



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN

*“EL MERCADO DE COQUE DE PETRÓLEO:  
COMO UNA ALTERNATIVA ENERGÉTICA EN  
MÉXICO 2000-2010”.*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN ECONOMÍA  
P R E S E N T A:

**GRISELDA CORTÉS VITE**

**ASESOR:**

**DR. JAIME LINARES ZARCO**



MÉXICO 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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



**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.

## **Agradecimientos**

*A mis padres*

*Quienes me han apoyado a lo largo de mi vida, gracias por la dedicación y amor incondicional que me han brindado; porque con esto, han sentado las bases para poder enfrentarme a las disyuntivas de la vida.*

*A mis hermanos*

*Gracias por compartir alegrías, tristezas y logros conmigo, especialmente Miguel y Gilberto porque ustedes me han apoyado de manera oportuna. Fernando, a pesar de la distancia, tú me encaminaste a tener coraje de querer hacer las cosas.*

*A mis amigos*

*José Luis, Carlos, Mauricio, Diego, Irving, José Carlos y David quienes fueron un gran apoyo durante mi estancia en la universidad.*

*A la familia Estrada*

*Especialmente a Dámaris y su Señora Madre, por haberme abierto las puertas de su hogar.*

*A mis maestros*

*Especialmente al Dr. Jaime Linares Zarco, por ser mi asesor en esta investigación y otorgarme su apoyo en la recta final de este largo camino. También aprovecho para agradecerle al Mtro. Julio César Aguilar por la oportunidad que me otorgó, al poder realizar de mi servicio social junto a él; además de acercame con el Mtro. Daniel Martínez, quien me otorgó sus ideas y conocimientos. Por último, amis sinodales por sus observaciones y comentarios.*

*A mi novio*

*Héctor, gracias por alentarme para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.*

*A mis asesores técnicos de Pemex Corporativo*

*Mtra. Claudia Hernández, Mtra. Susana Bastida, Lic. Antonio Rubio gracias por brindarme las facilidades durante mi estancia como practicante/becario, especialmente a la Lic. Claudia Rivera Minaya.*

# Índice

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
--------------------------	----------

## **CAPÍTULO I**

<b>DIMENSIÓN ECONÓMICA DE LA ENERGÍA.....</b>	<b>7</b>
---	----------

1.1. Definición energía .....	8
1.1.1. La energía y su relación con la economía.....	10
1.2. Petróleo, principal requerimiento energético en el mundo.....	14
1.2.1. Producción y reservas .....	14
1.2.2. Evolución de precios .....	17
1.2.3. Consumo de petróleo y evolución de la industria de refinación .....	19
1.3. El sector energético en México .....	22
1.3.1. Descripción de la política energética: política petrolera .....	25
1.3.2. Pemex Refinación: Situación actual .....	30

## **CAPÍTULO II**

### **NATURALEZA Y CARACTERÍSTICAS DEL COQUE DE PETRÓLEO**

2.1. ¿Qué es el coque de petróleo? .....	36
2.1.1. Antecedentes.....	36
2.2. Procesos de producción del coque de petróleo.....	37
2.2.1. Coquización retardada.....	39
2.2.2. Coquización fluida .....	40
2.2.3. Calcinación.....	41
2.3. Tipos de coque.....	43
2.3.1. Coque verde (CV) .....	43
2.3.2. Coque calcinado (CC).....	45
2.4. Procesos que utilizan coque de petróleo.....	45
2.5. Ventajas y desventajas del coque de petróleo como combustible .....	47
2.6. Panorama teórico sobre el mercado de coque de petróleo.....	48
2.6.1. ¿Qué es el mercado de coque de petróleo? .....	48
2.6.2. La elección del productor .....	49
2.7. Entorno internacional del coque de petróleo .....	52
2.7.1. Producción .....	52
2.7.2. Precio del coque de petróleo .....	55
2.7.3. Consumo .....	56

### **CAPITULO III**

#### **PANORAMA GENERAL DEL MERCADO NACIONAL DE COQUE DE PETRÓLEO, 2000-2010**

4.1. Marco regulatorio y normativo.....	59
4.2. Mercado nacional de coque de petróleo, 2000-2010.....	61
4.2.1. Oferta nacional .....	61
4.2.2. Demanda nacional .....	67
4.3. Balance nacional .....	82
4.4. El precio del coque de petróleo .....	83
4.5. Tendencias del coque verde .....	87
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO I. CUADROS COMPLEMENTARIOS.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO II ABREVIATURAS Y SIGLAS .....</b>	<b>112</b>
<b>LISTA DE ESQUEMAS.....</b>	<b>113</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>113</b>
<b>LISTA DE GRÁFICAS .....</b>	<b>113</b>
<b>LISTA DE IMÁGENES .....</b>	<b>114</b>
<b>MAPAS .....</b>	<b>114</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>1155</b>

# Introducción

---

En la actualidad, para que cualquier país logre tener crecimiento económico exige, forzosamente, la disponibilidad de recursos para la producción y reproducción material, además de la ampliación de las capacidades físicas de producción. En otras palabras, depende de la disponibilidad de un conjunto de factores productivos (tierra, trabajo, capital) para la producción de bienes y servicios, dentro de los mismos se encuentra, la energía.

Actualmente, ese requerimiento energético, recae básicamente sobre el petróleo, esto es a través de sus derivados. Sin embargo, la oferta internacional de crudo, posee gran variedad de ellos, donde en su mayoría son los de tipo pesado; además de la existe un diferencial de precios entre crudos ligeros y pesados.

Ante estos acontecimientos refinerías de diversas partes del mundo, han tenido que realizar inversiones primordialmente en los últimos diez años, para ampliar la capacidad de refinación con tecnología capaz de aprovechar la creciente oferta de crudo pesado y poder cubrir la progresiva demanda de combustibles a nivel mundial, principalmente gasolinas y diésel de uso automotriz y sobre todo que sean más limpios para cubrir las exigencias ambientales.

La tecnología que ha podido cubrir estas necesidades es la coquización retardada, dando como resultado un subproducto de refinación el coque de petróleo. México no fue la excepción, durante la última década, Pemex Refinación realizó trabajos de reconfiguración en sus refinerías, arrojando como residuo *coque de petróleo*.

El aumento de la producción de coque de petróleo en México y en el mundo, ha despertado un fuerte interés dentro del mercado de energía. Sin embargo, la provisión nacional de este residuo no ha sido suficiente para satisfacer la demanda, por lo que sus consumidores se han visto en la necesidad de recurrir a fuentes de suministro externo.

De todo lo anterior planteado hasta aquí, se desprende que el objetivo de este trabajo de investigación es analizar y describir la dinámica del mercado de coque de petróleo en México para el periodo 2000-2010.

Estudiar esta temática resulta importante dentro del campo de la economía, porque ésta se encarga estudiar las leyes que rigen las relaciones de producción, distribución, circulación y consumo de los bienes materiales que satisfacen necesidades humanas en un lugar y momento determinado. Por ende, debe de ocuparse del análisis que tienen los combustibles dentro del sistema económico aun cuando sean residuales.

Se deben aportar elementos prácticos no solo teóricos en la investigación relativa a la economía de la energía, y con esto posicionar a la UNAM como punta de lanza en esta materia, para servir como punto de partida de futuros análisis y estudios sobre el mercado de coque de petróleo en México, ya que esto ha sido relativamente nuevo. Además de que no existe mayor información desglosada por parte de las instituciones públicas del porqué de su consumo, ya que no lo consideran muy importante por ser un residuo de refinación.

Adicionalmente se parte de las siguientes interrogantes: ¿Qué es el coque de petróleo?, ¿Cuál ha sido el papel del coque de petróleo en la industria mexicana?, ¿Cómo ha sido la provisión nacional de este petrolífero en la última década?, ¿Cómo se determina el precio del coque?, ¿Quiénes son los principales consumidores de coque de petróleo y por qué?, ¿Cuál es el nivel de ingreso que percibe Pemex Refinación por su venta?, ¿Cuál será el nivel de consumo y producción de este energético durante los próximos años?

Tentativamente se propone la siguiente hipótesis en la cual se indica que este insumo está adquiriendo importancia como combustible alternativo en la industria de la transformación por su bajo precio, por lo que su demanda se incrementará, aunque su oferta no cumpla con las necesidades del mercado interno.

Para dar curso a esta investigación, el estudio se dividió en tres capítulos:

En el capítulo primero se expone de manera conceptual qué es la energía, estructura y la relación que tiene en la economía. Posteriormente se realiza un análisis sintetizado de la

producción y consumo de petróleo a nivel mundial. Finalmente, en el último apartado puntualizamos las acciones que ha tenido el Estado mexicano en materia de energía a partir del boom petrolero además de examinar el papel que tiene Pemex Refinación como palanca de desarrollo.

En el capítulo segundo se analiza la naturaleza del coque de petróleo, y sus aplicaciones dentro de la industrial. Posteriormente se revisará la teoría económica que aborda el comportamiento del productor, por lo que se retoma conceptos y supuestos básicos para señalar un panorama teórico sobre el mercado de coque de petróleo.

Finalmente en el capítulo tercero se estudian los componentes del mercado nacional del coque de petróleo para los últimos diez años, partiendo de tres vertientes: su oferta, demanda y precio. Por el lado de la oferta se describe la evolución de la producción y de las importaciones del coque de petróleo. Para el análisis de la demanda se adoptaron las cifras correspondientes a los niveles de ventas internas y externas de este combustible, siendo abordadas desde dos puntos de vista, por un lado desde una perspectiva sectorial, y por el otro, desde una visión regional. Asimismo se realiza una exposición de la evolución de los precios de este combustible; ya que no hay un registro oficial de precios nacionales de éste.

Por último, en la sección Conclusiones y Recomendaciones, se presenta un síntesis sobre lo más importante del trabajo y se enuncian los resultados derivados de la línea de investigación desarrollada, a partir de los objetivos y las hipótesis planteadas. Asimismo, se indica una serie de recomendaciones que tienen como fin buscar un alivio y solución a ciertos problemas detectados durante el proceso de esta investigación. También se incluyó un Anexo donde se encuentran las abreviaturas y siglas así como estadísticos complementarios con la finalidad de servir como apoyo a la comprensión del tema.

# Capítulo I

## La dimensión económica de la energía

---

*“El determinante fundamental de los precios es, pues la energía necesaria, directa e indirectamente en la producción”*

*William Petty*

El nivel de desarrollo alcanzado por la sociedad tiene como base el uso de energía, esto es a través de las diversas fuentes que la naturaleza pone a su disposición para su subsistencia y desarrollo.

En un análisis histórico, se puede distinguir en primera instancia a la madera y la fuerza de los vientos como las principales fuentes de energía, mismas que marcaron un hito en el proceso de civilización, porque con ellas se lograron satisfacer necesidades básicas desde la cocción de alimentos, calefacción, iluminación, etc., lo cual permitió la sobrevivencia y evolución de la humanidad.

Sin embargo, la fuerza del hombre (fuerza del trabajo) ha sido y seguirá siendo la principal fuerza motriz en cualquier modo de producción. Ésta, con el transcurso del tiempo se ha ido potencializando, gracias al desarrollo y empleo de herramientas se ha podido dominar la materia prima para transformarla en producto, dando como resultado la especialización en ciertas actividades consecuentemente al desarrollo de la ciencia y tecnología.

Lo anterior permitió crear e introducir la máquina-herramienta en los procesos productivos, tal es el caso de la máquina de vapor y de combustión interna durante la Primera Revolución Industrial, en el siglo XVIII<sup>1</sup>. Sin embargo, el gran consumo de energía se marcó de manera preponderante con la llegada de la Segunda Revolución Industrial<sup>2</sup>, con

---

<sup>1</sup> La creación de la máquina-herramienta obligó a revolucionar la máquina de vapor. (Marx, 1843, pág. 304 y 306)

<sup>2</sup> Segunda fase de la Revolución Industrial, cuando el capitalismo maduró definitivamente como sistema económico y estableció sus «pilares fundamentales», fue un proceso de innovaciones tecnológicas, científicas, sociales y económicas nunca antes vistas. Su comienzo suele fijarse entre 1850 y 1870, momento en el cual se empieza a observar el surgimiento de nuevas y mejoradas técnicas de producción, y una nueva clase de industrias, como la industria química, eléctrica o la automovilística.

las innovaciones<sup>3</sup> científico-tecnológicas que se relacionan directamente con la industrialización que a su vez requiere del empleo de recursos energéticos como el carbón, electricidad, petróleo, gas etc.; para su correcto funcionamiento. Así pues, el mundo moderno se ha vuelto inconcebible sin la existencia de los mismos.

Por ende, ese requerimiento constituye el fin que justifica la existencia de un mercado, el de energía. Antes de abordar las locuciones técnicas comerciales de cualquier recurso energético, como el *coque de petróleo* se debe definir previamente qué es energía.

### 1.1. Definición de energía

Comúnmente el término energía lo relacionamos con la capacidad para producir algún tipo de trabajo. Polo Encinas Manuel (1979, pág. 19) la define como “la capacidad de la materia para producir algún tipo de trabajo o poner algo en movimiento.”

En la naturaleza, ésta se puede manifestar en muchas formas como: calor, luz, potencial, cinética, química, mecánica, etc. Estas manifestaciones pueden ser aprovechadas y almacenadas a partir de los recursos disponibles en la naturaleza,” para elaborar múltiples combustibles teniendo en cuenta que “*la energía no se puede crear sino transformarse*<sup>4</sup>.

Por tanto, la energía en el sentido económico se refiere al empleo de todos los productos y recursos energéticos, materias primas o insumos, capaces de producir cantidades de energía física para ofrecer la posibilidad de realizar un trabajo en los diferentes sectores de la economía.

---

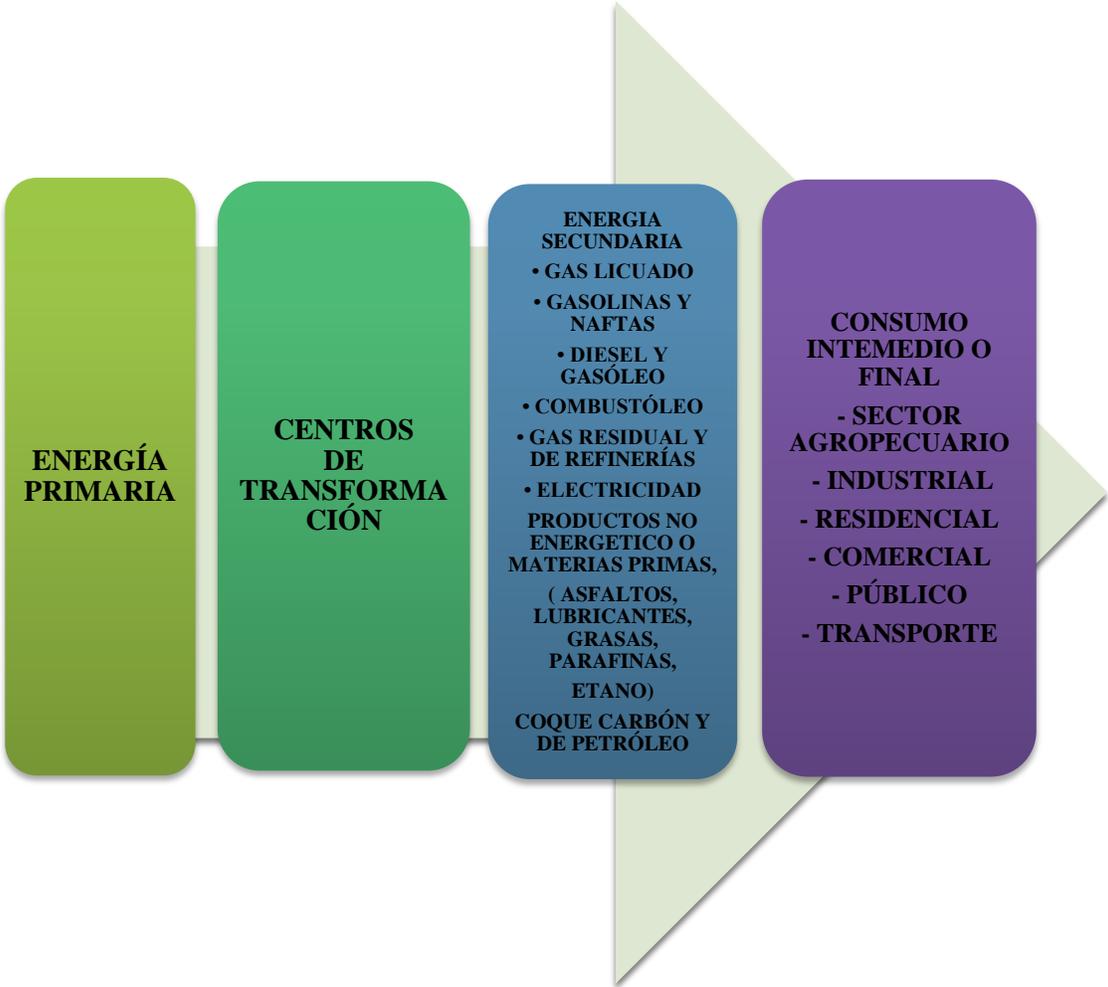
<sup>3</sup> Según Freeman (1974) la innovación es el proceso de integración de la tecnología existente y los inventos para crear o mejorar un producto, un proceso o un sistema. Innovación en un sentido económico consiste en la consolidación de un nuevo producto, proceso o sistema mejorado. (Gómez Ortiz, 2005). La innovación es un fenómeno económico y organizacional de creación de valor que resulta de la nueva combinación de los factores de producción y del conocimiento, la cual se personaliza en la forma de un nuevo producto o servicio, de un nuevo método de producción, de un nuevo mercado o el uso de un nuevo insumo o de una nueva tecnología. (Beristain Hernández, 2009, pág. 146)

<sup>4</sup> Este enunciado, se refiere a la conocida primera ley de la termodinámica y se le atribuye al físico inglés James Prescott Joule (1818-1889). En su honor se ha llamado a la unidad de energía. Sin embargo, el francés *Nicolas Léonard Sadi Carnot*, en su obra *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia*, de 1824 expuso el punto de partida de esta ley (Daub & Seese, 2005, pág. 47)

La estructura de la oferta energética, en el ámbito nacional como internacional, se integra por dos categorías fundamentales: energía primaria y secundaria. Dicha clasificación se debe al origen de sus fuentes y a los diversos procesos de extracción, conversión-producción y destino a los cuales se someten.

### Esquema 1

#### Transformación de energía primaria a secundaria



**Fuente:** Elaboración propia en base al Balance Nacional de Energía, 2011

La energía primaria comprende aquellos productos energéticos que se extraen o captan directamente de los recursos naturales, como: recursos fósiles y vegetales, yacimientos mineros, eólicos, solares, etc. Este tipo de energía se utiliza como insumo para obtener

diversos productos que integran la energía secundaria, mismos que se destinan a los diferentes sectores de la economía. Lo anterior queda representado en el esquema 1.

### **1.1.1. La energía y su relación con la economía**

El análisis de la influencia que tienen la energía en el proceso económico, tiene sus orígenes a mediados del siglo XVII. Paul Christensen (2009), en su artículo “*Economic Thought, History of Energy in*”, resalta a William Petty, en su obra *Aritmética Política* (1672), donde manifiesta que:

*“la energía disponible, (alimentos, materias primas) que mantiene y alimenta a la sociedad, incluido los sectores artesanal y comercial. Es el determinante fundamental de los precios, pues la energía necesaria, directa e indirectamente en la producción (pág. 44.).*

Considerando éste último planteamiento, la teoría económica desde entonces señala a los productos energéticos como bienes intermedios, porque son analíticamente equivalentes al vidrio, al acero, a la madera o al algodón en bruto (Shahid Alam, 2006).

La producción de cualquier combustible, especialmente en lo que se refiere a los combustibles fósiles, como el petróleo, gas y carbón es necesario contar con los recursos económicos, financieros, y humanos apropiados. Es una actividad altamente intensiva en capital; tiende a emplear economías de escala como forma de abatir costos; utiliza tecnologías progresivas; requiere además de importantes inversiones para la construcción de infraestructura para su producción, transporte, almacenamiento y distribución.

Finalmente, la demanda de energía ya sea como bien intermedio o como bien de consumo final siempre es una demanda derivada, determinada por la intensidad energética del proceso de producción o la cantidad y calidad que demandan los diferentes agentes económicos, para la satisfacción de sus necesidades. Bajo este enfoque, la relación entre la energía y economía se divide en: microeconómica y macroeconómica.

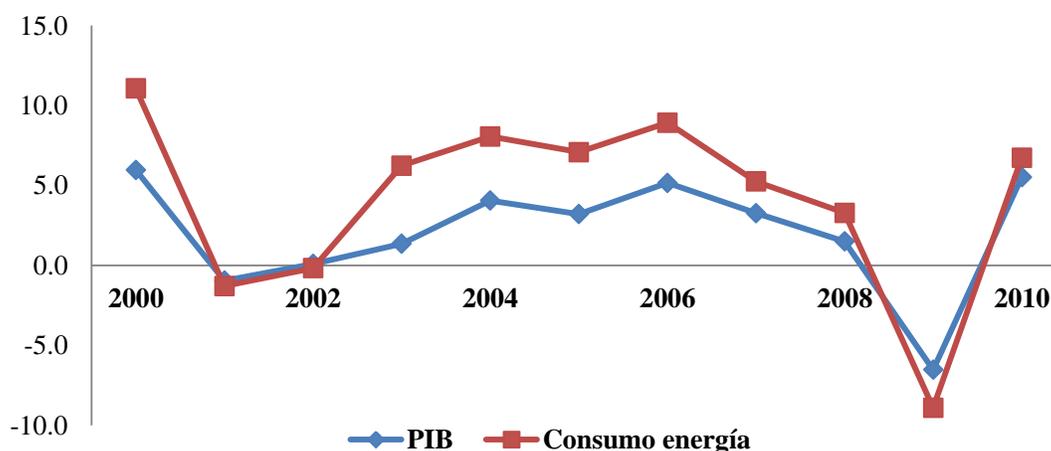
En la dimensión microeconómica se encuentran dos puntos importantes como: criterios para la fijación de los precios; estructuras de mercado; toma de decisiones de inversiones ya sea

para producir combustibles o para para la formación bruta de capital fijo con mayores grados de eficiencia tecnológica sobre todo en la industria

En la dimensión macroeconómica hay una serie de factores, de efecto domino como lo señala Bouille Daniel en su obra *Economía de la Energía* (2004) y son los siguientes: los precios afecta a los precios absolutos y relativos de todos los demás bienes y servicios que se producen en cada sistema económico, ocasionando un efecto inflacionario; la comercialización de la energía, es una fuente de ingresos fiscales importante. Por último la elasticidad renta de la demanda de energía, es decir, la relación entre crecimiento económico y el consumo de energía señala el grado de desarrollo de una nación<sup>5</sup> (pág. 32)

### Gráfico 1

**México: Producto Interno Bruto y Consumo de Energía , 2000-2010**  
**Crecimiento porcentual**

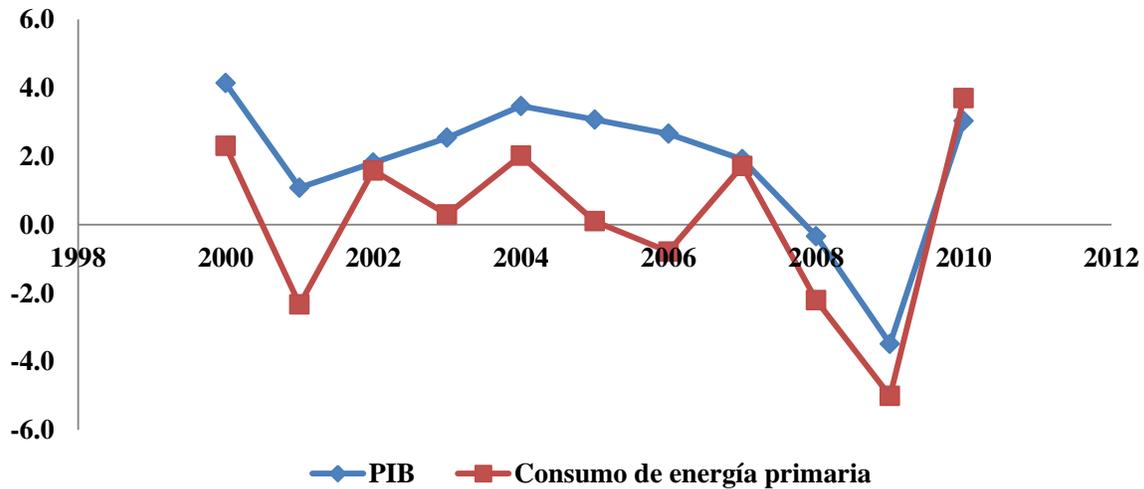


**Fuente:** Elaboración propia, con base en INEGI. El Sector Energético en México 2012, México, 1995 y British Petroleum, BP Statistical Review of World Energy, Junio 2012.

<sup>5</sup> Esto surgió, en 1987 a raíz del reporte de la Comisión Brundtland, Goldemberg, Johanson, Reddy y Williams (1987a: 5; 1987b: 6) publicaron dos libros, *Energy for Development* y *Energy for a Sustainable World*, donde plantearon la necesidad de crear esquemas de desarrollo que mejoraran las condiciones de vida de la población, pero que fueran menos intensivos en el empleo de la energía.

Gráfico 2

E.U.A: Producto Interno Bruto y Consumo de Energía , 2000-2010  
Crecimiento porcentual



**Fuente:** Elaboración propia, en base al Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados con datos de The U.S. Department of Commerce, Bureau of Economic Analysis y *BP Statistical Review of World Energy*, Junio 2012, Inglaterra.

Martínez Salinas Daniel (1997) nos señala que para que el consumo de combustibles, contribuya positivamente al crecimiento y *desarrollo económico*<sup>6</sup> previamente se deben aplicar planes y medidas que contemplen un uso racional, principalmente el consumo predestinado a la producción; además de alcanzar cierto grado de desarrollo tecnológico sobre todo por parte de los países menos favorecidos para poder alcanzar un mayor grado de eficiencia energética<sup>7</sup> (pág. 3).

Por ejemplo México, posee un alto demanda en comparación con su producción nacional, lo que indica que una unidad de energía no produce la misma riqueza como se observa en la

<sup>6</sup> El desarrollo económico se define como el cambio cualitativo y restructuración de la economía de un país en relación con el progreso tecnológico y social. El principal indicador del desarrollo económico es el aumento del PNB per cápita (o PIB per cápita) (Mundial, 2012)

<sup>7</sup> En 1987, año en que se publicó el reporte de la Comisión Brundtland, Goldemberg, Johanson, Reddy y Williams (1987a: 5; 1987b: 6) publicaron dos libros, *Energy for Development* y *Energy for a Sustainable World*, donde plantearon la necesidad de crear esquemas de desarrollo que mejoraran las condiciones de vida de la población, pero que fueran menos intensivos en el empleo de la energía, tanto por razones ambientales como de desarrollo económico y social, particularmente en los países pobres.

gráfica 1. Si lo comparamos con Estados Unidos como se muestra en la gráfica 2 se observa que se produce con menos consumo de energía primaria.

Para Paul Stevens (2000) el consumo de energía por las sociedades varía enormemente, reflejando diferencias básicas de geografía, clima, cultura y sistemas económicos. Grandes cantidades de combustibles son adquiridas principalmente por naciones industrialmente desarrolladas, en comparación con los países pobres, porque en ese entorno se producen más bienes y servicios, debido a que sus habitantes consumen más en todos los sentidos en comparación con las economías que se encuentran en vía de desarrollo.

Actualmente, el consumo intensivo de energía está dando un giro hacia las economías emergentes como China, Corea y la India, están presagiando un crecimiento sostenido en el consumo de energía, esto es para dinamizar su crecimiento económico como se puede apreciar en la imagen 1. En tanto, los países industrializados mantendrán su consumo a la baja, debido a las políticas de eficiencia energética y ante el creciente desarrollo de su aparato productivo (Secretaría de Energía, Balance Nacional de Energía 2011, 2012, pág. 23).

### Imagen 1

#### Consumo de energía en el mundo



**Fuente:** National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Por consiguiente, dentro del proceso económico, la energía por un lado es un insumo *más* que contribuye a la producción de ciertos bienes o servicios, por el otro un *producto* de un proceso de transformación concreto y/o un bien más de los que consumen.

## 1.2. Petróleo, principal requerimiento energético en el mundo.

Durante el 2010, la oferta mundial de energía primaria fue 12,717.1 millones de toneladas equivalentes de petróleo Mtep, el 32% de ese total alrededor de 4,107 Mtep correspondió a petróleo<sup>8</sup>. Por tanto, dada la preponderancia que posee frente a los demás energéticos, es necesario destacar como se han comportado sus componentes: oferta, demanda y precios<sup>9</sup>.

### 1.2.1. Producción y reservas<sup>10</sup>

De acuerdo al reporte que genera British Petroleum (2012), indica que en los últimos diez años la producción mundial de petróleo crudo, pasó de 74,795 Mbd en 2000 a 82,480 Mbd en 2010. Esta producción no ha sido de manera homogénea para todas las regiones del mundo, tan sólo al cierre de la década el 30% se encuentra concentrada en Medio Oriente; le sigue Europa y Eurasia con el 21%; Norteamérica 16%, África y Sudamérica con 21%, y por último Asia con el 10% como se puede observar en el cuadro 1.

**Cuadro 1**  
**Producción mundial de petróleo por región, 2000- 2010**  
**(Miles de barriles diarios)**

Región	2000	2010	Tema	Participación (%)	
				2000	2010
Norte América	13,910	13,880	-0.02	18	16
Sudamérica. & Cent. América	6,813	7,293	0.62	9	9
Europa & Eurasia	14,912	17,629	1.53	19	21
Medio Oriente	23,524	25,314	0.67	31	30
África	7,804	10,114	2.39	10	12
Asia Pacífico	7,833	8,251	0.47	10	10
Total	76,796	84,490	0.87	100	100

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Statistical Review of World Energy (2012)

<sup>8</sup> El carbón representó el 27 %, teniendo al gas natural en tercer lugar con un 22%, en cuarto lugar biomasa en 10% y la nuclear e hidroeléctrica en último lugar con el 9%.

<sup>9</sup> Ver Anexo I, para mayor información cuadros 1 y 2

<sup>10</sup> En los cuadros y gráficas de distribución porcentual, los valores pueden no sumar cien, debido al redondeo.

Es importante puntualizar que cerca del 40% de la oferta global de crudo así como el 14 % de gas natural se encuentra controlada por los países miembros de la OPEP<sup>11</sup> de los cuales más de la mitad son del Medio Oriente.

Para el caso de las reservas únicamente señalaremos las probadas<sup>12</sup>. Estos volúmenes cambian constantemente por el descubrimiento y por la explotación del recurso. Para el año 2000, estas se ubicaban en 1,105 miles de millones de barriles (MMMb), mientras que para 2010 fue de 1,622 MMMb.

Por países seleccionados, al final de periodo observado Venezuela es la principal nación con mayor número de reserva probada en el mundo sumando un total de 297 MMMb, lo cual representa el 18% de las reservas globales, además de contar con una reserva-producción (R/P) de más de 100 años.

Arabia Saudita posee el segundo lugar con una participación del 16%, es decir, sumó 264 MMMb, pero su (R/P) hasta el momento es de 65 años; Irán con 137 MMMb, Canadá ahora posee el tercer lugar con una cifra de 175 MMMb simbolizando el 10%. Por su parte México de acuerdo con los datos de la OPEP, tenía reservas por el orden de los 20.2 MMMb en 2000, las cuales han disminuido para ubicarse en los 11.4 MMMb en 2010.

Pero surge una interrogante, ¿entonces, qué tipo de crudo es el que se encuentra en esas reservas? En el artículo *Update petróleo no convencional - Aceite pesado y Tars Sands potenciales* de Rigzone (2013) resalta que la mayor parte de las reservas probadas para ese mismo año están compuestas principalmente de crudo pesado con una participación de

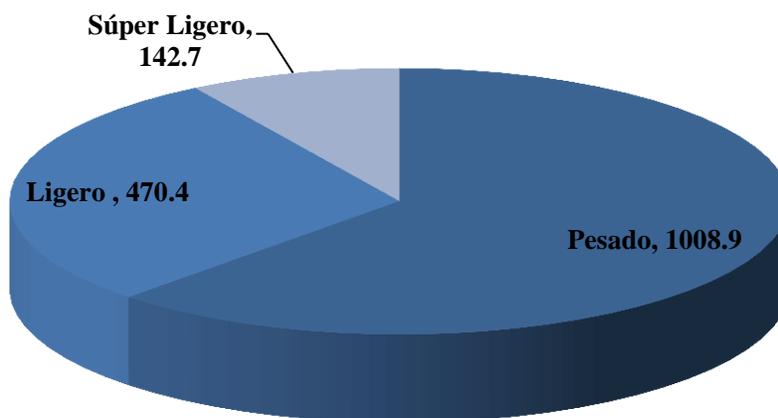
---

<sup>11</sup> Esta organización se creó en 1960 con el objeto de coordinar y unificar las políticas petroleras de sus países miembros con la defensa de sus intereses como naciones productoras. Actualmente, las naciones miembros de la Organización son: Argelia, con un potencial de producción de 1,5 millones de barriles diarios; Arabia Saudí, 9,5 a 10,6 MBD; Emiratos Árabes, 2,7 a 3,0 MBD; Indonesia: 1,6 MBD; Irán, 3,7 a 4,0 MBD; Irak, 2,6 MBD; Kuwait, 2,4 MBD; Libia, 1,4 MBD; Nigeria, 2,4 MBD; Qatar, 658 mil barriles diarios, Ecuador y Venezuela, 3,9 millones de barriles diarios (Organization of the Petroleum Exporting Countries, 1960)

<sup>12</sup> Las **reservas probadas** o reservas 1P son aquellas que han sido descubiertas y tienen una alta probabilidad de convertirse en producción futura. La industria considera que pueden ser recuperadas en las condiciones económicas y operativas existentes, con mayor certidumbre.

62.2%, seguido de crudo ligero con 29.0% y por último el crudo súper ligero con 8.8% ver gráfica 3. El 82 % de esas reservas se encuentran ubicados en el Hemisferio Occidental, siendo Canadá, Venezuela y México los principales países los que poseen mayores cantidades de reservas con ese tipo de petróleo. Mientras tanto, el Hemisferio Oriental, contiene un 85 % de las reservas de crudo ligero en el mundo.

**Gráfico 3**  
**Tipo de crudo en reservas probadas, 2010**  
(Miles de millones de barriles)



**Fuente:** Elaboración propia con datos de Statistical Review of World Energy (2012) y Rigzone

Entre las más notables reservas de crudo pesado son: Faja de Petróleo Pesado Cinturón de Venezuela, la canadiense Athabasca Oil Sands, cuenca del Volga y Ural de Rusia, costa cuenca brasileña Campos, de Alaska Prudhoe Bay, y Luda campo de China en la bahía de Bohai.

La mayor acumulación de petróleo extra-pesado conocido es el cinturón de Orinoco en Venezuela, informa el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), la reserva cuenta con el 90% del petróleo extra pesado del mundo. La provincia canadiense de Alberta contiene 81 % de los conocidos bitumen recuperable del mundo. Las reservas de los dos países representan aproximadamente 3,6 billones de barriles de crudo pesado y bitumen en su lugar.

### 1.2.2. Evolución de precios

Antes de penetrar en la evolución de los precios del petróleo crudo, se debe tener en cuenta que la fijación de las cotizaciones de esta materia prima se involucran muchos factores, no solamente económicos, como sucedería con otro tipo de recursos, sino también influye las cuestiones geopolíticas, climatológicas y también el impacto en los precios que tienen los especuladores en el mercado de futuros.

Por otro lado, Luis Gerardo Guerrero<sup>13</sup> en su artículo de “*Economía de la refinación*” (2009) nos pone en claro que la industria de la refinación a través de la actividad del *downstream*<sup>14</sup>, influye de manera preponderante en la determinación del precio del petróleo crudo

Las calidades de crudos que existen en el mercado, influyen en las configuraciones de las refinерías existentes en una región (o a nivel mundial) y marcarán la demanda por cierto tipo de crudo en especial; influenciando una vez más el precio de los crudos. Cuánto más alta es la calidad del crudo, más alto es su precio de mercado, en relación con el precio promedio predominante de todo el petróleo crudo. En otras palabras, los crudos livianos con poco azufre tienen un sobreprecio, en comparación con el crudo pesado. (pág. 112).

En la tabla 1, se muestra las propiedades de algunos crudos seleccionados así como sus precios, para poder realizar comparaciones más directas. El sistema de crudos marcadores, sirve como guía en el mercado spot de petróleo crudo. La lógica de esto es que los precios spot, representan el punto de equilibrio entre la oferta y la demanda. Los principales crudos de referencia internacional son los siguientes:

- **West Texas Intermediate (WTI)** es el crudo de referencia para el hemisferio occidental.
- **North Sea Brent** es el crudo marcador para Europa, África y Asia Central, así como de los crudos de Medio Oriente.
- **Dubai Fateh** es el crudo marcador que se utiliza en los mercados de Asia.

---

<sup>13</sup> Maestro en Ingeniería Energética, Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

<sup>14</sup> Downstream se refiere comúnmente a las tareas de refinamiento del petróleo crudo y a su procesamiento así como también la comercialización y distribución de productos derivados del petróleo crudo y gas natural.

## Cuadro 2

### Precios y propiedades de crudos seleccionados<sup>15</sup>

País	Tipo	Cotizaciones USD / ddl		API <sup>16</sup>
		2000	2010	
EE. UU	WTI	30.4	79.4	39°
Noruega	Brent	28.5	79.5	38°
Asia	Dubái	26.2	78	31°
México	Olmeca (Súper ligero)	29.21	79.8	38.3°
	Istmo (ligero)	28.12	77.94	33.44°
	Maya (Pesado)	23.41	70.32	21.77°

**Fuente:** Elaboración propia, con base a British Petroleum, *BP Statistical Review of World Energy 2011*, Inglaterra, 2011 y Prontuario Estadístico del Sector Energético, Noviembre 2012 [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)

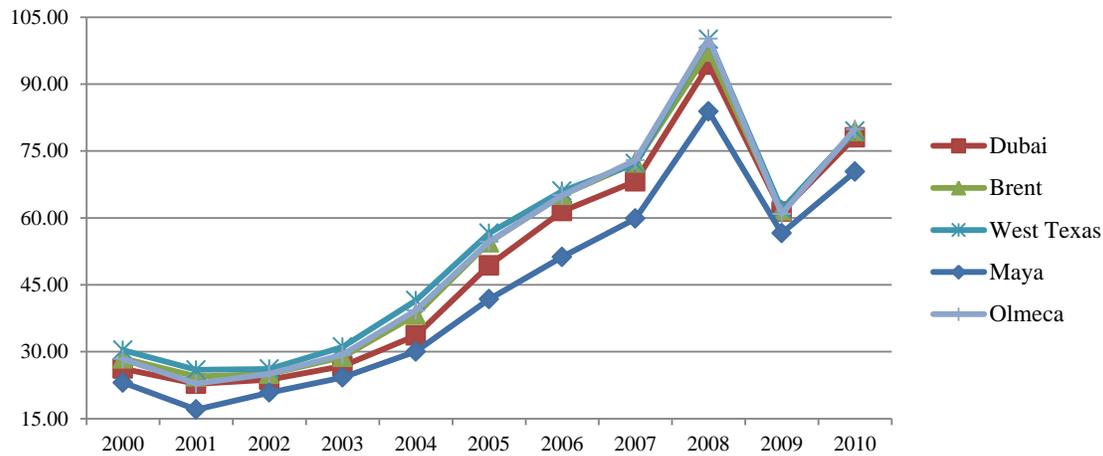
Ahora podemos valorar la evolución histórica de los precios spot de estos crudos para la última década. A inicios del año 2000 se empezó a promediar un valor ligeramente superior a 30 dólares por barril; pero la tendencia alcista se marcó durante el periodo 2003-2008 ver gráfica 5.

Lo anterior se asocia a la incertidumbre generada por el comportamiento de la economía mundial, la volatilidad de los mercados financieros, la guerra en Irak en 2003 y el crecimiento de la demanda en mercados emergentes, principalmente en China y Medio Oriente”. ( Rossi Guerrero, 2008, pág. 389). Durante dicho período se superaron muchas marcas históricas, hasta que en 2008 el precio del petróleo rebasó por primera vez los 100 dólares por barril.

<sup>15</sup> Ver histórico en Anexo I.

<sup>16</sup> API es un parámetro internacional del Instituto Americano del Petróleo, que diferencia las calidades del crudo. A mayor gravedad API el petróleo será más liviano.

**Gráfico 4**  
**Precios Spot de crudo 2000 - 2010**  
**USD / ddl**



**Fuente:** Elaborado con datos de Oil Market Report, Bloomberg, Agencia Internacional de Energía y [www.pemex.com](http://www.pemex.com)

### 1.2.3. Consumo de petróleo y evolución de la industria de refinación

El consumo final de crudo es a través de sus derivados, principalmente como combustibles, siendo la industria de refinación la encargada en transformarlo en derivados se caracteriza por tener una oferta de productos altamente diversificada; márgenes de operación reducidos, dada esta situación los niveles de rentabilidad son muy sensibles a movimientos cíclicos de los mercados, a pesar de ello, se ubica entre las más grandes y rentables del mundo.

Esta industria a nivel mundial está enfrentando una serie de retos asociado a cambios en las características del petróleo crudo disponible en el mercado; alza en la cotizaciones de petróleo crudo; introducción de biocombustibles en algunas regiones y a requerimientos cada vez más estrictos de calidad de los combustibles a fin de reducir su impacto ambiental.

La calidad promedio del crudo procesado en el mundo, es decir, la gravedad API promedio y el contenido de azufre varían según la región. En algunas regiones el crudo que se procesa es más liviano o con poco azufre que en otras regiones, como se muestra en el **Cuadro 3**, pero esta tendencia se inclina al empleo de crudo más pesado en el 2030.

### Cuadro 3

#### Calidad regional y mundial promedio del petróleo crudo

Región	2010		2030	
	Gravedad ( ° API)	Azufre ( wt%)	Gravedad ( ° API)	Azufre ( wt%)
Norte América	31.2	1.21	28.7	1.66
Latino América	25.1	1.59	23.5	1.57
Europa	37.1	0.37	37.4	0.38
Países Independientes	32.5	1.09	35.1	0.97
Asía Pacífico	35.4	0.16	35.7	0.16
Medio Oriente	34	1.75	33.9	1.84
África	36.5	0.31	37.1	0.26

Fuente: Análisis de Consultoría de Hart Energy (2010)

Todos esos factores implican modificaciones continuas en la configuración y complejidad de las refinerías, principalmente en tecnología. Las medidas que se han llevado a cabo son la integración de sistemas de coquización, permitiendo mejorar los márgenes de refinación<sup>17</sup>, pero con una alta volatilidad en el tiempo, derivada de la conjunción de esos factores además de dar como resultado *coque de petróleo*.

Pero, ¿por qué las refinerías están realizando estas acciones? como bien ya se mencionó anteriormente es para aprovechar la creciente oferta de petróleo pesado que se está presentando, además del diferencial de precios entre los tipos de crudos y disminución de combustóleo.

Cuanto más complejas<sup>18</sup> sean las refinerías, es decir, con mayores números de procesos, posee mayores ganancias tendrá, mientras que las más simples operan muy cercanas a su punto de equilibrio llegando incluso a tener pérdidas. Esto se debe a que requieren procesar

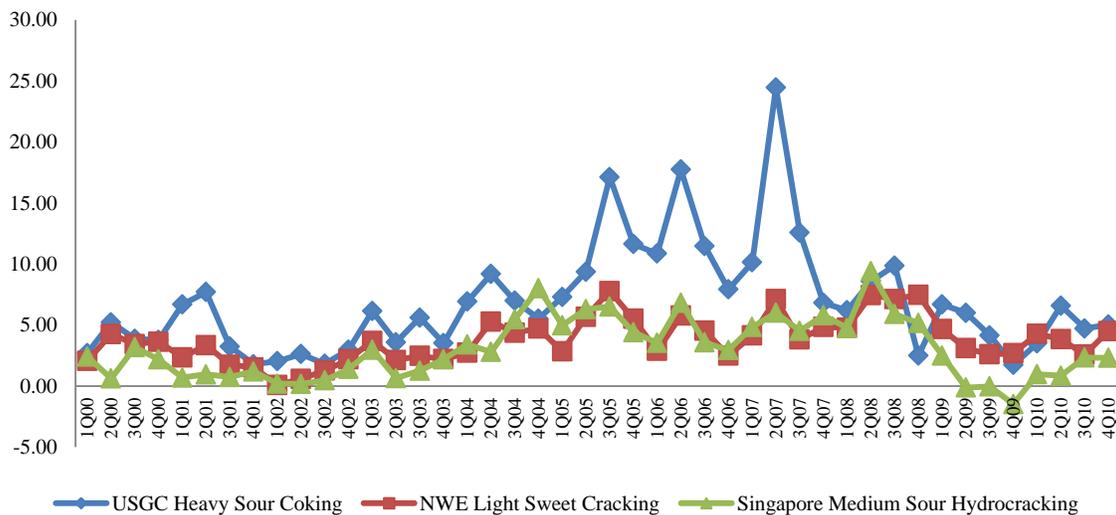
---

<sup>17</sup> Entiéndase por margen de refinación: diferencial entre el valor de la producción y los costos de materia prima y operación, así como también el reflejo de las condiciones esperadas de los balances oferta-demanda en mercados relevantes como son los de la Costa Norteamericana del golfo de México. Este margen es cuantificado mediante dólares por barril ya que en relación con los precios de los productos petrolíferos, estos se estiman en función de los precios de los crudos y, fundamentalmente, del valor esperado del margen de refinación en los mercados de referencia.

<sup>18</sup> El término *complejidad* en la industria de la refinería, que los define como: un marcador numérico que denota, respecto de una refinería en particular, la amplitud, capacidad e intensidad de capital.

crudos ligeros que son los que tiene los precios más elevados, porque carecen de procesos de conversión profunda Gutiérrez Op.cit (pág. 112)

**Gráfico 5**  
**Márgenes de refinación por región y configuración, 2005-2010**  
**(USD/b)**



**Fuentes:** BP Statistical Review of World Energy, June 2012.

Refinerías más simples producirían márgenes reducidos de productos de alto valor a partir de crudos pesados, por lo que no se justificaría el pagar grandes sumas de dinero por crudos de baja calidad. Por el contrario, en refinerías de mayor complejidad las moléculas de mayor peso molecular -presentes en los crudos pesados- pueden fraccionarse y obtenerse productos ligeros, dando como resultado mejores rendimientos económicos. (pág. 113)

En la gráfica 5, muestra los diferentes proceso de margen de refinación, se muestra como la coquización de crudo pesado de la Costa del Golfo Estados Unidos (USGC) posee mayore beneficios craqueo de crudo dulce en Europa NWE , asi como el hidrocaqueo de Asia.

De esta forma en el periodo 2000-2010, la capacidad mundial de refinación se incrementó a una tmca de 1.07% anual, al pasar de 82,352 a 91,616 miles de barriles por día Mbd. Los mayores proyectos de reconfiguración iniciaron en el periodo 2003-2005, y culminaron hasta la primera mitad de 2008. (Sener, 2013, pág. 23). Estas acciones se concentraron

principalmente en Asia Pacífico, Medio Oriente y Norteamérica, caso contrario ocurrió en Europa y Eurasia.

Sin embargo, debido a los disturbios que se presentaron en la economía global a partir de 2007, provocó que algunos se vieran cancelados y que sólo los proyectos con avance suficiente concluyeran. Los factores que detonaron esa situación, fue la caída de la demanda de petrolíferos a partir de las crisis de 2008 principalmente a raíz de la situación financiera y de deuda de algunos países de la OCDE<sup>19</sup>, así como la alza en los precios de los equipos de tecnología para refinación y del nivel de financiamiento asociado a las tasas de interés de los proyectos de reconfiguración (IFP Energies nouvelles, 2011, pág. 2)

La demanda de petrolíferos a inicios de la década registró 76.6 millones de barriles diarios (Mbd) y cerró en 87.4 Mbd, creciendo a una tasa media de crecimiento anual (tmca) de 1.3 %. Cabe destacar que dicho consumo ha reportado históricamente un incremento constante por las gasolinas y el diésel, para uso automotriz ambos sumaron 28 Mbd en 2010. Por otra parte, la demanda de destilados intermedios y otros<sup>20</sup> son los indicadores del crecimiento económico industrial concluyendo en 59 Mbd. Las regiones geográficas de mayor consumo de petrolíferos se concentraron en Norteamérica y Asia Pacífico.

Por países seleccionados, Estados Unidos es el que posee mayor capacidad de refinación aprovechamiento se concentra las refinerías de mayor complejidad y donde se procesa el 31% de crudo del mundo, México ocupa el décimo quinto.

### **1.3. El sector energético en México**

De acuerdo a la teoría económica, la existencia del mercado y el Estado en las sociedades modernas sirven como mecanismo de asignación y distribución de los recursos, como los energéticos. Dicha justificación tiene sus orígenes en los postulados divergentes de Adam

---

<sup>19</sup> Otro punto clave que explica su posible descenso es implementación de políticas de ahorro y conservación de energía traduciéndose en mejorar la eficiencia en el consumo de energía.

<sup>20</sup> Se consideran destilados intermedios a la turbosina, los querosenos, el combustóleo y/o el diésel. Otros petrolíferos son: gas de refinería, gas LP, solventes, coque de petróleo, lubricantes, bitumen y cera, entre otros.

Smith con su obra de *Investigación sobre la naturaleza y causas de las riquezas de las naciones* Karl Marx (1818-1883) y John Maynard Keynes *Teoría General del empleo, el interés y el dinero* (1936).

El primero vio en el mercado el mejor instrumento para alcanzar el crecimiento y bienestar de una nación. Las únicas funciones del Estado en la economía según Smith, se remiten a proteger a la sociedad de la violencia es decir, debe ocuparse de la defensa externa e interna del país; así como construir y mantener ciertas obras públicas, que nunca interesarán desarrollar a un individuo o a un grupo privado. El Estado no puede ostentar la propiedad de los medios de producción, ya que los particulares, al guiarse por sus propios intereses y al competir entre ellos, conducirán a la economía hacia los intereses de la colectividad, es decir, hacia el bienestar en su conjunto.

Por su parte Marx propuso, en su dialéctica materialista, la planificación del Estado es el de garantizar a la población alimento, agua, vivienda y vestido, etc. antes que el desarrollo de la ciencia, política, arte, religión o el mismo mercado; todo ello para mejorar las condiciones materiales de vida de la mayor parte de la población.

El tercero retoma a los dos primeros y estipula que el Estado debe intervenir en la economía para corregir las fallas de mercado, ya que no siempre el mecanismo de precios sirven como guías para las decisiones de los compradores y los vendedores; dejando de lado la libertad del mercado y abogando por una política intervencionista por parte del Estado que favorezca y regule los procesos económicos para evitar los fallos de éste.

Por tanto, la intervención del Estado en la economía, según Keynes es a través del gasto público, el cual contempla todas las erogaciones que realiza el Estado, además de que dicho gasto se debe orientar hacia actividades productivas y rentables (como es el caso de los combustibles).

La participación más evidente del Estado en el mercado se produce a través de la empresa pública<sup>21</sup>. Las fallas del mercado o las áreas estratégicas constituyen, a su vez, los espacios de oportunidad para que estas se desarrollen, y puedan garantizar la oferta de servicios y productos a toda la población. Lo anterior puede dar lugar a la existencia de un monopolio natural<sup>22</sup>, donde el Estado posee los derechos exclusivos para producir un bien necesario, por ejemplo el agua o los combustibles.

De acuerdo con esta perspectiva teórica, entonces el Estado a través de un Gobierno utiliza la *política económica*<sup>23</sup> como herramienta para influir en la actividad económica a través de un plan de desarrollo y poder atender los intereses de la nación, direccionando así el proceso de desarrollo deseado. Sus principales instrumentos se constituyen por la política monetaria, fiscal, industrial, **energética**, etc.

En México las funciones del Estado en materia de energía (combustible) se encuentran a cargo de la Secretaría de Energía (SENER), la cual posee la facultad de conducir la **política energética** del país conforme a las disposiciones de los artículos constitucionales 25, 26, 27, 28 y 90; a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; la Ley de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos, a los Reglamentos interinos de la Secretaria de Energía, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Consejo Nacional de Energía, Normas Oficiales, entre otros<sup>24</sup>.

Las atribuciones de SENER se divide en dos sectores: central y paraestatal. El primero de ellos está integrado por Órganos Administrativos Desconcentrados como son la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS), y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE). El sector

---

<sup>21</sup> Es una organización que es propiedad de las autoridades públicas (incluye autoridades centrales, estatales y locales), en un 50% o más (Barenstein, 1989, pág. 41).

<sup>22</sup> El concepto de monopolio natural fue definido en 1974 por Richard Posner, un economista que estudió los monopolios regulados como los servicios de agua potable, la electricidad, el sistema telefónico y la televisión por cable.

<sup>23</sup> La política económica es "la praxis de la economía, la expresión pragmática y normativa es "la intervención deliberada del Gobierno en la economía para alcanzar sus objetivos" (Pampillón Olmedo, 1999, pág. 3)

<sup>24</sup> Par tener una mayor visión del marco regulatorio de visitar <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=981>

paraestatal, por su parte, se conforma por Entidades Paraestatales c como la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios.

### **1.3.1. Descripción de la política energética: política petrolera**

A partir de la década de los setenta en México y en el mundo se comenzaron a presentar cambios significativos en la economía global y en la estructura energética, esta última tuvo sus orígenes gracias a los estragos y alarmas que se había ocasionado durante las *crisis del petróleo*<sup>25</sup>. (Rios Hernández, 2010, pág. 101)

El presidente en turno de ese entonces fue Luis Echeverría Álvarez (1970-1976), quien reactivó e impulsó la industria petrolera con mayor inversión pública y con ello se incentivó la localización de mantos petroleros. Con este impulso, se llevó a cabo la promulgación de la “*Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos*” el día 6 de febrero de 1971; donde se especifica la naturaleza jurídica de Pemex, ser un organismo público descentralizado del gobierno federal, de carácter técnico, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonios propios<sup>26</sup>. (Hernández Trujillo, 2012, pág. 30)

También se realizaron las ultimas ampliaciones a las refinerías de Salamanca, Minatitlán, Ciudad Madero y Azcapotzalco, así como la construcción de tres nuevas refinerías en las ciudades de Cadereyta, Salina Cruz y Tula, así para 1975 Pemex se convertía en el organismo público con mayores inversiones, con lo cual continuaría el crecimiento de la industria y la competitividad del país; porque “*los beneficios en la explotación petrolera para México no solo radica en la extracción de crudos, derivan de su refinación cabal y venta*”. (Reyes Heroles, 1992, pág. 69).

---

<sup>25</sup> En 1973, se dio lugar a la primera crisis energética el precio del petróleo comenzó a incrementarse a raíz de la decisión de la OPEP de no exportar más petróleo a los países que habían apoyado a Israel durante la guerra del Yom Kippur que enfrentaba a Israel con Siria y Egipto. La segunda crisis del petróleo en 1979, se produjo bajo los efectos conjugados de la revolución iraní y de la Guerra Irán-Irak (Pinedo Vega, 2005, pág. 31).

<sup>26</sup> Esto fue a raíz de la paraestatal, años atrás presentó problemas financieros y administrativos.

A partir de 1972 iniciaron los descubrimientos, sin embargo, el gran auge se dio entre 1979 y 1981 los resultados de este boom comenzaron a reflejarse de manera favorable en la economía nacional e imprimió nuevos bríos al desarrollo del país con la entrada de grandes cantidades de capital ( Morales, Escalante, & Vargas, 1988, pág. 154). Con la crisis mundial del petróleo de 1973, motivó a Estados Unidos a buscar abastecimientos petroleros más seguros que sustituyeran a los de la Península Arábiga, siendo México la mejor opción. De esta forma el país tomó un lugar preponderante en la política energética internacional especialmente la estadounidense.

Rubén Cuéllar Laureano (2008) la etapa del auge terminó con una estrepitosa caída de la economía nacional en agosto de 1982, para ese entonces el gobierno de López Portillo declaró la insolvencia del país a fin de pagar sus deudas con el exterior, y declaró la moratoria debido a la fuga de capitales<sup>27</sup> (pág. 26). Dicha situación fue el contexto perfecto para que el país en el marco de sucesión presidencial de José López Portillo se firmara una Carta de Intención<sup>28</sup> con el Fondo Monetario Internacional (FMI) en noviembre de ese mismo año. Esta contenía una serie de cláusulas donde se hacía referencia el rumbo que tenía que tomar el país situación que obligó a replantear la política económica a través de un nuevo modelo, el neoliberal.

En dicho documento México se comprometía a limitar el endeudamiento público reducir el medio circular, fijar topes a los aumentos de salarios, liberalizar el comercio exterior y limitar el crecimiento del sector paraestatal de la economía. De esta manera, la nación se empezó a encaminar hacia el neoliberalismo, siendo Miguel de la Madrid quien dio inicio a este modelo en México incorporando al país, con el Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT).

---

<sup>27</sup> En agosto de 1982 estalló la crisis de la deuda externa, esto se asocia a la fuga de capitales, desequilibrios en balanza de pagos, deterioran la capacidad de producción doméstica agravando la dependencia del exterior, por el descuido de la producción agrícola e industrial y una devaluación del peso de más 100% en relación con el dólar. Todo eso provocó alarma de la comunidad financiera internacional, dado el alto grado de exposición de los bancos norteamericanos con México y otros países de América Latina.

<sup>28</sup> A este convenio se le dio el nombre de Programa Inmediato de Reordenación Económico (PIRE)

“La gran incursión al neoliberalismo se dio con Carlos Salinas de Gortari con su famosa política social<sup>29</sup>, y con la celebración del Tratado de Libre Comercio del Norte TLCAN con Estados Unidos y Canadá” (Ramírez Brun, 2001, pág. 194). En materia de energía, concretamente de petróleo se ejecutaron las siguientes acciones:

- Pemex, se dividió en cuatro subsidiarias: Pemex Exploración y Producción (PEP), Pemex Refinación (PR), Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y Pemex Petroquímica (PQ), todas ellas coordinadas por Pemex Corporativo. De esta manera, en 1992, se expide la nueva “*Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios*”.
- Sincronización de precios de petróleo y petrolíferos con referencias internacionales principalmente de los Estados Unidos.
- Incremento de exportaciones de crudo e importaciones de petrolíferos, gas natural y petroquímicos dentro del TLCAN, junto a esta acción Pemex se afilio con la empresa Shell, actualmente cuenta con una copropiedad en la refinería Deer Park en Texas desde 1993.
- Desregulación y liberación de la industria petroquímica y eléctrica, en acuerdo al TLCAN.
- La mayor utilización de combustibles más limpios como el gas natural especialmente en el sector eléctrico.

Ernesto Zedillo por su parte, continuó con el proceso de liberación de la industria petrolera y se enfocó en lo siguiente:

- Recuento y revisión de las reservas de petróleo mediante criterios de World Petroleum Congress (WPC) y por la Society of Petroleum Engineers (SPE)<sup>30, 31</sup>.

---

<sup>29</sup> También conocido como liberalismo social, esta política tenía como objetivo estabilizar la inflación además de acentuar la apertura comercial con el exterior y que actualmente se sigue aplicando en la economía nacional. (Aspe Armella, 1993, pág. 33)

<sup>30</sup> Ésta se replegó al centro del Golfo de México, mientras sucedían muchas cosas, entre ellas, la muerte del senador panista José Ángel Conchello en un “accidente automovilístico”, quien desde su cargo como presidente de la Comisión de Política Exterior del Senado defendió el petróleo y denunció con insistencia lo que llamó “efecto popote”, mediante el cual Estados Unidos extraía, desde sus aguas, hidrocarburos de los yacimientos mexicanos en las profundidades del Golfo.

- Desregulación de la industria del gas natural y gas licuado de petróleo.
- Pemex inicio con los programas de modernización y reconfiguración del Sistema Nacional de Refinería (SNR), para producir petrolíferos más limpios. (Sheinbaum Pardo, Rodríguez Padilla, & Robles Morales, 2009)
- La industria petroquímica fue totalmente liberalizada.
- A partir de 1997, se abrieron a concurso obra o adquisiciones para que el sector privado realice inversión en obras de explotación y generación de energía eléctrica bajo el esquema normativo de Proyectos de Impacto Diferido en el Registro del Gasto (PIDIREGAS)<sup>32</sup>.

Para el sexenio de Vicente Fox, Carlos Tello, en su obra *Estado y desarrollo económico* (2007) resalta que en materia de energía, el eje principal sigue siendo el petróleo. Esta materia prima, fue la principal materia de exportación. No se destacó por hacer inversiones en ampliación de infraestructura para la exploración y producción de crudo o petrolíferos; se siguió con la reconfiguraciones del SNR.

Este sexenio se caracteriza por percibir grandes aportaciones al erario público, debido a que en ese periodo Pemex alcanzó los mejores niveles de producción y venta de crudo a precios muy altos, debido al alza inédita de los precios internacionales del petróleo. Otro suceso sobresaliente, es otra modificación en la contabilidad de reserva-producción de crudo. Pemex se alineó con los criterios y lineamientos de la Securities and Exchange Commission (SEC)<sup>33</sup>.

---

<sup>31</sup> Para una amplia explicación ver: en Fabio Barbosa, *Exploración y reservas de hidrocarburos en México*, IIEc-UNAM y Miguel Ángel Porrúa 2000, versión oficial de José Antonio Ceballos, Director de Pemex Exploración y Producción, prefacio a Las Reservas de Hidrocarburos de México, evaluación al 1 de enero de 1999, México, Pemex, 1999.

<sup>32</sup> El creador y experto en aplicar ese tipo de mecanismos fue Santiago Levy, ex subsecretario de Egresos de la Secretaría de Hacienda, durante el sexenio de Zedillo. El objetivo de los mismos es crear las condiciones para introducir iniciativas privadas en la exploración de hidrocarburos y en la generación de electricidad.

<sup>33</sup> Es una institución reguladora de las emisiones de bonos en las bolsas de valores de Estados Unidos, donde sólo reconocen como probadas las reservas de los campos en desarrollo, es decir que se encuentran en explotación, que están produciendo en el momento de la evaluación Para mayor información ver Barbosa & Domínguez. *Situación de las reservas y el potencial petrolero de México* (2006)

Se propuso la participación del capital privado en todas las etapas de la cadena productiva (de la exploración, explotación-refinación y distribución de petrolíferos), porque si no se hacen estas medidas “*Pemex se iría de México*” si no se le permitía hacer alianzas con capital privado. Sin embargo, no prosperó dicha reforma sino que sentó las bases de iniciativa de reforma que llevaría a cabo el siguiente presidente en turno (págs. 730-731).

Para el sexenio de Felipe Calderón Hinojosa (2006-2012), se aprobó una reforma energética, donde se dejó fuera prácticamente al sector eléctrico y energías renovables; de ésta última solamente incluía transporte, distribución y almacenamiento de biocombustibles y la cogeneración de electricidad por Pemex; se enfocó sólo en petróleo con tintes bastantes privatizadores, argumentando la productividad de la paraestatal por parte de PEP. De este modo, el 28 de octubre 2008 se publican en el Diario Oficial de la Federación siete decretos que integran la Reforma Energética<sup>34</sup>.

El objetivo central de esta aprobación estuvo dirigido a otorgarle mayores facultades de decisión administrativa a Pemex, para realizar contrataciones a empresas especializadas para poder tener acceso a tecnología y multiplique su capacidad de ejecución de proyectos principalmente en exploración; para asegurar la producción-reposición de reservas. Pemex Refinación siguió con los programas de modernización y reconfiguración de su Sistema Nacional de Refinación. Esta ocasión el ejecutivo federal inauguró a la refinería Minatiltan.

Al año entrante el 10 de octubre, se desmantela y liquida Luz y Fuerza del Centro (LFC), bajo el argumento de que ésta no era eficiente ya que los recursos que recibía eran cada vez más onerosos sin que se refleje una mejora en la calidad del servicio, además de que las

---

<sup>34</sup> En este sentido el Congreso de la Unión dispuso lo siguiente:

1. Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo (reformas diversas).
2. Ley de Petróleos Mexicanos (nueva ley).
3. Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (nueva ley).
4. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (reforma en su artículo 33).
5. Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (nueva ley).
6. Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (nueva Ley).
7. Ley de la Comisión Reguladora de Energía (reformas diversas)

Para una visión más amplia, véase Sarahí Ángeles Cornejo (2009), *Crónica de una muerte anunciada: La reforma energética propuesta por el gobierno de Calderón. Memoria histórica*, mayo-agosto/2009. Disponible en <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rde/article/view/19315>

decisiones de operación de la empresa obedecían a las preocupaciones e intereses del sindicato. (La Jornada, 2009)

### **1.3.2. Pemex Refinación: Situación actual**

De acuerdo al Balance Nacional de Energía (BNE) para el año 2010 el consumo final de energía, está dominado por petrolíferos con una absorción de 2,866 PJ<sup>35</sup>, lo que representa el 64% del consumo nacional.<sup>36</sup>

En nuestro país, el único encargado de producir, transportar, distribuir, almacenar y comercializar petrolíferos, es Pemex Refinación (PR), es por ello que se dice que es un monopolio<sup>37</sup> natural. De esta forma se le confiere un papel central en el suministro energético para el crecimiento y desarrollo del país.

Esta subsidiaria cuenta con un Sistema Nacional de Refinación (SNR), compuesto por seis refinerías Cadereyta, Madero, Minatitlán, Salamanca, Salina Cruz, Tula y la construcción una nueva refinería en Tula Hidalgo; además de una copropiedad con Shell en la refinería Deer Park en Texas. Posee además en el territorio nacional, con 15 terminales marítimas, 5,197 km de oleoductos, 8,835 km de poliductos, 77 terminales de almacenamiento y reparto, cerca de 10,138 estaciones de servicio y siete embarcaciones.

---

<sup>35</sup> Se utiliza el Joules (J) como unidad de medida para poder hacer comparaciones directas.

<sup>36</sup> Ver Anexo I, cuadro 5

<sup>37</sup> Samuelson, en su tratado de *Economía*, define al monopolio como “el único vendedor o productor que oferta un producto para cubrir ciertas necesidades (pág. 143).

## Esquema 2

### Infraestructura básica de Pemex Refinación de Pemex Refinación



Fuente: Pemex Refinación

Sin embargo, desde hace más de treinta años Pemex Refinación (PR) no ha realizado ampliación en el Sistema Nacional de Refinación, únicamente se ha efectuado sustitución de plantas para modernizarlas y reconfiguraciones de refinadoras. Los retos a los que se han presentado la subsidiaria en los últimos diez años, es poder cubrir la creciente demanda de gasolinas y diésel de uso automotriz, ya que ha crecido a tasas mayores que el de la economía nacional.

La producción nacional de petróleo crudo por parte de PEP, ha sido el de tipo pesado tipo (maya) en comparación con el ligero y se espera que esta tendencia siga para los últimos siete años<sup>38</sup>. Esta situación, hace que el principal desafío de PR, sea refinar mayores

<sup>38</sup> Ver Prospectivas del Mercado de Crudo 2012-2026

volúmenes de este tipo de crudo, ya que dentro del SNR, se requiere procesar más crudo ligero debido a que su infraestructura está diseñada para procesar este tipo de crudos. Cabe mencionar, que cada refinería varía el tipo de crudo procesado porque posee distintas capacidades instaladas procesos, lo cual ha sido insuficiente para poder aprovechar el crudo pesado.

Por tanto, en congruencia con su compromiso de garantizar el suministro de petrolíferos la paraestatal, en 1994 empezó a programar los trabajos de reconfiguración de las refinerías Cadereyta, Madero, Minatitlán, Bicentenario y Salamanca con la integración de un nuevo proceso que es coquización retardada; para tener una utilización óptima de la oferta de crudo Maya a la vez de posicionar a Pemex en un nivel de vanguardia tecnológica, que le permita mejores ventajas competitivas<sup>39</sup> tanto a nivel nacional e internacional sin dejar de lado la calidad de los combustibles y poder así atender las exigencias ambientales.

En este tipo de proyectos, abrió la oportunidad al sector privado, para participar en dicha labor a través de licitación internacional con financiamiento a través de Pidiregas. El primer centro en ejecutar esas acciones con la incorporación de trenes de coquización fue la Refinería *Ing. Héctor Lara Sosa* de Cadereyta, Monterrey Nuevo León.

La subsidiaria adjudicó este megaproyecto a Protexa en 1994, empresa que incumplió, por lo que de nueva cuenta se volvió a someter a concurso, en esta ocasión la ganadora resultó ser Conpraca (Consortio Proyecto Cadereyta) integrado por Sunkyong Engineering & Construction (coreana), Siemens AG (alemana) y Triturados Basálticos (Tribasa, mexicana) (Aguirre M., *El Economista*, 2013).

El 26 de noviembre de 1997, las partes firmaron dos contratos. El contrato madre se suscribió bajo la modalidad de Pidiregas y el otro establecía un tope de hasta 80 millones de dólares para el pago de cualquier “evento inesperado” que resultaran de trabajos

---

<sup>39</sup> Ventaja Competitiva es un concepto desarrollado por Michael E. Porter que busca enseñar cómo la estrategia elegida y seguida por una organización puede determinar y sustentar su suceso competitivo.

adicionales, completados a tiempo por Conproca. Esas órdenes de trabajo serían pagadas a través del Fondo Master de la paraestatal, radicado en Nueva York *ibídem*.

Esta empresa presentó retrasos, producto de las órdenes de trabajo no programadas como fugas tóxicas, retraso en la expedición de los permisos de la obra, controversias sobre los derechos de vía, interrupciones en el suministro de energía, operaciones inseguras, iluminación insuficiente y lluvias atípicas.

Estos hechos propiciaron a que se llevara a cabo la firma de otro contrato PR, en el año 2000 para efectuar un “pago provisional” en el que la subsidiaria reconocía la existencia - “en ese momento y en el futuro”- de un conjunto de adeudos, producto de las órdenes de trabajo no programadas. La filial de Pemex aceptaba pagar por adelantado esos trabajos adicionales, que significaron una erogación de 48 millones 520,000 dólares ( Aguirre M. , 2013)

Con todo y estos acontecimientos, en febrero de 1999, PR adjudicó el proyecto Madero, a las empresas del consorcio Pemopro Sunkyong Engeneering (SK), Tribasa y Siemens, a pesar de que no garantizaban el cumplimiento de las especificaciones técnicas y las obligaciones básicas en relación con las obras, que debieron concluir en marzo de 1998.

A pesar de esto el expresidente Ernesto Zedillo en el año 2000, realizó la inauguración oficial de la reconfiguración de la refinería "Ing. Héctor R. Lara Sosa" mismas que terminaron de manera total en 2003 y que fueron inaugurados por el entonces mandatario Vicente Fox. El costo de reconfiguración fue de 440 millones de dólares adicionales al presupuesto original de mil 198 millones, por el retraso en la conclusión de la obra, que debió entregarse en marzo pasado, como se estableció en el contrato ( Castillo & Méndez, 2002)

En ese mismo año, se inició con los preparativos del programa de reconfiguración de la refinería Lázaro Cárdenas en Minatitlán, arrancando formalmente en 2005, siendo la empresa a ICA/Fluor Daniel, la encargada de ejecutarlo y concluyendo en 2011. (Pemex Refinación, 2000-2003) De nueva cuenta se presentaron retrasos de un lapso de tres años se

elevó a 3 mil 559 millones de dólares. Felipe Calderón justificó la demora para la conclusión de los trabajos y el elevado costo de la obra:

*“El retraso se debió a los innumerables problemas asociados al costo de los insumos, y a la multiplicidad de empresas que finalmente participaron...”* ( Rodríguez García, Proceso.com.mx, 2011)

En este sentido, en el periodo 2000-2010, y con las acciones que ha implementado PR, la capacidad instalada paso de 4,065 a 4,283 Mbd. A pesar de esas medidas el SNR procesó alrededor de 1,184 miles de barriles diarios Mbd de crudo en 2010, mientras que en el año 2000 se ubicó 1,227 Mbd; es decir, disminuyó en 0.4%, como se muestra en el **cuadro 4**. Esto se asocia a los problemas técnicos, retrasos en la modernización y reconfiguración de refinerías.

Como bien ya lo dijimos, el tipo ligero históricamente es el de mayor demanda en las refinerías del país, su consumo permaneció sin grandes cambios y representa el 63% del petróleo refinado en el país. El tipo pesado, ha presentado una tmca del 1.5%; lo que significa que efectivamente se está aprovechando gracias los programas de reconfiguración de las refinerías Cadereyta, Madero.

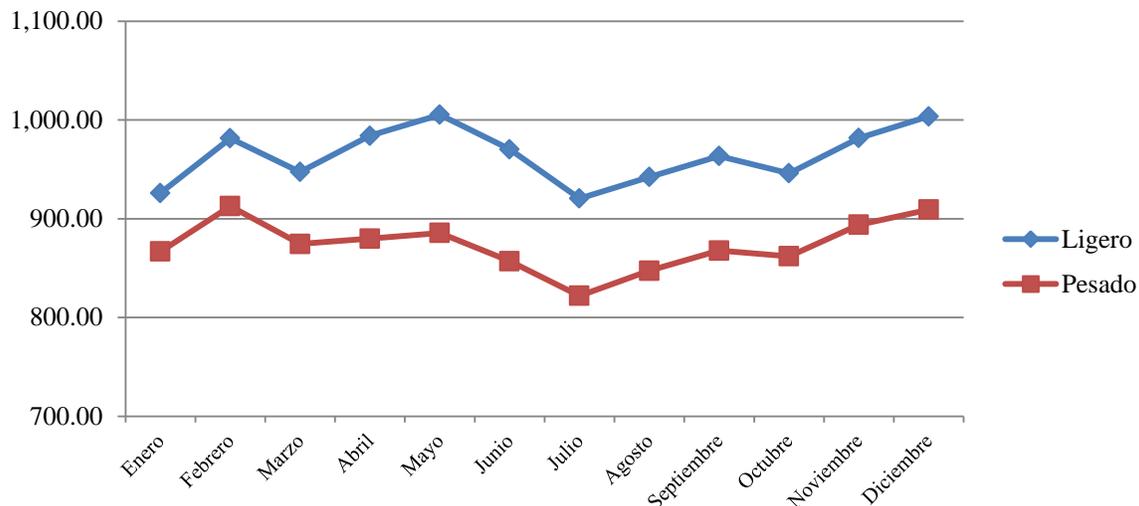
**Cuadro 4**  
**Proceso de petróleo crudo en SNR.**  
**(Miles de barriles diarios)**

Concepto	2000	2010	Tmca	Participación (%)	
				2000	2010
Total	1,227.4	1,184.1	-0.4	100	100
Pesado	379.6	439.5	1.5	31	37
Ligero	744.9	742.5	-0.03	61	63
Supe ligero	1.7	0.4	-14.0	0.14	0.03

**Fuente:** Elaboración propia, con información del Sistema de Información Energética y Petróleos Mexicanos.

Cabe mencionar que el costo de petróleo crudo que se incorpora al proceso de refinación varía de acuerdo al tipo de crudo, siendo el crudo pesado el de menor costo como se muestra en la gráfica 6.

**Grafica 6**  
**Costo de petróleo crudo que se incorpora al proceso de refinación, 2010**  
 (\$ pesos/barril)



**Fuente:** Elaboración propia con datos de Pemex Refinación, Subgerencia de Costos y Activos Fijos.

Todo lo anterior trajo como consecuencia, contracción en la elaboración de petrolíferos, totalizando al inicio del periodo observado en 1,447 Mbd mientras que al final del mismo se ubicó en 1,346. Con las medidas que ha ejecutado PR, si ha podido aumentar la producción de gasolinas y diésel con menor grado de contaminantes, pero apenas creció a una tmca de 0.9%, mientras que su consumo fue de 4.3%, es decir siendo este tipo de petrolífero el de mayor demanda a nivel nacional.<sup>40</sup> Este tipo de circunstancias ha propiciado aumentar las importaciones en a una tmc de 5.6 % para cubrir los requerimientos nacionales, principalmente gasolinas y diésel, ya que ambos representan el 77% de este concepto.

Una de las externalidades que se ha presentado en la elaboración de destilados intermedios con el empleo de las coquizadoras, has sido la producción de *coque de petróleo* en comparación con los otros petrolíferos, su elaboración creció a una tmca de 39% y su demanda en 13%, porque este petrolífero se analizará en los próximos capítulos.

<sup>40</sup> Ver Anexo 1 cuadro 5 y 6.

## Capítulo II

# Naturaleza y características del coque de petróleo

---

### 2.1. ¿Qué es el coque de petróleo?

El coque de petróleo o petcoke es un subproducto residual del proceso de mejora y refinamiento del petróleo pesado. En apariencia, es algo similar al carbón sólido y poroso, de color que va del gris al negro. Sus propiedades más importantes son su alto poder calorífico y un bajo contenido de azufre, cenizas así como materiales volátiles que hacen de este desecho un combustible menos costoso que el carbón y otros combustibles líquidos (Secretaría de Energía, Balance Nacional de Energía 2011, 2012, pág. 141).

#### 2.1.1. Antecedentes

Raquel Neiva Santos (2009), *op. cit.*, (pág. 20), menciona que el origen de la industria del petróleo es anterior a la Primera Guerra Mundial, su nacimiento fue, para la mayoría de los historiadores, durante el año de 1859, más precisamente en el día en que el Coronel Edwin L. Drake encontró petróleo en la ciudad de Titusville, en Pensilvania, Estados Unidos. De 1850 hasta 1870 esta industria, era un fenómeno típicamente norteamericano, concentrado en la región llamada Oil Creek Valley, en Pensilvania.

Se integro de manera vertical, pasó a ser compuesta por tres actividades independientes y distintas: *upstream*, *midstream* y *downstream*. La primera: *upstream*, comprende las etapas de explotación: la investigación geofísica, perforación, prospección, desarrollo y el tratamiento primario del petróleo. La segunda actividad, llamada de *midstream* refierese al almacenamiento y la estructura de transporte del petróleo para las refinerías o puertos de embarque. La tercera actividad es el *downstream*, que a la vez, es subdividida en tres actividades: El refino, distribución y la comercialización de los derivados del petróleo *Ibidem*, (pág. 21).

De este modo, las refinerías de este estado crearon por primera vez el coque de petróleo durante la década de 1860. El proceso iniciaba con la destilación del petróleo, en calderos pequeños los cuales se utilizaban para recuperar el querosén<sup>41</sup>. Después de la destilación de petróleo crudo se dejaba enfriar, posteriormente el obrero podía excavar y extraer el coque. (Ellis & Christopher, 1998, pág. 4).

En 1913, William Merriam Burton, desarrollo un proceso de craqueo térmico, por lo cual se le concedió una patente. Con base a lo anterior, la refinería Standard Oil de Indiana construyó la primera planta de coquización retardada; proceso que convierte el gasóleo a gasolina, generando al final del proceso coque de petróleo.

Desde 1955, el uso de coquización retardada se fue impulsando de manera paulatina. A partir de 2002, había 130 refinerías de petróleo, en todo el mundo con ese procesamiento, debido a la necesidad de generar más gasolina, queroseno y diésel a partir de la refinación de crudo pesado, por lo que las refinerías se fueron adaptándose; teniendo como resultado 172,000 toneladas diarias de coque de petróleo (Great lakes carbon corporation, págs. 4-5). Entre esos datos, alrededor de 59 unidades de coquización se operan en Estados Unidos y la producción es de 114.000 toneladas diarias de coque (Enciclopedia , 2002).

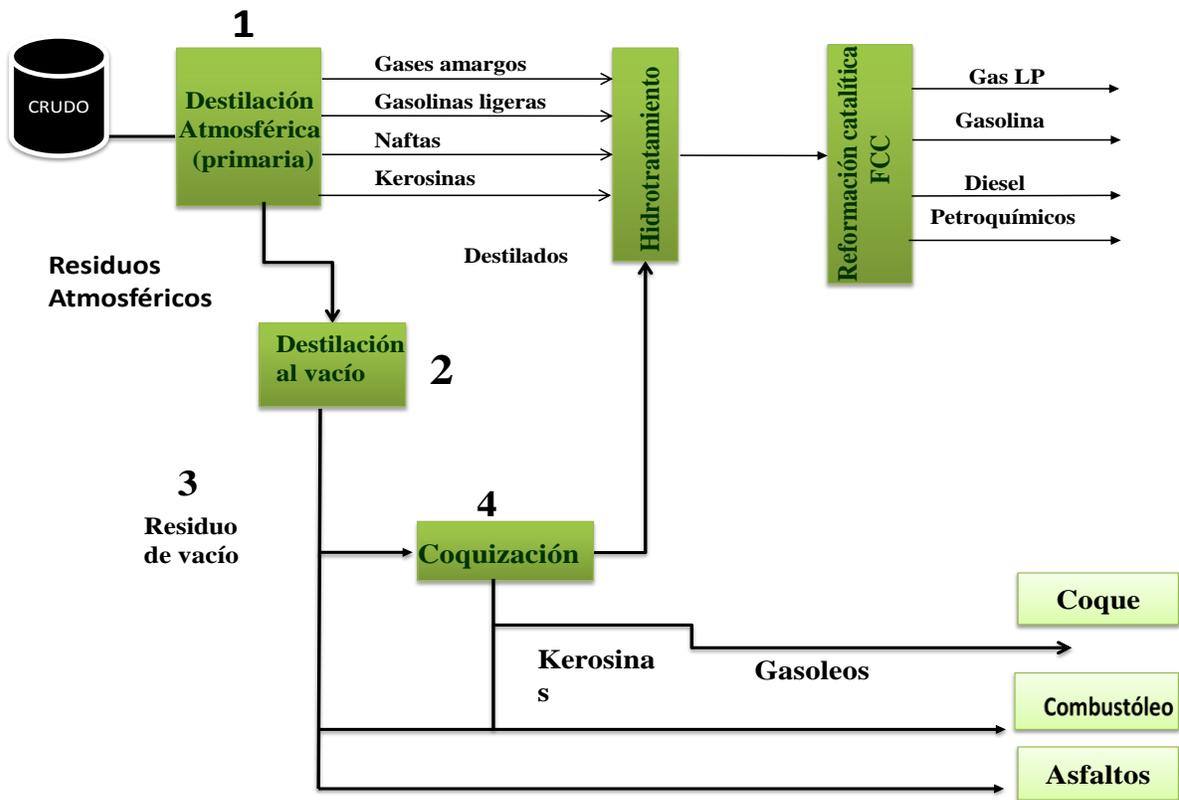
## **2.2. Procesos de producción del coque de petróleo**

Durante el proceso de refinación, el crudo previamente se somete a una destilación a presión ligeramente superior a la atmosférica, las fracciones obtenidas en este primer proceso son: gases amargos, gasolinas ligeras, naftas, kerosinas, además de otros destilados más pesados (1), como se muestra en la esquema 3.

---

<sup>41</sup> Aceite que se utilizaba para las lámparas de aquellas épocas.

### Esquema 3 Esquema general del sistema de refinación



**Fuente:** Instituto Mexicano del Petróleo, IMP

El residuo que se genera en este primer proceso suele denominarse “residuo atmosférico”, “fondos de destilación”, posteriormente se envía a la unidad de destilación de vacío (2); y se obtiene una nueva serie de fracciones denominado Residuo del Vacío (3).

Este nuevo residuo posee la mayor parte de las impurezas del crudo como: sales, azufre, nitrógeno, asfáltenos, carbón, metales pesados, etc. En un esfuerzo por extraer las fracciones más valiosas y livianas, las refinerías hacen pasar estos sedimentos por una unidad de coquización (4), dando como resultado coque de petróleo. Sin embargo, La composición y características del petcoke dependen de la tecnología de cada refinería y de la combinación de crudos procesados.

De acuerdo a Muñecas Vidal (2006), la producción de coque puede ser hecha por tres tipos de procesos industriales de coquización: coquización retardada coquización fluida y calcinación (pág. 6).

### **2.2.1. Coquización retardada**

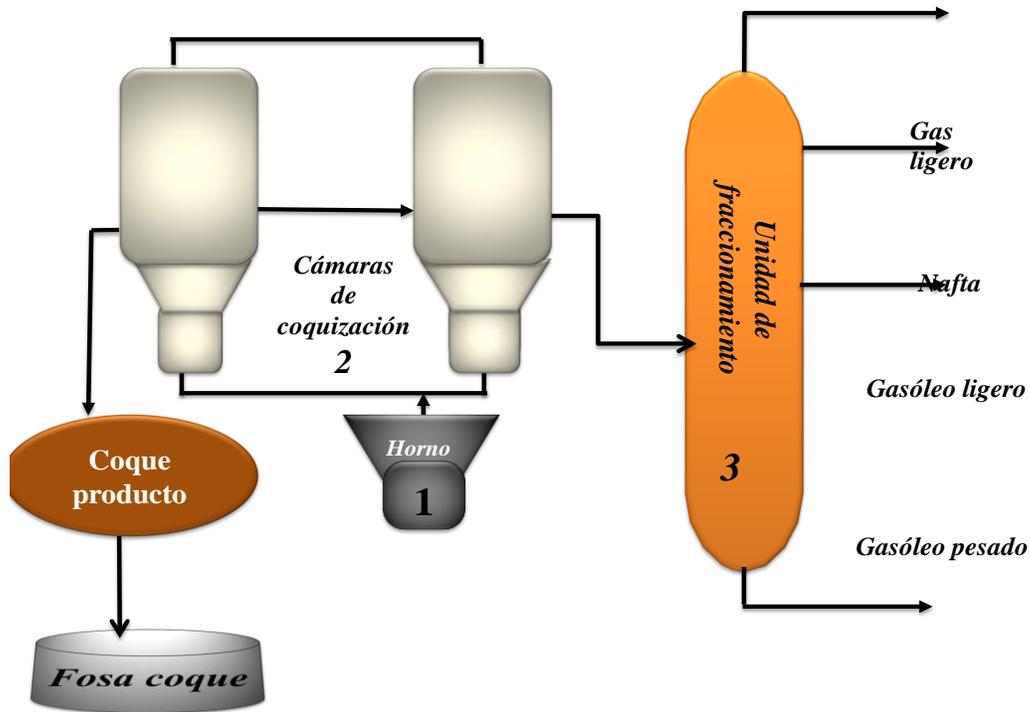
El proceso de coquización retardada es el más conocido y utilizado por las refinerías, se encargar de desintegrar térmicamente los residuos cuya alimentación proviene de los fondos de la torre del vacío, para obtener productos con mayor valor comercial como: naftas, gasóleos y coque de petróleo verde.

La unidad consta de dos secciones: la de coquización propiamente (la cual contiene al horno y cámaras de coquizamiento) y la de fraccionamiento. En el esquema 4 se muestra su operación. El proceso inicia en el horno (1) el cual es alimentado por los residuos de vacío, mismos que se calientan a temperaturas entre 480–510°C y con presiones mayores a 2000 atmosferas. Posteriormente se dirige hacia las cámaras (2) donde permanece entre 18–36 horas en promedio (proceso de retardo) produciéndose el craqueo a productos ligeros y la formación de coque.

Los productos ligeros se retornan a una unidad de fraccionamiento (3) la cual tiene lugar la separación de los diferentes productos como: gases, nafta y gasoil. Los hidrocarburos más pesados se reciclan de nuevo a las cámaras de coquización. Cuando se termina todo ese proceso, el coque que se forma en las cámaras es extraído por medio de chorros de agua con alta presión y es dirigido a la fosa de almacenamiento.

## Esquema 4

### Diagrama simplificado de la Unidad de Coquización Retardada



Fuente: Elaboración propia en base a Pemex Refinación

### 2.2.2. Coquización fluida

Esta técnica fue desarrollada por *EXXON-MOBIL*, su función es convertir las corrientes residuales en productos de mayor valor comercial, sin necesidad de utilizar hornos de precalentamiento. Es un proceso totalmente continuo, donde los fluidos sólidos se desintegran térmicamente para obtener productos líquidos y gaseosos además del coque (ExxonMobil, 2012).

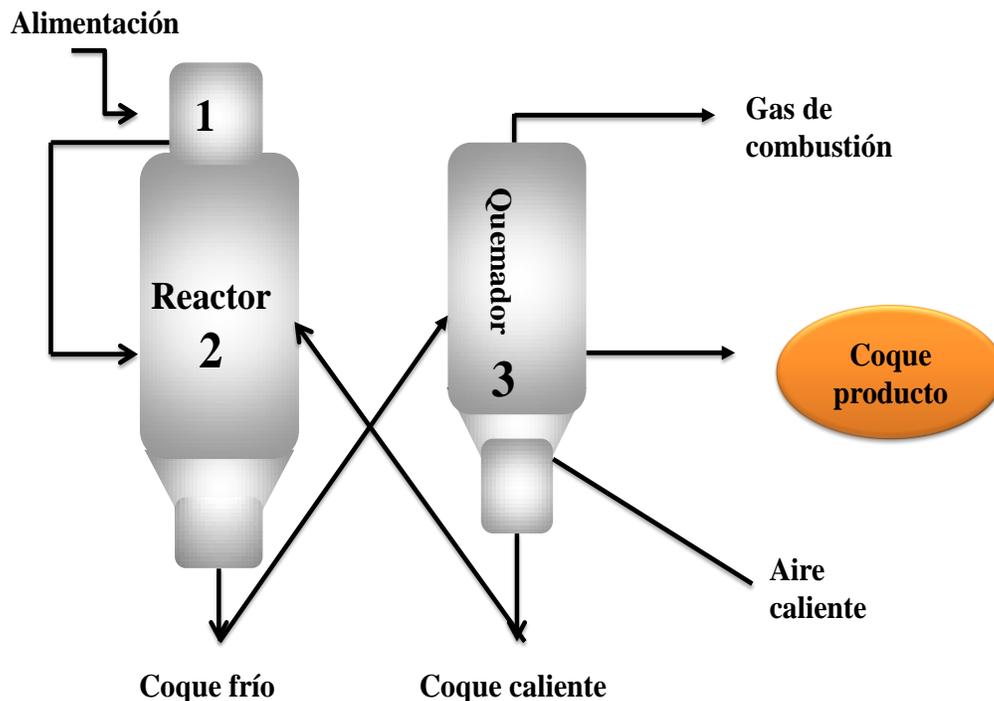
Maples (2000) describe el proceso el cual inicia en el reactor, que es alimentado por los residuos de la torre de vacío (1), a una temperatura de entre 260 a 370°C, mismos que son inyectados directamente al reactor (2) donde la temperatura del reactor es entre 480 a 565°C a presión atmosférica produciendo un intercambio de calor y de vapores mismos que son introducidos en el fondo del reactor, dando como resultado toda una gama de productos

más coque mismo que se utiliza como medio de transferencia es decir es destinado a la combustión o a la gasificación (3) (Petroleum Refinery process economics, pág. 155). **Ver esquema 5.**

La novedad del proceso radica en que existe un balance de calor, es decir, se compensan las pérdidas de calor en el reactor (proceso endotérmico) con el aporte de calor producido en el quemador, mediante una combustión controlada del coque. En México no posee este tipo de técnica.

### Esquema 5

#### Diagrama simplificado de la Unidad de Coquización Fluida



Fuente: ExxonMobil Research and Engineering [www.exxonmobil.com](http://www.exxonmobil.com)

### 2.2.3. Calcinación

El coque producido en los procesos anteriores puede someterse a un proceso adicional de calcinación, para mejorar sus propiedades físico- químicas. En este CP se somete a temperaturas promedio entre 1300-1400 °C en un horno de calcinación rotatorio para ser

calcinado, donde gracias a su giro, permite una distribución homogénea de calor en sus partículas y una liberación homogénea de los volátiles.

Una vez calcinado, se transfiere a un enfriador rotatorio hasta llegar a una temperatura ambiente; el coque resultante es el coque calcinado (Muñecas Vidal, 2006, pág. 73).

## **Imagen 2**

### **Enfriadores rotatorios**



Instalaciones de trituración y calcinación rotatoria de la refinería de Enid, Enid, Oklahoma, construida en la década de los 90.

**Fuente:** Oxbow. [www.oxbow.com](http://www.oxbow.com) jueves, 24 de enero de 2013.

#### **2.2.4. Almacenamiento y Transporte**

Después del proceso de coquización, el coque desciende del tambor y se recoge sobre vagonetas para almacenarse en patios de maniobras. El terreno requerido para una planta de manejo y almacenamiento de coque de petróleo a granel por lo general debe estar alejado de zonas urbanas y suburbanas por lo menos 500 metros a la redonda ubicado de tal manera que se evite, el mayor daño posible ya sea en refinерías o en terrenos alternos a ellas. (Pemex Refinación, 2012)

### Imagen 3

## Almacenamiento de coque de petróleo en la Refinería Cadereyta



Fuente: Pemex Refinación

Por lo regular el terreno está delimitado con barda, muro, reja, malla ciclónica, etc; además de contar con puertas que le permite el control salidas y entradas de la planta con acceso carretero para cargar y descargar el producto vía autostova para que pueda ser transportado vía camión y ferrocarril. Con la distribución o almacenamiento de coque pueden existir circunstancias que provocan escurrimientos de coque o agua que arrastran sus polvos, por lo que deben ser manejados con cuidado para evitar que estos contaminen.

### 2.3. Tipos de coque

#### 2.3.1. Coque verde (CV)

Es el coque que se produce en las unidades de coquización retardada de las refinerías y que no ha sufrido ningún tratamiento adicional luego de su obtención. Comúnmente es conocido como coque verde; ya que contiene una importante cantidad de carbono cerca del 92%, es decir sigue siendo altamente calorífico.

**Imagen 4**  
**Coque verde**

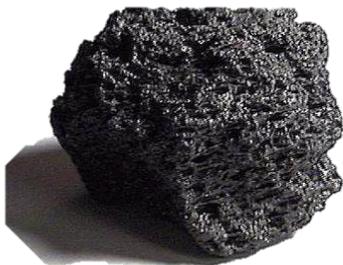


Fuente: Alibaba [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

Existen otros tipos de coques verdes de acuerdo su apariencia física como:

- *Coque esponja* es un material isótropo y amorfo, su apariencia es similar a la esponja (de ahí se deriva su nombre).
- *Coque de aguja*, también llamado coque acicular, su estructura es fibrosa parecida a agujas con apariencia metálica, posee bajo coeficiente térmica con menor contenido de volátiles y mayor relación de hidrocarburos, con alta conductividad eléctrica.

**Imagen 5**  
**Tipos de coques verdes**



**Coque esponja**



**Coque aguja (Needle coke)**

Fuente: Sojitz JECT Corporation [www.jectcorp.com](http://www.jectcorp.com)

### **2.3.2. Coque calcinado (CC)**

El coque calcinado es el resultado de someter el coque verde a un proceso llamado de calcinación; es un producto de la más alta calidad, prácticamente exento de material volátil, con bajo contenido en cenizas. Se trata de básicamente de grafito puro (99%), en apariencia es granulado fino tipo polvoroso.

**Imagen. 6**  
**Coque calcinado**



Fuente: China DQ CARBÓN Group [www.gaoxincarbon.com](http://www.gaoxincarbon.com)

### **2.4. Procesos que utilizan coque de petróleo**

El coque tiene diversos usos en la industria de la transformación pero el factor que influye para determinar su empleo en la industria es su composición y características del petcoke. Por un lado tenemos al coque verde (CV) por el otro al coque calcinado (CC) (Santos & J. Silva, 2008, pág. 98)

Los que poseen bajo azufre (<1%) se utilizan en la industria de elementos de carbono y del acero. En cambio, los de medio y alto azufre (2-8%) son usados principalmente como combustible en calderas (para producción de vapor en generación eléctrica y procesos industriales) y en hornos (para producción de cemento).

El coque verde (CV) puede tener los siguientes usos:

- Al poseer de medio a alto contenido de azufre (2-8%), hace que se convierta en un atractivo para su quema en calderas de lecho fluidizado o de ciclo combinado<sup>42</sup> (para producción de vapor en generación eléctrica y procesos industriales) y en hornos (para producción de cemento y metales con el hierro), debido a que posee un buen poder calorífico.

Los coques verdes que contienen bajo contenido de azufre como: **coque calcinado**, **esponja** y **aguja** tienen diversas aplicaciones industriales metalúrgicas.

- **Coque ánodo** se utiliza para la fabricación de pilas secas y electrodos.
- El **coque de aguja** y **esponjo**, es empleado para la fabricación de electrodos de carbón para ser empleado en hornos eléctricos, producción de fosforo, dióxido de titanio, carburo de silicio, grafito, así como acero y aluminio.

El **coque calcinado**, también tiene diversas aplicaciones industriales:

- En algunos casos es usado como combustible en termoeléctricas y cementeras, a pesar del bajo contenido de volátiles (lo que dificulta la combustión) y de menor valor de HGI (Índice de Trituración Hardgrove).
- Se utiliza también para la elaboración de aceros inoxidable y de ánodos en la industria de aluminio, porque en estos procesos se requiere bajos contenidos de azufre. También se utiliza como materia prima en la producción de pigmentos para plásticos y para papel.

---

<sup>42</sup> El ciclo combinado es un proceso para la obtención de calor en dos etapas que incluye en la primera, la generación de gases de combustión y la expansión de los mismos; en la segunda, es la transferencia y recuperación del calor con propósito de generación de energía eléctrica.

## 2.5. Ventajas y desventajas del coque de petróleo como combustible

Las principales ventajas del uso del coque de petróleo son:

- A pesar de ser un subproducto de refinación, posee todavía poder calorífico que puede ser aprovechado para ser empleado como combustible.
- Precio competitivo frente a otros combustibles, como se apreciará en la **gráfica 10**. Si se cuenta con la tecnología adecuada para su explotación como combustible beneficiaria en la reducción de costos.
- Inventarios disponibles en aumento. Conforme se aumente el procesamiento de crudo pesado y la incorporación de reconfiguraciones en refinerías con tecnología de coquizamiento se tendrá mayor cantidad de coque verde.

Las principales desventajas de este combustible son las siguientes:

- Otra desventaja es su dureza. Al igual que el carbón, el coque de petróleo tiene que ser triturado antes de que se queme. Sin embargo, el coque de petróleo es mucho más difícil que el carbón, y por lo tanto difícil de moler. Su trituración puede disminuir la vida útil de los equipos de molienda y puede requerir equipo especializado.
- Para su aprovechamiento se requiere de plantas equipadas con potentes depuradores de gases contaminantes. Por ejemplo, para la generación de energía eléctrica se requiere de tecnologías como *la gasificación*<sup>43</sup> o el *lecho fluidizado*, que permitan eliminar las emisiones indeseables antes o durante el proceso de combustión.
- No es viable su quema en sistemas convencionales (generadores de vapor), ya que para retirar las emisiones de azufre de acuerdo a la normatividad nacional e internacional, se requerirían equipos de desulfuración de dimensiones extremadamente grandes, lo que haría incosteable el proceso.

---

<sup>43</sup> Básicamente consiste en convertir un combustible sólido considerado como contaminante en un gas limpio, libre hasta en un 99% de compuestos de azufre (H<sub>2</sub>S, COS) y metales pesados como vanadio y níquel.

- Es muy contaminante posee el 90% de carbono y emite de 5 a 10 % más de CO2 que el carbón por unidad cuando se quema", de acuerdo al informe de Oil Change International. "

## 2.6. Panorama teórico sobre el mercado de coque de petróleo

### 2.6.1. ¿Qué es el mercado de coque de petróleo?

La teoría económica define al mercado, como el punto o área geográfica concreta donde confluyen oferentes y demandantes, para realizar el intercambio de bienes y/o servicios, a unos precios dados en un momento determinado, con el fin de satisfacer sus necesidades.

Cada mercado tiene dimensiones, tanto desde el punto de vista geográfico como desde el punto de vista de la variedad de productos que comprende. El mercado de energía no es la excepción, cada combustible presenta su propia estructura; por lo regular es de carácter imperfecto, los compradores o vendedores tienen en cuenta su capacidad para influir en el precio de mercado. Por tanto, *el mercado de coque de petróleo se puede definir como tal.*

Bajo la condición *ceteris paribus*<sup>44</sup>, **la oferta de coque** es la relación que existe entre su precio y de las cantidades que sus oferentes serían capaces de vender durante un periodo determinado. En términos de volumen físico, las empresas que refinan el crudo son las encargadas de ofrecer dicho producto, ya que este se presenta como resultado de las externalidades de producir destilados intermedios a partir del empleo de petróleo crudo tipo pesado. La **oferta global de coque de petróleo** se obtiene sumando las cantidades que todos los oferentes de ese mercado desean ofrecer a unos precios dados.

Sin embargo, como cualquier otro bien su oferta también depende de la disponibilidad de un conjunto de **factores productivos** (tierra, trabajo, capital). La **tierra** representaría toda la materia prima necesaria para elaborar los petrolíferos, en este caso sería del tipo de petróleo. El factor **trabajo** es toda actividad humana que interviene en el proceso de producción, como ingenieros, economista, administradores, obreros, etc. El **capital** estará

---

<sup>44</sup> Expresión latina que significa "todo lo demás permanece constante".

integrado por bienes inmuebles, maquinaria, plantas de destilación primaria, secundaria, coquizadoras, así como todo el dinero disponible que se vaya a utilizar para adquirir bienes de consumo, etc.

La *demanda de coque* en su sentido económico apropiado se puede definir como la cantidad de producto que puede ser adquirido a diferentes precios en el mercado, por un consumidor (demanda individual) o por el conjunto de consumidores suponiendo que son de igual comportamiento en un momento determinado.

Es trascendente, señalar que el grado de utilidad de cualquier bien puede originar una distinción en su consumo. Por tanto, la demanda de coque  $X_1^*$  de un consumidor en particular está en función de sus características del producto, de sus necesidades del individuo; ingreso de que disponga  $y$ ; precio del bien a adquirir  $p_c$ ; grado de utilidad; precios sustitutos y complementarios del mismo  $p_s$ : (Pindyck, Microeconomía, 2001, pág. 25)

$$1) \quad = x_1(p_t, p_s, y \dots)$$

A este tipo de demanda se le conoce como *demanda derivada*. Como ya se mencionó anteriormente este petrolífero se está presentando como un bien sustitutivo de otros combustibles por sus bajos precios y poder calórico.

### 2.6.2. La elección del productor

La teoría neoclásica de la producción explica cómo los productores toman sus decisiones para determinar el volumen de producción maximizando el beneficio en el corto y largo plazo.

Para ilustrar lo anterior, hay que tener en cuenta que la cantidad ofrecida de un bien o servicio por ejemplo el cemento depende de varios factores de producción ( $P_F$ ), la

tecnología (K), expectativas del PIB, entre otros ( $\varphi$ ). Su expresión matemática es la siguiente:

$$X^S = f(P_F, K, PIB, \varphi)$$

Las empresas siempre están en búsqueda del máximo beneficio, y esto lo logran a través de la minimización de costos de los insumos que utiliza en su producción. Dado que la empresa cementera es intensiva en el uso de energía y tecnología, al existir variaciones en los precios de sus factores principalmente en esos dos factores se puede suponer los siguientes eventos:

- a) Si esos dos factores son complementarios entonces, *ceteris paribus*, y existe un aumento en los precios de combustibles frenarán la inversión en nuevas plantas y equipos; por consecuencia aumentarían el precio de sus bienes o servicios que producen provocándoles una disminución de demanda de los bienes que producen.
- b) Si el capital y el combustible son bienes sustitutos, *ceteris paribus*, entonces precios de combustibles más altos incrementarían la demanda de nuevos bienes de capital con menores requerimientos energéticos o con adaptabilidad para sustituir combustible. (Gómez López & Puch, 2008).
- c) Si el combustible posee sustitutos con el mismo requerimiento calórico *ceteris paribus*, entonces se demandará aquel combustible de menor precio.

Dentro de la función de producción se consideran únicamente los procesos productivos técnicamente eficientes disponibles dentro de la tecnología en cuestión. Es decir, aquellos con los que se obtiene el máximo volumen de output (producción) dadas las cantidades de inputs (insumos) empleadas con el mínimo costo.

Siguiendo el caso hipotético, al suponer que ya se ha efectuado la sustitución de tecnología por una más eficiente, donde puede ampliar su portafolio de combustibles *ceteris paribus*, y teniendo en cuenta que el costo total de producción de una tonelada de cemento en 2006 es de 300 dólares y el 60% de ese total corresponde a combustibles.

En general, las cantidades requeridas de cada uno de los combustibles, minimizadoras del costo de producción, serán función de los precios de los factores y del nivel de producción. Se trata de las llamadas *funciones de demanda derivadas o condicionadas* de los factores:

En ese orden de ideas la producción de cemento se simplifica que dependa de su propio precio (p), del precio de combustibles (pc) y de los demás factores (pf) ceteris paribus. Esto con la finalidad de identificar la reacción del productor ante variaciones del precio insumo como la energía en el corto plazo. Bajo estos supuestos, la función producción se simplifica por:

$$3) \quad y^s = f(q_c)$$

A partir de aquí, resulta inmediato obtener la función de costos y se expresa de la siguiente forma:

$$4) \quad C_T = 300$$

$$C_T = 180p_c$$

Rescribiendo se tiene:

$$p_c = \frac{300}{180} = 1.66$$

Por tanto, la empresa como bien ya señalamos en el inciso buscará alternativas minimizadoras de costos. Por tanto, dentro del mercado energía buscará aquel combustible minimizador como los que se presentan a continuación:

Combustibles	Precio	Costo total
Gas natural	6.94	1249.2
Carbón	1.69	304.2
Coque de petróleo	1.33	239.4

Como se observan los resultados del cuadro se llega a conclusión de que el coque de petróleo es el combustible minimizador de costos de producción.

## 2.7. Entorno internacional del coque de petróleo

El mercado de coque de petróleo en el mundo, es relativamente pequeño en comparación con otros petrolíferos. Dadas estas circunstancias, además de no poseer estadísticas mundiales por tipo de coque de manera pública<sup>45</sup>; se considerara el nivel de producción y de exportaciones de los Estados Unidos, bajo el criterio *ceteris paribus*, para poder explicar el nivel de oferta y demanda en los últimos diez años a nivel mundial, porque es el principal productor-oferente y provee cerca de la mitad del petcoke que se intercambia en el mundo de acuerdo a la Agencia Internacional de Energía EIA.

### 2.7.1. Producción

De acuerdo con datos de la consultoría Roskill (2013), la producción mundial de coque de petróleo (verde y calcinado) en el año 2000 se ubicó en 81 millones de toneladas (MMta), aumentó de manera constante a una tasa media de crecimiento anual (tmca) de 10 %, cerrando así en 204 MMta para 2010. Se espera que siga creciendo esta tendencia a una tmca de 6% al cierre de 2016, siempre y cuando se continúen los proyectos de reconfiguración de refinerías en el mundo. Cerca del 70% de la oferta total corresponde a coque verde (CV), y el resto a coque calcinado (CC).

Las decisiones sobre los niveles de producción no se realizan sobre la base de la oferta y demanda, ya que es un producto originado como externalidades de la elaboración de destilados intermedios es decir es un desecho.

Los factores que influyeron en el amento de los volúmenes producidos de este petrolífero a nivel mundial, son los siguientes:

- Oferta creciente de crudo pesado y diferencial de precios existente entre ligeros y pesados.

---

<sup>45</sup> Porque dicha información histórica y estadística sobre el coque de petróleo la venden las empresas son Jacobos Consultancy, Platt's, Petroleum Argus principalmente.

- El alto régimen de demanda de petrolíferos (principalmente gasolinas y diésel) a nivel mundial principalmente en los países asiáticos.
- Exigencias ambientales en combustibles, para mitigar el calentamiento global.
- Continuos avances en tecnologías de refinación que mejoran notablemente las opciones de procesamiento de conversión profunda y económicamente la utilización de residuos.

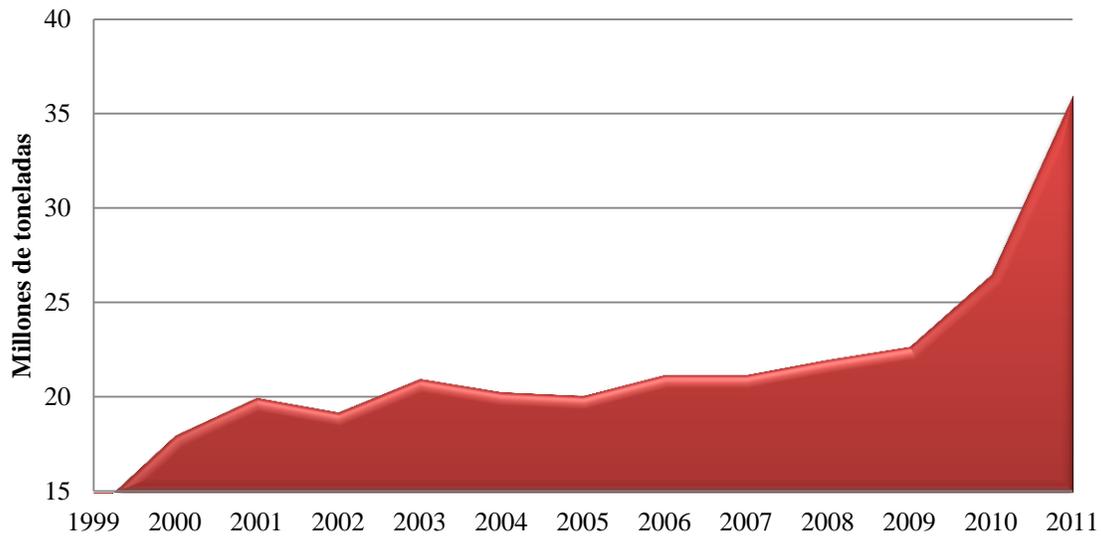
De acuerdo a las estadísticas que proporciona EIA, Estados Unidos es el mayor productor-ofertante de coque de petróleo, aporta aproximadamente el 40 % del mercado global; puesto que ha duplicado su capacidad de refinación desde 1999. En el año 2000 tuvo una producción neta de 48 MMta, la cual creció a una tasa promedio de 2.4 %, cerrando en 2010 en 55.5 MMta.

Oil Change, en su reporte *Coque de petróleo: El escondite del carbón en las arenas bituminosas* (2013) señala que este país, en el año 2010 llegó a producir aproximadamente 152,000 toneladas de petcoke por día y espera producir 176,000 a mediados del 2013. Aproximadamente el 57% proviene de la costa del Golfo de México (Texas y Louisiana) y cerca de 35 refinerías producen coque de petróleo en cantidades apreciables (más de 1000 t/día). (pág. 24)

Alrededor de 60 % de esa producción se exportó, el cual asciende a más de 33 MMta, por lo que este rubro han crecido en más del 100% desde 1999 (ver grafica 9). El coque de mayor comercialización, es el coque verde.

Sin embargo, desde la recesión económica mundial de 2008, China e India, se están convirtiendo en un nuevo centro de producción de coque de petróleo; tan solo China en 2010 tuvo una producción de 24 MMt. Se espera que ambos países para el 2016 sean responsables de la tercera parte de la oferta mundial, que se espera que crezca a 170 MMta. México representa el octavo lugar en producir este insumo en el mundo, conforme lo señalan las estadísticas de esta consultora.

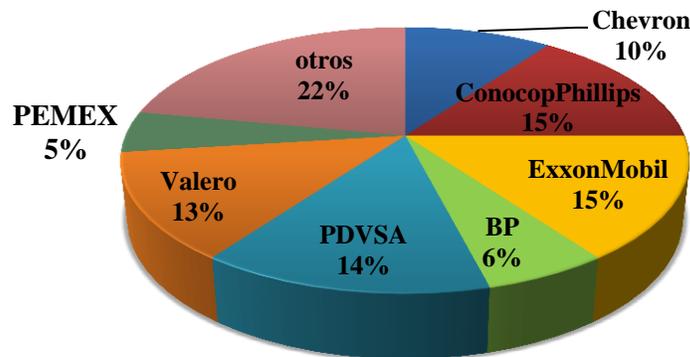
**Grafica 7**  
**Exportaciones de coque de petróleo de Estados Unidos.**  
**Millones de toneladas**



**Fuente:** Elaboración propia en base a *Energy Information Administration EIA*, <http://www.eia.gov/dnav/pet/pet sum snd a eppc mbbl a cur.htm>

Las principales empresas productoras de coque de petróleo en el mundo son: Chevron Corporation, ConocopPhillips, ExxonMobil, British Petroleum BP, Petróleos de Venezuela S.A PDVSA, Valero y Pemex ver gráfica 8. Para los proveedores de este residuo resulta atractivo desarrollar este mercado, en países con deficientes o nulos sistemas normativos referidos a la emisión de azufre.

**Grafica 8**  
**Principales empresas productoras de coque de petróleo en el mundo, 2010**



**Fuente:** Roskill, La economía de coque de petróleo edición 2011.

### 3.1.1. Precio del coque de petróleo

Energy Publishing (2012) señala que el precio del coque de petróleo (CP) tiene dos elementos para su fijación, su calidad y grado de dureza; sin olvidar por supuesto el juego de la oferta y demanda.

La calidad del coque se refiere a la cantidad de vanadio, níquel y otros metales pesados, así como a la cantidad de azufre. Si las refinerías utilizan más crudo pesado/ amargo producen coque con más alto contenido de azufre consecuentemente esto ocasiona incrementos en el volumen de producción de coque pesado o ligero es decir variaciones de contenido de azufre en el coque. Ante esta situación, el precio del coque debe tomar a consideración el precio del carbón térmico, porque éste se encuentra por debajo del precio del carbón de alto azufre debido a que presenta peores cualidades ambientales.

R. Santos & J. Silva op. cit, (pág. 97) nos señala que el CP se ha presentado como un sustituto del carbón, por lo que el precio internacional de este mineral es otra alternativa de referencia; porque cuando el precio internacional del carbón aumenta, también la demanda de CP. Por tanto, mientras menos elementos pesados lo integren, mejor se cotizará en el mercado.

El grado de dureza también influye en su precio y este se mide a través del índice de HGI. En la cuadro 3 se puede apreciar como el contenido de azufre interfiere más en los precios que el HGI y que este tiene una tendencia alcista de los precios, para ese periodo señalado. Los mercados *spot* de referencia de este insumo se encuentran en la región del Golfo y Costa Oeste de los EUA, y Venezuela porque son los principales productores de este insumo.

Es necesario resaltar que el precio de CP no influye para motivar en la producción del mismo. Las refinerías no deciden producir más CP cuando el mercado de éste crece o disminuye. La única razón para que la producción de coque de petróleo aumente es cuando mayores cantidades de fracciones pesadas de petróleo son convertidas en fracciones más ligeras, como gasolinas y se generan más residuos. En contrapartida, si una refinería está

produciendo más fracciones pesadas, como combustóleo, produce menos coque de petróleo.

**Cuadro 5**  
**Precios del coque de petróleo en función del contenido de azufre y dureza HGI de**  
**Abril de 2012**

Origen	Azufre (%)	HGI	Precio (US\$/t)	Tendencia
Estados Unidos (Región del Golfo) y Venezuela	04-may	< 50	100-106	Crece
	6	35 – 45	76-81	Crece
	6	50 – 70	77-82	Crece
Estados Unidos (Costa Oeste)	3	45 - 50	95-105	Crece
	4 +	45 - 50	90-100	Crece

**Fuente:** Energy Publishing Petcoke FOB Price Index

Al existir un desequilibrio entre la oferta y la demanda, los consumidores se han orillado a recurrir a celebrar contratos con algunas refinerías para asegurar un determinado suministro a largo plazo y no tener mayor volatilidad en sus precios, esto ocasiona movimientos en los precios de coque.

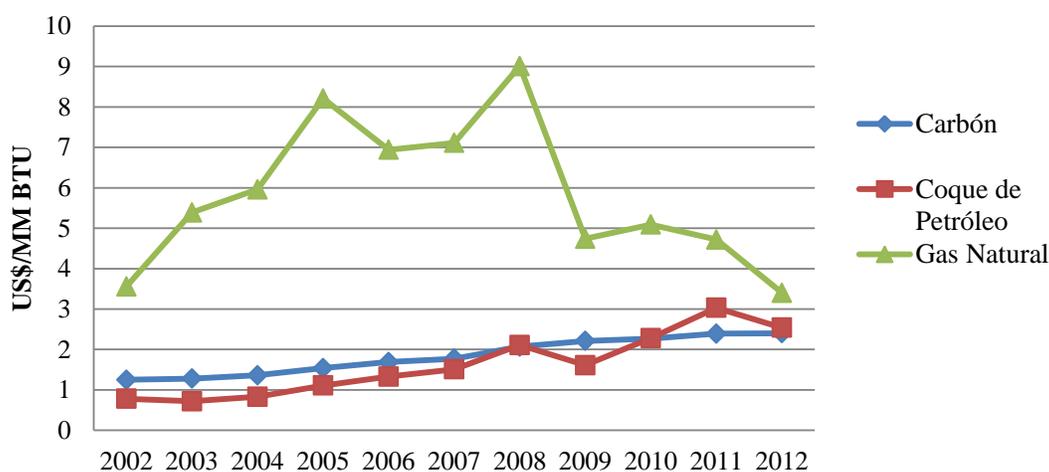
### 3.1.2. Consumo

El consumo de petcoke a nivel mundial está constituido por coque verde y calcinado, de este modo, la demanda global fue 69 MMta en 2000, aumentó a 104 MMta en 2010 a una tmca de 9.6%. Casi el 75% de ese total se utiliza como fuente de combustible barato, siendo quemado en refinerías, centrales eléctricas y hornos de cemento. Para el 2015, se espera que crezca la demanda a 164 MMta.

A nivel global en la última década se ha incrementado el interés por usar el coque del petróleo, como combustible siendo cinco industrias que lo demandan como: refinación de petróleo, generación de electricidad, cemento, acero y aluminio, para ser empleado como combustible a pesar de ser altamente contaminante.

Pero, ¿por qué es tan atractivo? Durante el periodo 2002-2008 se presentaron incrementos de los precios de petróleo crudo, por tanto el precio de los derivados del mismo y del gas natural presentan esa misma tendencia. El coque de petróleo al tener un precio de desecho de refinería, resulta ser más barato que el carbón y por supuesto que el gas natural como se presenta en la **gráfica 9**.

**Gráfica 9**  
**Precios Relativos de combustibles seleccionados**



**Fuente:** Elaboración propia, con datos de la *Agencia Internacional de Energía* (EIA), <http://www.eia.gov/electricity/monthly/>

Debido a su fuerte demanda precisamente durante el 2008 su precio superó el precio del carbón; por eso, la selección entre el uso de carbón o del coque de petróleo es técnica pero si económica frente al gas natural y especialmente cuando el precio del mismo aumenta. Por tanto, este petrolífero se presentó como combustible alternativo debido a sus bajos precios.

Del coque de petróleo producido en los EE.UU, aproximadamente el 60 % se exporta a China, Japón, India, Turquía, Italia, España y México; estas naciones en conjunto desde el 2005 son los principales consumidores de coque principalmente de tipo verde para ser empleado como combustible industrial, por esta razón nos centraremos en este tipo de coque.

Según la Agencia de Información de Energía (EIA), las importaciones que realizan de petcoke Italia, España, Portugal, Grecia, Turquía y México se han mantenido estables en los últimos años. Sin embargo, la India y China han incrementado considerablemente sus importaciones de coque de petróleo de las refinerías del Golfo de Estados Unidos durante los últimos años. La participación de China ha aumentado considerablemente desde octubre 2008 y ser empleado para la generación eléctrica.

Para asegurar la adquisición de este residuo las empresas como cementeras y termoeléctricas suelen adquirirlo de manera directa en las refinerías a través de contratos de contrato a futuro.

Los consumidores de petcoke de alto azufre en los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), utilizan sistemas de abatimiento de emisiones de  $SO_2$ , a fin de cumplir con las regulaciones ambientales de sus respectivos países. Estas legislaciones son las que restringen este mercado de mediano y alto azufre, lo que reduce su demanda y precio. En este sentido, para los proveedores de petcoke resulta atractivo desarrollar mercado en países con deficientes o nulos sistemas normativos referidos a la emisión de azufre, como es caso de países asiáticos.

## Capítulo III

# Panorama general del mercado nacional de coque de petróleo, 2000-2010

---

### 4.1. Marco regulatorio y normativo

El marco regulatorio y normativo del subsector petrolero se desprende del artículo 27 donde especifica como característica principal el dominio directo de la Nación sobre el petróleo y sus derivados.

Por tanto, el marco jurídico básico de la industria de refinación se conforma de otros ordenamientos como: Tratados Internacionales, Ley Reglamentaria del Artículo 27° Constitucional en el Ramo Petrolero, Ley Orgánica de la Administración Pública, Ley de Entidades Paraestatales, Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y sus Subsidiarias, Ley de Planeación, Plan Nacional de Desarrollo, Programa Sectorial de Energía, Ley Federal de Procedimiento Administrativo, Programa Petrolero e inclusive el Plan de negocios de Petróleos Mexicanos; Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, etc.<sup>46</sup>

El marco normativo aplicable a las acciones realizadas para el ordenamiento del mercado de petrolíferos (donde entra el coque de petróleo) se rige básicamente por la *Ley Reglamentaria del Artículo 27° Constitucional en el Ramo del Petróleo*.

En el Artículo 3° fracción I indica que la industria petrolera abarca la exploración, explotación, *refinación*, transporte, almacenamiento, distribución y *ventas de primera mano* del petróleo y los productos que se obtengan de su refinación de aquellos derivados del petróleo (...) que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas. Es decir, Pemex y sus Organismos Subsidiarios podrán establecer distintos esquemas de comercialización de los petrolíferos con los adquirentes.

---

<sup>46</sup> Disponibles en la página oficial de Pemex [www.pemex.com](http://www.pemex.com)

En el Artículo 15 fracción II reconoce la relación contractual que tiene Pemex y sus Organismos Subsidiarios con particulares. Se establece que los organismos descentralizados al realizar *ventas de primera mano*, deberán, (...) entregar la cantidad (...) productos que se obtengan de la refinación del petróleo (...) pactadas de conformidad con las disposiciones aplicables y respetar el precio que para los distintos productos que se determine.

Asimismo, el *Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo*<sup>47</sup> en específico, en el artículo 22 establece que los Organismos Descentralizados *se abstendrán* de incurrir en prácticas indebidas que limiten, dañen, impidan o dificulten el proceso de enajenación y adquisición de los productos referidos, como el coque de petróleo. Aunque también por otro lado, en el artículo 23 se especifica que *se podrán negar la venta de productos en forma total o parcial*, cuando exista impedimento técnico o comercial, lo cual se deberá hacer con bases a criterios públicos y verificables.

Adicionalmente, el artículo 24 señala que, *los Organismos Descentralizados garantizarán el acceso público a cada uno de los contratos de venta de primera mano* y de prestación de servicios suscritos con terceros, mediante su publicación en su página de Internet, en los términos de lo establecido en la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental. A pesar de esas normatividades dentro de PEMEX y sus Organismos Subsidiarios, existen políticas y lineamientos que estipulan las bases sobre temas como seguridad industrial, manejo de información reservada.

En el artículo 3° de la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios y de la Ley Pemex, se suscribe que los organismos subsidiarios de Petróleos Mexicanos son organismos descentralizados de carácter técnico, industrial y comercial, patrimonio propios y con personalidad jurídica, por lo que se regularan por sus propias leyes o decretos de creación, con lo que obtienen derechos y obligaciones que hayan adquirido o se les hayan asignado o adjudicado.

---

<sup>47</sup> Vigente a partir del 23 de septiembre de 2009.

En cuanto a tratados Internacionales, en el párrafo quinto del Artículo 603 del *Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN)* Capítulo VI Energía y *Petroquímica Básica*, señala que:

*Cada una de las Partes podrá administrar un sistema de permisos de importación y exportación para bienes energéticos o petroquímicos básicos, siempre que la operación de dicho sistema sea congruente con las disposiciones de este Tratado.*

El coque de petróleo se sujeta a lo antes descrito, este producto puede ser importado directamente por particulares ya que la producción nacional no es solvente para satisfacer la demanda interna.

El consumo de coque está regulado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) dentro de la NOM-085-SEMARNAT-2011, para controlar los niveles de contaminantes y fortalecer al desarrollo sustentable porque es, es uno de los objetivos rectores del sector energético.

En esta norma, se especifica las zonas críticas donde se puede quemar este combustible por en equipo existentes o de nueva generación<sup>48</sup>, a pesar de ser contaminante pero no se señala la prohibición para su uso como combustibles.

## **4.2. Mercado nacional de coque de petróleo, 2000-2010**

### **4.2.1. Oferta nacional**

Los grados de oferta de coque de petróleo en México serán expresados a través de producción, compras al exterior.

#### **4.2.1.1. Producción**

En 2000, la producción nacional de coque sumó 110 miles de toneladas anuales (Mta), mientras que en 2010 se niveló en 1,511 Mta, es decir, presentó una tasa media de crecimiento anual (tmca) de 28 %.

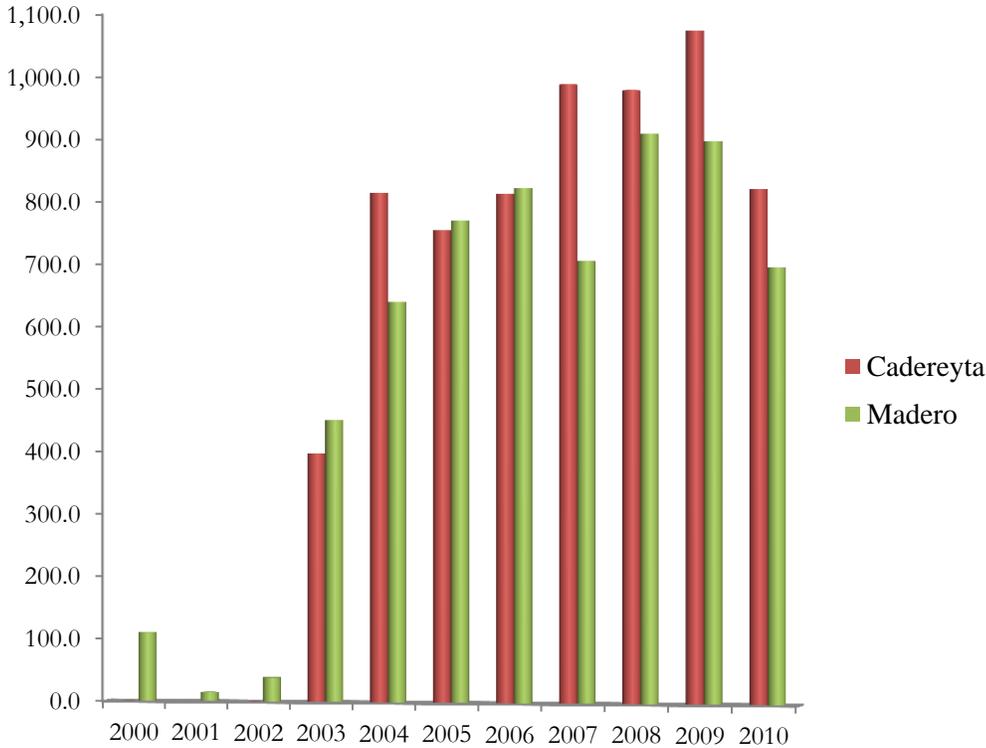
---

<sup>48</sup> Para mayor información, consultar <http://200.77.231.100/work/normas/noms/2010/085semar2012.pdf>

Es necesario resaltar que en el país únicamente se elabora coque de petróleo sin calcinar mejor conocido como coque verde (CV), esto es porque Pemex carece de unidad tecnológica para calcinarlo.

Por centro de trabajo, la refinería Francisco I. Madero", localizada en Ciudad Madero, Tamaulipas fue la primera en producir coque desde 1993, a pesar de que no contaba con una planta de coquización retardada con mayor grado de eficiencia; pero con los trabajos de reconfiguración y estabilización de la planta de coquización que entraron en juego en 1999 y finalizando por completo en el 2003 se logró aumentar la producción de coque de petróleo y disminuir la elaboración de combustóleo.

**Grafica 11**  
**Producción nacional de coque de petróleo por centro de trabajo,**  
**2000-2010**



Fuente: Elaboración propia en base a *Prospectiva de Petrolíferos, 2012-2026*, Sener

De esta manera, para el año 2000 la producción neta de coque en este centro de trabajo se situó en 110 Mt<sup>49</sup> y progresó a una tmca de 19 %, llegando a 694 Mt al cierre del 2010. Durante el 2001 y 2002 se presentaron problemas técnicos, lo que perjudicó de manera genérica la producción de petrolíferos consecuentemente de coque.

La Gerencia de Proyectos I reportó que 185 de los trabajos de Pemopro "requieren reparaciones factibles, adecuaciones en los procedimientos, mejoramiento de los sistemas de control, registro, inspección y pruebas, sustitución de algunos materiales, y algunas aclaraciones técnicas"<sup>50</sup>

La segunda refinería en producir coque fue Ing. Héctor R. Lara Sosa de Cadereyta Nuevo León, tuvo su primera producción significativa en 2003 con una aportación de 398 Mta; prosperó a un ritmo de 8 % llegando a 817 Mta, por lo que se convirtió en el mayor productor de coque sin calcinar hasta en los últimos siete años.

#### **4.2.1.2. Importaciones**

En términos generales, cuando la oferta nacional de algún bien o servicio no es capaz de satisfacer la demanda de su mercado local, se vuelve necesario el proceso de importación.

Para el caso del coque de petróleo, los volúmenes totales de importación se situaron en 1,004 Mt para el año 2000, mientras que en 2010 fueron 2,875 Mt. Lo anterior implicó un incremento de una tmca 11%, debido a la insuficiencia de la oferta nacional y de la creciente demanda.

Estas importaciones se encuentran constituidas por dos tipos de coque: verde y calcinado. Sin embargo, la Secretaría de Economía sólo proporciona estadísticas públicas de manera desagregada, a partir de 2003.

---

<sup>49</sup> La planta coquizadora se mantuvo en operación únicamente hasta marzo del 2000, debido al inicio de los trabajos de reconfiguración de esta refinería.

<sup>50</sup> <http://www.jornada.unam.mx/2002/07/02/006n1pol.php?origen=politica.html>

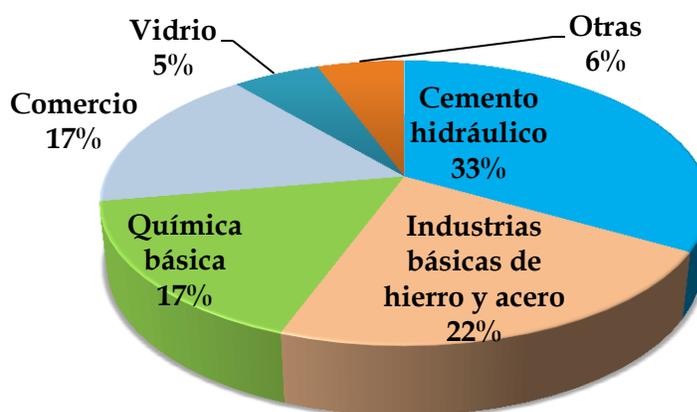
**Cuadro 6**  
**Importación de coque de petróleo por tipo, 2000-2010.**

Importaciones	2000	2003	2010	Tema %	Participación (%)	
					2003	2010
Importación Total	1,004	2,241	2,875	11	100	100
Coque Verde	n.d	2,090	2,743	3	93	95
Coque Calcinado	n.d	151	132	-2	7	5

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la *Secretaría de Economía y el Sistema de Información Energética*.

Tan solo el coque verde (CV), represento el 95% del total de las importaciones, con un volumen de 2,743 Mt, al cierre de la década; siendo la industria cementera el principal comprador de este insumo representando el 33%, seguido de la industria siderúrgica con 22%, química y comercializadoras con el 34% . En caso del coque calcinado (CC) que es demandado como materia prima no para uso energético, su nivel importación constituyó el 5 %, esto es alrededor de 132 Mt.

**Grafica 12**  
**Principales ramas industrias importadoras coque verde, 2010<sup>51</sup>**

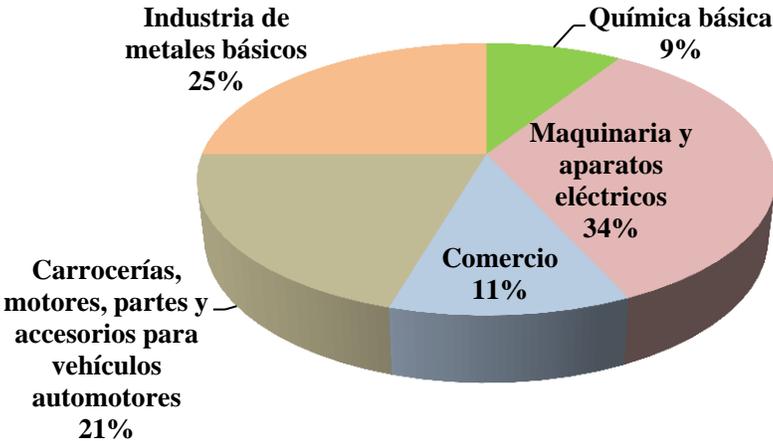


**Fuente:** Elaboración propia, con base en INEGI y Secretaría de Economía.

<sup>51</sup> Ver listado de empresas que demandan este producto en Anexo 1, cuadro 9.

Las compras en el exterior de CC en 2010 son realizadas principalmente por empresas que elaboran maquinaria y aparatos eléctricos, con una participación aproximada de 34% del total, le sigue carrocerías, motores, partes y accesorios para vehículos automotores 21%, Industria de metales básicos con el 25% y por último la industria química básica demandando el 9%, para tener un mejor panorama de los mismo se anexo un listado de las empresas que lo demandan. (Ver gráfica 13).

**Gráfica 13**  
**Principales ramas industriales importadoras de coque calcinado 2010**



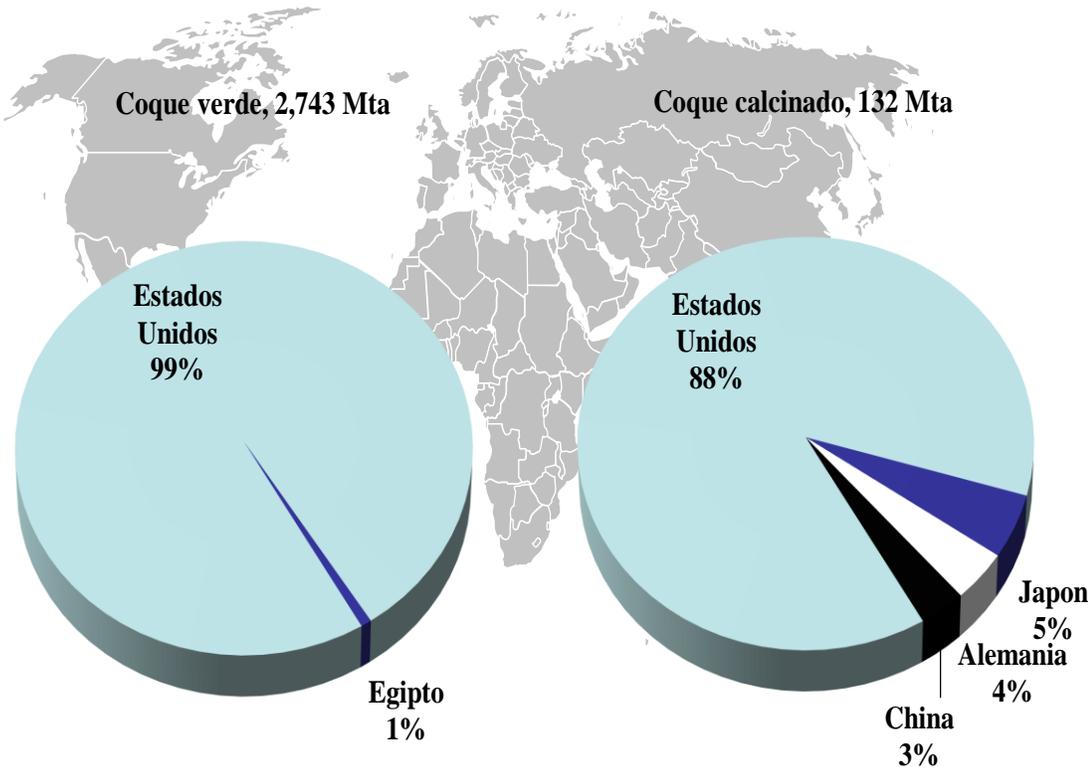
**Fuente:** Elaboración propia, con base en INEGI y Secretaría de Economía.

En cuanto a las importaciones por país de origen, Estados Unidos históricamente ha sido el principal proveedor de este insumo para nuestro país. A final del periodo observado, aportó cerca del 97% de las adquisiciones totales, es decir 2,838 Mt a pesar de que presentó una contracción del 2 % anual, en los últimos ocho años.

Por tipo de producto, esta nación suministro el 99% de la importaciones de CV sumando en 2,722 Mt. Texas es el principal estado oferente de este insumo, seguido de California y Luisiana. En el caso de CC sumó en 116 Mt, representando así en 87 de las adquisiciones del mismo.

Venezuela únicamente participó con el 3% de la oferta total de CV en 2003, sin registrar ventas a nuestro país en 2010, pero Egipto en ese mismo año sólo significó el 1%. Japón contribuyó con el 4% del total de las importaciones de CC solamente, es decir 7 Mta, Alemania suministró alrededor los 3% del total del mismo concepto, seguidos de China y Suiza quienes sumaron en 5 Mta.

**Grafica 14**  
**Origen de las importaciones de coque de petróleo, 2010**  
**(Miles de toneladas anuales)**



Fuente: Elaboración propia, con base en Secretaría de Economía

## **4.2.2. Demanda nacional**

El consumo nacional de coque de petróleo está integrado por dos tipos: verde y calcinado. El principal uso de este insumo en el país es el energético. A lo largo del periodo 2000-2010, pasó de una demanda total de 1,101 a 3,990 Mta, lo que significó que creció a una tasa de crecimiento anual de 12%. Para facilitar y hacer un estudio más desagregado de su demanda, es necesario abordarlo desde dos puntos de vista:

- Por el tipo de actividad económica que desempeñan las unidades de consumo.
- Por zona geográfica de demanda.

### **4.2.2.1. Demanda sectorial**

#### **4.2.2.1.1. Demanda del sector eléctrico**

El Sector Eléctrico Mexicano (SEM) está constituido por dos subsectores: subsector público y el privado; ambos presentan diferentes patrones de consumo de combustibles<sup>52</sup>.

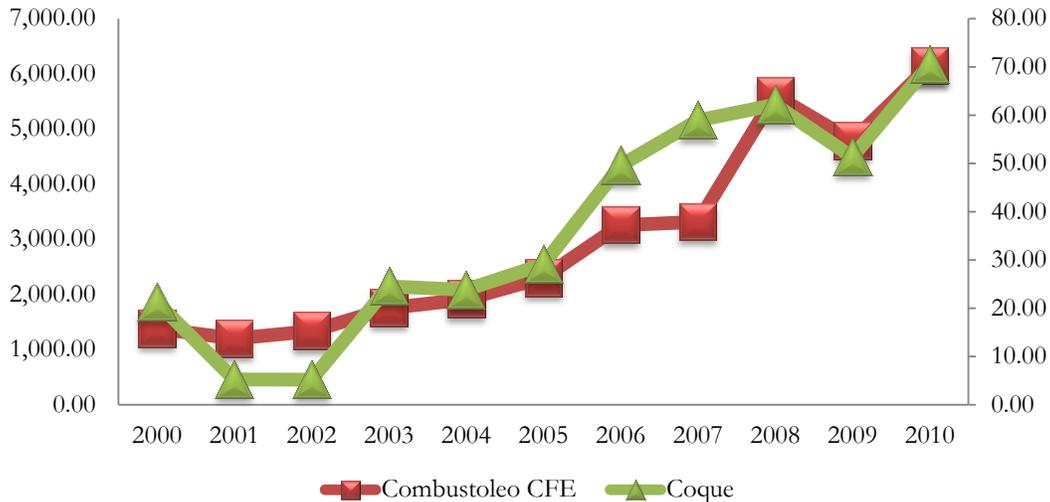
Durante el período de estudio, el consumo de coque de petróleo estuvo concentrado únicamente en el sector eléctrico privado, esto es a través de los permisionarios, que son los titulares de producción pequeña e independiente de autogeneración, cogeneración, exportación o importación de energía eléctrica.

---

<sup>52</sup> Par tener mayor información ver Prospectivas de petrolíferos 2012-2025 de la Secretaria de Energía.

**Grafica 15**

**Precios relativos petrolíferos a nivel nacional  
(Pesos por metro cubico)**



**Fuente:** Petróleos Mexicanos, Dirección Corporativa de Finanzas

De esta forma, los permisos de autoabastecimiento empezaron demandar coque, para ser empleado como combustible alternativo a partir de 2003, debido a la fuerte volatilidad de precios principalmente del combustóleo que se presentó en ese entonces ver **gráfica 15**, esto provocó que se sustituyera por coque el cual absorbió una demanda de 250.5 Mt; mientras que en 2010 sumo 1,204 Mt representado así el 30 % del consumo nacional.

Las dos plantas de generación de energía eléctrica que emplean este petrolífero son: la Termoeléctrica del Golfo, S. de R.L. de C.V y de empresa Peñoles en Tamaulipas ya que estas poseen tecnología de lecho fluidizado, para la autogeneración de energía eléctrica.

**Cuadro 7**

**Demanda de coque de petróleo sector eléctrico, 2000-2010**

Concepto	2003	2010	Variación absoluta	Tmca	Participación (%) 2010
Demanda interna	2,201	3,990	2,888.3	8.9	100.0
Sector eléctrico	250.5	1,205	1,204.7	25.2	30
Autogeneración de energía eléctrica	250.5	1,205	1,204.7	25.2	30

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía, Sistema de Información Energética Instituto Mexicano del Petróleo <http://sie.energia.gob.mx/>

#### 4.2.2.2. Demanda del sector industrial

El consumo de coque de petróleo en este sector para 2010 representó el 70% de la demanda nacional, considerando a los dos tipos de coque. La importancia del coque en este sector radica en ser demandado como combustible para la generación de energía eléctrica o como propulsor en sus mecanismos, aunque también es utilizado como insumo intermedio para la elaboración de otros bienes.

Durante el periodo de 2000-2010, *la industria del cemento* ha sido el principal consumidor de este subproducto de refinación especialmente de coque verde. El consumo en esta industria ha mostrado una tmca de 13.2 %, es decir paso de 670 a 2,625 Mta, como se puede apreciar en el cuadro 6.

El factor que propició que esta industria, lo demandase fue su poder calorífico y sus precios bajos en relación con otros combustibles como combustóleo, gas natural, carbón como bien ya lo habíamos señalado en el capítulo.

**Cuadro 8**  
**Consumo industrial de coque de petróleo**  
**Miles de toneladas anuales (Mta)**

Concepto	2000	2010	Tcma	Participación (%)	
				2000	2010
<b><i>Demanda Sector industrial</i></b>	<b><i>1,101.50</i></b>	<b><i>2,785.1</i></b>	<b><i>9.83</i></b>	<b><i>100</i></b>	<b><i>100</i></b>
Cemento hidráulico	669.47	2,624.5	13.2	61	94
Industria de metales básicos	223.20	60.8	-11.2	20	2
Química	81.16	52.44	-3.9	7	2
Vidrio	0.00	0.19	n.a.	n.a.	0
Resto de la industria	127.7	47.2	-9.8	8	2

\* n.a No aplica

**Fuente:** Elaboración propia, con base a Sener. *Prospectiva de Petrolíferos, 2012-2026.*

Basta recordar que la industria cementera en el país, se encuentra conformada por seis empresas: Cementos Mexicanos S.A. de C.V. (CEMEX), que es el tercer productor cemento a nivel mundial; Holcim Apasco S.A. de C.V., subsidiaria de la empresa suiza Holcim, segundo productor mundial; Corporación Moctezuma S.A. de C.V.; Lafarfgge S.A.de C.V., subsidiaria de la firma francesa Lafarge Ciments, líder mundial en producción de cemento; Cooperativa Cruz Azul y Concretos Nacionales.

Es importante resaltar que esta industria, es esencial para la actividad económica de cualquier país, porque el cemento se ha convertido en un producto estratégico para la construcción de obras privadas y públicas, que da lugar a generar empleos. De acuerdo a la Cámara Nacional del Cemento CANACEM (2012) existen 32 plantas cementeras en el territorio nacional; en conjunto, tienen una capacidad instalada para producir 51 millones de toneladas anuales; además de contar con más de 30 mil puntos de venta en todo el país y generar empleos directos e indirectos.

Cemex cuenta con el 47 % de las plantas del país (15 plantas) y vende cerca del 54% de todo el cemento nacional, es decir cerca de 19 millones de toneladas. Consecutivamente destaca Holcim Apasco con seis plantas, CYCNA con cuatro, GCC Cemento con tres plantas y tiene una participación de mercado de sólo 2 por ciento.

Esta industria requiere de 250 a 300 dólares para producir una tonelada de cemento, por lo que una planta de un millón de toneladas anuales requerirá de una inversión de 300 millones de dólares. El principal costo en la manufactura del cemento es el consumo de energía. Ésta puede oscilar entre el 40 y 60% del costo de producción del cemento en saco.

Para tener un mayor grado de eficiencia sobre la producción de cemento teniendo en cuenta que es *commodity*<sup>53</sup>, la posición de bajo costo es esencial. Por tal motivo, se ha tenido que renovar la tecnología, para poder diversificar insumos energéticos, como la electricidad,

---

<sup>53</sup> Se da este nombre a las materias naturales o semielaboradas que se comercializan en grandes cantidades para entrega inmediata o futura en las commodity exchanges (lonjas o mercados de contratación de materias primas o productos básicos para la producción (Castelo Montero, 2003)

combustóleo, gas natural, coque de petróleo y combustibles alternativos como estiércol y neumáticos viejos.

Por tanto si existe en el mercado, combustibles alternativos y con requerimientos similares o iguales entonces se demandará aquel combustible de menor precio. De este modo el coque, en los últimos diez años se ha convertido en el principal combustible de esta industria, siendo Cemex y Holcim Apasco los principales consumidores en el país.

Estas dos empresas han celebrado contratos de compraventa de largo plazo con Pemex, con la finalidad de asegurar su suministro de este petrolífero y evitar grandes deslizamientos en su precio. La paraestatal ha suscrito cuatro contratos de compraventa de coque de petróleo, de los cuáles tres fueron con Cementos Mexicanos, S.A. de C.V., con fechas 30 de marzo, 31 de agosto de 1998 y 22 de julio de 1999; así como otro suscrito con fecha de 28 de noviembre de 2000.

Los últimos dos convenios corresponden a la adquisición de coque de la refinería en Cadereyta y expiran en julio de 2023, el otro es de la refinería de Madero y vence en octubre de 2022. Cabe señalar que dichos contratos tienen cláusula de confidencialidad, respecto al volumen de coque adquirido así como sus precios.

Sin embargo, debido a la importancia que ha adquirido el coque dentro del mercado de energía, ha generado gran interés público en saber qué pasa con este residuo de refinación. De este modo la empresa cementera ha autorizado a Pemex dar a conocer el volumen de compra para hacerlo público con cierto tipo de restricción, pero desde 2002.

Para el caso de Apasco, no pudimos tener información de algún contrato de compra, pero la Gerencia de Ventas al Mayoreo de Pemex Refinación señalada que esta cementera adquiere coque de la refinaría Madero desde 2003.

De esta forma podemos señalar que estas dos cementeras adquieren más del 100% de la producción nacional, y que la paraestatal recurre a importaciones para poder cubrir la demanda que requieren las cementeras. La siguiente tabla muestra dichas adquisiciones:

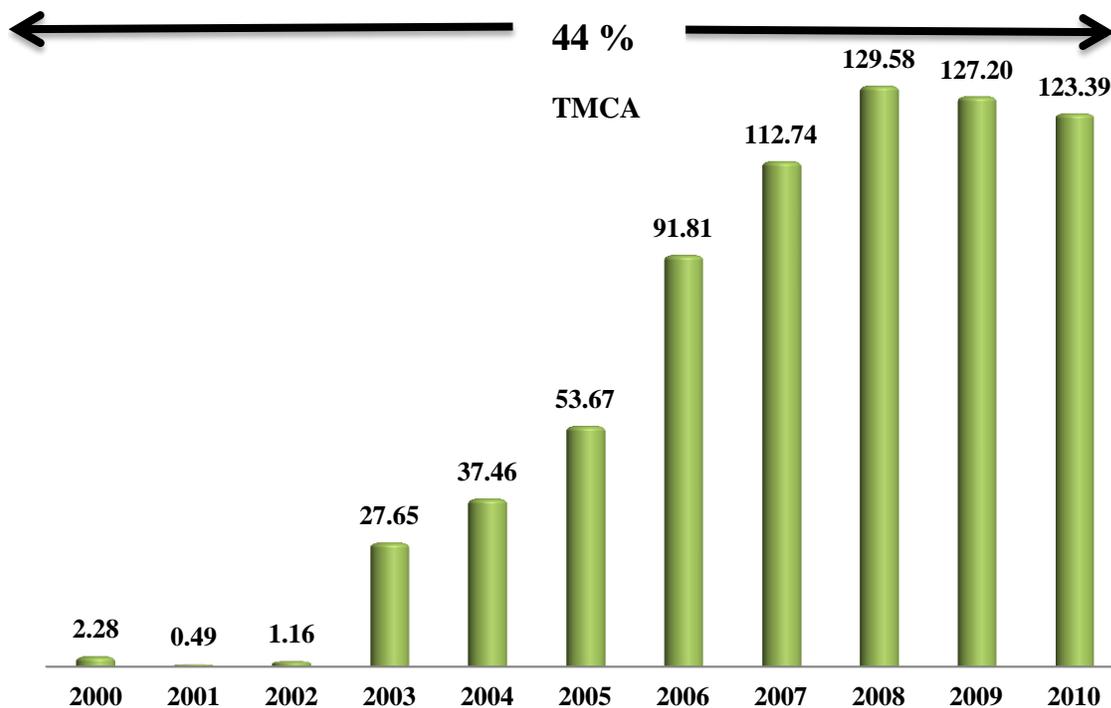
**Cuadro 9**  
**Volumen de ventas de Pemex a Cementeras, 2002-2010**  
**Miles de toneladas anuales (Mta)**

Periodo	Cemex		Apasco	Total
	Cadereyta	Madero	Madero	
2002		66.2		66.62
2003	714	462	17	1,192.9
2004	806	586	100	1,491.9
2005	753	732	148	1,632.6
2006	811	705	131	1,646.9
2007	988	635	110	1,733.3
2008	975	770	140	1,884.1
2009	1,066	779	135	1,979.9
2010	813	625	122	1,559.9

**Fuente:** Pemex Refinación; *Subdirección Comercial, Gerencia de Ventas al Mayoreo.*

Los ingresos que ha percibido Pemex Refinación por la comercialización de coque de petróleo para el año 2000 se situó en 2.28 Millones de pesos. Las ventas de este residuo en aquel entonces se relacionaban con actividades propias de la industria de metales básicos y química. Hoy por hoy la industria cementera es el principal comprador de coque y con ello las ventas que realiza PR hacienden a 12.4, lo que refleja una tmca 44%, a pesar de que este concepto representa menos del uno por ciento de los ingresos totales por venta de petrolíferos que realiza PR.

**Gráfica 16**  
**Ingreso por comercialización de coque de petróleo**  
 (Millones de pesos)



**Fuente:** Petróleos Mexicanos, Dirección Corporativa de Finanzas DCF

Conforme a las encuestas manufactureras que viene realizando el Instituto Nacional de Geografía y Estadística INEGI desde 2007, y el Instituto Mexicano del Petróleo, arrojan resultados de que el consumo de coque por empresa cementera es hacia la baja como se puede apreciar en **cuadro 8**. Una de las posibles causas es porque en 2008 se presentaron tanto a nivel internacional como nacional aumentos de las materias primas alimenticias, metálicas y energéticas entre ellos el coque. Esto ocasionó un aumento en el precio de saco 50 kg de cemento, el cual ubica en \$100 pesos en promedio a nivel nacional.

La empresa regiomontana Cemex adjudicó esta nueva cotización como consecuencia de los elevados precios en el coque del petróleo y la energía eléctrica, lo cual ha presionado sus costos de producción. Apasco, la segunda empresa productora de cemento en México, siguió el camino de Cemex y dio a conocer un incremento en sus precios entre el 5% y 7%.

Esto ha propiciado cambiar sus combustibles por otros alternos como neumáticos e ir sustituyendo de manera paulatina el coque. (López, 2008)

### Cuadro 11

#### Consumo interno de coque por planta cementera, 2007-2010 Miles de toneladas anuales

Planta	2007	2008	2009	2010
Cemex	2,386	1,772	1,623	1,438
Apasco	463	419	462	451
Moctezuma	393	429	310	355
Cruz Azul	138	289	315	329
GCC	0	0	0	0
LaFarge	91	55	66	52
Total *	3,472	2,963	2,807	2,625

\*Incluye importaciones de particulares y oferta de Pemex

Fuente: IMP

Por tanto, el alza generalizada de precios de las materias primas alimenticias, metálicas y energéticas tuvo un impacto determinante en la estructura de costos de producción en prácticamente todos los sectores de la economía. De igual forma, la dinámica de los precios se vio afectada por la presión que sufrió la paridad cambiaria a partir de septiembre (Banco de México, 2008, pág. 12).

En el caso de la industria *Siderúrgica*<sup>54</sup>, es el subsector de mayor importancia en el consumo de energía final industrial en México y en la mayoría de los países donde se produce hierro y acero, debido a que es intensiva en el uso de la energía.

Sin embargo, por las características de los procesos químicos y tecnológicos; está sustentada principalmente en el carbón y fundamentalmente en su principal derivado que es el coque, el gas natural (necesario para los procesos de reducción directa y el horno básico

<sup>54</sup> La industria siderúrgica inició su modernización junto a su privatización a partir de 1990 a 1999. (González Chávez, 2008, pág. 240)

de oxígeno), la electricidad necesaria en todos los procesos, pero indispensable en el horno de arco eléctrico y recientemente coque de petróleo.

Es el segundo consumidor más importante de coque en el país; su principal uso es como combustible, ya que lo utilizaban directamente en sus altos hornos, el cuál es mezclado con otros componentes como carbón, por lo que esta industria demandó 223 Mta al cierre del año 2000.

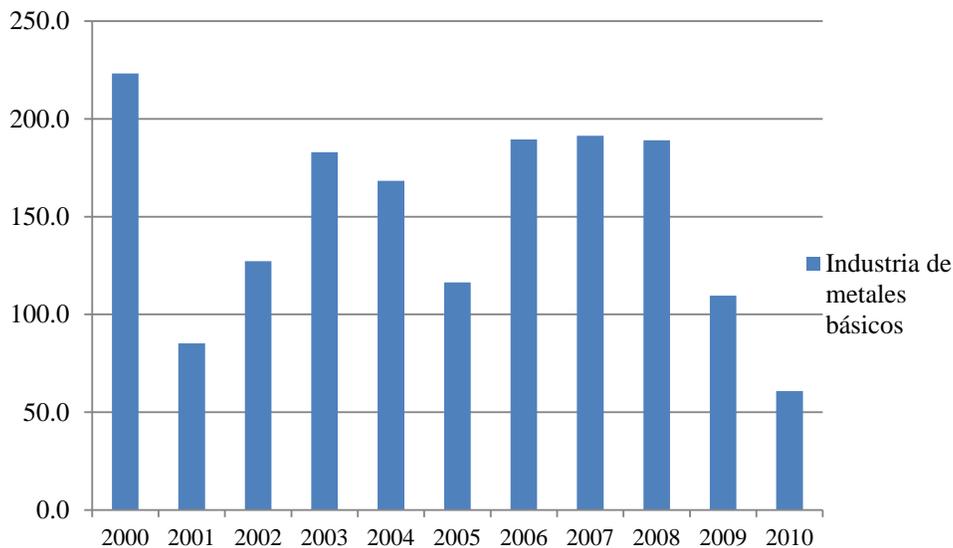
Conforme a la **gráfica16**, se puede apreciar que el consumo de coque ha presentado un comportamiento cíclico en los últimos diez años. Las determinantes que pueden explicar esta conducta es la ampliación gradual para el periodo 2001-2005, de la capacidad instalada de producción principalmente en acero y hierro.

Durante ese mismo periodo, la producción de esos metales creció hasta el 2004 por lo que requirió demandar mayores cantidades coque de petróleo. Cabe mencionar que en éste lapso de tiempo a nivel internacional comienza a sufrir diversos problemas en su producción debido a que en el año de 2002, China empieza a consumir acero de todo el mundo que repercutió en la escasez de materia prima y por ende en los aumentos de los productos que estuvieran hechos de acero o hierro. Por otro lado, existió aumentos de en los precios de los combustibles principalmente del gas natural por lo que originó un aumento de coque de petróleo aunque permaneció casi estable.

Lo anterior da respuesta al descenso del consumo de petróleo al cierre del periodo 2000-2010 como se puede apreciar en la siguiente gráfica.

**Gráfica 16**

**Consumo de coque de petróleo en la Industria Siderúrgica, 2000-2010**



**Fuente:** Prospectiva de Petrolíferos, 2012-2026, Sener.

No obstante, su consumo para los dos últimos dos años ha presentado una contracción de 11.2% anualmente, esto posiblemente obedece a que ésta industria ha presentado variaciones en la evolución del consumo de energía debido al cambio tecnológico para la producción, donde los requerimientos energéticos depende en su mayoría de gas natural y electricidad.

Tan solo en producción de hierro, se incrementa la reducción directa con aumentó en consumo de gas natural. En la de acero, desaparece la producción del hogar abierto y se incrementa significativamente el arco eléctrico a través de diversas acerías y el convertidor al oxígeno, y finalmente, en la producción final aumenta la colada continua. (Castillo Guevara, 2010, pág. 27)

Por tanto, al ir desapareciendo los altos hornos se ve directamente afectado el consumo de coque de petróleo verde, porque ahora están apostando por arcos eléctricos los cuales emplean gas natural y electricidad *Ibidem*.

Hay que señalar que en esta industria también emplea coque calcinado para la elaboración de ánodos en la industria de aluminio. Por tanto, a finales del periodo observado este sector sumó en total una cantidad demanda de 60 Mta, como se observa en **el cuadro 8**.

La **industria química** es el tercer consumidor a nivel nacional, a principios de la década absorbió 81.2 Mta, para ser empleado como combustible. Con el transcurso de los años dicho producto ha presentado contracciones en su demanda de 156 Mt al cierre del periodo del periodo observado.

Esto se debe en primera medida a la inversión y modernización para tener una mayor diversificación en el empleo de combustibles alternativos, además de las normas ambientales las cuales les restringen el uso del coque de petróleo a menos de cuenten con el equipo adecuado.

Guillermo Miller, director de Información y Comercio Exterior de la ANIQ (La Asociación Nacional de la Industria Química), explicó que la situación de la industria es producto de una falta sistemática de inversiones en esta industria que, si bien está comenzando a revertirse, no alcanzará durante muchos años para que en México se tenga una participación de 4.5% del PIB, que es el promedio mundial.

*“Si México aspira a tener una industria química viable, se necesita mucha más labor de la que se ha hecho en los últimos años. Sólo con inversiones fuertes podremos alcanzar el promedio mundial y dejar este atraso”, dijo Miller a El Economista. (García, El economista, 2012)*

Por otro lado, un estudio realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) en 2002, señala que también demanda coque calcinado para ser empleado como materia prima en combinación con mineral de titanio y cloro, para la elaboración de pigmentos que comúnmente son empleados en pinturas automotrices, para plásticos y papel; pero no especifican la cantidad, estadísticas. INEGI y SENER señalan que esta rama demanda coque para consumo final energético, principalmente en el estado de Nuevo León.

La **industria vidriera** empezó a demandar coque desde 2003, para ser quemado como combustible. La adquisición de este insumo no ha sido significativa por lo que se convierte en el menor consumidor de este petrolífero. Lo anterior se puede asociar a su nivel de

tecnología, la cual no posee la capacidad de diversificar sus insumos energéticos; a pesar de que el gasto en combustible en esta industria representa el 15% del total de los gastos de operación para la elaboración de vidrio.

Uno de los principales problemas a los que se ha enfrentado esta industria es el alza de los precios de combustibles fósiles como el gas natural y combustóleo entre el 2005 y 2008. Por consiguiente, ocasiono altos costos en su producción por arriba de 100%, lo que desencadenó la quiebra de empresas y pérdida de empleo, principalmente en Nuevo León.

En entrevista para el diario “*El economista*” Alfonso Serna, uno de los empresarios de la industria del vidrio en Monterrey, director de la empresa Global Glass, recordó que a partir de septiembre del 2005 el precio de gas natural se registró en 9.80 de dólares por millón de BTU, en junio del 2007 se cotizó en 7.40 y en abril del 2008 el precio alcanzó los 8.89 dólares y para mediados de ese año ya se encontraba en 15 dólares por millón de BTU, lo que se tornó insostenible”, afirmó ( Torres , 2011).

En lo que se refiere al resto de la industria el consumo de coque también presento contracciones de 127 Mta hasta 47 lo que significa una reducción del 9.8% anual entre 2000 y 2010.

En general la contracción en el consumo de coque en la industria nacional radica en la falta de tecnología que pueda aprovecharlo, también su origen se encuentra en las legislaciones ambientales específicamente a NOM-085-SEMARNAT-1994 donde se señala los límites máximos permisibles emisión de contaminantes de este sólido. Sin embargo, hay que destacar que la industria manufacturera ha presentado estragos principalmente a lo largo de la década.

El declive productivo que se registró en 2009 confirmó en la disminución del peso del sector industrial en el PIB, así como por la pérdida de más de un millón de empleos desde inicios de la década en curso- era patente desde antes de que se declarara la recesión económica global. México ha venido disminuyendo su capacidad de producir bienes de alto valor agregado que hace unos años venía haciendo, por ejemplo en la industria química, vidriera y metalúrgica. (Lomelí Vanegas & Murayama, 2010, pág. 50)

### 4.2.2.3. Demanda regional

La regionalización de la adquisición de coque de petróleo para uso energético contempla conjuntos estatales agrupados: noroeste, noreste, centro-occidente, centro y sur-suroeste, como se muestra en el siguiente mapa.

**Mapa 1**  
**Regionalización consumo coque en México**



**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla No. 10 se observa que la región Noroeste y Noreste dominaba el 60 % de la demanda nacional de coque de petróleo con una adquisición de 660 Mt a inicios del periodo estudiado. Lo anterior se puede asociar a que es precisamente en esta zona donde se encuentra los primeros centros cementero, básicamente en los estados de Nuevo León y Coahuila<sup>55</sup> los que empezaron a emplear coque verde en sus procesos de producción. En esta zona se encuentran las principales empresas siderúrgicas, químicas y vidriera del país

<sup>55</sup> La primera planta cementera que utilizó coque de petróleo, fue la que se encuentra en Torreón Coahuila.

que demandan coque. Actualmente ambas regiones, presentan contracciones en su consumo una de las causas es de que la industria siderúrgica como ya lo señalamos está optando por gas natural y electricidad; la industria química.

**Cuadro 12**  
**Consumo nacional de coque por región, 2000-2010**  
**Miles de toneladas anuales**

Concepto	2000	2010	Tmca	Participación (%)	
				2000	2010
<b>Nacional</b>	<b>1102</b>	<b>3990</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Noroeste	108	166	4	10	4
Noreste	552	423	-2	50	11
Centro-Occidente	330	1937	17	30	49
Centro	55	1160	32	5	29
Sur-Sureste	56	304	17	5	8

**Fuente:** Elaboración propia en base a con base en CFE, CNIC, EIA, IEA, INEGI, PEMEX, SE, SENER y empresas privadas.

La región Centro-Occidente y Centro conjugaron un consumo de 385 Mt el cual representó el 35% de la demanda nacional a inicio de la década; para 2010 concentraron la mayor parte del consumo con el 78% de la demanda nacional (3,097 Mt); esto se explica porque es precisamente en esta zona donde se concentran la gran actividad cementera principalmente de Cemex, seguido de Apasco.

La región Sur-Sureste es la de menor consumo, siendo Veracruz y Yucatán los que destacan; esto es evidente porque es precisamente donde se ubican centros de producción cementera, aunque también en esta región del país son la de menor grado de industrialización.

#### **4.2.2.4. Exportaciones**

La exportación de coque se encuentra sujeta a que se cuente o no, con los suficientes volúmenes excedentes del mismo, lo cual representa tan sólo una variable de ajuste a las fluctuaciones que presente el mercado interno. Cuando se incrementa la demanda interna de este combustible, se deben reducir las exportaciones y, en sentido contrario, al contar con

volúmenes mayores se incrementan las ventas al exterior, pero dentro de márgenes muy reducidas.

De acuerdo al portal de Sistema de Información Arancelaria por Internet de la Secretaría de Economía, las exportaciones de coque en México a lo largo de la década son realizadas únicamente por empresas particulares, la paraestatal Pemex Refinación quedó exenta de esta acción. La principal empresa que realiza este ejercicio es Cemex seguido por las comercializadoras como Centralia de México SA DE CV.<sup>56</sup>

Las estadísticas publicas Los registros de las exportaciones se empezaron a registrar durante el 2003, con una aportación aproximada de 0.13 Mta, las más significativas fueron a partir de 2005 con una aportación aproximada de 147 Mta, siendo Estados Unidos el principal país receptor de coque calcinado seguido por Guatemala. Por tipo de coque, el de mayor exportación es el calcinado, esto nos evidencia que realmente el país aprovecha el coque verde para ser empleado como combustible.

**Cuadro 13**  
**Exportación por tipo de coque de petróleo**  
**(Miles de toneladas anuales)**

Exportaciones	2003	2010	Participación (%)	
			2000	2010
Verde	0.1	0.5	29	1.0
Calcinado	0.2	48.1	71	99.0
Total	0.3	48.6	100	100

**Fuente:** Elaboración propia, con base en Secretaría de Economía Sistema de Información Arancelaria por Internet

<sup>56</sup> Par tener un mayor panorama de las principales empresas exportadoras de coque de petróleo ver Anexo III

### 4.3. Balance nacional

Al conjugar todas las cifras anteriores, se obtuvo el siguiente balance nacional de coque (Cuadro 12):

**Cuadro 14**  
**Balance de coque de petróleo, 2000-2010**  
**(Mta)**

Concepto	2000	2010	tmca 2000/2010	Participación (%)	
				2000	2010
<b>Oferta</b>	<b>1,115</b>	<b>4,386.0</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Producción	110.2	1,511.0	27	10	34
Cadereyta	0.0	817.2	n.a	0	19
Madero	110.2	693.8	18	10	16
Importación	1,004	2,875	10	90	66
Coque Verde	0.0	2,743	n.a	0	63
Coque Calcinado	0.0	132	n.a	0	3
<b>Demanda</b>	<b>1,144.2</b>	<b>4,078.4</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Requerimiento nacional	1,144.2	4,029.8	12	100	99
Sector eléctrico	0.0	1,204.7	n.a	0	30
Generación pública de electricidad	0.0	0.0	n.a	0	0
Autogeneración de energía eléctrica	0.0	1,204.7	n.a	0	30
Sector industrial	1,144.2	2,825.1	9	100	69
Cemento	669.5	2,624.5	13.2	59	64
Siderúrgica	223.2	60.8	-11.2	20	1
Química	81.2	52.4	-3.9	7	1
Vidrio	0.0	0.2	n.a	0	0
Maquinaria y aparatos eléctricos	42.7	40.0	-1	4	1
Otras ramas	127.7	47.2	-9	11	1
Exportación Total	0.0	49	n.a	0	1
Coque Verde	0.0	0.5	n.a	0	0
Coque Calcinado	0.0	48.1	n.a	0	1

**Nota:**

n.a. no aplica

<sup>1</sup> Incluye Pemex y particulares.

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Sistema de Información Energética, y Secretaría de Economía

## **4.4. El precio del coque de petróleo**

### **4.4.1. Mecanismos de formación de precios**

Dada su naturaleza de ser un producto de refinación, la formación de su precio está sujeto, al artículo 31 fracción X, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, donde señala que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público le corresponde el despacho de:

*“Establecer y revisar los precios y tarifas de los bienes y servicios de la administración pública federal, o bien, las bases para fijarlos, escuchando a la Secretaría de Economía y con la participación de las dependencias que correspondan”*

El principal objetivo del mecanismo de fijación de precios es el reflejar los costos de oportunidad, tal como se encuentra establecido en la fracción II y II del Artículo 26 del Reglamento de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales, donde especifica lo siguiente:

*I. Para aquellos bienes o servicios que no sean susceptibles de comercializarse en el mercado internacional, los precios y tarifas se fijarán considerando el costo de producción que se derive de una valuación de los insumos a su costo real de oportunidad. El costo real de oportunidad será el precio en el mercado internacional cuando los Insumos sean susceptibles de comercializarse en el mismo, y el precio en el mercado nacional, para los que no lo sean, y*

*II. Se podrán establecer precios diferenciales en la venta de los bienes o servicios, sólo cuando dichos precios respondan a estrategias de comercialización y se otorguen de manera general.*

Considerando lo anterior Jose Ontiveros Montesinos en sus tesis *“El riesgo de mercado y la volatilidad en los precios del combustóleo, coque de petróleo y diésel para uso industrial en México, 1994-2004”* (2005) hace un poco de historia donde señala que desde el mes de abril de 1991 representantes de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público formaron junto con otros representantes de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, de la Contraloría General de la Federación, de Energía Minas e Industrias Paraestatal y de Petróleos Mexicanos, el Comité de Precios de Productos Petrolíferos, Gas Natural y Productos Petroquímicos, con el objeto de analizar y aprobar la estructura de precios de los productos petrolíferos y gas natural que comercializa Pemex en el mercado nacional, a través del reflejó de los costos de oportunidad y las fluctuaciones del mercado externo.

Asimismo, se aplicaron diferenciales en el costo del servicio de transporte, al considerar la cantidad y la constancia del consumo de cada demandante. (pág. 44)

Actualmente el comité está formado por Pemex, Hacienda y Sener; pero la subsidiaria Pemex Refinación, es la encargada de proponer los mecanismos para que posteriormente sean aprobados por el comité de precios.

Por tanto, el mecanismo general de precios de Pemex está basado en lo siguiente:

- ❖ ***Precios basados a referencias internacionales.*** Por lo regular estos precios se basan en los mercados spot de Estados Unidos y Europa. En este caso se toma como base el de la Costa Norteamericana del Golfo de México, tomando como referencia el precio que se publica en Petroleum Coke Quarterly.
- ❖ ***Ajustes por calidad.*** se refiere a las modificaciones en los precios de los petrolíferos respecto a su contenido de azufre, contenido de metales, viscosidad, presión en vapor o número de octanajes, de igual forma se toma a referencias internacionales.
- ❖ ***Costos de logística.*** Éstos se encuentran relacionados con las consideraciones de su suministro, para programar su transporte por vía terrestre o marítima. Otro factor detonante en consideración es el resultante del balance comercial del producto, porque a través de él se pueden realizar movimientos de importar o exportar según sea el caso, dando como resultado un costo de oportunidad.
- ❖ ***Descuentos contractuales.*** Estos los determina el comité de precios en un periodo determinado, para que pueda ser vendido al cliente.
- ❖ ***Impuestos indirectos.*** Esto es la aplicación de Impuesto al Valor Agregado (IVA) y del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS).

Considerando todo lo anterior, la formación de precios de coque de petróleo que maneja la paraestatal, se delimita por cada centro de elaboración del mismo además de considerar los conceptos anteriores. Por tanto, el precio proveniente de las refinerías Caderyta y Madero se formula de la siguiente manera:

## Esquema 6

### Formación de precio de coque de petróleo.<sup>57</sup>

$$\begin{array}{ccccccccccc}
 \textit{Precio de venta} & & \textit{Precio de Referencia} & & \textit{Ajustes de calidad} & & & & \textit{Costo} & & \textit{Descuentos} & & \textit{Impuestos} \\
 \textit{al público de} & = & \textit{t -1} & +/- & \textit{(Basado en} & +/- & \textit{de logística} & - & \textit{contractuales} & + & \textit{indirectos} \\
 \textit{Caderyta o} & & \textit{Green Coke} & & \textit{referencia} & & & & & & & & \\
 \textit{Madero} & & \textit{Costa Norteamericana de} & & \textit{internacional)} & & & & & & & & \\
 & & \textit{golfo} & & & & & & & & & & \\
 \hline
 & & \underbrace{\hspace{15em}} & & & & \underbrace{\hspace{15em}} & & & & & & \\
 & & \textit{Precio productor mayoritario} & & & & \textit{Pemex o sector privado} & & & & & & 
 \end{array}$$

**Fuente:** Dirección Corporativa de Pemex y Pemex Refinación

<sup>57</sup> A partir del 11 de marzo de 2013, este tipo de información es considerada reservada por un plazo de 12 años, en relación al artículo 82 de la Ley de la Propiedad Industrial por estar contenida en los acuerdos y oficios autorizados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en el Comité de Precios de Productos Petrolíferos, Gas Natural, Petroquímicos e Interorganismos, documentos considerados de gran importancia para la comercialización de los bienes producidos por Petróleos Mexicanos y el desarrollo del mercado de los mismos, y revelar cualquier información contenida en los mecanismos de coque podría afectar a la entidad al poder obtener mayores ingresos por la venta de ese producto en el futuro. Agrega la unidad administrativa que la información requerida se encuadra en el secreto industrial y que su difusión podría representar ventajas competitivas para algún competidor.

Sin embargo, esta información ya estaba disponible en el zoom del portal del Instituto Federal de Acceso a la Información con número de registro SISI: 1857600046408.

#### 4.4.2. Evolución histórica del precio del coque nacional

A pesar de ser un petrolífero que elabora Pemex, no existe propiamente un registro público oficial de precios nacionales del mismo, por no ser un combustible estratégico y ser un desecho de refinación.

Existen históricos de precios contractuales para este petrolífero, por tanto su información es considerada como reservada porque los contratos donde se manejan tienen cláusula de confidencialidad. Sin embargo, con la ayuda del Instituto Federal de Acceso a la Información (IFAI), se logró tener acceso a la información acerca de sus precios públicos (no los contractuales) a partir de 2005.

Retomando el apartado anterior, observamos que la formación de precios de coque de petróleo que maneja la paraestatal, varía por centro de elaboración. Por tanto, el precio proveniente de la refinería Madero para 2005, la tonelada de CV se cotizó en \$257, y cerró en \$1,032 en 2010, lo que significó que creció a una tmca del 26%; para el caso de Cadereyta se situó en \$250 a inicio del periodo observado y finalizó en \$1037, teniendo así un aumento del 27% anual, es decir que en esta última el precio del coque inició más barato y terminó más caro porque aumentó su demanda porque es precisamente en este periodo cuando aumentó el precio de otros combustibles como el combustóleo y gas natural.

**Cuadro 15**

**Precio público de coque de petróleo nacional, 2005-2010  
(\$/tonelada) con IVA Incluido**

<b>Refinería</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Madero	257	472	619	961	459	1032
Cadereyta	250	463	625	952	462	1037
Precio	253	467	622	956	461	1035

**Fuente:** Pemex Refinación

En términos generales el precio de este producto ha presentado una tendencia hacia la alza, esto se asocia por un lado a que su oferta sea muy restringida, tanto a nivel nacional como internacional, factor que ha influido en el precio.

Posiblemente con el paso del tiempo los precios se irán declinando debido a un aumento en la oferta a nivel interno, la cual se espera entre en vigor en 2016 con la producción de la refinería Bicentenario, mientras en el exterior se espera un mayor suministro por parte de Venezuela lo cual va influir de manera directa los precios nacionales de CV, además de que las restricciones ambientales.

#### **4.5. Tendencias del coque verde**

En el marco de la globalización económica, la seguridad en la producción de combustibles es tan importante como la estabilidad de precios, la tasa de interés o el tipo de cambio. Al garantizar la producción y distribución adecuadas de cualquier combustible, se asegurarán en cierta medida los niveles de precios y su aprovisionamiento, factores que se consideran básicos para la estimación de la producción e inversión, tanto en la iniciativa privada como en el sector social.

En la medida en que se proporcione información sobre los niveles esperados de producción y demanda de cualquier bien o servicio, los procesos de planeación generarán resultados más certeros y confiables. Sin embargo, el suponer a lo largo del tiempo, conlleva el riesgo de que los resultados esperados puedan diferir materialmente de aquéllos proyectados.

Estos factores pueden incluir, mas no estar limitados a: cambios en los precios internacionales del crudo y gas natural, limitaciones a acceso de información, eventos políticos o económicos en México, catástrofes naturales, desarrollo de eventos que afecten al sector energético y cambios en la regulación, etc. Por ello, se debe tener cautela al utilizar las proyecciones a futuro.

De este modo nosotros tomaremos como base las cifras de las estimaciones oficiales proporcionadas por la Sener, a través de su documento *Prospectiva de petrolíferos, 2010-2025*, consideraremos únicamente la producción, importaciones, exportaciones y consumo energético de coque; para poder analizar y describir el porqué de los mismos en los próximos siete años.

#### **4.5.1. Producción**

Acorde al Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios (2012), Pemex Refinación seguirá emprendido estrategias orientadas a la modernización y expansión de las mismas para incrementar la capacidad de procesamiento de crudo y aprovechar las corrientes de residuales en la producción de petrolíferos y mejorar la calidad de éstos. Las estrategias para los próximos cinco años son las siguientes:

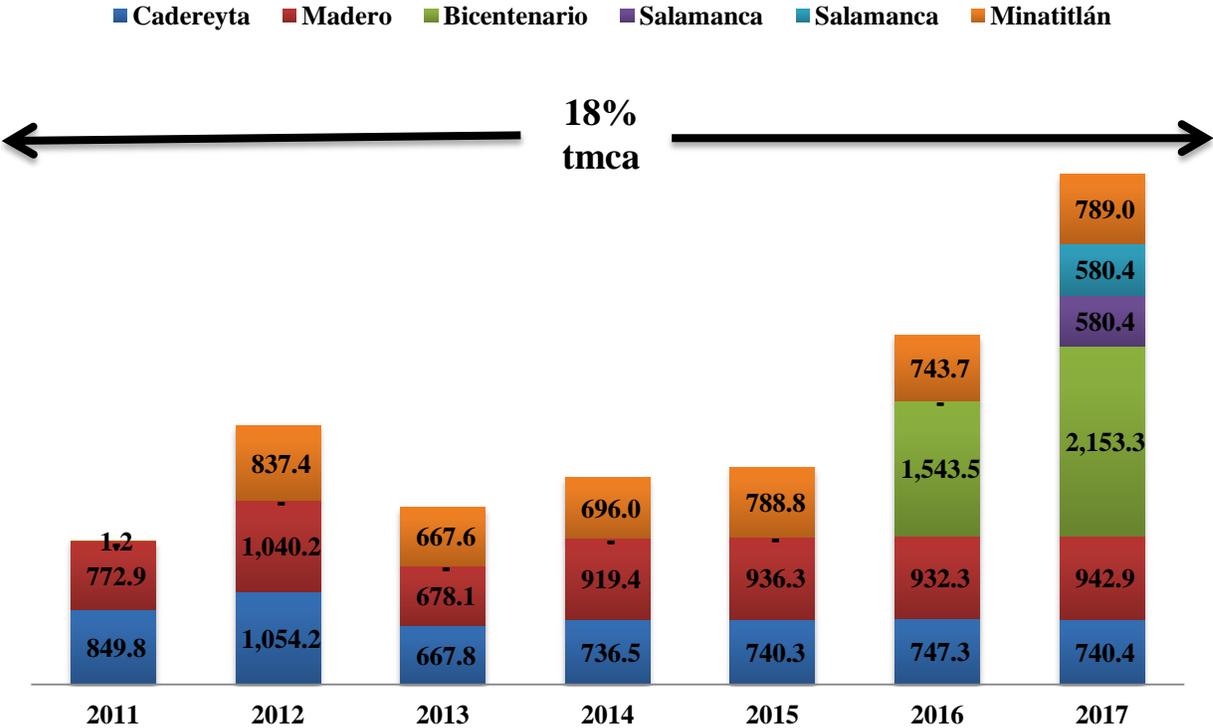
- Conclusión de los trabajos de reconfiguración de la refinería Minatitlán.
- Iniciar con los trabajos de aprovechamiento de residuales en 2013 para la refinería Ing. Antonio M. Amor en Salamanca, Guanajuato con incorporación de coquizamiento retardado, culminando en 2017 para entrar en operación ese mismo año.
- Terminación de la construcción de una refinería en Tula, conocida como Refinería Bicentenario, con reconfiguración Coker.
- Mayor procesamiento de crudo pesado con una estimación de 656 Mbd en promedio por año (pág. 42).

Conforme a lo anterior los pronósticos de PR, tiene la expectativa que la oferta interna de coque de petróleo crezca a una tasa anual de 8%, equivalente a un incremento de 3,128.3 miles de toneladas Mt.

Por centro de trabajo, la refinería Francisco I. Madero se espera que tenga una capacidad de producción de 943.0 Mt al final de 2017, lo que representa un aumento de 170.0 Mt respecto a lo producido en 2011. En la refinería de Ing. Héctor R. Lara Sosa en Cadereyta,

su elaboración pasará de 850 Mt en 2011 a 740 Mt en 2017; es decir, su producción disminuirá 2% en promedio anual durante el periodo referido, debidos a los problemas técnicos que se han presentado. (Ver Cuadro No. 18)

**Gráfica 17**  
**Producción nacional de coque de petróleo, 2011-2017**  
 (Miles de toneladas anuales)



**Fuente:** Elaboración propia, con base en la Sener. *Prospectiva del mercado de gas natural 2010-2025*.

En 2011 entrará en juego la producción de la refinería "Lázaro Cárdenas" de Minatitlán Veracruz con un volumen de 1.2 Mta, aun cuando debía haberse presentado desde el 2009. Los retrasos se atribuyen en parte al incumplimiento de los contratistas extranjeros y funcionarios responsables del proyecto, innumerables problemas, asociados al costo de los insumos, a la multiplicidad de empresas que finalmente participaron ( Rodríguez García, 2011). Sin embargo, se espera que la producción de coque crezca a un ritmo de 54 % anual; para finales de 2017 aportará 789 Mt.

Con los trabajos de aprovechamiento de residuales que se contemplan que para la refinería Ing. Antonio M. Amor en Salamanca Guanajuato, se empezará a producir en 2017 coque de petróleo, con un promedio de 580.4 Mt. Sin embargo, la mayor producción provendrá de la nueva refinería Bicentenario a partir de 2016, alcanzará 2,153 Mt en 2017.

**4.5.2. Comercio Exterior**

Aun cuando la tendencia de producción de coque de petróleo en el país es creciente, ésta no será suficiente para cubrir los requerimientos de la demanda interna, se tendrá que recurrir a las importaciones.

Dentro de la política energética de país no se prevé restricciones a las compras externas de coque de petróleo, a fin de poder satisfacer y asegurar la creciente demanda interna, promover su uso y cumplir con las normas ambientales.

**Grafica 18**  
**Comercio exterior de coque de petróleo, 2011-2017**  
**(Miles de toneladas anuales)**



Fuente: Elaborado con datos de EIA, IEA, IMP y SE

A partir de 2011 se prevé un volumen de importación 3,461.5 Mt donde el coque verde seguirá dominando sobre el calcinado; progresivamente irán disminuyendo el primero, debido a que la industria cementera está realizando sustitución paulatina de coque de petróleo por llantas de desechos. Probablemente es coque calcinado tenga un crecimiento estable teniendo así un total de importaciones para el 2017 cerca de 1,344 Mta.

Las exportaciones seguirán siendo deficitarias se espera que para 2012 se sitúen en 788 Mta y llegue 1,094 Mta. Los principales exportadores de coque se espera que Cemex y las comercializadoras sigan exportando coque.

A pesar de continuar presentando un saldo comercial negativo durante todo el periodo estimado, se espera exportaciones de este combustible que se producirá la refinería Minatitlán durante 2012, hasta que se establezca la planta coquizadora y se formalice el esquema de Comercialización para la venta de Coque mediante Subasta el cual se realizará en 2013. De igual forma se plantea el mismo mecanismo para las siguientes refinerías que lo produzcan, de este modo el Consejo de Administración de Pemex Refinación tomo la decisión de exportarlo con la ayuda de Petróleo Mexicanos Internacionales PMI Trading Limited, la cual es el brazo comercial de PEMEX en el mercado internacional.

PMI Trading, tiene previsto exportar en 2012 un volumen de 30,000 toneladas mensuales, lo que representará el arribo de al menos 26 embarcaciones adicionales con destino principal a Estados Unidos de América. (Secretaria de Comunicación y Transportes, 2012). Las exportaciones se harán a través de del puerto de Coatzacoalcos Gilberto Ríos Ruiz, con destino a Estado Unidos.

#### **4.5.3. Consumo**

Con base en las proyecciones señaladas por Sener reporta que el consumo nacional de coque de petróleo aumentará a una tmc del 3%, hasta llegar a un volumen estimado en poco menos de 5,261 Mta al cierre del año 2017. Esta evolución de la demanda se debe principalmente a:

- Menor disponibilidad de combustóleo y aumento en la producción de coque.
- El coque verde, será una alternativa básicamente para el combustóleo y gas natural (cuando exista volatilidad en sus precios), para la industrias del cemento, metales básicos y química.
- Pemex Refinación tiene contemplado subastar lotes parciales de la refinería "Lázaro Cárdenas". La subasta será línea y la conducirá la empresa Aklara, quien anteriormente había realizado subastas de gas LP la cual se tiene programada para 2013. (Consejo Administración , Pemex Refinación, 2012)

Dicho mecanismo, consiste en asignar un número de unidades donde cada postor puede dar un precio por lote y elegir el número que quiere adquirir. Sin embargo, el volumen mínimo que podrán adquirir por lote los ganadores será de 200 toneladas métricas diarias por tres años.

Podrán participar en la adquisición de coque personas físicas y morales establecidas en México o extranjeros con los permisos correspondientes para participar. También podrán adquirir los lotes las entidades de la Administración Pública Federal centralizadas o paraestatales, dependencias y entidades estatales o municipales según cumplan con los requisitos de las bases del concurso.

Este mecanismo permitirá la participación de varios competidores y es benéfico tanto para las pequeñas y medianas empresas como para las de gran tamaño, puntualiza Pemex. Cabe destacar que la paraestatal no efectuará el manejo, carga y traslado de coque de petróleo.

Considerando lo anterior, y las estimaciones de SENER, el consumo energético de este combustible se focalizará en los sectores eléctricos e industrial.

El sector eléctrico público se unirá al consumo de coque verde. El principal reto al que se encuentra este sector, es el de suministrar energía eléctrica al país para los siguientes años con un grado aceptable de confiabilidad, calidad y seguridad mediante la expansión de los sistemas de generación, transmisión y distribución. Para poder cumplirlo, el SEM desarrolla

estrategias y programas de crecimiento basados en la metodología de *menor costo*. (Sánchez Liévano & Beltrán Mora, 2009)

**Cuadro 16**  
**Demanda nacional de coque de petróleo, 2011-2017**  
**(Miles de toneladas anuales)**

Concepto	2011	2017	Tcma	Participación (%)	
				2011	2025
<b>Demanda interna</b>	<b>4,256</b>	<b>5,261</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<i>Sector eléctrico</i>	<i>1,167</i>	<i>1,613</i>	<i>5</i>	<i>27</i>	<i>31</i>
Generación pública	-	408	n.a	-	8
Autogeneración	1,167	1,205	0	27	23
<i>Sector industrial</i>	<i>3,088</i>	<i>3,649</i>	<i>2</i>	<i>73</i>	<i>69</i>
Cemento hidráulico	2,894	3,419	2	68	65
Siderúrgica	67	105	7	2	2
Química	46	57	3	1	1
Vidrio	1	1	3	0	0
Resto de la industria	27	7	-17	1	0

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Prospectiva de Petrolíferos, 2012-2026, Sener.

De esta manera, CFE tiene en marcha un proyecto, donde se contempla emplear coque que se produzca en Minatitlán. El proyecto fue diseñado para la Planta de Altamira ubicado en Tamaulipas, para ser quemado a partir de abril de 2016, por lo que podrían estar demandando 820,000 ton/año siempre y cuando tenga un precio competitivo. Por tanto, su consumo esperado para 2017 podría situarse en 408 Mt.

El sector industrial mostrará un incremento generalizado en la demanda de coque, la cual se estima que llegue al final del periodo en 3,649 Mt, con un crecimiento promedio de 3%.

La industria cementera seguirá siendo el mayor consumidor para el mismo periodo observado el cual seguirá representando el 70% de la demanda nacional. Cemex será el mayor consumidor de coque proveniente de refinerías nacionales, ya como bien lo señalamos tiene un contrato con vigencia de 20 años con la Pemex Refinación para adquirirlo directamente de las refinerías Cadereyta y Madero el cual vence en 2020, para

abastecerse del combustible para la planta, que garantizará la energía eléctrica para 12 plantas de cemento. (Cementos Mexicanos, 2000)

Las otras empresas cementeras restantes tendrán que demandarlo del exterior. Como se ha venido señalando esta industria es la que posee los requerimientos técnicos para su aprovechamiento del mismo, aunque también para poder seguir demandándolo requieren que se recuperen sus ventas nacionales así como externas, y en general la economía del país. De esta forma el consumo regional por parte de las cementeras se focalizará en la región Noroeste, Centro, Centro-Occidente-Centro.

Esta industria está en espera también al inicio de los proyectos de infraestructura que integrarán el Programa Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND), así como de la reforma energética que abriría grandes beneficios (De la Rosa , 2013) De esta forma por tipo de planta de acuerdo a las encuestas que realiza el IMP se esperan lo siguiente:

La industria de metales básicos presentaran mermas en su consumo como ya se había mencionado en apartados anteriores, esto es por la incorporación de tecnología nueva como los arcos eléctricos por lo que requerirán demandar más gas natural para la generación de energía eléctrica. Sin embargo esta industria no descarta la posibilidad de demandar coque de petróleo como combustible y como insumo. Este consumo se concentrará en las regiones del noroeste y centro del país.

El resto de la industria presentara contracciones en su consumo, esto se puede asociar a las medidas ambientales ya que posiblemente no cuenten con la tecnología para aprovechar este insumo ya sea como combustible alterno.

## Conclusiones

---

Históricamente, el nivel de desarrollo alcanzado por las sociedades modernas tiene como base el uso de energía, para movilizar a los factores de producción y a las mercancías que de ésta se derivan.

La energía en el sentido práctico económico, se refiere al empleo de todos los recursos energéticos, materias primas o insumos, capaces de producir cantidades de energía física para ofrecer la posibilidad de realizar un trabajo en los diferentes sectores de la economía. Por tanto, dentro del proceso económico ésta, se presenta por un lado como un insumo *más* que contribuye a la producción de ciertos bienes o servicios, por el otro un como un bien de uso final.

El consumo de energía de cualquier país posee una correlación con el crecimiento económico. Si no existe una planeación y políticas de producción-consumo de energía suficientemente adecuadas, nunca se podrá alcanzar los niveles de crecimiento deseados.

Actualmente ese requerimiento energético, recae sobre los combustibles fósiles, principalmente el petróleo, esto a través de sus derivados. Sin embargo, dentro de la oferta internacional de crudo existe una gran variedad de ellos; además de un diferencial de precios entre crudos ligeros y pesados.

Basta señalar que el consumo de petróleo en el futuro inmediato depende en su totalidad de las reservas probadas, y éstas cada vez más están constituidas de aceites no-convencionales, es decir, de crudos pesados. Al cierre de 2010, esas reservas se encontraban constituidas por el 62.2% de aceite pesado, seguido por el ligero con 29.0% y por último el súper ligero con 8.8%. El 82 % de esas reservas se encuentran ubicados en el Hemisferio Occidental, siendo Canadá y Venezuela los principales países los que poseen mayores cantidades de reservas de los recursos conocidos. Las reservas de petróleo en México, también están constituidas por aceites pesados.

Dada esas circunstancias, la industria de refinación a nivel mundial al ser la única en demandarlo como materia prima para poder procesarlo y obtener múltiples productos, especialmente para uso automotriz, han tenido que reconfigurar sus plantas con la integración de coquización retardada en su mayoría y aunque también existe el proceso de calcinación, para poder aprovechar la creciente oferta de crudo pesado, además de beneficiarse del diferencial de precios de crudos obteniendo así, mayores márgenes de refinación y tener mejor calidad en los combustibles para a tender el impacto ambiental.

El coque de petróleo, se presentó como residuo de los productos originarios del fondo del barril en el sistema de procesamiento de petróleo, este derivado tiene mayor o menor contenido de azufre y carbón, además de cierto grado de dureza y todo esto está en función del tipo de petróleo el cual se origina. Así se pueden tener coques con altos y bajos contenidos de azufre

Esas características físico química provocan que el mercado de coque se constituya de coque verde y calcinado. Los que poseen bajo azufre son utilizados en la industria de metales básicos. En cambio, los de medio y alto azufre son usados principalmente como combustible, ya que resulta atractivo por sus bajos precios que posee a pesar altamente contaminante.

Por tanto, las decisiones sobre los niveles de producción de este petrolífero no se realizan sobre la base de la oferta y demanda, ya que es un producto originado como externalidades de la elaboración de destilados intermedios.

La determinación de su precio se basa en su calidad y grado de dureza; sin olvidar por supuesto el juego de la oferta y demanda. Aunque, también se puede decir que posee un precio de desecho porque las refinerías necesitan deshacerse de él, es por ello que su cotización es relativamente baja en comparación directa con el carbón, debido a que presenta peores cualidades ambientales.

En este sentido, para los proveedores de coque a nivel internacional como es el caso de Estados Unidos que es el mayor oferente, resulta atractivo desarrollar mercado en países

con deficientes o nulos sistemas normativos referidos a la emisión de azufre, como es caso de países asiáticos.

Considerando todo lo anterior, empresas intensivas en energía, como las cementeras, autogeneradores de electricidad, siderúrgicas, química y vidrieras han optado por aprovecharlo como combustible alternativo, para lograr reducir costos, principalmente a raíz del incremento del precio de petróleo consecuentemente de sus derivados y del gas natural que se registró en el período 2002-2008.

Dado que las empresas siempre están en búsqueda del máximo beneficio, y esto lo logran a través de la minimización de costos de los insumos que utiliza en su producción, por tanto, es un sustituto perfecto de gas natural por los ahorros que se pueden generar.

Sin embargo, países industrializados de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) consumidores de petcoke de alto azufre utilizan sistemas de abatimiento de emisiones de SO<sub>2</sub>, a fin de cumplir con las regulaciones ambientales de sus respectivos países. Los principales países consumidores de coque de petróleo para ser empleado como combustible son China, Japón, India, Turquía, Italia, España y México.

En nuestro país, el desarrollo del mercado de coque petróleo se desarrolló a raíz de las labores de reconfigurado al Sistema Nacional de Refinación de las refinerías Cadereyta, Madero, Minatitlán, Bicentenario y Salamanca con la integración coquización retardada; para tener una utilización óptima de la oferta de crudo Maya y poder dar mayor valor agregado a sus productos petrolíferos.

En cuanto a la producción nacional de coque únicamente se elabora de tipo verde, el cual va ascendiendo a una tasa media de crecimiento anual de 28%, pasando de 110 Mta, a 1,511 Mta. Aun cuando la demanda es de 4,030 Mta por lo que se tuvo que recurrir a las importaciones mismas que han crecido a un ritmo de 12%, mismas que se encuentran a cargo de directamente por particulares y en menor medida por Pemex Refinación.

La demanda nacional de coque de petróleo estuvo liderada por la industria del cemento, con un volumen promedio de 2,627 Mta, lo cual representa el 70% del total. Las principales empresas consumidoras son Cemex y Holcim Apasco, ya que lo adquieren directamente de refinerías desde 1998, con la celebración de contratos de largo plazo que tienen con la Subsidiaria Pemex Refinación han podido monopolizar este insumo. A finales de 2010 la paraestatal, les entregó a cementeras un volumen 1,560 Mta a finales de la década, a un precio promedio de \$1,035 la tonelada.

Los ingresos por su comercialización han crecido de manera significativa con una tmca de 44% pasando del 2.3 a 123.4 millones de pesos.

El sector eléctrico privado inició su consumo a partir de 2003, esto fue a la par de las actividades abiertas a los permisionarios a través de sus diferentes modalidades: autoabastecimiento, cogeneración. Estos representaron el 30 % de consumo nacional en 2010, con un volumen de 1,205 Mta. El sector eléctrico público se unirá al consumo de coque verde. CFE tiene contemplado un proyecto para que su Planta de Altamira en noviembre de 2015 ya pueda quemar coque y a partir de 2016 se demande 820,000 ton/ año de la refinería Minatitlán.

La industria siderúrgica, históricamente es el segundo consumidor. Sin embargo, el empleo de coque ha presentado una contracción debido al cambio en la tecnología para la producción, tanto del hierro, como del acero y de productos terminados como aluminio.

Con las modernizaciones en esta industria ha aumentado la producción por reducción directa aumentó el consumo de gas natural y al desaparecer el alto horno se vio directamente afectado el consumo de coque, en cuanto a la electricidad se puede explicar por el aumento de la producción de acero por medio de horno de arco eléctrico, por lo que podrían emplear un sistema de cogeneración para poder demandar aumentar la demanda de coque de petróleo.

La contracción de demanda de coque de petróleo en la industria química como combustible obedece que ellos son intensivos en el uso de gas seco además de que en esta industria carece de inversiones para tener una mayor diversificación de combustibles.

Con el termino de las reconfiguraciones de las la refinería Francisco I. Madero, Ing. Antonio M. Amor en Salamanca y Bicentenario en Tula Hidalgo, aumentarán la oferta nacional de coque de petróleo pero aun así se seguirá importando. El SNR, no cuenta con grande patios de almacenamiento para el coque que produce, por esta razón recurre a las exportaciones del mismo.

A pesar de que la producción de coque es escueta, Pemex Refinación a través de PMI Trading Limited, exportará el coque de petróleo que se producirá en Minatitlán esto es hasta que se la planta coquizadora se estabilice, es decir, hasta que se concrete la reconfiguración total de la refinería, al parecer se tiene contemplado esas mismas acciones para los otros centro de refinación que produzcan coque.

Con el fin de maximizar los ingresos para Petróleos Mexicanos (Pemex), tiene contemplado realizar subastas de lotes parciales de coque de petróleo de la refinería "Lázaro Cárdenas" en Minatitlán, Veracruz, en beneficio del sector industrial y poder liberar la carga de este deshecho de refinación, porque no tienen la capacidad de almacenamiento para este tipo de externalidades de producción.

Por tanto, se comprueba nuestra hipótesis de que realmente el coque está adquiriendo importancia como insumo intermedio en la industria principalmente como combustible por tener bajo precio, por lo que su demanda si incrementará, aunque su oferta no cumpla con las necesidades del mercado interno.

Además, de que la norma ambientas no presentan una restricción del empleo de coque de petróleo, sino el nivel tecnológico de las empresas.

También se concluye que Pemex, dentro de su sistema de modernización no solo se encuentra en la infraestructura sino también en el proceso de organización industrial, que

incluye la desintegración vertical y horizontal de las cadenas productivas y la liberación en sus esquemas de comercialización, además de que no existe políticas de aprovechamiento de coque de petróleo para ser empleado para autoconsumo en las plantas de cogeneración de energía por parte de la paraestatal.

## Recomendaciones

---

La responsabilidad de delinear e instrumentar la política energética recae en el gobierno federal. Si bien la política económica centra su atención en la naturaleza y las formas de intervención en la economía para mejorar su desempeño, la política energética es una parte integral de la política económica que incide sobre la producción, la oferta y el uso de productos energéticos. Su importancia está dada por la magnitud del acervo de hidrocarburos del país y de su producción actual, así como por el uso creciente de estos insumos de uso generalizado.

Destaca el hecho de que el Estado juega un papel crítico en este sector: la casi totalidad de la energía primaria es producida por empresas de su propiedad, así como la mayor parte de su transformación en energía secundaria, en esta parte es donde entra el papel importante que juega la industria de Refinación.

Sin embargo, está dejando de lado la dirección, el ritmo y la coordinación de las decisiones de inversión en las subsidiaria Pemex Refinación, principalmente en infraestructura, aun cuando sabe que el principal reto al que se está enfrentando esta industria está asociado a la infraestructura actual y al crecimiento de la demanda de combustibles.

Las características de los crudos mexicanos han creado un reto para las refinerías, debido a que éstas fueron diseñadas para procesar crudos ligeros.

Desde 1975, no se había realizado inversiones significativas para ampliación del Sistema Nacional de Refinación. Veintidós años después, se presentaron trabajos de reconfiguración y modernización.

Por tanto, la recomendación esencial es seguir con los proyectos de modernización, reconfiguración, para mejorar la capacidad instalada de las mismas. Con la introducción de coquización retardada podríamos para disminuir el nivel de importación de gasolinas y diésel de uso automotriz y tener un mayor margen de refinación.

Invertir en infraestructura para ampliar el almacenamiento de coque, además de tener disciplina operativa, flexibilidad en decisiones de operación y optimización, ya que aquellas refinерías o empresas que no inviertan en dichos procesos permanecerán con una baja competitividad y dejarán de ser rentables, así como también perderán competitividad por la falta de infraestructura y tecnología en refinерías.

Porque a lo largo de la década se han presentado varias distorsiones desde la planeación y sobre todo sobre las cuestiones operativas, teniendo en como consecuencia la merma en la producción de petrolíferos consecuentemente de coque, además de un gran desvío de recursos. Por tanto, es imprescindible mejorar lo antes descrito.

Por otro lado, también se señaló la oferta nacional de coque de petróleo aumentará, con los términos de reconfiguración de las refinерías pendientes, mismo que podría contribuir al desarrollo de los proyectos de 8 proyectos de generación de energía eléctrica a través cogeneración en las refinерías de Nuevo Pemex, Salamanca, Cadereyta, Salina Cruz, Tula; y en las petroquímicas Cangrejera, Morelos y Atasta.

Con estas medidas disminuirían las montañas de coque de petróleo en los patios de refinерías y su propagación a través del viento que contamina a sus alrededores así como evitar daños a la salud de los habitantes cercanos a estas refinерías.

## ANEXO I. Cuadros complementarios

**Cuadro 1**

**Oferta mundial de energía primaria, 2000-2010**

Millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep)

Fuente	2000	2010	Tmca	Participación (%)	
				2000	2010
<b>Total</b>	<b>9,308.4</b>	<b>12,717.1</b>	<b>2.9</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
*Petróleo	3,519	4,107	1.4	38	32
Carbón	2,217	3,476	4.2	24	27
Gas	2,158	2,728	2.2	23	21
Nuclear	585	719	1.9	6	6
Hidro	617	296	-6.5	7	2
Biomasa	40	1,278	37.1	0	10
**Renovables	173	114	-3.8	2	1

**Fuente:** Elaboración propia, con base a Energy Balance of OCDE contries y Energy Balance of Non- OCDE countries, AIE edición 2002 y 2012.

**Cuadro 2**

**Consumo Mundial de Energía Primaria por fuente**

Millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep)

Fuente	2000	2010	Tmca	Participación (%)	
				2000	2010
Consumo final total	9095	11978	2.5	100	100
Petróleo*	3519	4032	1.2	39	34
Carbón	2217	3532	4.3	24	29
Gas	2158	2843	2.5	24	24
Electricidad	617	779	2.1	7	7
Nuclear	585	626	0.6	6	5
**Renovables/ otros	0	166	<i>n.a</i>	0	1

**Fuente:** Elaboración propia, con base BP Statistical review of world energy, junio 2012

\* Incluye petróleo crudo y productos derivados del mismo.

\*\*Incluye: Energía Eólica, Geonergía

### Cuadro 3

#### Producción mundial de petróleo por región, 2000- 2010

Región	2000	2010	Tema	Participación (%)	
				2000	2010
Norte América	13,910	13,880	-0.02	18	16
Sudamérica. & Cent. América	6,813	7,293	0.62	9	9
Europa & Eurasia	14,912	17,629	1.53	19	21
Medio Oriente	23,524	25,314	0.67	31	30
África	7,804	10,114	2.39	10	12
Asia Pacífico	7,833	8,251	0.47	10	10
Total	76,796	84,490	0.87	100	100

Fuente: BP Statistical review of world energy, junio 2012

### Cuadro 4

#### Precio spot de crudos marcadores (Dólares por barril)

Año	Dubai	Brent	Nigerian	WTI	Maya	Istmo	Olmecca
2000	26.20	28.50	28.42	30.37	23.08	27.93	28.34
2001	22.81	24.44	24.23	25.93	17.06	22.06	22.86
2002	23.74	25.02	25.04	26.16	20.85	24.10	25.04
2003	26.78	28.83	28.66	31.07	24.24	28.23	29.32
2004	33.64	38.27	38.13	41.49	30.04	37.17	39.26
2005	49.35	54.52	55.69	56.59	41.77	50.79	54.65
2006	61.50	65.14	67.07	66.02	51.26	59.99	65.06
2007	68.19	72.39	74.48	72.20	59.84	67.74	72.95
2008	94.34	97.26	101.43	100.06	83.85	94.89	100.17
2009	61.39	61.67	63.35	61.92	56.57	56.57	60.90
2010	78.06	79.50	81.05	79.45	70.38	78.03	79.90

Fuente: Oil Market Report, Bloomberg, BP Statistical review of world energy, junio 2012, Agencia Internacional de Energía y Pemex.

**Cuadro 5**  
**Oferta interna bruta nacional por energético**

Concepto	2000	2010	Tmca	Participación (%)	
				2000	2010
<b>Total</b>	<b>6698</b>	<b>8071</b>	<b>1.7</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Carbón y coque de carbón	274	367	2.7	4.1	4.6
Crudo y petrolíferos	3491	3633	0.4	52.1	45.0
Gas natural y condensados	2211	3388	4.0	33.0	42.0
Nucleoenergía	90	64	-3.1	1.3	0.8
<b>Renovables(1)</b>	<b>632</b>	<b>620</b>	<b>-0.2</b>	<b>9.4</b>	<b>7.7</b>
Hidroeléctrica	119	132	1.0	1.8	1.6
Geo, eólica, solar	136	159	1.4	2.0	2.0
Biomasa	373	347	-0.6	5.6	4.3
Biogás	0	1	-	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, SENER.

**Cuadro 6**  
**Elaboración de productos petrolíferos nacionales**  
**Miles de barriles diarios, (Mbd)**

Concepto	2000	2010	Tmca	Participación (%)	
				2000	2010
Producción total	1,447	1,346	-0.8	100	100
Gas licuado	229	210	-0.9	16	16
Gasolinas	393	425	0.9	27	32
Turbosina	55	52	-0.7	4	4
Diésel	265	222	-2.0	18	16
Combustóleo	423	322	-3.0	29	24
Coque de petróleo	2	29	38.6	0	2
Otros <sup>a</sup>	81	87	0.8	6	6

<sup>a</sup> Incluye gas de refinería, combustible industrial, asfaltos, lubricantes, gasóleo entre otros.

Fuente: Elaboración propia, con datos de Petróleos Mexicanos, Dirección Corporativa de Finanzas BDI

**Cuadro 7**  
**Demanda nacional de petrolíferos**  
**Miles de barriles diarios, (Mbd)**

Concepto	2000	2010	Tmca
Gas lp	337	292	-1.4
Gasolinas	533	812	4.3
Turbosina	56	57	0.3
Diésel	296	390	2.8
Combustóleo	534	209	-8.9
Coque de petróleo (Mt)	1102	3,990	13.8

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, SENER

**Cuadro 8**  
**Precios Relativos de combustibles seleccionados**  
**Dólares por unidad térmica**

Año	Coque de Petróleo	Gas Natural	Carbón
2002	0.78	3.56	1.25
2003	0.72	5.39	1.28
2004	0.83	5.96	1.36
2005	1.11	8.21	1.54
2006	1.33	6.94	1.69
2007	1.51	7.11	1.77
2008	2.11	9.01	2.07
2009	1.61	4.74	2.21
2010	2.28	5.09	2.27
2011	3.03	4.72	2.39
2012	2.54	3.4	2.4

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la *Agencia Internacional de Energía* (EIA), <http://www.eia.gov/electricity/monthly/>

## Cuadro 9

### Empresas importadoras de coque de petróleo

Razón Social de las empresas que durante estos últimos diez años, ha realizado importaciones de coque de petróleo calcinado y sin calcinar de las partidas arancelarias 2713.12.01 y 2713.11.01 respectivamente.

<b>Empresas Importadoras de Coque de Petróleo de las Fracciones Arancelarias 2713.12.01 y 2713.11.01</b>	
<b>EMPRESA */</b>	<b>TIPO DE OPERACIÓN</b>
A.M.P.P.CO, S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
ADITIVOS Y RECUBRIMIENTOS TECNICOS SA DE CV	IMPORTACIÓN
AFFIMEX CORED WIRES S. DE R.L. DE C.V.	IMPORTACIÓN
AIMCOR DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
ALMACENADORA AFIRME SA DE CV	IMPORTACIÓN
ALTOS HORNOS DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
AMERCOAT MEXICANA SA DE CV	IMPORTACIÓN
AMERICAN ROLL SA DE CV	IMPORTACIÓN
ANGEL ISRAEL ESCAMILLA SANCHEZ	IMPORTACIÓN
ARCELORMITTAL LAZARO CARDENAS SA DE CV	IMPORTACIÓN
ARTICULOS FERRO METALES SA	IMPORTACIÓN
ARTURO HERNADEZ MURILLO	IMPORTACIÓN
ASESORA POSTAL S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
AUTO ELECTRICOS DE MEXICO S A P I DE C V.	IMPORTACIÓN
AUTO ELECTRICOS DE MEXICO S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
AUTO MANUFACTURAS BRAKE SA DE CV	IMPORTACIÓN
AUTOMETALES SA CV	IMPORTACIÓN
B E & K DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
BAKER HUGHES OPERATIONS MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
BALATAS AMERICAN BRAKEBLOK SA DE CV	IMPORTACIÓN
BANCO NACIONAL DE MEXICO SA FID 111014 2	IMPORTACIÓN
BIESOLD INTRAGAS MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
BIOCINERGIA SA DE CV	IMPORTACIÓN
C SOLAR, S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
CAL LOS ARCOS SA CV	IMPORTACIÓN
CALIDRA DE ORIENTE SA DE CV	IMPORTACIÓN
CARBEL DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
CARBOGRAF INDUSTRIAL S.A DE C.V.	IMPORTACIÓN
CATPRO DE MEXICO, S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
CEMENTOS APASCO SA DE CV	IMPORTACIÓN
CEMENTOS MOCTEZUMA SA DE CV	IMPORTACIÓN
CEMENTOS Y CONCRETOS NACIONALES SA DE CV	IMPORTACIÓN
CEMEX CENTRAL SA DE CV	IMPORTACIÓN
CEMEX INTERNACIONAL SA DE CV	IMPORTACIÓN
CEMEX MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
CENTRALIA DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
CENTRO DISTRIBUIDOR DE CEMENTO SA DE CV	IMPORTACIÓN
CHEMICAL PRODUCTS CORPORATION DE MEXICO S DE	IMPORTACIÓN

CIA MINERA LA VALENCIANA SA DE CV	IMPORTACIÓN
CIFUNSA DEL BAJIO SA DE CV	IMPORTACIÓN
CIFUNSA DIESEL SA DE CV	IMPORTACIÓN
CLAUDIA ISABEL ZUMAYA FAJARDO	IMPORTACIÓN
COKES INDUSTRIALES SA	IMPORTACIÓN
COKES INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
COMERCIAL DE PARTES Y COMPONENTES AUTOMOTRICE	IMPORTACIÓN
COMERCIALIZADORA ELECTRICA Y ELECTRONICA MEND	IMPORTACIÓN
COMERCIALIZADORA KRONOX S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
COMERCIALIZADORA RV INTERNACIONAL SA DE CV	IMPORTACIÓN
COMERCIALIZADORA UNIVERSAL DE AUTOPARTES, S.A	IMPORTACIÓN
COMISA PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES S.A.DE C.V.	IMPORTACIÓN
COMPAÑIA VIDRIERA SA DE CV	IMPORTACIÓN
COMUNI K SA DE CV	IMPORTACIÓN
CONTROL TECNICO Y REPRESENTACIONES SA CV	IMPORTACIÓN
COOPERATIVA LA CRUZ AZUL SCL	IMPORTACIÓN
CORROSION Y PROTECCION INGENIERIA SC	IMPORTACIÓN
COVALENCE SPECIALTY MATERIALS MEXICO S DE RL	IMPORTACIÓN
CRISA LIBBEY MEXICO, S. DE R. L. DE C. V.	IMPORTACIÓN
CYCNA DE ORIENTE SA DE CV	IMPORTACIÓN
DEACERO SA DE CV	IMPORTACIÓN
DESARROLLO DE TECNOLOGIA Y SERVICIOS INTEGRAL	IMPORTACIÓN
DOWELL SCHLUMBERGER DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
DU PONT MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
ECOGAS MEXICO S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
ELECTROMETALURGIA DE VERACRUZ SA CV	IMPORTACIÓN
ELEMENTOS DE FRENO PARA AUTOMOCION SA CV	IMPORTACIÓN
ELMET SA DE CV	IMPORTACIÓN
ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ELECTRICA, S	IMPORTACIÓN
ENEROIL SA DE CV	IMPORTACIÓN
ESCOBILLA INDUSTRIAL SA CV	IMPORTACIÓN
FEDERAL MOGUL DE MATAMOROS SA DE CV	IMPORTACIÓN
FENO RESINAS SA DE CV	IMPORTACIÓN
FERRO ALLOYS DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
FEVISA INDUSTRIAL SA DE CV	IMPORTACIÓN
FLUOROCARBONS WORKS SA DE CV	IMPORTACIÓN
FOSECO SA CV	IMPORTACIÓN
FRANCO MEX SA	IMPORTACIÓN
FRICCION Y TECNOLOGIA, S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
FRICCIONES TECNICAS Y MAQUINADOS SA DE CV	IMPORTACIÓN
FUNDIDOS Y COMPONENTES SA DE CV	IMPORTACIÓN
FUNDILAG HIERRO SA DE CV	IMPORTACIÓN
GARCIA-MUNTE ENERGIA DE MEXICO S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
GAS NATURAL DEL NOROESTE SA DE CV	IMPORTACIÓN
GONHER DE MEXICO SA CV	IMPORTACIÓN
GONZALEZ ARREOLA HUGO DAVID	IMPORTACIÓN
GRAFTECH MEXICO S.A DE C.V	IMPORTACIÓN
GRAL MOTORS DE MEXICO SA CV	IMPORTACIÓN
GRUPO AMERICAN INDUSTRIES SA DE CV	IMPORTACIÓN
GRUPO PAVISA SA DE CV	IMPORTACIÓN
GRUPO REGIO CAL SA DE CV	IMPORTACIÓN
HALLIBURTON DE MEXICO SA CV	IMPORTACIÓN
HECTOR JAVIER PINEDA QUINTANILLA	IMPORTACIÓN
HERGON DE OCCIDENTE SA DE CV	IMPORTACIÓN
HITACHI CHEMICAL MEXICO S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN

HYDROCARBURATES TS MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
HYLSA PUEBLA SA DE CV	IMPORTACIÓN
HYLSA SA CV	IMPORTACIÓN
INCOLAB SERVICIOS DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
INDUSTRIA DEL ALCALI SA DE CV	IMPORTACIÓN
INDUSTRIAL MINERA COMERCIAL SA DE CV	IMPORTACIÓN
INGENIERIA TOTAL Y COMERCIALIZADORA, SA DE CV	IMPORTACIÓN
INGENIERIA Y ELECTROCONSTRUCCION SA DE CV	IMPORTACIÓN
INJECTION ALLOYS MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
INSUMOS CINGULARES SA DE CV	IMPORTACIÓN
INSUMOS Y MAQUINARIA PARA LA FUNDICION SA DE	IMPORTACIÓN
INTERAMERICANA MOTRIZ SA DE CV	IMPORTACIÓN
INTERCALIFORNIAS MARKETING S. DE R.L. DE C.V.	IMPORTACIÓN
INTERMODAL TRANSFER DE ALTAMIRA SA DE CV	IMPORTACIÓN
ISPAT MEXICANA SA DE CV	IMPORTACIÓN
ITAPSA SA DE CV	IMPORTACIÓN
JOHN CRANE S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
KIRIU MEXICANA SA DE CV	IMPORTACIÓN
LAFARGE CEMENTOS SA DE CV	IMPORTACIÓN
LANTO SA DE CV	IMPORTACIÓN
LETICIA GANDARA VELAZQUEZ	IMPORTACIÓN
LUNA SERRANO MIGUEL	IMPORTACIÓN
LUVATA MONTERREY S DE R.L. DE C.V.	IMPORTACIÓN
MAGNUSSON COKE AND MINERALS S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
MAHLE COMPONENTES DE MOTOR DE MEXICO S. DE R.	IMPORTACIÓN
MAKRO INDUSTRIAL DEL NORTE SA DE CV	IMPORTACIÓN
MANUFACTURAS CIFUNSA SA DE CV	IMPORTACIÓN
MANUFACTURAS PLASTICAS RIM S. DE R.L. DE C.V.	IMPORTACIÓN
MANUFACTURAS Y CRISTALES SA DE CV	IMPORTACIÓN
MAPRID TECH CAST SA DE CV	IMPORTACIÓN
MARIA GRACIELA GUADALUPE PORTALES ALBA	IMPORTACIÓN
MATERIAS QUIMICAS DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
MCCORD PAYEN DE MEXICO S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
MERCADO ROBLES ASESORES SA DE CV	IMPORTACIÓN
METAGRI SA DE CV	IMPORTACIÓN
MINERALES Y CARBONES DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
MITTAL STEEL LAZARO CARDENAS SA DE CV	IMPORTACIÓN
MORALES CONTRERAS RENATO RAFAEL	IMPORTACIÓN
MORSE AUTOMOTIVE CORPORATION MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.	IMPORTACIÓN
MOTOR WHEEL MINCER MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
NATRIUM DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
NISSAN MEXICANA SA CV	IMPORTACIÓN
NOVOCAST S.A DE C.V.	IMPORTACIÓN
OXBOW DE MEXICO S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
OXBOW METALES MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.	IMPORTACIÓN
OXIDOS Y PIGMENTOS MEXICANOS SA CV	IMPORTACIÓN
PLUS SUMINISTROS Y TECNOLOGIA SA DE CV	IMPORTACIÓN
POSSEHL MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
PREMIER INGENIERIA Y SERVICIOS SA DE CV.	IMPORTACIÓN
PRODUCCION RHI MEXICO S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
PRODUCTOS MINERALES DEL NORTE SA DE CV	IMPORTACIÓN
PROEZAGREDE S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
PROMOCIONES Y ASESORIAS INDUSTRIALES SA DE CV	IMPORTACIÓN
PROVEEDORA INDUSTRIAL DE INSUMOS BASICOS SA D	IMPORTACIÓN
PROVEQUIP SA DE CV	IMPORTACIÓN
RASSINI FRENOS SA DE CV	IMPORTACIÓN

RECICLADOS INTERNACIONALES SA DE CV	IMPORTACIÓN
REVESTIMIENTOS ESPECIALES DE MEXICO S DE RL D	IMPORTACIÓN
RHI-REFMEX SA DE CV	IMPORTACIÓN
ROBERT BOSCH SISTEMAS AUTOMOTRICES SA DE CV	IMPORTACIÓN
ROBERTO A. DURAN SALAZAR	IMPORTACIÓN
ROCHE INDUSTRIES DE MEXICO S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
ROSBER SA DE CV	IMPORTACIÓN
SABIC INNOVATIVE PLASTICS MEXICO, S. DE R.L D	IMPORTACIÓN
SAINT GOBAIN GLASS MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
SAINT-GOBAIN MEXICO, S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
SERCOM INTERNACIONAL SA DE CV	IMPORTACIÓN
SERVICIOS CORPORATIVOS DE EDIFICACIONES SA DE	IMPORTACIÓN
SERVICIOS DE COMERCIO EXTERIOR DEL RIO, S. DE	IMPORTACIÓN
SERVICIOS DE COMERCIO EXTERIOR RIMIGUE S. DE	IMPORTACIÓN
SIDERURGICA LAZARO CARDENAS LAS TRUCHAS SA DE	IMPORTACIÓN
SIMEC INTERNATIONAL S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
SITHE TAMUIN ENERGY SERVICES S DE RL DE CV	IMPORTACIÓN
SOLVAY & CPC BARIUM STRONTIUM MONTERREY S DE	IMPORTACIÓN
SOLVAY QUIMICA Y MINERA SA DE CV	IMPORTACIÓN
SPINELLE REFRACTARIOS ESPECIALIZADOS SA DE C V	IMPORTACIÓN
SUAREZ HERNANDEZ VITALIA ELISA	IMPORTACIÓN
TECHNOCAST SA DE CV	IMPORTACIÓN
TECNOLOGIA EN RIEGO DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
TEKNIK SA DE CV	IMPORTACIÓN
TEKSID HIERRO DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
TERNIUM MEXICO S.A DE C.V	IMPORTACIÓN
TIP TOP INDUSTRIAL S A DE C V	IMPORTACIÓN
TMD FRICTION MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
TRITURADORA Y PROCESADORA DE MATERIALES SANTA	IMPORTACIÓN
TUBOS DE ACERO DE MEXICO SA	IMPORTACIÓN
TUPY MEXICO SALTILLO S.A DE C.V.	IMPORTACIÓN
UCAR CARBON MEXICANA SA DE CV	IMPORTACIÓN
US ANTIMONY DE MEXICO SA DE CV	IMPORTACIÓN
VALLE DE SOLIS SA DE CV	IMPORTACIÓN
VELIS CAMPOY CARLOS ALBERTO	IMPORTACIÓN
VESUVIUS MEXICO S.A. DE C.V.	IMPORTACIÓN
VICTAULIC DE MEXICO, S. DE .R.L. DE C.V.	IMPORTACIÓN
VITRO CORPORATIVO SA DE CV	IMPORTACIÓN
VITRO VIDRIO Y CRISTAL SA DE CV	IMPORTACIÓN
ZINC NACIONAL SA	IMPORTACIÓN
*/ El listado está en orden alfabético, y sin ningún dato de valor y volumen atendiendo al carácter de reserva que le confiere la Ley.	

**Cuadro 10**  
**Empresas importadoras de coque de petróleo**

Razones Sociales de las empresas que durante estos últimos diez años, han realizado exportaciones de coque de petróleo calcinado y sin calcinar de las partidas arancelarias 2713.12.01 y 2713.11.01 respectivamente.

<b>Empresas Exportadoras de Coque de Petróleo de las Fracciones Arancelarias 2713.12.01 y 2713.11.01</b>	
<b>EMPRESA */</b>	<b>TIPO DE OPERACIÓN</b>
AFFIMEX CORED WIRES S. DE R.L. DE C.V.	EXPORTACIÓN
AIMCOR DE MEXICO SA DE CV	EXPORTACIÓN
AUTO ELECTRICOS DE MEXICO S.A. DE C.V.	EXPORTACIÓN
CEMEX MEXICO SA DE CV	EXPORTACIÓN
CENTRALIA DE MEXICO SA DE CV	EXPORTACIÓN
COMERCIALIZADORA ELECTRICA Y ELECTRONICA MEND	EXPORTACIÓN
DEACERO SA DE CV	EXPORTACIÓN
ELMET SA DE CV	EXPORTACIÓN
FEDERAL MOGUL DE MATAMOROS SA DE CV	EXPORTACIÓN
FOSECO SA CV	EXPORTACIÓN
FRICCIONES TECNICAS Y MAQUINADOS SA DE CV	EXPORTACIÓN
GRUPO AMERICAN INDUSTRIES SA DE CV	EXPORTACIÓN
INJECTION ALLOYS MEXICO SA DE CV	EXPORTACIÓN
MANUFACTURAS PLASTICAS RIM S. DE R.L. DE C.V.	EXPORTACIÓN
MUNDEN SA DE CV	EXPORTACIÓN
OXBOW DE MEXICO S DE RL DE CV	EXPORTACIÓN
POSSEHL MEXICO SA DE CV	EXPORTACIÓN
ROCHE INDUSTRIES DE MEXICO S DE RL DE CV	EXPORTACIÓN
TMD FRICTION MEXICO SA DE CV	EXPORTACIÓN
UCAR CARBON MEXICANA SA DE CV	EXPORTACIÓN

\*/ El listado está en orden alfabético, y sin ningún dato de valor y volumen atendiendo al carácter de reserva que le confiere la Ley.

**Cuadro 11**  
**Demanda esperada de coque de petróleo por planta cementera, 2011-2017**  
**(Miles de toneladas)**

<b>Planta</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Cemex</b>	1,422	1,472	1,540	1,601	1,799	1,852	1,912
<b>Apasco</b>	508	516	529	543	544	565	571
<b>Moctezuma</b>	447	448	497	497	497	497	497
<b>Cruz Azul</b>	370	370	370	370	370	370	370
<b>GCC</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>LaFarge</b>	68	68	68	68	68	68	68
<b>Total</b>	2,816	2,875	3,005	3,081	3,279	3,353	3,419

Fuente: IMP

## Anexo II Abreviaturas y siglas

---

<b>bd</b>	Barriles diarios
<b>BTU</b>	British Thermal Unit (Unidades Térmicas Británicas)
<b>BP</b>	British Petroleum
<b>CC</b>	Coque calcinado
<b>CV</b>	Coque verde
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>CONUEE</b>	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
<b>CRE</b>	Comisión Reguladora de Energía
<b>DOE</b>	Departamento de Energía de EUA (Department of Energy)
<b>EAU</b>	Emiratos Árabes Unidos
<b>EIA</b>	Energy Information Administration (EUA)
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency
<b>IEA</b>	Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency)
<b>IEPS</b>	Impuesto Especial sobre Productos y Servicios
<b>IMP</b>	Instituto Mexicano del Petróleo
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>IVA</b>	Impuesto al Valor Agregado
<b>Mbd</b>	Miles de barriles diarios
<b>MMbd</b>	Millones de barriles diarios
<b>MMMbd</b>	Miles de millones de barriles diarios
<b>Mta</b>	Millones de toneladas anuales
<b>MMta</b>	Miles de toneladas anuales
<b>n.a</b>	No aplica
<b>n.d</b>	No disponible
<b>NOM</b>	Norma Oficial Mexicana
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
<b>OPEP</b>	Organización de Países Exportadores de Petróleo
<b>PR</b>	Pemex Refinación
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>tmca</b>	Tasa media de crecimiento anual

## Lista de Esquemas

Esquema 1. Transformación de energía primaria a secundaria .....	9
Esquema 2. Infraestructura básica de Pemex Refinación de Pemex Refinación .....	31
Esquema 3. Esquema general del sistema de refinación.....	38
Esquema 4. Diagrama simplificado de la Unidad de Coquización Retardada .....	40
Esquema 5. Diagrama simplificado de la Unidad de Coquización Fluida .....	41
Esquema 6. Formación de precio de coque de petróleo.....	85

## Lista de Gráficas

Gráfico 1. México: Producto Interno Bruto y Consumo de Energía , 2000-2010 .....	11
Gráfico 2. E.U.A: Producto Interno Bruto y Consumo de Energía , 2000-2010 .....	12
Gráfico 3. Tipo de crudo en reservas probadas, 2010.....	16
Gráfico 4. Precios Spot de crudo 2000 - 2010 .....	19
Gráfico 5. Márgenes de refinación por región y configuración, 2005-2010 .....	21
Gráfico 6. Costo de petróleo crudo que se incorpora al proceso de refinación, 2010 .....	34
Gráfico 7. Exportaciones de coque de petróleo de Estados Unidos. ....	54
Gráfico 8. Principales empresas productoras de coque de petróleo en el mundo, 2010.....	54
Gráfico 9. Precios Relativos de combustibles seleccionados .....	57
Gráfico 10. Producción nacional de coque de petróleo por centro de trabajo 2000-2010.....	62
Gráfico 11. Principales ramas industrias importadoras coque verde, 2010 .....	64
Gráfico 12. Principales ramas industriales importadoras de coque calcinado 2010.....	64
Gráfico 13. Origen de importaciones de coque de petróleo, 2010I .....	67
Gráfico 14. Precios relativos de petrolíferos a nivel nacional .....	67
Gráfico 15. Ingreso por comercialización de coque de petróleo .....	72
Gráfico 16. Consumo de coque de petróleo en la Industria Siderúrgica, 2000-2010 .....	75
Gráfico 17. Producción nacional de coque de petróleo, 2011-2017 .....	89
Gráfico 18. Comercio exterior de coque de petróleo, 2011-2017.....	90

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Producción mundial de petróleo por región, 2000- 2010.....	14
Cuadro 2. Precios y propiedades de crudos seleccionados .....	18
Cuadro 3. Calidad regional y mundial promedio de petróleo crudo.....	20
Cuadro 4. Proceso de petróleo crudo en SNR. ....	34
Cuadro 5. Precios del coque de petróleo en función del contenido de azufre y dureza HGI .....	56
Cuadro 6. Importación de coque de petróleo por tipo, 2000-2010 .....	64
Cuadro 7. Demanda de coque de petróleo sector eléctrico, 2000-2010.....	68
Cuadro 8. Consumo industrial de coque de petróleo .....	69
Cuadro 9. Volumen de ventas de Pemex a Cementeras, 2002-2010 .....	71
Cuadro 10. Ingreso por comercialización de coque de petróleo .....	72
Cuadro 11. Consumo interno de coque por planta cementera, 2007-2010.....	74
Cuadro 12. Consumo nacional de coque por región, 2000-2010.....	80
Cuadro 13. Exportación por tipo de coque de petróleo .....	81
Cuadro 14. Balance de coque de petróleo, 2000-2010 .....	82

Cuadro 15. Precio público de coque de petróleo nacional, 2005-2010 .....	86
Cuadro 16. Producción nacional de coque de petróleo, 2011-2017 .....	89

## **Lista de Imágenes**

Imagen 1. Consumo de energía en el mundo .....	13
Imagen 2. Enfriadores rotatorios .....	42
Imagen 3 Almacenamiento de coque de petróleo en la Refinería Cadereyta .....	42
Imagen 4. Coque verde .....	44
Imagen 5.Coque calcinado.....	45
Imagen 6. Tipos de coques verdes .....	44

## **Mapas**

Mapa 1.Regionalización consumo coque en México.....	79
---	----

## Bibliografía

---

- Aguirre M., A. (29 de Mayo de 2013). *El Economista*, Html. Recuperado el 30 de Mayo de 2013, de <http://eleconomista.com.mx/columnas/columna-especial-politica/2013/05/29/proyecto-cadereyta>
- Angelier, J., & Saadi, H. (2002). *Russian Economic Trends*. (R. E. Trends, Ed.) 11, 6.
- Aspe Armella, P. (1993). *El Camino Mexicano de la Transformación Económica*. México DF: FCE.
- Barbosa, F., & Domínguez, N. (2006). *Situación de las reservas y el potencial petrolero de México*. *Economía UNAM*, P79-102.
- Banco de México. (2008). *Resumen Informe anual*. México, D;F: Banxico.
- Barenstein, J. (1989). *La gestión de empresa pública en México*. México, D;F: Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C.
- Boille, D. (2004). *Economía de la Energía*. Buenos Aires, Argentina.
- BP Global. (27 de Febrero de 2012). *BP Global*, Excel. (B. Globa, Editor, B. Globa, Productor, & BP Globa) Recuperado el 2013, de BP Globa: <http://www.bp.com/>
- Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión. (2001). *Evolución y Perspectiva del Sector Energético en México 1970-2000* (CEFP/051/2001 ed.). México, D;F: Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión.
- Cámara Nacional del Cemento, C. (2012). *Camára Nacional del Cemento CONACEM*. Recuperado el 15 de Mayo de 2013, de [http://www.canacem.org.mx/la\\_industria\\_plantas.htm](http://www.canacem.org.mx/la_industria_plantas.htm)
- Castelo Montero, M. (2003). *Diccionario comentado de Términos Financieros ingles de uso frecuente en español*. Coruña: Netbiblo, S.I A.
- Castillo Guevara, D. (2010). *Tendencia en el consumo de energía en la idustría siderúrgica y análisis en los cambios tecnológicos*. Distrito Federal: UNAM.
- Castillo, G., & Méndez, E. (2 de Mayo de 2002). *La Jornada*. Recuperado el 15 de Mayo de 2013, de <http://www.jornada.unam.mx/2002/07/02/006n1pol.php?origen=politica.html>
- Cementos Mexicanos, C. (2000). *CEMEX*, PDF. Recuperado el 13 de Mayo de 2013, de <http://www.cemex.com/ES/Inversionistas/files/2000/InformeAnual.pdf>
- Cornejo, S. Á. (Mayo-agosto de 2009). *Dimensión Económica, Revista Digital, Instituto de Investigaciones Económicas*. (U. Instituto de Investigaciones Económicas, Ed.) Recuperado el 27 de Enero de 2013, de *Dimensión Económica, Revista Digital, Instituto de Investigaciones Económicas*: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rde/article/view/19315>

- Consejo Administración , Pemex Refinación. (2012). *Sesión Ordinaria 139*. México Distrito Federal: Pemex Refinación.
- Cuéllar Laureano, R. (Enero-agosto de 2008). *Revista de Relaciones Internacionales UNAM*. Recuperado el 2013, de Revista de Relaciones Internacionales UNAM: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rri/article/view/16311>
- Daub, G. W., & Seese, W. S. (2005). *Química* (Octava edición ed.). México: México : Pearson Educación.
- De la Rosa , A. (2013). *El economista.mx*, Html. Recuperado el 12 de Junio de 2013, de <http://eleconomista.com.mx/industrias/2013/06/12/retraso-pni-no-perdida-tiempo>
- Dorantes Zamora, Á. O. (2011). *Proceso de privatización del Sector Eléctrico Mexicano:Actividades abiertas a los permisionarios 1992-2010*. Estado de México: Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México
- E. Atencio, J. (1961). *¿Qué es la geopolítica?* Pleamar.
- Ellis, P., & Christopher, P. (8 de Marzo de 1998). *Coking.com*. Recuperado el 22 de Enero de 2012, de <http://www.coking.com/DECOKTUT.pdf>
- Enciclopedia , C. (31 de Diciembre de 2002). *Citizendium*. Recuperado el 11 de Enero de 2013, de [http://en.citizendium.org/wiki/delayed\\_coking#cite\\_note-15](http://en.citizendium.org/wiki/delayed_coking#cite_note-15)
- Energy Publishing*, PDF. (17 de 5 de 2012). Obtenido de <http://www.energypublishing.biz/Petcoke-Report.html>
- ExxonMobil, R. (2012). *ExxonMobil*. (ExxonMobil, Ed.) Recuperado el 13 de Diciembre de 2012, de <http://www.exxonmobil.com/refiningtechnologies>
- García, K. (18 de Septiembre de 2012). *El Economista*. Recuperado el 12 de Junio de 2013, de <http://eleconomista.com.mx/industrias/2012/09/18/industria-quimica-mexicana-pierde-peso-pib-anq>
- Gómez López, C. S., & Puch, L. A. (Octubre de 2008). *Fundación de Estudios de Economía Aplicada FEDEA*. Recuperado el 17 de Agosto de 2011, de [http://www.fedea.es/pub/est\\_economicos/2008/24-08.pdf](http://www.fedea.es/pub/est_economicos/2008/24-08.pdf)
- Gómez Ortiz, R. (2005). *Perfil deseable del empresario mexicano para la innovación y el desarrollo tecnológico* (252 ed.). (I. P. Nacional, Ed.) México, D;F: Instituto Politécnico Nacional.
- González Chávez, G. (2008). *El Estado y la globalización en la industria siderúrgica mexicana* (Segunda ed.). México, D;F: U Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guold, & Lazear. (2002). *Teoría Microeconómica*. México: Fondo de Cultura Económica.

- Guerrero Gutiérrez, L. ( julio-agosto de 2009). Economía de la refinación. (F. d. Economía, Ed.) *Economía Informa* (359 ), 200.
- Guerrero Gutiérrez, L. (Julio-agosto de 2009). Economía de la refinación. (F. Facultad de Economía, Ed.) *Economía Informa* (359), 200.
- Manzano Chardome, R., & Carmona, R. (5 de Octubre de 2004). *Energía a debate*, Html. (E. a. debate, Editor, E. a. debate, Productor, & Energía a debate) Recuperado el 6 de Abril de 2013, de Energía a debate:  
[http://www.energiaadebate.com/Articulos/Octubre%202004/raul\\_manzo\\_roberto\\_carmona.htm](http://www.energiaadebate.com/Articulos/Octubre%202004/raul_manzo_roberto_carmona.htm)
- Morales, I., Escalante, C., & Vargas, R. (1988). *La formación de la política petrolera en México:1970-1986*. México, D;F: El Colegio de México.
- Neiva Santos, R. M. (2009). *Petrobras en la política exterior del gobierno de Lula:una mirada desde la Economía Política Internacional*. Buenos Aires, Argentina: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO/Argentina) y Universidad de San Andrés en cooperación con la Universidad de Barcelona.
- Rios Hernández, S. (2010). *La Cooperación Internacional en el contexto del Desarrollo Sustentable Estudio de caso: La Política Pnergética de México (2004-2008)*. Edo. de México: Universidad Nacional Autonoma de México.
- Rodríguez García, A. (26 de Julio de 2011). *Proceso.com.mx*, HTML. (Proceso.com.mx) Recuperado el 22 de Febrero de 2013, de Proceso.com.mx.
- Rossi Guerrero, F. (2008). *Fundación Centro Gumilla*. Recuperado el 26 de Enero de 2013, de [http://gumilla.org/biblioteca/bases/biblo/texto/SIC2008709\\_397-399.pdf](http://gumilla.org/biblioteca/bases/biblo/texto/SIC2008709_397-399.pdf)
- Torres , A. (3 de Julio de 2011). *El Economista*, HTML . Recuperado el 24 de Marzo de 2013, de El Economista: <http://eleconomista.com.mx/estados/2011/07/03/se-quiebra-industria-vidrio-nl>
- Velázquez Flores, R. (2005). *Factores, bases y fundamentos de la política exterior de México*. México: Universidad del Mar/Plaza y Valdés.
- Roskill*. (2013). Recuperado el 15 de Enero de 2013, de <http://www.roskill.com/reports/industrial-minerals/petroleum-coke>
- Hernández Trujillo, C. (2012). *Pemex Refinación como palanca de desarrollo en México, impacto del proyecto de inversión en infraestructura, "PROINFRA" en la Economía Nacional*". Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Huerta Quintanilla, R. (2008). Monopolio, precio de la tortilla y estancamiento de la economía mexicana. *Economía informa*, 108-125.
- IFP Energies nouvelles. (2011). *Refining: varying conditions by region,Panorama 2011*, PDF. Recuperado el 30 de Mayo de 2013, de [www.ifpenergiesnouvelles.com](http://www.ifpenergiesnouvelles.com)

- International, O. (5 de Enero de 2013). *Oilchange International*. Recuperado el 27 de Enero de 2013, de <http://priceofoil.org/2013/01/17/petroleum-coke-the-coal-hiding-in-the-tar-sands/>
- Jornada, L. (3 de Noviembre de 2009). *La Jornada*. Recuperado el 2013, de La Jornada: <http://www.jornada.unam.mx/2009/10/12/index.php?section=politica&article=013n1pol>
- Lluch Urpí, J. (2011). *Tecnología y margen de refino del petróleo* (1 ed., Vol. 1). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Lomelí Vanegas, L., & Murayama, C. (2010). *México frente a la crisis: hacia un nuevo curso de desarrollo* (Segunda edición:15 abril 2010 ed.). México, D;F, México, D;F, México: Universidad Nacional Autónoma de México .
- López, G. (4 de Julio de 2008). Apascosigue a Cemex y aumentó sus precios. *Reforma*.
- Manzano Chardome, R., & Carmona, R. (5 de Octubre de 2004). *Energía a debate*, Html. (E. a. debate, Editor, E. a. debate, Productor, & Energía a debate) Recuperado el 6 de Abril de 2013, de Energía a debate: [http://www.energiaadebate.com/Articulos/Octubre%202004/raul\\_manzo\\_roberto\\_carmona.htm](http://www.energiaadebate.com/Articulos/Octubre%202004/raul_manzo_roberto_carmona.htm)
- Maples, R. E. (2000). *Petroleum Refinery process economics*. Okahoma USA: Pen Well Corporation.
- Martínez Salinas, D. (1997). *El Mercado Nacional del Gas Natural y su rumbo hacia la privatización, 1991-2000*. Edo. México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marx, C. (1843). *El Capital, Tomo I* (Vigesimo Sexta Edición en español, 2005 ed., Vol. I). Fondo de Cultura Económica.
- Morales, I., Escalante, C., & Vargas, R. (1988). *La formación de la política petrolera en México:1970-1986*. México, D;F: El Colegio de México.
- Mundial, B. (2012). *World Bank*. Recuperado el 23 de 1 de 2012, de World Bank: <http://www.worldbank.org/depweb/beyond/beyondsp/glossary.html>
- Muñecas Vidal, M. A. (12 de 5 de 2006). *Ingeniería química*. Recuperado el 13 de Octubre de 2012, de <http://www.ingenieriaquimica.es/files/pdf/iq/436/02ARTICULOMAY.pdf>
- Neiva Santos, R. M. (2009). *Petrobras en la política exterior del gobierno de Lula:una mirada desde la Economía Política Internacional*. Buenos Aires, Argentina: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO/Argentina) y Universidad de San Andrés en cooperación con la Universidad de Barcelona.
- Ontiveros Montesinos, J. A. (2005). *El riesgo de mercado y la volatilidad en los precios del combustóleo, coque de petróleo y diésel para uso industrial en México, 1994-2004*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Organization of the Petroleum Exporting Countries, O. (1960). *Organization of the Petroleum Exporting Countries*. Recuperado el 18 de 02 de 2012, de Organization of the Petroleum Exporting Countries: [http://www.opec.org/opec\\_web/en/press\\_room/178.htm](http://www.opec.org/opec_web/en/press_room/178.htm)
- Rios Hernández, S. (2010). *La Cooperación Internacional en el contexto del Desarrollo Sustentable Estudio de caso: La Política Energética de México (2004-2008)*. Edo. de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pampillón Olmedo, R. (1999). *"Análisis económico de países. Teoría y casos de política económica"*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Parkin, M. (2006). *Microeconomía: Versión para latinoamérica*. México: Pearson Educación.
- Pemex Refinación. (2000-2003). *Proyectos de Inversión en Pemex Refinación*. México, D;F: Pemex Refinación.
- Pemex Refinación. (2012). *Guía de requerimiento para el diseño y operación de instalaciones y equipamiento de las plantas de almacenamiento y manejo de coque de petróleo*. México, D;F: Pemex.
- Pemex y Organismos Subsidiarios. (2012). *Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios*. México, D;F: PEMEX.
- Pemex-Refinación-IMP. (1995). *Procesos de fondo de Barril*. México, D;F: Memorias del Primer Foro en la industria de la Refinación.
- Pindyck, R. (2001). *Microeconomía*. Madrid: Pearson Education.
- Pinedo Vega, J. L. (2005). *El petróleo en oro y negro* (Segunda ed.). (A. I. S.A, Ed.) Libros en Red.
- Polo Encinas, M. (1979). *Energeticos y desarrollo tecnologico*. México D;F: Limusa.
- Presidencia de la República. (8 de Enero de 2003). *Actividades presidenciales* . Recuperado el 27 de Marzo de 2013, de <http://fox.presidencia.gob.mx/actividades/?contenido=4252>
- R. Santos, A., & J. Silva, R. (2008). *Análisis del Consumo de Coque de Petróleo en Algunos Sectores Industriales*. Informativo.
- Ramírez Brun, J. R. (2001). *Estado y acumulación de capital. México: Retrospectiva 1929-1999; Prospección 2000-2012 con políticas públicas de desarrollo humano y social*. México, D;F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Reyes Heróles, J. (1992). *Jesús Reyes Heróles y el petróleo*. México.
- Rigzone. (11 de Junio de 2013). *Rigzone*, Html. (Rigzone, Editor, Rigzone, Productor, & Ri) Recuperado el 11 de Junio de 2013, de Rigzone: [http://www.rigzone.com/training/heavyoil/insight.asp?i\\_id=287](http://www.rigzone.com/training/heavyoil/insight.asp?i_id=287)

- Samuelson, P., & Nordhaus, W. (2002). *Economía* (Decimoséptima ed.). (A. Navarro, Ed.) mADRID: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A de C.V.
- Sánchez Liévano, G., & Beltrán Mora, H. (Julio de 2009). Facultad de Economía: Economía informa núm. 359. 17.
- Secretaría de Comunicación y Transportes, S. (2012). *Administración Portuaria Integral de Coatzacoalcos*, HTML. (Secretaría de Comunicación y Transportes) Recuperado el 11 de Abril de 2013, de <http://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/noticias-2012/210-se-exportaran-500000-toneladas-de-coque-por-el-puerto-de-coatzacoalcos>
- Secretaría de Energía, S. (2012). *Balance Nacional de Energía 2011*. Secretaría de Energía, Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico. México, D;F: SENER.
- SEGOB. (26 de Octubre de 2000). *Carpeta Informativa de la Gira de trabajo del Ejectivo Federal por el estado de Nuevo León.*, Html. Recuperado el 11 de Junio de 2013, de [http://zedillo.presidencia.gob.mx/pages/giras\\_n/nl/nl.html](http://zedillo.presidencia.gob.mx/pages/giras_n/nl/nl.html)
- Sener, S. (20 de Abril de 2012). *Secretaría de Energía*. Obtenido de Secretaría de Energía: <http://www.sener.gob.mx/portal/publicaciones.html>
- Sener, S. (2013). *Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026*. Méxio, D;F: Sener.
- Sheinbaum Pardo, C., Rodríguez Padilla, V., & Robles Morales, G. (2009). *Política energética mexicana e indicadores de sustentabilidad* .
- Stevens, P. (2000). *The Economics of Energy, The International Library of*.
- Tagüena Parga, J. (2011). *Revista Digital Universitaria*, Html. (UNAM, Productor) Recuperado el 20 de 7 de 2011, de <http://www.revista.unam.mx/vol.1/num2/art2/>
- Tello, C. (2007). *Estado y desarrollo económico: México 1920-2006*. México, D;F: Universidad Autónoma de México.

## Documentos Oficiales

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo Petrolero

Ley Orgánica de la Administración Pública

Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Ley de Entidades Paraestatales

Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y sus Subsidiarias

Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012

Plan de negocios de Petróleos Mexicano

Programa Sectorial de Energía

Ley de la Comisión Reguladora de Energía.

### **Sitios web**

[www.eleconomista.com.mx](http://www.eleconomista.com.mx)

[www.diputados.gob.mx](http://www.diputados.gob.mx)

[www.depfe.unam.mx](http://www.depfe.unam.mx)

[www.economia.unam.mx](http://www.economia.unam.mx)

[www.diputados.gob.mx](http://www.diputados.gob.mx)

[www.cepep.gob.mx](http://www.cepep.gob.mx)

[www.proceso.com.mx](http://www.proceso.com.mx)

<http://energiaadebate.com>

<http://www.eia.gov>