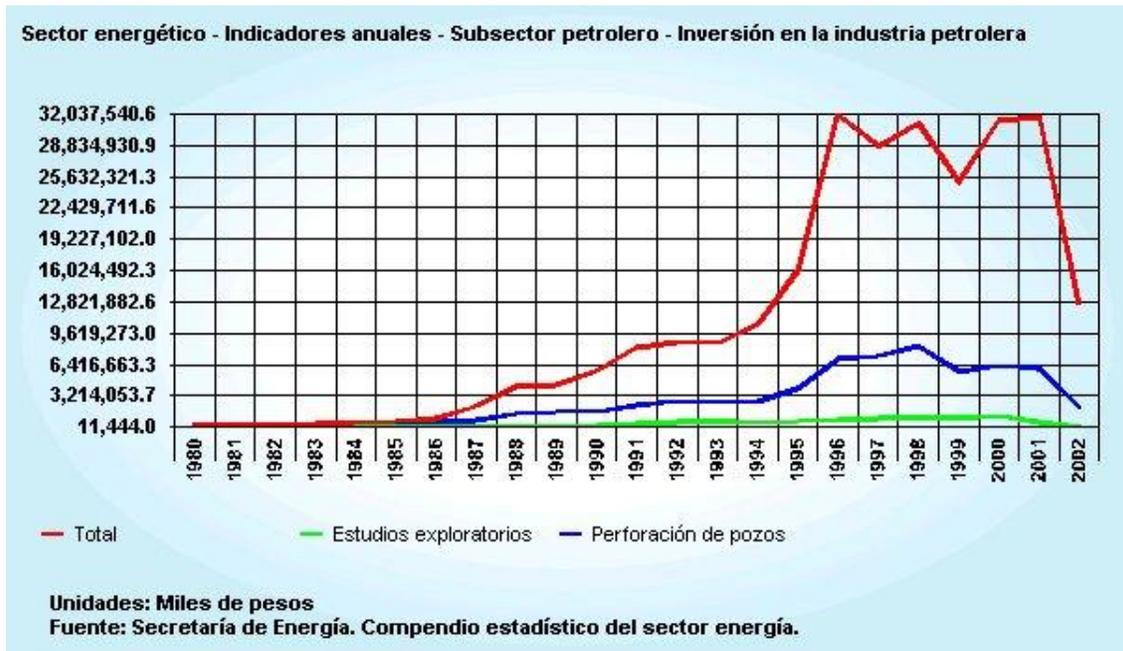
En la época de la colonia, las primeras actividades fueron la minería, la construcción de caminos, la construcción de presas para evitar las inundaciones y prever los cauces para los sistemas de riego, que permitieran el aprovechamiento racional de los recursos no renovables como el agua.

Posteriormente y en la primera mitad del siglo XX, con la inclusión de México en la etapa de modernización, y con la creación de Petróleos Mexicanos, surge la necesidad de apoyar a la industria iniciándose así la creación de despachos de ingenieros que pudieran encargarse de la elaboración de los proyectos y cálculos necesarios para la instalación de las primeras plantas industriales.

Para 1950, las empresas constructoras mexicanas se encargaban de ejecutar las obras que eran “proyectadas” por los licenciadores de los procesos. Algunas empresas constructoras tomaron la decisión de crear grupos de ingenieros y técnicos que interpretaban y adecuaban los proyectos enviados por las empresas licenciadoras.

En último cuarto del siglo XX, en los 70's, con el descubrimiento de reservas petroleras cuantiosas (en 1976, se descubren yacimientos en la plataforma marítima continental del Golfo de México, específicamente a aproximadamente 100 km de la

costa sur del Golfo de México, en la denominada Sonda de Campeche), México inició un desarrollo acelerado de inversiones con el objeto de volver a incrementar las exportaciones hacia los Estados Unidos, que había descendido en el año 1974 hasta la cantidad de 8,476 BPD, cuando en 1963 México exportaba 48,830BPD²⁶.



Para efectuar estos trabajos se crearon empresas que atrajeron a grupos importantes de personal con experiencia en ingeniería de proyectos, complementándolos con jóvenes recién egresados de las universidades e institutos, tanto públicos como privados, que fueron capacitados al haber establecido alianzas de colaboración con empresas extranjeras especializadas en el desarrollo de campos para la explotación de los recursos petrolíferos (petróleo y gas natural), lo que permitió colocar a México en un período muy corto (1976-1982) en los primeros sitios de extracción a nivel mundial, habiendo pasado su extracción de 830,000 a 2.750,000 BPD en ese período, llegando a ser el cuarto país productor de crudo, solo

²⁶ 1960-1975—Bureau of Mines, *Minerals Yearbook*, "Crude Petroleum and Petroleum Products" chapter. □ 1976-1980—Energy Information Administration (EIA), *Energy Data Reports*, P.A.D. *Districts Supply/Demand*, Annual, annual reports

detrás de la ex Unión Soviética (11.91 MMBPD), Estados Unidos (8.65 MMBPD) y Arabia Saudita (6.48MMBPD).

Como puede apreciarse en la gráfica que se encuentra a continuación, y ya con reservas probadas para 58.6 años en 1982, el ritmo de reposición de las reservas ya logradas se redujo drásticamente, ya que se optó por continuar con una política de explotación en el corto plazo sin medir las consecuencias de su reducción y exposición en el mediano plazo (20 años), con los resultados que encontramos en éste momento, en la que hemos pasado de tener reservas para cerca de 60 años a contar actualmente con reservas probadas para 10 años²⁷.



Fuente: Base de datos institucional-Pemex

A pesar de reconocerse la necesidad de una modificación de la política petrolera, se ha mantenido una resistencia permanente en los últimos ocho años (2000/2008), en la que se han bloqueado las propuestas de reformas que modifiquen la tendencia a la opción de la inactividad, cancelando las posibilidades de compensar la declinación natural de los yacimientos explotados más allá de las previsiones más optimistas, (la vida esperada de esos yacimientos era de 20 años, y para finales del 2008 tenían ya más de 26 años en extracción).

²⁷ De acuerdo con la grafica obtenida de la Base de datos Institucional, PEMEX

Entre otras, una de las consecuencias de esas decisiones es el hecho de que se ha llevado al colapso de la industria de ingeniería de proyectos, con la consecuente desaparición de gran parte de las empresas y la migración de personal altamente calificado a otras actividades económicas.

Esto tiene dos enfoques, uno el de la industria petrolera y la otra la de la industria de la ingeniería.

El primero, el problema tiene solución, ya que la industria petrolera podrá y dependiendo del horizonte definido, y seguirá creciendo seguramente a un costo más alto, y no directamente el relacionado con los costos de las inversiones, ya que podrá contratar los nuevos proyectos fuera del país, generando riqueza, experiencia y fuentes de trabajo allá.

El segundo y tal vez más importante, para nuestro entorno profesional es el de que no se está aprovechando la mano de obra capacitada disponible y con mayor gravedad, la que continúa produciendo las universidades y escuelas técnicas y que podrían incorporarse en ésta actividad. La experiencia tiene un costo y se ha desperdiciado el recurso que con 50 años se maduró ya que se tenía capacidad y experiencia para acometer los proyectos más ambiciosos, de hecho la industrialización que se logró en Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad, en el ramo de los fertilizantes con la extinta Fertilizantes Mexicanos y con algunos desarrollos industriales mayores, como la industria siderúrgica, etc., se había logrado gracias a la participación de empresas mexicanas que en colaboración con empresas extranjeras habían podido desarrollar la industria a pasos agigantados.

Al participar en el 24 congreso nacional de Ingeniería Civil en febrero del 2009, organizado, por el Colegio de Ingenieros Civiles de México, Alfredo Elías Ayub, director general de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), advirtió:

“... la falta de ingenieros mexicanos y de empresas nacionales que participen de forma más “agresiva” en las obras del Programa Nacional de Infraestructura puede convertirse en un cuello de botella, por lo que **debe analizarse la formación de los mejores recursos humanos**”²⁸.

El mismo funcionario, propuso dar un segundo impulso al Plan Nacional de Infraestructura, precisando fechas de inicio de las obras y de los diversos proyectos, mecanismos de financiamiento, y una mejor coordinación entre los distintos sectores.

Enfatizó que para impulsar esta propuesta se requiere aumentar el número de empresas mexicanas y la disponibilidad de recursos humanos con programas que detonen una mayor capacitación de ingenieros en el país.

Por su parte, Jorge Borja Navarrete, en su momento Director Corporativo de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos de Pemex, mencionó que existe una oferta de alrededor de 12 millones de horas hombre en la ingeniería, pero la demanda es de entre 45 y 50 millones de hora hombre, por año.

En primer lugar, una sociedad industrializada inicia por preparar a sus generaciones para acometer tareas no primarias y con el advenimiento de la industrialización las carreras universitarias técnicas en todas sus disciplinas se encarga de preparar técnicos que se puedan integrar al círculo productivo en todas sus fases, desde la planeación hasta la operación y desmantelamiento, pasando por las fases de diseño, construcción, arranque, puesta en marcha, operación, mantenimiento y desmantelamiento de las instalaciones industriales.

En México, respecto de la industria petrolera, siendo ésta un monopolio, debiera haber implicado forzosamente un compromiso, ya que la idea de monopolio se refiere a no solo la protección contra los grandes conglomerados transnacionales,

²⁸ Nota: el formato en negrilla, tiene por objeto resaltar uno de los puntos más sensibles encontrados, que seguramente nos traerá problemas y que debemos iniciar a resolver.

sino que parte de la protección y preferencia respecto de la integración de mano de obra, materiales y equipo de contenido nacional.

Ese compromiso no fue comprendido cabalmente por las administraciones desde 1982, ya que con la pretendida mejora en eficiencia operativa (cada subsidiaria se dedicaría a ser eficiente en su área), siguiendo las recomendaciones de Mckinsey & Company, y la búsqueda de “eliminar” la corrupción, lo único que logró fue multiplicar el problema.

Actualmente se encuentra en proceso la re-estructura de la empresa para consolidar las operaciones en una sola, desapareciendo las subsidiarias, tal y como se encontraban antes y esto es como el famoso error de diciembre de 1995, “ustedes perdonen, nos equivocamos y ¡vamos de regreso”! ¡Aquí, no pasa nada, nadie rinde cuentas, ni es responsable!

CAPITULO X

Aspectos relacionados con la formación técnica

Lo que hay que hacer después de haber terminado con el planteamiento inicial de proyectar las necesidades, capacidades y objetivos, es el de apoyar, promover y programar la cadena de producción que permita:

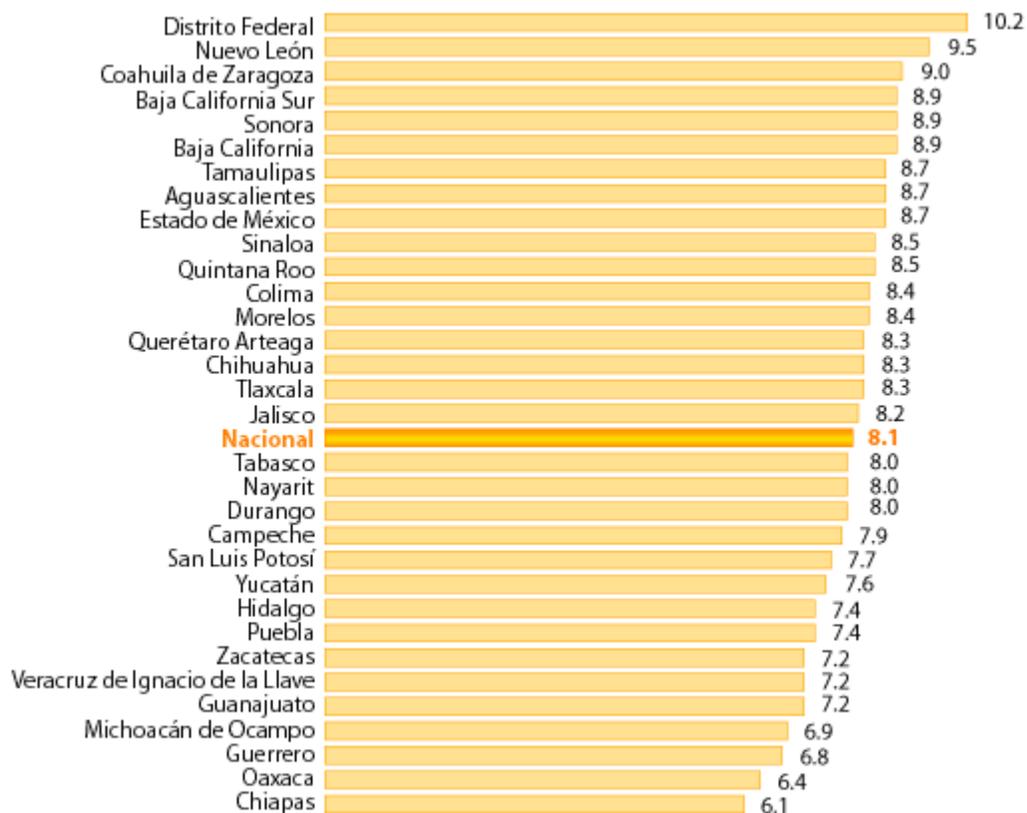
- preparar a las generaciones que se encuentran en las universidades / escuelas para enfrentar los desafíos que se presentarán,
- la incorporación de fuerza de trabajo productiva a éste sector

Para iniciar, es conveniente que nos ubiquemos respecto del potencial de ejecución de trabajos calificados, para lo cual haremos referencia al nivel de escolaridad de nuestro país. Uno de los indicadores más importantes del grado de desarrollo socioeconómico del país se basa en el nivel educativo de su población, adicionalmente considero sea el indicativo de la riqueza de un país, ya que la escolaridad y por lo tanto la educación, son un factor básico para fomentar la incorporación completa de las personas a la vida económica, política y social de la nación mexicana. Además es esencial para promover e incrementar las capacidades de los individuos y su potencial en los distintos espacios de la vida, así como también para obtener los conocimientos o habilidades necesarios para realizar adecuadamente las actividades laborales productivas y mejor remuneradas. La educación como ningún otro componente del desarrollo socioeconómico ejerce una influencia directa para amortiguar las disparidades sociales y culturales, robustecer los valores cívicos y morales modernos, y colaborar tanto en la formación de los ciudadanos, como a la integración de una sociedad más justa, más informada, más participativa, más responsable y más democrática. En nuestro país la Secretaría de Educación Pública (SEP) es la responsable de la planeación y evaluación del sistema educativo nacional.

Escolaridad en México.

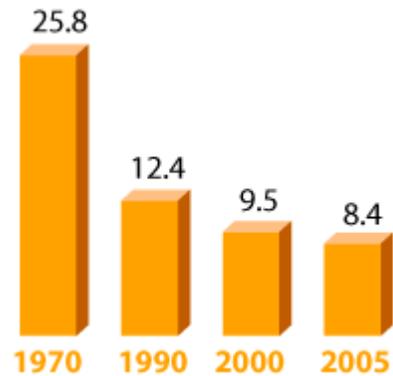
La referencia del INEGI habla de años de escolaridad a partir del primero de primaria. Al censo de 2005, se encontró que los habitantes de 15 años y más, en promedio nacional tienen 8.1 grados de escolaridad, lo que significa un poco más del segundo de secundaria. Si recorremos la escala de trabajos en general, encontraremos que la población mexicana en promedio puede desarrollar aquellos trabajos que le permitan ser ejercidos para una persona con escolaridad de segundo de secundaria. Esta situación tiene un comportamiento no muy uniforme dependiendo del estado de la República de que se trate, para esto es conveniente el ver la siguiente gráfica por estado acerca del grado de escolaridad alcanzada por estado:

Grado promedio de escolaridad por entidad federativa, 2005.



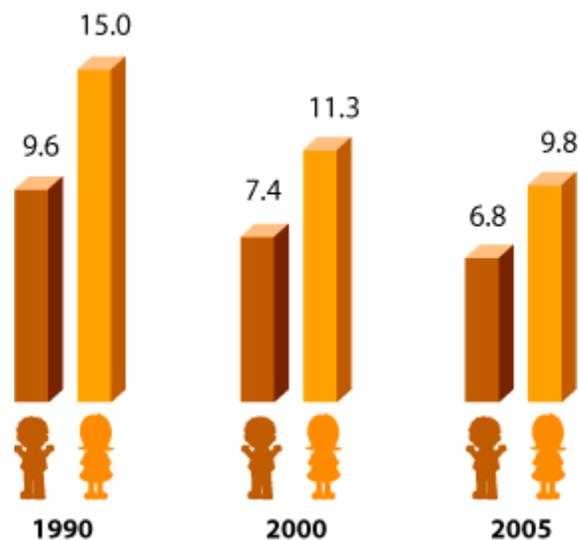
FUENTE: INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005.

**Porcentaje de la población analfabeta de 15 años y más
(1970, 1990 , 2000 y 2005)**



Por sexos, de acuerdo con el Censo del 2005, casi 7 de cada 100 hombres y casi 10 de cada 100 mujeres de 15 años y más no saben leer ni escribir.

**Porcentaje de la población de 15 y más años analfabeta por sexo
(1990, 2000 y 2005) ²⁹**



Como referencia para ubicar el nivel de escolaridad, mostramos la siguiente tabla:

²⁹

FUENTE: INEGI. XI Censo General de Población y Vivienda 1990.
INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000.
FUENTE: INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005.

Nivel de instrucción		Años acumulados (grado de escolaridad)
Sin instrucción		0
Primaria	1°	1
	2°	2
	3°	3
	4°	4
	5°	5
	6°	6
Estudios técnicos o comerciales con primaria terminada y secundaria.	1°	7
	2°	8
	3°	9
Preparatoria, estudios técnicos o comerciales con secundaria terminada y normal básica y normal básica.	1°	10
	2°	11
	3°	12
	4°	13

En los últimos 15 años, el analfabetismo en las mujeres ha disminuido de 15 a 10% y de 9 a 7% en el caso de los varones.

Con el objeto de buscar una base para encontrar las razones que nos llevaron a este punto, descubrimos que en nuestro país durante las últimas cuatro décadas, el grado de escolaridad ha venido creciendo. Así en 1960 era de 2.6 grados, en el año 2000 pasó a 7.7 grados y al año 2005 es de 8.1 grados escolares. Sin embargo, cabe mencionar que en los países industrializados el promedio de la población alcanza los 15 grados escolares.

Resultados sugestivos.

Para encontrar las razones de esto sería conveniente el relacionar esto con la forma de gastar del estado en lo que se refiere a la educación tenemos la siguiente tabla.³⁰

Región	Año académico	Inscripción (000)		Expectativa vida escolar				Gasto público en educación		Gasto público en educación primaria como % del PNB
País		Post secundaria	Total: Primaria a Terciaria	Primaria a Secundaria		Primaria a Terciaria		como % de PNB	como % del gasto total del gobierno	
				MF	F	MF	F			
México	2005	2,585	27,649	11.9	11.8	13.2	13.1	5.5	25.6	2.2
México	2000	1,963	25,822	11	11	12	11.9	4.9	23.6	2
México	1990	1,314	22,503	9.9	9.8	10.7	10.5	3.6	12.8	0.6
México	1980	853	19,265	9.7	9.4	10.3	9.8	4.6	20.4	-
México	1970	248	11,080	7.6	7.1	7.9	7.2	2.4	22.5	-

Ahora veamos que sucede con el área técnica, es decir todas las carreras de las ingeniería, manufactura y construcción, y tomemos los datos como referencia de lo que sucede en Estados Unidos³¹:

País	Número total graduados		Graduados por campo de la educación como porcentaje % del total									
			Ciencia y tecnología						Otros campos			
			Total		Ciencia		Ingeniería, manufactura y construcción		Total		Educación	
MF (000)	%F	MF	%F	MF	%F	MF	%F	MF	%F	MF	%F	
México	380	55	27	33	12	43	16	26	72	63	11	85
USA	2639	58	16	31	9	41	7	19	84	64	12	78

En pocas palabras nos estamos descapitalizando y estamos perdiendo competitividad a nivel de la ciencias, si hacemos una referencia proporcional,

³⁰ Referencia: Global Education Digest. UNESCO Comparing Education Statistics Across the World. 2008

³¹ Ibid

podemos decir que en México solo uno por cada 10,000 habitantes se dedica a la ciencia, que pudiera no ser tan drástico, sin embargo en comparación con Alemania tenemos 20 veces menos científicos y la diferencia es aún más dramática ya que Estados Unidos cuenta con 42 habitantes por cada 10,000 que se dedica a la ciencia.

Ahora bien, y tomando como referencia lo indicado en el Foro Internacional de Energía celebrado en Cancún, Qro., el pasado día 30 de marzo de 2010, en el que la Secretaria de Energía de México apuntaba, sic:

“Sabemos que los hidrocarburos son la fuente de energía más importante que existe en el mundo, y seguramente, lo seguirá siendo por muchas décadas.

Sin embargo, tenemos que ver hacia el futuro y explorar combustibles complementarios que contaminen menos, ya que éste es uno de los grandes retos que enfrentamos como humanidad en el siglo XXI.

Hoy nos encontramos en un momento crítico. Estamos en el origen de una etapa distinta en la que es preciso cambiar la forma en que producimos y consumimos la energía, para el funcionamiento de nuestras sociedades.

Para ello tenemos que fortalecer nuestros lazos de cooperación, garantizando nuestra seguridad energética, alineándola a la eficiencia económica y productiva y a la sustentabilidad ambiental.

En el sector energético mexicano, estamos convencidos de que debemos seguir promoviendo la colaboración en diversas áreas. Tenemos que fortalecer el diálogo energético para propiciar un mejor entendimiento de los desafíos compartidos y procurar un mercado energético mundial saludable.

Necesitamos impulsar la colaboración técnica y científica. Es preciso desarrollar y aplicar programas de eficiencia energética, debemos apoyar el despliegue de fuentes

renovables de energía y fomentar proyectos de energía limpia, especialmente aquellos que tienen el potencial de reducir significativamente en el corto plazo, la emisión de gases de efecto invernadero.”³²

Para todo esto hace falta impulsar y ordenar la capacidad de ejecución, si no queremos generar los empleos y la experiencia para afrontar esos retos en el exterior y solo ver pasar las oportunidades.

³² Presidencia de la República, Sala de Prensa , <http://www.presidencia.gob.mx/?DNA=109&page=1&Contenido=54837> *Diversas intervenciones en la Inauguración del 12° Foro Internacional de Energía 2010-03-30* | **Discurso** Benito Juárez, Quintana Roo.

CAPITULO XI

El Índice de Desarrollo Humano (IDH)

Antes de revisar lo que se entiende por Desarrollo Humano, tendemos que identificar cinco de las posturas generales sobre la teoría del desarrollo:

- la del liberalismo, que indica que el camino exitoso se logra mediante la acumulación de riquezas, el aumento de la extracción e innovación tecnológica.
- el keynesianismo, de forma similar el aumento de la producción es un factor necesario para el desarrollo;
- el marxismo, indica que para desarrollarse debe buscarse un modelo económico alternativo, como el socialismo soviético o teórico de Marx.
- el humanismo, sugiere que todas las otras posturas se enfocan tanto en el método que olvidan el objetivo y que no es necesariamente el desarrollo económico y se basa en el sostenimiento de que se deben realizar cambios radicales al sistema económico, para garantizar mayor bienestar a la gente, que es lo que importa.

Ésta postura se basa aduciendo que para el aumento de la producción indiscriminado, se requiere de la explotación y represión de los pobres, así que según la vista tradicional de progreso industrial, se generan daños irreparables al medio ambiente y menciona que el planeta no resistiría que todos los países se desarrollen según el concepto tradicional de desarrollo y por último indica que las otras posturas se basan en un modelo machista de crecimiento que pone en desventaja y margina a las mujeres, dejándolas más vulnerable ante las crisis económicas y que a final de cuentas son mayoría a nivel mundial.

- y por último el individualismo y anarquismo, fuertemente influenciada por el anarquismo, relaciona a las tradiciones culturales no occidentales que llevan al desarrollo a centrarse en el crecimiento personal y la auto realización, ya

que consideran al individuo como base de la sociedad, los cambios empiezan por el individuo y después en la sociedad. Postula que el verdadero desarrollo se da al interior del ser humano generando un cambio en la economía y no un cambio económico. Primero tendremos que el desarrollo humano es un proceso por el que una sociedad mejora las condiciones de vida de sus ciudadanos a través de un incremento de los bienes con los que puede cubrir sus necesidades básicas y complementarias, y de la creación de un entorno en el que se respeten los derechos humanos de todos ellos.

Ahora bien, podemos decir que el Desarrollo Humano, es la cantidad de opciones que tiene un ser humano en su propio medio, para ser o hacer lo que él desea ser o hacer. A mayor cantidad de opciones mayor desarrollo humano, a menor cantidad de opciones menor desarrollo humano. Concluyendo podemos decir que el Desarrollo Humano es una forma de medir la calidad de vida del ente humano en el medio en que se desenvuelve.

Debido a que los países del mundo continúan logrando mejoras substanciales en el desarrollo humano, pero aún persisten grandes desigualdades entre los países ricos y países pobres, la Organización de las Naciones Unidas a través del Programa de Desarrollo (United Nations Development Programm, UNDP), ha implementado la aplicación de un Índice de Desarrollo Humano (IDH), con el objeto de auscultar el estado en el que se encuentran los países, con una base de medición anual.

Este índice³³, ha sido creado por la Organización de las Naciones Unidas y tiene por objeto el combinar tres datos estadísticos básicos para generar un índice más cercano a un objetivo ideal de desarrollo. Se basa en un indicador social estadístico compuesto por tres parámetros:

- Vida larga y saludable, medida según la expectativa de vida al nacer, (EV);

³³ <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=32428&Cr=human+development&Cr1=>

- Educación, medida por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta combinada de matriculación en educación primaria, secundaria y superior, así como los años de duración de la educación obligatoria, en pocas palabras el nivel escolar, (E) y
- Nivel de vida digno, medido por el Producto Interno Bruto per cápita en dólares, (PIBpc).

Historia del IDH

El IDH surge, quizás, como una iniciativa para clasificar los países a partir de otras variables que no fueran las usadas tradicionalmente en economía (PIB, balanza comercial, consumo energético, desempleo, etc.), en educación (tasa de alfabetización, número de matriculados según nivel educacional, etc.), en salud (tasa de natalidad, esperanza de vida, etc.) o en otras áreas (gasto militar). El IDH busca medir dichas variables a través de un índice compuesto, por medio de indicadores que se relacionan en los tres aspectos mencionados en forma sinóptica.

Sobre la historia del surgimiento del concepto del IDH y de su aplicación por parte del PNUD resulta útil El Poder de la Ideas³⁴.

Es calculado desde 1990 por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) de acuerdo con el trabajo de investigación del economista pakistaní Mahbub ul Haq realizado en 1990. En gran parte, se basa en las ideas desarrolladas por Amartya Sen³⁵.

³⁴ Claves para una historia intelectual de las Naciones Unidas, de Richard Jolly y otros (Ed. Catarata, Madrid 2007).

³⁵ Amartya Kumar Sen (* nace el 3 de noviembre de 1933 en Shantiniketan, India) es un economista bengalí, conocido por sus trabajos sobre las hambrunas, la teoría del desarrollo humano, la economía del bienestar y los mecanismos subyacentes de la pobreza. Recibió el premio Nóbel de Economía en 1988 y el Bharat Ratna en 1999 por su trabajo en el campo de la matemática económica.

Antes que analizar los datos específicos de México, consideramos conveniente el aportar algunos datos generales para pronta referencia de México³⁶:

Población:

111.211,789 (Julio 2010 est.)
Comparación del país al mundo: 11

Composición por edades:

0-14 años: 29.1% (masculino 16,544,223/femenino 15,861,141)
15-64 años: 64.6% (masculino 34,734,571/femenino 37,129,793)
65 años y mayores: 6.2% (masculino 3.130,518/femenino 3.811,543) (2009 est.)

Edad media:

total: 26.7 años
masculino: 25.6 años
femenino: 27.7 años (2010 est.)

Tasa de crecimiento de la población:

1.13% (2010, est.)
Comparación del país al mundo: 121

Tasa de nacimientos

19.71/1000 (2010, est.)

Tasa de defunciones:

4.8 fallecimientos/1,000 población (Julio 2010 est.)
Comparación del país al mundo: 192

Tasa neta de migración

-3.61 trabajador migratorio(s)/1,000 población (2010 est.)
Comparación del país al mundo : 153

Urbanización

Población urbana: 77% del total de la población (2008)

³⁶ CIA, *The World Factbook*. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/mx>.

Tasa de urbanización: 1.5% tasa anual de cambio (2005-10 est.)

Relación de sexo:

Al nacer: 1.05 masculino(s)/femeninos

Por abajo de los 15 años: 1.04 masculinos/femenino

15-64 años: 0.94 masculinos/femeninos

65 años y más: 0.82 masculinos/femeninos

Total de la población: 0.96 masculinos/femeninos

Índice de mortalidad en infantes:

total: 18.42 fallecimientos/1,000 nacimientos vivos

Comparación del país al mundo : 110

masculino: 20.3 fallecimientos/1,000 nacimientos vivos

Femenino: 16.44 fallecimientos/1,000 nacimientos vivos (2010 est.)

Expectativa de nacimiento al nacer:

total de la población : 76.06 años

comparación del país al mundo: 71

masculino: 73.25 años

femenino: 79 años (2010, est.)

Índice de fertilidad total:

2.34 infantes nacidos/mujer (2009 est.)

comparación del país al mundo : 107

Tasa de prevalencia en adultos del SIDA :

0.3% (2007 est.)

comparación del país al mundo : 88

Gente que vive con SIDA:

200,000 (2007 est.)

comparación del país al mundo : 30

Fallecimientos por SIDA:

11,000 (2007 est)

Comparación del país al mundo: 29

Mayores enfermedades infecciosas:

Grado de riesgo: intermedio

Enfermedades por alimentos o agua: diarrea bacterial, hepatitis A y fiebre

tifoidea.

Enfermedades transmitidas por insectos: dengue

Enfermedades por agua contaminada: leptospirosis (2009)

Religiones:

Católicos 76.5%; protestantes 6.3% y otros 0.3%, no especificados 13.8; ninguna 3.1% (censo 2000)

Lenguajes:

Español solamente 92.7, español y lenguajes indígenas 5.7%; solo indígena 0.8%, no especificado 0.8%, las lenguas indígenas incluyen Maya, Nahuatl y otras lenguas regionales (2005)

Alfabetismo

Definición: 15 años y mayores pueden leer y escribir

Total de la población: 86.1%

Masculino: 86.9 %

Femenina: 85.3% (censo 2005)

Expectativa de vida escolar (primaria a terciaria):

Total: 13 años

Masculina: 14 años

Femenina: 13 años (2006)

Gasto del gobierno en educación:

5.5% del PNB

Comparación del país al mundo: 50.

Ahora veremos cada uno de los tres parámetros que intervienen en la definición del IDH:

Expectativa de vida (EV):

Definición: Esta variable contiene el número promedio de años de vida para un grupo de personas nacidas en el mismo año, si la mortalidad para cada edad se mantiene constante en el futuro. La entrada incluye el total de la población, así como los componentes masculino y femenino. La esperanza de vida al nacer es también una medida general de la calidad de vida en un país y resume la tasa de mortalidad para todas las edades.

También puede ser pensada como un indicador de la tasa de retorno potencial de la inversión en capital humano y es útil para el cálculo actuarial de diversas medidas.

Para México la expectativa de vida ha cambiado fundamentalmente por avances en la medicina y por la socialización de ella.

Para calcular este dato se utiliza la esperanza de vida, que se refiere al número de años que en promedio se espera que viva una persona después de nacer. Una esperanza de vida alta indica un mejor desarrollo económico y social en la población.

En México, la esperanza de vida en 1930 era cercana a los 34 años, en el 2000 aumentó a 75 y se ha mantenido así hasta 2009.³⁷

Educación.

Esta información se encuentra cubierta en el capítulo anterior y por lo tanto solo tomaremos los resultados para ver su impacto sobre el IDH.

Veamos aquí algunos datos interesantes.

Aunque los porcentajes de estudiantes graduados en México en ciencia y tecnología son mayores, el número absoluto de graduados es casi el 14% del número de graduados en los Estados Unidos.

El porcentaje de graduados en ciencia y tecnología en México es el 27% del total, es decir 102,600 de esos graduados son científicos y técnicos, para el año 2008. Contra un total de 422,400 en los Estados Unidos.

El Producto Interno Bruto (PIB)

³⁷ INEGI. *Indicadores Sociodemográficos de México (1930-2000)*.
INEGI. *Esperanza de vida por entidad federativa según sexo, 2005 a 2009*.

El Producto Interno Bruto, es el valor monetario total de la producción corriente de bienes y servicios de un país durante un período (normalmente es un trimestre o un año). El PIB es una magnitud de flujo, pues contabiliza sólo los bienes y servicios producidos durante la etapa de estudio. Además el PIB no contabiliza los bienes o servicios que son fruto del trabajo informal (trabajo doméstico, intercambios de servicios entre conocidos, etc.).

En cuanto al cálculo del PIB, existen varios métodos entre los cuales están:

Puede calcularse según el costo de los factores o de los precios de mercado. La relación entre ambos se obtiene restando al PIB valorado a precio de mercado, los impuestos indirectos ligados a la producción (T_i) y sumándole las subvenciones a la explotación (S_u). Aleatoriamente, se puede agregar, según algunos economistas, los royalties.

$$PIB_{cf} = PIB_{pm} - T_i + S_u$$

Existen otros tipos de macro magnitudes que se deben considerar partiendo del PIB: el Producto Nacional Bruto (PNB) difiere del PIB en que solo considera la cantidad flujo de bienes y servicios producidos por ciudadanos de un país, mientras que el PIB no tiene en consideración el criterio de nacionalidad.

Analizado desde el punto de vista del gasto o demanda, resulta ser la suma de los siguientes términos:

$$PIB_{pm} = C + I + X - M$$

Donde PIBpm es el producto interior bruto valorado a precios de mercado, C es valor, I es la formación bruta de capital también llamada inversión. X es el volumen monetario de las exportaciones y M el volumen de importaciones. Si estamos interesados en distinguir entre consumo e inversión privadas y gasto público: G, entonces modificamos la fórmula:

$$PIB_{pm} = C_{pr} + I_{pr} + G + X - M$$

PIB nominal y PIB real

El PIB nominal es el valor monetario de todos los bienes y/o servicios que produce un país o una economía a precios corrientes en el año corriente en que los bienes son producidos. Sin embargo, en situación de inflación alta, un aumento substancial de precios, aun cuando la producción no aumente demasiado, puede dar la impresión de un aumento sustancial del PIB. Para ajustar el PIB según los efectos de la inflación, el PIB real se define como el valor monetario de todos los bienes y/o servicios que produce un país o una economía a precios constantes. Este cálculo se lleva a cabo deflacionando el valor del PIB según el índice de inflación (o bien computando el valor de los bienes con independencia del año de producción mediante los precios de un cierto año de referencia).

El PIB per cápita (también llamado renta per cápita o ingreso per cápita) es una magnitud que trata de medir la riqueza material disponible. Se calcula simplemente como el PIB total dividido entre el número de habitantes (N):

$$PIB_{pc} = \frac{PIB}{N}$$

Por ejemplo: los cinco países con mayor PIB per cápita en 2006, medido en dólares estadounidenses (US\$), son:

Luxemburgo (U\$ 76.225)

Noruega (U\$ 65.785)

Islandia (U\$ 56.364)

Qatar (U\$ 53.539)

Irlanda (U\$ 49.533)

México (U\$ 10,751)

Existen varias formas de cálculo o presentación del PIB, sin embargo no haremos más que la mención, ya que no es el objeto de éste trabajo el revisar las diferentes concepciones de su presentación.

El PIB puede calcularse a través de tres procedimientos:

- por el método de la demanda o método del gasto,
- por el lado de la distribución o método del ingreso y,
- por el lado de la oferta o método del valor agregado.

Lo que si haremos será mencionar brevemente algunas de las limitaciones

El PIB es usado frecuentemente como una medida del bienestar material de una sociedad. Eso motiva que políticamente se usen las cifras de crecimiento económico del PIB como un indicador de que las políticas económicas aplicadas son positivas. Sin embargo tanto el propio Simon Kuznets creador de la contabilidad nacional que dio lugar al uso del PIB como indicador económico, como numerosos autores posteriores, han criticado el uso del PIB como sinónimo de bienestar social. Ciertamente existen algunas correlaciones positivas entre PIB y medidas claramente relacionadas con el bienestar social, especialmente en países de renta per cápita inferior a 4 dólares, siendo la correlación para los países de rentas altas bastante peor.

Veamos algunas situaciones:

El PIB no tiene en cuenta la auto-producción (o auto-consumo), es decir las riquezas producidas y consumidas en el propio interior de los hogares: por ejemplo las verduras de nuestra huerta o las actividades domésticas.

El trabajo en el mercado informal se suele estimar y añadir al PIB.

En el caso de los servicios es muy difícil distinguir entre aumentos de precio por calidad o servicios y aumento de estos por inflación, con lo que son un sector donde es difícil estimar su variación.

El voluntariado, que es un servicio sin retribución económica, se suele estimar el valor añadido principalmente a partir de los costes de personal, los cuales son por naturaleza insignificantes en las actividades benéficas.

Por definición, no tiene en cuenta el valor económico de los activos y pasivos públicos y privados: por lo tanto no mide las externalidades positivas o negativas que influyen en el valor económico. Por ejemplo, no tiene en cuenta los recursos naturales o mineros del país.

En el caso de una “producción de contaminación” y posterior descontaminación mediante otro proceso, se contabilizan dos procesos económicos diferentes, para un resultado global nulo.

En el caso de una catástrofe natural (huracán, terremoto, tsunami...) el PIB solo contabiliza la destrucción de los activos (casas, carreteras...) de forma indirecta, mediante el impacto que tienen en la producción, pero sin tener en cuenta la destrucción neta de activos. Sin embargo, el PIB sí tiene en cuenta las reconstrucciones tras la catástrofe (frecuentemente financiadas por ayudas de países u organismos internacionales).

Asimismo, es muy delicado evaluar la contribución real de la Administración pública a la riqueza económica. Normalmente se suele integrar sus costes en los del PIB, en ausencia de facturación.

El PIB no es un indicador de calidad de vida o bienestar.

Por todas estas consideraciones, se suele interpretar el PIB según su evolución: es decir, si es ascendente durante un período, la economía estará creciendo, si descendiera, estaría en recesión. La comparación entre años permite reducir los

errores, pues lo que no se tuvo en cuenta un año (como el trabajo en negro), tampoco se tiene al siguiente.

Veamos la opinión del profesor Joseph E. Stiglitz³⁸ (premio Nobel de economía) sobre el PIB:

...sólo compensa a los gobiernos que aumentan la producción material. [...]. No mide adecuadamente los cambios que afectan al bienestar, ni permite comparar correctamente el bienestar de diferentes países'[...] no toma en cuenta la degradación del medio ambiente ni la desaparición de los recursos naturales a la hora de cuantificar el crecimiento. [...] esto es particularmente verdadero en Estados Unidos, donde el PIB ha aumentado más, pero en realidad gran número de personas no tienen la impresión de vivir mejor porque sufren la caída de sus ingresos.

Debido a estas críticas se han propuesto medidas relacionadas con el PIB, que contabilicen las externalidades negativas y el efecto de la actividad económica sobre el medio ambiente, para tener una medida más inclusiva y más directamente relacionada con el bienestar social, como por ejemplo el Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES).

¿Por qué es importante que crezca el PIB?

Indica la competitividad de las empresas. Si la producción de las empresas mexicanas no crece a un ritmo mayor, significa que no se está invirtiendo en la creación de nuevas empresas, y por lo tanto, la generación de empleos tampoco crece al ritmo deseado.

Si el PIB crece por abajo de la inflación significa que los aumentos salariales tenderán a ser menores que la misma.

³⁸ Stiglitz, Joseph E. (1995). *"La Economía del Sector Público"*. (2ª. Ed.). Antoni Bosch. Barcelona. España.

Un crecimiento del PIB representa mayores ingresos para el gobierno a través de impuestos. Si el gobierno desea mayores ingresos, deberá fortalecer las condiciones para la inversión no especulativa, es decir, inversión directa en empresas; y también fortalecer las condiciones para que las empresas que ya existen sigan creciendo.

Algunas aclaraciones sobre el PIB

El PIB de una país aumentará si el gobierno o las empresas dentro del mismo toman préstamos en el extranjero, obviamente, esto disminuirá el PIB en períodos futuros. No toma en cuenta la depreciación del capital (aquí se incluyen tanto maquinaria, fábricas, etc., como así también recursos naturales, y también se podría incluir al "capital humano"). Por ejemplo, un país puede incrementar su PIB explotando en forma intensiva sus recursos naturales, pero el capital del país disminuirá, dejando para generaciones futuras menos capital disponible.

No tiene en cuenta externalidades negativas que algunas actividades productivas generan, por ejemplo, la contaminación ambiental. No tiene en cuenta la distribución del ingreso. Los pobladores de un país con igual PIB per cápita que otro pero con una distribución más equitativa del mismo disfrutarán de un mayor bienestar que el segundo. La medida del PIB no tiene en cuenta actividades productivas que afectan el bienestar pero que no generan transacciones, por ejemplo trabajos de voluntarios o de amas de casa. Actividades que afectan negativamente el bienestar pueden aumentar el PIB, por ejemplo divorcios y crímenes.

En la siguiente tabla se muestra el comportamiento de la tasa de crecimiento del PIB a lo largo de los últimos 70 años.³⁹

Tabla que muestra el crecimiento del Producto Interno Bruto de México a partir del Milagro Mexicano.

³⁹ Fuentes: Economía.com.mx con datos de: *Encadenamiento de Series Históricas del Producto Interno Bruto de México 1970-2001*, Centro de Estudios de las Finanzas Públicas del Congreso de la Unión *Censos de población y serie del PIB a precios constantes base 1993 del INEGI*. Libro: El desarrollo estabilizador: reflexiones sobre una época. Antonio Ortíz Mena. Fondo de Cultura Económica. Pag 50

Presidente	Periodo	PIB \$ Constantes (miles de millones de pesos)	Crecimiento del PIB en el sexenio	Tasa promedio anual de crecimiento del PIB	Crecimiento del PIB per capita durante el sexenio
Lázaro Cárdenas del Río	1940	77.49	30.27%	4.52%	18.02%
Manuel Ávila Camacho	1946	110.86	43.06%	6.15%	20.49%
Miguel Alemán Valdés	1952	155.31	40.10%	5.78%	18.38%
Adolfo Ruiz Cortines	1958	225.60	45.26%	6.42%	21.21%
Adolfo López Mateos	1964	333.47	47.81%	6.73%	21.56%
Gustavo Díaz Ordaz	1970	493.47	47.98%	6.75%	23.49%
Luis Echeverría Álvarez	1976	706.24	43.12%	6.16%	16.20%
José López Portillo	1982	1030.97	45.98%	6.51%	24.36%
Miguel de la Madrid Hurtado	1988	1042.07	1.08%	0.18%	-10.07%
Carlos Salinas de Gortari	1994	1311.66	25.87%	3.91%	12.42%
Ernesto Zedillo Ponce de León	2000	1651.50	22.18%	3.39%	9.97%
Vicente Fox Quesada	2006	1900.89	14.80%	2.32%	7.17%

Se dice que México requiere un crecimiento del 6% anual para tener una buena economía, pero durante el último sexenio apenas si pasó del 2%.

Una de las razones que no ayudan a que el PIB crezca es que mucho del capital invertido en nuestro país por extranjeros es capital especulativo que entra en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV).

Otro factor es que la acumulación de la riqueza mexicana está en menos de cuarenta corporativos que cotizan en la BMV a pesar de no representar más del 4% del total de empresas existentes.

A continuación mostraremos una tabla con la participación petrolera en la contabilidad nacional:

Exportaciones Petroleras y No Petroleras en millones de dólares(1980-1990)⁴⁰					
Año	Total	Exportaciones Petroleras	Exportaciones No Petroleras	% Exportaciones Petroleras	% Exportaciones No Petroleras
1980	15,511.80	10,441.30	5,070.90	67.31	32.69
1981	20,102.00	14,573.60	5,528.30	72.5	27.5
1982	21,229.60	16,477.30	4,752.40	77.61	22.39
1983	22,312.10	16,017.00	6,294.90	71.79	28.21
1984	24,195.90	16,601.50	7,594.60	68.61	31.39
1985	21,663.80	14,766.50	6,897.20	68.16	31.84
1986	16,157.70	6,307.30	9,850.30	39.04	60.96
1987	20,494.60	8,629.70	11,865.10	42.11	57.89
1988	20,545.90	6,711.20	13,834.50	32.66	67.33
1989	22,842.20	7,876.00	14,966.10	34.48	65.52
1990	26,838.50	10,103.70	16,734.90	37.65	62.35

A partir de enero de 1991 en esta serie se incluye el valor de las exportaciones de la industria maquiladora de exportación, que anteriormente se presentaba por separado, por lo cual las cifras no son comparables con las anteriores a esta fecha.

Esto se debe a que en la mayoría de los países los registros de comercio exterior tratan de igual manera las importaciones y exportaciones efectuadas por las maquiladoras y las correspondientes al resto de las empresas. Por lo que la tabla complementaria quedaría de la siguiente forma:

⁴⁰ [1] <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVJ100065#ARBOL>

Exportaciones Petroleras y No Petroleras en millones de dólares(1991-2009)					
<u>Año</u>	<u>Total</u>	<u>Exportaciones Petroleras</u>	<u>Exportaciones No Petroleras</u> ^[a]	<u>% Exportaciones Petroleras</u>	<u>% Exportaciones No Petroleras</u>
1991	42,687.70	8,166.40	34,521.00	16.99	83
1992	46,195.50	8,306.60	37,889.00	17.98	82.02
1993	51,885.97	7,684.98	44,200.99	14.81	85.19
1994	60,882.20	7,619.48	53,262.72	12.52	87.48
1995	79,541.55	8,637.82	70,903.73	10.86	89.14
1996	95,999.74	11,816.91	84,182.83	12.31	87.69
1997	85,333.11	8,491.76	76,841.35	9.95	90.05
1998	117,539.29	7,295.77	110,243.53	6.21	93.79
1999	136,361.82	9,959.48	126,402.33	7.3	92.7
2000	166,120.74	16,124.31	149,996.43	9.71	90.29
2001	158,779.73	13,190.96	145,588.77	8.31	91.69
2002	161,045.98	14,823.46	146,222.52	9.2	90.8
2003	164,766.44	18,597.23	146,169.21	11.29	88.71
2004	187,998.56	23,663.08	164,335.48	12.59	87.41
2005	214,232.96	31,888.57	182,344.39	14.88	85.12
2006	249,925.14	39,016.85	210,908.30	15.61	84.39
2007	271,875.31	43,013.84	228,861.47	17.87	82.13
2008	291,342.60	50,635.37	240,707.22	17.38	82.62
2009	229,707.49	30,882.92	198,824.57	13.44	86.56

Observamos una alta dependencia de los ingresos petroleros. En términos generales el estado hace usos de los excedentes petroleros para la cobertura del gasto corriente y no se está dirigiendo hacia quién los está generando, con lo cual estamos enfrentando la declinación de los yacimientos (Cantarell) y la no sustitución ordenada de lo que se extrae, con lo que enfrentaremos varios años de “crisis” antes de lograr la recuperación de esas extracciones.

Ahora algunos datos interesantes:

- En México, se reportó en el 2009 que cerca del 9% de los hogares tienen al menos un trabajador migratorio interno, los niveles de pobreza subieron drásticamente del 25 al 31% para los hogares que no tienen trabajadores migratorios para el período (que incluye la recesión del 2001/2002) pero ligeramente del 29 al 30% para los que sí tienen trabajadores migratorios.
- Los lazos familiares son muy fuertes en México, por lo que las remesas de los trabajadores migratorios ayudan al ingreso familiar, no obstante de los sacrificios y esfuerzos que significa el enviar dinero.

INDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH)

Clasificación del IDH que hace el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo).

En el informe publicado en 2009 el índice de desarrollo humano fluctuaba entre Noruega con un índice de 0,971 en la primera posición al 0,340 de Níger en el puesto 182.

El PNUD clasifica los países en tres grandes grupos:

País con desarrollo humano alto ($IDH \geq 0,8$): 83 países.

País con desarrollo humano medio ($0,5 \leq IDH < 0,8$): 75 países.

País con desarrollo humano bajo ($IDH < 0,5$): 24 países.

Metodología

Para calcular el IDH es necesario crear antes un índice para cada una de las variables consideradas (esperanza de vida, educación y PIB), para ello se escogen valores mínimos y máximos (valores límite) para cada uno de estos indicadores.

Cada uno de los componentes se expresa con un valor entre 0 y 1, para lo cual se utiliza la siguiente fórmula general total.

$$\text{Índice del componente} = \frac{\text{valor real} - \text{valor mínimo}}{\text{valor máximo} - \text{valor mínimo}}$$

El IDH se calcula promediando sus tres componentes principales. Los valores límite de estos (máximo y mínimo) que se utilizan para el cálculo del IDH son de 85 y 25 años para la esperanza de vida al nacer, del 100% y 0% para los dos componentes de educación y de \$ 40.000 y 100 \$US para el PIB per cápita.

El siguiente es un ejemplo de su cálculo tomando como referencia los valores de México en el informe 2007 (esperanza de vida al nacer de 75 años; tasa de alfabetización adulta del 91.6%; tasa bruta de matriculación del 75.6 %; PBI PPA per cápita de \$ 10,751 US), que se obtienen de acuerdo a lo siguiente:

Cálculo del índice de esperanza de vida:

$$\text{IEV} = \frac{75.0 - 25}{85 - 25} = 0.833$$

Cálculo del índice de educación:

$$\text{IE} = \frac{2}{3} (\text{IA}) + \frac{1}{3} (\text{IM})$$

$$\text{IE} = \frac{2}{3} (0.916) + \frac{1}{3} (0.756) = 0.863$$

$$\text{IA} = \frac{91.6 - 0}{100 - 0} = 0.916$$

$$IM = \frac{75.6-0}{100-0} = 0.756$$

Cálculo de índice del PIB per cápita:

$$IPIB = \frac{\log(10,751) - \log(100)}{\log(40,000) - \log(100)} = 0.781$$

Cálculo del IDH:

$$IDH = \frac{1}{3} (IEV) + \frac{1}{3} (IE) + \frac{1}{3} (IE)$$

$$IDH = \frac{1}{3} (0.833) + \frac{1}{3} (0.863) + \frac{1}{3} (0.781)$$

$$IDH = 0.826$$

Simbología:

IEV = Índice de esperanza de vida

IE = Índice de educación

IA = Índice de alfabetización adulta

IM = Índice bruto de matriculación

IPIB = Índice del PIB per cápita

Para México tuvimos los resultados que se muestran en la siguiente tabla, para el 2008:

Lugar	Variación de posición respecto del 2006	País	IDH	Variación de datos respecto del 2006
53	(2)	México	0,854	0,005

Es decir, México perdió 2 lugares en 2009 respecto de la posición del 2008 igual que del 2008 respecto del 2006, aunque ganó 0.005 puntos en el IDH para el 2007.

En el 2009, de acuerdo con los datos aportados por la ONU, el índice de desarrollo humano de México en 0,826, (compuesto por el índice de esperanza de vida de 0,833, índice de educación de 0,863 y el índice de PIB de 0,781), situado en la posición número 53 a nivel mundial en el grupo de países de alto desarrollo humano.

La mayoría de los datos usados para el informe de 2008 provienen del año 2006 o anteriores. Sin embargo, no todos los estados miembros de Naciones Unidas eligen estar o pueden aportar la información necesaria. Los números entre paréntesis indican el cambio en posición que tuvo el país entre el informe 2008 y el informe previo.

Primeros 30 países de la lista, a continuación mencionamos a algunos de los 30 países convencionalmente considerados países de alto desarrollo humano con un índice que varía entre Islandia con 0,968 ; Noruega 0,968; Canadá 0.967; Australia 0.965; Irlanda 0.960; Países Bajos 0.958; Suecia 0.958; Japón 0.956; Luxemburgo 0.956 ; Francia 0.955 y así llegando hasta Chipre con 0,912

Y los últimos 10 países de la lista son: Etiopía con 0.389 con el lugar 169; Chad 170 con 0.389; Guinea Bissau 171 con 0.372; Níger 174 con 0.370; Mozambique 175 con 0.366; Liberia 176 con 0.364; República Democrática del Congo 177 con 0.361; República Centro Africana 178 con 0.352 y Sierra Leona en 179 con 0.329.

No obstante de tratarse de una herramienta interesante, ciertamente tiene sus carencias y una de ellas es que no garantiza que exista una adecuada distribución de la riqueza. A continuación se presenta un análisis más detallado a nivel nacional, se

resaltarán algunos datos que nos pueden dar una visión de las desigualdades presentes en nuestro país⁴¹.

Siguiendo los criterios utilizados por el PNUD en la clasificación de los países, es posible agrupar a los 2 442 municipios del país en los siguientes tres estratos, según el valor del IDH:

Desarrollo Humano Bajo. Está formado por 31 municipios (1.2%), los cuales registran un IDH menor a 0.500. En estos municipios residen alrededor de 348 mil personas y destacan Coicoyán de las Flores (0.362) y San Martín Peras (0.393) en Oaxaca y Metlatónoc (0.363), en Guerrero con índices inferiores a 0.400.

Desarrollo Humano Medio. Comprende 2209 (90.5%) municipios de México. Es el estrato más numeroso, con un IDH que va de 0.500 a 0.799. La población residente en estos municipios asciende a poco más de 51.3 millones de personas.

Desarrollo Humano Alto. Está formado por un total de 202 municipios (8.3%), con un valor del IDH de 0.800 o más. En las unidades territoriales de este estrato residen alrededor de 45.9 millones de mexicanos.

Sin entrar en detalles, encontramos que las inequidades son más marcadas en el PIB per cápita: mientras la delegación Benito Juárez está muy cercana a la meta de 40 mil dólares equivalentes, en Santos Reyes Yucuná y Santa María Zaniza en Oaxaca es sólo de 149 y 175 dólares, respectivamente, y apenas rebasa la cota mínima de 100. La desigualdad es tal que el ingreso promedio en la delegación mencionada del Distrito Federal es más de 200 veces que en los municipios oaxaqueños.

⁴¹ CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN, ÁNGEL URRAZA 1137, COL. DEL VALLE, C. P. 03100, MÉXICO, D. F., *Índices de desarrollo humano, 2000*, Primera edición: diciembre de 2001, ISBN: 970-628-538-5, Se permite la reproducción total o parcial, sin fines comerciales, citando la fuente. MEXICO

“La prudencia y el cuidado acerca del futuro de nuestros hijos y de sus hijos requiere que actuemos ahora. Esta es una forma de seguro en contra de pérdidas mayores. El hecho de que no conocemos el impacto de esas pérdidas o el momento de ocurrencia de las consecuencias, no es un argumento para no buscar un seguro. Sabemos que el peligro existe. Sabemos el daño causado por las emisiones de gas de efecto invernadero es irreversible por un largo período de tiempo. Sabemos que está creciendo con cada día de inactividad”

Además, cuantificar la contaminación, los residuos, la deforestación o desertificación, entre otros fenómenos es muy complejo.

Aquí consideramos que el poder legislativo no está a la altura de las circunstancias y debiera ver sobre las transiciones partidistas para enfocarse a la planeación de un mejor país en el mediano-largo plazo.

Conclusiones y recomendaciones

En éste trabajo se han planteado algunos de los problemas trascendentes para la industria y la sociedad.

Se revisaron aspectos históricos que permitieron poner de relieve la realidad del petróleo como materia prima en México y su aporte a la sociedad.

Ha mantenido a la sociedad ajena a la participación de costos reales asociados, no contribuyendo con los impuestos necesarios y, al mantenimiento de grupos y partidos políticos con menoscabo del nivel económico e intelectual del pueblo, que ha encontrado en la migración una fuente de supervivencia y mantenimiento ingente. Cuando debió haber sido una fuente de recursos que permitiera crear infraestructura generadora de riqueza aunada al crecimiento real de la plantilla educativa e incorporación a las fuentes laborales más demandantes de profesionales y técnicos que pudieran incorporarse y desarrollarse como pensantes.

A continuación se recapitula las conclusiones y al final se resaltan las recomendaciones que pueden permitir revertir la descapitalización en cuanto a recursos humanos calificados que se ha dado en los últimos años.

Podemos concluir que no ha sido adecuada la forma en la que se administraron los recursos petroleros, ni los ingresos que de su venta se derivaron, habiendo desviado su aplicación hacia el mantenimiento de gasto corriente y no hacia inversiones en infraestructura o mejora en capacidad productiva y tampoco en un intenso mejoramiento de las condiciones educativas del país.

La actividad para la incorporación de reservas utilizando el índice de reposición de petróleo extraído contra los hallazgos de yacimientos nuevos, ha sido deficitario por casi 30 años, lo que nos llevara sin duda al agotamiento de los yacimientos

encontrados ubicándonos actualmente con reservas suficientes para los próximos 10 años.

También encontramos que la declinación natural de los yacimientos principalmente los marinos, en extracción desde los años 80s, ha sido más pronunciada de la prevista oficialmente y nos vamos a encontrar en un plazo de 5-10 años con déficit inclusive para las refinerías ya existentes en una fecha más corta de la prevista. Al mes de junio del 2010, se reporta un volumen diario de 2.546,000 BPD, sin considerar los líquidos del gas natural.

Bajo ese esquema es imprescindible iniciar con acciones concretas en la racionalización del empleo de combustibles fósiles para la generación a partir de energías más limpias.

Aprovechando los actuales precios altos del petróleo y los ingresos asociados, se debe modificar el régimen fiscal de Pemex para que pueda revertir la tendencia negativa, antes de que sea muy tarde.

Relanzar los programas de exploración intensiva, para cuantificar yacimientos entre 100 y 300 metros antes de iniciar con aguas profundas, por supuesto recordando que los yacimientos con producciones superiores a los 10,000 B/día no son tan generalizados y aprender a producir como se hace en todos lados.

El asunto de la eliminación prácticamente de las firmas de ingeniería y con ello de los cuadros técnicos que las formaban, que generaron la infraestructura industrial de este país, incluyendo la infraestructura petrolera operando actualmente, ha sido uno de los aspectos más descuidados en los últimos treinta años y que debe abordarse. En su oportunidad ésta fue capaz de responder en la década de los ochentas al reto de asimilar la tecnología “costa-afuera” (offshore) para el desarrollo de campos de extracción de crudo en aguas someras (entre 0 y hasta 100 m), habiendo respondido en solo tres años con grupos de ingenieros y técnicos que permitieron planear, diseñar, calcular, construir, supervisar y operar las más de 150 plataformas y más de

1600 Km. de tuberías que existen en la Sonda de Campeche. Solo como referencia, inicialmente se había considerado el tener plataformas con capacidad de separación y bombeo de aproximadamente 50,000 bpd y pozos de 3,000 y 5,000 bpd, sin embargo, pronto la realidad se hizo patente y se termino diseñando plataformas para 250,000 bpd y producciones promedio de los pozos de 20,000 bpd, en los que los pozos exploratorios resultaban tan buenos que se adicionaban a la explotación. Fue una época según recuerda un querido amigo personal Charles D. Osborn (gerente de proyecto de la empresa tecnológica Brown and Root) como: sic: “un proyecto único en la vida, no se volverá a ver nada parecido, ya que todo era de prisa,.., para la construcción e instalación”⁴² Sin embargo se conjuntó un excelente grupo de jóvenes recién salidos de las escuelas que aceptaron el reto y lo acometieron con gran éxito. La prueba es más que real, esos desarrollos aún siguen operando, cuando muchos de ellos se consideraban instalaciones temporales (así se les denominó, porque su objetivo era el de operar mientras las instalaciones permanentes o definitivas eran diseñadas y construidas).

Así como en esta industria (la petrolera), la industria de ingeniería de proyectos había respondido a las exigencias que impone una industria como la industria nuclear, originalmente se estaba diseñando por una empresa mexicana, en conjunto con empresas extranjeras, la planta núcleo eléctrica de Laguna Verde en el estado de Veracruz, y que por motivos políticos no se concluyó aquí en México y se concluyó en los Estados Unidos.

Igualmente se logró diseñar varias instalaciones de generación de energía particularmente plantas termoeléctricas para la Comisión Federal de Electricidad con ingenieros y técnicos mexicanos, resaltando la calidad y profesionalismo con el que se encaraban los retos.

Lo que ha sucedido con esta fuerza de trabajo que tomó más de 50 años el desarrollar a niveles de calidad aceptables, es que ha envejecido y se encuentra más

⁴² PRATT, JOSEPH A.; PRIEST, TYLER; CASTANEDA, CHRISTOPHER J. *Offshore Pioneers, Brown and Root and the history of oil and gas*, Gulf Publishing Co. 1997 USA. ISBN 0-88415-138-7.

cerca del retiro, perdiéndose la transferencia y capacitación hacia jóvenes ingenieros y técnicos que pudieran continuar con esa labor.

Debiera estar creciendo críticamente la necesidad de reclutar y retener en esta especialidad personal técnicamente calificado. Y para asegurar el contar con una fuerza de trabajo adecuada, es esencial que se motive tanto técnica como económicamente a estudiantes, técnicos y científicos para que se encaminen a esta industria. Se requiere de una expansión significativa de la fuerza de trabajo en ésta industria con el propósito de mantener los niveles de extracción que permitieran la autosuficiencia energética en los próximos años.

El gobierno federal debe asumir una responsabilidad importante a través de modificar la forma de asignar trabajos de ingeniería, ya que los métodos de concurso han generado ineficiencias y baja calidad de los trabajos, ya que al “asignar” al menor costo, directamente influye sobre el pago hacia los empleados, utilización de paquetería “pirata”, baja calidad de profesionales, logrando descapitalizar de personal calificado a las pocas empresas que permanecen en el mercado ya que busquen otras formas de subsistencia más seguras y mejor remuneradas.

No se trata de regresar a esquemas pasados, sino el aprovechar las experiencias tanto positivas como los fracasos. Hay que retomar el camino de la industrialización de nuestro petróleo sin desligar a la exploración y extracción de la refinación y menos de la industria petroquímica, para recuperar los mercados de productos con valor agregado retirándonos de los esquemas colonialistas de venta de materia prima y compra de producto con valor agregado, ya que contamos con la virtud de disponer y ya se demostró de técnicos capaces de llevar a la industria por un camino no solo de sustitución de importaciones sino de participación en los mercados globales. Nuestro petróleo es la única palanca real para poder industrializar a nuestro país y aprovechar su acción para incrementar las fuentes de trabajo creativo, mejorar las oportunidades, los niveles de vida y esperar que un acto fortuito nos saque de nuestra inmovilidad.

Sin que el orden sea mandatorio, continuación se enlistan las recomendaciones mínimas que deberán observarse para mejorar nuestro futuro, tanto en la educación como en el nivel de bienestar de la población.

1. Establecer el programa energético nacional por lo menos para los próximos 30 años, señalando los objetivos específicos a lograr y los medios para lograrlos, por supuesto estará sujeto a cambios y adecuaciones,.
2. Basados en éste programa energético, establecer los requerimientos y calificaciones de capital humano requerido para lograr ese objetivo.
3. Revisar y actualizar los planes de estudio de acuerdo con las necesidades mencionadas en el punto anterior.
4. Establecer programas de entrenamiento con las universidades para familiarizarse con las instalaciones que se encuentre operando y que permitan generar para iniciar, programas para la capacitación de instructores, en las diferentes instalaciones existentes.
5. Instituir programas educacionales para entrenar a trabajadores en otras áreas de la ingeniería y ciencia para ejecutar trabajos de ingeniería en energía.
6. Al menos en los contratos de obra pública, obligar a los licenciadores y desarrolladores de proyectos ejecutivos a asociarse con empresas nacionales, y lo escribiremos en mayúsculas para resaltar **INCLUYENDO TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**, que permita en el mediano plazo poder ejecutar los trabajos futuros con personal nacional.
7. Las escuelas e instituciones de educación técnica y superior a establecer programas de educación a distancia, en las instalaciones existentes para interesar a jóvenes a tomar ese campo de trabajo, estableciendo becas con posibilidades de contratación, en todas las fases del proceso de concepción, diseño, construcción,

supervisión, pruebas, arranque, operación y desmantelamiento de las instalaciones industriales.

8. Modificar el régimen impositivo, ya que el único costo asociado a las empresas técnicas es el de sueldos y salarios y resulta que para el IETU estos no son deducibles, por lo que se ha generado un régimen de ilegalidad ya que no hay deducibles y los márgenes de utilidad son menores que el impuesto del IETU, por lo que siempre se encontrará “financiando” al estado o viviendo en la ilegalidad. Hay que revertir la migración del capital humano remanente de las firmas de ingeniería, obligando a generar las asociaciones de empresas extranjeras con empresas nacionales incluyendo el rubro de transferencia tecnológica.

9. Se deberá modificar el régimen de contratación para hacerlo atractivo, pero siempre reconociendo los costos asociados en capacitación, equipamiento, que con los avances en la computación, tanto los equipos (hardware) como la paquetería especializada (software) son muy costosos y lo que se ha logrado es de que se esta forzando a vivir de paquetería “pirata” y equipos sin marca armados, ya que los costos obligan a usar esas mecánicas para subsistir. Al modificar la forma de contratación establecer planes a mediano plazo para dar certidumbre a los empresarios.

10. Es muy importante el insistir en la vinculación escuela-industria y no esperar a que las industrias vengán a las universidades a ver en que le podemos ayudar. Y aquí hay que tomar el éxito que se tiene en las universidades de otros países, como en Estados Unidos en los que los centros de investigación se encuentran desarrollando tecnologías para la utilización de las empresas de la iniciativa privada.

11. Será importante el revisar la cadena de suministro para evitar que existan algunos vacíos que no se estén considerando.

12. Continuar con el equilibrio presupuestario que le ha permitido disminuir en términos generales la deuda del sector público y evitar endeudar a las futuras generaciones.

13. Continuar con la política de incremento de las reservas del sector público.

14. Aunque éste punto puede parecer reiterativo, debe cambiarse la política tributaria, no incrementando los impuestos a los que ya lo pagan, sino incorporando a más sectores al pago de los mismos, una buena alternativa es la creación del impuesto al consumo, pero como muchos otros parece que nos arropamos en el manejo de situaciones populistas.

15. Buscar el mejoramiento de los niveles de educación de la población y consecuentemente la capacidad para ejecutar trabajos más calificados, en todas las áreas y niveles.

16. Mejorar los niveles de inversión en la incorporación y desarrollo de nuevos yacimientos que permitan revertir la reposición menor a la unidad de lo extraído respecto de la incorporación de reservas y así evitar la descapitalización del sector, y que redundaría en un incremento en la derrama vía la industria de la construcción con posibilidades de incorporar a los profesionales técnicos de todas las áreas a la actividad productiva y recuperar el “know-how” que sin contemplación se ha perdido por la miopía de los políticos en generar un ambiente propicio para su desarrollo.

17. Esas mejoras en las inversiones deberán venir acompañadas de una serie de medidas tendientes a contrarrestar la inactividad respecto del daño ecológico, que en algunos casos el daño ha sido irreversible. Y esto también es consecuencia de una ignorancia irresponsable o ¿tal vez regresamos al principio psicológico de la molestia e inconformidad, ya que todos esos malestares se generan normalmente por expectativas no cumplidas y estamos exigiendo demasiado a éste sector?

Así no está funcionando. Deberíamos saber cuántos técnicos e ingenieros requerimos y entonces a través de alguna de las oficinas de planeación y control, establecer mínimo de cuotas por especialidad. Hay una importante cantidad de alumnos que están saliendo de las universidades, sin embargo son pocos para lo que este país requiere. Y por otro lado tenemos desarticulada la vinculación. No

basta con dedicarnos solo a “generar” técnicos y profesionales de la ingeniería, enfrentándolos al desencanto de no encontrar trabajo o emplearse en áreas poco o nada relacionadas con su capacitación.

Como se pudo apreciar, tenemos un rezago importante en el nivel educativo, aun con las ineficiencias que pueda tener el sistema educativo actual. Tenemos que mejorar nuestras capacidades si queremos mejorar las expectativas reales de la población y aquí tenemos un trabajo que hacer. No hemos podido mejorar ese nivel educativo en los últimos cuarenta años. Por supuesto primero tenemos que promocionar la preparación del profesorado, que toma más tiempo que el de los estudiantes. Como se intenta hacer prevalecer la opción de desarrollar a nuestro país, se deberán revisar los requerimientos de profesionales en las especialidades técnicas, para diseñadores, constructores, supervisores, operadores, reguladores y científicos en estas áreas para desarrollar opciones que promuevan el desarrollo de carreras en estos campos. Al mismo tiempo deberá coordinadamente definir las necesidades del profesorado adecuado e iniciar su preparación, así como abrir opciones universitarias adecuadas.

Es importante notar que ese personal calificado al límite podrá ser reclutado fuera del país, ya que en estos campos el personal calificado es siempre bien recibido, siendo muy importante para las personas y sus familias, el tener el reconocimiento para trabajar en el exterior.

En términos general, en cuanto al IDH, aunque la expectativa de vida ha mejorado sensiblemente y es el mejor en cuanto su calificación aislada, aún se puede mejorar.

Respecto a la educación aparece como uno de los más sensibles, ya que la mejora de los niveles de analfabetismo y nivel educativo ha ido mejorando, pero su impacto es en el largo plazo, ya que aunque se ha estado invirtiendo una buena parte del PIB en educación, aún tenemos un gran sector de la población que se queda marginada o bien no continúa con sus estudios por la falta de opciones. Eliminando las posibilidades de una capacitación que le permita potenciar el desarrollo del país. A

mayor abundamiento, si no tenemos el potencial de desarrollar tareas más calificadas, las posibilidades de superar el estado de marginación serán cada vez más escasas. Si recorremos la escala de trabajos en general, encontraremos que la población mexicana en promedio puede desarrollar aquellos trabajos que le permitan ser ejercidos para una persona con escolaridad de segundo de secundaria. ¡Condición bastante triste!, ya que tendríamos problemas para exigirle más capacidad a una población con ese nivel.

Es muy posible que si se continúa con la tendencia de extracción que se ha dado en los últimos cuatro años, en un futuro muy próximo no tengamos más petróleo para exportar y tengamos que importar crudo hasta para las refinerías existentes, ni se diga para la “nueva refinería”. Y con eso nuestro PIB per cápita se derrumbe, porque aunque no se ha notado debido al incremento de los precios internacionales del crudo, los niveles de producción han alcanzado cerca de los 2.5 millones bpd, reduciendo sensiblemente el margen de exportación de éste producto.

Estos y otros temas han sido visualizados por la ONU y se han dado algunas conclusiones que podemos anotar⁴³:

Bajo las condiciones actuales tal vez convenga reflexionar acerca de la necesidad de regresar a las bases, es decir antes que nada hay que asegurar la autosuficiencia de la alimentación de un país que aunque ya no crece demográficamente a los ritmos que lo hacía en la mitad del siglo XX, sigue creciendo, además de que se ha continuado con la migración hacia las grandes ciudades que deslumbran a la población con la quimera de mejores niveles de vida, abandonando las actividades poco remunerativas y seguras del poco tecnificado campo que en algunas áreas continúa con prácticas de la edad de piedra, por supuesto con rendimientos acordes.

⁴³ Human Development Report 2007&2008 *Fighting climate change: Human solidarity in a divided World*. Published for the United Nations Development Programme (UNDP) 2007. ISBN 978-0-230-54704-9 by Palgrave Macmillan, Houndsmills, Basingstoke, Hampshire RG21 6XS y 175 Fifth Avenue, New York, NY 10010.

Y para terminar, celebramos que la humanidad haya avanzado tanto a lo largo de la historia, entre otras razones, porque nos hemos equivocado mucho. Todos. Todos tenemos alguna responsabilidad ante la historia y el siglo XXI puede marcar el comienzo de un hito, como en su momento fue la abolición de la esclavitud y como ojalá pronto sea la derrota del hambre y la pobreza.

Nuestra ilusión es que la educación y la información lleguen a todos los seres humanos. Saber es un derecho.

La historia juzgará nuestra cómplice pasividad o nuestro compromiso solidario con el débil. No hay mejora sin cambio y no pretende ser un eslogan. Ahora es el momento de cambiar a México al interior y su relación con el mundo.

Si con este trabajo logramos transmitir el mensaje a una persona y logramos al menos inquietar sus reflexiones, ya no decir acerca de ocuparse no preocuparse, habremos logrado un avance.

Bibliografía

AIE, *La Agencia Internacional de Energía*, (IEA por sus siglas en inglés), es una organización intergubernamental que opera como un consultor de políticas energéticas para los 28 países miembros. Fundada durante la crisis de 1973-74, la función inicial fue la de coordinar mediadas en épocas de emergencias en el suministro. <<http://www.iea.org/>>

Bakhtiari, A.M.S. "World Oil Production Capacity Model Suggests Output Peak by 2006-07." OGJ. April 26, 2004.

Bauer, Georg. (También conocido como Georgius Agricola) *De Natura Fossilium* (Textbook of Mineralogy) Unabridged republication of the edition translated from the first Latin edition of 1546, published by the Mineralogical Society of America, New York, 1955. ISBN: 0486495914 EAN: 978-0-486-49591-0

Campbell, C.J. "Industry Urged to Watch for Regular Oil Production Peaks, Depletion Signals." OGJ. July 14, 2003.

CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN, ÁNGEL URRAZA 1137, COL. DEL VALLE, C. P. 03100, MÉXICO, D. F., *Índices de desarrollo humano, 2000*, Primera edición: diciembre de 2001, ISBN: 970-628-538-5, PRINTED IN MEXICO

Deffeyes, K.S. *-Hubbert's Peak-The Impending World Oil Shortage*. Princeton University Press. 2003.

Drivers of the Energy Scene. *World Energy Council*. 2003.

Davis, G. "Meeting Future Energy Needs." The Bridge. National Academies Press. Summer 2003.

DOE EIA. "Long Term World Oil Supply." April 18, 2000. See Appendix I for discussion.

Energy Information Administration, (EIA) *Independent statistics and analysis* <<http://www.eia.doe.gov/>>

EVANS, JOHN Y CHLA, STUART, *Sustainable Development Conference*, Granherne Lmtd Hill Park South, Springfield Dr. Leatherhead, Surrey, KT22 7LH U.K., Sydney Australia, Sept. 2004.

Gobierno de México, *El petróleo de México: recopilación de documentos oficiales de orden económico de la industria petrolera*, México, 1940, p. 18; Gustavo Ortega, Los recursos petrolíferos mexicanos y su actual explotación, Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, Departamento del Petróleo, Talleres Gráficos de la Nación, México, 1925.

Goodstein, D. *Out of Gas – The End of the Age of Oil*. W.W. Norton. 2004

Hernández Luna, Martín Dr. "*La petroquímica: un buen ejemplo de la regresión industrial mexicana. Debate Universitario sobre la Reforma Energética. Centro Cultural Universitario Tlatelolco. 26 de junio de 2008.*

Hirst, K. Kris (2009). "*Bitumen - A Smelly but Useful Material of Interest*".
Archaeology. About.com.

<http://archaeology.about.com/od/bcthroughbl/qt/bitumen.htm>. Retrieved 2009-10-23.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Generación e integración de información estadística y geográfica sobre el territorio, la población y la economía de México www.inegi.gob.mx.

Jackson, P. et al. "*Triple Witching Hour for Oil Arrives Early in 2004 – But, As Yet, No Real Witches.*" CERA Alert. April 7, 2004.

Laherrere, J. *Seminar Center of Energy Conversion*. Zurich. May 7, 2003

López Portillo, José, *Mis Tiempos*, ©1988 Fernández Editores, S.A. de C.V. México ISBN 968-416.832-2.

Lynch, M.C. "*Petroleum Resources Pessimism Debunked in Hubbert Model and Hubbert Simmons*, M.R. ASPO Workshop. May 26, 2003.

Marichal, Dr. Carlos. Coordinador del Proyecto de Investigación del Centro de Estudios Históricos de El Colegio de México.

Meyer, Lorenzo, *México y los Estados Unidos en el conflicto petrolero, 1917-1942*, El Colegio de México, México, 1972

MOHR S.H. y EVANS, G.M. *Long term prediction of unconventional oil production* Energy Policy, Elsevier, 14 Octubre 2009, University of Newcastle, Faculty of Engineering and Built Environment, Chemical Engineering, University Drive, Callahan NSW, Australia.

Pemex, *Base de datos institucional*, en el sitio: <<http://www.pemex.com/index.cfm>>

Skrebowski, C. "*Oil Field Mega Projects - 2004.*" Petroleum Review. January 2004.

Skrebowski, Chris. Oil Depletion, Outlook for global oil supplies in detail at a one-day conference, '*Peak Oil UK: Entering the Age of Oil Depletion*', at the Royal Museum of Scotland in Edinburgh on 25th April, 2005.

United States Department of Energy, sitio: <<http://www.doe.gov/>>

World Energy Outlook publicado por la Agencia Internacional de Energía,
<<http://www.worldenergyoutlook.org/>>

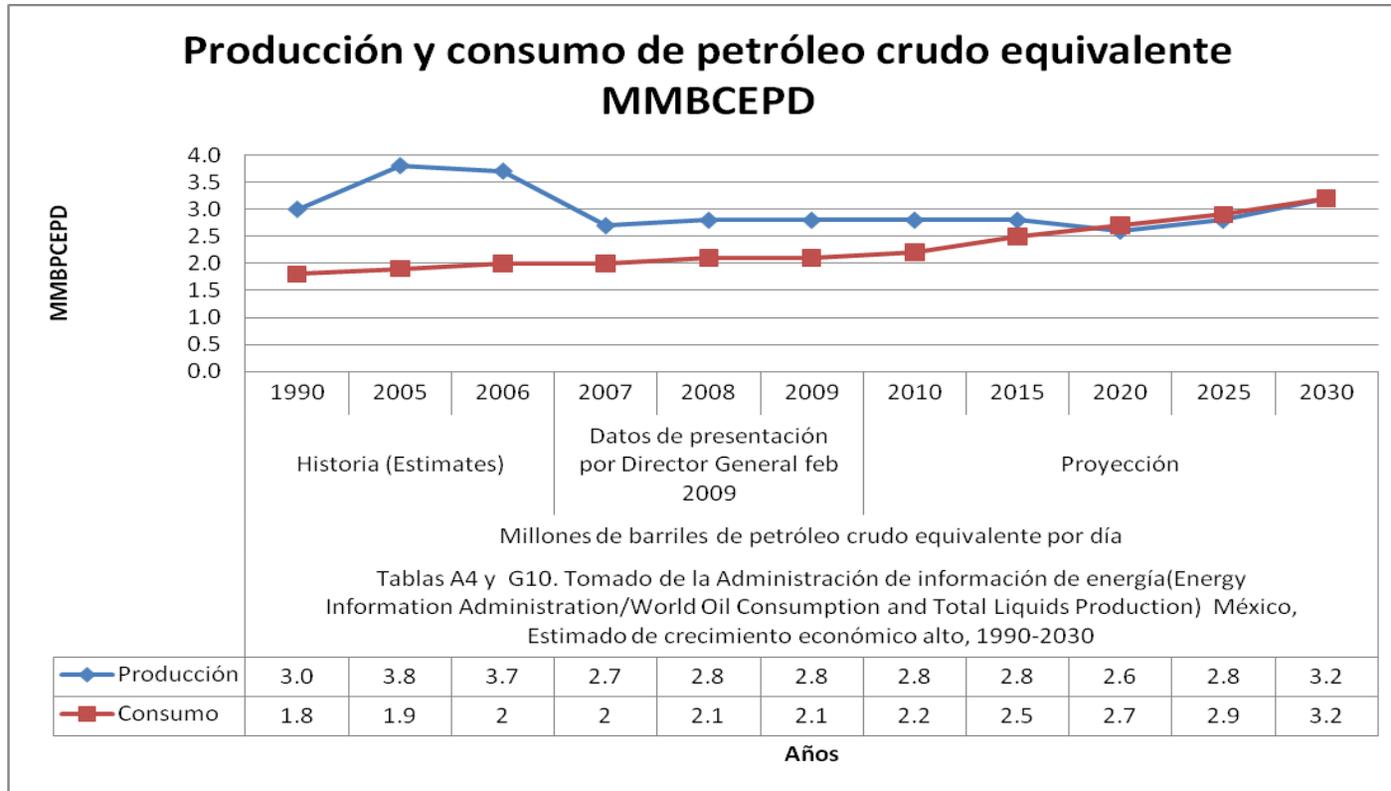
A n e x o s

Anexo 1. Proyección de extracción, consumo y diferencia de líquidos del petróleo

	Historia (Estimado)			Datos de presentación por Director General feb 2009			Proyección					Porcentaje promedio de cambio anual 2005-2030
	1990	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030	
Extracción	3.0	3.8	3.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.6	2.8	3.2	-0.6
Consumo	1.8	1.9	2	2	2.1	2.1	2.2	2.5	2.7	2.9	3.2	1.7
Diferencia	1.2	1.9	1.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.3	-0.1	-0.1	0.0	

Tomado de la Administración de Información de Energía(Energy Information Administration/World Oil Consumption and Total Liquids Production) México, Estimado de crecimiento económico alto, 1990-2030 (Cantidades en MMBPCEPD)

Anexo 2. Grafica de extracción y consumo de petróleo crudo equivalente

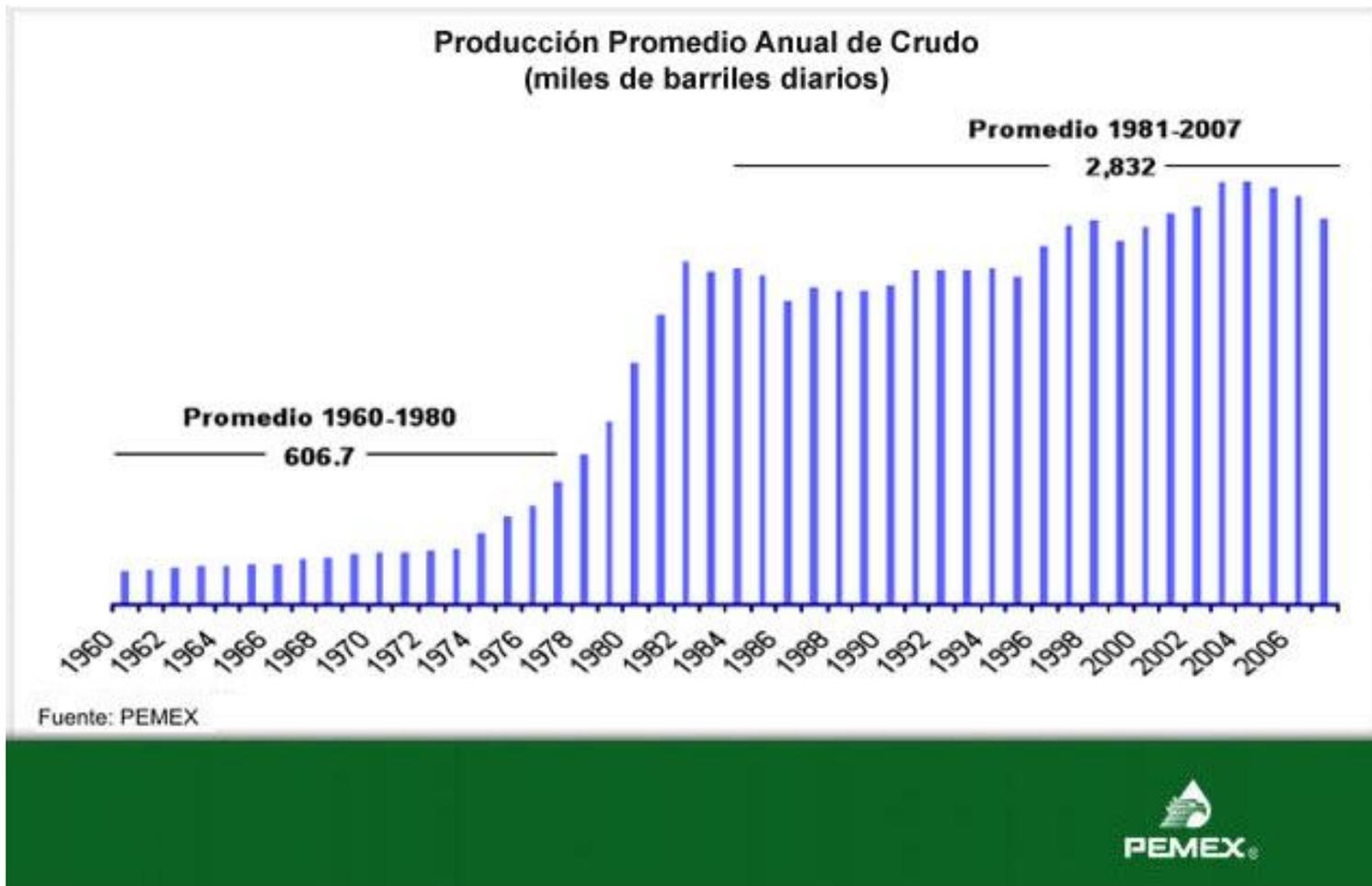


Anexo 3. Perforación por región México para el periodo 1990/2008

Información energética, Petróleos Mexicanos, perforación por región 1990/2008 ⁴⁴																			
Periodo	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Total	132	171	121	66	72	104	118	130	233	234	285	449	447	553	733	759	672	615	822
Exploración	51	45	38	19	17	10	11	15	19	28	49	45	58	96	105	73	58	49	68
Región Norte	22	20	17	2	3	1	4	6	11	26	42	37	40	60	67	54	44	36	43
Región Sur	21	16	9	7	4	4	1	4	4	ND	5	5	7	9	9	5	6	7	11
Región Marina Noreste	ND	ND	3	4	2	1	2	2	1	ND	ND	ND	ND	4	9	5	3	2	4
Región Marina Suroeste	ND	ND	9	6	8	4	4	3	3	2	2	3	11	23	20	9	5	4	10
Desarrollo	81	126	83	47	55	94	107	115	214	206	236	404	389	557	628	686	614	566	754
Región Norte	21	77	41	3	21	39	49	61	146	163	201	372	361	502	516	561	521	445	572
Región Sur	32	19	7	4	2	21	35	28	25	8	11	19	21	33	65	78	45	69	121
Región Marina Noreste	ND	ND	24	17	15	15	13	22	38	34	24	13	7	19	31	31	39	44	41
Región Marina Suroeste	ND	ND	11	23	17	19	10	4	5	1	ND	ND	ND	3	16	16	9	8	20

⁴⁴ Sistema de información energética con información de Petróleos Mexicanos

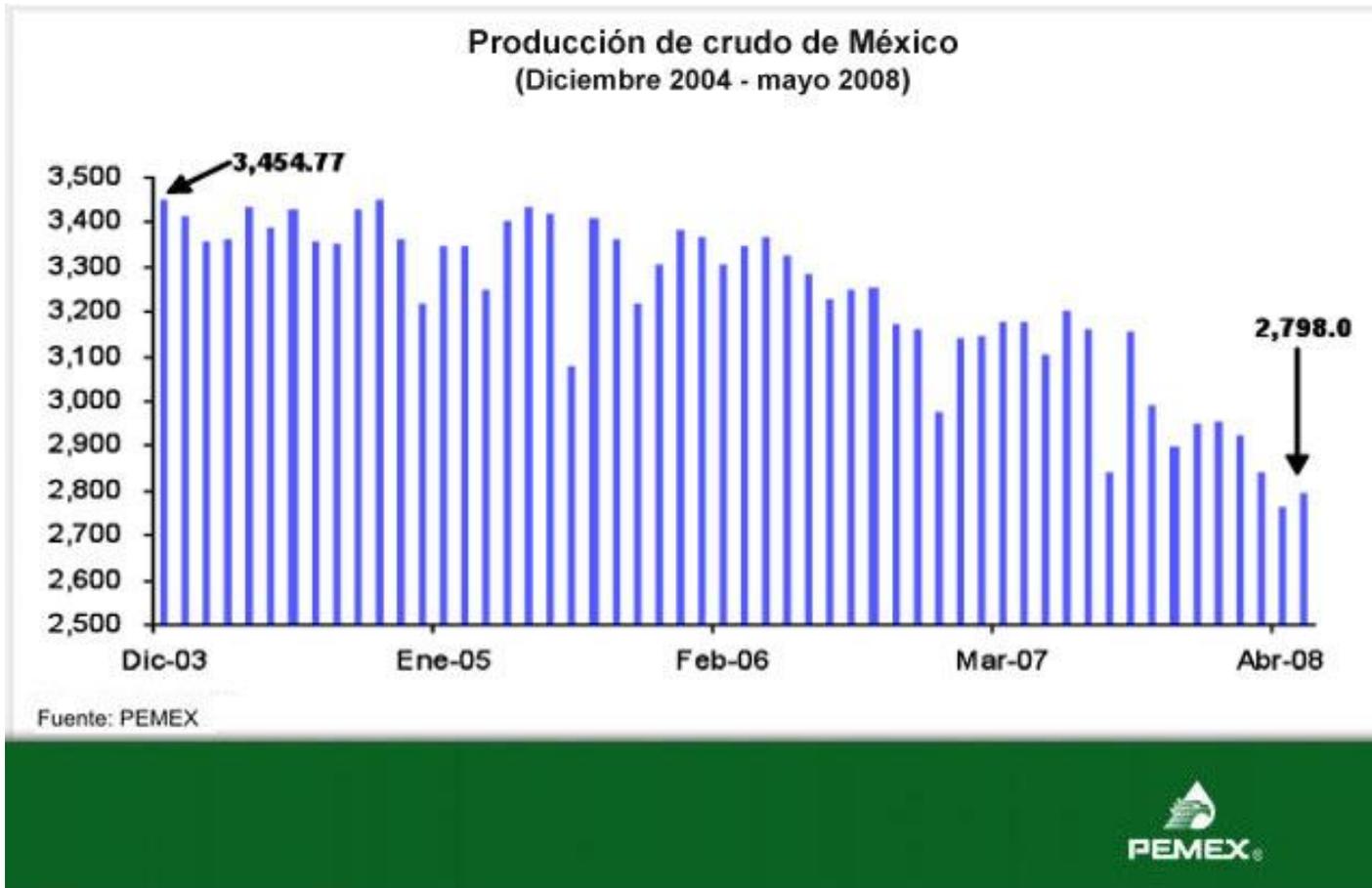
Anexo 4 Gráfica de extracción Pemex



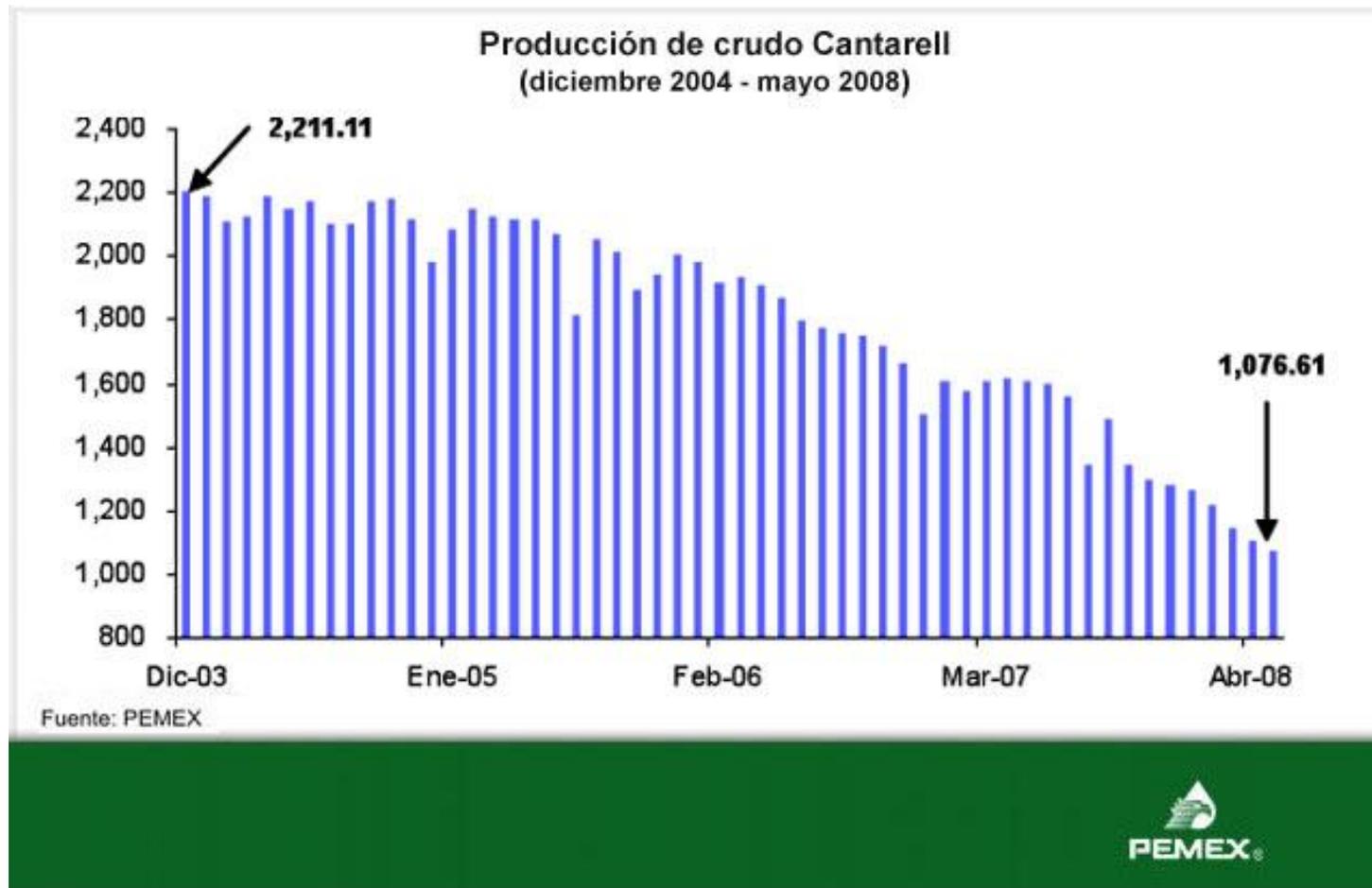
Anexo 5 Ciclo de vida de un yacimiento



Anexo 6 Extracción de crudo de México (dic 2004 a mayo 2008)



Anexo 7 Extracción de crudo de Cantarell (diciembre 2004 a mayo 2008)



Anexo 8 Escenarios de producción de petróleo no convencional

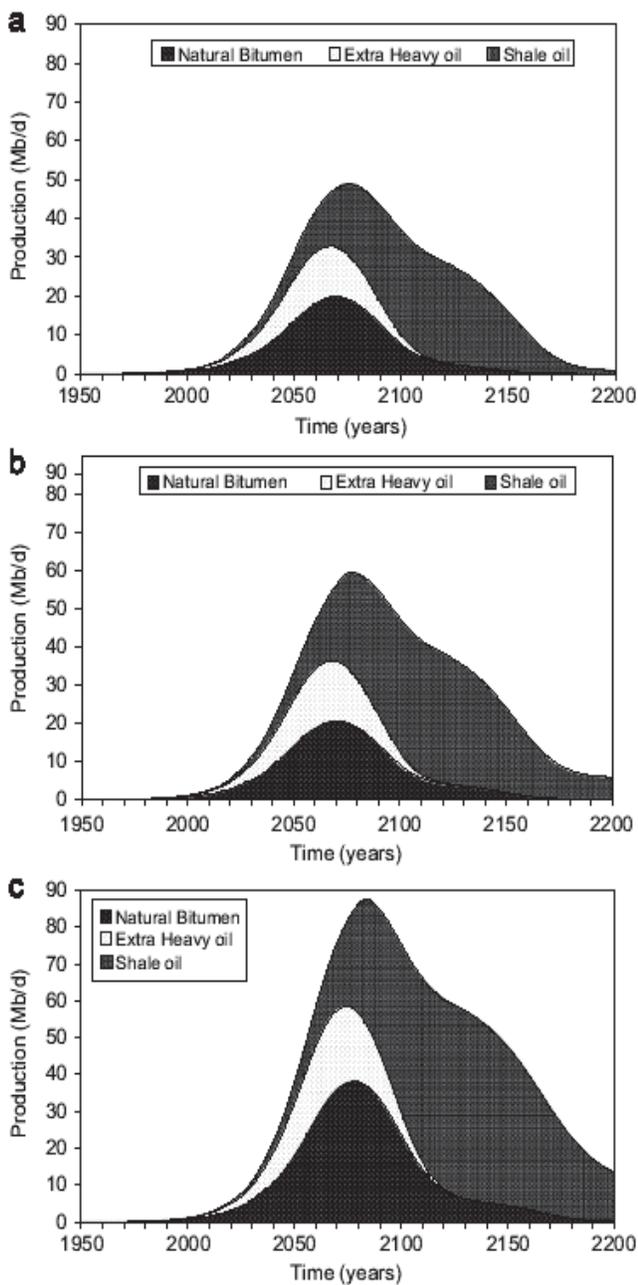


Fig. 5. Unconventional oil production predictions 1950–2200: (A) pessimistic case; (b) best guess case; (c) optimistic case.

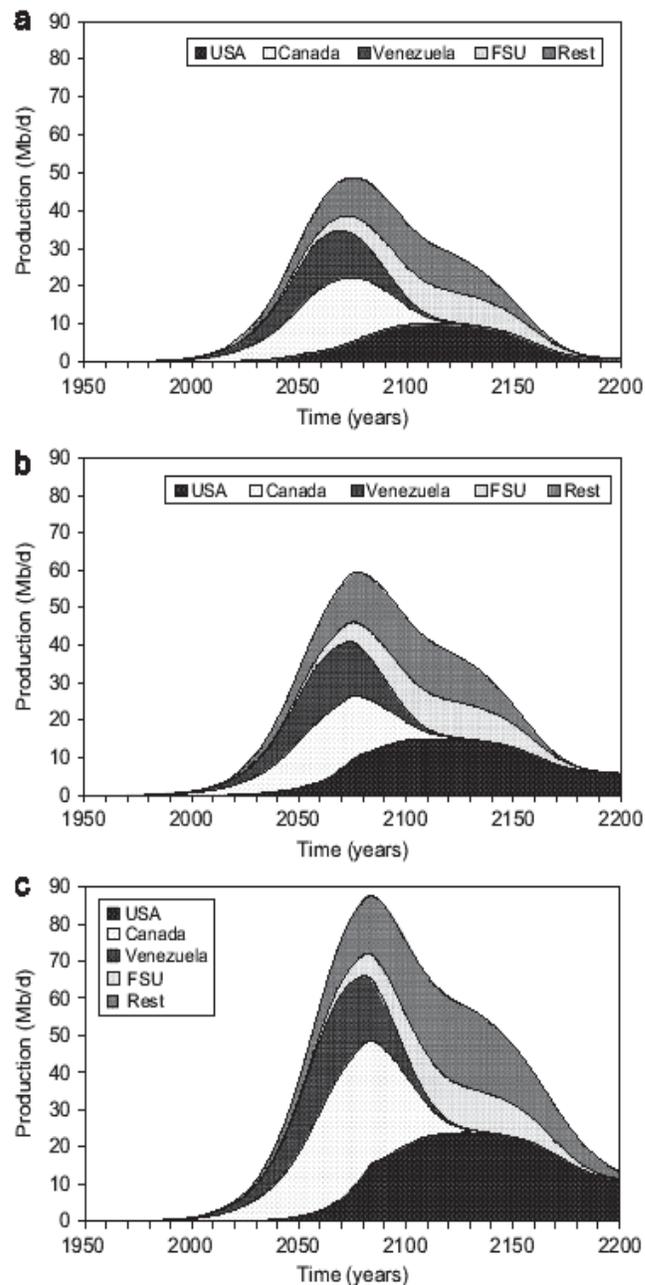
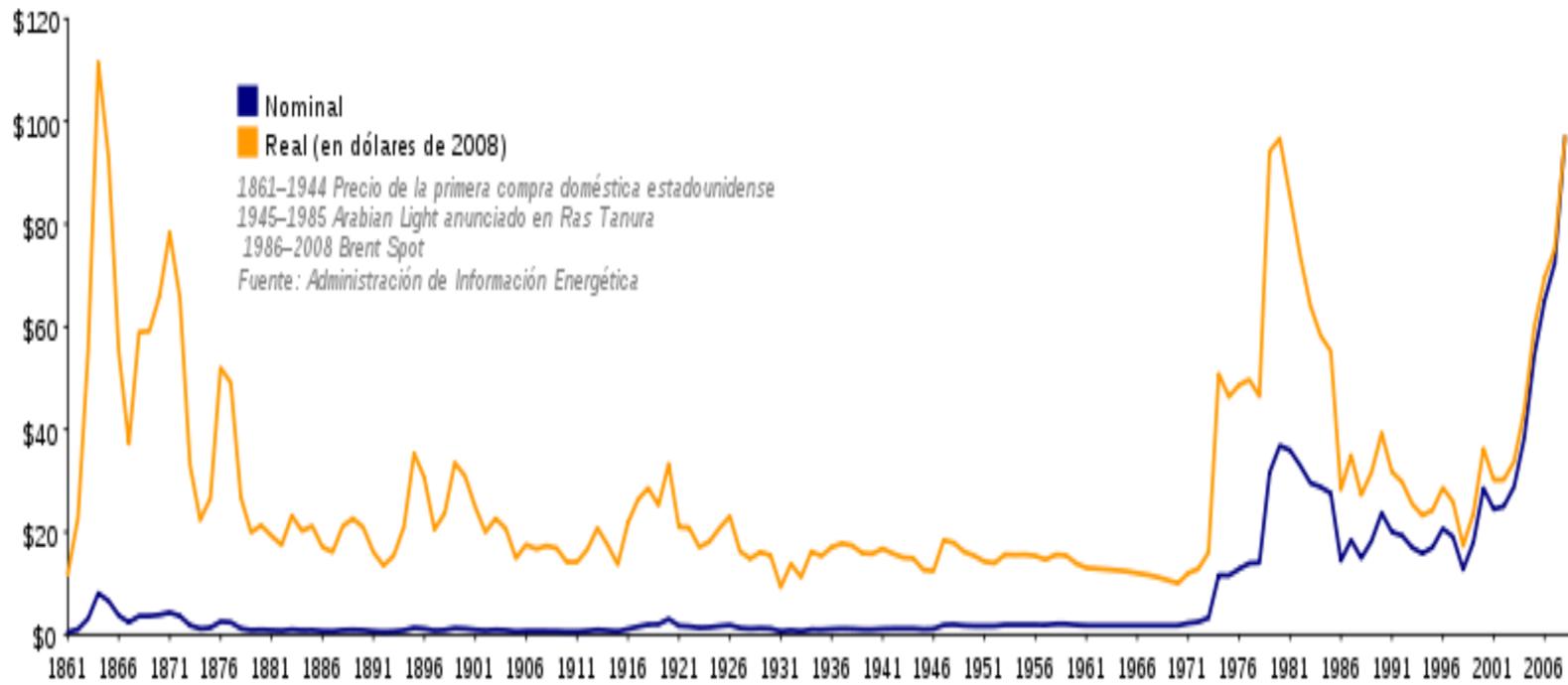


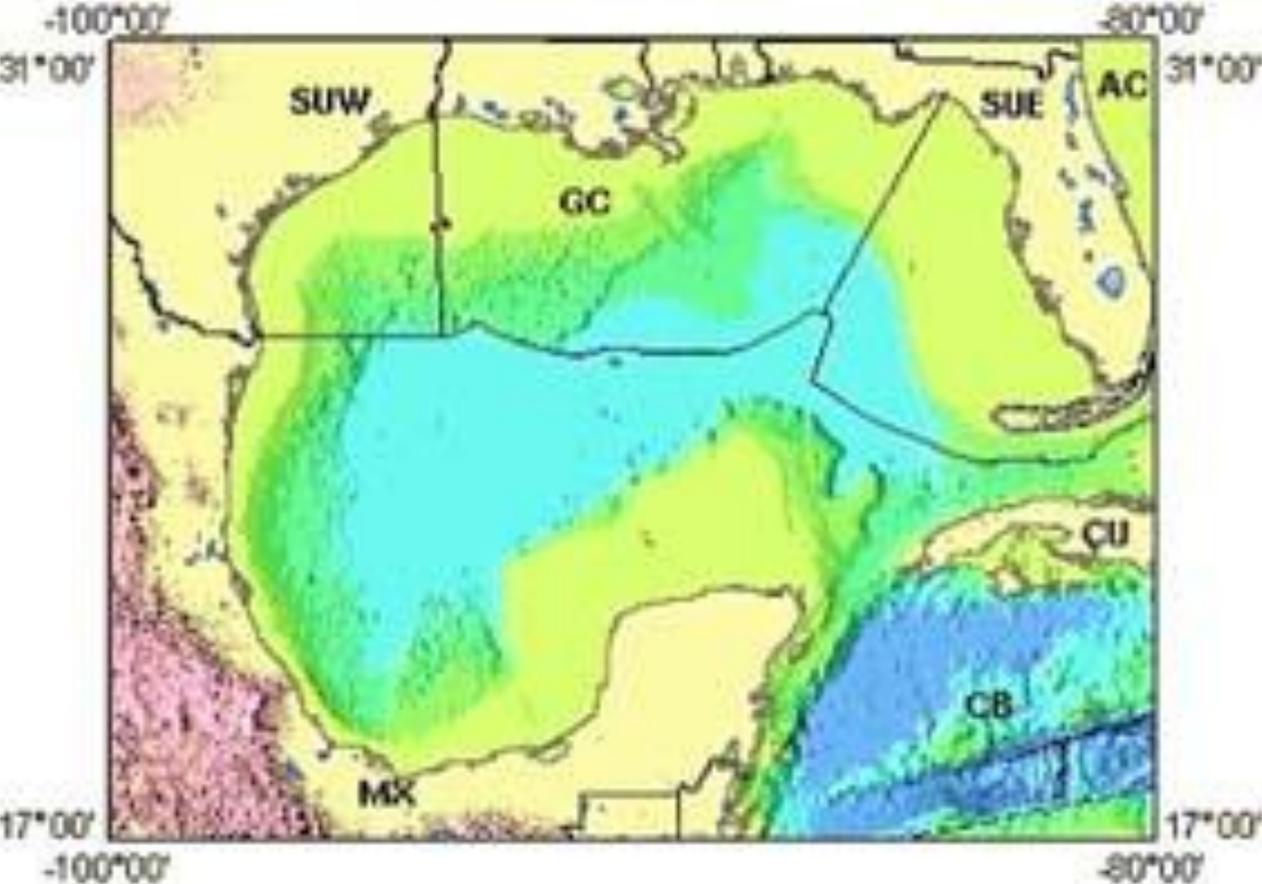
Fig. 6. Unconventional oil production predictions 1950–2200: (A) pessimistic case; (b) best guess case; (c) optimistic case.

Anexo 9. Precios internacionales de crudo 1862-2008



Anexo 10 Delimitación de zona económica exclusiva en el Golfo de México

Gulf of Mexico (GM)



Anexo 11



Indicadores petroleros

Producción de hidrocarburos líquidos

(miles de barriles diarios)

	Total	Petróleo Crudo							Líquidos del gas ^a
		Total Crudo	Por tipo			Por región			
			Pesado	Ligero	Supertigero	Regiones Marinas	Región Sur	Región Norte	
2005	3,760	3,333	2,387	802	144	2,753	497	84	426
2006	3,683	3,256	2,244	831	180	2,680	491	84	427
2007 ^b	3,471	3,076	2,039	838	199	2,524	465	87	395
2008	3,157	2,792	1,766	815	210	2,246	459	87	366
Enero	3,293	2,928	1,910	816	201	2,390	451	87	366
Febrero	3,277	2,909	1,894	812	203	2,371	450	88	368
Marzo	3,206	2,839	1,826	807	206	2,307	446	86	367
Abril	3,127	2,757	1,803	747	207	2,230	441	86	370
Mayo	3,163	2,791	1,794	795	202	2,253	447	90	371
Junio	3,205	2,833	1,773	851	209	2,286	460	87	372
Julio	3,153	2,778	1,728	844	207	2,226	467	85	374
Agosto	3,122	2,759	1,726	828	205	2,209	463	86	363
Septiembre	3,080	2,722	1,694	820	209	2,169	466	87	357
Octubre	3,120	2,757	1,710	822	225	2,199	471	87	362
Noviembre	3,060	2,711	1,670	814	228	2,159	464	88	349
Diciembre	3,082	2,717	1,664	830	224	2,153	475	89	364
2009	2,971	2,601	1,520	812	270	2,010	498	93	370
Enero	3,050	2,685	1,638	815	231	2,120	475	90	366
Febrero	3,027	2,663	1,623	804	237	2,100	472	92	364
Marzo	3,026	2,652	1,586	815	251	2,069	490	94	374
Abril	3,021	2,642	1,558	820	264	2,054	495	93	379
Mayo	2,991	2,609	1,534	810	265	2,022	493	94	382
Junio	2,882	2,519	1,447	802	270	1,928	493	98	363
Julio	2,927	2,561	1,487	806	268	1,967	498	97	366
Agosto	2,915	2,542	1,461	800	281	1,940	508	94	373
Septiembre	2,963	2,599	1,494	822	283	1,994	513	92	364
Octubre	2,962	2,602	1,494	818	289	1,996	514	92	361
Noviembre	2,923	2,553	1,457	802	294	1,957	504	92	369
Diciembre	2,972	2,593	1,465	827	301	1,983	518	91	380
2010	2,974	2,592	1,448	832	312	1,970	523	100	382
Enero	2,993	2,615	1,473	831	311	2,002	520	94	378
Febrero	2,988	2,610	1,467	838	305	1,995	520	95	377
Marzo	2,980	2,595	1,452	835	308	1,976	520	99	384
Abril	2,976	2,593	1,450	828	316	1,971	521	101	382
Mayo	2,977	2,593	1,449	827	318	1,962	527	104	383
Junio	2,931	2,546	1,397	835	314	1,912	530	103	385

a. Incluye condensados.

b. Producción ajustada y corregida por la presencia de agua.

c. El volumen de producción registra una baja debido al cierre de pozos por condiciones climatológicas adversas.

Anexo 12 Histórico de reservas totales

