UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

"LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA COMO GARANTÍA PARA LA SEGURIDAD NACIONAL DE MÉXICO"

Tesis

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN RELACIONES INTERNACIONALES

P R E S E N T A:

HÉCTOR FRANCISCO GARCÍA RODRÍGUEZ

ASESOR: DR. ANDRÉS EMILIO ÁVILA AKERBERG

MÉXICO, D.F. 2014

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

La transición energética como garantía para la Seguridad Nacional de México

Agradecimientos

Son muchas las personas a las que me gustaría agradecer por su apoyo y compañía. Le agradezco a la vida por haberme presentado a todas aquellas personas que han compartido su vida conmigo ya que cada una de ellas tiene un valor incalculable para mí.

Este trabajo se lo dedico a mi familia como muestra de agradecimiento por el apoyo que me han dado toda mi vida. Sin ustedes no habría podido lograr todo lo que he alcanzado hasta este momento. Les agradezco el esfuerzo tan grande que han hecho para que yo pueda ser la persona que soy y por estar siempre presentes en aquellos momentos en los que más los he necesitado. Por estas y muchas más razones estaré eternamente agradecido con la vida por haberme dado la oportunidad de ser parte de ustedes.

Quiero agradecer a mis amigos por permitirme entrar en sus vidas y por haberme dado tantas alegrías que llevaré por siempre en mi memoria. Sin ustedes todo habría sido diferente, más difícil, pero sobre todo, mi vida habría sido gris y no habría tenido tantos momentos tan maravillosos. No tengo palabras para expresar lo mucho que ustedes significan para mí y sin duda siempre, en cualquier momento y en cualquier lugar, tendrán en mí un amigo que estará esperándolos.

También quiero agradecer a todos mis profesores y a todas aquellas personas con las que he tenido la oportunidad de trabajar y desarrollarme profesionalmente. Gracias a ustedes he adquirido todos los conocimientos que ahora me sirven para poder enfrentarme a los retos que la vida me pone enfrente. Agradezco a mi director de tesis y a mis sinodales por haber aceptado revisar esta investigación y por haberme dado su apoyo y sus consejos en cada momento en que los necesité. Sin duda este trabajo no sería el mismo si no hubiera contado con su opinión y conocimiento.

Algunas personas a las que quiero agradecer su apoyo ya no se encuentran conmigo. Siempre imaginé vivir este momento de mi vida con ustedes a mi lado, sin embargo la vida tenía otros planes. Espero que este mensaje pueda llegar a ustedes y no importa donde esté o el tiempo que haya pasado, ustedes siempre tendrán un lugar en mi corazón y siempre estaré agradecido por haber vivido al lado suyo.

Sin duda este es solo el primero de muchos éxitos por delante y espero que todos ustedes sigan siendo parte de ellos.

Muchas gracias.

Índice

Introducción IX
Capítulo 1: Seguridad Nacional: Su concepción a nivel internacional y el caso de México 1
1.1 Definición de Conceptos generales..... 1
1.1.1 Seguridad 1
1.1.2 Securitización 1
1.1.3 Amenaza..... 2
1.1.4 Interés Nacional 2
1.2 Seguridad Nacional 2
1.2.1 Concepción tradicional de la Seguridad Nacional..... 3
1.3. Concepción actual de seguridad nacional..... 5
1.3.1 Debate entre ampliacionistas y tradicionalistas 8
1.4 Seguridad Nacional en México..... 10
Capítulo 2: Importancia de los combustibles fósiles para la sociedad actual.....17
2.1 Combustibles fósiles 17
2.1.1 Carbón..... 18
2.1.1.1 Explotación del carbón..... 19
2.1.1.2 Generación de electricidad 20
2.1.1.3 Panorama mundial del carbón 21
2.1.2 Petróleo..... 23
2.1.2.1 Productos derivados del petróleo..... 24
2.1.2.2 Extracción del petróleo 25
2.1.2.3 Panorama mundial del petróleo 25
2.1.3 Gas natural 28
2.1.3.1 Gas no convencional 28
2.1.3.2 Generación de electricidad 31
2.1.3.3 Panorama mundial del gas natural 31
2.2 Los combustibles fósiles en México..... 33
2.2.1 Carbón..... 33
2.2.2 Gas natural..... 34
2.2.2.1 Gas no convencional en México 38
2.2.3 Petróleo..... 40
2.3 Impactos ambientales de los combustibles fósiles..... 48
2.3.1 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)..... 49
2.3.2 Derrames de hidrocarburos 53
2.3.3 Impactos ambientales y sociales del gas no convencional 53
Capítulo 3: Transición energética y Seguridad Nacional 56
3.1 Energías renovables 56
3.1.1 Hidroenergía 58
3.1.1.1 Hidroenergía en México..... 60
3.1.1.2 Ventajas y desventajas de la energía hidroeléctrica..... 60

3.1.2 Energía solar 62
3.1.2.1 Energía solar en México 66
3.1.2.2 Ventajas y desventajas de la energía solar 67
3.1.3 Energía eólica 69
3.1.3.1 Energía eólica en México 71
3.1.3.2 Ventajas y desventajas de la energía eólica 72
3.1.4 Energía geotérmica 74
3.1.4.1 Energía geotérmica en México 76
3.1.4.2 Ventajas y desventajas energía geotérmica 78
3.1.5 Bioenergía 79
3.1.5.1 Bioenergía en México 82
3.1.5.2 Ventajas y desventajas de la bioenergía 86
3.1.6 Energías oceánicas 87
3.1.6.1 Energía oceánica en México 93
3.1.6.2 Ventajas y desventajas de la energía oceánica 93
3.1.7 Energía nuclear 95
3.1.7.1 Energía nuclear en México 102
3.1.7.2 Ventajas y desventajas de la energía nuclear 103
3.2 Escenario energético mundial 106
3.2.1 Costos de generación de las energías renovables 107
3.2.2 Transición energética en el mundo 109
3.2.3 Escenarios para la generación mundial de energía 112
3.2.4 Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) 114
3.2.5 Redes inteligentes 117
3.3 Panorama del sector eléctrico nacional 120
3.3.1 Escenarios del sector eléctrico nacional 122
3.3.2 Sector energético y capital privado 124
3.4 Transición energética y seguridad nacional de México 130
3.4.1 Energía, economía y medio ambiente 130
3.4.2 Eficiencia energética 131
3.4.3 Seguridad Energética 135
3.4.4 Energía y Seguridad Nacional 138
Conclusiones 142
Anexo 150
Glosario 156
Abreviaturas, acrónimos y siglas 168
Fuentes de consulta 172

Índice de graficas

GRÁFICA 1. CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA 1965-2012 21
GRÁFICA 2. PRODUCCIÓN NACIONAL DE GAS NATURAL 36
GRÁFICA 3. BALANCE NACIONAL DE GAS NATURAL, 2002-2012 38
GRÁFICA 4. EVOLUCIÓN DE LAS RESERVAS NACIONALES DE PETRÓLEO CRUDO 41
GRÁFICA 5. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE PETRÓLEO CRUDO 42
GRÁFICA 6. EXPORTACIONES Y PRECIO DE PETRÓLEO CRUDO DE MÉXICO 1990-2013 43
GRÁFICA 7. INGRESOS PRESUPUESTARIOS DEL SECTOR PÚBLICO 2000-2013 44
GRÁFICA 8. PRODUCCIÓN DE PETROLÍFEROS EN MÉXICO 45
GRÁFICA 9. EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE PETROLÍFEROS EN MÉXICO 45
GRÁFICA 10. DEMANDA DE PETROLÍFEROS POR SECTOR, 2000-2012 46
GRÁFICA 11. DEMANDA DE COMBUSTIBLES FÓSILES PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD 47
GRÁFICA 12. GENERACIÓN BRUTA EN EL SERVICIO PÚBLICO POR FUENTE DE ENERGÍA UTILIZADA 48
GRÁFICA 13. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA 49
GRÁFICA 14. EMISIONES MUNDIALES DE CO_2 2009 50
GRÁFICA 15. EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR ENERGÉTICO EN MÉXICO 51
GRÁFICA 16. GENERACIÓN MUNDIAL DE ENERGÍA RENOVABLE 57
GRÁFICA 17. GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE 2012 57
GRÁFICA 18. GENERACIÓN DE HIDROENERGÍA A NIVEL MUNDIAL 2000-2012 59
GRÁFICA 19. GENERACIÓN MUNDIAL DE ENERGÍA SOLAR 2005-2012 65
GRÁFICA 20. GENERACIÓN MUNDIAL DE ENERGÍA EÓLICA 2005-2012 71
GRÁFICA 21. GENERACIÓN MUNDIAL DE ENERGÍA GEOTÉRMICA 2000-2012 76
GRÁFICA 22. GENERACIÓN MUNDIAL DE BIOENERGÍA 2012 81
GRÁFICA 23. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIOCOMBUSTIBLES 82
GRÁFICA 24. PRODUCCIÓN NACIONAL DE RESIDUOS 83
GRÁFICA 25. CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA OCEÁNICA 2012 93
GRÁFICA 26. GENERACIÓN MUNDIAL DE ENERGÍA NUCLEAR 100
GRÁFICA 27. NÚMERO DE REACTORES POR PAÍS 101
GRÁFICA 28. APORTACIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PAÍS 101
GRÁFICA 29. RANGO DE COSTOS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES 2012 Y 2020 108
GRÁFICA 30. EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA GENERACIÓN MUNDIAL DE ENERGÍA RENOVABLE 2012-2018 109
GRÁFICA 31. DEMANDA MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA POR ESCENARIO 113
GRÁFICA 32. DEMANDA MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA POR ESCENARIO 114
GRÁFICA 33. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR TECNOLOGÍA EN MÉXICO 121
GRÁFICA 34. PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN 2026 123
GRÁFICA 35. ESCENARIO HÍBRIDO: GENERACIÓN BRUTA DEL SISTEMA ELÉCTRICO 123
GRÁFICA 36. INTENSIDAD ENERGÉTICA DEL PIB 132
GRÁFICA 37. INTENSIDAD ENERGÉTICA DE MÉXICO 133
GRÁFICA 38. CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL 133
GRÁFICA 39. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA EN MÉXICO 139

Índice de cuadros

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN DEL CARBÓN 18
CUADRO 2. RESERVAS MUNDIALES DE CARBÓN 22
CUADRO 3. PRODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL DE CARBÓN 22
CUADRO 4. CLASIFICACIÓN API DE LOS TIPOS DE PETRÓLEO 24
CUADRO 5. PRINCIPALES PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO 25
CUADRO 6. RESERVAS MUNDIALES DE PETRÓLEO 26
CUADRO 7. CONSUMO, PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO Y CAPACIDAD DE REFINACIÓN MUNDIAL 27
CUADRO 8. CLASIFICACIÓN DEL GAS NATURAL 28
CUADRO 9. TIPOS DE GAS NO CONVENCIONAL 29
CUADRO 10. RESERVAS MUNDIALES DE GAS NATURAL 32
CUADRO 11. CONSUMO Y PRODUCCIÓN MUNDIAL DE GAS NATURAL 32
CUADRO 12. CLASIFICACIONES DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA 58
CUADRO 13. CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN MÉXICO 60
CUADRO 14. CARACTERÍSTICAS DE AEROGENERADORES 70
CUADRO 15. PROCESOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOENERGÍA 79
CUADRO 16. CONTENIDO ENERGÉTICO DE RESIDUOS ORGÁNICOS 80
CUADRO 17. ESCENARIOS CON PROYECTOS NUCLEARES Y RENOVABLES 122

Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA 19
ILUSTRACIÓN 2. EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO 20
ILUSTRACIÓN 3. PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD A BASE DE CARBÓN 20
ILUSTRACIÓN 4. FRACTURACIÓN HIDRÁULICA 30
ILUSTRACIÓN 5. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A BASE DE GAS 31
ILUSTRACIÓN 6. CENTRAL HIDROELÉCTRICA 58
ILUSTRACIÓN 7. TIPOS DE CONCENTRADORES SOLARES 63
ILUSTRACIÓN 8. CELDA FOTOVOLTAICA 64
ILUSTRACIÓN 9. ESTRUCTURA DE UN AEROGENERADOR 69
ILUSTRACIÓN 10. REPRESENTACIÓN DE RECURSOS GEOTÉRMICOS 74
ILUSTRACIÓN 11. TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ 89
ILUSTRACIÓN 12. TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE MAREAS Y CORRIENTES MARINAS 91
ILUSTRACIÓN 13. FISIÓN NUCLEAR 96
ILUSTRACIÓN 14. ENSAMBLE DE COMBUSTIBLE NUCLEAR 96
ILUSTRACIÓN 15. ESTRUCTURA DE UNA PLANTA NUCLEAR 97
ILUSTRACIÓN 16. RED INTELIGENTE 119

Índice de mapas

Mapa 1. Principales cuencas sedimentarias del mundo 24
Mapa 2. Reservas mundiales de gas no convencional 30
Mapa 3. Principales cuencas carboníferas de México 34
Mapa 4. Regiones para la extracción de gas natural en México 35
Mapa 5. Red de ductos y centros procesadores de gas, a diciembre de 2012 37
Mapa 6. Reservas posibles de Gas de lutitas en México 39
Mapa 7. Provincias petroleras de México 40
Mapa 8.Irradiación solar mundial (W/m2) 62
Mapa 9. Irradiación solar en México 66
Mapa 10. Velocidad Media Global del Viento a 80m 70
Mapa 11. Potencia del viento a 80 metros de altura en México 72
Mapa 12. Potencial mundial para energía geotérmica 75
Mapa 13. Recursos geotérmicos de México 77
Mapa 14. Potencial nacional para la producción de biocombustibles 84
Mapa 15. Distribución mundial del potencial de oleaje 88
Mapa 16. Distribución mundial del potencial de mareas 90
Mapa 17. Corrientes marinas 91
Mapa 18. Promedio anual de la temperatura oceánica 92
Mapa 19. Radiación emitida por la explosión en Chernóbil 105
Mapa 20. Desechos radiactivos emitidos por la central nuclear de Fukushima 106

Introducción

Garantizar la seguridad nacional es una obligación primordial para un Estado. Conceptos como soberanía, amenaza e interés nacional son la base sobre la que se construye una noción de la seguridad ya que dependiendo de la interpretación que se le dé a estos conceptos es como se conformará una agenda de seguridad nacional. Sin embargo, no cualquier tema puede formar parte de esta agenda ya que de lo contrario se perdería el sentido de cuáles son los aspectos vitales para una nación.

En este sentido, no tiene mucho tiempo que la sociedad se percató de las repercusiones de la sobreexplotación de los recursos naturales debido al modo de producción actual y el modo de vida de la sociedad internacional. Este modo de producción, basado en la propiedad privada y en el libre mercado, ha provocado grandes progresos tecnológicos, industrialización y una gran riqueza. No obstante, la riqueza se ha concentrado en muy pocas manos y se ha abusado del medio ambiente y los recursos naturales hasta el punto de crear una grave crisis ecológica, energética, económica y social.

Esta crisis, resultado del consumo irracional, ha ocasionado que el planeta no pueda producir los recursos necesarios para mantener este estilo de vida. Por esta razón, muchos países consideran la crisis energética como un aspecto que puede afectar su seguridad nacional.

Toda sociedad busca garantizar y controlar el suministro y la producción de energía ya que es vital para el funcionamiento de cualquier actividad productiva. Es por ello que actualmente se busca garantizar el suministro energético mediante la mayor explotación de los recursos naturales, especialmente los no renovables (convencionales y no convencionales).

En el caso de México, se ha dependido de los combustibles fósiles para la generación de la energía que demanda la sociedad y para mantener en funcionamiento las actividades productivas y la economía. Estos recursos naturales, principalmente el petróleo, han sido el factor más importante para el crecimiento de la economía, las finanzas públicas, la industria y el desarrollo de México. Sin embargo, se ha provocado la reducción de las reservas convencionales y, por lo tanto, que la producción de energía disminuya mientras la demanda sigue en aumento.

El ser humano depende totalmente de recursos como el petróleo o el gas natural para poder generar energía. La sobreexplotación y el uso de estos recursos, además de que han presionado cada vez más la capacidad del planeta para asimilar los daños ecológicos generados, han creado una gran dependencia energética y económica hacia ellos. Hoy en día no podemos imaginarnos la vida diaria sin energía, sin iluminación, sin transporte, comunicación, etc. Cada parte de nuestras vidas está relacionada con la energía, por lo tanto es importante analizar esta situación, ya que un país dependiente de pocas fuentes de energía e incapaz de diversificar su matriz energética corre el riesgo de sufrir una grave crisis.

En este sentido, el desarrollo de fuentes de energías renovables ha adquirido mucha importancia en varios países en el mundo, esto se debe a que representan el medio por el que se pueden obtener

recursos energéticos de manera casi inagotable. Los países más desarrollados ya han comenzado a generar una industria enfocada a buscar nuevas fuentes de energía para satisfacer sus necesidades energéticas. En cambio, los países en desarrollo siguen invirtiendo mucho en energías no renovables debido a que representan su mayor fuente de ingresos económicos.

En este sentido, la hipótesis de esta investigación es que en México no se considera al sector energético ni a la transición energética como un asunto de seguridad nacional y que debido a la actual política energética, basada en la explotación de los hidrocarburos, México ha desarrollado una gran dependencia energética y económica hacia estos recursos. De preservar esta política se llegará a una crisis energética cuando escaseen los hidrocarburos, por esta razón es necesario que se adopte una nueva noción de seguridad nacional que no solo contemple aspectos tradicionales como elementos que pudieran afectar la seguridad, sino que también incluya otros factores que afecten el bienestar, la estabilidad y la integridad de un país y de su sociedad, es decir, que involucre al ámbito energético y ambiental con el objetivo de evitar una futura crisis y lograr la transición energética que se necesita para garantizar en el futuro la seguridad nacional.

Capítulo 1: Seguridad Nacional: Su concepción a nivel internacional y el caso de México

1.1 Definición de Conceptos generales

Para poder definir el concepto de seguridad nacional es necesario conocer los términos que lo conforman, tales como seguridad, amenaza, interés nacional y securitización, ya que dependiendo de la interpretación que se le dé a estos términos dependerá la noción de seguridad nacional de una nación.

1.1.1 Seguridad

Tener seguridad es estar libre de preocupaciones o problemas. Es una condición o estado en el que se está exento de peligros o daños. "Nos consideramos, seguros, a cubierto de contingencias desagradables, cuando, pese a la existencia de determinado o determinados riesgos o amenazas, no nos encontramos, o no nos creemos, expuestos a experimentar daños como consecuencia de peligros, daños o riesgos"[1].

Desde que el ser humano comenzó a organizarse en sociedad ha tenido la necesidad de estar seguro frente a la naturaleza o frente a otros individuos. De hecho, la razón por la que el ser humano vive en sociedad es porque busca en ella garantizar sus necesidades básicas y su seguridad, lo que en la naturaleza sería muy difícil de conseguir. "La seguridad puede ser vista como una condición absoluta (si hay seguridad o no, si se enfrenta una amenaza o no) o relativa (existencia de distintos niveles de seguridad y mayor o menor protección frente a determinadas amenazas)"[2].

Cada sociedad tiene su propia concepción de la seguridad, aunque haya puntos en común. La seguridad en ocasiones es un discurso que justifica las acciones y decisiones que toma un Estado, específicamente el grupo en el poder. La seguridad se identifica cuando un tema o circunstancia es presentado como amenaza existencial, proceso que se conoce como "Securitización".

1.1.2 Securitización

"Seguridad es el movimiento que hace la política más allá de las reglas del juego establecidas y coloca el asunto en cuestión como una política especial o como política alta. "El estar seguro o el aseguramiento (securitización) puede ser visto entonces como una versión más extrema de la politización." Llevar un asunto a la agenda de seguridad implica otorgarle un status especial, de alta prioridad dentro de un Estado"[3].

---

[1] José Manuel Ugarte, *Los conceptos jurídicos y políticos de la seguridad y la defensa: Un análisis orientado a América Latina*, Buenos Aires, Editorial Plus Ultra, 2004, pág. 9

[2] Alejandro Chanona, *La comunidad de seguridad en América del Norte: Una perspectiva comparada con la Unión Europea*, México, UNAM, 2010, pág. 13

[3] Barry Buzan, *et al*., *Security. A New Framework for Analysis*, Londres, Lynne Rienner Publishers, Boulder-London, 1998, pág. 23, en Andrés Ávila Akerberg , "La consideración del medio ambiente como asunto de seguridad nacional", *Revista de Relaciones Internacionales de la UNAM*, México, 2010, núm. 107, mayo-agosto, pág. 102

En este sentido, la securitización es el proceso discursivo para llevar a la agenda de seguridad un tema o una amenaza, puede servir para fines políticos y se puede manipular para obtener beneficios. En pocas palabras, es lo que se hace para que un tema sea considerado como un tema de seguridad.

1.1.3 Amenaza

Para que un tema sea considerado como un aspecto de seguridad necesita ser percibido como una amenaza. Una amenaza puede definirse como un evento que atenta directamente contra algo y que puede producir un daño. Se debe evaluar la naturaleza y la gravedad de la amenaza para evaluar si representa un peligro para los valores fundamentales de una sociedad. "Determinada la amenaza, definidos los bienes que deseamos proteger del daño, los medios de que dispongamos y las medidas que adoptemos, así como el grado de protección que consideremos necesario, será el grado de seguridad que obtendremos"[4]. Es un peligro latente, aunque puede no llevarse a cabo, pero sirve para que se tome en cuenta y se tomen medidas para prevenir sus posibles efectos.

1.1.4 Interés Nacional

La seguridad forma parte del interés nacional porque ésta es vital para garantizar la supervivencia de una sociedad. El interés nacional es la meta que quiere alcanzar el Estado, son los valores máximos y los objetivos más importantes a alcanzar y garantizar; es definido por el grupo en el poder aunque siempre hay intereses permanentes. Se pude clasificar en dos tipos:

- Los intereses vitales, que son los relacionados a la existencia de la nación. Son esenciales y la guerra está justificada para garantizarlos.
- Los intereses secundarios, afectan al Estado pero no su existencia. Para garantizarlos hay métodos económicos, políticos, etc.

1.2 Seguridad Nacional

La seguridad nacional es un tema ambiguo que ha cambiando a lo largo del tiempo y uno de los más importantes dentro del campo de estudio de las Relaciones Internacionales. No obstante, este concepto surgió como tal hasta después de la Segunda Guerra Mundial.

Entre los exponentes más antiguos de la seguridad se encuentran el filosofo Sun Tzu y el militar griego Tucídides, quienes dieron grandes aportaciones en el desarrollo de estrategias militares para resguardar la seguridad de sus gobernantes y la de sus pueblos.

Por otro lado, según Thomas Hobbes, el ser humano es malo por naturaleza y la sociedad surge por un acuerdo entre los individuos debido a que necesitan sobrevivir y garantizar su seguridad. Para ello otorgan sus derechos y su libertad a una figura, la cual se convierte en el Estado, quién garantiza

[4] José Manuel Ugarte, *op. cit*., nota 1, pág. 10

la seguridad y supervivencia del ser humano. Su naturaleza pasa al Estado y la misma situación de violencia o anarquía que se vive entre individuos, se traslada al ámbito internacional[5].

Los estudios de seguridad comenzaron a desarrollarse después de la Segunda Guerra Mundial; dado el fracaso del Idealismo como teoría de las Relaciones Internacionales y de la Sociedad de Naciones como la institución encargada de velar por la paz, la negociación y cooperación internacional. Este evento trajo consigo un cambio importante en la manera de ver al sistema internacional y a la naturaleza de los Estados.

Es cuando nace una nueva concepción de las relaciones internacionales, la cual interpretaba los acontecimientos del sistema internacional dentro de la lógica de la guerra y la lucha por el poder: el Realismo; y fue en Estados Unidos donde se produjeron los principales postulados sobre el sistema internacional y la seguridad nacional desde esta corriente teórica.

1.2.1 Concepción tradicional de la Seguridad Nacional

El Realismo predominó en las Relaciones Internacionales a partir del fin de la Segunda Guerra Mundial y fue determinante en la concepción de la seguridad en el nuevo contexto internacional derivado de la guerra.

Es así como surge por primera vez el concepto de seguridad nacional. "Se partió de la concepción anárquica del sistema internacional, caracterizada por la permanente lucha por el poder entre los Estados, al mismo tiempo que éstos sólo buscan obtener ventajas de sus vecinos. Por ello, la seguridad del Estado está ligada a su capacidad militar y al uso de la fuerza"[6].

Se consideraba que las amenazas a la seguridad nacional provenían únicamente de otros Estados. Además, si estas amenazas atentan contra el interés nacional del Estado, su integridad territorial o autonomía, el conflicto y el uso de la fuerza son justificables. Las naciones más fuertes protegen sus intereses mediante instituciones internacionales y mediante el balance de poder, es decir, a través de forzar o disuadir a otros, mientras que las naciones más débiles tienen que aliarse con las más fuertes para poder preservar su seguridad[7].

Se considera a Nicolás Maquiavelo como un exponente de la teoría tradicional de la seguridad nacional ya que realizó varios postulados sobre la política, la seguridad y la guerra. Estableció estrategias que un gobernante debería seguir para organizar un Estado-Nación, asegurar su seguridad y la legitimidad de su gobierno. Fue el primer analista político y se le considera como uno de los más grandes representantes del Realismo.

Entre otros escritores que desarrollaron el concepto tradicional de la seguridad nacional se encuentran Hans Morgenthau y Walter Lippmann. "Para Morgenthau el dilema de la seguridad está

---

[5] Alejandro Chanona, *op. cit.*, nota 2, pág. 25
[6] *Ibidem*, pág. 26
[7] Sergio Aguayo Quezada y Bruce Michael Bagley, *En busca de la seguridad perdida: Aproximaciones a la seguridad nacional mexicana*, México, Siglo Veintiuno Editores, 1990, pág. 44

ligado a la propia naturaleza humana (egoísta, competitiva y conflictiva), de forma que los Estados únicamente cuentan con sus propios recursos militares para garantizar su supervivencia y soberanía. En consecuencia los intereses del Estado solo pueden ser definidos en términos de seguridad nacional, entendida como la integridad del territorio y de las instituciones"[8].

Con el desarrollo y uso de la bomba atómica se dio paso a un cambio en el sistema internacional. Esta acción se llevó a cabo para demostrar a la Unión Soviética el poderío tecnológico que tenía Estados Unidos en aras de un nuevo conflicto que separó al mundo en dos bloques: el bloque Socialista y el bloque Capitalista. Con ello se originó un nuevo orden internacional y un conflicto entre estas dos ideologías: La Guerra Fría. Éste fue un conflicto ideológico, económico, militar, político y tecnológico en donde cada uno de los bandos pretendía demostrar su superioridad sobre el otro en todos los ámbitos posibles.

Sin embargo, eventos como la crisis del petróleo de los años 70 hicieron notar que elementos no militares podían afectar la seguridad de un Estado. Es por ello que, aunque bajo la concepción tradicional, elementos como el acceso a energéticos se consideraron como un aspecto de seguridad nacional, especialmente para los países más desarrollados. "Así es como la concepción tradicional de seguridad nacional tuvo que flexibilizarse e incluir aspectos económicos como consecuencia de la crisis del petróleo de los años setenta"[9].

Los estudios anticomunistas en Estados Unidos dieron origen a diversas doctrinas, entre ellas a la Doctrina de la Seguridad Nacional. Según ésta, el enemigo no está fuera de las fronteras sino dentro del Estado. Además, el Comunismo era el principal peligro promovido por los movimientos civiles en contra del gobierno. Esta doctrina fue implantada en varios países donde dictaduras militares fueron apoyadas por Estados Unidos para impedir que el comunismo se esparciera y se preservara la ideología capitalista.

Asimismo, la Doctrina de la Disuasión consistió en igualar o superar la capacidad militar de la Unión Soviética, tanto en armas nucleares como convencionales, para tener la capacidad de disuadir o de responder a un ataque del bloque comunista sobre los países capitalistas. "El aumento del potencial de poder de un Estado que apunta a elevar la propia seguridad puede ser percibido por otros Estados como una amenaza de su seguridad. Los esfuerzos de una de las partes por ganar mayor seguridad conducen a esfuerzos en el mismo sentido del otro lado"[10]. Debido al gran poderío nuclear que poseían los dos bandos, tanto el comunista como el capitalista, no hubo posibilidad de un ataque militar o nuclear en contra del otro ya que de hacerlo se podría recibir un contraataque igualmente destructivo.

Sin embargo, a partir de los años 70 comenzaron a surgir estudios que posteriormente harían que la agenda de seguridad contemplara temas no tradicionales. Destacaron esfuerzos como la Cumbre de

---

[8] Alejandro Chanona, *op. cit.*, nota 2, pág.26

[9] Andrés Ávila Akerberg, *op. cit.*, nota 3, pág. 85

[10] John Baylis y Steve Smith, *The globalization of World Politics: An Introduction of International Relations,* 3° edición, Nueva York, Oxford University Press, 2005, págs. 303-304

la Tierra de Estocolmo (1972) en donde por primera vez a nivel mundial se manifestó la problemática ambiental global; la Comisión Independiente sobre Asuntos de Desarme y Seguridad o Comisión Palme (1982) que puso énfasis en la eliminación de las armas para fomentar la paz, invertir menos en lo militar y más en el desarrollo y bienestar; y la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo o Comisión Bruntland que puso énfasis en los problemas ambientales ocasionados por el ser humano y se estableció el problema ambiental como un tema urgente a tratar por los Estados.

La concepción tradicional de la seguridad nacional dominó prácticamente durante la Guerra Fría, la cual terminó a principios de los años 90 con el colapso de la Unión Soviética y donde Estados Unidos quedó como la potencia hegemónica del mundo gracias a que ya no tenía otro competidor en los ámbitos económicos, políticos, y militares.

El fin de este conflicto marcó la necesidad de contar con una nueva visión de la seguridad ya que al haber desaparecido el competidor ideológico y militar del Capitalismo se comenzaron a percibir aspectos que estaban afectando a las sociedades y los cuales no se habían tomado en cuanta anteriormente.

"Esta nueva formulación reflejo la decisión de disminuir el énfasis en la defensa contra el peligro del Este y se destacó que contrastando con los lineamientos fundamentales del pasado, los riesgos que debería enfrentar hoy la seguridad eran multifacéticos y multidimensionales"[11].

1.3. Concepción actual de seguridad nacional

El fin de la Guerra Fría trajo consigo un cambio al sistema internacional caracterizado por la distribución del poder entre varios actores internacionales, la globalización, la integración económica, el desarrollo de las telecomunicaciones y el establecimiento de Estados Unidos como el hegemón del mundo debido a su poderío militar y económico. Las organizaciones internacionales adquirieron importancia a nivel internacional y actores no estatales como las empresas transnacionales o el crimen organizado también se volvieron actores importantes.

"El fin de la Guerra Fría y la desaparición de la Unión Soviética confirieron a Estados Unidos una posición internacional privilegiada. Desde entonces ha perseguido el objetivo de configurar el orden internacional a la medida de los intereses y de los valores estadounidenses. Sin embargo, es posible que este periodo sea considerado también como una etapa caracterizada por el surgimiento de grandes potencias no occidentales"[12].

"Con el nuevo orden mundial también hubo necesidad de llegar a una definición más amplia que considerara el hecho de que una amenaza a la seguridad nacional existe cuando una acción o una secuencia de eventos "amenaza con degradar la calidad de vida de la población de un Estado o

[11] José Manuel Ugarte, *op. cit*., nota 1, págs. 29-30

[12] Juan Carlos Pereira (coord.), *Historia de las relaciones internacionales contemporáneas*, 2° edición, España, Ariel Ciencia Política, 2009, pág. 657

amenaza significativamente con disminuir el rango de opciones políticas disponibles para un gobierno o a entidades privadas no gubernamentales dentro de un Estado"[13].

La nueva concepción de la seguridad nacional involucró amenazas políticas, económicas, sociales, ambientales, etc., que no podían ser controladas solamente con el poder militar y que no afectaban sólo la integridad territorial o la organización política interna, sino que también a otros sectores como la sociedad.

Debido a la gran cantidad de amenazas que pueden existir, la concepción tradicional del realismo quedó atrás por considerar sólo aspectos políticos y militares. "El enfoque del concepto pasó de concentrarse de la seguridad del Estado a la seguridad del individuo, para quien los factores económicos, ambientales, culturales y políticos, eran más importantes que los militares"[14].

La convención de Río sobre desarrollo sustentable de 1992 y la firma del protocolo de Kioto son un ejemplo de que el tema ambiental fue considerado como un aspecto que podría poner en riesgo la seguridad de los países, ya que "aunque no involucren el aparato militar, estas amenazas sí podrían tener el potencial de alterar el orden de una nación, generar inestabilidad y afectar la gobernabilidad; es decir, estos problemas por sí mismos pueden transformarse en dificultades que eventualmente se conviertan en amenazas a la estabilidad e integridad de una nación"[15].

"Los nuevos debates acerca de la necesidad de una reconceptualización tras los cambios del sistema internacional ponen en eminente duda la eficacia de una visión tan militarizada. Sin embargo, la escuela realista argumenta que la inclusión de nuevos temas a la agenda de seguridad amenaza con destruir la coherencia intelectual, y hace más difícil divisar las soluciones a los problemas de importancia"[16].

"El fin de la Guerra Fría no implicó que los planteamientos tradicionales fueran abandonados, sino las nuevas formas bajo las cuales la soberanía, el territorio, la gobernabilidad y las instituciones podían ser amenazadas"[17]. Es así como surgió el Neorrealismo, que heredó los puntos de la teoría realista y los adaptó al nuevo contexto internacional.

Según esta teoría, "los actores más importantes en la política mundial son los Estados; el comportamiento de éstos es racional y calculan sus intereses en términos de poder, relativo a la naturaleza del sistema internacional al que se enfrentan"[18]. Además, la cooperación es difícil de

---

[13] Richard Ullman, *"*Redefining Security"*, International Security, The MIT Press*, 1983, vol. 8, núm.1, pág. 139, en Andrés Ávila Akerberg, *op. cit.*, nota 3, pág. 85

[14] Agustín Maciel Padilla, *La seguridad nacional: concepto y evolución en México*, San Luis Potosí, El Colegio de San Luis, 2002, pág. 13, en Ávila Akerberg, Andrés, *op. cit.*, nota 3, pág. 84

[15] Andrés Ávila Akerberg, *op. cit.*, nota 3, pág. 87

[16] Stephen Walt, "The Renaissance of Security Studies", *International Studies Quarterly*, 1991, vol. 2, núm. 35 págs. 211-222

[17] Andrés Ávila Akerberg, *op. cit.*, nota 3, pág. 96

[18] Robert O. Keohane, "Theory of World Politics: Structural Realism and Beyond. Neorrealism and its Critics", *Columbia University Press*, Estados Unidos, 1986, pág. 163, en s/a, *La Teoría Neorrealista en el análisis de las Relaciones Internacionales*, (en línea), dirección URL: (http://bit.ly/QoFw3g), citado el 2 de noviembre de 2012

alcanzar y difícil de obtener, pero es posible que se dé si hay intereses en común, es decir, los Estados son interdependientes porque las amenazas lo provocan. "Por ello la cooperación y la formación de alianzas regionales o mundiales se explica siempre desde la óptica del interés de los Estados. Los procesos regionales van tomando relevancia en los ámbitos nacionales y globales, particularmente con relación a la seguridad"[19].

Tal es el caso de la Unión Europea, ya que, a pesar de la existencia de múltiples actores, se busca acoplar los intereses para evitar cualquier confrontación y promover la seguridad colectiva. Sin embargo, a pesar que existen instituciones, no hay un ente superior a los países más fuertes. "Los Estados actúan sin una autoridad superior que gobierne o medie para la solución de sus conflictos. De ahí que la seguridad nacional es y será siempre el principal objetivo de los Estados"[20].

En respuesta al Neorrealismo, surgió el Neoliberalismo, que heredó los principales postulados de la teoría Liberal. Dentro de esta concepción, se trata de garantizar la seguridad mediante métodos que no sea el conflicto político o militar, sino mediante la cooperación y la negociación. Además, se debe evitar que las relaciones internacionales se establezcan por el balance de poder y se reconoce que existen elementos, además del militar, que podrían afectar la seguridad del Estado mismo.

> De esta teoría se desprende el Transnacionalismo y la Teoría de la Interdependencia Compleja, la cual señala que no existe una jerarquía de temas en Relaciones Internacionales, en clara contradicción con el paradigma realista, que considera la búsqueda del poder como el objetivo único de los Estados en su accionar internacional. Los estados ya no son los únicos actores que participan en la política mundial; la mundialización de la economía y los cambios tecnológicos han propiciado la aparición de nuevos actores que adoptan decisiones que "transcienden las fronteras nacionales". La cantidad de temas en las agendas de "asuntos exteriores" se ha incrementado, y diversificado, restando importancia a los temas tradicionales de seguridad nacional. Así, dentro de esta visión se consideran –además del poder en su más estricto sentido militar– los factores tecnológicos, económicos, ambientales, energéticos, culturales y financieros como asuntos de relevancia en las relaciones entre Estados[21].

Sin embargo, el año 2001 marcó el inicio de un nuevo contexto internacional en donde el terrorismo pasó a ser el nuevo enemigo a vencer para los países occidentales, principalmente para Estados Unidos. Nuevamente el conflicto militar se tomó como el principal medio para garantizar la seguridad nacional de una nación.

"Desde el ataque terrorista en los Estados Unidos, el 11-S, pasando por el ataque en Madrid el 11 de Marzo del año 2004 (11-M), hasta llegar a los ataques en Londres en Julio del 2005, las agendas globales, pero particularmente regionales, se han visto sujetas a privilegiar los temas de seguridad, en específico, la lucha contra el terrorismo. La securitización de las agendas pospone, por lo tanto, la

---

[19] Alejandro Chanona, *op*. *cit*., nota 2, pág. 4

[20] Robert Gilpin, *Global Political Economy: Understanding the International Economic Order,* New Jersey, Princeton University Press, 2001, pág. 16

[21] Robert Keohane y Joseph Nye, *Power and Interdependence*, Nueva York, Harper Collins, 1989, págs. 26-29, en Ávila Akerberg, Andrés, *op. cit.*, nota 3, pág. 96

atención urgente a una concepción multidimensional de la seguridad internacional y subordina aun más los procesos de integración regional"[22].

El discurso neorrealista estadounidense por fin tuvo sustento, lo que provocó que por primera vez desde el final de la Guerra Fría se reactivara su complejo militar. Este país adoptó la Doctrina Bush como el instrumento para legitimizar su política de seguridad nacional. "La Doctrina Bush fue articulada en 2002, implicó un derecho autodecretado para atacar premeditadamente a grupos terroristas y otros Estados si los intereses de seguridad percibida así lo requieren"[23].

Además, se creó la doctrina de la Guerra Preventiva, la cual le da a Estados Unidos el derecho de intervenir en cualquier lugar y en el momento que sea, con tal de evitar un ataque terrorista. "La anticipación se vuelve pieza clave para combatir el terrorismo con operaciones en todo el mundo. Es la alternativa de respuesta a la amenaza de los grupos terroristas y sus patrocinadores. Debido a que los grupos terroristas no pueden ser disuadidos, los Estados Unidos deben ser capaces de intervenir en cualquier parte del mundo y en cualquier momento para que la amenaza pueda ser destruida con anticipación"[24].

Sin embargo, los resultados negativos de estas guerras han provocado que continúen las críticas al discurso tradicional. Por esa razón el debate acerca de lo que debe ser considerado como aspecto de seguridad nacional se ha dividido entre ampliacioncitas y tradicionalistas.

"El debate entre los tradicionalistas y los ampliacionistas se polarizo: mientras que los tradicionalistas afirmaban que ampliar el concepto de seguridad significaba incluir todo, desvirtuando su significado, los ampliacionistas hacían referencia a que la estrechez tradicional no reflejaba ni daba respuestas a las nuevas realidades mundiales. Debate que, por cierto, sigue vigente en nuestros días"[25].

1.3.1 Debate entre ampliacionistas y tradicionalistas

La escuela ampliacionista pretende incluir en el concepto de seguridad nacional temas como el medio ambiente, la pobreza, el desempleo, la estabilidad económica, etc., mientras que los tradicionalistas argumentan que un aspecto de seguridad nacional está vinculado con la existencia del Estado. "El debate se centra en discernir si fenómenos como la pobreza, las pandemias y el deterioro medio ambiental, por señalar algunos, son amenazas en sí mismos, o condiciones que propician el desarrollo de situaciones de amenaza contra la seguridad y estabilidad de las naciones"[26].

El principal argumento de los tradicionalistas es que la seguridad nacional no debe desvirtuarse y tomar puntos de la agenda de desarrollo; si esto se permitiera, cualquier aspecto puede ser

---

[22] Alejandro Chanona, *op*. *cit*., nota 2, pág. 6
[23] Berryman Phillip, "The Bush Doctrine: A Catholic Critique*", America*, 2004, vol. 190, núm. 6, pág. 8
[24] John G. Ikenberry, *La Ambición Imperial de los Estados Unidos*, Foreign Affairs, 2002, pág. 11
[25] Alejandro Chanona, *op*. *cit*., nota 2, pág. 16
[26] *Ibidem*, pág. 20

considerado como parte de la agenda de seguridad nacional. Un aspecto, para ser considerado como amenaza a la seguridad nacional, debe de representar una amenaza existencial para el Estado. No se puede considerar como amenaza a la seguridad la pobreza porque la existencia del Estado no está en riesgo con ella; en cambio el terrorismo es un peligro inminente, tal y como se vio en el ataque terrorista del 2001.

Walter Lippmann expresó que "una Nación está segura cuando no tiene que sacrificar sus legítimos intereses nacionales para evitar la guerra y cuando es capaz, si fuera necesario, de mantenerlos a través de la guerra"[27]. Por otro lado, "es más fácil convencer a la población y al mundo de que se debe usar la fuerza militar y atacar a otro Estado para disuadir una amenaza a la seguridad nacional. "Cuando el presidente pide recursos adicionales para las fuerzas militares, el congreso y el público están renuentes a contradecirlo. Cuando el busca fondos para la asistencia económica al tercer mundo, él está más en disputa aunque pueda decir que esto provee a los Estados Unidos de seguridad"[28].

Los ampliacionistas, por otra parte, argumentan que aspectos no militares deben ser considerados como parte de la seguridad nacional en una lógica de prevención. Actualmente las amenazas son tan diversas, que es imposible reducirlas a sólo el ámbito militar. Esta lógica no pretende considerar cualquier tema como un aspecto de seguridad nacional, ya que existen amenazas que no afectan la existencia misma del Estado ni provocan que éste tenga que sacrificar valores fundamentales, sino que producen problemas en diversos sectores que pueden en el futuro convertirse en problemas de seguridad nacional.

Hay fenómenos que no se pueden atacar solamente con la fuerza militar. La seguridad nacional ahora es multidimensional ya que incorpora amenazas no militares que pueden provenir tanto del interior como del exterior del Estado como problemas ambientales, sobrepoblación, enfermedades, crisis económica, crisis energética, narcotráfico, desempleo, violencia, subdesarrollo, refugiados y desplazados, violación a los derechos humanos, terrorismo, etc.

La seguridad nacional abarca los siguientes sectores:

- Militar: Incluye todas las capacidades armadas, defensivas y ofensivas de los Estados. Éstas sirven para protegerse de amenazas directas provenientes de otro Estado o de cualquier fenómeno que atente contra la existencia o viabilidad de una nación.
- Político: Incluye la estabilidad organizacional del Estado y los sistemas de gobierno que le den legitimidad a éste. Para que un Estado se encuentre seguro es preciso que cuente con cierta estabilidad y legitimidad dentro de su territorio de lo contrario puede ver amenazada su existencia.

---

[27] Luis V. Pérez Gil, *El dilema de la seguridad nacional en la teoría de las Relaciones Internacionales*, Tenerife, España, Universidad de La Laguna, 2000, pág. 209 en Nobile González, Melissa, *México y la agenda contemporánea de seguridad internacional: un estudio sobre los alcances del uso del concepto de seguridad humana,* Cholula, Puebla, Universidad de las Américas de Puebla, Escuela de Ciencias Sociales, Departamento de Relaciones Internacionales e Historia, 2003, pág. 11

[28] Richard Ullman, *op. cit.,* nota 13, pág. 6

- Económico: Consiste en garantizar el acceso a los recursos necesarios para mantener el nivel de bienestar de la población y el poder e influencia del Estado.
- Social: Consiste en mantener los patrones de identidad, idioma, cultura, costumbre, etc., que lo diferencian de otros Estados.
- Ambiental y Energético: Consiste en el mantenimiento de los recursos naturales para contribuir al bienestar y desarrollo[29].

Como ejemplo se encuentra el deterioro ambiental y el cambio climático. El cambio climático ocasiona sequías, las cuales ocasionan migraciones, falta de alimentos, fenómenos climáticos cada vez más destructivos, etc. Todo ello ocasiona problemas a la economía, a la salud de la población, destrucción de infraestructura, etc. Algunos países ya consideran al cambio climático como aspecto de seguridad nacional porque amenaza su existencia.

La identificación de las amenazas a la seguridad depende de la percepción de cada Estado. Cada país percibe amenazas diferentes y debe tomar medidas propias para afrontarlas. "En este sentido, la comprensión y definición de los desafíos que enfrentan los actores internacionales es determinante para la formulación de las respuestas apropiadas"[30]. Existe el caso en que dos o más Estados comparten las mismas amenazas, por ello los regionalismos están adquiriendo relevancia a nivel internacional porque una amenaza puede ser combatida de mejor manera entre varios países que sólo por uno.

En resumen y siguiendo una lógica ampliacionista, podemos entender a la seguridad nacional como "la condición imprescindible para el desarrollo integral del país basada en la preservación de la soberanía e independencia nacionales, manteniendo el orden constitucional, la protección de los derechos de sus habitantes y la defensa de su territorio"[31].

1.4 Seguridad Nacional en México

La noción de la seguridad nacional en México ha sido influida por diferentes factores tanto internos como externos, sin embargo antes del Plan Nacional de Desarrollo (PND) de 1983 no se tiene registro del uso del concepto de seguridad nacional en el discurso político mexicano. Esto se debe a que en México no se desarrolló una doctrina de seguridad nacional hasta hace poco tiempo. "¿Para qué preocuparse por un Estado extranjero enemigo?, si México siempre enarboló la bandera de la no intervención y prácticamente no tenía adversarios; ¿Por qué preocuparse por una gran revuelta interna, si contó durante décadas con un sistema político estable de un partido hegemónico?"[32].

---

[29] Emiliano Coquis Contreras, *El Estado Mexicano y la Seguridad Nacional*, México, Distrito Federal, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, pág. 46

[30] Barry Buzan, *The National Security Problem in International Relations*, en *People, States and Fear: An Agenda for International Security Studies en the Post-Cold War Era*, Londres, Harvester Wheatsheaf, 1991, pág. 7.

[31] Leonardo Curzio, "La seguridad nacional en México: balances y perspectivas", *Revista de Administración Pública*, INAP, México, 1998, núm. 98, pág. 13.

[32] Emiliano Coquis Contreras, *op. cit.,* nota 29, pág. 52.

Las leyes en materia de seguridad interior y exterior eran muy ambiguas ya que en ellas no había una definición clara de seguridad nacional y solamente se indicaba que era la defensa de la soberanía y la independencia de la nación. Esta tendencia prevaleció en México en leyes y constituciones provocando que no se desarrollara una doctrina de seguridad mexicana. Además, "el mando del presidente de la republica en materia de seguridad nacional era amplísimo. He ahí los gérmenes de las instituciones que sostendrían la republica décadas después"[33].

La Constitución de 1917 estableció en materia de seguridad los ideales nacionalistas del movimiento revolucionario, los cuales buscaban proteger la soberanía de la nación y el nuevo régimen político. Además, uno de los puntos más importantes fue que la propiedad y explotación de los recursos naturales quedó en propiedad exclusiva de la nación, a pesar de afectar intereses extranjeros.

"En la versión original de la Constitución Política de 1917 se encuentra claramente plasmada la concepción mexicana de la seguridad nacional, evidenciada en conceptos nacionalistas en materia de: aprovechamiento de los recursos, control de las áreas estratégicas de la economía, soberanía nacional, autodeterminación política, seguridad de la sociedad, preservación de la democracia, justicia social y garantía de estabilidad política y el orden interno"[34].

Hasta 1929 se creó la primera institución encargada de la seguridad del país. Esta institución fue el Departamento Confidencial, creado bajo la presidencia de Emilio Portes Gil, y su función principal era la formulación de Inteligencia para el gobierno Federal y pertenecía a lo que en su momento era la Secretaría de Gobernación. En 1938, bajo la presidencia de Lázaro Cárdenas, pasó a ser la Oficina de Información Política y en 1942, bajo la presidencia de Manuel Ávila Camacho, se convirtió en el Departamento de Investigación Política y Social[35].

Para el final de la Segunda Guerra Mundial la situación interna se encontraba estable. Se había puesto fin a más de cien años de lucha interna y ya no había inestabilidad política debido a la presencia de un partido político hegemónico, el Partido de la Revolución Mexicana (PRM), el cuál aseguraba la continuidad del régimen político.

Miguel Alemán se convirtió en el primer presidente civil, con lo que se dio un paso importante en la institucionalización del régimen político ya que fue a partir de ese momento cuando las fuerzas armadas quedaron bajo las órdenes del presidente. Al haber un presidente civil disminuyó el poder del ejército en el gobierno, quedando subordinado al presidente.

"Las peculiaridades de la noción mexicana de seguridad nacional no serían comprensibles sin atender al proceso que desemboca en los años cuarenta en lo que se ha llamado "la despolitización

[33] Luis Eduardo Hurtado González, *Introducción al marco jurídico de la inteligencia para la seguridad nacional*, México, Porrúa, 2008, pág. 7-8
[34] *Ibidem*, pág. 9
[35] Emiliano Coquis Contreras, *op. cit.*, nota 29, pág. 54

del ejército mexicano", o, en otras palabras, el repliegue del sector militar frente a los aparatos civiles del Estado”[36].

La estructuración de la política de seguridad pasó a manos del gobierno civil, sin embargo, debido al régimen presidencialista de México y al perpetuarse un solo partido político en el poder, la seguridad nacional se convirtió en la seguridad para el presidente y la continuidad del régimen político, quien tenía a su disposición las fuerzas armadas para garantizarla.

“En 1947 se creó la Dirección Federal de Seguridad (DFS), encargada de vigilar, analizar e informar sobre asuntos relacionados con la seguridad de la nación, proporcionar seguridad a funcionarios extranjeros, establecer un centro de documentación, entre otras funciones”[37].

“1980 es un momento clave en la evolución del concepto porque aun cuando confirma la interpretación represiva de éste, ya insinúa algunos cambios que vendrían en la década que empezaba. El secretario de la Defensa Nacional, Félix Galván Díaz, definió a la seguridad como el mantenimiento del equilibrio social, económico y político garantizado por las Fuerzas Armadas"[38].

Por otro lado, a finales de los años setenta se descubrieron en México grandes yacimientos de petróleo, de los más grandes del mundo, por lo que el gobierno basó la política económica en la explotación de este recurso para impulsar el desarrollo. “Tras el “boom” petrolero de los setenta, la protección de los recursos naturales se convierte también en tema de seguridad, aún cuando la definición oficial no la menciona. Se ligaba a la fortaleza nacional con el petróleo, en donde el problema central sería simplemente el aprender a “administrar la abundancia”[39].

Fue hasta 1983 cuando aparece por primera vez en un documento oficial del gobierno el término de seguridad nacional. Fue en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) de Miguel de la Madrid donde se utilizó por primera vez el concepto. “La seguridad nacional se definió como el desarrollo integral de la nación, como herramienta para mantener la condición de libertad, paz y justicia social dentro del marco constitucional. Se precisa que la función de las fuerzas armadas es colaborar, coadyuvar o contribuir a la seguridad nacional”[40].

Sin embargo, la política de seguridad solamente se enfocó a temas de desarrollo social y a contrarrestar los efectos de la llegada de los refugiados centroamericanos en el sur del país. “Así, para desactivar los problemas domésticos e internacionales se canalizaron enormes recursos al desarrollo y se incremento la presencia federal. Así pues, puede afirmarse que la política integral de

---

[36] Olga Pellicer de Brody, “La seguridad nacional en México”, *Cuadernos Políticos*, Ediciones Era, México, D.F., 1979, núm. 27, abril-junio, pág. 10

[37] Secretaría de Hacienda y Crédito Público, *CISEN 20 años de historia: testimonios febrero 2009*, México, D.F., Talleres de Impresión de Estampillas y Valores, 2009, pág. 98

[38] Sergio Aguayo Quezada, *Los usos, abusos y retos de la seguridad nacional mexicana, 1946-1990*, en Sergio Aguayo Quezada y Bruce Michael Bagley (comp.), *En busca de la seguridad perdida: aproximaciones a la seguridad nacional mexicana*, México, D.F., Siglo XXI, 1990, pág. 116

[39] Bárbara Alejandra Muñoz Petersen, *La corrupción como amenaza a la seguridad nacional tras la transición democrática en México,* Cholula, Puebla, México, Universidad de las Américas de Puebla, 2005, págs. 70-71

[40] Sergio Quezada y Bruce Michael Bagley, *op. cit.*, nota 38, pág. 116

la seguridad se ensayó en la frontera sur. En suma, estamos frente a una aproximación amplia pero cautelosa y poco explicita"[41].

Miguel de la Madrid comenzó un profundo cambio en el sistema económico. Puso fin al modelo económico de "Desarrollo Estabilizador" y se cambió al modelo Neoliberal, que consiste básicamente en la privatización de empresas públicas, reducción de las barreras comerciales, apertura a las inversiones privadas, etc. Carlos Salinas continuó con la política económica de Miguel de la Madrid y comenzó un proceso de integración a la economía internacional, principalmente a la economía estadounidense, por medio de tratados internacionales como el TLCAN.

La concepción de la seguridad nacional del gobierno de Carlos Salinas de Gortari fue importante para la evolución de este concepto. En primer lugar, las instituciones encargadas de la Inteligencia sufrieron cambios. La institución encargada de dicha tarea era la Dirección Federal de Seguridad, pero en 1989 es creado el Centro de Investigación y Seguridad Nacional (CISEN) que quedó facultado como la institución encargada de las tareas de Inteligencia para la seguridad nacional desde ese entonces.

El PND (1989-1994) definió la seguridad nacional como "la condición permanente de paz, libertad y justicia social que, dentro del marco del Derecho, procuran pueblo y gobierno; implica un equilibrio dinámico de los intereses de los sectores de la población para el logro de los objetivos nacionales, garantizando la integridad territorial y el ejercicio pleno de soberanía e independencia"[42].

Debido a los efectos producidos por el nuevo modelo económico uno de los aspectos más importantes para la seguridad fue el crecimiento económico. La política económica que se siguió para lograr dicho crecimiento fue la integración a la economía estadounidense y la desregulación económica. "Salinas consideró que estaba garantizada la doble dimensión de la seguridad; la interna: cohesión nacional a través de la política social clientelar a favor del partido, y la externa: reiterada decisión de integrarse al bloque económico y geopolítico de Norteamérica para beneficiarse de inversiones masivas y comercio irrestricto ofrecidos por la globalización"[43].

Por otra parte, México se convirtió en una ruta importante de droga hacia Estados Unidos y para la década de 1980 el narcotráfico se había convertido en una actividad económica importante en las zonas pobres del país, ocasionando que el gobierno perdiera control de estas zonas y que se convirtieran en territorio del narcotráfico. "Durante 1982 y 1988 la industria de la droga creció aceleradamente como consecuencia de la crisis económica. Estos hechos corresponden a la identificación del narcotráfico como un asunto oficial de seguridad nacional en México"[44].

México perdió soberanía en cuanto al control sobre los recursos naturales debido a las concesiones otorgadas a empresas privadas, principalmente extranjeras, y a la posterior privatización de dichos

---

[41] *Ibidem*, pág. 119
[42] José Luis Piñeyro, "La seguridad nacional con Salinas de Gortari", *Foro internacional*, El Colegio de México, Centro de Estudios Internacionales, México, D.F., 1994, vol. 34, núm. 4(138), octubre-diciembre, pág. 758
[43] *Ibidem*, pág. 765
[44] Bárbara Alejandra Muñoz Petersen, *op. cit.*, nota 39, pág. 72

recursos; además se dio un crecimiento económico menor al de décadas pasadas, sin embargo esta política continuó en los gobiernos posteriores.

El PND de 1994-2000 establecía que el principal objetivo de la seguridad nacional era proteger la soberanía nacional, la cual fue definida como "El valor más importante de nuestra nacionalidad; su defensa y fortalecimiento son el primer objetivo del Estado mexicano. La soberanía consiste en asegurar la capacidad de los mexicanos para tomar libremente decisiones políticas en el interior, con independencia del exterior. La expresión concreta de nuestra soberanía consiste en preservar 1) la integridad de nuestro territorio y asegurar en el mismo 2) la vigencia del Estado de derecho, con la supremacía de la Constitución. Asimismo, son expresión de nuestra soberanía 3) el definir objetivos propios de desarrollo y el fortalecer nuestra identidad y nuestra cultura"[45].

La estrategia de seguridad en este sexenio se dividió en dos políticas: la interior, una política económica neoliberal que se basó en la privatización de las empresas estatales, la atracción de grandes inversiones privadas, etc. Y la exterior, la cual se basó en la diversificación de las relaciones diplomáticas y económicas, y al mismo tiempo profundizar la relación con Estados Unidos[46].

Sin embargo, "se abrió un amplio espectro de vulnerabilidades a partir de tal estrategia, como son: el aumento de la dependencia comercial, económica, financiera, alimentaria; mayores presiones respecto de problemas bilaterales como el narcotráfico, la migración ilegal mexicana y presiones para tener acceso al suministro de petróleo y continuar la privatización de la industria petrolera y la eléctrica, últimas grandes empresas estatales existentes"[47].

Posteriormente, en el año 2000 se puso fin a 70 años de gobierno Priísta, sin embargo las políticas neoliberales fueron retomadas por el nuevo partido político. El proceso económico emprendido desde los años ochenta ocasionó que surgieran amenazas a la seguridad que ya no correspondían a las tradicionales, por esta razón el PND 2000-2006 tuvo una visión más amplia de la seguridad nacional y estableció "como metas principales velar por la protección y preservación del interés colectivo, evitando en lo posible cualquier riesgo o amenaza a la integridad física de la población y de las instituciones. Consideró a la pobreza, la desigualdad, la vulnerabilidad de la población ante los desastres naturales, la destrucción ambiental, el crimen y la delincuencia organizada, el tráfico ilegal de drogas y la corrupción como las verdaderas amenazas a las instituciones y a la seguridad nacional"[48].

Sin embargo, la razón por la que se haya establecido una estrategia integral de seguridad obedece a que el gobierno pretendía obtener mayor legitimidad y apoyo para su gobierno pues era la primera vez en setenta años que un partido político diferente había obtenido la presidencia del país. Para

---

[45] José Luis Piñeyro, "La seguridad nacional con Zedillo", *Foro internacional*, El Colegio de México, Centro de Estudios Internacionales, México, D.F., 2001, vol. 41, núm. 4(166), octubre-diciembre, págs. 943-944

[46] *Ibidem*, pág. 944

[47] *Ibidem*, pág. 940

[48] José Luis Piñeyro y Gabriela Barajas, "La seguridad nacional con Fox: avances analíticos, retrocesos reales", *Foro internacional*, El Colegio de México, Centro de Estudios Internacionales, México, D.F., 2008, vol. 48, núm. 1-2 (191-192), enero-junio, pág. 212

lograrlo, el gobierno creó una gran cantidad de programas sociales enfocados a la lucha contra la pobreza, protección del medio ambiente, apoyo a las pequeñas empresas, etc.

Esto sirvió "como una estrategia de propaganda política muy efectiva que como una estrategia de combate real a las problemáticas del país. Se buscó proteger la seguridad del gobierno, vía el mantenimiento de su legitimidad, y no la seguridad nacional, entendida como el mejoramiento sustancial de las condiciones de vida de millones de mexicanos empobrecidos"[49].

Es en este sexenio cuando se crea la primera Ley de Seguridad Nacional. Por primera vez se creó un instrumento legal que plasmó la concepción de la seguridad nacional en México. La ley fue publicada en enero de 2005 y establece cuáles son las acciones que el gobierno debe realizar para garantizar la integridad del Estado. "El objetivo principal es preservar la soberanía, independencia, y el territorio nacional, así como cuidar la legalidad y las instituciones gubernamentales. Define a la seguridad nacional como:

> Las acciones destinadas de manera inmediata y directa a mantener la integridad, estabilidad y permanencia del Estado Mexicano que conlleven a: I. La protección de la nación mexicana frente a las amenazas y riesgos que enfrente nuestro país; II. La preservación de la soberanía e independencia nacionales y la defensa del territorio; III. El mantenimiento del orden constitucional y el fortalecimiento de las instituciones democráticas de gobierno; IV. El mantenimiento de la unidad de las partes integrantes de la Federación; V. La defensa legítima del Estado Mexicano respecto de otros Estados o sujetos de derecho internacional; y VI. La preservación de la democracia, fundada en el desarrollo económico social y político del país y sus habitantes"[50].

Esta ley identifica las amenazas a la seguridad nacional de México, las cuales son, entre otras: "consumar: espionaje, terrorismo, rebelión, traición a la patria, genocidio, interferencia extranjera en los asuntos nacionales, quebranto de la unidad de la federación, tráfico ilegal de materiales nucleares, bloqueo a acciones militares y navales contra la delincuencia, acciones contra las actividades de inteligencia y contrainteligencia, destrucción de instalaciones estratégicas, etc."[51].

La ley de Seguridad Nacional establece que el Plan Nacional de Desarrollo será el documento que establezca los temas de seguridad nacional. También crea el Consejo de Seguridad Nacional, el cual lo integran el Presidente, titulares de algunas Secretarías, como Gobernación, Relaciones Exteriores, la Defensa Nacional, Secretaría de Marina, CISEN, entre otros. Su objetivo es crear y coordinar las políticas y estrategias en materia de seguridad nacional. Además, se debe de elaborar una Agenda Nacional de Riesgos (ANR) para identificar los riesgos y amenazas a la seguridad[52] .

---

[49] *Ibidem*, pág. 216
[50] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley de Seguridad Nacional*, México, Diario Oficial de la Federación, 2005, págs. 1-2
[51] *Idem*
[52] *Ibid*em, págs. 3-7

"La ANR es un producto de inteligencia que identifica riesgos y amenazas a la seguridad nacional, la probabilidad de su ocurrencia y las vulnerabilidades del Estado frente a fenómenos diversos. Orienta las políticas en materia de seguridad nacional encaminadas a dar continuidad al proyecto de nación. Para su integración se toma en consideración el entorno nacional como el internacional, con base en los lineamientos establecidos por el CISEN y lo señalado en el Plan Nacional de Desarrollo"[53].

Recientemente la seguridad nacional se convirtió en uno de los temas más importante de la relación bilateral entre México y Estados Unidos. Tras los atentados terroristas del 2001 la relación bilateral se enfocó en la cooperación para la lucha contra el crimen organizado y el narcotráfico. "El nuevo gobierno habló de una nueva agenda donde la debilidad se encuentra en la lucha contra las bandas delictivas y el narcotráfico, contrabando de armas y la defensa del territorio pues "las fronteras, mares y costas del país no deben ser una ruta para la acción de los criminales"[54].

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 militarizó la concepción de la seguridad nacional. En él se estableció solamente como amenaza a la seguridad de México el crimen organizado, el narcotráfico y los migrantes que se trasladan por el país. No se plantea ningún otro tema que pueda afectar a la seguridad y la estrategia principal para combatir la inseguridad es el uso de las fuerzas armadas.

"La larga lucha por erigirnos en una nación libre, en una nación de derecho no puede entenderse sin las Fuerzas Armadas. La credibilidad que se han ganado las Fuerzas Armadas se refleja en el respaldo ciudadano a su intervención en la lucha contra el narcotráfico. Casi el 90% de la población está de acuerdo en que el ejército tome parte en esta batalla"[55].

Esta visión reducida de la seguridad nacional provocó que no se implementaran las acciones necesarias para poder dar una solución integral a dicha situación. Además ha ocasionado que temas importantes no sean considerados como asuntos de seguridad nacional y que no se destinen los recursos necesarios para garantizar que no representen un peligro para el país.

En este sentido, se necesitan incluir temas importantes a esta agenda que no estén relacionados solamente con el tema militar como el tema energético, la destrucción ambiental y la pobreza para poder prevenir futuras amenazas para el país.

Una vez analizada la política de seguridad nacional de México, en los próximos capítulos se hablará sobre la dependencia nacional hacia los combustibles fósiles y los motivos por los que la transición energética debería ser considerada como un tema de seguridad nacional.

---

[53] Centro de Investigación y Seguridad Nacional (CISEN), *Agenda Nacional de Riesgos*, (en línea), México, Ley de Seguridad Nacional, dirección http: (*http://www.cisen.gob.mx/espanol/seg_agenda_nal_riesgos.htm*), consultado el 1 Marzo de 2013

[54] Gabriel Mario Santos Villarreal, *Seguridad nacional: un concepto ampliado y complejo*, México, Cámara de Diputados, 2009, pág. 37

[55] Poder Ejecutivo Federal, *Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012*), México, pág.67

Capítulo 2: Importancia de los combustibles fósiles para la sociedad actual

2.1 Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles, también llamados hidrocarburos por estar compuestos principalmente de carbono e hidrogeno, son recursos naturales no renovables muy abundantes en el planeta. Se les da ese nombre debido a que se han formado naturalmente de restos de organismos vivos que quedaron sepultados y que por medio de procesos químicos y geológicos de millones de años de duración se convirtieron en estos recursos tan esenciales para la sociedad actual.

"La materia orgánica se asienta en el subsuelo y se transforma debido a la degradación provocada por microorganismos y por los sedimentos en donde es sepultada, los cuales ejercen grandes presiones y temperaturas debido a la actividad geológica. De este modo se forman los kerógenos, los cuales están presentes en todas las rocas sedimentarias y representan una cantidad de carbón orgánico que excede por el doble la cantidad del total de todos los recursos de gas, carbón y petróleo conocidos"[56].

El kerógeno es la cantidad de material orgánico que se encuentra en una roca. Las crecientes presiones y las altas temperaturas hacen que la estructura molecular de los kerógenos cambie y se reagrupe, formando los combustibles fósiles. Dependiendo del medio ambiente en el que se encuentren, pueden desarrollarse diferentes tipos de kerógenos:

Kerógenos tipo I: Tienen un alto contenido de carbono y de hidrogeno y bajo contenido de oxígeno y son precursores del petróleo. Se forman principalmente en ambientes acuáticos y se derivan principalmente de algas, plancton y materia animal.

Kerógenos tipo II: Tienen niveles similares de carbono, hidrógeno y oxígeno y son precursores del gas. Se forman de los restos de plantas y se pueden desarrollar tanto en cuencas oceánicas como en tierra.

Kerógenos tipo III: Se componen en su mayoría por carbono, por lo tanto son los precursores del carbón mineral. Se forman principalmente en zonas continentales con los restos de animales y plantas[57].

Existen tres tipos de combustibles fósiles: el carbón, el gas natural y el petróleo. Fue a partir de la revolución industrial cuando comenzó su explotación a una escala nunca antes vista, han sido la base de la generación mundial de energía y han sido un factor importante para el crecimiento económico y el desarrollo tecnológico, industrial y científico. A continuación se expondrán las características más relevantes y la importancia de los combustibles fósiles para la sociedad actual.

---

[56] Norbert Berkowitz, *Fossil hydrocarbons: chemistry and technology*, San Diego, Academic, 1997, pág. 22
[57] *Ibidem,* págs. 23-24

2.1.1 Carbón

El carbón es un material sólido compuesto de materia orgánica e inorgánica. Debido a la descomposición provocada por microorganismos y a las crecientes temperaturas y presiones, esta materia se degrada dejando restos de carbono, hidrógeno y oxígeno, los cuales son comprimidos formando el carbón mineral que se extrae hoy en día.

Su formación comenzó en el período Carbonífero (alrededor de 310 millones de años atrás). Es el combustible fósil más abundante del mundo, sin embargo la cantidad y el tipo de carbón presente en una región depende del clima, biodiversidad, ecosistema y sedimentos de la era geológica en la que se formó[58].

La clasificación más general para el carbón es tomando en cuenta el nivel de carbono en una cantidad determinada de material. Entre más alto sea el grado de carbono, mayor será su poder calorífico y menor será la cantidad de otros elementos como hidrógeno y oxigeno. En este sentido, los tipos de carbón son:

Lignito: Es el carbón de menor rango ya que tiene el menor poder calorífico de todos los tipos de carbón y tiene una gran cantidad de hidrógeno, oxigeno humedad y material volátil. El material orgánico no se ha degradado completamente, por ello es fácil identificar restos de plantas en este tipo de carbón. También se le conoce como turba, y tiende a ser de color café.

Subbituminoso: Es un carbón más desarrollado que el lignito. Los restos orgánicos ya no son visibles, es de color negro y su poder calorífico es mayor, lo que eleva su calidad.

Bituminoso: Es el tipo de carbón con las mayores reservas a nivel mundial, su poder calorífico es alto y tiene menos material volátil. Es tanta la concentración de carbono, que puede ser usado para la fabricación de hierro y acero.

Antracita: Es el carbón de la mayor calidad debido a su alto poder calorífico y a la casi nula presencia de material volátil. Se quema sin producir humo y hollín, tiene mucho brillo, es el más duro y denso y es el de menores reservas en el mundo[59].

Cuadro 1. Clasificación del carbón

	Materia volátil (%)	Hidrógeno (%)	Carbón (%)	Oxígeno (%)	Valor calorífico (kj/kg)
Antracita	1.8	2	94.4	2	34,425
Bituminoso	19.1	4.7	89.9	2.6	36,260
Subbituminoso	44.7	5.3	76.0	16.4	30,680
Lignito	46.7	4.9	71.2	21.9	28, 305

Kj: Unidad de energía. 1 kilojoule es igual a 4.2 kilocalorías.

Smith K. Lee, et al., *La estructura y los procesos de reacción del carbón*, Plenum, New York, 1994, pág. 39

[58] K. Lee, Smith *et al*., *La estructura y los procesos de reacción del carbón*, New York, Plenum, 1994, pág. 39
[59] *Ibidem,* págs. 8-9

“Las normas de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés), fijan un estándar en la clasificación de carbones. Define como carbón de bajo rango aquellos cuyo poder calorífico bruto sea menor a 6.390 Kcal/Kg, en este rango están los subbituminosos y lignitos. Los carbones de alto rango, con un poder calorífico mayor a 6.390 Kcal/Kg, incluyen los bituminosos y antracitas”[60].

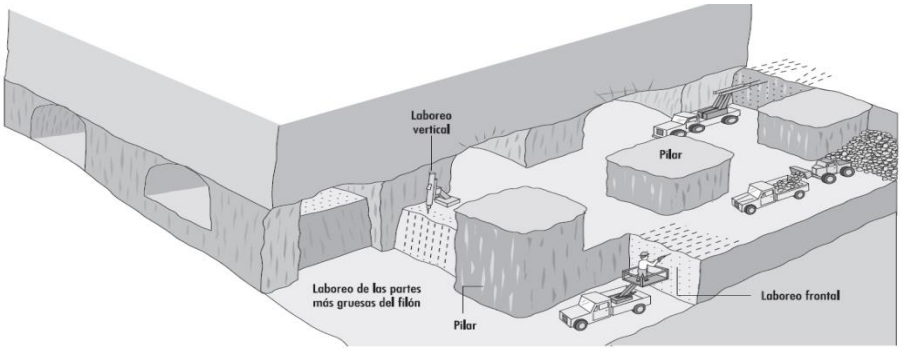
2.1.1.1 Explotación del carbón

Para explotar el carbón se deben tener en cuenta las características del yacimiento, evaluar si su explotación es rentable y determinar el método de extracción. En este sentido, existen dos métodos principales: extracción subterránea y extracción a cielo abierto.

La extracción subterránea puede realizarse de varias maneras, pero la más económica se le conoce como “extracción con pilares”.

> “En la extracción mediante pilares, los depósitos de carbón se extraen cortando una red de “salas” en la veta de carbón y dejando “pilares” de carbón para sujetar el techo de la mina. Estos pilares pueden suponer hasta el 40% del total de carbón de la veta, y pueden extraerse en una etapa posterior. Esto se consigue mediante el “trabajo explotado en retirada”, en el que el carbón se extrae de los pilares al retirarse los trabajadores. En ese momento, se permite que el techo caiga y se abandona la explotación”[61].

Ilustración 1. Extracción subterránea



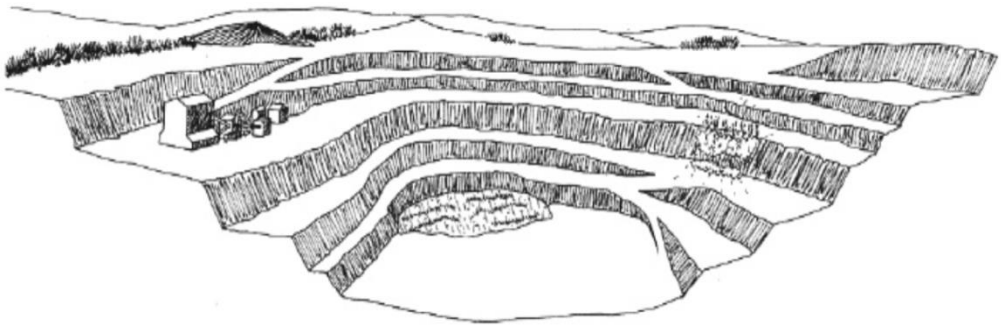
Fuente: Mager Stellman, Jeanne, *Minas y canteras, Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*, trad. de R. Amstrong, James y Menon, Raji, Madrid, Organización Internacional del Trabajo, 1998, pág. 12

Por otra parte, la extracción a cielo abierto se realiza solo cuando el carbón se encuentra a poca profundidad. Este tipo de extracción cubre zonas muy grandes y se utilizan máquinas que llegan a medir 100 metros de altura (ver anexo). “El material superior y la roca se rompen con explosivos y después se retiran con dragas excavadoras y camiones. Una vez expuesta la veta de carbón, se perfora, fractura y extrae de forma sistemática en tiras. El carbón se carga en grandes camiones o

[60] Secretaría de Economía, *Perfil del carbón*, (en línea), México, Coordinación General de Minería, Dirección General de Desarrollo Minero, dirección http: (*http://bit.ly/1gzVgH1*), *citado el 20 de junio de 2013*
[61] Instituto Mundial del Carbón, *El carbón como recurso: Una visión general del carbón*, España, 2013, pág. 7

cintas transportadoras para su transporte a la planta de preparación o directamente al lugar en el que se utilizará”[62].

Ilustración 2. Extracción a cielo abierto



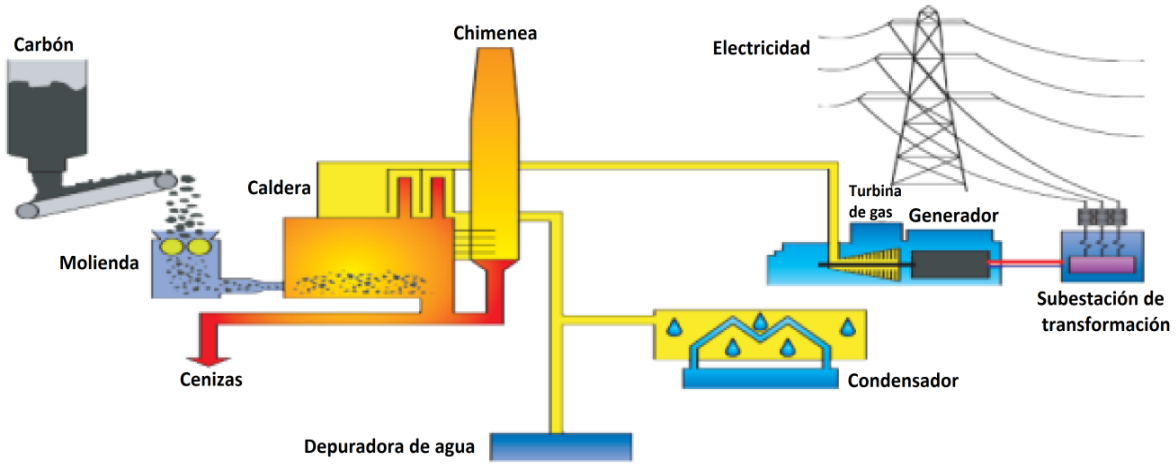
Fuente: Herrera Herbert, Juan, *Métodos de minería a cielo abierto*, Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 2006, pág. 8

2.1.1.2 Generación de electricidad

El carbón es actualmente el principal recurso para generar electricidad a nivel mundial, además es utilizado en otros sectores como el industrial, metalúrgico, etc. Para generar electricidad, el carbón es colocado en una caldera donde se quema a altas temperaturas para evaporar agua y conducir este vapor por tuberías para impulsar una turbina conectada a un generador eléctrico.

“La electricidad se genera cuando las bobinas del generador giran rápidamente en un campo magnético. La electricidad generada se transforma en tensión alta y se transporta a través de las líneas de alta tensión”[63]. Algunas centrales condensan el vapor para ser reutilizado en este proceso y reducir el consumo de agua.

Ilustración 3. Producción de electricidad a base de carbón



Fuente: Macías Evangelista, Carlos, *El carbón, el recorrido de los minerales*, Madrid, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, Comunidad de Madrid, 2007, pág. 16

[62] *Ibidem,* pág. 8
[63] *Ibidem,* pág. 20

En el año 2012 el carbón contribuyó con alrededor del 40% de la generación de energía eléctrica a nivel mundial.[64] Sudáfrica, China y Polonia son los países con el mayor uso del carbón para generar electricidad; en el año 2012 el 93% de la generación de energía en Sudáfrica provino del carbón, mientras que en Polonia fue del 87% y en China 79%[65].

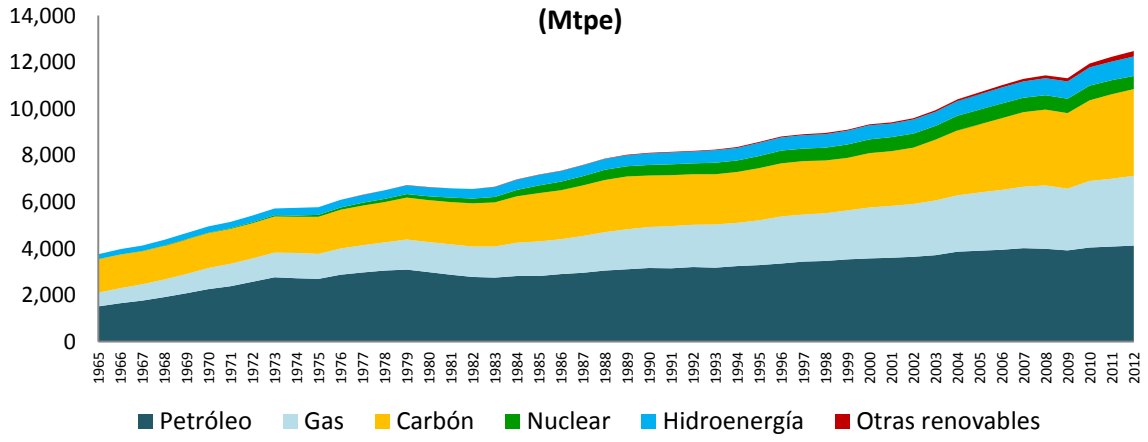
2.1.1.3 Panorama mundial del carbón

Antes de la revolución industrial los principales energéticos eran la madera, el carbón vegetal y el aceite de ballena; sin embargo debido a su sobreexplotación estos recursos comenzaron a escasear. Por esta razón, el carbón se convirtió en la principal fuente de energía ya que era capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad.

"El carbón fue el combustible fósil de más temprano empleo. A principios del siglo XVIII ya se utilizaba como materia prima en la siderurgia y a finales del siglo XIX se convierte en uno de los combustibles de referencia de la energía eléctrica"[66]. La revolución industrial cambió la estructura de la economía y la industria, dando paso a la creación del mundo actual, donde el uso del carbón fue vital para este proceso.

En el año 2012 el carbón fue la segunda fuente de energía primaria más consumida, representando alrededor del 30% del consumo mundial. Tan solo del año 2011 al 2012 el consumo mundial de carbón incrementó 2.5%. (Gráfica 1)

Gráfica 1. Consumo mundial de energía primaria 1965-2012
Millones de toneladas de petróleo equivalente (Mtpe)



Elaboración propia con datos del *BP Statistical Review of World Energy 2013,* pág. 20

Las reservas mundiales probadas de carbón son alrededor de 404,762 millones de toneladas, las cuales al ritmo actual de consumo podrían abastecer la demanda mundial durante los próximos 109

[64] Agencia Internacional de Energía, *Estadísticas del carbón*, (en línea), dirección http: (*http://bit.ly/1ioaL95*), citado el 20 de junio de 2013
[65] Secretaría de Economía, *op. cit.*, nota 60, pág. 26
[66] Carlos Macías Evangelista, *El carbón, el recorrido de los minerales*, Madrid, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, Comunidad de Madrid, 2007, pág. 3

años[67]. Las mayores reservas a nivel mundial se encuentran en Norte América, donde se concentra el 28.5% de las reservas mundiales. Los países con las mayores reservas son Estados Unidos, Rusia, China, y Australia. (Cuadro 2)

Cuadro 2. Reservas Mundiales de Carbón
Millones de toneladas (Mt)

	Antracita y Bituminoso	Subbituminoso y Lignito	Total	Porcentaje mundial	Años de explotación
Estados Unidos	108501	128794	237295	27.6%	257
Rusia	49088	107922	157010	18.2%	443
China	62200	52300	114500	13.3%	31
Australia	37100	39300	76400	8.9%	177
India	56100	4500	60600	7%	100
México	860	351	1211	0.1%	88
Total Mundial	404762	456176	860938	100%	109

Elaboración propia con información del *BP Statistical Review of World Energy 2013,* pág. 20

Países como Estados Unidos y Rusia, tomando en cuenta el ritmo actual de producción, tienen garantizadas sus reservas de carbón por los próximos 257 y 443 años respectivamente. Mientras que China, a pesar de ser el tercer país con las mayores reservas internacionales, debido a su ritmo de producción y consumo actual se proyecta que sus reservas se agotarán en los próximos 31 años. Los mayores consumidores de carbón en el mundo son China, Estados Unidos e India; solo entre estos países se concentra alrededor del 70% del consumo mundial[68]. (Cuadro 3)

Cuadro 3. Producción y consumo mundial de carbón
Millones de toneladas de petróleo equivalente (Mtpe)

	Producción 2012	Porcentaje mundial	Consumo 2012	Porcentaje mundial
China	1825	47.5%	1873.3	50.2%
Estados Unidos	515.9	13.4%	437.8	11.7%
Australia	241.1	6.3%	-	-
India	228.8	6%	298.3	8%
Rusia	168.1	4.4%	93.9	2.5%
Sudáfrica	146.6	3.9%	89.8	2.4%
Japón	-	-	124.4	3.3%
Corea del Sur	-	-	81.8	2.2%
Alemania	-	-	79.2	2.1%
México	6.6	0.2%	8.8	0.2%
Total Mundial	3845.3	100%	3845.3	100%

- Menos del 2%

Elaboración propia con información del *BP Statistical Review of World Energy 2013,* pág. 20

[67] British Petroleum, *BP Statistical Review of World Energy 2013,* Reino Unido, 2013, pág. 30
[68] *Ibidem,* págs. 32-33

"El mundo quemará para 2017 alrededor de 1,200 millones de toneladas de carbón adicionales por año, lo que equivale al consumo de carbón de Rusia y Estados Unidos combinados. El consumo global de carbón llegaría a 4,320 millones de toneladas de crudo equivalente (mmtce) para 2017, comparado a 4.400 mtce de petróleo"[69].

A pesar de la importancia del carbón, actualmente el petróleo es el energético más utilizado en todo el mundo. La sociedad actual depende en gran medida de este recurso y de los productos que de él se obtienen para generar energía y para satisfacer gran parte de las necesidades diarias.

2.1.2 Petróleo

El petróleo es una mezcla líquida de hidrocarburos y su color puede ser desde ámbar hasta negro.

> "Deben confluir por lo menos cuatro condiciones para que el petróleo se acumule: una roca permeable, de forma tal que bajo presión el petróleo pueda moverse a través de los poros de la roca; una roca impermeable que evite la fuga del aceite y gas; el yacimiento debe comportarse como una trampa, ya que las rocas impermeables deben encontrarse dispuestas de tal forma que no exista fuga de hidrocarburos; y debe existir material orgánico suficiente para convertirse en petróleo por el efecto de la presión y temperatura"[70].

"Los hidrocarburos se encuentran en cuencas sedimentarias; sólo en estos lugares se deposita la materia orgánica que origina el petróleo. Generalmente las cuencas son depresiones, algunas de miles de kilómetros de extensión, que son o han sido lugares de depósito de materiales sedimentarios"[71].

"Existen más de 600 cuencas sedimentarias en el mundo, sin embargo solo algunas han tenido las condiciones geológicas para generar y preservar yacimientos de hidrocarburos. Las grandes cuencas se ubican junto a grandes sistemas montañosos y partes de la corteza muy antiguas"[72]. (Mapa1)

---

[69] S/a, "Crudo y carbón dominarán energía en 2017", (en línea), Londres, CNN Expansión, martes 18 de diciembre de 2012 a las 12:03, dirección http: (*http://bit.ly/1l67LNY*), citado el 25 de junio de 2013.

[70] Instituto Mexicano del Petróleo, *Acerca del Petróleo*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1kwoXO8*), citado el 1 julio de 2013.

[71] Salvador Ortuño Arzate, *El mundo del petróleo: origen, usos y escenarios,* México, D.F., Fondo de Cultura Económica, 2009, pág. 51

[72] *Ibidem,* pág. 64

Mapa 1. Principales cuencas sedimentarias del mundo

Fuente: Salvador Ortuño Arzate, *El mundo del petróleo: origen, usos y escenarios*, pág. 65

El método más usado para la clasificación de los diferentes tipos de petróleo es la clasificación API del Instituto Americano del Petróleo. Esta metodología clasifica al petróleo en 5 clases de acuerdo a su densidad:

Cuadro 4. Clasificación API de los tipos de petróleo

Petróleo crudo	Densidad (g/cm3)	Densidad grados API
Extrapesado	>1.0	10.0
Pesado	1.0 - 0.92	10.0 - 22.3
Mediano	0.92 - 0.87	22.3 - 31.1
Ligero	0.87 - 0.83	31.1 - 39
Superligero	< 0.83	> 39

Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo, Tipos de petróleo, (*http://bit.ly/1gzQ46a*)

Entre mayor sea la clasificación API, menor será su densidad; entre más ligero sea el petróleo mayor será su precio y demanda, ya que su proceso de refinación será menos costoso y liberará menos contaminantes.

2.1.2.1 Productos derivados del petróleo

El petróleo crudo no es útil pero está constituido por una gran cantidad de compuestos que pueden ser separados mediante su refinación. "Se conoce como refinación al conjunto de procesos físicos y químicos que se aplican al petróleo crudo con la finalidad de separar sus componentes útiles"[73].

Los compuestos son separados por medio del calor; cada uno de ellos tiene diferente punto de ebullición por lo que a medida que se aplica más calor se obtienen más productos. "El petróleo se separa en fracciones que después de procesamiento adicional, darán origen a los productos

[73] Secretaría de Energía, *Refinación*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1ewOSFf*), citado el 3 de julio de 2013.

principales que se venden en el mercado”[74]. Los productos derivados del petróleo se llaman petroquímicos y son aprovechables en una gran cantidad de industrias:

Cuadro 5. Principales productos derivados del petróleo

Producto	Sector	Temperatura de ebullición
Gas Licuado de Petróleo (Gas LP)	Doméstico / Industrial	<32.2°C
Gasolinas	Industria automotriz	35 - 225°C
Nafta	Industrial	104.4 -157.2°C
Turbosina	Industria aérea	200 - 300°C
Queroseno	Doméstico / Industrial	150 - 300°C
Diesel	Industria automotriz	175 - 350°C
Lubricantes	Industria automotriz / Industrial	200 - 300°C
Combustóleo	Industrial	423 - 600°C
Asfaltos	Pavimentación / impermeabilizantes	>426.7 ° C

Fuente: Petróleos Mexicanos. Glosario de términos usados en la Industria Petrolera, *(http://bit.ly/1qZhrvl*)

2.1.2.2 Extracción del petróleo

La extracción del petróleo puede darse tanto en tierra como en mar. Existen dos métodos principales para la extracción del petróleo: el primero aprovecha el volumen y presión natural del yacimiento; con este método se extrae alrededor del 30% del hidrocarburo. El segundo método se conoce como “producción mejorada” el cual consiste en inyectar fluidos o gases para aumentar la presión del yacimiento en caso de que la producción comience a disminuir. Un yacimiento será explotado sólo hasta que el costo de producción no rebase las ganancias por la venta del petróleo; una vez que este límite se rebasa, se suspende la explotación del pozo[75].

La explotación de un yacimiento se divide en 3 etapas: “El ritmo de producción aumentará desde el descubrimiento del pozo, conocido como la etapa de crecimiento; la segunda etapa se conoce como meseta o de alta producción; y finalmente iniciará la etapa final conocida como declinación”[76].

2.1.2.3 Panorama mundial del petróleo

El petróleo es el recurso natural más importante en la actualidad ya que para realizar gran parte de las actividades diarias es indispensable contar con los diversos productos extraídos del petróleo como son los combustibles, plásticos, detergentes, fertilizantes, conservadores, medicinas, lubricantes, aceites, asfalto, ceras, polietileno, etc.

En 1859 en Pensilvania, Estados Unidos, se perforó el primer pozo de petróleo del mundo; su profundidad fue de aproximadamente 21 metros y producía 25 barriles diarios. La primera empresa petrolera fue la estadounidense “Stand roil” la cual fue fundada en 1870 por el estadounidense John Rockefeller. Posteriormente, en 1909 surgió su similar en Europa, la Royal Dutch Shell.

---

[74] Instituto Mexicano del Petróleo, *Refinación*, (en línea), dirección http: (*http://bit.ly/1hTSuMn*), citado el 1 julio de 2013.
[75] Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, nota 71, pág. 50
[76] *Ibidem,* pág. 58

La segunda guerra mundial marcó el inicio del dominio del petróleo sobre el carbón como fuente de energía. En 1960 se formó la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), la cual busca unificar y coordinar las políticas petroleras de los países que la conforman así como estabilizar los precios internacionales del petróleo y garantizar un ingreso justo a sus miembros. Los países miembros de esta organización son: Argelia, Angola, Ecuador, Irán, Iraq, Kuwait, Libia, Nigeria, Qatar, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos y Venezuela.

"Actualmente existen más de 500 000 kilómetros de oleoductos y gasoductos en el mundo, sin embargo más del 70% del petróleo es transportado por barcos. Los "cuellos de botella" de las principales rutas petroleras son: El estrecho de Ormuz, el Canal de Suez, el estrecho de Dardanelos, el estrecho de Malaca, que se encuentra entre Indonesia y Malasia, el canal de Panamá, entre otros"[77].

Las reservas mundiales probadas de petróleo son alrededor de 235.8 miles de millones de toneladas, las cuales, al ritmo actual de consumo, podrían abastecer la demanda mundial durante los próximos 52.9 años. Medio Oriente concentra el 48.4% de las reservas mundiales, mientras que los países con las mayores reservas probadas son Venezuela, Arabia Saudita y Canadá[78]. (Cuadro 6)

Cuadro 6. Reservas mundiales de petróleo

	Miles de millones de barriles	Porcentaje mundial	Años de explotación
Venezuela	297.6	17.8%	*
Arabia Saudita	265.9	15.9%	63
Canadá	173.9	10.4%	*
Irán	157	9.4%	*
Irak	150	9%	*
Kuwait	101.5	6.1%	88.7
Emiratos Árabes Unidos	97.8	5.9%	79.1
Rusia	87.2	5.2%	22.4
Nigeria	37.2	2.2%	42.1
Estados Unidos	35	2.1%	10.7
China	17.3	1%	11.4
México	11.4	0.7%	10.7
Total Mundial	1668.9	100%	52.9

Más de 100 años

Elaboración propia con información del BP Statistical Review of World Energy 2013, pág. 6

Por otro lado, al ritmo actual de consumo, países como Venezuela, Canadá, Irán e Irak tienen garantizadas sus reservas por más de 100 años. El 44.6% del consumo mundial de petróleo se concentra en 5 países: Estados Unidos 19.8%, China 11.7%, Japón 5.3%, India 4.2% y Rusia 3.6%. Por otro lado, los principales productores de petróleo a nivel mundial son Arabia Saudita, Rusia y

[77] *Ibidem,* págs. 60-61

[78] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 6

Estados Unidos; entre estos tres países se concentra aproximadamente el 35% de la producción mundial de petróleo. (Cuadro 7)

Debido a que el petróleo crudo no es útil, es importante tener capacidad de refinación para poder producir petroquímicos. Los países con la mayor capacidad de refinación son Estados Unidos, China, Rusia, Japón y la India; estos 5 países abarcan el 46.5% de la capacidad de refinación mundial.

Los principales consumidores son a la vez los países con la mayor capacidad de refinación. Estados Unidos, Rusia y China destacan a nivel mundial en los primeros 5 lugares tanto en producción, consumo y refinación. (Cuadro 7)

Cuadro 7. Consumo, producción de petróleo y capacidad de refinación mundial
Miles de barriles diarios (Mbd)

	Consumo	Porcentaje mundial	Producción	Porcentaje mundial	Capacidad de Refinación	Porcentaje mundial
Estados Unidos	18555	19.8%	8905	9.6%	17388	18.8%
China	10221	11.7%	4155	5%	11547	12.5%
Japón	4714	5.3%	-	-	4254	4.6%
India	3652	4.2%	-	-	4099	4.4%
Rusia	3174	3.6%	10643	12.8%	5754	6.2%
Arabia Saudita	2935	3.1%	11530	13.3%	2122	2.3%
Brasil	2805	3%	2149	2.7%	2000	2.2%
Alemania	2358	2.7%	-	-	2097	2.3%
Corea del Sur	2458	2.6%	-	-	2887	3.1%
Canadá	2412	2.5%	3741	4.4%	2063	2.2%
Irán	1971	2.2%	3680	4.2%	1892	2%
Francia	1687	2%	-	-	-	-
Emiratos Árabes Unidos	-	-	3380	3.7%	-	-
Kuwait	-	-	3127	3.7%	-	-
Iraq	-	-	3115	3.7%	-	-
Venezuela	-	-	2725	3.4%	-	-
Nigeria	-	-	2417	2.8%	-	-
Qatar	-	-	1966	2%	-	-
Noruega	-	-	1916	2.1%	-	-
Angola	-	-	1784	2.1%	-	-
Kazakstán	-	-	1728	2%	-	-
Italia	-	-	-	-	2200	2.4%
México	2074	2.2%	2911	3.5%	1606	1.7%
Total mundial	89774	100%	86152	100%	92531	100%

- Menos del 2% mundial.

Elaboración propia con información del BP Statistical Review of World Energy 2013, pág. 6

Se espera que el consumo de petrolíferos disminuya aproximadamente 0.9% cada año ya que nuevos combustibles se están usando en lugar de los petrolíferos como el gas natural, el hidrogeno, y las energías renovables. En este sentido, el gas natural ha aumentado su participación en la

generación energética internacional, ya que es un combustible fósil menos contaminante que el carbón y que el petróleo.

2.1.3 Gas natural

Es la tercera fuente de energía más usada en el mundo. Es un combustible compuesto principalmente de metano, etano, azufre, nitrógeno, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico, agua y otros hidrocarburos más pesados.

"Tiene combustión muy limpia; no emite cenizas ni partículas sólidas a la atmósfera; genera una reducida emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO_2) y virtualmente no genera dióxido de azufre (SO_2), características que le dan una mayor ventaja respecto de otros combustibles fósiles. Entre mayor sea la cantidad de hidrocarburos pesados, mayor será su poder calorífico"[79].

El gas natural sirve principalmente como generador de energía, combustible para el transporte, industria y el sector residencial, y de él se obtienen diversos productos como plásticos, fertilizantes, desinfectantes, pinturas, detergentes, insecticidas, medicinas, etc. Existen dos formas de clasificar el gas natural:

Cuadro 8. Clasificación del Gas Natural

Clasificación	Nombre	Características
Por su origen	Gas asociado	Se encuentra en el mismo yacimiento del petróleo y contiene hidrocarburos pesados.
	Gas no asociado	Se encuentra en yacimientos que no tienen petróleo y contiene hidrocarburos más livianos.
Por su composición	Gas amargo	Contiene azufre y sus derivados
	Gas dulce	No contiene azufre
	Gas húmedo	Contiene hidrocarburos pesados como el propano y butano
	Gas seco	Contiene hidrocarburos livianos

Fuente: Secretaría de Energía, Procesamiento, almacenamiento y transporte de gas, (*http://bit.ly/1eOjnRV*)

2.1.3.1 Gas no convencional

Al igual que el petróleo, los yacimientos de gas de fácil acceso han comenzado a agotarse, por esta razón se han comenzado a explotar nuevos yacimientos conocidos como "no convencionales" que requieren de nuevas técnicas de extracción, diferentes tecnologías y mayores costos. "El gas no convencional se encuentra atrapado en rocas de poca permeabilidad y el trabajo necesario para

[79] Petróleos Mexicanos, Gas y Petroquímica Básica, *Características del gas natural*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1kwq14A*), citado el 10 de julio de 2013

extraerlo es mayor porque la roca donde se encuentra impide el flujo del gas, esto significa mayor intensidad de perforación implicando mayor actividad industrial"[80].

A diferencia de los recursos convencionales, que se forman en grandes yacimientos, el gas no convencional se distribuye en grandes áreas y en concentraciones pequeñas, por lo que es necesario perforar una gran cantidad de pozos en extensiones muy grandes para extraer cantidades considerables de gas.

"La producción en un yacimiento de gas convencional puede durar 30 años o más. Para un yacimiento no convencional se cree que duraría el mismo tiempo, pero actualmente la producción declina de 50% a 75% en el primer año de producción y mucho del gas recuperable se agota en pocos años"[81].

Cuadro 9. Tipos de gas no convencional

Nombre	Características	Reservas mundiales (Trillones de metros cúbicos)
Shale Gas (gas de lutita)	Se le da ese nombre por estar dentro de las rocas de esquisto o lutitas, rocas con poca permeabilidad que impide que el gas fluya a través de ellas.	208
Gas Metano de Carbón (CBM por sus siglas en ingles)	Gas (principalmente metano) contenido en las capas de carbón.	47
Tight gas	Gas contenido en reservas de muy poca permeabilidad que no es rentable sin el uso de tecnologías que lo estimulen para que fluya a través del pozo.	76

Elaboración propia con información de la Agencia Internacional de Energía, *Reglas fundamentales para una época dorada del gas*, Panorama Mundial de la Energía, Reporte especial del gas no convencional, París, 2012, pag.17

El esquisto o lutita (shale en inglés) es la roca que da origen a los hidrocarburos, éstos migran a otras rocas que los absorben para crear los yacimientos. En ocasiones el gas y el petróleo se quedan dentro de la lutita formado los yacimientos no convencionales, en este caso el shale gas.

Para extraer gas de lutita se utiliza una técnica llamada "Fracturación Hidráulica" o (fracking en inglés). Esta técnica consiste en perforar un pozo que se cubre de metal y cemento para evitar que haya fugas de gas o líquidos que se encuentran enterrados. Una vez que se llega al yacimiento se hace una perforación horizontal a través de la roca que contiene el gas.

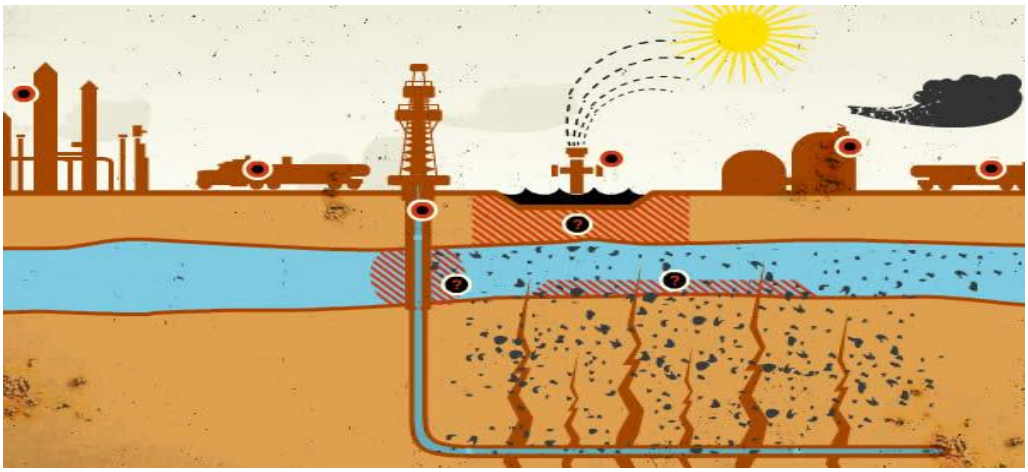
"Después de perforar horizontalmente se bombea un líquido llamado "fluido de fracturación", éste se inyecta a la roca a una alta presión, esto crea fisuras en la roca que se pueden extender a decenas

[80] Agencia Internacional de Energía, *Reglas fundamentales para una época dorada del gas*, Panorama Mundial de la Energía, Reporte especial del gas no convencional, París, 2012, pág. 17
[81] *Ibidem,* pág. 27

o cientos de metros del pozo. Para mantener las fracturas abiertas otras sustancias como arena se agregan al fluido para que rellene las fracturas y permita al gas fluir hacia el pozo”[82].

El fluido de fracturación está compuesto por un 99% de agua y arena, el 1% restante lo conforman aditivos y otras sustancias químicas como el benceno y el cianuro, sustancias que pueden ser dañinas para la salud humana. Este líquido, junto con el gas, es bombeado hacia la superficie para ser reutilizado pero trae consigo más elementos del subsuelo como mercurio, plomo y uranio.

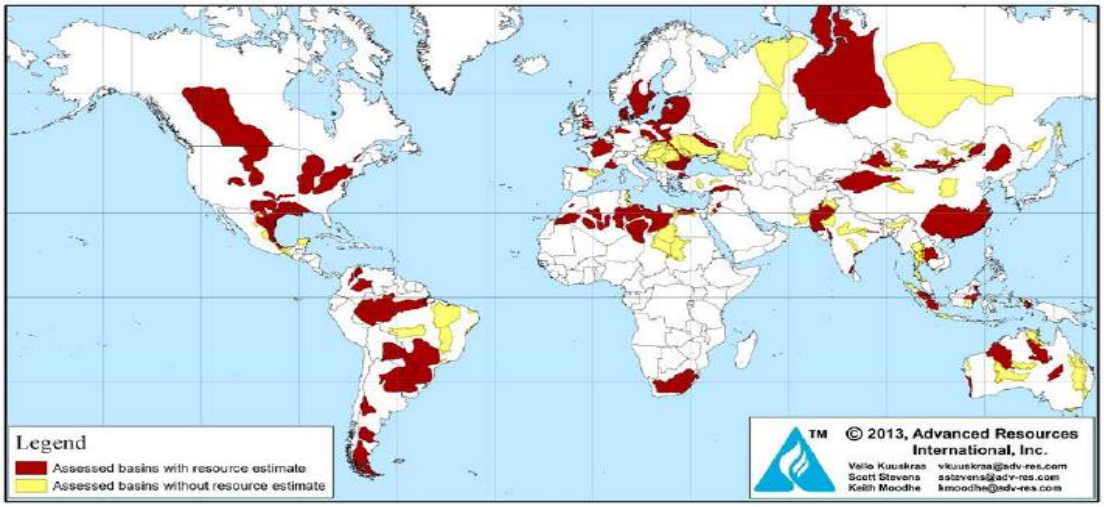
Ilustración 4. Fracturación Hidráulica



Fuente: Graham Land, *Fracked!, UK environment chief backs nukes and hydraulic fracturing*, (en línea), Reino Unido, Greenfudge, 2012, dirección http: (*http://bit.ly/1lVKRaC*), citado el 10 de Julio de 2013

Según la Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA por sus siglas en inglés) las reservas mundiales de gas no convencional son de 7,299 billones de pies cúbicos. Las mayores reservas se encuentran en China, país que posee alrededor de 1,115 billones de pies cúbicos.

Mapa 2. Reservas mundiales de gas no convencional



Fuente: U.S. Energy Information Administration, *Technically Re coverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States*, 2013

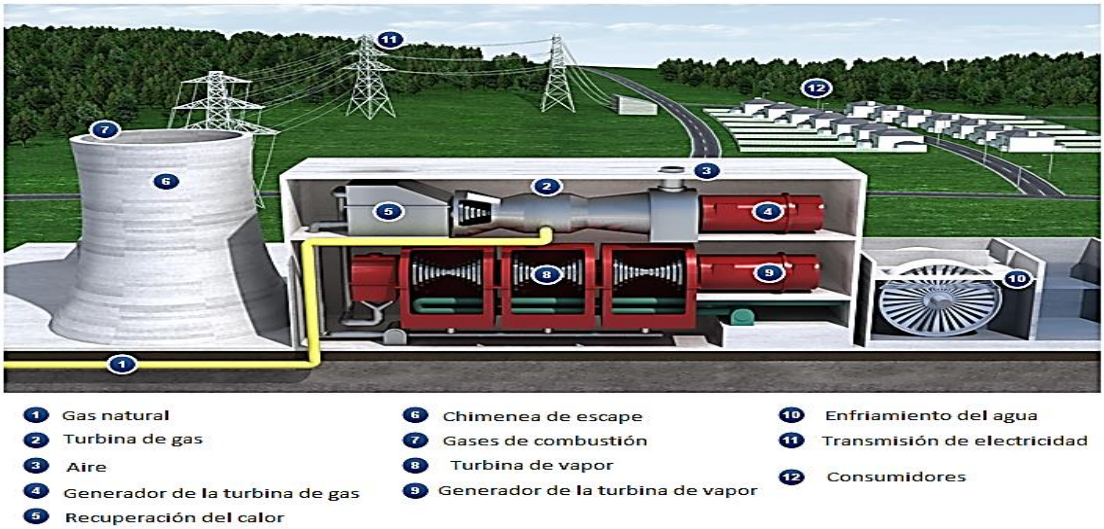
[82] *Ibidem,* pág. 26

2.1.3.2 Generación de electricidad

Para generar electricidad, el gas se quema para producir gases de combustión los cuales se expanden con el calor e incrementan la presión dentro de una turbina. Estos gases pasan a través de la turbina haciéndola girar y activando un generador eléctrico, para posteriormente ser expulsados y esparcidos en el aire.

Para incrementar la eficiencia y generar más electricidad, se lleva a cabo otro proceso conocido como "Ciclo Combinado"; éste consiste en dirigir el gas de combustión hacia un contenedor de agua en donde se aprovecha la temperatura del gas para producir vapor, el cual se conduce a otra turbina para generar electricidad. El vapor puede ser condensado y ser reutilizado en este proceso.

Ilustración 5. Generación de electricidad a base de gas



Fuente: EDF Energy, Cómo es generada la electricidad a través del gas, (*http://bit.ly/1hHYcWr*)

2.1.3.3 Panorama mundial del gas natural

Medio Oriente y Eurasia concentran aproximadamente el 74% del gas natural del mundo. Los países con las mayores reservas son Qatar, Irán, Rusia y Turkmenistán; en estos 4 países se concentra el 59% de las reservas mundiales[83]. (Cuadro 10)

Por otro lado, en el año 2012 el consumo mundial de gas incrementó 2.2% respecto al 2011. Además, el 38% de la producción mundial de gas se concentró en Estados Unidos y Rusia, países que a la vez concentraron el 34.4% del consumo mundial[84]. (Cuadro 11)

[83] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 20
[84] *Idem.*

Cuadro 10. Reservas mundiales de gas natural

	Billones de metros cúbicos	Porcentaje mundial	Años de explotación
Irán	33.6	18%	*
Rusia	32.9	17.6%	55.6
Qatar	25.1	13.4%	*
Turkmenistán	17.5	9.3%	*
Estados Unidos	8.5	4.5%	12.5
Arabia Saudita	8.2	4.4%	80.1
Emiratos Árabes Unidos	6.1	3.3%	*
Venezuela	5.6	3%	*
Nigeria	5.2	2.8%	*
Argelia	4.5	2.4%	55.3
Australia	3.8	2%	76.6
México	0.4	0.2%	6.2
Total Mundial	187.3	100%	55.7

*Más de 100 años

Elaboración propia con información del BP Statistical Review of World Energy 2013, pág. 20

El consumo mundial de gas natural ha incrementado ya que una gran cantidad de países están llevando a cabo diversas estrategias para reducir las emisiones contaminantes. "Se estima que la generación mundial de energía eléctrica a partir del gas natural crecerá 2.6% anual de 2008 a 2035. Hacia el final del periodo se prevé una participación en la generación total cercana a 20%"[85].

Cuadro 11. Consumo y producción mundial de gas natural
Billones de metros cúbicos (Bmc)

	Consumo	Porcentaje mundial	Producción	Porcentaje mundial
Estados Unidos	722.1	21.9%	681.4	20.4%
Rusia	416.2	12.5%	592.3	17.6%
Irán	156.1	4.7%	160.5	4.9%
China	143.8	4.3%	107.2	3.2%
Japón	116.7	3.5%	-	-
Arabia Saudita	102.8	3.1%	102.8	3%
Canadá	100.7	3%	156.5	4.6%
Reino Unido	78.3	2.4%		-
Alemania	75.2	2.3%		-
Qatar		-	157	4.7%
Noruega		-	114.9	3.4%
Argelia		-	81.5	2.4%
Indonesia		-	71.1	2.1%
México	83.7	2.5%	58.5	1.7%
Total mundial	3314.4	100%	3363.9	100%

- Menos del 2% mundial

Elaboración propia con información del BP Statistical Review of World Energy 2013, pág. 20

[85] Secretaría de Energía, *Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026*, México, 2012, pág. 39

Al ritmo de consumo actual el combustible fósil con más años de explotación es el carbón con 109 años; le sigue el gas natural con 56 años aproximadamente y el petróleo 53 años. En México los combustibles fósiles representan, tanto la principal fuente de energía, como una de las principales fuentes de ingresos económicos para el país debido a su exportación. A continuación se evaluará la situación actual de los combustibles fósiles en México.

2.2 Combustibles fósiles en México

Si bien en México se están llevando a cabo políticas para diversificar la matriz energética, los combustibles fósiles son la principal fuente de energía; tan solo en el año 2012 representaron el 92% de la energía primaria producida en el país, mientras que en el año 2013 alrededor del 81% de la energía eléctrica fue generada con estos combustibles[86]. Además, son una parte importante de la economía nacional ya que los ingresos petroleros en el año 2013 representaron aproximadamente el 33% del ingreso total Federal[87]. Sin embargo, la explotación de estos recursos ha provocado que las reservas convencionales comiencen a declinar y que la producción de energía haya disminuido en los últimos años. A continuación se expondrá la situación actual de los combustibles fósiles en México.

2.2.1 Carbón

Las reservas mexicanas de carbón son alrededor de 1,211 millones de toneladas, que corresponden al 0.1% de las reservas mundiales. Al ritmo de consumo actual estas reservas se agotarían en 88 años[88]. Las principales reservas se encuentran en Coahuila, Oaxaca y Sonora, siendo "la región carbonífera de Coahuila la más importante del país ya que aporta casi el 100% de la producción nacional de carbón"[89]. (Mapa 3) Aproximadamente el 35% de la producción nacional se destina a la generación de energía, el 53% para procesos industriales como la fabricación de hierro y acero y el 12% restante para otros usos[90].

A pesar que la producción de carbón incrementó de 10 millones de toneladas en el año 2005 a casi 40 millones en el 2011, la balanza comercial ha sido deficitaria, aproximadamente de 1,232 millones de dólares en 2011. Las importaciones provienen principalmente de Australia, Estados Unidos, Sudáfrica y Canadá[91].

En México hay 287 empresas extranjeras mineras; el 72% son de Canadá, 16% de Estados Unidos y el 2% de Australia; la mayoría se concentran en Sonora, Chihuahua, Durango y Sinaloa. El artículo 15 de la Ley Minera estipula que las concesiones mineras tienen una duración de 50 años y pueden

---

[86] Secretaría de Energía, *Sistema de Información Energética*, (en línea), México, dirección http: (*http://sie.energia.gob.mx/*), citado el 12 de julio de 2013
[87] Secretaría de Hacienda y Crédito Público, *Estadísticas Oportunas de Finanzas Públicas y Deuda Pública*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1eNksex*), citado el 12 de julio de 2013
[88] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 30
[89] Secretaría de Economía, *op. cit.*, nota 60, pág. 9
[90] *Ibidem,* págs. 28-32
[91] *Ibidem,* págs. 28-32

extenderse por los mismos años bajo consideración del gobierno. Por otra parte, la CFE obtiene el carbón para generar energía eléctrica principalmente de pequeños productores[92].

Mapa 3. Principales cuencas carboníferas de México

Fuente: Sociedad Geológica Mexicana, *Geología, estructura y composición de los principales yacimientos de carbón mineral en México*, Tomo LVII, núm. 4, 2006, pág. 6

Según el Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía, en el año 2013 se generó aproximadamente el 6.2% de la energía eléctrica con carbón, consumiéndose alrededor de 14 millones de toneladas de este combustible fósil[93]. Las dos carboeléctricas del país se encuentran en Coahuila, sus nombres son "Carbón II" y "José López Portillo" con una capacidad de 1,400 MW y 1,200 MW respectivamente[94].

2.2.2 Gas natural

El gas convencional es el combustible fósil menos abundante en México. Las reservas de gas natural son equivalentes al 0.2% de las reservas mundiales y al ritmo de producción actual se agotarían aproximadamente en seis años[95]. Existen 4 regiones para la extracción de gas natural y petróleo en México: Región Norte, Región Marina Noreste, Región Marina Suroeste y Región Sur (mapa 4).

"Al 1 de enero de 2013, las reservas remanentes totales de gas natural, se estimaron en 63,229.4 miles de millones de pies cúbicos (mmmpc), lo que significó un crecimiento de 2.6% respecto al inicio de 2012. Las reservas de gas asociado representan aproximadamente el 70.2% del total[96].

---

[92] *Ibidem,* págs. 29-35

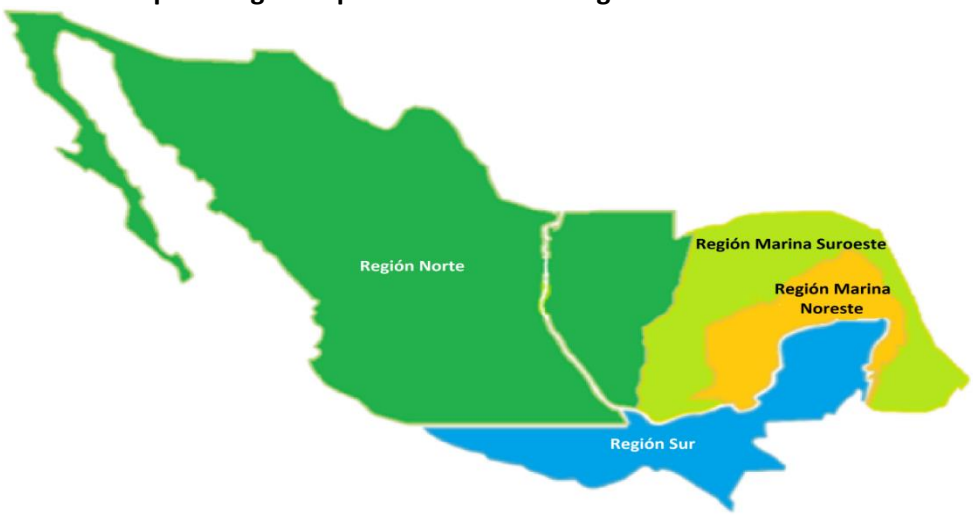
[93] Secretaria de Energía, *Sistema de Información Energética (SIE),* (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/QoGfS7*), citado el 15 de junio de 2013

[94] Comisión Federal de Electricidad, *Centrales generadoras: Carboeléctricas*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1hK2mxW*), citado el 17 de marzo de 2014

[95] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 20

[96] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2013-2027*, México, 2014, pág. 108

Mapa 4. Regiones para la extracción de gas natural en México



Fuente: Secretaría de Energía, *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2012-2026*, *Op. cit.*, pág. 80

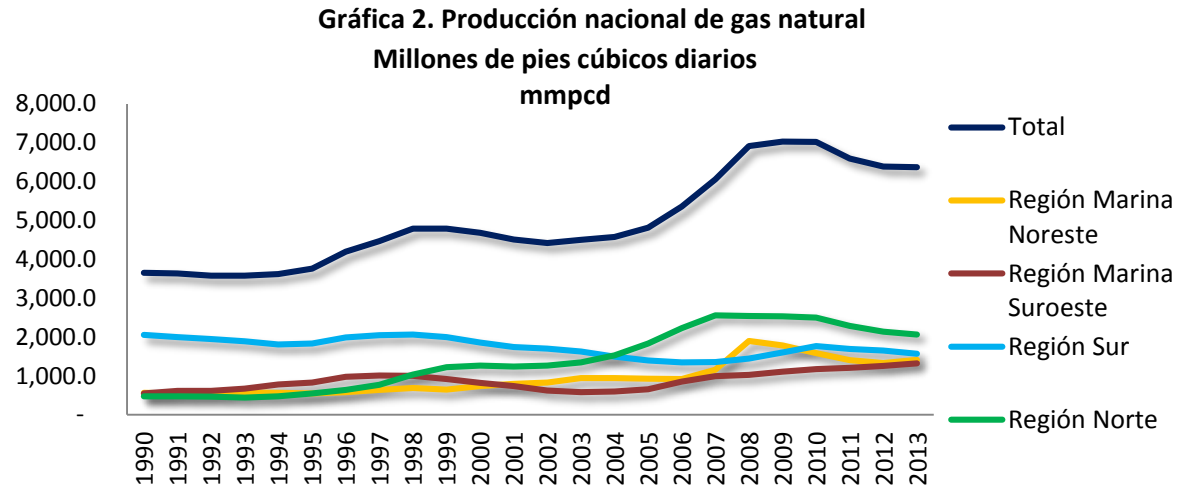
"Al inicio de 2013, la región con las mayores reservas fue la región Norte con el 53.4% del total, por otro lado, la región Marina Suroeste concentró el 25.3% de las reservas totales, la región Sur el 14.3% y la Marina Noreste 7%"[97].

"Las reservas remanentes totales de gas natural, al inicio de 2013, están compuestas en un 27.0% por probadas, 28.2% por probables y 44.8% por posibles. Las reservas probadas disminuyeron 0.9% respecto a 2012, siendo la región Sur en donde se concentra la mayor parte de estas reservas"[98].

La producción primaria nacional de gas natural ha disminuido constantemente desde el año 2010 debido a los bajos precios del gas, que derivó en una rentabilidad menor de los proyectos de gas no asociado. Tan solo la producción del año 2012 fue 3.2% menor que en 2011[99]. (Gráfica 2)

La región con la mayor producción de gas natural ha sido hasta ahora la región Norte, sin embargo en 2012 la producción de esta región disminuyó 6.5% respecto a 2011. Por otra parte, la región con la menor producción es la Marina Suroeste, sin embargo presentó un aumentó de 4.2% respecto a 2011. En el caso de la región Marina Noreste, la extracción de gas disminuyó 10.8% en 2012 debido a la declinación natural de Cantarell[100].

[97] *Idem.*
[98] *Ibidem,* pág. 110
[99] *Ibidem,* pág. 112
[100] *Ibidem,* pág. 113



Elaboración propia con información del Sistema de Información Energética, *Producción de gas natural en campos seleccionados*, (*http://bit.ly/RnQJCi*)

"El proyecto Burgos, productor de gas no asociado, es el más importante de México y se encuentra ubicado en el Noreste de México. Éste inició en 1997 como un proyecto de desarrollo de campos, con el fin de contribuir a satisfacer la creciente demanda nacional de gas natural. Los campos de este proyecto produjeron 20.4% de la producción total de gas natural en 2011"[101].

La quema y venteo de gas enviado a la atmosfera (nitrógeno, bióxido de carbono e hidrocarburo) ha disminuido desde 2008 aproximadamente 20.5% al año. En 2012 el gas enviado a la atmósfera disminuyó 61.3% y el aprovechamiento del gas natural pasó de 96.2% en 2011 a 98.0% en 2012. El venteo de gas natural aportó el 63.9% del total de las emisiones fugitivas en 2012[102].

Por otra parte, el sistema nacional de gas se divide en sector público y privado. El sector público pertenece a PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y toda su infraestructura se conoce como el Sistema Nacional de Gasoductos (SNG). El resto de la infraestructura pertenece a privados y puede estar conectada al SNG o a gasoductos provenientes de Estados Unidos.

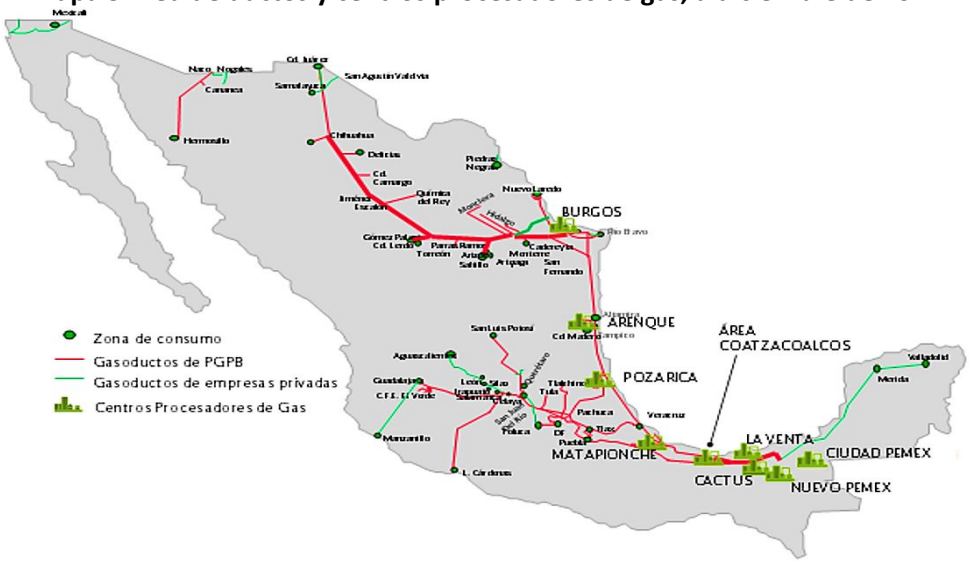
La Comisión Reguladora de Energía (CRE) es la encargada de regular las ventas de gas de primera mano*, transporte, distribución y almacenamiento, determinar los precios de las ventas de primera mano, determinar las condiciones, permisos, autorizaciones y costos sobre la prestación de servicios por parte de privados u otros organismos, establecer medidas de seguridad, sanciones, etc.

"PGPB transporta el gas natural a los grandes consumidores, así como a la entrada de las ciudades, mientras que la distribución al interior de éstas, en la mayoría de los casos, está a cargo de

[101] Secretaría de Energía, *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2012-2026*, México, 2012, pág. 80
[102] Secretaría de Energía, *Balance Nacional de Energía 2012*, México, 2013, págs. 25-48

empresas privadas”[103]. Al cierre de 2012, la red de gasoductos de PGPB poseía una extensión de 9,038 km para el transporte de gas natural[104]. (Mapa 5)

Mapa 5. Red de ductos y centros procesadores de gas, a diciembre de 2012



Fuente: Secretaría de Energía, *Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2013-2027*, pág. 116

“Entre 2002 y 2012, la producción nacional de gas natural creció 2.2% anualmente, mientras que la demanda aumentó 4.2%. Para poder satisfacer la demanda las importaciones crecieron en promedio 11.3% anual y aportaron 31.9% de la demanda en este periodo. Tan solo en 2012 las importaciones crecieron alrededor de 21.7% respecto a 2011 y la principal fuente de dichas importaciones fue Estados Unidos”[105].

En 2012, el 78.5% de las importaciones de gas natural se realizaron a través de ductos y 21.5% por barco de gas natural licuado (GNL)[106], el cual es gas natural convertido a liquido para poder ser transportado a grandes distancias. En 2012 “se importaron 52 cargamentos de GNL, 11 más que en 2011, los cuales provinieron de seis países: Qatar 35.6%, Perú 27.9%, Nigeria 20%, Indonesia 6.8%, Yemen 6.6% y Trinidad y Tobago 3.2%”[107].

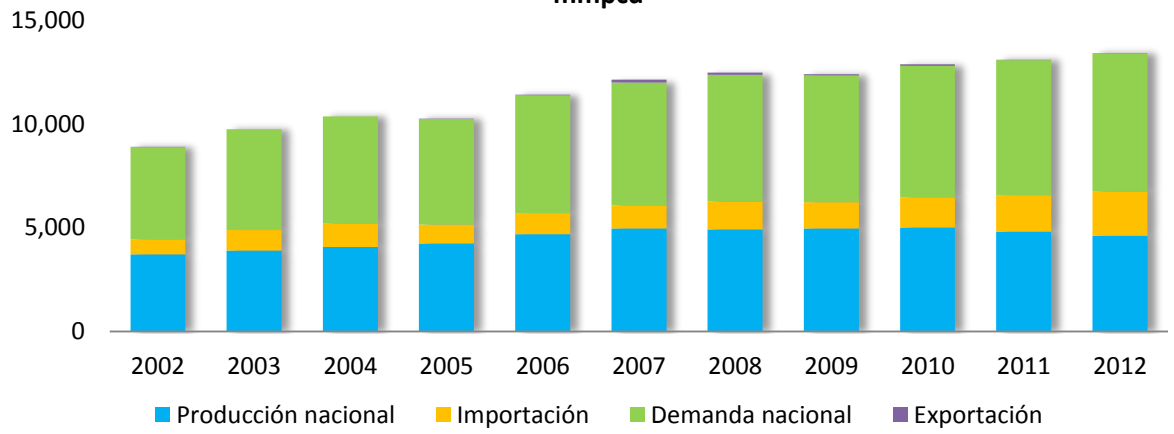
En el caso del Gas LP, “entre 2002 y 2012 la demanda nacional disminuyó a una tasa anual de 1.5%, mientras que la oferta interna lo hizo a 1.3%. En el año 2012 las importaciones representaron el 29.3% de la oferta total y el 100% provino de Estados Unidos”[108].

La estructura de la demanda nacional de gas natural en 2012 fue la siguiente: “46.59% el sector eléctrico, 34.04% el sector petrolero, 17.68% el sector industrial, 1.26% el sector residencial, 0.40% el sector servicios y 0.03% del sector autotransporte”[109].

---

[103] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 101, pág. 67
[104] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 96, pág. 120
[105] *Ibidem,* págs. 132,142
[106] *Ibidem,* pág. 132
[107] *Ibidem,* pág. 134
[108] *Ibidem,* págs. 135,142

Gráfica 3. Balance nacional de gas natural, 2002-2012
mmpcd



Elaboración propia con información de la *Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2013-2027*, pág. 141

En 2012 el gas natural representó el 58% de los combustibles consumidos para la generación de electricidad en el sector público y el 74% en el sector privado en el año 2011. Para el sector industrial el gas natural aportó el 63% del consumo de combustibles, para el sector petróleo fue de 87%, para el sector transporte fue de 0.03% y para el sector residencial y de servicios el gas natural representó el 7% de los combustibles consumidos[110].

"Es importante mencionar que, históricamente, el acceso al gas natural en los sectores residencial y de servicios se ha visto limitado por la infraestructura de distribución. En este sentido, la leña es un combustible muy importante para estos sectores; entre 2000 y 2011 su participación promedió 33.8%, manteniéndose como el segundo combustible más importante por su uso en muchos hogares de bajos ingresos en el país"[111].

El gas natural es la fuente de energía más usada para la generación de electricidad. Tan solo en el año 2013 las centrales de ciclo combinado generaron aproximadamente el 49% de la electricidad, mientras que las centrales de turbogás el 1.59%[112].

2.2.2.1 Gas no convencional en México

Las reservas nacionales de gas no convencional se encuentran entre las mayores del mundo. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en ingles) México posee 19 billones de metros cúbicos de reservas de shale gas ocupando el cuarto lugar a nivel mundial[113].

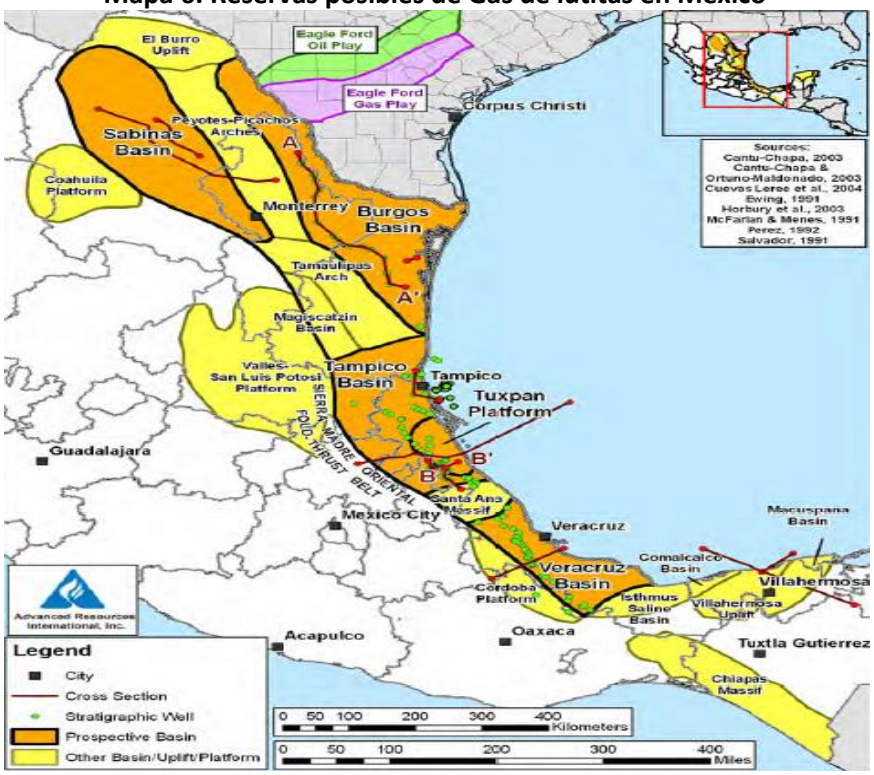
"PEMEX ha identificado alrededor de 200 oportunidades de gas de lutitas en cinco provincias geológicas. Estas provincias son: Chihuahua, la región de Sabinas-Burro-Picachos, la Cuenca de

---

[109] *Ibidem*, pág. 141
[110] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 101, pág. 90
[111] *Ibidem*, págs. 99-100
[112] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 93
[113] Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, nota 80, pág. 111

Burgos, Tampico-Misantla y Veracruz”[114]. Las principales reservas de gas no convencional son de gas de lutitas y se encuentran principalmente en el norte, en la Cuenca de Burgos y Sabinas, las cuales comprenden los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. (Mapa 6)

Mapa 6. Reservas posibles de Gas de lutitas en México



Fuente: U.S. Energy Information Administration, *Technically Re coverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States*, 2013

“PEMEX perforó el primer pozo de gas de lutitas en la Cueca de Burgos en 2011 y planea perforar alrededor de 175 pozos durante el periodo de 2011 a 2015 para evaluar reservas y delinear áreas prioritarias para desarrollar. Además se estima que se construirán alrededor de 60 mil pozos en los próximos 50 años”[115].

La extracción de los recursos no convencionales no se había considerado económicamente viable; sin embargo la necesidad de encontrar mayores recursos ha llevado a que se comiencen a explotar estos recursos. “Además de la gran inversión, una gran cantidad de desafíos se necesitan superar para aprovechar al máximo estos recursos, como la creación de infraestructura y especialmente el acceso al agua para la fracturación hidráulica. Coahuila, donde se localiza una gran cantidad de las

[114] Administración de Información Energética de Estados Unidos, *Recursos de shale gas y aceite shale recuperables: Una evaluación de 137 formaciones de shale en 41 países fuera de los Estados Unidos*, Washington, Departamento de Energía de Estados Unidos, 2013, pág. 63

[115] Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, nota 80, pág. 112

reservas, es uno de los lugares más secos del país. La fracturación hidráulica necesitará un excelente cuidado y reciclado del agua”[116].

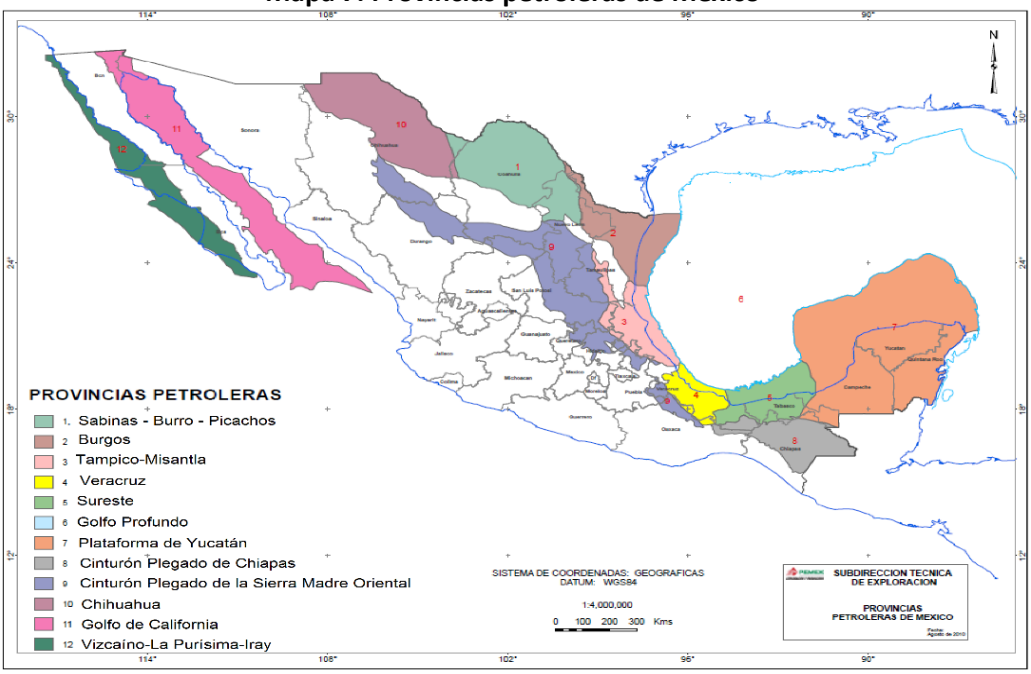
2.2.3 Petróleo

El petróleo es uno de los recursos naturales más importantes del país ya que de su explotación se obtiene una buena parte de los ingresos Federales, es el energético más consumido, los productos petroquímicos son importantes para la economía, la industria, la agricultura, etc., y ha impulsado el desarrollo industrial.

“Desde 1974 a 1982 se habla de un “auge petrolero” debido a una serie de acontecimientos coyunturales, desde descubrimientos de yacimientos, hasta choques petroleros internacionales. Fue una época en que las reservas de hidrocarburos crecieron un 1,147% y la producción en 262%, y México se convirtió en uno de los principales exportadores de petróleo a nivel internacional”[117].

Dentro de las cuatro regiones de extracción de petróleo se localizan 12 provincias petroleras donde se encuentran las reservas comerciables de petróleo: “Sabinas-Burro–Picachos, Burgos, Tampico-Misantla, Veracruz, Sureste, Golfo Profundo, Plataforma de Yucatán, Cinturón Plegado de Chiapas, Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental, Chihuahua, Golfo de California, Vizcaíno-La Purísima-Iray”[118]. (Mapa7)

Mapa 7. Provincias petroleras de México



Fuente: PEMEX Exploración y Producción, *Provincias petroleras de México*, 2012, (*http://bit.ly/1l62rdp*)

[116] Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, nota 80, pág. 113

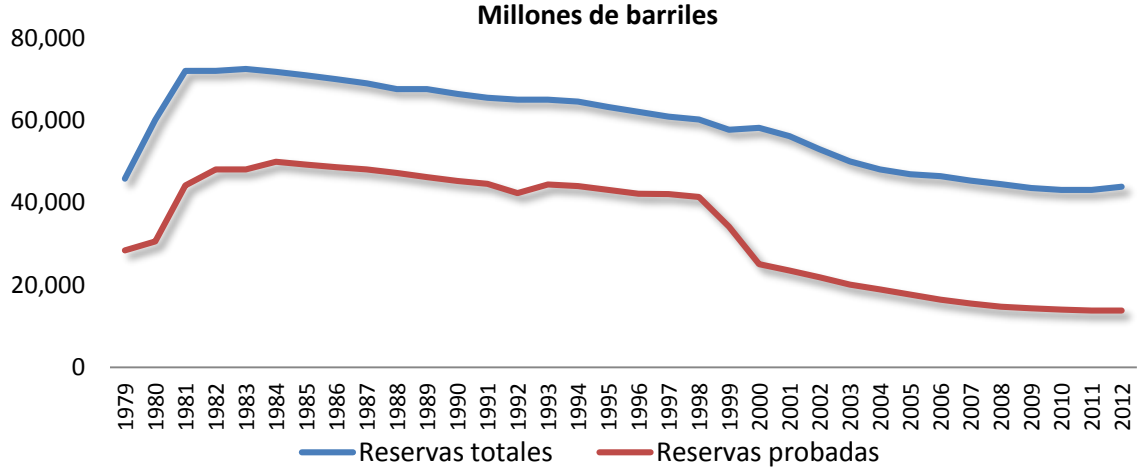
[117] Elsa María Fuentes González, *La importancia estratégica de las exportaciones de petróleo de México a Estados Unidos: retos y posibilidades*, Cholula, México, Universidad de las Américas Puebla, 2007, pág. 11

[118] Pemex Exploración y Producción, *Provincias Petroleras de México*, (en línea), México, Subdirección Técnica de Exploración, 2010, dirección http: (*http://bit.ly/1l62rdp*), citado el 20 julio de 2013, pág. 6

Las reservas mexicanas de petróleo equivalen aproximadamente a 11 mil millones de barriles, éstas representan el 0.7% de las reservas mundiales y se calcula que al ritmo de consumo actual se agotarán aproximadamente en diez años[119].

Desde 1984 se ha presentado una disminución constante en las reservas de petróleo crudo. Mientras en 1983 se contabilizaron reservas totales alrededor de 72,500 millones de barriles, a principios de 2012 las reservas totales fueron de 43,837 millones de barriles[120]. (Gráfica 4)

Gráfica 4. Evolución de las reservas nacionales de petróleo crudo
Millones de barriles



Reservas al inicio de cada año.
Elaboración propia con datos de Anuario Estadístico de PEMEX, diversos años.

Ante la caída de las reservas de fácil acceso, encontrar nuevos yacimientos ha sido prioritario para PEMEX en los últimos años; esto implica explorar áreas en las que no se había explorado debido a la falta de infraestructura y tecnología. Estas áreas se encuentran en la zona profunda del Golfo de México, en donde se prevé que existen grandes reservas aun sin explotar. Sin embargo existen zonas en las que explotar estos recursos podría resultar en problemas internacionales ya que se encuentran en la frontera entre Estados Unidos, Cuba y México.

"Existen dos polígonos dentro del Golfo de México que no pertenecen a la Zona Económica Exclusiva de ninguno de los tres países: el Polígono Oriental, que podría ser reclamado por los tres países, y el Polígono Occidental, que podría ser reclamado por E.U. y México"[121].

"Sabemos que la prioridad del gobierno estadounidense es el aprovisionamiento seguro de hidrocarburos y que el petróleo, aun si se extrae en México, terminaría en refinerías

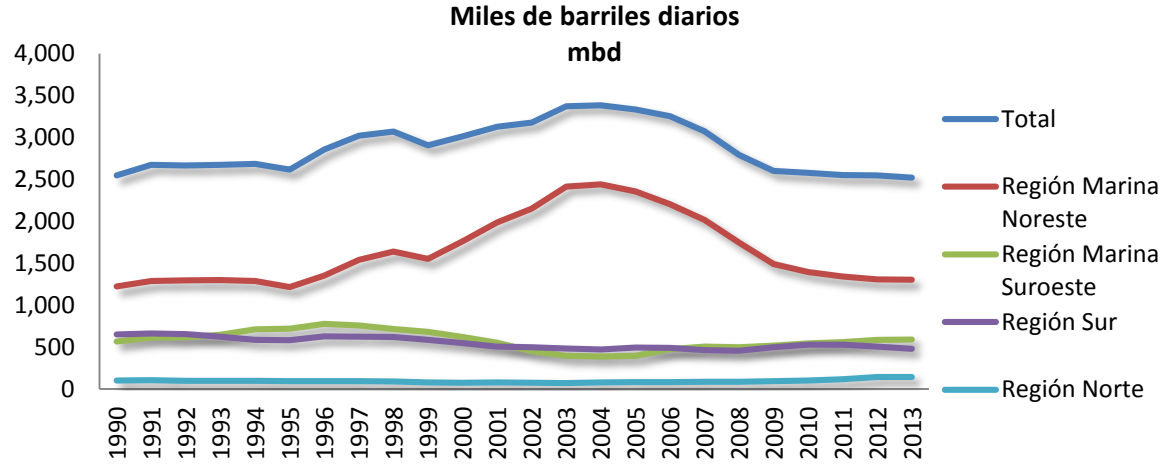
[119] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 6
[120] Petróleos Mexicanos, *Anuarios estadísticos*, México, diversos años.
[121] José María Valenzuela Robles Linares, *El aprovechamiento de los yacimientos transfronterizos de hidrocarburos. Diplomacia mexicana, Derecho Internacional y Economía Política del Petróleo*, México D.F., El Colegio de México, 2009, págs. 14-16

estadounidenses pero no por ello el gobierno mexicano puede desentenderse de aprovechar los recursos transfronterizos”[122].

La razón por la que resultaría difícil explotar dichos recursos es porque no se cuenta con la tecnología suficiente para explotarlos. Por esta razón, “el futuro aprovechamiento de estos yacimientos dependerá de las capacidades que PEMEX pueda crear en el corto plazo. Se necesitará audacia desde el gobierno Federal y la paraestatal para aprovechar las necesidades estadounidenses en nuestro favor y poner a PEMEX a la vanguardia en su capacidad operativa”[123].

Por otra parte, la producción nacional de petróleo crudo alcanzó su máximo histórico en el año 2004 cuando se produjeron aproximadamente 3.3 millones de barriles diarios. Sin embargo, a partir de ese año la producción ha disminuido a una tasa media anual de -3.2% hasta llegar al año 2013 a una producción de aproximadamente 2.5 millones barriles diarios. La región que aporta la mayor producción es la Región Marina Noreste, donde se encuentran dos de los más importantes yacimientos de México (Cantarell y Ku-Maloob-Zaap). Esta región aportó en el año 2013 el 52% de la producción nacional[124]. (Gráfica 5)

Gráfica 5. Evolución de la producción nacional de petróleo crudo



Elaboración propia con información del Sistema de Información Energética, *Producción de petróleo crudo en campos seleccionados*, (*http://bit.ly/RnQJCi*)

En México se producen tres tipos de petróleo: Maya (Pesado), el cual es el más producido y en el año 2013 representó aproximadamente el 54% de la producción nacional; Istmo (Ligero); y Olmeca (Superligero), del cual se produce la menor cantidad y en 2013 representó solamente el 12% de la producción nacional[125].

---

[122] *Ibidem,* pág. 126

[123] *Ibidem,* pág. 133-134

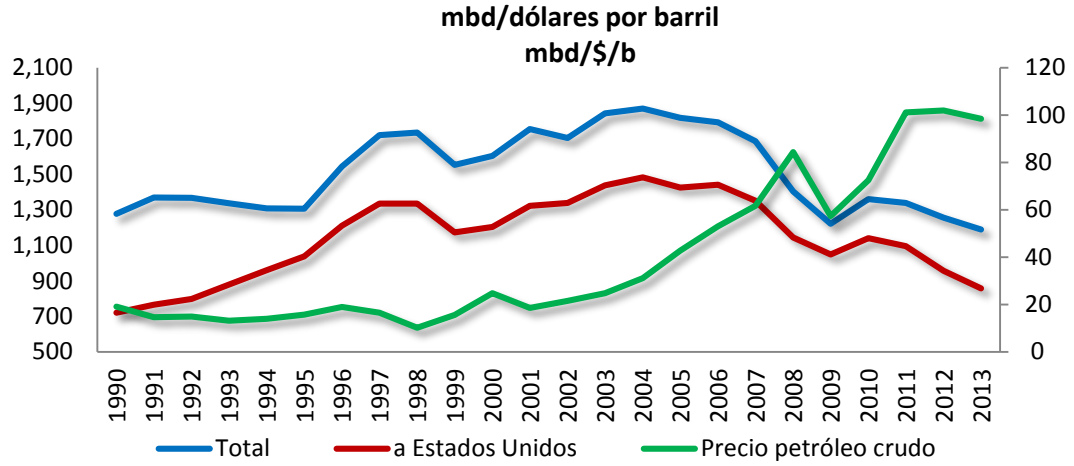
[124] SIE, *Producción de crudo por Activos*, (en línea), México, Secretaría de Energía, dirección http: (*http://bit.ly/RnQJCi*), citado el 21 de marzo de 2014

[125] SIE, *Producción de crudo por región y tipo*, (en línea), México, Secretaría de Energía, dirección http: (*http://bit.ly/1l62WE9*), citado el 21 de marzo de 2014

La explotación del petróleo constituye una parte importante del comercio internacional de México; tan solo en el año 2013 las exportaciones de petróleo representaron aproximadamente el 13% de las exportaciones totales del país, es decir, cerca de 48,594 millones de dólares[126].

Además, el precio internacional del barril de petróleo mexicano ha incrementado 416% de 1990 a 2013, siendo en el año 2012 cuando alcanzó el valor máximo histórico de 101.96 dólares por barril[127]. Estados Unidos es el principal destino de las exportaciones; tan solo en el año 2013 el 72% del petróleo crudo se destinó a ese país. Sin embargo, las exportaciones han disminuido aproximadamente 36% desde el año 2004, cuando se alcanzó el máximo histórico de 1.8 millones de barriles diarios[128]. (Gráfica 6)

Gráfica 6. Exportaciones y precio de petróleo crudo de México 1990-2013

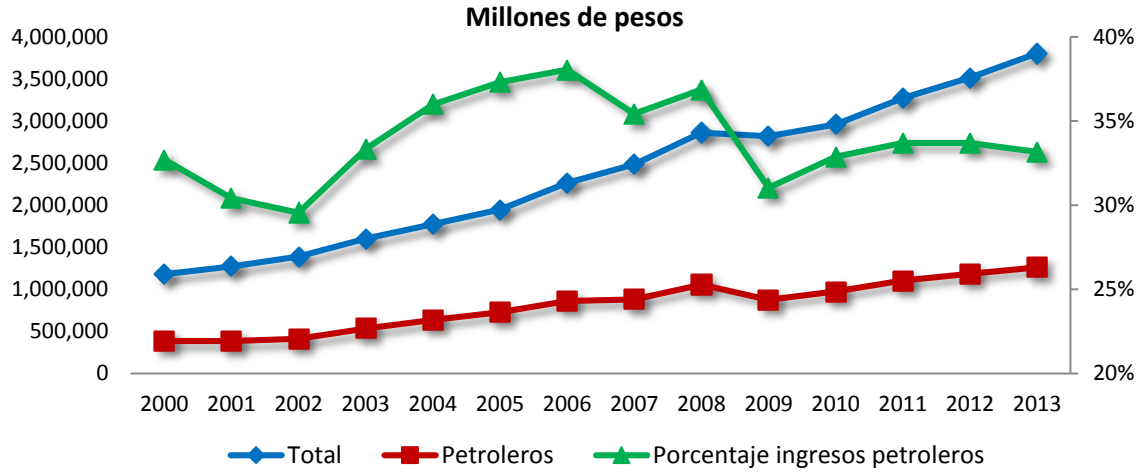


Elaboración propia con información del Sistema de Información Energética.

Los ingresos petroleros son una parte significativa de las finanzas públicas, solamente en el año 2013 representaron el 33% de los ingresos presupuestarios del sector público,[129] lo cual refleja la importancia del petróleo para la economía nacional. (Gráfica 7)

[126] Petróleos Mexicanos, *Indicadores petroleros,* (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1l633j7*), citado el 10 de julio de 2013
[127] Ibíd.
[128] SIE, *Volumen de las exportaciones de petróleo crudo*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/RnQJCi*), citado el 10 de julio de 2013
[129] Secretaría de Hacienda y Crédito Público, *Estadísticas Oportunas de Finanzas Públicas y Deuda Pública*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1eNksex*), citado el 12 de julio de 2013

Gráfica 7. Ingresos presupuestarios del sector público 2000-2013



Elaboración propia con información de Secretaría de Hacienda y Crédito Público, *Estadísticas Oportunas*, (*http://bit.ly/1eNksex*)

Por otra parte, la producción de petrolíferos registró su máximo histórico en el año 1994, cuando se produjeron alrededor de 1.6 millones de barriles diarios; sin embargo a partir de ese año la producción ha sido menor. Tan solo en 2013 la producción fue de aproximadamente 1.45 millones de barriles diarios, es decir, 8.7% menor que en 1994[130].

"El Sistema Nacional de Refinación (SNR) está compuesto por las refinerías de Cadereyta, Madero, Minatitlán, Salamanca, Salina Cruz y Tula"[131]. Al cierre de 2012, la capacidad de refinación del SNR alcanzó 3,861 miles de barriles diarios (Mbd). La refinería que aportó la mayor producción de petrolíferos fue Tula, la cual produjo el 23.5% de los petrolíferos; le siguieron Salina Cruz con 22.4%, Cadereyta 15.6%, Minatitlán 14.5%, Salamanca 13.8% y Madero 10.2%[132].

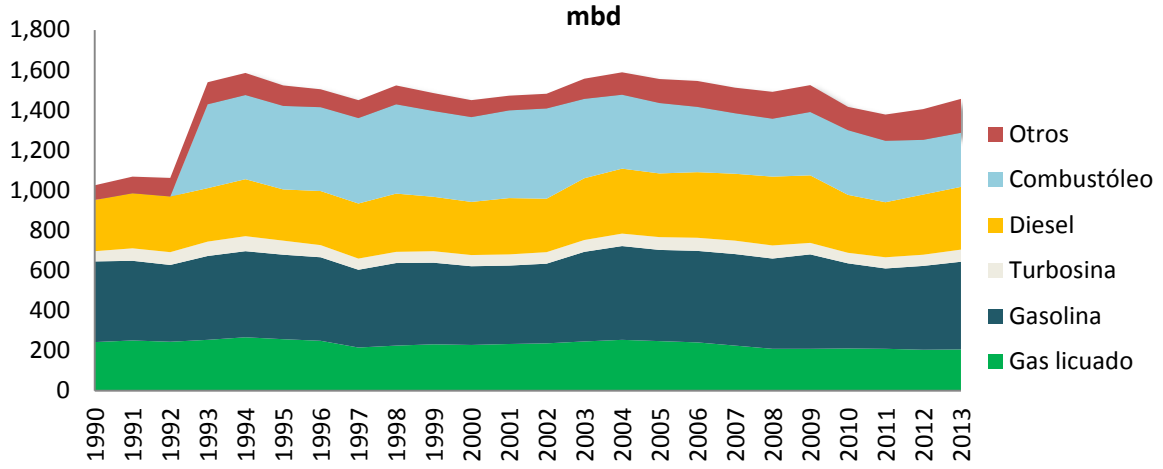
"Los puntos de comercialización al usuario final de los principales petrolíferos (gasolinas y diesel) son las estaciones de servicio. A través del esquema de franquicias, PEMEX Refinación suministra estos combustibles para el sector autotransporte"[133]. En 2012, el número de estaciones de servicio a nivel nacional fue de a 10,042 unidades, que comparadas con 2011, aumentaron 4.2%. Los estados con el mayor número de estaciones de servicio a nivel nacional fueron: Estado de México con 8.2%, Jalisco 7.3% y Nuevo León 6.3%[134].

La gasolina es el petrolífero mas producido en México, en 2013 representó el 30% de los petrolíferos producidos. Su elaboración alcanzó el máximo histórico en el año 2009, cuando se produjeron alrededor de 472 mil barriles diarios. No obstante, a partir de entonces ha disminuido, siendo la

[130] SIE, *Elaboración de productos Petrolíferos*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/RnQJCi*), citado el 20 de julio de 2013
[131] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026*, México, 2012, pág.69
[132] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Petróleo y Petrolíferos 2013-2027*, México, 2014, págs. 114-119
[133] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 131, pág. 76
[134] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 132, págs. 127-128

producción de 2013 7% menor a la de ese año. El diesel fue el segundo petrolífero mas producido con el 21.5% del total, le siguió el combustóleo con 18.5% y el gas licuado con 14%[135]. (Gráfica 8)

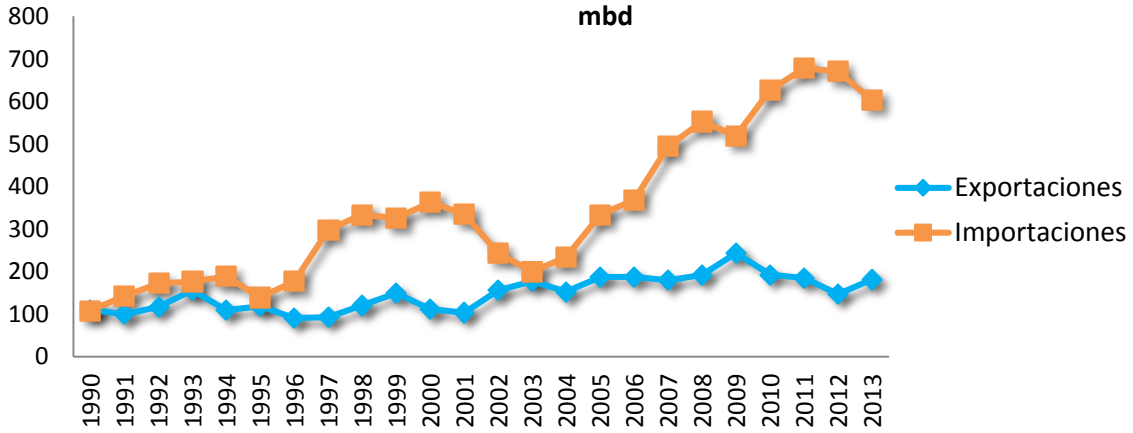
Gráfica 8. Producción de petrolíferos en México



Elaboración propia con información del Sistema de Información Energética, *Elaboración de productos petrolíferos*, (*http://bit.ly/RnQJCi*)

La balanza comercial de petrolíferos de México ha sido deficitaria desde 1991 ya que la demanda de petrolíferos excede a la producción nacional. Mientras las exportaciones aumentaron 64.8% en el periodo 1990-2013, las importaciones incrementaron 456%. Tan solo en el año 2013 se exportaron alrededor de 181 mil barriles diarios de petrolíferos, mientras que las importaciones fueron alrededor de 600 mil barriles. El máximo histórico de importaciones se alcanzó en el año 2011, cuando se importaron cerca de 678 mil barriles diarios[136]. (Gráfica 9)

Gráfica 9. Exportaciones e importaciones de petrolíferos en México



Elaboración propia con información del Sistema de Información Energética, *Volumen de exportación e importación de petrolíferos*, (*http://bit.ly/1hTQ3JG*)

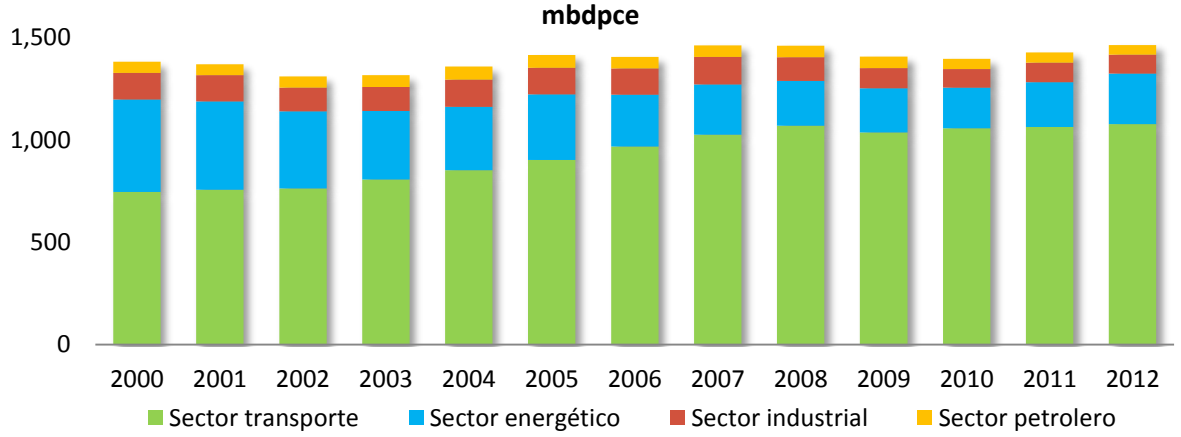
[135] SIE, *Elaboración de productos Petrolíferos*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/RnQJCi*), citado el 20 de julio de 2013

[136] SIE, *Volumen de importación de petrolíferos*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1gzTYfd*), citado el 20 de julio de 2013

En el año 2012 los petrolíferos mas importados fueron las gasolinas, representando el 59.6% del total de las importaciones en ese año. Esto implicó que el 49% de la demanda nacional de gasolinas fuera abastecida con importaciones. La balanza comercial del resto de los petrolíferos fue deficitaria, siendo el diesel es el segundo petrolífero más importado, representando en 2012 el 23.8% del total importado, le siguió el combustóleo con el 9%, el coque de petróleo con 8% y la turbosina con 1%[137].

La demanda nacional de petrolíferos ha aumentado 11.7% desde el año 2002. El transporte es el sector que más petrolíferos consume, tan solo en el año 2012 abarcó el 74% de la demanda de petrolíferos, le siguió el sector energético con el 16.9%, el sector industrial con el 6% y el sector petrolero con el 3%[138]. (Gráfica 10)

Gráfica 10. Demanda de petrolíferos por sector, 2000-2012
Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente
mbdpce



Fuente: Secretaría de Energía, *Prospectiva de Petróleo y Petrolíferos 2013-2027*, pág. 130

En 2012 las ventas de petrolíferos en el sector transporte estuvieron conformadas por 66% de gasolinas, 29.2% de diesel y 4.9% por turbosina[139]. Dentro de este sector, el mayor consumidor de energía es el autotransporte, ya que tan solo en 2012 representó el 91.9% del consumo, seguido del transporte aéreo con el 5.3%, el transporte marítimo con 1.4%, el ferroviario con 1.16% y el eléctrico con 0.17%[140].

El autotransporte ha incrementado el consumo de petrolíferos aproximadamente 44.7% en el período 2002-2012, siendo las gasolinas el combustible mas consumido en 2012 con el 67.1% del total, seguidas por diesel con el 32.9%[141].

El mayor consumo de combustibles en el autotransporte se debe al crecimiento del parque vehicular nacional y a las mayores facilidades para la adquisición de vehículos. "La evolución del parque

[137] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 132, pág. 150
[138] *Ibidem,* págs. 129-130
[139] *Ibidem,* pág. 131
[140] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 102, pág. 38
[141] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 132, pág. 131

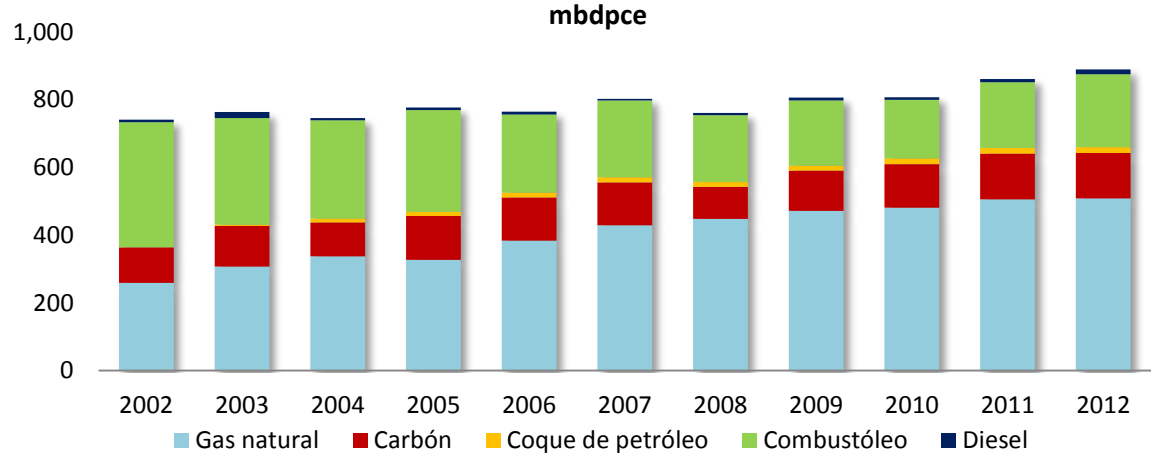
vehicular mostró de 2004 a 2012 una tasa media de crecimiento anual de 6.4%, registrando un parque vehicular de 27.9 millones de unidades a finales de 2012. Al cierre de 2012, el parque vehicular a gasolina representó el 96.3% del parque total nacional"[142].

A pesar que los vehículos a diesel ofrecen un menor consumo de combustible y un mayor rendimiento comparado con los vehículos a gasolina, el mayor costo de estos vehículos y la mayor disponibilidad de gasolina ha provocado que su participación en el mercado se destine prácticamente a los vehículos pesados y de carga. Además, los vehículos eléctricos en México no se comercializaran de manera masiva en México en los próximos años debido a sus elevados costos y a la falta de infraestructura para su uso, por lo que los vehículos a gasolina seguirán representando la mayor parte del parque vehicular nacional en los próximos años[143].

Por otra parte, el sector energético, a pesar de ser el segundo mayor consumidor de petrolíferos, ha disminuido su consumo ya que se ha adoptado al gas natural como la principal fuente de generación eléctrica. "En los últimos años, como consecuencia de las mejoras tecnológicas, las regulaciones ambientales y los precios de los combustibles, el sector eléctrico ha sustituido el uso de petrolíferos por gas natural. Actualmente, el nivel de precios y la disponibilidad de los destilados resultan inoperantes para la industria eléctrica, dado que la generación debe ser a mínimo costo"[144].

En el año 2012 el petrolífero más usado para la generación de electricidad fue el combustóleo ya que representó el 24% del total consumido, seguido del coque de petróleo con 2% y el diesel con 1.6%. Otro combustible fósil utilizado para la generación de electricidad es el carbón, el cual representó en el 2012 el 15% del consumo total. Por otra parte, debido a la sustitución de estos petrolíferos, el gas natural represento en 2012 el 57% de los combustibles consumidos para la generación de electricidad, siendo el combustible fósil de mayor uso en este sector[145]. (Gráfica 11)

Gráfica 11. Demanda de combustibles fósiles para la generación de electricidad



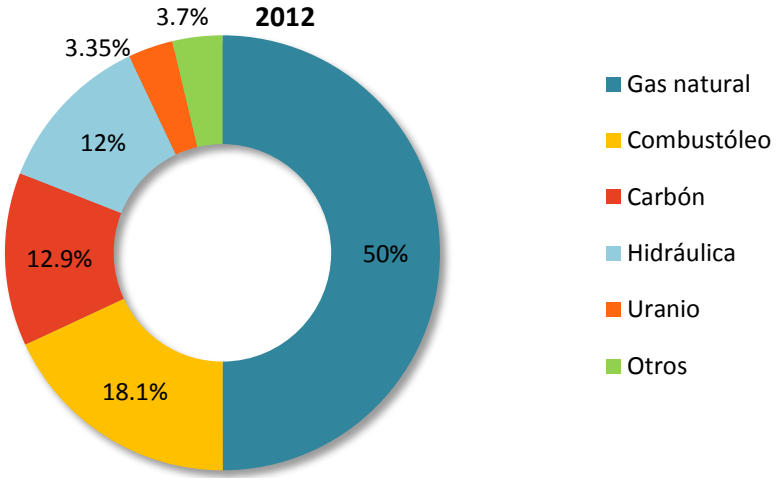
Elaboración propia con información de la *Prospectiva de Petróleo y Petrolíferos 2013-2027,* pág.143

[142] *Ibidem,* pág. 135
[143] *Ibidem,* págs. 135-136
[144] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 131, pág. 107
[145] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 132, págs. 143-144

El poco aprovechamiento del diesel se debe a que "es utilizado para la generación eléctrica en horarios de máxima demanda por lapsos cortos, ya que el costo del combustible lo descarta para cubrir la demanda base en regiones donde se tiene disponibilidad de otros combustibles"[146].

Del total de la energía eléctrica generada en el año 2012 para el servicio público, el 50% fue obtenida a través de gas natural, seguido del combustóleo con 18.1%, el carbón con 12.9%, la energía hidráulica con 12%, uranio con 3.35% y otras fuentes aportaron el 3.7%[147]. (Gráfica 12) El mayor uso del gas natural de debe a su bajo precio comparado con otros combustibles, a la menor emisión de gases contaminantes, además de la elevada eficiencia de las centrales que usan esta fuente de energía.

Gráfica 12. Generación bruta en el servicio público por fuente de energía utilizada



Fuente: Secretaría de Energía, *Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027*, pág. 93

Los combustibles fósiles son vitales para la sociedad actual. Mientras que del gas natural se genera la mayor parte de energía eléctrica del país, las ventas del petróleo representan una parte importante del ingreso Federal y es el motor de la economía nacional.

Sin embargo, el uso excesivo de estos recursos ha causado un grave impacto al medio ambiente y una gran dependencia energética y económica hacia éstos. Estos impactos afectan cada vez a más sociedades y se prevé que en los próximos años sus efectos serán cada vez más notorios y más difíciles de revertir.

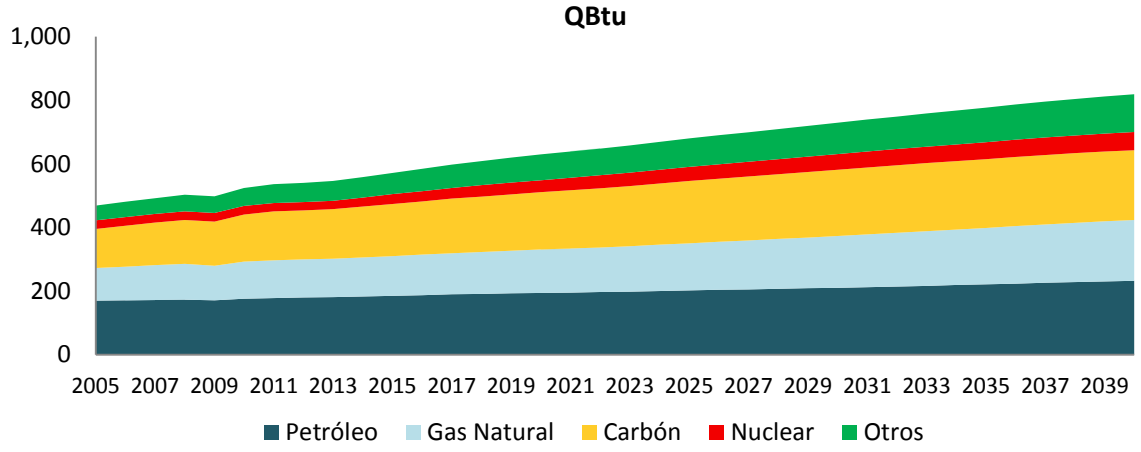
2.3 Impactos ambientales de los combustibles fósiles

Actualmente la demanda energética mundial no se podría satisfacer con otra fuente de energía ya que existen pocas tecnologías o recursos que pueden igualar el poder energético o la disponibilidad de los hidrocarburos. Tan solo en el año 2012 los combustibles fósiles representaron el 86.9% del consumo mundial de energía[148]. Es cierto que este porcentaje ha ido disminuyendo con el paso de

[146] Secretaría de Energía, *op. cit.*, nota 131, 108
[147] Secretaría de Energía, *Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027*, México, 2014, pág. 93
[148] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 41

los años, pero aun falta tiempo para que otro tipo de tecnologías puedan ocupar el lugar de los combustibles fósiles. (Gráfica 13)

Gráfica 13. Evolución del consumo mundial de energía
Quadrillion British Thermal Unit
QBtu



Fuente: EIA, *International Energy Outlook*, (*http://1.usa.gov/Kskpdh*)

Sin embargo el uso de los combustibles fósiles provoca una serie de impactos que se han ido acrecentando con el paso del tiempo. Entre los impactos mas graves al medio ambiente está la liberación de gases de efecto invernadero (GEI) y otro tipo de gases que son dañinos para el medio ambiente como para el ser humano.

2.3.1 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

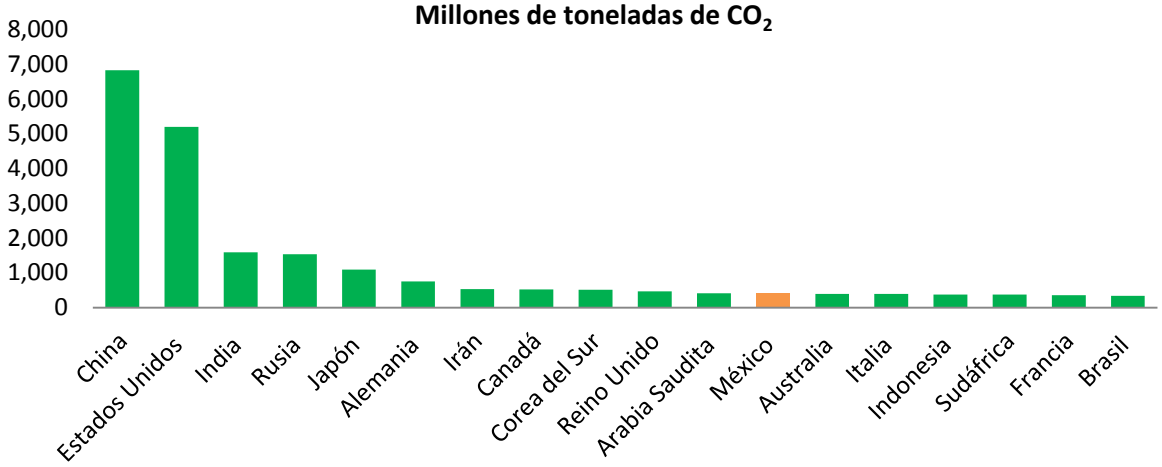
La quema de combustibles fósiles libera a la atmosfera gases que causan el efecto invernadero (GEI). El protocolo de Kioto busca disminuir las emisiones mundiales de estos gases causantes del calentamiento global, los cuáles son: bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

De acuerdo con la Agencia internacional de energía (IEA por sus siglas en inglés) las emisiones mundiales de CO2 en el año 2009 llegaron alrededor de 27, 983 millones de toneladas y de este total el 90% es emitido sólo por 36 países. Los países con las mayores emisiones son China, Estados Unidos, India, Rusia, Japón y Alemania[149]. Existe una relación entre el nivel de desarrollo y las emisiones de CO_2 ya que son los países con las economías más grandes los que emiten la mayor cantidad de emisiones. (Grafica 14)

"Las emisiones de gases de efecto invernadero crecieron 33.4% en el periodo 1990 a 2010. La categoría de Energía prevalece como la principal fuente de emisiones de GEI, y dentro de ésta, el transporte y la generación de energía eléctrica predominan como fuentes clave de emisión"[150].

[149] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*, México, México Quinta Comunicación Nacional ante la CMNUCC, pág. 231
[150] *Ibidem,* pág. 236

Gráfica 14. Emisiones mundiales de CO_2 2009
Millones de toneladas de CO_2



Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), pág. 232

En el año 2009 México ocupó el lugar 12 a nivel mundial en emisiones de CO_2. Según datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) las emisiones de CO_2 representaron alrededor del 66% (493,450.6 Gigagramos) de los GEI en el año 2010, mientras que las emisiones totales fueron 748,252.2 Gigagramos (Gg)* de CO_2 equivalente. "En 2010 la contribución de las emisiones de los GEI es la siguiente: la categoría de Energía representó 67.3% (503,817.6 Gg); Agricultura, 12.3% (92,184.4 Gg); Procesos Industriales, 8.2% (61,226.9 Gg); Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura, 6.3% (46,892.4 Gg) y Desechos, 5.9% (44,130.8 Gg)"[151].

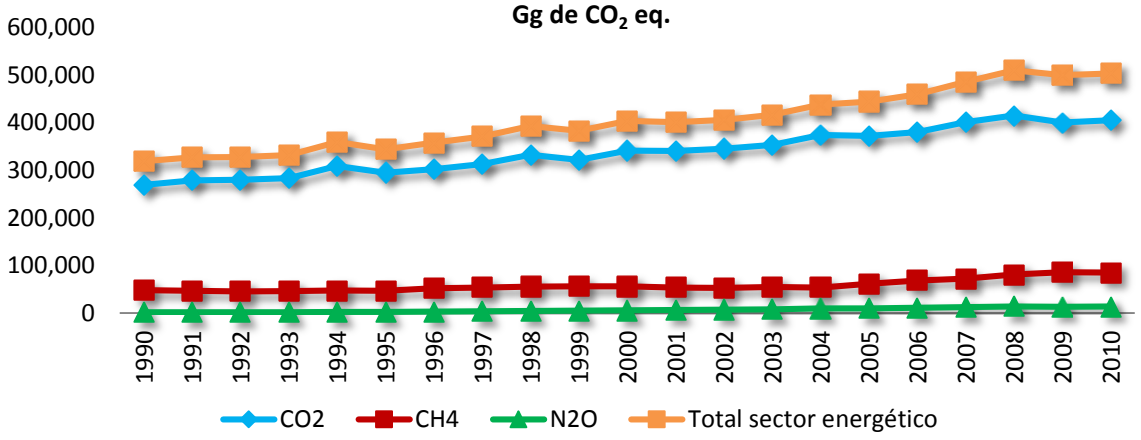
Las emisiones del sector energético (transporte, agropecuario, generación eléctrica, residencial, comercial, industria de la construcción) son producidas por las actividades petroleras, la explotación del carbón y por el consumo de combustibles; estas actividades liberan gases como el metano, bióxido de carbono, óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y bióxido de azufre (SO_2).

De acuerdo con el INEGEI en el año 2010 el transporte generó el 33% de las emisiones del sector energético y le siguió la generación de electricidad con el 23%. Las emisiones por la generación de electricidad llegaron alrededor de 115,537 Gg; el gas natural aportó aproximadamente el 48% de estas emisiones, el combustóleo 25%, el carbón 26% y el diesel 1%[152].

"En 2010 las emisiones de GEI para el sector energético registraron un aumento de 56.5% respecto al año base (1990), pasando de 324,290.0 Gg a 503,817.7 Gg, a una tasa de crecimiento medio anual (TCMA) de 2.3%. El GEI más emitido por la industria energética en el año 2010 fue el CO_2 con alrededor del 80% (405,130.2 Gg) de las emisiones de este sector, le siguió el metano (CH_4) con el 17% y el óxido nitroso (N_2O) con el 3%"[153]. (Gráfica 15)

[151] *Ibidem*, pág. 195
* Gigagramo (Gg) equivale a mil toneladas según información del INEGEI
[152] *Ibidem*, págs. 204-205
[153] *Ibidem*, págs. 200-201

Gráfica 15. Emisiones de GEI en el sector energético en México
Gigagramos de bióxido de carbono equivalente
Gg de CO_2 eq.



Fuente: INEGEI, pág. 202

La quema de gas natural libera a la atmosfera gases como NOx, CO_2 y CH_4. "Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en ingles) las tasas de emisión por la quema de gas son: 1,135 lbs/MWh de CO_2, 0.1 lbs/MWh de bióxido de azufre SO_2 y 1.7 lbs/MWh de NOx"[154]. Los demás combustibles fósiles liberan aproximadamente el doble de estos gases.

En el caso del carbón se liberan gases como CO_2, SO_2 y NOx. "Según la EPA las tasas de emisión por la quema de carbón son: 2,249 lbs/MWh de CO_2, 13 lbs de SO_2 y 6 de NOx. La quema de carbón genera desechos sólidos, conocidos como cenizas"[155]. La minería a cielo abierto es más contaminante que la minería bajo tierra y en este caso se necesitan remover toneladas de sedimentos para llegar a las capas de carbón. Algunos de estos sedimentos son contaminantes y tóxicos, los cuales son reubicados en lugares cercanos a la mina. Estos sedimentos son removidos por el aire y transportados a lugares lejanos, lo que puede ocasionar daños al medio ambiente y a la salud humana.

Por último, la quema de petróleo para generar energía produce NOx, SO_2, CO_2, CH_4, mercurio y metano. "La cantidad de SO_2 y mercurio varía dependiendo del tipo de petróleo que es quemado. La cantidad de gases emitidos son: 1,672 lbs/MWh de CO_2, 12 de SO_2 y 4 de NOx. La perforación de petróleo requiere agua para eliminar las obstrucciones del pozo, así como las refinerías y las plantas de energía. Éstas últimas liberan el agua residual tratada, que puede contener contaminantes, en los arroyos y otros cuerpos de agua, dañando al medio ambiente"[156].

Por otro lado, se encuentran las sustancias que afectan y destruyen la capa de ozono. "El Protocolo de Montreal busca reducir las emisiones de estos gases, que también son considerados GEI por sus

[154] Agencia para la Protección del Ambiente, *Gas Natural*, (en línea), Estados Unidos, Gobierno de Estados Unidos, dirección http: (*http://1.usa.gov/1ewMqyq*), citado el 10 de agosto de 2013
[155] Agencia para la Protección del Ambiente, *Carbón*, (en línea), Estados Unidos, Gobierno de Estados Unidos, dirección http: (*http://1.usa.gov/1ewMqyq*), citado el 10 de agosto de 2013
[156] Agencia para la Protección del Ambiente, *Petróleo*, (en línea), Estados Unidos, Gobierno de Estados Unidos, dirección http: (*http://1.usa.gov/1ewMqyq*), citado el 12 de agosto de 2013

efectos en la temperatura mundial. Los clorofluorocarbonos (CFC), halones e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) contribuyen al agotamiento del ozono y al cambio climático, mientras que los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) contribuyen solamente al cambio climático"[157].

Hasta hace poco, los CFC se usaban como refrigerantes, espumas aislantes y disolventes. Los clorofluorocarbonos se descomponen en la estratosfera y liberan cloro, el cual ataca al ozono. Cada átomo de cloro descompone hasta 100,000 moléculas de ozono durante el tiempo que permanece en la estratosfera. Otras sustancias que destruyen el ozono son los pesticidas como el bromuro de metilo, el halón usado en los extintores de incendios y el cloroformo de metilo utilizado en procesos industriales[158].

"La mayoría de los CFC se eliminan de la atmósfera en escalas temporales que van de los 50 a los 100 años. Con excepción del HFC-23, que tiene una vida de 270 años, los HFC tienen un tiempo de vida que oscila entre un año y algunos decenios. Los PFC contribuyen a elevar la temperatura del sistema climático en escalas temporales que pueden superar los 1000 años"[159].

La lluvia ácida es otra de las consecuencias de las emisiones de estos gases, ésta se provoca debido a la emisión de SO_2 y NO_x, los cuales son emitidos por los motores de combustión interna que usan combustibles con azufre y nitrógeno. Estos gases forman ácidos cuando se mezclan con agua, por lo que al momento de llegar a la atmósfera la humedad los absorbe y forma la lluvia ácida. Si consideramos que el cuerpo humano está compuesto en su mayoría por agua, la exposición a estos gases podría traer consecuencias a la salud de las personas.

"En los bosques, la lluvia ácida produce daños al descomponer los nutrientes del suelo, dificultando el crecimiento natural de los árboles. El daño se puede extender a los pastos de las praderas, perjudicando al ganado, y a los lagos, pudiendo ocasionar la muerte de gran cantidad de peces. Los efectos pueden verse incrementados en bosques de zonas de alta montaña, donde la niebla contribuye a aportar cantidades importantes de los contaminantes ácidos.

La lluvia ácida contribuye a la degradación de los materiales de construcción y a la corrosión metálica. Los monumentos y edificios son sensibles a la acción de la lluvia ácida. Muchas ruinas han desaparecido o están por de hacerlo, a causa de este factor"[160].

---

[157] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica, *La protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial, Cuestiones relativas a los hidrofluorocarbonos y a los perfluorocarbonos, Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico*, Informe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2005, 15 de agosto de 2013, pág. 9

[158] Agencia para la Protección del Ambiente, *La disminución de la capa de ozono*, (en línea), Estados Unidos, Gobierno de Estados Unidos, 2001, dirección http: (*http://1.usa.gov/1hJZ8L2*), citado el 18 de agosto de 2013, pág. 1

[159] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica, *op. cit.*, nota 157, pág. 26

[160] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, *Lluvia ácida*, (en línea), México, SEMARNAT, dirección http: (*http://bit.ly/1m6HEdG*), citado el 20 de agosto de 2013

2.3.2 Derrames de hidrocarburos

Un problema grave que derivado de la explotación del petróleo es la contaminación del medio ambiente por los derrames que se ocasionan alrededor del mundo, los cuales representan una de las mayores causas de contaminación oceánica. En la actualidad, el mar es usado como un gran depósito de sustancias contaminantes, no solo de hidrocarburos, sino de una gran cantidad de desechos.

Uno de los derrames más graves que ha ocurrido en México fue el caso de la Plataforma Ixtoc I a 80 km de Campeche, en 1979. "Pemex tardó nueve meses en controlar el flujo, y durante ese tiempo casi 3,3 millones de barriles de petróleo se esparcieron por el mar; la marea negra llegó hasta las costas de Texas"[161]. Otro caso famoso de derrame de petróleo fue el ocurrido en 2010 cuando una plataforma estadounidense explotó en el gofo de México causando un grave daño ecológico en el área. "El derrame de 4.9 millones de barriles de petróleo en el Golfo de México durante 87 días, contaminó la costa estadunidense desde Texas hasta Florida"[162].

"Se estima que 3 mil 800 millones de litros entran cada año a los océanos como resultado de las actividades humanas, de éstos, sólo 8% se debe a fuentes naturales; por lo menos 22 % a descargas operacionales intencionales de los barcos, 12 % por derrames de buques y otro 36 % por las descargas de aguas residuales"[163].

La recuperación de un ecosistema tras un derrame de petróleo puede durar desde un año hasta décadas. Las implicaciones al medio ambiente son diversas: los derrames ocasionan la pérdida de la biodiversidad debido a la contaminación del ambiente natural; la economía se ve afectada debido a la paralización de la industria pesquera y turística; los hidrocarburos más livianos se evaporan después del derrame viajando varios kilómetros y en el caso de una exposición prolongada a éstos se puede tener daños graves a la salud como cáncer.

2.3.3 Impactos ambientales y sociales del gas no convencional

Ante la necesidad de explotar los recursos no convencionales para poder abastecer la demanda creciente de energía, la explotación del gas de lutitas es en la actualidad una de las principales opciones para poder obtener recursos energéticos. Sin embargo, la explotación de este gas conlleva a una serie de impactos que van desde afectación al agua, la atmosfera, la flora y fauna, hasta la salud humana, incluso hasta tiene implicaciones en la sismicidad.

La principal diferencia entre los yacimientos convencionales y no convencionales es que estos últimos se encuentran más dispersos que los primeros, es decir, que no se pueden encontrar gas en

---

[161] Julián Miglierini, "Derrame: las lecciones de México", (en línea), Campeche, México, BBC Mundo, 16 de junio de 2010, dirección http: (*http://bbc.in/QoEYud*), citado el 19 de agosto de 2013

[162] S/a, "British Petroleum, culpable por el derrame en el Golfo de México", (en línea), México, Periódico La Jornada, Sección Economía, 16 de noviembre de 2012, pág. 27, dirección http: (*http://bit.ly/P4sNSn*), citado el 19 de agosto de 2013

[163] Greenpeace, *Impactos ambientales del petróleo*, (en línea), 2012, dirección http: (*http://bit.ly/1navdO0*), citado el 19 de agosto de 2013, pág. 1

grandes cantidades, además su extracción es más difícil debido al tipo de roca en donde se encuentran. El gas de lutitas recibe su nombre por la roca en donde se encuentra (lutita), la cual es una roca que no permite que el gas salga de ella fácilmente.

Debido a que los yacimientos de gas no convencional se encuentran dispersos, es necesario que la perforación de pozos se incremente para poder obtener una producción de gas económicamente rentable; es ahí donde se producen la mayor parte de los impactos ambientales. "A diferencia de los recursos convencionales, los cuales necesitan menos de un pozo por 10 km^2, los recursos no convencionales necesitan más de un pozo por km^2"[164]. Cada pozo puede llegar a tener una profundidad entre 2 y 3 km.

La extracción del gas de lutitas produce más emisiones de GEI que la extracción de gas convencional. De la extracción se puede emitir CH_4 y CO_2 debido a la fuga de estos gases del pozo. "Las operaciones en un pozo de gas no convencional duran generalmente 24 horas al día, creando humo y ruido constantemente y pueden durar días o meses dependiendo del tipo de roca que se encuentre"[165].

Para liberar el gas de la roca se necesita la fracturación hidráulica. Esta técnica es usada en algunos yacimientos convencionales y siempre se usa para los no convencionales. Sin embargo, existe el riesgo de aumentar la sismicidad en la zona debido a esta técnica. "Han habido sismos asociados a la producción de gas no convencional. Por las fracturas hechas a la roca, la fracturación hidráulica siempre genera pequeños sismos. Estos sismos son muy débiles como para ser percibidos, sin embargo pueden aumentar su magnitud si las fracturas llegan a una falla geológica, lo cual ya ocurrió en el Reino Unido"[166].

Para la extracción del gas no convencional se necesita una gran cantidad de agua. "Cada pozo necesita entre 1,000 y 20,000 metros cúbicos de agua, cantidad mayor a la utilizada para el gas convencional"[167]. Teniendo en cuenta que se necesitan una mayor cantidad de pozos, la cantidad de agua requerida se vuelve uno de los principales problemas para la extracción del gas no convencional. Además, el agua se debe extraer de acuíferos cercanos, de lo contrario se debe usar una gran cantidad de maquinaria para traer el agua de lugares más lejanos.

En el caso de que el yacimiento se encuentre en zonas donde haya escases de agua (como en el caso de México) su extracción puede afectar al medio ambiente y a las comunidades locales. Las reservas más importantes de gas no convencional de México se encuentran en el norte, donde escasea el agua, por lo que este sería uno de los principales problemas para el desarrollo de esta industria.

La fracturación hidráulica es la actividad que más demanda agua. Para romper las rocas se usa agua combinada con arena y otros productos químicos. Esta mezcla es de aproximadamente 99% de agua y arena y el 1% restante de productos químicos. "Se sabe que algunos de estos productos son conocidos por ser tóxicos, cancerígenos y mutagénicos. Estos químicos pueden contaminar las aguas

[164] Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, nota 80, pág. 19
[165] *Ibidem,* pág. 23
[166] *Ibidem,* pág. 26
[167] *Ibidem,* 30-31

subterráneas debido a fallas en la integridad del pozo y la migración de contaminantes a través de vías subterráneas. Entre un 15% y un 80% del fluido inyectado retorna a la superficie como agua de reflujo, el resto permanece bajo tierra. Esto contendrá aditivos tales como metales pesados, hidrocarburos y elementos naturalmente radioactivos"[168].

Se calcula que las reservas mundiales de recursos no convencionales, tanto gas como petróleo, son equivalentes a las convencionales. La extracción de gas no convencional podría ser la respuesta a corto plazo ante el agotamiento del gas natural y petróleo en México, además es un recurso que libera menos contaminantes que el petróleo. Sin embargo, su extracción se debe realizar bajo las más estrictas medidas de seguridad para evitar daños al medio ambiente y a la sociedad.

La dependencia hacia los hidrocarburos representa un riesgo económico y energético, ya que se está a expensas de la disponibilidad y precios de estos recursos. A medida que las reservas y la producción de energéticos disminuyen, la industria nacional cuenta con menos capacidad para satisfacer la demanda energética interna, provocando que estos recursos deban ser adquiridos del exterior y por lo tanto que el país sea dependiente económica y energéticamente.

Se ha utilizado a los hidrocarburos como la base fundamental de la economía y de la generación de energía, sin embargo esto ha provocado el agotamiento de las reservas convencionales de hidrocarburos y la disminución de la producción primaria de energía. No obstante, se sigue privilegiando la sobreexplotación de los hidrocarburos convencionales y no convencionales y, con la nueva política energética, la renta obtenida por la exploración de estos recursos ya no será exclusiva de la nación, sino que ahora parte de las ganancias se tendrán que compartir con la iniciativa privada, principalmente internacional.

Al ser los hidrocarburos la principal fuente de energía de nuestro país, es importante realizar una transición energética para tener un aprovechamiento eficiente de la energía y diversificar la matriz energética nacional. "Un informe para el Departamento de Energía de Estados Unidos alerta sobre el problema y advierte que sólo el cambio de combustibles llevará dos décadas"[169].

En el siguiente capítulo se analizará la importancia de la transición energética ya que si no hay una industria energética nacional capaz de satisfacer las necesidades del país, se estará a expensas económica y energéticamente del exterior, lo cual podría afectar la seguridad nacional.

---

[168] Greenpeace, *Gas Natural por Fracturamiento Hidráulico*, (en línea), 2011, dirección http: (*http://bit.ly/QoFqsl*), citado el 15 de agosto de 2013, pág. 2

[169] Roberto Bermejo, *Un futuro sin petróleo: colapsos y transformaciones socioeconómicas*, Madrid, Libros de la Catarata, 2008, pág. 112

Capítulo 3: Transición energética y Seguridad Nacional

3.1 Energías renovables

"La energía renovable, llamada también energía alternativa, abarca una serie de fuentes energéticas que se regeneran de manera natural y que son prácticamente inagotables en el tiempo"[170]. Estos recursos se han aprovechado desde hace tiempo, incluso antiguamente se utilizaban más que otras fuentes de energía como el petróleo, el carbón o el gas natural. Parte de la producción de energía provenía de la fuerza del hombre o de los animales, pero la energía solar, eólica e hidráulica aportaban la mayor parte de la energía utilizada; por ejemplo, el uso del viento para impulsar embarcaciones, molinos, etc. Sin embargo, la creciente demanda de energéticos provocó que se los combustibles fósiles se convirtieran en la base de la generación de energía; no obstante son recursos que no se regeneran al ritmo de consumo humano y por lo tanto llegará el momento en el que dejaran de existir.

Las energías renovables afectan en menor medida al medio ambiente, además un país puede poseer diversos recursos dentro de su territorio como la luz solar, el viento, y desechos orgánicos, los cuales pueden ser aprovechados para generar energía a diferencia de los combustibles fósiles que no se encuentran distribuidos de manera uniforme en el planeta y por lo tanto un país que no los posee depende de los recursos provenientes del extranjero.

Estas tecnologías no tienen la misma capacidad de generación de energía que las fuentes convencionales, sin embargo pueden utilizarse para diversificar la matriz energética y disminuir la dependencia hacia los combustibles fósiles. Por otra parte, la energía nuclear, a pesar de no tener una total aceptación, posee una gran capacidad de generación de energía y por lo tanto puede ser utilizada como una fuente de energía alterna a los hidrocarburos.

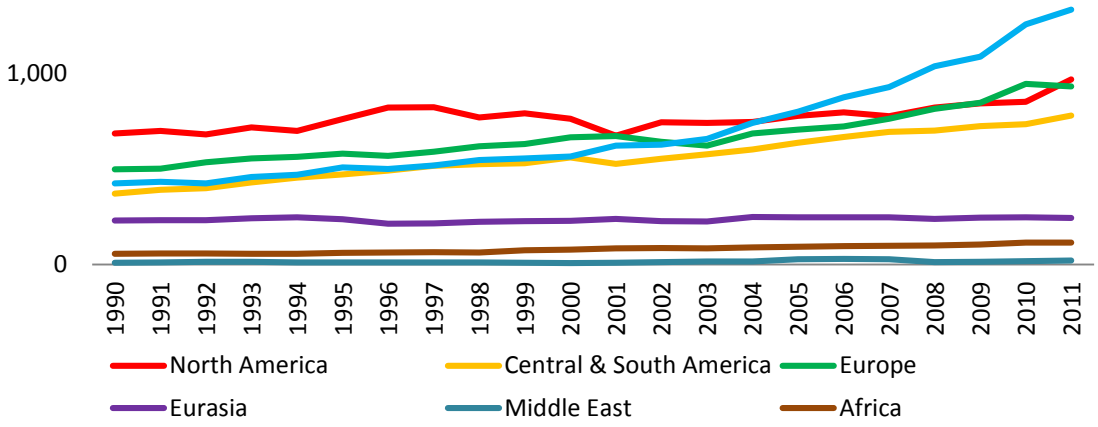
"El uso de energías renovables abarcó el 13% de la demanda de energía primaria a nivel mundial en el año 2010. Del año 2000 al 2010 la energía hidroeléctrica ha sido la fuente de energía renovable más importante, la generación de energía eólica creció 27% y la energía solar fotovoltaica 42% cada año durante este periodo"[171].

Según la EIA, en el año 2011 la región en donde se generó la mayor cantidad de energía renovable fue Asia y Oceanía con el 30%, le siguió Norte América con 22%, Europa con el 21%, Centro y Sudamérica 18%, Eurasia 6%, África 3% y Medio Oriente 0.5%[172]. (Gráfica 16)

---

[170] Antonio, Creus Solé, *Energías renovables*, Barcelona, Ediciones Ceysa, 2008, pág. 5
[171] Agencia Internacional de Energía, *World Energy Outlook 2012*, París, Francia, 2012, pág. 212
[172] Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA), *Estadísticas Internacionales de Energía*, (en línea), Estados Unidos, dirección http: (*http://1.usa.gov/1mhAjp3*), citado el 31 de agosto de 2013

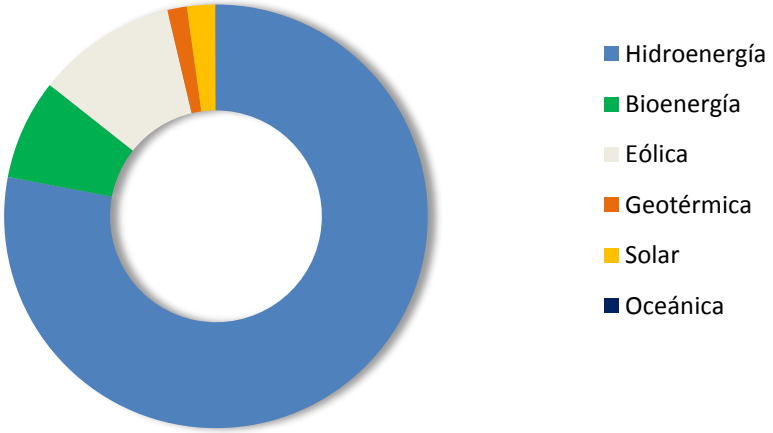
Gráfica 16. Generación mundial de energía renovable
Millones de KWh



Elaboración propia con información de EIA, *Estadísticas Internacionales de Energía*, (*http://1.usa.gov/1mhAjp3*)

En el año 2012 el país que consumió la mayor cantidad de energía renovable fue Estados Unidos con el 21.4%; le siguió China con 13.4%; Alemania 10.9%; España 6.3%; Brasil 4.7%; India 4.6%; Italia 4.6%; y Reino Unido con 3.5%; estos ocho países representaron el 73% del consumo mundial de energía renovable[173]. Ese mismo año, la fuente de energía renovable que generó la mayor cantidad de energía eléctrica a nivel mundial fue la hidroenergía con el 78%, le siguió la energía eólica con el 10%, bioenergía 7.6%, geotérmica 1.5%, solar 2% y oceánica 0.02%[174]. (Gráfica 17)

Gráfica 17. Generación de energía renovable 2012
TWh



Elaboración propia con información del Medium-term Renewable Energy Market Report 2013, pag.13

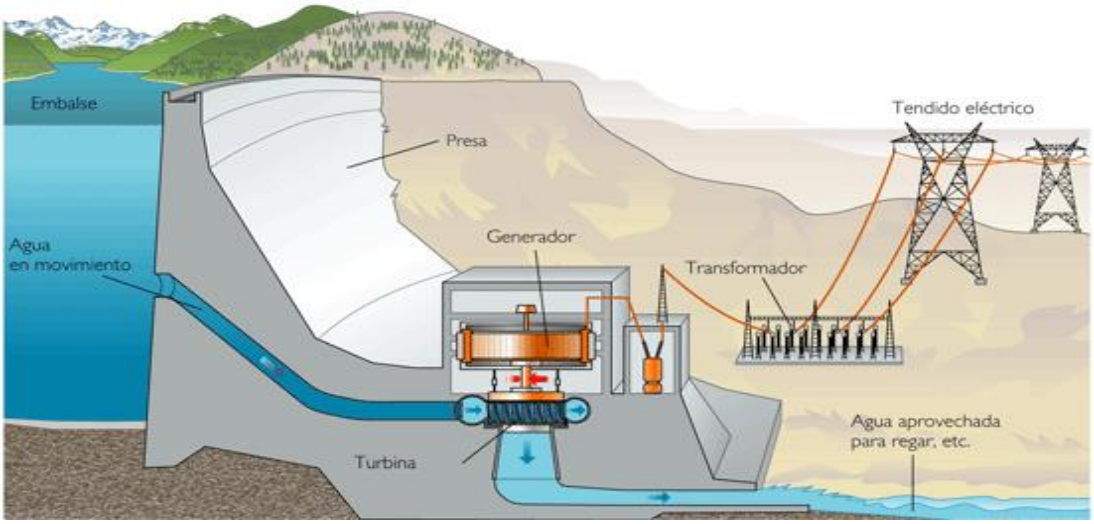
A continuación se expondrán las características de las energías renovables.

[173] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 38
[174] Agencia Internacional de Energía, *Medium-term Renewable Energy Market Report 2013*, París, Executive Summary, 2013, pag.13

3.1.1 Hidroenergía

La energía hidroeléctrica se obtiene aprovechando la fuerza del agua en movimiento. Las corrientes de agua, como los ríos, pueden ser usadas para que a través del choque entre el agua y turbinas se genere electricidad. "Si el agua se retiene o se desvía, se dispone de una energía potencial que puede convertirse a cinética por la caída o movimiento del agua, lo que permite generar energía eléctrica mediante turbinas y generadores. La turbina convierte la energía del agua en energía mecánica y a la vez se transforma en energía eléctrica"[175]. El uso del agua para generar electricidad es uno de los medios más eficaces que existen para obtener energía.

Ilustración 6. Central hidroeléctrica



Fuente: Patricia Luna, *Juntando energías para un futuro sostenible*, (en línea), España, Agencia de Ciencia y Tecnología, Región de Murcia, 2012, dirección http: (*http://bit.ly/1xVZFyo*), citado el 5 de septiembre de 2013

Existen varias clasificaciones de esta tecnología ya que no todos los recursos hídricos tienen el mismo potencial de generación. La clasificación más usada a nivel internacional es mediante la capacidad de generación que tenga una central hidroeléctrica:

Cuadro 12. Clasificaciones de la energía hidroeléctrica

Minihidroelectrica	Micro	5 ≤kW < 100 kW
	Minihidro	100 < kW < 1 MW
	Pequeña	1 ≤MW < 20 MW
	Mediana	20 ≤MW < 100 MW
Gran hidroeléctrica		100 ≤MW

Fuente: International Renewable Energy Agency (IRENA), *Tecnologías Energéticas Renovables*, Hidroenergía, pag.11

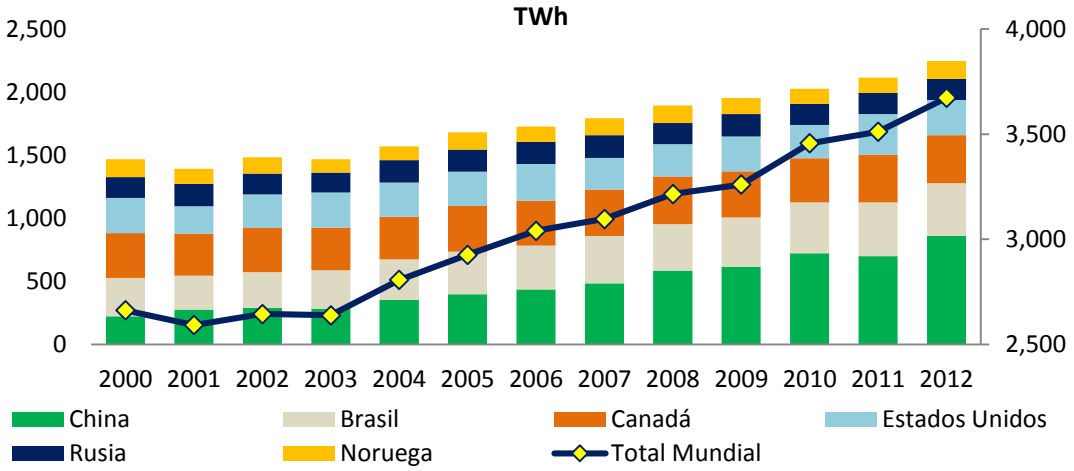
[175] Antonio, Creus Solé, *op. cit.*, nota 170, pág. 165

Las minihidroelectricas sirven para abastecer de electricidad a comunidades aisladas aprovechando las pequeñas corrientes de agua. La hidroeléctrica a gran escala se usa para satisfacer a grandes consumidores y se usan presas grandes para retener una gran cantidad de agua. "A nivel mundial existe una capacidad de generación instalada de 61 GW de minihidroelectrica. China es uno de los países en donde se ha instalado una gran cantidad de esta tecnología, produciendo en el año 2010 alrededor de 160 TWh"[176]. "En el año 2010 el sistema de generación de Noruega era casi 100% dependiente de la hidroenergía; en Brasil representó el 84% y el 74% en Venezuela. 1/5 parte del sistema eléctrico de Rusia se basa en la hidroelectricidad, mientras que en China, a pesar de tener la mayor capacidad de generación del mundo, solo el 17% de su electricidad proviene de la hidroenergía"[177].

Según la IRENA la capacidad mundial de generación de energía hidroeléctrica es casi 5 veces mayor al total instalado actualmente. El potencial mundial de hidroelectricidad es de 15,955 TWh/año; los países con el mayor potencial son: China (2,474 TWh), Rusia (1,670 TWh), Estados Unidos (1,339 TWh), Brasil (1,250 TWh), Canadá (827 TWh), R.D. Congo (774 TWh) e India (660 TWh). México tiene un potencial de 135 TWh[178].

En el año 2012 la región en donde se generó más hidroelectricidad fue Asia Pacífico. Los países con la mayor generación fueron China (23%), Brasil (11%), Canadá (10%), Estados Unidos (7.6%), Rusia (4.5%) y Noruega (4%)[179]. (Grafica 18)

Gráfica 18. Generación de hidroenergía a nivel mundial 2000-2012



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2013, pág. 36

"La IEA calcula que la capacidad de generación de la hidroenergía crecerá de 1,067 GW en 2011 a casi 1,680 GW en 2035. La capacidad de China alcanzará para ese año casi la totalidad de la capacidad total actual de los países miembros de la OCDE. No se espera que la capacidad de

[176] Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Hidroenergía*, Emiratos Árabes Unidos, Volumen 1: Sector energía, Tema 3/5, Junio 2012, pág. 12
[177] *Ibidem,* págs. 14-15
[178] *Ibídem,* pág. 13
[179] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 36

generación crezca demasiado en los países miembros de la OCDE ya que muchos de los recursos ya están siendo explotados. Cerca del 90% de este crecimiento se dará en el resto de los países donde queda mucho potencial"[180].

3.1.1.1 Hidroenergía en México

Según el Sistema de Información Energética (SIE) se generaron en el año 2013 alrededor de 41,532 GWh de energía hidroeléctrica; es decir que representó en ese año aproximadamente el 15% de la generación nacional de energía eléctrica.

Cuadro 13. Clasificación por tipo de central hidroeléctrica en México

Micro	≤ 100 kW
Mini	100 < kW < 1,000
Pequeña	1 ≤MW < 30

Fuente: Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, pág. 73

México tiene un gran potencial en hidroelectricidad, sobre todo en minihidroelectrica, ya que existe un potencial probado de 1,365 GWh/año para minihidroeléctrica[181].

Para abril de 2013 la Comisión Reguladora de Energía (CRE) había otorgado 167 permisos para que privados puedan generar energía a base de energías renovables. De éstos, 35 se han otorgado para hidroelectricidad y representan una capacidad de 453 MW.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuenta con 30 grandes Hidroeléctricas, es decir, por arriba de los 30 MW de capacidad de generación. Todas estas centrales suman una capacidad de generación de 11,254 MW. Las hidroeléctricas más grandes del país son: Chicoasén (Chiapas), Infiernillo (Guerrero), Malpaso (Chiapas), Solidaridad (Nayarit), Angostura (Chiapas) y El Cajón (Nayarit). Estas 6 centrales suman 7,250 MW, es decir, el 63% de la capacidad hidroeléctrica nacional[182].

3.1.1.2 Ventajas y desventajas de la energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica tiene una serie de ventajas que la hacen más accesible y eficaz que otras energías renovables. Por ejemplo, la pequeña hidroeléctrica puede brindar energía eléctrica a comunidades alejadas de la red eléctrica preservando el medio ambiente local.

En el caso de las grandes hidroeléctricas se pueden crear zonas pesqueras y aumentar la disponibilidad de agua para la agricultura o ganadería gracias a la creación de grandes embalses; incluso hay beneficios para otras actividades como el turismo. Con este tipo de proyectos se puede impulsar el desarrollo económico de las comunidades cercanas.

---

[180] Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, nota 171, pág. 225

[181] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*, México, 2014, pág. 25

[182] Comisión Federal de Electricidad, *Centrales generadoras*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1i3yrLs*), citado el 18 de abril de 2014

Además esta tecnología puede satisfacer la demanda de energía de forma casi inmediata; "la hidroenergía es la fuente de generación energía disponible más flexible ya que es capaz de responder a las fluctuaciones de la demanda en minutos, esto en contraste a otras plantas generadoras donde el arranque puede tomar varias horas. Cuando se cuenta con una reserva suficiente de agua se puede almacenar electricidad durante semanas e incluso años para poder abastecer los picos de demanda"[183].

Hay hidroeléctricas en el mundo con más de 100 años en operaciones, lo cual demuestra que esta tecnología puede llegar a ser una fuente constante de energía ya que no depende de ningún tipo de combustible y se abastece solamente del flujo del agua el cual puede ser constante dependiendo de la disponibilidad del agua, la temporada, etc.

Desafortunadamente existen una serie de impactos entorno a la creación de grandes hidroeléctricas ya que se deben inundar grandes aéreas para poder crear la reserva; esto puede destruir el ecosistema que rodea a las corrientes de agua afectando a la flora y fauna, además el cauce de los ríos es modificado por la construcción de la presa, esto provoca alteraciones en el ecosistema y en las comunidades locales.

Se puede afectar las corrientes migratorias de ciertos animales, especialmente peces, los cuales tienen ubicadas sus zonas de reproducción rio arriba y se ven imposibilitados de llegar a ellas debido a la presencia de la presa. "Las últimas tecnologías, como las escaleras de peces, los ayudan a pasar por encima de las presas y a entrar en zonas de desove a contracorriente, pero la presencia de las presas hidroeléctricas cambia sus patrones migratorios y perjudica a las poblaciones"[184].

No existen emisiones de gases contaminantes por la generación eléctrica, pero si las hay por la construcción de la presa y por la descomposición del material orgánico que se queda atrapado en el amblase y no puede fluir rio abajo. "Las presas hidroeléctricas producen cantidades significativas de dióxido de carbono y metano. Esto se debe a que grandes cantidades de carbono contenido en árboles y plantas son liberadas cuando el área es inundada y la materia orgánica se pudre. Después, la materia orgánica asentada en el fondo del lago se descompone sin la presencia de oxigeno, resultando en la liberación de metano a la atmosfera cuando el agua pasa a través de las turbinas"[185].

Además, "en ocasiones el agua de la presa es inhabitable para los peces porque es mucho más fría y su nivel de oxigeno es pobre. Cuando esta agua es descargada puede matar a las poblaciones de

[183] Agencia Internacional de Energía Renovable, *op. cit.*, nota 176, pág. 4

[184] National Geographic, *Energía Hidroeléctrica*, (en línea), dirección http: (*http://bit.ly/1jO1ua8*), ciado el 4 de diciembre de 2013.

[185] Duncan Graham-Rowe, "Hydroelectric power's dirty secret revealed", (en línea), s/lugar de edición, New Scientist Magazine, vol. 2488, núm. 26, febrero de 2005, dirección http: (*http://bit.ly/1nsHz1q*), citado el 5 de septiembre de 2013.

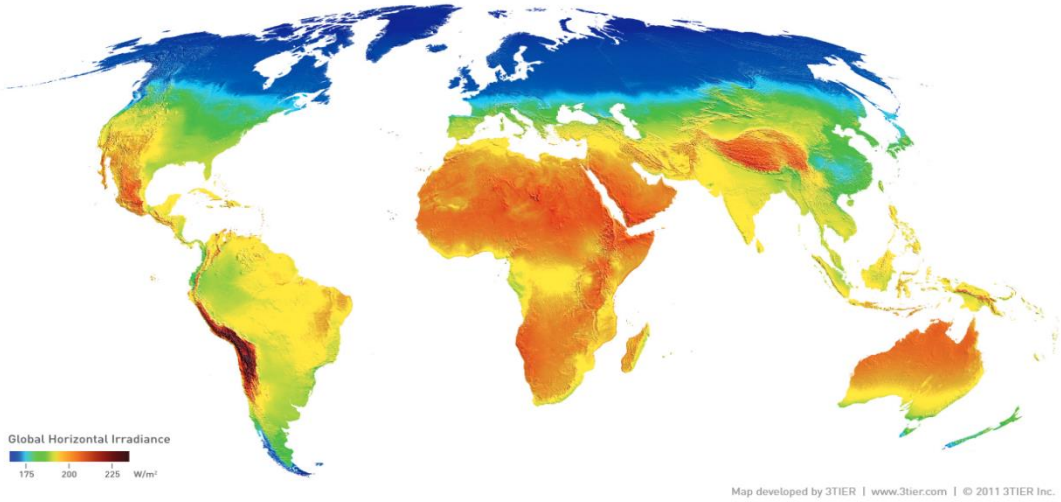
peces que viven rio abajo, las cuales están acostumbradas a agua más tibia y con mayor cantidad de oxígeno”[186].

A continuación se hablará sobre la energía solar, la cual ha adquirido una gran importancia a nivel nacional e internacional en los últimos años debido a que se aprovecha la principal fuente de energía existente, el sol.

3.1.2 Energía solar

El sol es la principal fuente de energía de nuestro planeta, interviene en muchos de los procesos naturales, además de que proporciona calor y luz. El sol da origen al ciclo del agua y es vital para la vida en nuestro planeta, sin embargo, es una de las fuentes de energía renovable menos usadas, solo superando a la energía mareomotriz. Se calcula que anualmente llegan a la tierra alrededor de 885 millones de TWh de energía proveniente del sol, aunque su distribución depende de la geografía y las condiciones meteorológicas. (Mapa 9)

Mapa 8.Irradiación solar mundial (W/m2)



Fuente: 3Tier, 2012, (*www.3tier.com*)

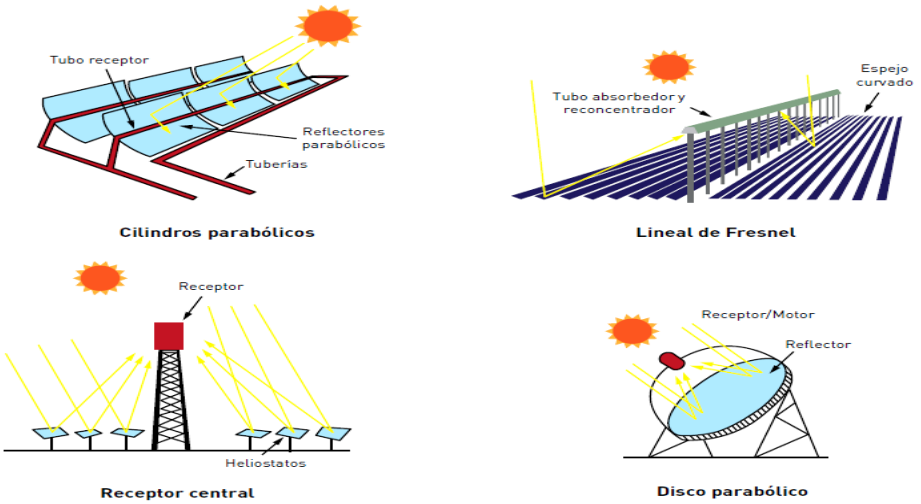
“La energía solar es la energía que se produce en el Sol debido a la continua reacción termonuclear que en su interior se lleva a cabo a temperaturas de varios millones de grados. La reacción básica en el interior del Sol es la fusión nuclear en la cual cuatro protones (de Hidrógeno) se combinan para formar un átomo de Helio; como consecuencia de ello, la masa “perdida” se convierte en energía en forma de radiación (energía electromagnética). La energía solar que nos llega a la Tierra es radiada por el Sol a una razón de 66 MW/m²”[187].

[186] Agencia para la Protección del Ambiente, *Hidroelectricidad*, (en línea), Gobierno de Estados Unidos, dirección http: (*http://1.usa.gov/P8Wb9S*), citado el 4 de septiembre de 2013.
[187] Asociación Nacional de Energía Solar, *Energía renovable*, (en línea), México D.F., dirección http: (*http://bit.ly/1hZcn4C*), citado el 5 de septiembre de 2013.

Existen dos formas de aprovechar la luz proveniente del sol: mediante celdas fotovoltaicas y celdas térmicas. Los sistemas térmicos transforman la luz del sol en calor; la luz es captada mediante espejos los cuales concentran la luz en un área determinada que contiene un fluido, el cual puede ser aceite, sal, agua, etc.; éste sirve para generar vapor y posteriormente producir electricidad mediante un generador. Dado que solo funcionan con el contacto directo con el sol, los sistemas térmicos solo pueden aprovecharse en zonas de alta irradiación solar como los desiertos pero tienen la ventaja de seguir produciendo electricidad varias horas después del anochecer dado que el fluido que utilizan continúa caliente y puede seguir produciendo vapor.

"Existen 4 tipos principales de concentradores: canal parabólico, concentrador lineal, plato parabólico y torre central. Los primeros dos se clasifican como sistemas de foco lineal, donde la radiación solar es concentrada sobre un receptor alargado en cuyo interior el fluido de trabajo circula y se va calentando progresivamente en su recorrido. Por otro lado, los dos últimos sistemas son de foco puntual, donde el receptor es mucho más pequeño y el fluido es calentado de una manera mucho más rápida a su paso por él"[188].

Ilustración 7. Tipos de concentradores solares



Fuente: s/a, *Centrales solares termoeléctricas*, (en línea), España, Atmosferis, 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1lVU5na*), citado el 5 de septiembre de 2013

"Los sistemas de disco paraboloidal consisten en un concentrador en forma de plato parabólico con un receptor en la zona focal. Este tipo tecnología es actualmente la más eficiente y más desarrollada de todas las tecnologías solares, con cerca de 25% de eficiencia neta de conversión de la energía solar a eléctrica"[189].

---

[188] Claudio A. Estrada Gasca, *et al*., *Visión a Largo Plazo Sobre la Utilización de las Energías Renovables en México: Energía Solar*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigación en Energía, Documento preparado para la Dirección General de Desarrollo Tecnológico de la Subsecretaría de Planeación y Desarrollo Tecnológico, SENER, 2005, pág. 5

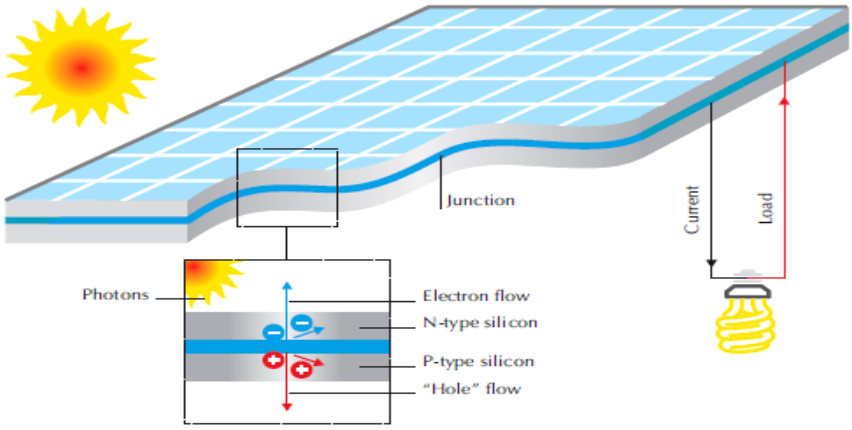
[189] *Ibidem,* pág. 9

"Los sistemas de Torre Central utilizan un gran campo de espejos planos, llamados helióstatos, que siguen al sol para enfocar la radiación solar en un receptor central (intercambiador de calor) montado en lo alto de una torre y producen temperaturas aproximadas de 500 a 1500°C. Estas plantas son ideales para escalarse en el rango de 30 a 400 MW de capacidad y su eficiencia alcanza el rango de 8 a 13%"[190].

Algunos de estos sistemas cuentan con 6 a 7 horas de capacidad de almacenamiento térmico. España y Estados Unidos poseen aproximadamente el 90% de la capacidad térmica mundial. A principios de 2012 España dominaba la capacidad mundial instalada de sistemas térmicos con alrededor de 1,330 MW; le siguió Estados Unidos con 518 MW. Actualmente el 94% de los sistemas térmicos son de tipo parabólico y estos sistemas suman una capacidad mundial de 1.8 GW[191].

Por otro lado, los sistemas fotovoltaicos o celdas fotovoltaicas convierten la luz del sol directamente en energía eléctrica. "El efecto fotovoltaico es cuando dos materiales semiconductores diferentes (por ejemplo, silicio, germanio) en estrecho contacto entre sí generan una corriente eléctrica cuando se exponen a la luz solar. La luz del sol proporciona a los electrones la energía necesaria para salir de sus límites y cruzar la unión entre los dos materiales. Esto le da a un lado de la celda una carga negativa con respecto a la otra parte, generando así voltaje y una corriente directa. Además se puede producir electricidad en días nublados"[192].

Ilustración 8. Celda fotovoltaica



Fuente: IRENA, *Tecnologías Energéticas Renovables*, Solar fotovoltaica, pag.11

Las celdas fotovoltaicas de primera generación están compuestas principalmente de silicón, teniendo una eficiencia de hasta 19% y son las más vendidas actualmente dado su bajo costo. Las celdas de segunda generación están compuestas de elementos como el cadmio, telurio, cobre, indio y galio, este tipo de celdas son más baratas y más fáciles de producir y algunas alcanzan una

[190] *Ibidem,* pág. 11

[191] Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Energía Solar Concentrada*, Emiratos Árabes Unidos, Volumen 1: Sector energía, Tema 2/5, Junio 2012, pág. 11

[192] Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Solar Fotovoltaica*, Emiratos Árabes Unidos, Volumen 1: Sector energía, Tema 4/5, Junio 2012, pág. 4

eficiencia de 20%. Las celdas de tercera generación tienen poco tiempo de haberse desarrollado, estas usan espejos para aumentar la luz solar y de esta manera aumentar la capacidad de la celda; éstas usan celdas con elementos como el galio, germanio e indio, además de elementos orgánicos. Pueden alcanzar una eficiencia del 20% al 59% pero tienen un alto costo; algunas de estas celdas son usadas en la industria espacial[193].

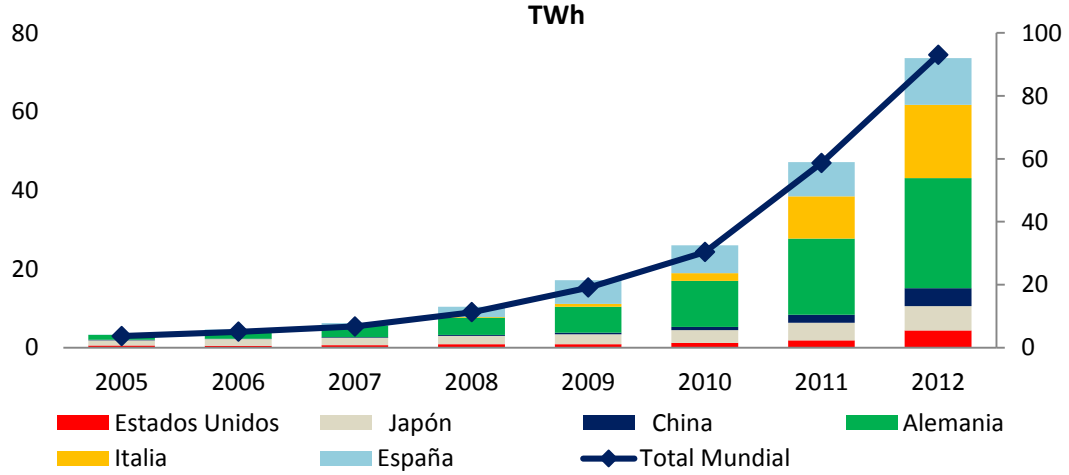
Al final del año 2011 la capacidad mundial de sistemas fotovoltaicos fue de aproximadamente 67 GW. Alemania es el país con la mayor capacidad instalada y en el año 2011 se instalaron en ese país alrededor de 7 GW. A pesar de ser una de las fuentes renovables de mayor crecimiento, aproximadamente el 0.2% de la energía mundial es producida por los sistemas fotovoltaicos[194].

Según la EIA en el año 2012 la capacidad mundial de generación solar fue de 81 GW aproximadamente. Los países miembros de la OCDE contaron con la mayor parte de esa capacidad con 75 GW (92% aproximadamente), mientras el resto de los países contó solamente con 7 GW de capacidad. Alemania es el país con mayor capacidad con aproximadamente 32 GW mientras que China es el mayor productor de sistemas fotovoltaicos con el 60% de la producción mundial.

En el año 2012 se consumieron aproximadamente 93 TWh de energía solar, a comparación del año 2011 cuando se consumieron alrededor de 59 TWh, es decir, hubo un aumento de alrededor de 58%. El consumo de energía solar ha incrementado en los últimos años a pesar de ser una de las fuentes de energía renovable menos utilizadas y se espera que en los próximos años siga esta tendencia.

La región con la mayor generación en el año 2012 fue Europa y Eurasia con el 76% de la generación mundial. Alemania generó el 30% de la energía solar mundial, le siguió Italia con 20%, Japón 6.7%, China 4.9%, Estados Unidos 4.7%, Francia 4.3% y Australia 3.1%[195]. (Gráfica 19)

Gráfica 19. Generación mundial de energía solar 2005-2012



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2013, pág. 38

[193] *Ibidem,* págs. 4-8
[194] *Ibidem,* págs. 12-13
[195] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 38

3.1.2.1 Energía solar en México

"México se localiza geográficamente entre los 14° y 33° de latitud septentrional 63; esta característica resulta ideal para el aprovechamiento de la energía solar, pues la irradiación global media diaria en el territorio nacional es alrededor de 5.5 KWh/m2/d, siendo uno de los países con mayor potencial en aprovechamiento de la energía solar en el mundo"[196].

Mapa 9. Irradiación solar en México

Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM, Mapas estacionales de irradiacion solar global para la Republica Mexicana, (*http://bit.ly/1eKfz9s*)

"La distribución de la insolación (periodo en que la radiación solar calienta la superficie terrestre) en el país contempla la cantidad promedio de días despejados y nublados para cada región; así se tiene que el noroeste y norte del país (Sonora, Chihuahua y Baja California) presentan la mayor insolación, la cual va disminuyendo hacia la altiplanicie, siendo más notoria la reducción en el sureste y en la costa del Golfo de México (por la gran cantidad de días nublados)"[197].

A pesar de estas ventajas, en México esta fuente de energía sigue sin aprovecharse. Según el SIE la capacidad efectiva de generación solar en México en el año 2013 fue de 6 MW (solar fotovoltaico) y se generaron alrededor de 13 GWh. Es decir que la energía solar representó en ese año menos del 1% de la capacidad instalada y 0.004% de la generación nacional de energía eléctrica. En México existe un potencial probado de generación de 542 GWh/año para energía solar[198].

Para abril de 2013 la Comisión Reguladora de Energía (CRE) ha otorgado 17 permisos para que privados puedan generar energía solar; éstos representan alrededor de 251 MW de capacidad pero solo está en operación 1 MW.

---

[196] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, México, 2012, pág. 81

[197] Brailovsky P., Torres D. y Romero S., *Energía solar térmica; energías renovables: Impulso político y tecnológico para un México sustentable: Capítulo 10*. USAID-ITAM, 2011 en Secretaría de Energía, Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026, México, 2012, pág. 83

[198] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*, *op. cit.*, nota 181, pág. 25

"Actualmente en México no se cuenta con centrales en operación que utilicen tecnología solar térmica. Sin embargo, en el estado de Sonora se encuentra el proyecto Agua Prieta II, a cargo de la CFE, mismo que consiste de un sistema híbrido de ciclo combinado (477 MW_e) y de un campo termosolar de canales parabólicos con una potencia de 14 MWe en un área de 600,000 m^2. Se espera que el proyecto entre en operación en 2014"[199].

Las dos regiones con la mayor insolación tienen un potencial de aproximadamente 2,844 MW para la instalación de tecnologías termosolares. Esta tecnología se aplica principalmente para calentamiento de agua en el sector residencial, industrial y, recreativo. Hasta el año 2011 se tenían instalados más de 2 millones de metros cúbicos de calentadores solares de los cuales el 57% se encontraban en el sector residencial, 32% en albercas, 6% en hoteles y 5% en la industria. Existe la posibilidad de incrementar esta cantidad un 32% anual durante los próximos 10 años[200].

3.1.2.2 Ventajas y desventajas de la energía solar

El sol es una fuente prácticamente inagotable de energía ya que le restan miles de millones de años de vida. Se estima que la cantidad de luz proveniente del sol que llega a la Tierra durante una hora podría abastecer las necesidades energéticas mundiales durante un año. Por otro lado, esta tecnología no requiere combustibles para generar electricidad, lo que provoca que no haya emisiones contaminantes en el proceso de generación de energía.

Los sistemas fotovoltaicos pueden proveer de energía a comunidades aisladas, además pueden instalarse prácticamente en cualquier lugar como edificios o casas debido a su tamaño. La generación de electricidad puede hacerse cerca o dentro de las áreas de consumo, no como las demás fuentes renovables de energía que están lejos de estas áreas. "Las celdas fotovoltaicas son pequeñas y pueden ser usadas prácticamente donde sea a comparación de otras tecnologías. Además, tienen un costo de operación y mantenimiento relativamente bajo"[201].

La tecnología solar es muy útil en países donde prevalecen altas temperaturas durante el día ya que se necesitan de sistemas de enfriamiento en edificios y casas los cuales demandan una gran cantidad de energía. Sin embargo, al utilizar el sol como fuente de energía, cuando se llega a horas donde ya no hay luz solar estas centrales dejan de producir electricidad.

Existen varias formas para resolver este inconveniente, una de ellas es el uso de los fluidos de calentamiento en los sistemas térmicos que alcanzan temperaturas de aproximadamente 200°C, lo que permite seguir generando vapor después de que el sol se oculte. Por otro lado, algunos sistemas fotovoltaicos incorporan baterías las cuales se usan para almacenar la energía para usarla en las noches. Una medida adoptada en varios países es la de construir plantas de ciclo combinado junto a

---

[199] *Ibidem,* pág. 53

[200] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Generación Térmica, (en línea), Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCASOL), dirección http: (*http://bit.ly/1masNil*), citado el 6 de septiembre de 2013

[201] Agencia Internacional de Energía Renovable, *Solar Fotovoltaica, op. cit.*, nota 192, pág. 4

las plantas de energía solar para que cuando dejen de producir, las plantas de ciclo combinado entren en funcionamiento.

Sin embargo, los altos costos y la baja eficiencia hacen que estas tecnologías tengan desventaja frente a otras. Además existen impactos al medio ambiente ocasionados por las tecnologías solares; por ejemplo: "las celdas solares contienen algunos materiales potencialmente peligrosos como tetracloruro de silicio, cadmio, selenio, y hexafluoruro de azufre, un potente gas de efecto invernadero"[202].

El Cadmio es un material que provoca cáncer, afecta los pulmones, al sistema reproductivo y puede causar mutaciones. El Indio es otro material que puede provocar daños a los pulmones. La mayoría de los efectos por contaminación de estos materiales se producen en la etapa de fabricación de las celdas solares y en su reciclado; algunas personas desarrollan enfermedades por tener contacto con estos elementos durante estas etapas. "Se estima que se necesitan alrededor de 200 kg de compuestos de Cadmio para producir 2 MW anuales de celdas solares"[203]. "Una central solar de 1,000 MW generará 6,850 toneladas de residuos peligrosos durante una vida de 30 años. Una planta de energía solar térmica comparable requeriría metales para su construcción que generarían 435,000 toneladas de residuos, de las cuales 16,300 toneladas serían plomo y cromo, los cuales se consideran peligrosos"[204].

La disponibilidad de agua puede ser un problema para los sistemas térmicos ya que se localizan en regiones donde escasea este líquido, "debido a que se requieren de 15,000 a 20,000 m3/MW por año"[205].

Por otro lado, se requiere de una gran extensión de terreno para instalar ya sea sistemas térmicos o fotovoltaicos para poder generar cantidades considerables de energía. "Para sustituir una planta nuclear de 900 MW con paneles solares se tendría que cubrir un área de 70 kilómetros cuadrados, tomando en cuenta las eficiencias y el tiempo que las plantas efectivamente producen electricidad en el año, lo cual se conoce como factor de planta"[206].

Sin embargo, muchos de estos impactos pueden prevenirse con medidas de seguridad tomadas tanto en la etapa de producción como en la recolección para el reciclado. Los materiales peligrosos deben ser recolectados bajo rigurosas medidas de seguridad para evitar que las personas que estén en contacto con ellos contraigan enfermedades. Tomando medidas de seguridad puede hacerse de

---

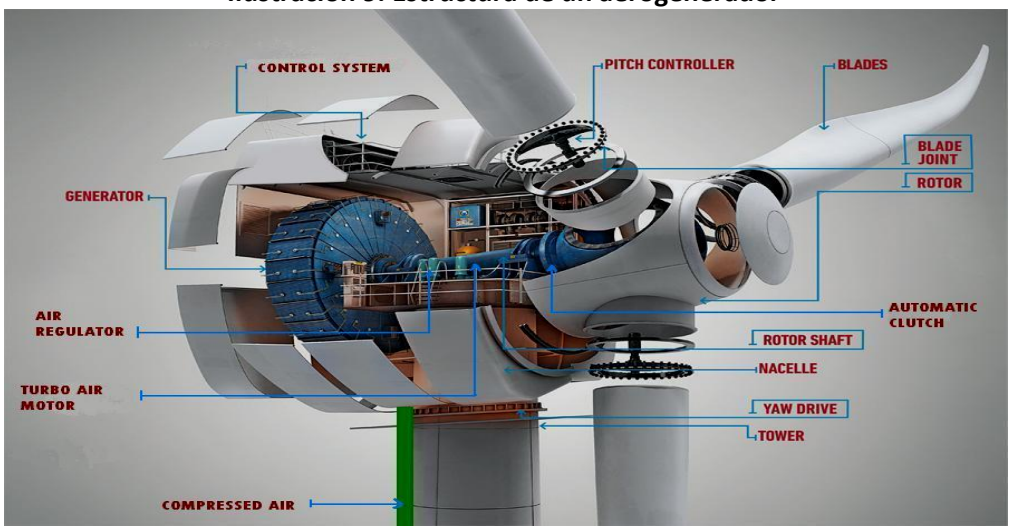
[202] Eric Gies, "Are solar panels the next e-waste?", (en línea), Reino Unido, The guardian, viernes 3 de septiembre de 2010, dirección http: (*http://bit.ly/1tf6nOr*), consultado el 17 de septiembre de 2013.
[203] Ecologistas en acción, *Impacto medioambiental de la producción de ESFV*, (en línea), España, Junio de 2007, dirección http: (*http://bit.ly/1j8f84O*), citado el 17 de septiembre de 2013.
[204] Ashutosh Jogalekar, "Nuclear vs renewables: A tale of disparities", (en línea), Estados Unidos, Scientific American, 22 agosto de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1nsJ13V*), citado el 22 de octubre de 2013
[205] Claudio A. Estrada Gasca, *et al*., *op. cit*., nota 188, pág. 16
[206] Francisco Acosta, "Mitos y realidades de la energía solar", (en línea), México, Forbes, 5 de septiembre de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1gMycID*), citado el 18 de septiembre de 2013.

la energía solar una tecnología con el menor impacto ambiental y social y una de las principales fuentes de energía.

3.1.3 Energía eólica

La energía eólica es la segunda tecnología renovable de mayor uso en el mundo, sólo detrás de la hidroeléctrica. Es la energía que se produce aprovechando la fuerza cinética del viento, la cual empuja una turbina generando energía mecánica. La turbina se encuentra conectada a un generador, el cual aprovecha la energía mecánica de la turbina para producir electricidad. Estos aerogeneradores son colocados en grupos para formar campos eólicos e incrementar la generación de electricidad.

Ilustración 9. Estructura de un aerogenerador



Fuente: Bridgette Meinhold, *GE's Gigantic Offshore Wind Turbine is 25% More Efficient*, (en línea), Inhabitat, 2010, dirección http: (*http://bit.ly/1mlOxY7*), citado el 20 de septiembre de 2013

"La capacidad promedio de un aerogenerador es de 1.16 MW, mientras que las tecnologías más nuevas usan turbinas entre 2 y 5 MW. La generación de un aerogenerador es determinada por la capacidad de la turbina, la velocidad del viento, el peso de la turbina y el diámetro de los rotores. Las turbinas comerciales actuales generalmente tienen 3 aspas con un diámetro de 80 a 100 metros, mientras que los campos eólicos los conforman generalmente entre 15 y 150 turbinas"[207].

Existen varias maneras de incrementar la capacidad de un aerogenerador, como el diseño de las aspas, el cual debe aprovechar al máximo la potencia del viento, o el tamaño del rotor. Además, a mayor altura el viento sopla más fuerte, por ello entre más altos sean los aerogeneradores mayor será la generación de electricidad. "Las turbinas suelen comenzar a generar electricidad a una velocidad del viento de 3 a 5 m/s, alcanzan una potencia máxima a 15 m/s, y en general dejan de

[207] Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Energía Eólica*, Emiratos Árabes Unidos, Volumen 1: Sector energía, Tema 5/5, Junio 2012, págs. 4-5

girar una velocidad de viento de alrededor de 25 m/s. En promedio giran de 10 a 25 revoluciones por minuto”[208].

Cuadro 14. Características de aerogeneradores

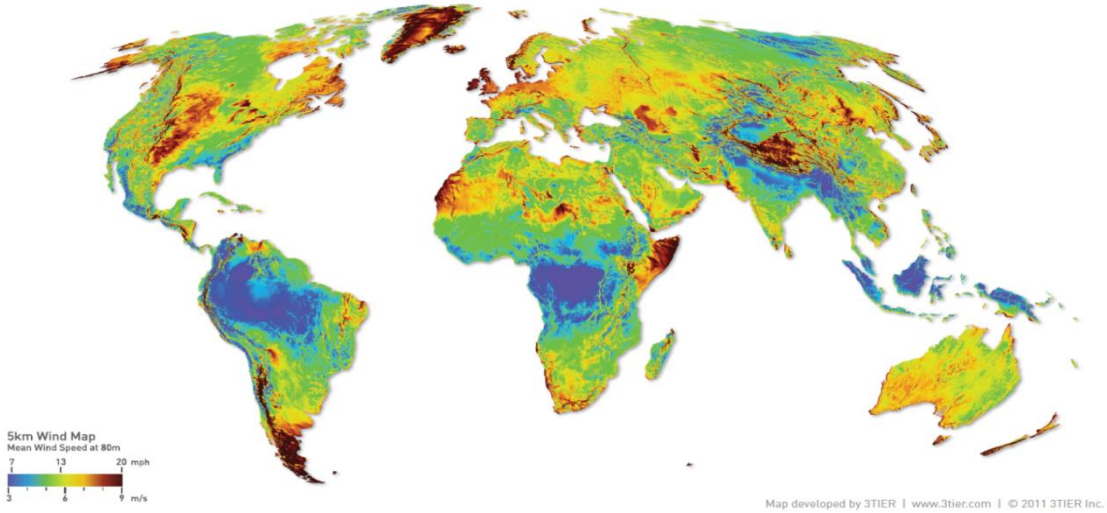
Capacidad del generador / MW	Rotor / m	Altura del eje / m	Producción anual / MWh
3	90	80	7,089
3	90	90	7,497
3	112	94	10,384
1.8	80	80	6,047

Fuente: IRENA, Energía Eólica, pág. 5

Una tecnología eólica que ha adquirido mucha importancia en los últimos años es la instalación de aerogeneradores en mar abierto. Esta tecnología aun se encuentra en desarrollo pero ha demostrado tener ciertas ventajas sobre los aerogeneradores en tierra firme. En mar abierto el viento sopla más fuerte y más constantemente que en tierra firme, por lo que los aerogeneradores pueden ser más grandes que en tierra firme, aunque pueden interferir con las rutas marítimas[209].

El sol es el responsable de la generación del viento en nuestro planeta, alrededor del 2% de la energía que llega del sol se convierte en viento debido a la diferencia de temperatura de la atmosfera. “A partir de los mapas eólicos, se considera que una zona donde la velocidad del viento es de 5 metros por segundo (m/s) durante más de 3 mil horas al año, es adecuada para instalar un parque eólico. (Mapa 10) Dentro de esta zona dos factores decisivos son la rugosidad del terreno y las grandes pendientes que provocan turbulencias”[210].

Mapa 10. Velocidad Media Global del Viento a 80m



Fuente: 3Tier 2012, (*www.3tier.com*)El potencial eólico mundial es de alrededor de 39,000 TWh.

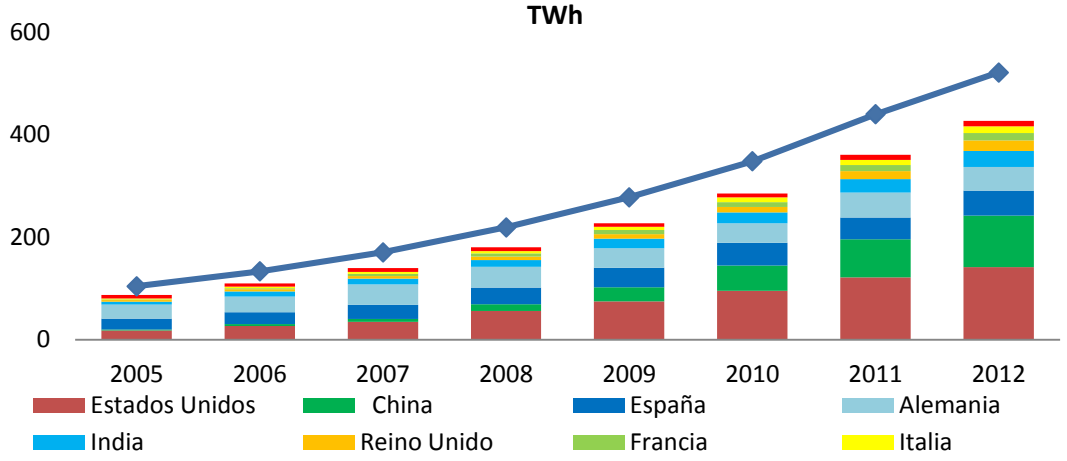
[208] *Ibidem,* pág. 6-7
[209] *Ibidem,* pág. 7
[210] Antonio Creus Solé, *op. cit.*, nota 170, pág. 91

"La energía eólica ha experimentado un crecimiento de 27% anual desde el año 2000 hasta el 2011. En el año 2011 se instalaron 41 GW de capacidad eólica, más que cualquier otra energía renovable"[211].

En el año 2012 la capacidad de generación mundial de energía eólica fue de 284,237 MW. Las regiones con la mayor capacidad de generación fueron Europa y Eurasia con el 38%, Asia Pacífico con el 35% y Norte América con el 23%, es decir que en estas tres regiones se concentró el 96% de la capacidad mundial. Los países con la mayor capacidad fueron: China con 75,372 MW (26%), Estados Unidos 60,208 MW (21%), Alemania 31,315 MW (11%), España 22,362 MW (8%) e India 18,420 MW (6%); es decir que el 72% de la capacidad eólica mundial se concentra en estos cinco países[212].

En 2012 se generaron alrededor de 521 TWh de energía eólica; de los cuales el 97% se generó en tierra mientras que el 3% se generó costa afuera[213]. Los países con la mayor generación mundial fueron: Estados Unidos con 27%, China 19%, España 9% y Alemania 8.8%.

Gráfica 20. Generación mundial de energía eólica 2005-2012



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2013, pág. 38

3.1.3.1 Energía eólica en México

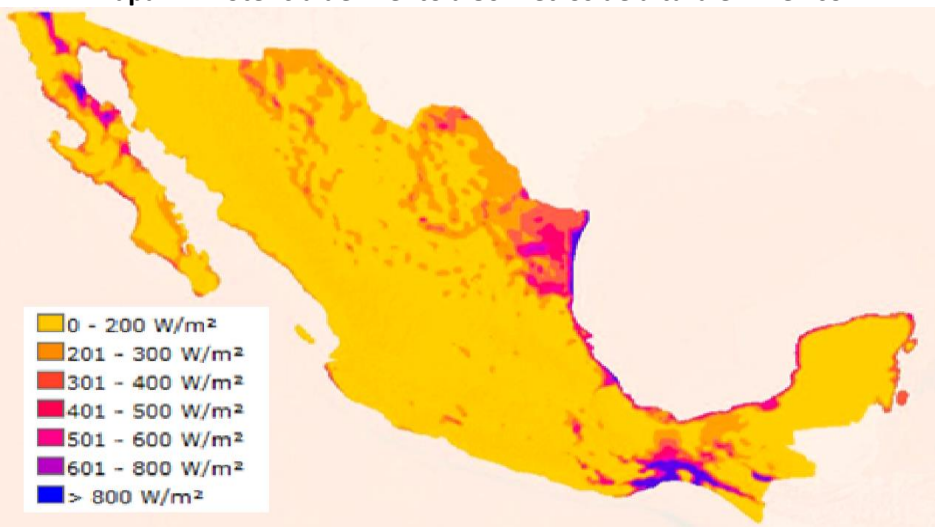
Según el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) el potencial eólico de nuestro país es de alrededor de 2,735 MW con un factor de planta*mayor a 40% y un potencial probado de generación de 9,789 GWh/año[214]. La energía eólica representó en el año 2013 el 1.12% de la capacidad instalada de generación, contribuyendo con el 0.66% de la generación nacional de energía eléctrica.

---

[211] Agencia Internacional de Energía Renovable, *Energía Eólica*, *op. cit.*, nota 207, pág. 12-14
[212] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 38
[213] Agencia Internacional de Energía, *Medium-term Renewable Energy Market Report 2013*, *op. cit.*, nota 174, pag.13
[214] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*, *op. cit.*, nota 181, pág. 25-28
* El factor de planta es la cantidad real de energía producida en un periodo de tiempo determinado comparándola con la cantidad que se produciría si se hubiera trabajado con toda la capacidad de generación.

Algunas zonas en el territorio nacional poseen uno de los más grandes potenciales eólicos del mundo, especialmente zonas en Oaxaca, Tamaulipas y Baja California Norte (Mapa 11).

Mapa 11. Potencia del viento a 80 metros de altura en México



Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas, *Explorador de recursos renovables*, (*http://bit.ly/1gIFaen*)

En abril de 2013 existían 41 permisos para que empresas privadas puedan producir energía. Esos permisos representan una capacidad de generación de 4,099 MW, pero sólo 1,309 MW se encuentran operando. La CFE posee 25% de la capacidad de generación nacional, mientras que el resto se encuentra operando por distintas empresas que trabajan bajo las distintas modalidades de permisionarios que otorga la CRE.

3.1.3.2 Ventajas y desventajas de la energía eólica

El viento, al igual que el sol, es un recurso inagotable, además el potencial eólico es abundante en todo el mundo. Es una tecnología que no utiliza sustancias peligrosas para la generación de energía (como sí lo hace la solar), además no se queman combustibles ni se generan emisiones durante su vida productiva.

Las tecnologías climáticas actuales permiten identificar cuándo se podrá aprovechar este recurso, lo que permite anticiparse a la ausencia de viento y utilizar otro tipo de tecnología para la generación eléctrica. Además, es una industria que ha reducido sus costos considerablemente en los últimos años, esto le permite competir actualmente ante los combustibles fósiles. Incluso algunos países han visto a los parques eólicos como una buena atracción turística, lo que ha permitido mejorar la calidad de vida de las poblaciones que se localizan cerca de estos parques.

En ocasiones las zonas con potencial de generación se encuentran lejos de los centros de consumo, lo que hace difícil integrarlas a la red eléctrica, sin embargo existen pequeños aerogeneradores que pueden ser instalados en edificios, casas, fábricas, etc. y aunque no poseen la misma capacidad que los grandes aerogeneradores y todavía se encuentran desarrollo, pueden ser una opción para abastecer pequeñas localidades que no estén conectadas a la red eléctrica.

No obstante, la lejanía de las zonas con potencial eólico es precisamente una de las principales desventajas de este tipo de tecnología. Muchas de estas zonas se encuentran lejos de la red eléctrica, haciendo difícil y costosa la conexión de la energía producida a la red. Además, la construcción de los campos eólicos puede causar erosión en el suelo debido a las excavaciones para instalar los aerogeneradores y la colocación de los cables para transportar la electricidad.

Un problema grave de la generación eólica es que el viento no es un recurso estable y varía dependiendo de las condiciones climáticas, las cuales no pueden ser controladas. Esto ocasiona que no siempre se pueda generar energía. Otro problema es el tamaño de los aerogeneradores, los cuales deben ser transportados hasta las zonas con potencial, para ello se requieren grandes vehículos que recorran grandes distancias lo que puede provocar problemas a la vialidad, mayores costos y emisiones de gases contaminantes provenientes de los vehículos.

También se considera a la alteración visual de paisaje por los aerogeneradores como un impacto negativo de esta tecnología, además en ocasiones se debe deforestar la zona para instalar el campo eólico. La propiedad y el uso de la tierra representan un obstáculo para el desarrollo de esta industria ya que debido a la gran cantidad de terreno que se necesita para crear un campo eólico pueden surgir problemas legales con la población local por el uso del suelo.

"Los parques eólicos, además de requerir millones de libras de concreto, son ineficientes con poca capacidad. Un parque eólico equivalente en producción y capacidad de una planta de combustible fósil o nuclear de 1,000 MW ocuparía 2,000 millas cuadradas de tierra y produciría electricidad a doble o triple del costo de los combustibles fósiles"[215].

Algunos estudios han revelado que los campos eólicos tienen impacto en la vida silvestre que habita cerca de estas zonas. Por ejemplo, una de las especies de las que se tiene conocimiento que está siendo afectada por esta tecnología son los murciélagos. "Algunos grupos protectores del ambiente creen que los murciélagos mueren mientras cazan insectos, los cuales son atraídos por el calor generado por las aspas de la turbina. Sugieren que incluso si los murciélagos evaden las aspas, el cambio en la presión creado por el movimiento de las aspas es capaz de estallar sus pulmones"[216].

El sonido emitido por los aerogeneradores también ocasiona la muerte de estos animales ya que ellos se orientan por sonidos y por campos electromagnéticos. Son atraídos por el sonido producido por las aspas, esto los desorienta hasta que chocan con ellas. Además el campo magnético también se altera, afectando la percepción de estos animales provocando que choquen contra la estructura o contra las aspas[217]. Las demás aves también pueden morir por estas causas aunque, a comparación de otras actividades humanas, la muerte de estos animales provocada por esta tecnología es muy reducida.

---

[215] Ashutosh Jogalekar, *op. cit.*, nota 204

[216] Auslan Cramb, "Wind turbines may be killing bats by 'exploding' their lungs", (en línea), Reino Unido, The Telegraph, 13 Septiembre 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1tfbM8h*), citado el 21 de septiembre de 2013

[217] Thomas H Kunz, "Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses", (en línea), Estados Unidos, The Ecological Society of America, 2007, dirección http: (*http://bit.ly/1j8FmVY*), citado el 21 de septiembre de 2013, pág. 318

El sonido que producen los aerogeneradores tal vez sea uno de los aspectos que causan mayor impacto. El ruido se produce por la rotación de las aspas y es parecido a un silbido. A medida que esta tecnología se perfecciona el ruido ha disminuido y a mayor distancia del aerogenerador disminuye, sin embargo todavía es perceptible.

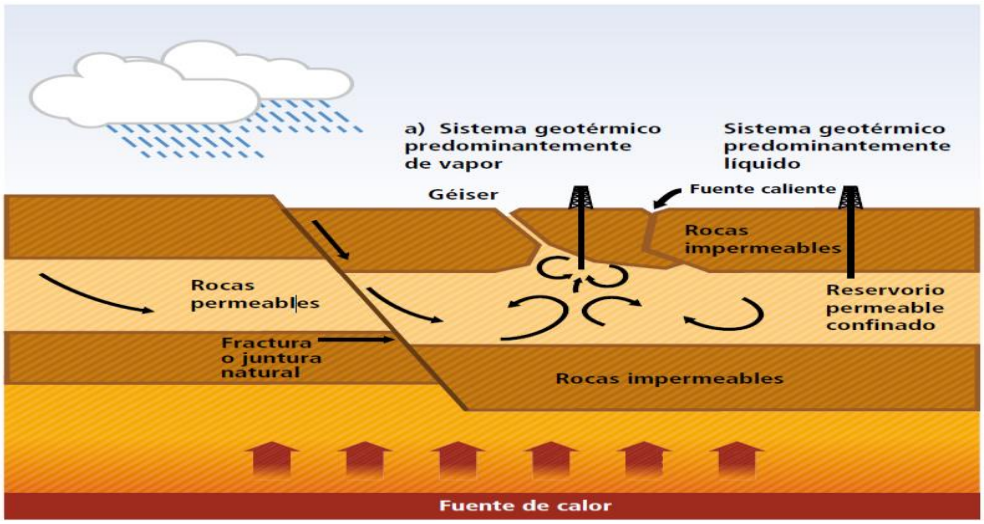
El ruido varía dependiendo del tipo de turbinas, el terreno, la velocidad y dirección del viento; éste incrementa a medida que el viento aumenta. El sonido se mide en decibeles (dB); el nivel de sonido de un aerogenerador puede variar de 90 a 100 dB dependiendo de la velocidad del viento y las revoluciones por minuto de las aspas. Un automóvil moviéndose genera aproximadamente 55 dB, un autobús 65 dB, el tráfico 90 dB y un avión 105 dB[218]. (Ver anexo)

A pesar de estas dificultades, esta tecnología es cada vez más eficiente, además el recurso eólico es prácticamente inagotable porque proviene del sol, por lo tanto tiene un gran potencial para poder abastecer gran parte las necesidades energéticas de la sociedad actual.

3.1.4 Energía geotérmica

La energía geotérmica proviene del calor generado en el interior del planeta originado por la actividad volcánica y el movimiento de las placas tectónicas. El magma proveniente del interior de la tierra almacena calor en las rocas calentando el agua que se encuentra en el subsuelo; esta agua se extrae como vapor para generar electricidad o brindar calefacción. Se le cataloga como energía renovable ya que se considera que el calor del interior de la tierra es inagotable en términos humanos.

Ilustración 10. Representación de recursos geotérmicos

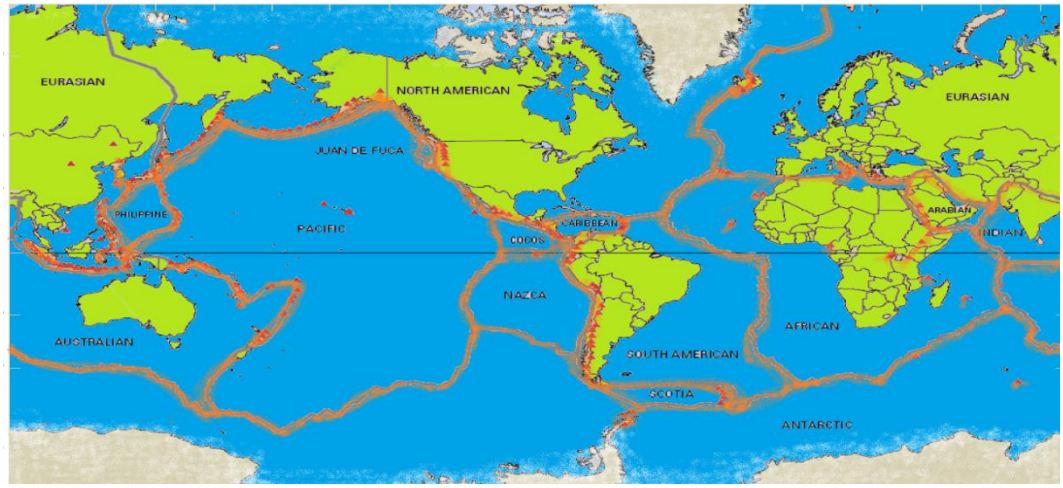


Fuente: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*, 2011, pág. 71

[218] Vestas, *Aerogeneradores sin fronteras*, (en línea), Barcelona, España, 2013, dirección http: (*www.vestas.com*), citado el 21 de septiembre de 2013

El calor del interior del planeta va disminuyendo conforme llega a las capas superiores de la tierra, "el potencial técnico geotérmico de producción de electricidad se sitúa entre 118 y 146 EJ/año a 3 km de profundidad y entre 318 y 1,109 EJ/ año a 10 km de profundidad"[219]. Para aprovechar ese calor se utiliza tecnología usada para la extracción del petróleo, excavando a una profundidad alrededor de 5 Km"[220].

Mapa 12. Potencial mundial para energía geotérmica



Fuente: U.S. Geological Survey (USGS), *(http://www.usgs.gov/*)

Existen dos formas de aprovechar el calor proveniente del interior del la Tierra; el primero es aprovechar directamente el vapor proveniente del subsuelo o inyectar agua para incrementar el potencial de generación, a este ultimo método se le conoce como sistemas de roca seca o "sistemas geotérmicos mejorados."

"En estos últimos es necesario estimular las regiones superficiales. A tal efecto, se crea un reservorio consistente en una red de fracturas, para disponer de trayectorias de fluido conectadas entre los pozos de inyección y de producción. El calor es extraído haciendo circular agua por el reservorio a lo largo de un circuito cerrado"[221].

Existen 4 tipos básicos de plantas de generación geotérmica: 1) Las plantas convencionales envían directamente el vapor a una turbina conectada a un generador para producir electricidad; 2) Las plantas de ciclo binario usan el vapor para calentar otro fluido para que este último gire la turbina; 3) Existen plantas que utilizan ambos métodos; y 4) Las plantas de cogeneración que además de producir electricidad aprovechan el calor para otros fines como industriales o domésticos.

"Las plantas de energía geotérmica convencionales, las cuales requieren un recurso de alta temperatura (más de 180 ° C), a menudo tienen capacidades entre 20 y 110 MW. Las plantas

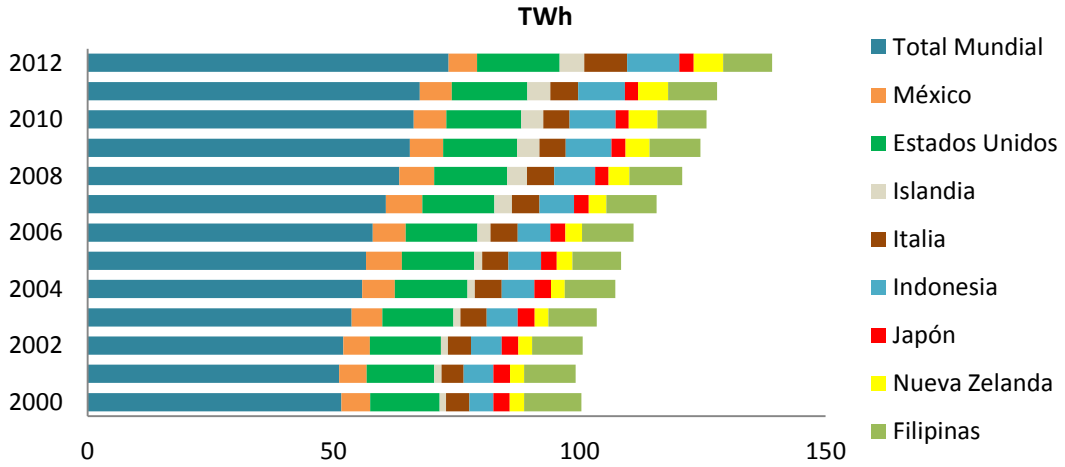
[219] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*, 2011, pág. 71
[220] Antonio, Creus Solé, *op. cit.*, nota 170, pág. 146
[221] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*, *op. cit.*, nota 219, pág. 74

geotérmicas binarias usan un fluido de temperatura media (80 °C a 180 °C) y son de pocos MW de capacidad”[222].

En el año 2012 la capacidad mundial de generación fue de 11,446 MW. Los países con la mayor capacidad instalada fueron Estados Unidos con 3,386 MW (29%), Filipinas con 1,968 MW (17%), Indonesia 1,339 MW (11.7%), Italia con 863 MW (7.5%), México con 812 MW (7%), Nueva Zelanda con 769 MW (6.7%), Islandia con 665 MW (5.8%) y Japón con 502 MW (4.4%)[223].

En el año 2012 se generaron alrededor de 73 TWh de energía geotérmica. Tan solo en Asia y Oceanía se generó el 41% de la energía geotérmica a nivel mundial, sin embargo Estados Unidos fue el país que más genero este tipo de energía con el 22% del total mundial[224]. (Gráfica 21)

Gráfica 21. Generación mundial de energía geotérmica 2000-2012



Elaboración propia con información de EIA, *Estadísticas Internacionales de Energía*, (*http://1.usa.gov/1mhAjp3*)

3.1.4.1 Energía geotérmica en México

México tiene un gran potencial para desarrollar la energía geotérmica por la zona geológica en donde se localiza el territorio nacional. “En total, tomando en cuenta las reservas probadas, probables y posibles, la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) de la CFE concluye que el potencial geotermoeléctrico total de México es de 9,686 MW, es decir unas diez veces la capacidad instalada actual. Si sólo se consideraran temperaturas medias a altas (>150°C), el potencial total sería de 8,623 MW”[225].

[222] Agencia Internacional de Energía, *Medium-term Renewable Energy Market Report 2012*, París, Francia, 2012, pág. 143
[223] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 38
[224] EIA, *Estadísticas Internacionales de Energía*, *op. cit.*, nota 172
[225] Gerardo Hiriart Le Bert, et al., *Evaluación de la Energía Geotérmica en México*, México, DF, Informe para el Banco Interamericano de Desarrollo y la Comisión Reguladora de Energía, mayo de 2011, pág. 10

De acuerdo con el SIE, la capacidad instalada de generación geotérmica en el año 2013 fue de 823 MW, representando el 1.5% de la capacidad nacional y se generaron 6,069 GWh, lo cual representó el 2.2% de la generación nacional de energía eléctrica.

"En el año 2012 se encontraban en operación 38 unidades de generación geotermoeléctrica, la central de Cerro Prieto con 645 MW representó 72% de la capacidad geotermoeléctrica en operación, mientras que el 28% restante estaba integrado por los Azufres, Michoacán (191.6 MW), Humeros, Puebla (40 MW) y Tres Vírgenes, Baja California Sur (10 MW)"[226].

Mapa 13. Recursos geotérmicos de México

Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), (*http://bit.ly/1eVjSiA*)

Un recurso que ha sido poco estudiado y aprovechado es el calor proveniente del centro de la tierra y que emerge del fondo del océano entre las placas de la corteza terrestre. "Según algunos investigadores en el lecho marino hay 67,000 km de grietas submarinas o cordilleras volcánicas submarinas en cuya cima está surgiendo continuamente lava. Se estima que en el potencial geotermoeléctrico de estos recursos en el Golfo de California y en la plataforma continental de México es de 1200 MW; sin embargo es una estimación muy preliminar"[227].

Cuando el recurso geotérmico no es de alta temperatura, puede aprovecharse para otros fines como la generación de calor. Según la CFE, estima que este potencial es alrededor de 45,000 MW. En este sentido, "estudios realizados por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) estiman que la capacidad instalada de geotermia para aplicaciones de media y baja temperaturas (que incluyen secado de productos agrícolas, balnearios y balneología, invernaderos, calefacción de edificios y cultivo de hongos) es de aproximadamente 164 MW térmicos"[228].

[226] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, *op. cit.*, nota 196, págs. 75-76
[227] Gerardo Hiriart Le Bert, et al., *op. cit.*, nota 225, pág. 107
[228] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, *op. cit.*, nota 196, págs. 96

3.1.4.2 Ventajas y desventajas energía geotérmica

Una de las ventajas más importantes de los recursos geotérmicos es que no sólo se puede producir electricidad con ellos, sino también pueden ser usados para otros fines como calefacción, usos industriales, entre otros; además, las plantas geotermoeléctricas llegan a tener un factor de planta de 80% a 90%.

Los impactos de la energía geotérmica son menores a la de otras tecnologías, por ejemplo, la extensión de terreno necesaria es menor a la de tecnologías como la solar o la eólica, dependiendo del recurso geotérmico. Si se tiene un manejo eficiente del recurso geotérmico éste puede ser explotado por muchos años ya que el agua utilizada puede ser reinyectada al subsuelo, minimizando su desperdicio.

Por otra parte, al no utilizarse combustibles el precio de la electricidad generada no solo es menor, sino no puede permanecer estable, a diferencia de las plantas convencionales que, al cambiar los precios de los combustibles fósiles, el precio de la energía también cambia. "El precio de la electricidad procedente de nuevas instalaciones de energía geotérmica oscila entre $ 0,05 por kWh y $ 0.08 por kWh. Una vez que se recuperan los costos de capital para los proyectos, el precio de la energía puede disminuir por debajo de $ 0.05 por kWh"[229].

Sin embargo, Debido a la inyección de agua a grandes profundidades se puede ocasionar un incremento en la actividad sísmica, al igual que en la extracción de gas de lutitas, sobre todo si se encuentra cerca de una falla geológica. En ocasiones las zonas con potencial geotérmico se encuentran lejos de los centros de consumo, por lo que son necesarias importantes inversiones para ampliar la red eléctrica. Las plantas geotermoeléctricas pueden emitir gases contaminantes debido a que el agua proveniente del subsuelo puede contener sustancias como azufre o mercurio, los cuales se liberan cuando el agua se convierte en vapor. A pesar de esto, algunas de estas emisiones son menores a las generadas por otro tipo de plantas.

"El vapor de los principales campos geotérmicos tiene un contenido de gases (CO_2, H_2S, NH_3, CH_4, N_2 y H_2) que oscila desde 1 hasta 50g/ kg de vapor. Las emisiones de sulfuro de hidrógeno (H_2S) varían generalmente entre 0,5 y 6,8 g/KWh. El H_2S se oxida a dióxido de azufre y luego a ácido sulfúrico, y puede causar la lluvia ácida. Sin embargo, las emisiones de azufre de las centrales geotérmicas son aproximadamente la mitad de las centrales de carbón"[230].

"Los gases también pueden contener amoníaco (NH_3), mercurio (Hg), boro (B), metano (CH_4) y radón (Rn). El boro, amoníaco, y el mercurio, a través de la lluvia, pueden provocar contaminación del suelo y la vegetación. Estos contaminantes también pueden afectar a las aguas superficiales y la vida acuática. Las emisiones de mercurio tienen un rango entre 45 y 900 microgramos/KWh, y son

[229] National Geothermal Collaborative, *Benefits of geothermal energy*, (en línea), Denver, CO, dirección http: (*http://bit.ly/1tfc4fw*), citado el 29 de septiembre de 2013

[230] Carlo Trozzi, *Other fugitive emissions from energy production, Geothermal energy extraction*, Agencia Europea de Medio Ambiente, 2013, pág. 4

comparables a las emisiones de las centrales eléctricas de carbón. El amoníaco es descargado a la atmósfera en concentraciones entre 57 y 1,938 mg/KWh"[231].

No obstante, las plantas geotermoeléctricas no dependen de otras variables como el sol o el clima, lo que las hace ser una fuente de energía segura y constante. Esta tecnología permite que la energía geotérmica pueda ser utilizada como una fuente de energía base para la producción de electricidad, a la vez que puede ser empleada para satisfacer los picos en la demanda ya que puede producir energía cuando se requiera.

3.1.5 Bioenergía

La bioenergía "se refiere al contenido de energía en productos sólidos, líquidos y gaseosos derivados de materia prima (biomasa) y biogás. Esto incluye los biocombustibles para el transporte y los productos para producir electricidad y calor"[232]. Se considera como biomasa tradicional la que es comúnmente utilizada para calefacción y cocción, como la leña y el carbón vegetal; la biomasa moderna es la que se puede utilizar para producir calor, electricidad y combustibles. Se puede producir energía a través de varios procesos:

Cuadro 15. Procesos para el aprovechamiento de la bioenergía

Procesos termo-químicos	
Combustión	La biomasa se quema para generar humo. La eficiencia neta que se puede obtener es de 23% a 25%. Los gases de combustión pueden ser usados totalmente para generación de energía o para otros usos como calefacción. La biomasa puede ser quemada con carbón para aumentar la eficiencia energética.
Gasificación	La gasificación se consigue mediante la combustión parcial de la biomasa en un ambiente bajo en oxígeno, que conduce a la liberación de un producto gaseoso (gas pobre o gas de síntesis). El gas resultante es una mezcla de monóxido de carbono, agua, CO_2, carbón, e hidrógeno, y puede ser utilizado en motores de combustión o turbinas de gas
Pirolisis	Con la Pirolisis la combustión parcial se detiene a una temperatura más baja (450 ° C a 600 ° C), lo que resulta en la creación de un bio-aceite líquido, así como productos gaseosos y sólidos. El aceite puede ser utilizado como un combustible para generar electricidad.
Procesos bioquímicos	
Digestión anaeróbica	Es un proceso que tiene lugar en casi cualquier material biológico el cuál se descompone en condiciones cálidas y húmedas y sin aire. El gas resultante se conoce como biogás y puede ser utilizado en motores de combustión interna, turbinas de gas, pilas de combustible, etc.

Fuente: IRENA, *Biomasa para la generación de energía*, Junio, 2012, pág. 5

A nivel mundial, cerca de un 90% de la biomasa que se usa para generar electricidad se consume a través del proceso de combustión; las plantas generadoras de este tipo pueden llegar a tener una capacidad de hasta 100 MW; además las plantas que queman biomasa con carbón han

[231] *Idem.*
[232] Agencia Internacional de Energía, *World Energy Outlook, op. cit.*, nota 171, pág. 219

incrementado su número en los últimos años a nivel mundial. En Europa existen aproximadamente 45 GW de capacidad de este tipo de tecnología y en Norte América alrededor de 55 GW[233].

El proceso de digestión anaeróbica convierte los materiales orgánicos, residuos y desperdicios en biogás. Estos materiales pueden ir desde desechos rurales como madera, tallos de plantas, granos, etc., desechos urbanos como aguas residuales, residuos de comida, hasta desechos industriales. "Los principales productos de la digestión anaeróbica son el biogás y un residuo digerido el cuál puede ser usado como un biofertilizante. El biogás está compuesto principalmente de metano (50%), dióxido de carbono, nitrógeno, amoniaco, dióxido de azufre, acido sulfhídrico e hidrogeno. Este tipo de plantas necesitan entre 8 y 9 mil toneladas de residuos para producir 1 MW en un año"[234]. En el año 2011 el país con la mayor capacidad de generación en sistemas de digestión anaeróbica fue Alemania con 7,090 digestores. La capacidad de generación de esta tecnología a nivel mundial en ese año fue de 2,394 MW[235].

El proceso de gasificación es un proceso que requiere cantidades significativas de calor. El gas puede ser usado como un reemplazo para el gas natural y se inyecta en turbinas de gas o se puede producir biocombustibles líquidos, tales como diesel sintético, etanol, gasolina u otros hidrocarburos líquidos. La pirolisis es un proceso similar a la gasificación pero con una menor temperatura (300°-600°), la materia es calentada hasta que se eliminan los residuos y solo queda la biomasa. Con este proceso se produce gas, aceite y un residuo parecido al carbón vegetal (llamado en inglés charcoal) el cual posee el doble de poder energético que la biomasa original. Todos estos productos pueden ser utilizados para la generación de electricidad y calor[236].

Existen varios factores que determinan el poder energético de la biomasa, entre ellos están la humedad, el tipo de residuos y su composición química; por lo tanto no todos los residuos tienen el mismo poder energético:

Cuadro 16. Contenido energético de residuos orgánicos

	Mayor poder calorífico **M**J/kg	Menor poder calorífico **M**J/kg
Tallos de maíz	17.6 – 20.5	16.8 – 18.1
Bagazo de caña de azúcar	15.6 – 19.4	15 – 17.9
Trigo	16.1 – 18.9	15.1 – 17.7
Eucalipto	19.0 – 19.6	18.0
Residuos urbanos	13.1 – 19.9	12.0 – 18.6
Periódico	19.7 – 22.2	18.4 – 20.7
Cajas de cartón	27.3	25.6

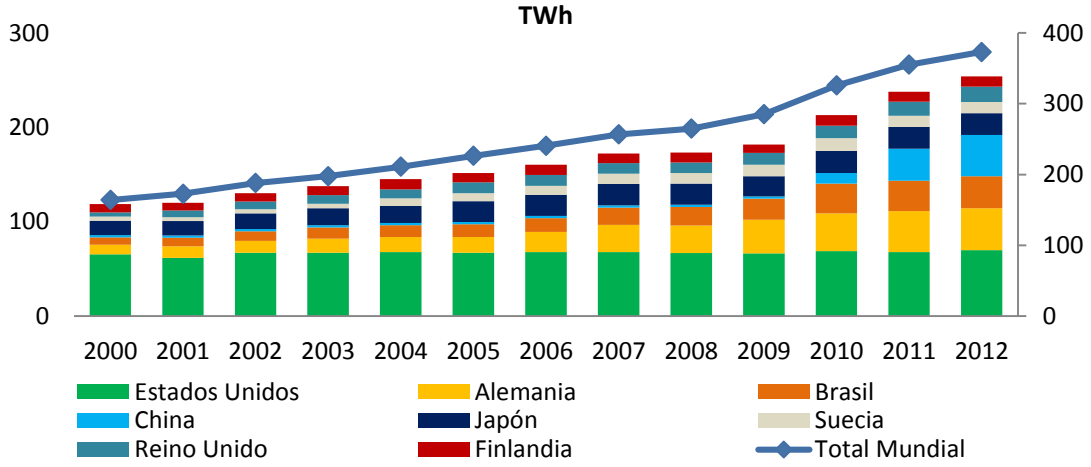
Fuente: Agencia Internacional de Energía Renovable, *Biomasa para la generación de energía*, pág. 17

[233] Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Biomasa para la generación de energía*, Emiratos Árabes Unidos, Volumen 1: Sector energía, Tema 1/5, Junio 2012, págs. 6-8
[234] *Ibidem,* pág. 10
[235] *Ibidem,* pág. 11
[236] *Ibidem,* págs. 12-16

Los biocombustibles, etanol y biodiesel, sirven como combustible para el transporte; éstos pueden ser usados directamente en motores diseñados exclusivamente para usar biocombustibles o pueden mezclarse con la gasolina y el diesel. El etanol es un alcohol derivado del azúcar de productos como el maíz, el sorgo, la cebada, papa, arroz, caña de azúcar, corteza de árbol, etc. El etanol puede usarse en combinación con otros combustibles aunque es necesario realizar modificaciones a los motores convencionales para usar un porcentaje mayor de etanol. El biodiesel es un combustible elaborado a partir de aceites y grasas vegetales y animales; también puede ser mezclado con otros combustibles como el diesel y una de sus más grandes ventajas es que los motores convencionales no necesitan ser modificados para utilizarlo[237].

Según la IEA en el año 2012 la capacidad de generación de bioenergía a nivel mundial representó el 5% de la capacidad mundial. Ese año se generaron 373 TWh de bioenergía, es decir el 7.8% de la energía generada a nivel mundial[238]. Los países con la mayor generación de bioenergía fueron Estados Unidos con 62 TWh (16.6%), Alemania con 37 TWh (9.9%), Brasil con 36 TWh (9.6%), China con 27 TWh (7.2%), y Japón con 22 TWh (5.8%)[239]; entre estos 5 países se genera el 49% de la bioenergía a nivel mundial.

Gráfica 22. Generación mundial de bioenergía 2012



Fuente: EIA, *International Energy Statistics*, (*http://1.usa.gov/1eVroKv*)

La producción de biocombustibles ha incrementado en los últimos años, aunque solo contribuyeron con el 3% de la producción mundial de combustibles. El etanol es el biocombustible con la mayor producción, produciéndose en el año 2012 alrededor de 83 mil millones de litros de los cuales 50 mil millones se produjeron en Estados Unidos (61%) y 21 mil millones en Brasil (26%). Por otro lado, se produjeron ese mismo año alrededor de 22 mil millones de litros de biodiesel, siendo Estados

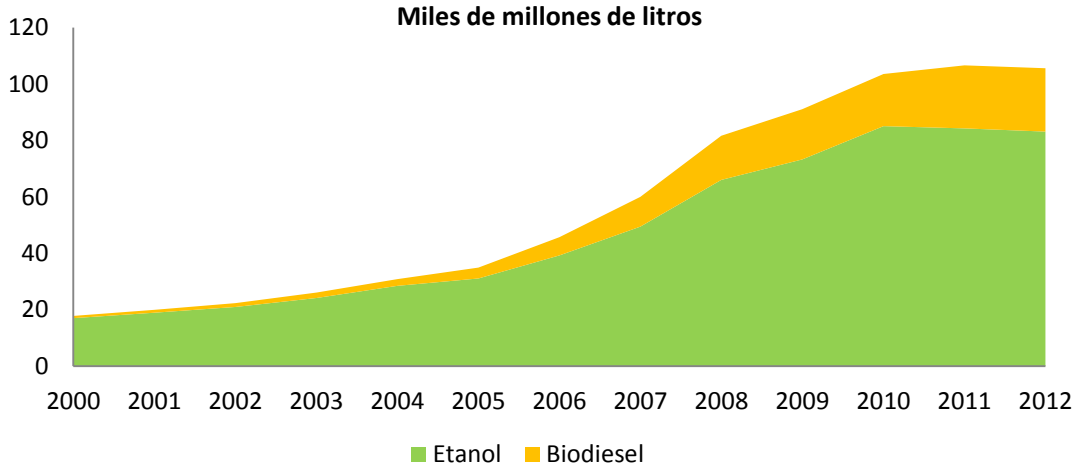
[237] Administración de Información Energética de Estados Unidos, *Biocombustibles: Etanol y biodiesel*, (en línea), Estados Unidos, dirección http: (*http://1.usa.gov/1eOlLh2*), citado el 2 de octubre de 2013

[238] Agencia Internacional de Energía, *Medium-term Renewable Energy Market Report 2013*, *op. cit.*, nota 174, pág.13

[239] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (Ren21), *Renewables 2013 Global Status Report*, Paris, Francia, 2013, pág. 30

Unidos el mayor productor con 3.6 mil millones de litros, mientras que en Europa se obtuvo el 41% de la producción mundial[240]. (Gráfica 23)

Gráfica 23. Producción mundial de biocombustibles



Fuente: Ren21, *Renewables 2013 Global Status Report,* pág. 30

3.1.5.1 Bioenergía en México

Según el SIE, se generaron en el año 2012 alrededor de 352 petajoules (PJ) de bioenergía, representando alrededor del 4% de la energía primaria generada ese año. Se generó 1 Pj de energía por medio de biogás y 351 Pj por medio de biomasa (bagazo de caña 95 Pj y leña 256 Pj).

"La capacidad actualmente instalada para la producción eléctrica por medio de la biomasa es de 677 MW, donde el 89.62% de la producción es por medio del aprovechamiento de la combustión de bagazo, el 6.61% proviene de biogás producido de lodos residuales, agropecuarios, industriales y residuos sólidos urbanos, y el 3.76% proviene de licor negro producido en la industria papelera"[241].

Para junio de 2013 la CRE había otorgado 19 permisos para la generación de energía por medio de biogás, en conjunto tienen una capacidad de generación de 119.4 MW y una producción autorizada de 716.5 GWh/año.

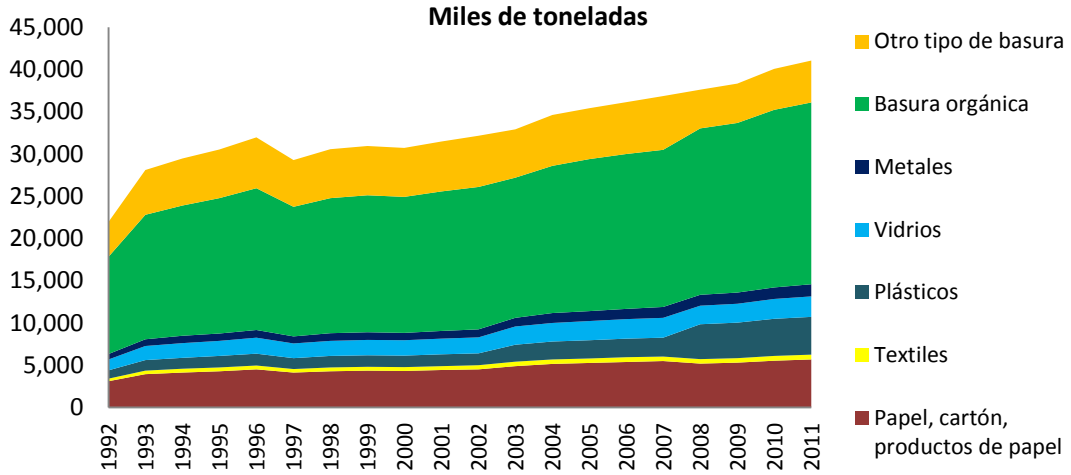
El potencial de México para el aprovechamiento de la bioenergía es importante, sin embargo la producción de energía a partir de esta fuente no se ha aprovechado. La producción de biogás a partir de desechos o de aguas residuales podría ser significativa ya que anualmente se generan alrededor de 41 millones de toneladas de basura; de esta cantidad aproximadamente el 52% es basura orgánica. (Gráfica 24)

"México tiene gran potencial para el aprovechamiento de rellenos sanitarios para la producción de biogás. El adecuado aprovechamiento de los 186 rellenos sanitarios en todo el país, podría generar

[240] *Ibidem,* pág. 31
[241] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*, *op. cit.*, nota 181, pág. 57

entre 1,629 y 2,248 toneladas al año de metano, e instalar una capacidad entre 652 y 912 MW de generación de energía eléctrica”[242].

Gráfica 24. Producción nacional de residuos



Otro tipo de basura (residuos finos, pañal desechable, etc.)

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT / SNIARN), *Compendio de estadísticas ambientales*, (*http://bit.ly/1tpNJ6N*)

Por otro lado, la producción de aguas residuales también ha aumentado cada año. Según la Comisión Natural del Agua (CONAGUA) en el año 2010 se generaron alrededor de 448 m3/s de aguas residuales a nivel nacional, es decir, 14 mil millones de m3. Hasta ese año la CONAGUA tenía registradas 2,186 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales reuniendo una capacidad de 126.8 m3/s[243].

Las aguas residuales se clasifican en aguas municipales y aguas industriales. Las aguas municipales son enviadas a las plantas de tratamiento, mientras que las aguas industriales son descargadas directamente en diferentes cuerpos de agua, ya sean ríos, lagos, etc[244]. “Al 2011, la CRE ha otorgado cinco permisos para generar energía eléctrica con biogás por medio de tratamiento de aguas residuales municipales. En conjunto, dichos permisos representan una capacidad autorizada de 16.4 MW y una producción 94.9 GWh/año”[245].

El potencial de generación de biogás a partir de aguas residuales es grande, sin embargo este no se aprovecha en su totalidad. El agua residual proveniente de la industria podría ser aprovechada por para abastecer parte de sus necesidades energéticas y no contribuir a la contaminación de los cuerpos de agua naturales.

Por otra parte, el sector agropecuario podría ayudar a la generación de energía renovable debido a los residuos que genera. La industria azucarera tiene un buen potencial para aprovechar los

[242] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, *op. cit.*, nota 196, pág. 90
[243] Comisión Nacional del Agua, *Atlas del agua en México 2012*, México, D.F., Agosto de 2012, pág. 72
[244] *Idem.*
[245] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, *op. cit.*, nota 196, pág. 85

desechos que genera y satisfacer parte de sus necesidades energéticas. “Existe un potencial de 1,000 MW de cogeneración en los 54 ingenios azucareros del país. La rentabilidad mínima para el desarrollo de proyectos que entreguen excedentes a la CFE se obtiene de aquellos cuya producción sea de 220,000 toneladas por año de caña. Aquellos que producen al menos 85,000 toneladas de caña por año podrían integrar sociedades de autoabastecimiento”[246].

Además, la industria ganadera también podría contribuir a la generación de energía eléctrica por medio de biogás. “El aprovechamiento de excretas de ganado porcino podría generar entre 0.49 y 0.738 millones de toneladas anuales y un potencial de generación eléctrica de 246 a 492 MW. De igual manera, el aprovechamiento con excretas bovinas lecheras podría generar 5.4 millones de toneladas anuales de metano y un potencial de generación de energía eléctrica de 2,645 a 5,447 MW”[247].

Para la producción de biocombustibles, en México existe potencial para la producción de etanol y biodiesel debió al aprovechamiento de productos como la caña de azúcar, remolacha, jatropha, palma de aceite, entre otros. “De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en México existen hasta 18 mil hectáreas con condiciones para cultivos agrícolas que, en su caso, podrían aprovecharse para convertirse en biocombustibles. De este total, 8,521 hectáreas son aptas para producir etanol, mientras que 10,106 son aptas para biodiesel”[248].

Mapa 14. Potencial nacional para la producción de biocombustibles

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA/INIFAP) Bioenergéticos, (*http://bit.ly/1nehiqo*)

Para la producción de etanol se necesitan productos con contenidos altos de azúcar o almidón como la caña de azúcar, el sorgo dulce, la remolacha, el maíz, papa y la yuca. Biocombustibles de tercera

[246] *Ibidem,* pág. 90
[247] *Ibidem,* pág. 93
[248] *Ibidem,* pág. 105

generación están usando actualmente algas marinas para la generación de etanol aunque esta tecnología no está muy desarrollada.

"De los ingenios azucareros que existen en México, sólo 18 cuentan con una destilería para la producción de etanol, y solamente producen alcohol ocho con una producción anual de 38,703 m^3/año. Dicha producción se destina a satisfacer la demanda de bebidas alcohólicas y de la industria química"[249].

"El mercado nacional está representado por las necesidades de PEMEX que debía agregar un 10% de etanol a la mezcla de las gasolinas de las tres principales zonas metropolitanas del país para el año 2012, ello equivale a una demanda total de 986 millones de litros de etanol. Después del 2012, si a todas las gasolinas del país se le agregara el 10% de etanol, entonces la demanda total de etanol sería de 4,406 millones de litros"[250].

Para la producción de biodiesel se ha impulsado el cultivo de la jatropha como principal fuente de este energético. Este tipo de planta (también conocida como piñón) es originaria de México y actualmente es muy demanda a nivel internacional debido a sus propiedades ya que puede crecer fácilmente en muchos ecosistemas, además de que se puede extraer una gran cantidad de aceite de sus semillas. Según la SENER, en el año 2011 se sembraron 8,113 hectáreas de este tipo de plantas.

La producción de biodiesel no sólo puede contribuir a la reducción de gases contaminantes y a la reducción de la dependencia energética con los combustibles fósiles, también puede beneficiar a otros sectores. Por ejemplo, "las semillas de jatropha son ricas en nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que puede emplearse como fertilizante natural. Además, la pasta de las semillas tiene entre 58% y 60% de proteína y aminoácidos esenciales que puede ser vendida como alimento para ganado"[251].

Existe un potencial nacional para la generación de energía térmica de aproximadamente 111,918 terajoules (Tj) mediante biomasa agrícola; para biomasa urbana dicho potencial seria de 22,708 Tj, la biomasa industrial tendría un potencial de 7,634 Tj, mientras que la biomasa forestal tendría un potencial de 1,560,961 Tj[252].

La leña es un importante recurso para generar calor en las zonas rurales del país y es el segundo combustible más utilizado para la cocción de alimentos en el sector residencial. Sin embargo, esto representa la tala de alrededor de 4 millones de árboles al año. El gobierno Federal a través de la SEMARNAT ha otorgado estufas ahorradoras para reducir la cantidad de leña. Este recurso puede ayudar a generar gran parte del calor necesario en las zonas rurales, las cuales son de las más pobres del país, sin embargo se debe tener un uso sustentable de este recurso para que el impacto al medio ambiente se reduzca.

---

[249] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, *Bioenergéticos*, (en línea), México, dirección http: (*http://bit.ly/1nehiqo*), citado el 6 de octubre de 2013
[250] *Idem.*
[251] *Idem.*
[252] Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*, *op. cit.*, nota 181, pág. 33

3.1.5.2 Ventajas y desventajas de la bioenergía

La bioenergía es una de las tecnologías renovables a la que se puede tener más fácil acceso. Por ejemplo, los motores convencionales pueden aprovechar los biocombustibles sin tener que ser modificados, aunque en el caso del etanol esto es necesario en el caso de que se requiera usar una mezcla con contenido alto de este producto.

Usar biocombustibles ayuda a disminuir la dependencia con los combustibles fósiles, además de que ayuda a reducir las emisiones de gases contaminantes, promoviendo el desarrollo de una industria nacional que suministre la demanda de combustible. Por otro lado, las comunidades rurales pueden diversificar sus actividades económicas fabricando biocombustibles, y por lo tanto aumentar sus ingresos económicos.

"Cuando el etanol de maíz desplaza una energía equivalente a la gasolina, las emisiones de GEI se reducen entre 18%-29%. En el caso del biodiesel, se estima que un motor B20 (20% de biodiesel) y uno B100 (100% de biodiesel) pueden reducir las emisiones de CO_2 aproximadamente 15% y 78% respectivamente"[253].

Además, el uso de la bioenergía ayuda a disminuir la gran cantidad de desechos que se generan diariamente en las ciudades, industrias y en el campo, evitando la liberación de millones de toneladas de gases contaminantes a la atmosfera y reduciendo el espacio que ocupan los rellenos sanitarios y la contaminación que provocan.

Los precios de los biocombustibles son menores a los combustibles convencionales. "El precio mundial promedio del etanol en 2012 fue aproximadamente de USD 0.85/litro (a comparación de la gasolina USD 1.20/litro). El precio mundial promedio del biodiesel fue alrededor de USD 1.55/litro"[254]. A comparación de los combustibles fósiles, los cuales tienen precios inestables, y de otras energías renovables, las cuales son intermitentes, la bioenergía usa recursos que siempre están disponibles.

Las centrales de cogeneración están incrementando su participación en la generación de energía a nivel mundial. Estas plantas producen tanto energía eléctrica como calor de una misma fuente, además tienen una mayor eficiencia ya que aprovechan al máximo los recursos. Las plantas de cogeneración que usan biomasa pueden generar electricidad, a la vez que generan calor para usos industriales y domésticos. "Una planta de cogeneración de tratamiento de aguas residuales que opera digestores anaeróbicos y recibe más de 5 millones de galones de agua al día, podría generar aproximadamente 340 MW de energía limpia, evitando la liberación de 2.3 millones de toneladas métricas de emisiones de CO_2 anualmente"[255].

---

[253] Agencia para la Protección del Ambiente, *State Bioenergy, Primer Information and Resources for States on Issues, Opportunities and Options for Advancing Bioenergy*, Gobierno de Estados Unidos, 15 de septiembre, 2009, págs. 29-30

[254] Ren21, *Renewables 2013 Global Status Report, op. cit.*, nota 239, pág. 31

[255] Agencia para la Protección del Ambiente, *State Bioenergy, op. cit.*, nota 253, pág. 30

Sin embargo, la quema de estos combustibles puede provocar emisiones contaminantes; "sustancias tóxicas en el aire (formaldehido, acetaldehído y el butadieno) están presentes en el etanol y la mezcla de éste con gasolina puede aumentar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, además hacen que el etanol sea una sustancia corrosiva"[256]. A pesar de que se liberan menores cantidades de contaminantes con la bioenergía, existen emisiones producidas por actividades paralelas a esta industria como el transporte de los residuos, la modificación del terreno para preparar los cultivos, la deforestación, etc. Además, el poder energético de los biocombustibles es menor que el de los convencionales, por lo que se necesita consumir una mayor cantidad.

Uno de los mayores impactos de la bioenergía es la gran cantidad de tierra que se necesita para poder producir los recursos necesarios para poder crear combustibles. La producción de biocombustibles provoca el alza en los precios de los alimentos ya que se pierde parte de esta producción para consumo humano creando escases y su encarecimiento. Por otro lado, en muchos países se utilizan fertilizantes para aumentar la producción de granos o de caña de azúcar para biocombustibles, esto provoca la emisión de gases contaminantes además de la degradación y erosión del suelo y la contaminación del agua.

Otro problema importante es la deforestación ya que para abastecer tanto la demanda de alimentos como de biocombustibles los productores expanden su producción abarcando grandes extensiones de terreno, lo que implica remover grandes áreas forestales. Por otro lado, las plantas de bioenergía también ocupan una gran cantidad de espacio para poder almacenar los residuos orgánicos. "Una planta de bioenergía que procesa 100 toneladas/día de biomasa requeriría aproximadamente de 3,810 m^2 de terreno exclusivamente para almacenar un suministro de 30 días de biomasa. Para una instalación más grande que procesa 680 toneladas/día de materia prima, más de 28,560 m^2 de espacio de almacenamiento podrían ser necesarios, lo que equivale a más de dos campos de fútbol"[257].

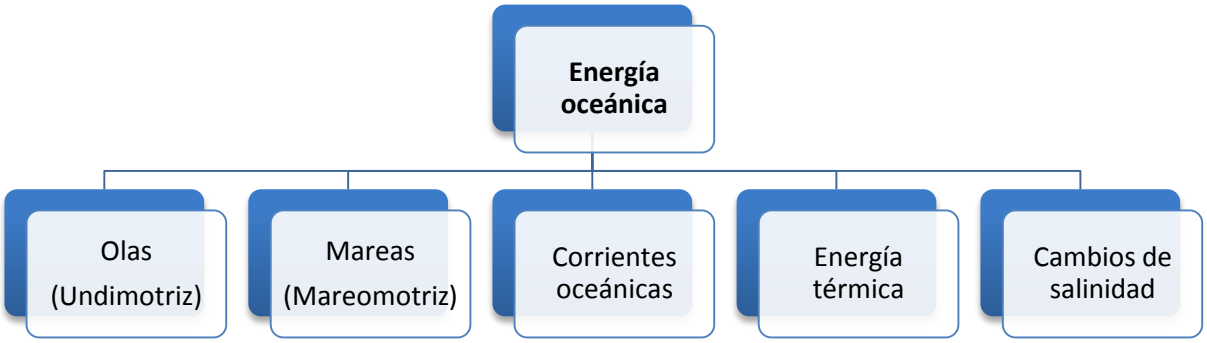
La bioenergía ha incrementado su participación en la generación de energía renovable a nivel internacional en los últimos años, sin embargo todavía tiene impactos importantes que impiden que la sociedad pueda basar la producción de combustibles en este tipo de tecnología. A pesar de esto, la bioenergía puede ayudar a resolver el grave problema de los residuos que se generan diariamente, principalmente en las ciudades, reduciendo la contaminación que provocan, además de proveer al sistema eléctrico de una fuente de energía confiable.

3.1.6 Energías oceánicas

La energía oceánica es la tecnología que aprovecha el movimiento de las mareas y las corrientes marinas para generar energía; esta es la fuente renovable menos usada y menos desarrollada actualmente y desafortunadamente esta tecnología aún es demasiada cara, sin embargo esto sucede por ser una tecnología nueva y a medida que siga desarrollándose su costo de producción y generación disminuirán. Existen 5 maneras de aprovechar la energía mareomotriz:

[256] *Ibidem,* pág. 31-32
[257] *Ibidem,* pág. 33

Esquema 1. Energías oceánicas

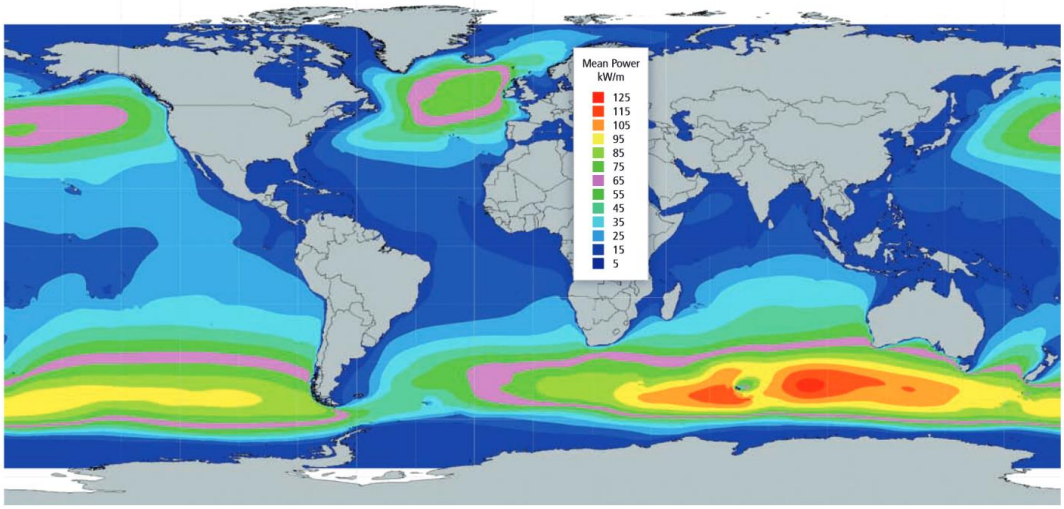


Fuente: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011, pág. 503

El océano tiene un gran potencial que puede ser aprovechado para la generación de electricidad; además este recurso se encuentra repartido en todo el mundo aunque en algunas zonas el potencial es mayor. Según el IPCC, el potencial teórico mundial de energía mareomotriz es de aproximadamente 2,055,555 TWh/año, conformado por los 5 tipos de energía oceánica; cada uno de los cuales con diferente potencial. Sin embargo, sólo una pequeña parte de ese potencial podría ser utilizado debido a las grandes dificultades tecnológicas que implicaría aprovecharlo.

La energía undimotriz "es la energía que se transfiere de los vientos hacia el mar. Cuando sopla el viento sobre el océano, la interacción entre el aire y el mar transfiere parte de la energía del viento al agua, formando olas, las cuales almacenan esta energía en forma de energía potencial y cinética"[258]. El mayor potencial se encuentra cerca de los polos de la Tierra ya que los vientos más fuertes se originan en estas zonas. El IPCC estima que el potencial energético mundial por oleaje es de 32,000 TWh/año.

Mapa 15. Distribución mundial del potencial de oleaje



Fuente: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011, pág. 504

[258] A. Lewis A. et al., *Ocean Energy*, Reino Unido y Nueva York, Cambridge, E.U., Cambridge University Press, IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011, pág. 503

“Las zonas con mayor potencial para utilizar la energía undimotriz son el continente Europeo en la zona noroeste, en especial el Mar del Norte; la costa norte del Reino Unido y las costas de Irlanda y Escocia; las costas del Pacífico Norte y las del Pacífico Sur en América del Sur; las costas de Japón y las costas de Aysén y Magallanes en Chile”[259].

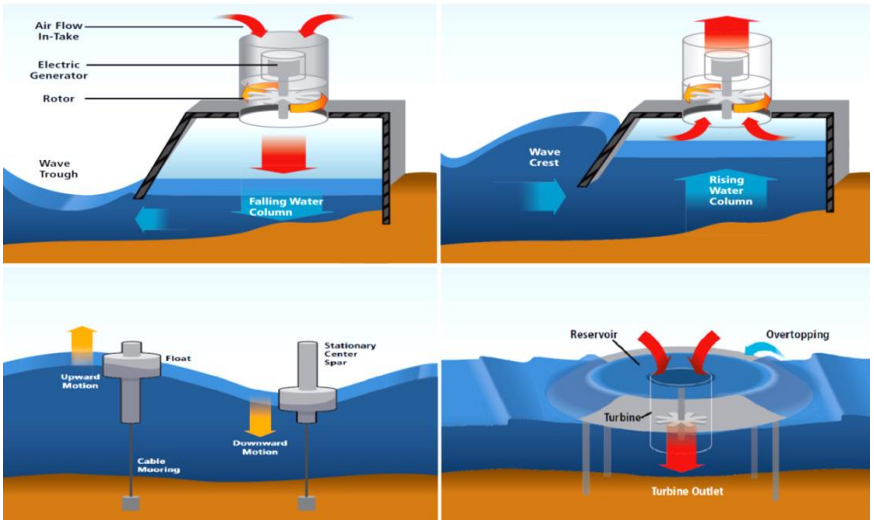
Para aprovechar el movimiento de las olas se necesitan construir un gran número de generadores para poder cubrir un área considerable; tal y como se hace con la energía eólica. Existen tres principales tecnologías diseñadas para aprovechar el movimiento las olas:

1) Las columnas de oscilación de agua usan el movimiento de las olas para producir variaciones en la presión del aire contenido en una cámara. El aire de la cámara sale a gran velocidad cuando el agua entra ella, moviendo una turbina conectada a un generador; cuando el agua retrocede el aire vuelve a entrar en la cámara y vuelve a mover la turbina.

2) Los sistemas de oscilación son boyas flotantes o sumergidas que se mueven alternadamente con el movimiento de las olas; estas boyas transfieren el movimiento hacia el sistema de generación que se encuentra debajo de ellas haciendo que produzca electricidad.

3) Los sistemas de desbordamiento son depósitos de agua que se encuentran ligeramente por encima del nivel del mar. Cuando una ola choca con este depósito el agua entra en él y hace girar una turbina que se encuentra en la parte inferior[260].

Ilustración 11. Tecnologías para el aprovechamiento de energía undimotriz



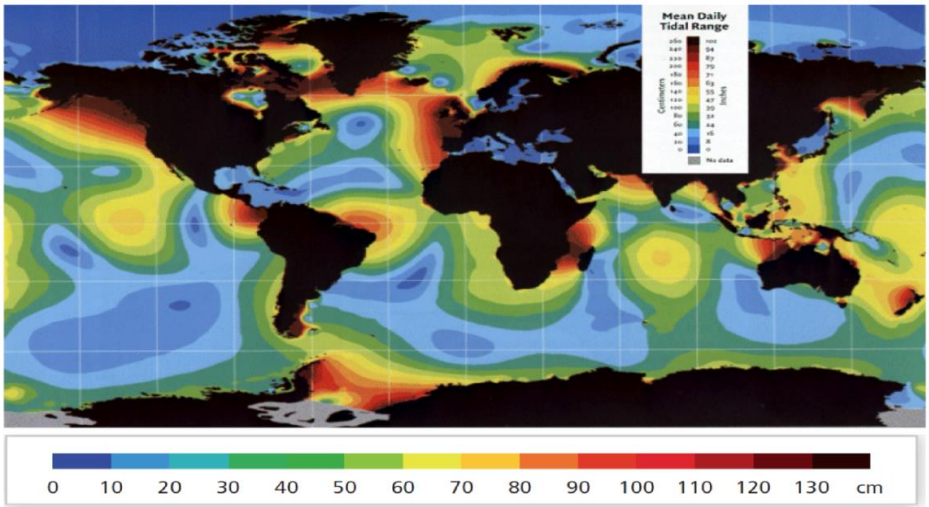
Fuente: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011, pág. 504

Por otra parte, las mareas son el cambio en la altura del océano ocasionado por las fuerzas gravitacionales entre la Tierra, la Luna y el Sol y su amplitud varía en función de las posiciones de estos cuerpos. Las mareas más grandes (mareas vivas) se producen cuando el Sol, la Luna y la Tierra

[259] Secretaría de Energía, *Energías Oceánicas*, (en línea), México, Gobierno Federal, Portal de Energías Renovables, dirección http: (*http://bit.ly/QhxARu*), citado el 10 de octubre de 2013
[260] A. Lewis A. et al., *op. cit.*, nota 258, págs. 508-509

están alineados (en luna llena y luna nueva). Las mareas más pequeñas (mareas muertas) se producen cuando las fuerzas gravitacionales del eje de la Tierra y la Luna están a 90 grados respecto al eje Tierra-Sol[261]. El Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) estima que el potencial mundial de las mareas es de aproximadamente 3 TW, el cual se encuentra principalmente en aguas poco profundas.

Mapa 16. Distribución mundial del potencial de mareas



Fuente: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011, pág. 505

Para aprovechar este potencial se usan barreras que rodean bahías o estuarios, que es donde se puede obtener el mejor aprovechamiento del movimiento de las mareas. Estas barreras crean un depósito de agua el cuál puede ser vaciado para impulsar turbinas dentro del depósito. Existen sistemas que usan varias barreras con turbinas entre ellas las cuales se vacían una por una y pueden generar mayor electricidad. Debido a que en los estuarios existen corrientes opuestas debido al agua proveniente de los ríos y al agua proveniente del océano, las turbinas son diseñadas para trabajar en ambas direcciones y aprovechar ambas corrientes[262].

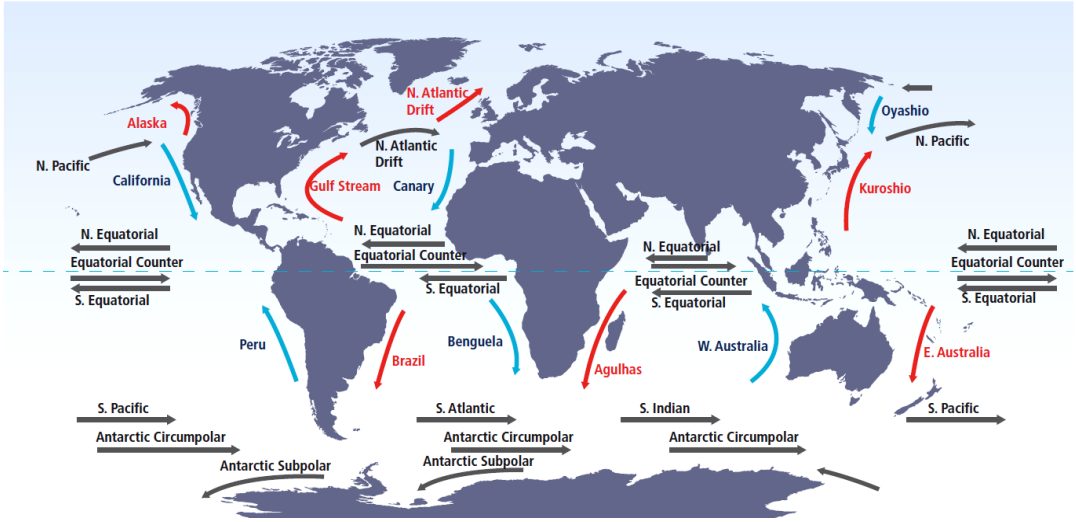
Por otra parte, las corrientes marinas son flujos muy grandes de agua fría o caliente a velocidades de alrededor 2 m/s, tienen muy poca variación en su trayecto y que recorren grandes distancias a través de los océanos. La tecnología que se usa para aprovechar este movimiento es similar a la de los aerogeneradores. Se estima que el agua tiene una fuerza 800 veces mayor a la del viento, por lo que este recurso puede generar mayor electricidad que la energía eólica.

En general, la tecnología para aprovechar tanto las mareas como las corrientes marinas es la misma. Por lo general, se clasifican como turbinas de flujo axial (eje horizontal) y turbinas de flujo cruzado (eje vertical o un eje horizontal); cada sistema puede tener varias turbinas. Para poder aprovechar el movimiento de las corrientes marinas, que están en zonas alejadas de las costas y donde hay grandes profundidades, se están diseñando sistemas que no estarían construidos como los sistemas

[261] A. Lewis A. et al., *op. cit.*, nota 258, pág. 505
[262] *Ibidem,* pág. 510

localizados cerca de la costa, sino serían sistemas flotantes anclados al lecho marino o a plataformas marinas[263]. Se calcula que el potencial mundial para generar energía por medio de las corrientes marinas es alrededor de 800 TWh/ año.

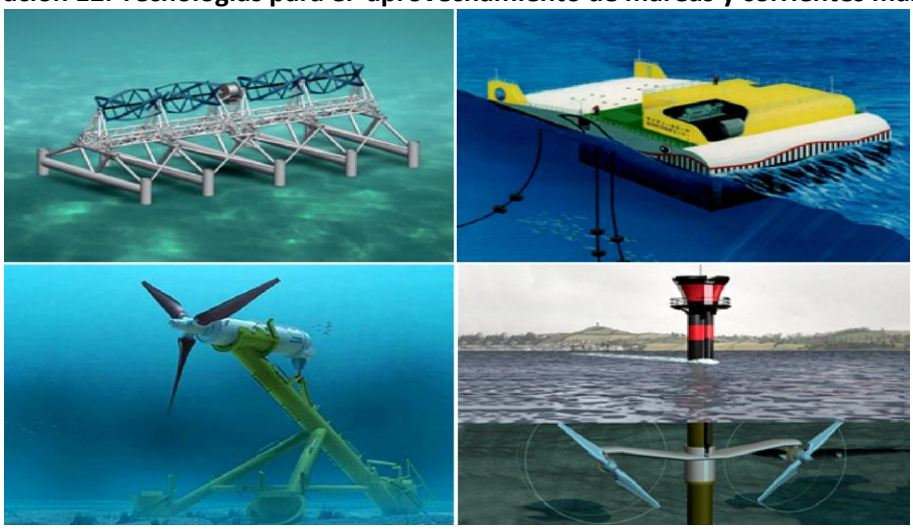
Mapa 17. Corrientes marinas



Fuente: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011, pág. 506

Por otro lado, la energía térmica es la fuente de energía más grande proveniente del océano. El IPCC estima que el potencial proveniente de esta fuente es entre 30,000 y 90,000 TWh/año. Este es el recurso mareomotriz mejor distribuido en el mundo, además muchos países en desarrollo pueden aprovechar este recurso ya que se localiza principalmente en los trópicos.

Ilustración 12. Tecnologías para el aprovechamiento de mareas y corrientes marinas

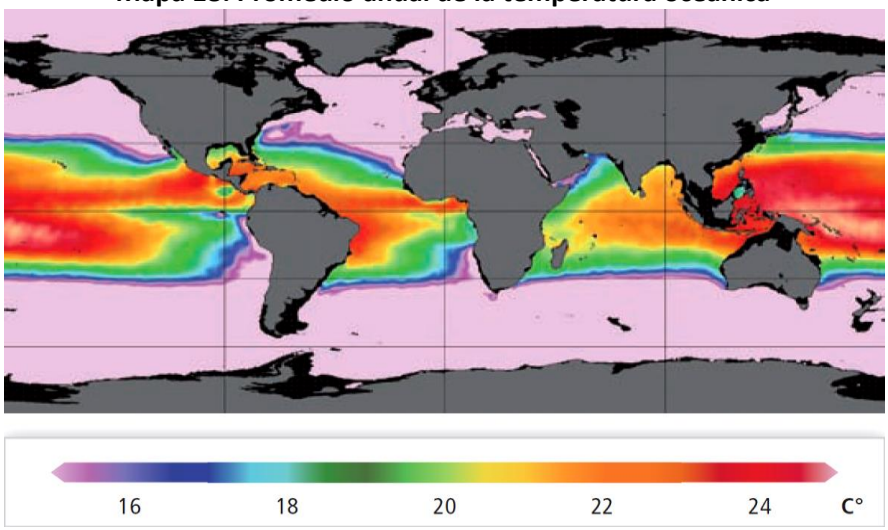


Fuente: Our-energy, *Ocean energy*, (en línea), 2008, dirección http: (*http://bit.ly/1jkGzif*), citado el 11 de octubre de 2013

[263] *Ibidem,* pág. 511

Cerca del 15% de la energía solar que absorbe el océano se transforma el calor. Este calor se concentra en las partes superiores del mar llegando a tener una temperatura entre 25°C y 30°C; sin embargo este calor disminuye conforme el agua se acerca a los polos o debido a la profundidad; las temperaturas a grandes profundidades llegan a ser entre 10°C y 5°C. Los sistemas que aprovechan este recurso pueden operar con una temperatura en el agua que sea de 20°C o más; además es una fuente de energía constante ya que la temperatura del agua varía ligeramente a lo largo del año[264].

Mapa 18. Promedio anual de la temperatura oceánica



Fuente: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011, pág. 507

En estos sistemas el agua se evapora dentro de una cámara para hacer girar una turbina; también hay sistemas que calientan el agua para evaporar otro fluido de calentamiento (amoniaco, propano, hidrogeno, etc.) y hacer girar la turbina. El agua y el fluido son condensados para volver a ser utilizados en el mismo proceso.

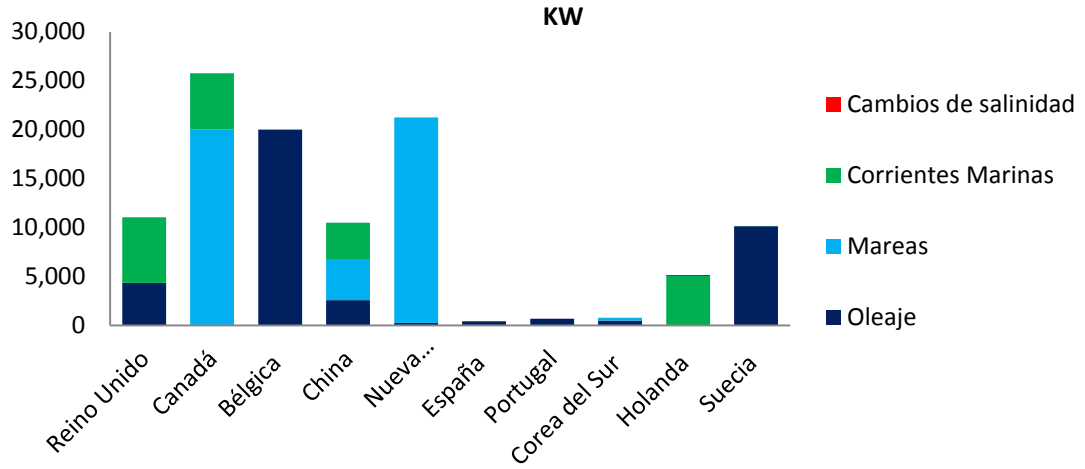
Finalmente, los cambios de salinidad en el agua también pueden producir electricidad a través de procesos químicos. "El proceso de electrodiálisis consiste en aprovechar la diferencia en el potencial químico entre dos soluciones. Una solución salina y una de agua dulce se mezclan a través de membranas de intercambio. La diferencia química genera voltaje a través de cada membrana; el potencial total de este tipo de sistemas es la suma de el potencial químico de las sustancias y el número de membranas"[265]. Se estima que el potencial mundial de este recurso puede ser alrededor de 2,000 TWh/año.

Según la IEA la capacidad de generación de energía oceánica es de 1 GW y se genera por año 1 TWh representando el 0.02% de la energía eléctrica generada a nivel mundial[266]. Pocos países han desarrollado este tipo de tecnologías. Este desarrollo se ha basado en la implementación de proyectos pequeños para la evaluación de estas tecnologías, sin embargo se espera que en los

[264] *Ibidem,* pág. 507
[265] *Ibidem,* pág. 512
[266] Agencia Internacional de Energía, *Medium-term Renewable Energy Market Report 2013*, *op. cit.*, nota 174, pág.13

próximos años crezca el interés por aprovechar esta fuente de energía y se destinen grandes inversiones para su desarrollo. Actualmente los países con la mayor capacidad de generación son: Canadá, Reino Unido, China, España y Portugal.

Gráfica 25. Capacidad de generación de energía oceánica 2012



Fuente: IEA Annual report 2012, *Implementing Agreement on Ocean Energy Systems*, 2012.
Incluye proyectos en desarrollo.

3.1.6.1 Energía oceánica en México

Actualmente no existe en México una central de generación de energía oceánica de ningún tipo. A pesar de que México tiene una gran extensión de litorales, el potencial de aprovechamiento de energía undimotriz no es de los mejores del mundo, aunque podría aprovecharse para pequeñas aplicaciones. Por otro lado, el potencial de energía mareomotriz es considerable, sobre todo en el Golfo de Baja California.

"La construcción de centrales mareomotrices se debe hacer en sitios en los que la diferencia de altura entre la marea alta y baja sea mayor a cinco metros. En México se tiene un importante potencial de energía en la región del alto Golfo de California (Mar de Cortés) en donde se podría tener en un área de embalse de 2,590 Km^2, una potencia máxima instalada de 26 GW y una producción de 23,000 GWh/año que representa aproximadamente la producción total de todas las centrales hidroeléctricas del país"[267].

3.1.6.2 Ventajas y desventajas de la energía oceánica

Una de las principales ventajas que tiene este tipo de energía es su disponibilidad, ya que el océano es tan grande que la cantidad de energía que se puede obtener de él podría abastecer toda la demanda de energía mundial, tan sólo la energía que podría aprovecharse proveniente de las olas es el doble del total de la energía generada en el 2008.

[267] Secretaría de Energía, *Energías Oceánicas*, *op. cit.*, nota 259

Otra ventaja es que existe más de una forma en la que se puede explotar este recurso a diferencia de otras tecnologías. Si un país no cuenta con un oleaje optimo para su aprovechamiento, puede aprovechar el resto de las tecnologías para generar energía. Además, estas tecnologías podrían impulsar el desarrollo económico de las comunidades que viven en la costa.

El desarrollo de la energía oceánica puede ayudar a que se aprovechen otro tipo de tecnologías en mar abierto, donde se pueden crear estructuras más grandes y abarcando áreas más grandes que en tierra firme. Actualmente se están desarrollando proyectos que intentan construir plataformas marinas para el aprovechamiento de las mareas y corrientes oceánicas, pero al mismo tiempo, en la parte superior de estas estructuras, colocar aerogeneradores y celdas solares.

A pesar de que es una tecnología poco desarrollada, existen varios impactos potenciales de este tipo de tecnología, por ejemplo: El costo de transmisión de la electricidad es muy alto debido a que los centros de consumo pueden estar a grandes distancias; al mantenimiento de las instalaciones; y por la gran inversión en la infraestructura de conexión a la red. Además, es intermitente ya que no siempre hay oleaje o mareas óptimas para la generación de electricidad, lo que implica que se use como respaldo y no como base energética.

Por otra parte, "la conversión de la energía térmica del océano traerá a la superficie agua profunda muy rica en dióxido de carbono. Este carbono podría escapar a la atmósfera y tal vez incrementar el efecto invernadero. También se debe evaluar cómo el bombear grandes cantidades de agua profunda antigua a la superficie afectará a la circulación oceánica y la distribución del calor"[268].

Por otro lado, grupos específicos de animales marinos como leones marinos, focas, ballenas, delfines, peces y aves se encuentran potencialmente en mayor riesgo debido a la interacción con las aspas de las turbinas las cuales pueden interferir con las rutas migratorias o invadir el habitad de distintas especies. Los animales pueden ser atraídos a las turbinas por que éstas ofrecen refugio además de que pueden formar arrecifes artificiales, lo que puede afectar el desempeño de la turbina[269].

Otro factor que puede afectar el habitad local es el sonido producido por las turbinas marinas. Los sonidos submarinos pueden afectar la audición de los animales marinos y por lo tanto su capacidad de localizar a sus presas, evitar a los depredadores, orientarse, comunicarse y navegar, ya que utilizan el sonido para estos fines. El sonido viaja de manera más eficiente a través del agua, por esa razón muchos animales marinos usan el sonido y no la luz para ver. Los efectos comunes incluyen la disminución de la audición de animales (temporal o permanentemente), daño a tejidos no auditivos como la vejiga natatoria, formación irregular de burbujas de gas en tejidos de los peces y mamíferos marinos, además de neurotrauma"[270].

---

[268] Rodney M. Fujita, "Ocean Energy Raises Environment Issues", (en línea), New York, New York Times, Mayo 23 de 1990, dirección http: (*http://nyti.ms/1itU5Nt*), citado el 12 de octubre de 2013
[269] Agencia Internacional de Energía, *Environmental Effects of Marine Energy Development around the World*, París, Francia, Ocean Energy Systems, Anexo IV, Reporte Final, Enero 2013, págs. 26-27
[270] *Ibidem,* págs. 47-49

“Para un generador individual, un cetáceo puede oír el ruido a una distancia de 5 km, puede alterarse a 3 km y puede sufrir lesiones auditivas a 1 km. Con tres generadores, las zonas de influencia auditiva, trastornos y lesiones se amplían a 6,4 y 2 km respectivamente”[271].

Además de estos impactos, los generadores pueden interferir con la circulación natural del agua además de la transferencia de energía entre el viento y la superficie del agua. Esto puede alterar los patrones de transporte y deposición de sedimentos y nutrientes, además puede reducir el oxigeno del agua en cuerpos de agua cerrados; los cambios en la dirección del agua pueden disminuir la distribución del plancton y plantas marinas afectando los procesos de los ecosistemas marinos[272].

Sin embargo, es una tecnología joven que, al igual que las otras energías renovables, puede mejorar tanto su eficiencia como la reducción del impacto al medio ambiente conforme se siga desarrollando.

3.1.7 Energía nuclear

La energía nuclear proviene de la fisión o fusión de átomos. Este tipo de energía puede usarse tanto para fines bélicos como civiles; sin embargo el principio es el mismo, dividir o unir dos átomos para producir energía. El núcleo de los átomos está compuesto por protones y neutrones, los cuales se encuentran unidos, y rodeando al núcleo se encuentran los electrones.

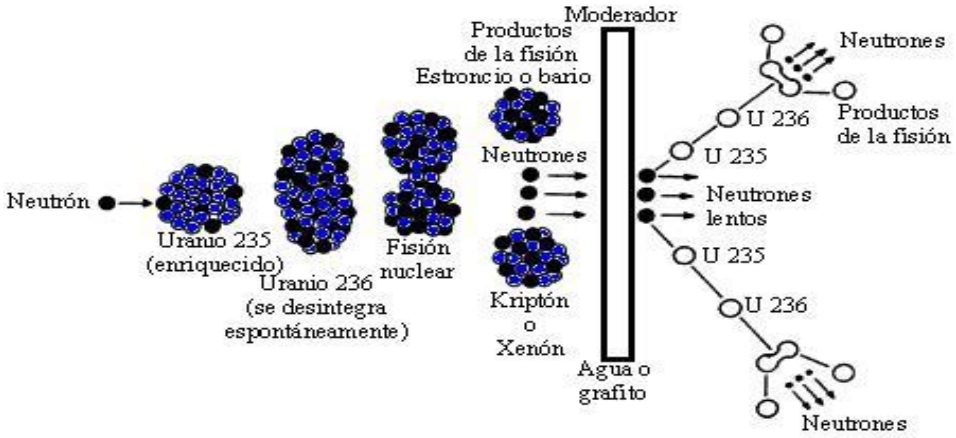
Se puede producir energía dividiendo el núcleo del átomo, a este proceso se le conoce como fisión nuclear. Al dividir un átomo éste pierde parte de su masa de la cual se obtiene una gran cantidad de energía en forma de calor y radiación, por esa razón se usan elementos con un alto número atómico para que la producción de energía sea aun mayor. “La fisión nuclear se induce al bombardear con neutrones el núcleo de ciertos átomos de número atómico grande. Todos los núcleos pesados pueden fisionarse siempre y cuando sean bombardeados con neutrones con la energía adecuada, de tal manera que el núcleo de estos átomos adquiera un estado de inestabilidad que conduzca a la fisión. En la fisión de un átomo de uranio-235 (^{235}U) se produce una gran cantidad de energía, aproximadamente 50 millones de veces más que en la combustión de un átomo de carbono”[273].

“Los núcleos son bombardeados con neutrones; esta reacción libera a su vez mas neutrones, con lo que se puede causar una reacción en cadena con otros núcleos. Las reacciones en cadena incontroladas, son la base del funcionamiento de las bombas atómicas, pero las reacciones controladas, se pueden utilizar para producir calor y generar así energía eléctrica, como ocurre en los reactores nucleares. La energía nuclear genera un número de subproductos radiactivos, incluyendo tritio, cesio, criptón, neptunio y yodo”[274].

---

[271] *Ibidem,* pág. 59
[272] *Ibidem,* pág. 76
[273] Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, “Radiactividad y fisión nuclear”, *Contacto Nuclear*, núm. 51, México, Secretaría de Energía, 2008, págs. 4-5
[274] Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, *Fisión nuclear*, (en línea), México, Secretaría de Energía, 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1eOngMd*), citado el 19 de octubre de 2013

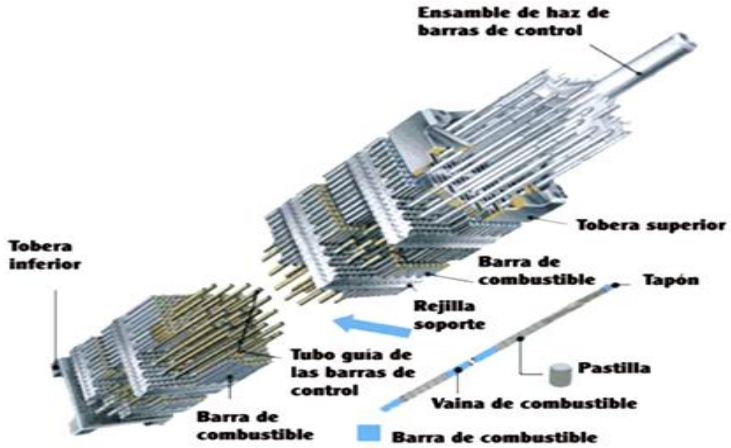
Ilustración 13. Fisión nuclear



Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), *Fisión nuclear*, (*http://bit.ly/1eOngMd*)

Un reactor nuclear consiste en un contenedor en el cual se instala el combustible nuclear. Este combustible, en forma de pastillas de 1 cm de largo, forma varillas las cuales son colocadas en cilindros de metal altamente resistente al calor como el circonio. En un reactor puede haber aproximadamente 480 de estos cilindros, dependiendo del reactor, los cuales forman los ensambles de combustible. Estos ensambles miden aproximadamente 4 metros de largo y 15 cm de ancho y son colocados dentro del reactor[275].

Ilustración 14. Ensamble de combustible nuclear

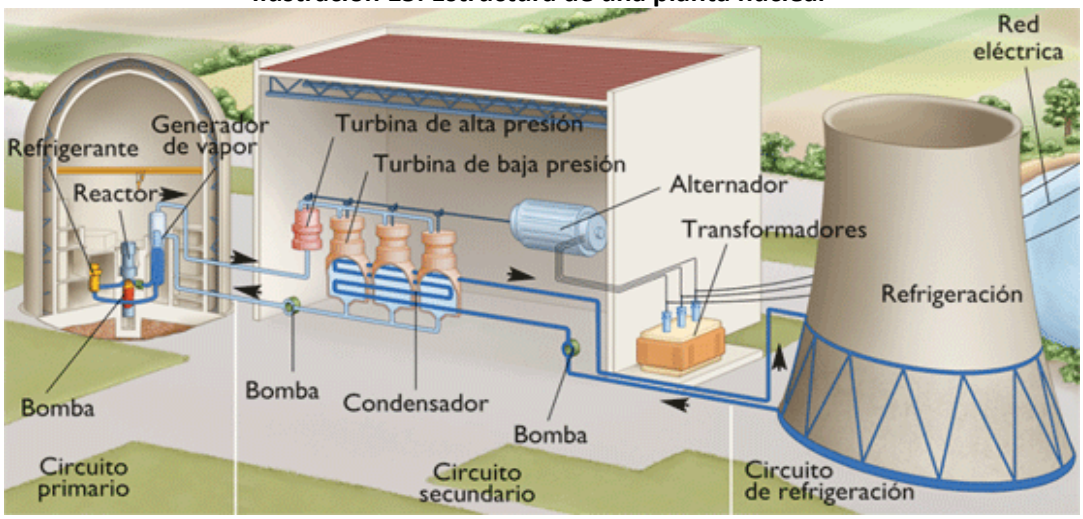


Fuente: ININ, (*http://www.inin.gob.mx/*)

Para poder controlar la fisión nuclear se utilizan barras hechas de materiales como el cadmio que absorben los neutrones, esto provoca que la reacción en cadena se interrumpa y no ocurra una sobrecarga del reactor. Para generar energía se inyecta agua al reactor para producir vapor por medio del calor liberado por la fusión y posteriormente el vapor gira una turbina conectada a un generador.

[275] Mario Barcenas Robles, *Tecnologías de Almacenamiento Temporal de Combustible Gastado*, México, Entorno Nuclear, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Secretaría de Energía, 2008, pág. 28

Ilustración 15. Estructura de una planta nuclear



Fuente: s/a, *Tipos de energía*, (en línea), 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1twN9GK*), citado el 20 de octubre de 2013

El material más usado en la fisión nuclear es el uranio, aunque también se usan el plutonio y el torio. El uranio, tal y como se encuentra en la naturaleza, es poco eficiente, por eso necesita ser sometido a un proceso llamado "enriquecimiento" para incrementar el porcentaje de un isotopo llamado uranio-235 el cual sí puede ser empleado como combustible en un reactor.

"La mayor parte de la energía liberada en la fisión (aproximadamente 85%) se libera en forma de calor en un tiempo muy corto, después de que el proceso ocurre. El resto de la energía proviene del decaimiento radiactivo de los productos de fisión, el cual continúa aun cuando la reacción en cadena se ha detenido"[276].

"Debido a que la mayor parte de la energía liberada en la fisión se convierte rápidamente en calor se requiere de un refrigerante para impedir que el reactor se dañe. Este refrigerante puede ser agua, agua pesada (óxido de deuterio), oxigeno, dióxido de carbono, helio, sodio líquido, sales fundidas e hidrocarburos. Los reactores deben tener un sistema de enfriamiento extremadamente sofisticado para remover el calor de manera inmediata, ya que de no hacerlo así, el calor se acumularía rápidamente en el combustible y lo fundiría"[277].

Por otra parte, la fusión nuclear es lo contrario a la fisión, es decir, la unión de dos átomos ligeros para formar uno más pesado. Para hacer esto se necesitan enormes cantidades de energía y temperaturas de millones de grados. "Este proceso genera energía porque el peso del núcleo resultante es menor que la suma de los pesos de los núcleos más ligeros. Esta diferencia en las masas, llamado defecto de masa o energía de amarre, se transforma en energía. Aunque el defecto de masa es muy pequeño, es una energía muy concentrada ya que en un gramo de materia hay

[276] Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, "¿Qué son los reactores nucleares?", *Contacto Nuclear*, núm. 51, México, Secretaría de Energía, 2008, págs. 7-8
[277] *Idem.*

millones de átomos, con lo que una pequeña cantidad de combustible proporcionaría una cantidad grande de energía"[278].

La fusión genera mayor cantidad de energía que la fisión; de hecho es tanta la energía liberada que este es el proceso que ocurre en el sol, donde los átomos de hidrogeno se fusionan creando helio. "Dicho de otra manera, el Sol genera en un segundo el equivalente a 760,000 veces la producción energética anual a nivel mundial"[279]. Una de las bombas nucleares más destructivas fue creada con este principio, llamada la Bomba H, la cuál es más destructiva que las bombas de fisión.

Para lograr la fusión nuclear no son necesarios materiales radiactivos, además no se generan residuos peligrosos o su radiactividad dura aproximadamente 10 años, es decir que prácticamente todos los elementos pueden ser usados en este proceso. Por esta razón se usa hidrógeno ya que es el elemento más simple y liviano de la naturaleza. "El combustible usado para la fusión (dos isotopos del hidrogeno, deuterio y tritio) es tan abundante que prácticamente no se agotará; un kilogramo proporciona la misma cantidad de energía que 10 millones de kilogramos de combustible fósil"[280].

"Actualmente existen 2 medios para lograr la fusión nuclear: fusión por confinamiento inercial, el cual usa láseres para comprimir pastillas de combustible y crear la reacción; y la fusión por confinamiento magnético, que usa campos magnéticos para controlar y contener el plasma de hidrogeno extremadamente caliente"[281].

Sin embargo, la tecnología para lograr la fusión aun sigue en desarrollo y aún no ha sido posible producir suficiente energía mediante este método. "Aunque han habido avances, la cantidad de energía liberada por estas reacciones todavía no excede la cantidad necesaria para generarla. Romper esta barrera y lograr una reacción autosostenida (proceso conocido como ignición) es el principal objetivo de la investigación en fusión"[282].

En la actualidad existen varios reactores de fusión en desarrollo, principalmente en Estados Unidos y Europa. "El reactor termonuclear experimental internacional (ITER por sus siglas en inglés) es un reactor de confinamiento magnético de 13 mil millones de Libras que tiene como objetivo demostrar que la fusión puede funcionar en una central de energía. Este reactor se encuentra al sur de Francia e involucra a 33 países, muchos de los cuales construyen los componentes y después los envían a Francia para ser ensamblados. Se espera que el ITER pueda liberar 500 MW de energía una vez conseguida la ignición"[283].

---

[278] Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, *Fusión nuclear*, (en línea), México, Secretaría de Energía, 2013, dirección http: (*http://bit.ly/QrPzo1*), citado el 19 de octubre de 2013

[279] s/a, *Fusión Nuclear*, (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2013, dirección http: (http://www.objetos.unam.mx/fisica/fusionNuclear/index.html), citado el 22 de octubre de 2013

[280] Duncan Jefferies, "Back to the future: are we about to crack energy fusion?", (en línea), Reino Unido, The Guardian, miércoles 7 de Mayo de 2014, dirección http: (http://www.theguardian.com/big-energy-debate/nuclear-fusion-energy-research), citado el 10 de mayo de 2014

[281] *Idem.*

[282] *Idem.*

[283] *Idem.*

“El proyecto, con la Unión Europea, Rusia, China, Corea del Sur, Japón e India como socios, fue concebido en 1985 en una cumbre en Ginebra entre Reagan y Gorbachov, como el primer paso hacia un reactor termonuclear comercialmente viable. La construcción está en marcha y los experimentos podrían comenzar en 2020”[284].

Sin embargo, en este tipo de reacciones “los átomos chocan a temperaturas superiores a los 100 millones de grados Celsius, casi 10 veces más caliente que el núcleo del sol, para producir energía en pocos segundos. Esta hazaña similar a la creación de una "estrella", hasta ahora no se ha logrado en cualquier lugar, a pesar de décadas de esfuerzos de investigación y de ingeniería”[285].

Por otra parte, según la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA por sus siglas en inglés) existen alrededor de 7.1 millones de toneladas de reservas probadas de uranio en el mundo, mientras que las reservas no probadas podrían ser de 10 millones de toneladas y las no convencionales de 8 millones. Las reservas probadas se agotarían aproximadamente en 30 o 50 años tomando en cuenta el ritmo de consumo actual. Por otro lado, las reservas mundiales de torio se estiman en 7 millones de toneladas[286].

En el año 2012 la producción de uranio fue de 52,222 toneladas. Australia, Canadá y Kazajstán representaron el 62% de la producción mundial en ese año. Estos países, junto con Namibia, Níger, Rusia, Estados Unidos y Uzbekistán representaron el 92% de la producción mundial en 2012. Se estima que la producción de uranio en 2012 cubrió sólo el 77% del consumo de uranio, que fue de 67,990 toneladas. El resto fue cubierto por fuentes secundarias como uranio reprocesado del combustible, óxido mixto (MOX) de uranio-235, plutonio, etc[287].

Seis países (Canadá, China, Francia, Rusia, Reino Unido y Estados Unidos) operan plantas a escala comercial para el enriquecimiento de uranio, además existen otras instalaciones más pequeñas que se encuentran en operación en Argentina, Brasil, Irán, Japón y Pakistán. La capacidad de enriquecimiento mundial en el año 2012 fue de 76,000 toneladas al año[288].

A pesar del accidente en la central nuclear del 2011 en Fukushima, en 2012 comenzaron a construirse 7 nuevos reactores y sólo 3 salieron de operación, a comparación de 13 en 2011. Hay un creciente interés en los reactores de pequeñas y medianas capacidades debido a que permiten una

---

[284] Tracy Jan, MIT at center of political power play, The school’s prized fusion reactor was dead; its federal funding axed. Then its political allies went to work, (en línea), Estados Unidos, The Boston Globe, 8 de junio de 2014, dirección http: (http://www.bostonglobe.com/news/nation/2014/06/07/mit-used-lobbying-influence-restore-nuclear-fusion-dream-after-white-house-sought-stop-funding/T5Q9esYqbZsxIbXUpnEHFN/story.html), citado el 10 de junio de 2014

[285] *Idem.*

[286] Agencia Internacional de Energía Atómica, *Nuclear Technology Review 2013*, Viena, Austria, 22 de julio de 2013, pág. 14

[287] *Ibidem,* pág. 16

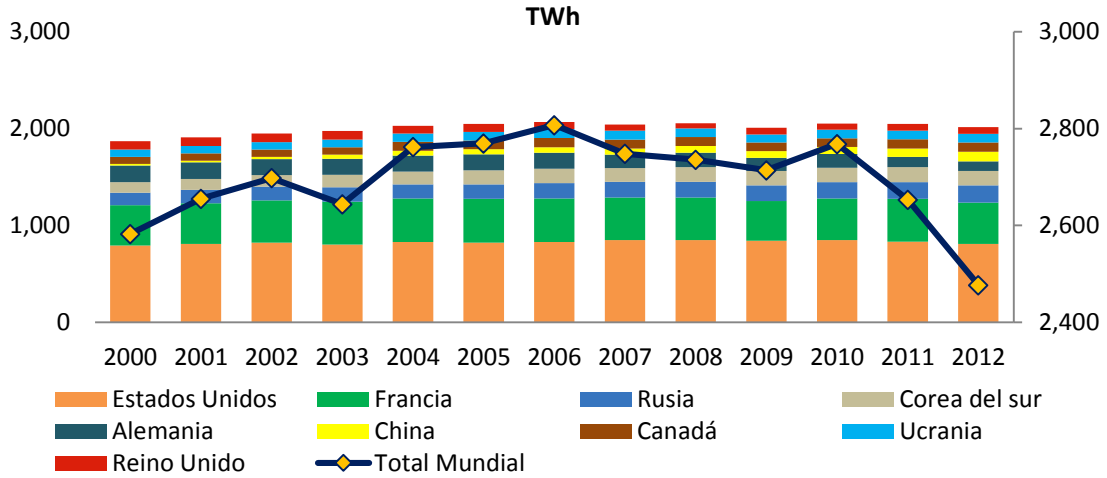
[288] *Idem.*

inversión más pequeña, más flexible y gradual en el tiempo. Pequeña capacidad se refiere a menos de 300 MW y media capacidad entre 300 y 700 MW[289].

En 2012 la capacidad de generación de energía nuclear a nivel mundial fue de 372 GW, un aumento de 3,3 GW en comparación con las cifras de 2011. Los países con la mayor capacidad fueron Estados Unidos, Francia, Japón, Rusia y Corea del Sur. Entre estos 5 países se concentró el 67.7% de la capacidad de generación mundial[290].

Ese año se generaron 2,476.6 TWh de energía nuclear representando el 11% de la energía mundial. Los mayores productores fueron Estados Unidos con 810 TWh (32.6 % de la generación mundial), Francia con 425 TWh (17%), Rusia con 178 TWh (7%), Corea del sur con 150 TWh (6%), Alemania con 99 TWh (4%), China con 97 TWh (3.9%), Canadá con 96 TWh (3.8%), Ucrania con 90 TWh (3.6%) y Reino Unido con 70 TWh (2.8%)[291].

Gráfica 26. Generación mundial de energía nuclear



Elaboración propia con información del BP Statistical Review of World Energy 2013, pág. 35

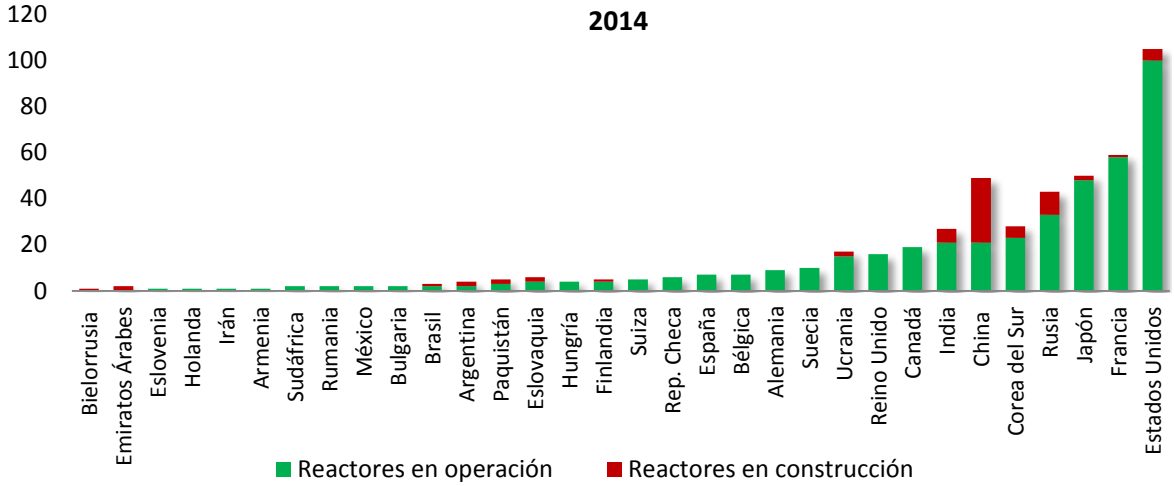
Para mayo de 2014 existían 72 reactores nucleares en construcción y solamente 2 habían sido apagados temporalmente. Aproximadamente 216 reactores (49.6% del total) tienen una edad entre 25 y 35 años; 116 reactores (26%) tienen una antigüedad entre 36 y 45 años; y solamente 35 reactores (8%) tienen entre 1 y 10 años de antigüedad[292].

Hasta mayo de 2014 existían 435 reactores nucleares en funcionamiento en 30 países. De estos reactores existentes en el mundo, Estados Unidos posee 100 en operación y 5 más en construcción. Por otro lado, China cuenta con 21 reactores, sin embargo 28 están en construcción[293]. (Gráfica 27)

---

[289] *Ibidem,* págs. 3-6
[290] *Ibidem,* pág. 9
[291] British Petroleum, *op. cit.*, nota 67, pág. 35
[292] Agencia Internacional de Energía Atómica, *Power reactor information system (PRIS)*, (en línea), Viena, Austria, 2014, dirección http: (*http://www.iaea.org/pris/*) citado el 15 de mayo de 2014
[293] *Idem.*

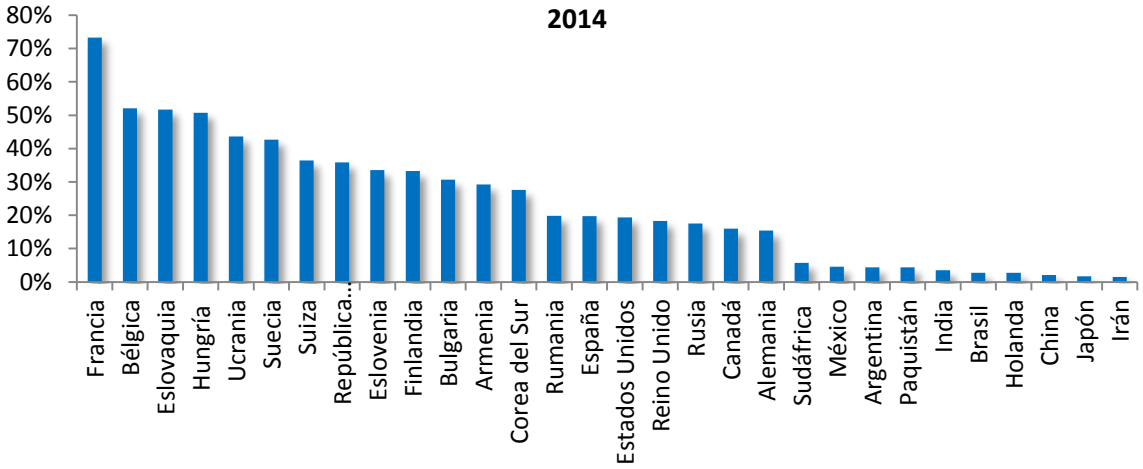
Gráfica 27. Número de reactores por país
2014



Fuente: Agencia Internacional de Energía Atómica, *Power reactor information system (PRIS)*

Francia es el país con mayor aportación de la energía nuclear en el abastecimiento de energía eléctrica. Para junio de 2014 aproximadamente el 73.3% de la electricidad en Francia provenía de la energía nuclear. En Bélgica el 52% de la electricidad se obtiene de esta fuente de energía, así como el 43.6% en Ucrania, 33.3% en Finlandia, 27.6% en Corea del Sur, 19.4% en Estados Unidos, y 15.4% en Alemania[294]. (Gráfica 28)

Gráfica 28. Aportación de la energía nuclear en el abastecimiento de energía eléctrica por país
2014



Fuente: Agencia Internacional de Energía Atómica, *Power reactor information system (PRIS)*

Para mejorar la eficiencia de las centrales nucleares se puede extraer material que todavía es útil de los desechos nucleares. Por ejemplo, los reactores nucleares producen desechos que están

[294] *Idem.*

conformados por 96% de uranio, 3% de residuos altamente radiactivos y 1% de plutonio[295]; esto puede ayudar a disminuir la cantidad de desechos peligrosos producidos por las centrales nucleares.

En la actualidad, países como Francia, China, India y Rusia reprocesan la mayor parte de su combustible gastado, mientras que otros países, como Canadá, Finlandia y Suecia, han optado por la eliminación directa. En 2012, alrededor de 10,000 toneladas de combustible fueron desechados. La cantidad total acumulada de desechos nucleares a nivel mundial hasta diciembre de 2012 es de aproximadamente 360,500 toneladas, de las cuales alrededor de 250,700 se recolectan dentro de instalaciones de almacenamiento. Menos de un tercio de esta cantidad, alrededor de 109,800 toneladas, han sido reutilizadas. En 2012, la capacidad de reprocesamiento global, repartida en cuatro países (Francia, India, Rusia y Reino Unido), fue aproximadamente de 4,800 t/año. Hasta el año 2012 existían 464 instalaciones de almacenamiento y 154 rellenos de desechos nucleares[296].

3.1.7.1 Energía nuclear en México

En México existen 3 reactores nucleares. "En el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), existe un reactor nuclear, el cual emplea elementos combustibles enriquecidos al 20% con Uranio-235, y se emplea principalmente para la producción de radioisótopos para la medicina nuclear"[297]. Los otros dos reactores se encuentran en la única central nuclear de México, la cual es operada por la CFE.

La central nuclear de Laguna Verde se localiza a 70 km del puerto de Veracruz y a 60 km de Xalapa. Cada reactor consta de 444 ensambles y utiliza 92 toneladas de uranio como combustible al 3.7% enriquecimiento de U^{235}. La unidad 1 comenzó operaciones en 1990 mientras que la unidad 2 en 1995[298]. La capacidad de generación de esta planta es de 1,400 MW y generó en el año 2013 aproximadamente 11,799 GWh representando el 4.3% de la energía eléctrica generada en México[299].

En caso de una emergencia en la central nuclear varias ciudades podrían verse afectadas. Para ello existen dos programas de emergencia: el primero es el Plan de Emergencia Interno (PEI) el cual se lleva a cabo sólo por la CFE atendiendo la emergencia dentro de la central y los lugares aledaños. Una vez que la emergencia supere estos límites se pondría en operación el Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE) el cual sería comandado por la Secretaría de Gobernación.

El PERE es un plan diseñado para proteger a la población en caso de un accidente. Este plan tiene 2 zonas de aplicación de acuerdo con las vías más representativas de exposición al material radiactivo

---

[295] S/a, "The Nuclear Fuel Cycle", (en línea), Londres, BBC, 2013 dirección http: (*http://bbc.in/1j8tBgZ*), citado el 20 de octubre de 2013

[296] Agencia Internacional de Energía Atómica, *Nuclear Technology Review 2013*, *op. cit.*, nota 286, págs. 16-20

[297] Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, *Fusión nuclear*, *op. cit.*, nota 278, nota 278

[298] Ricardo A. Córdoba Quiroz, *La seguridad en centrales nucleoeléctricas: Central Laguna Verde*, *Hacia Dónde va la Ciencia en México, Un análisis para la acción desde las perspectivas académica, sectorial y tecnológica*, México, Comisión Federal de Electricidad, 2012, págs. 6-7

[299] Secretaría de Energía, *Sistema de Información Energética*, (en línea), México, dirección http: (*http://sie.energia.gob.mx/*), citado el 12 de julio de 2013

liberado en una posible emergencia: Zona Vía Pluma (ZVP) comprendida dentro de un radio de 16 km con centro en los reactores. Con posibilidades de variar de acuerdo al a situación real. Se consideran tres anillos de 5, 10 y 16 km para identificar con mayor precisión las actividades de respuesta. La principal vía de exposición se debe a la radiación proveniente de la nube o pluma radiactiva y a la inhalación de materiales radiactivos dispersos en el aire durante su desplazamiento. Zona Vía ingestión (ZVI) comprendida dentro de un radio de 80km con centro en los reactores nucleares, con posibilidades de ampliarse hasta donde la situación lo requiera. La principal vía de exposición en esta zona es la ingestión de alimentos (carne, vegetales, leche, etc.) y agua contaminados por el material radiactivo liberado[300].

México posee reservas de uranio que se encuentran distribuidas en varios estados del país. "El único estudio, y el más actual que se ha realizado en México, de acuerdo con expertos en materia de uranio, ha sido el del Centro de Geociencias de la UNAM, donde se da cuenta que existen reservas de entre 15,571 y 22,700 toneladas de uranio, la cuales se localizan en estados como Coahuila, Durango, Oaxaca, Sonora y Chihuahua"[301].

La Secretaría de Energía ha elaborado distintos escenarios para reducir la participación de los combustibles fósiles en la generación de energía. Para lograr las metas establecidas, y basándose en energía nuclear, se tendrían que instalar 7 u 8 centrales como la de Laguna Verde, además de otras inversiones en energías renovables, lo que constituiría todo un reto, tanto técnico como presupuestal[302].

Se debe considerar que una central nuclear entra en operaciones aproximadamente 10 años después de empezar su construcción, además los precios internacionales de los combustibles nucleares pueden variar de un momento a otro tal y como ha pasado en los últimos años donde el precio del uranio ha pasado de 70 dólares la libra a inicios de 2011 a 34 a finales de agosto del 2013.

Sin duda el desarrollo de la energía nuclear podría beneficiar al desarrollo económico y tecnológico de México ya que es una industria que tiene impacto en varios sectores de la economía. Sin embargo, todos los aspectos antes mencionados, se deben tener en cuenta para establecer políticas en caso de que se decida expandir la generación de energía nuclear en México.

3.1.7.2 Ventajas y desventajas de la energía nuclear

La energía nuclear se considera como una energía alternativa, mas no renovable, ya que utiliza un recurso natural que no es recuperable al ritmo de consumo humano. Sin embargo, de todas las fuentes de energía hasta ahora mencionadas, el uranio es el combustible con el mayor poder

---

[300] Centro Nacional de Prevención de Desastres, *Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE)*, México, Secretaría de Gobernación, 2012, págs. 14-17

[301] Iván Campos el Mar, "México, con potencial nuclear", (en línea), México, Dinero en Imagen, 25 septiembre de 2012, dirección http: (*http://bit.ly/1gEeGKQ*), citado el 23 de octubre de 2013

[302] Francisco Acosta, "Mitos y realidades de la energía nuclear en México",(en línea), México, Forbes México, 10 julio de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1nsMsHU*), citado el 23 de octubre de 2013

energético. Por ejemplo, para producir 8.8 KWh de energía se necesitan aproximadamente 2 Kg de madera, 1 Kg de carbón, 0.7 Kg de petróleo, 0.5 Kg de gas y sólo 0.3 mg de uranio.

La energía nuclear tiene una gran ventaja sobre las renovables ya que no depende de fuentes intermitentes como el viento, el sol o las mareas para generar electricidad, por lo que puede establecerse como la base del sistema eléctrico de un país. Además, otra de sus grandes ventajas es que el costo de producción de energía es menor al de otras energías renovables como la eólica o la solar. "Un estudio realizado por la OCDE revela que un proveedor de energía nuclear podría producir energía de $50 a $75 dólares por MWh, frente a $70 u $80 del carbón como combustible, $60 a $90 de la energía eólica, mientras que 1 MWh de energía solar costaría más de cien"[303].

Por otro lado, la energía nuclear puede ayudar a mitigar las emisiones de gases contaminantes ya que no se emiten estos gases a la atmosfera. "Se calcula que si toda la electricidad generada por la energía nuclear de 1971 a 2009 se hubiera remplazado con carbón o gas natural, el equivalente a 64 gigatones de carbono se hubieran emitido a la atmosfera, además de otros 240 gigatones hasta el 2050. Además, si se remplazara la energía nuclear con gas y carbón hasta el año 2050 se provocarían entre 420 mil y 7 millones de muertes debido a los gases contaminantes emitidos"[304].

Sin duda uno de los graves problemas de la energía nuclear son los desechos radiactivos que genera. Actualmente no hay un método establecido a nivel internacional para manejar estos desechos; muchos países optan por almacenarlos, mientras que otros los vierten en depósitos a cientos de metros bajo tierra. Estos métodos tienen sus ventajas y desventajas, por ejemplo, los depósitos bajo tierra pueden contaminar el agua subterránea si llegan a salir del depósito o en el caso de que se almacenen pueden ser una fuente de contaminación importante además de una amenaza a las personas.

Debido a este problema, "se ha tomado la iniciativa de desarrollar la próxima generación de reactores en un programa internacional denominado Foro Internacional Generación IV (GIF), una colaboración entre los gobiernos de Estados Unidos, Argentina, Brasil, Gran Bretaña, Canadá, China, Francia, Japón, Rusia, Sudáfrica, Corea del Sur y Suiza, además del Euratom, organismo nuclear de la UE. Establecido en 2001, el GIF ha elaborado una lista de seis de los diseños más prometedores, que van desde las versiones actualizadas de los reactores existentes a enfoques radicalmente diferentes"[305]. Se espera que con estos nuevos desarrollos tecnológicos se solucione el grave problema de los desechos nucleares además de que se encuentren nuevos combustibles que sean más accesibles y eficientes.

Los desechos nucleares y la radiación son las principales amenazas de este tipo de tecnología provocando que haya oposición hacia esta fuente de energía. Los combustibles usados son

---

[303] Ashutosh Jogalekar, *op. cit.*, nota 204

[304] Mark Schrope, "Nuclear Power Prevents More Deaths Than It Causes", (en línea), Estados Unidos, Chemical and Engineering News, Departamento de Ciencia y Tecnología, Sección Cambio Climático, 2 abril de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1nsMRtE*), citado el 22 de octubre de 2013

[305] S/a, "Nuclear's next generation", (en línea), Londres, The Economist Newspaper, 10 diciembre de 2009, dirección http: (*http://econ.st/1gMEcBo*), citado el 22 de octubre de 2013

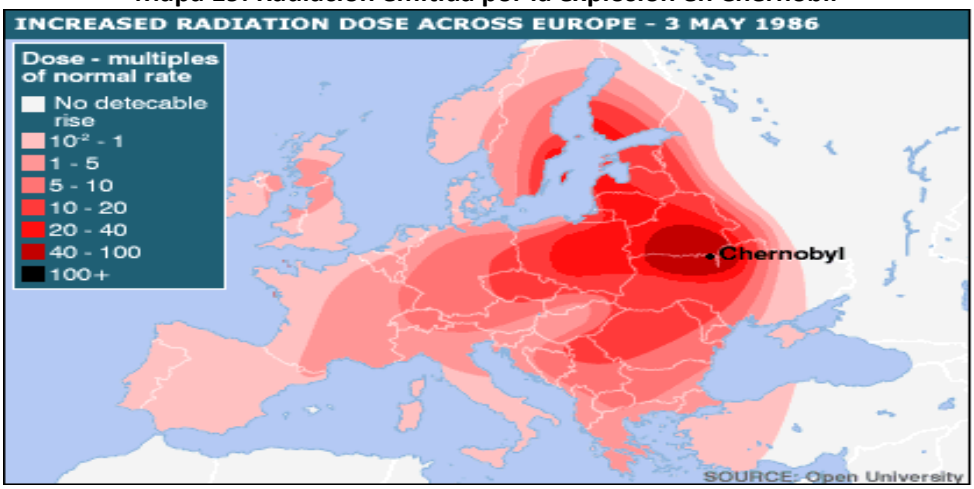
altamente radiactivos incluso desde el momento en el que son extraídos del subsuelo y una vez que son usados en un reactor nuclear su radiactividad aumenta. Si una persona entra en contacto con radiación su salud puede deteriorarse en poco tiempo y provocar la muerte.

El combustible nuclear tiene una vida útil de 3 a 7 años. Después de utilizar el combustible en un reactor se producen desechos conformados en un 96% por uranio, aproximadamente 3% de desechos contaminantes y 1% de plutonio. De estos residuos contaminantes los más peligrosos son el yodo, el estroncio y el cesio; el yodo produce mutaciones y cáncer de tiroides, el estroncio y el cesio provocan cáncer en huesos, músculos, pulmones, tumores cerebrales, en la médula ósea y en el sistema linfático[306].

La alternativa es que se reemplazara el uranio por plutonio pero existe la desventaja de que el plutonio es excesivamente tóxico: la ingestión de tan sólo una millonésima parte de plutonio es capaz de producir un cáncer mortal. Está comprobado que la radiación es capaz de modificar al ADN genómico, es decir, muta la secuencia base de los genes. Además, el sistema inmunológico puede ser directamente afectado por la exposición a la radiación, lo que provoca la pérdida de resistencia a enfermedades. Los impactos de la contaminación estarán presentes durante muchos años, pues los principales elementos radioactivos liberados en la explosión tienen una vida larga. Por ejemplo, el Cesio estaría presente alrededor de 300 años y en el caso del plutonio cerca de 25 mil años[307].

Sin duda dos de los accidentes nucleares más recordados son los ocurridos en 1986 en Chernóbil, Ucrania y más recientemente en 2011 en Fukushima, Japón. El accidente de Chernóbil ocurrió debido a que se realizaron pruebas al reactor para evaluar cómo trabajaría con poco suministro de energía. Las pruebas ocasionaron que el reactor se sobrecalentara y que el núcleo se fundiera, ocasionando la explosión de la central nuclear.

Mapa 19. Radiación emitida por la explosión en Chernóbil



Fuente: BBC, ”The Chernobyl Disaster”, Londres, 2013, (*http://bbc.in/1eOqejH*),

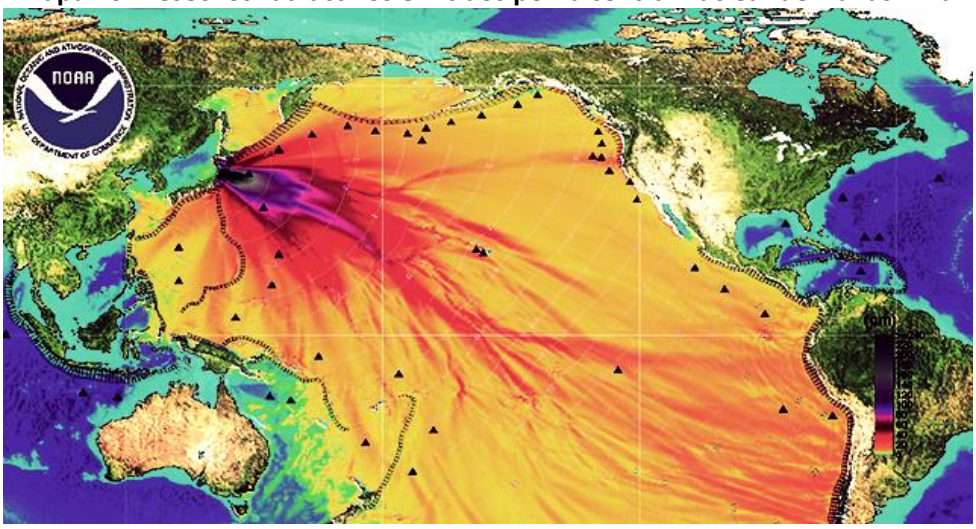
[306] Organización Panamericana de la Salud, *Preguntas frecuentes sobre Radiaciones Ionizantes*, Guatemala, Organización Mundial de la Salud, 2013, págs.1-3

[307] María Fernanda Peña Rodríguez, “Ventajas y Desventajas del Uso de la Energía Nuclear”, *Debate Social*, núm. 21, Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, 2010, págs. 8-15

"El desastre lanzó al menos 100 veces más radiación que las bombas de Hiroshima y Nagasaki. Gran parte de la lluvia se depositó cerca de Chernóbil, en Bielorrusia, Ucrania y Rusia. Se liberaron materiales como cesio y estroncio, los cuales seguirán presentes por miles de años. Después se encontraron restos radiactivos en casi todos los países del hemisferio norte ya que el viento ayudó a su dispersión"[308].

El caso del accidente en Fukushima, Japón, se debió a un tsunami que afectó gran parte del país. Esta central estaba construida para resistir fuertes temblores ya que Japón es un país con alta sismicidad, sin embargo no fue construida para resistir tsunamis. "El Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón reveló que diariamente se vierten al subsuelo 1,000 toneladas de agua desde la central nuclear, de las cuales unas 300 contienen sustancias altamente radiactivas que llegan al Océano Pacífico[309].

Mapa 20. Desechos radiactivos emitidos por la central nuclear de Fukushima



Fuente: The Guardian, "Japan tsunami and earthquake", 2011, (*http://bit.ly/1r5VRat*)

Accidentes como los antes mencionados ponen en evidencia el peligro que representa desarrollar la energía nuclear. Sin embargo, es importante mencionar que ninguna otra fuente de energía, incluso los combustibles fósiles, tiene un poder energético comparable con la energía nuclear. Si se pretende terminar con la dependencia sobre los combustibles fósiles, la energía nuclear puede ser una alternativa para poder satisfacer las necesidades energéticas actuales, al menos en el corto plazo ya que al igual que el resto de las tecnologías renovables su impacto al medio ambiente dependerá del desarrollo tecnológico y en la capacidad que se tenga para poder explotar este recurso de forma sustentable.

3.2 Escenario energético mundial

[308] BBC Noticias, "The Chernobyl Disaster", (en línea), Londres, BBC Reportes Especiales, 2013, dirección http: (*http://bbc.in/1eOqejH*), citado el 22 de octubre de 2013

[309] S/a, "Expertos de la ONU: se ha subestimado la radiación de Fukushima", (en línea), Madrid, Agencia Europa Press, 13 octubre de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1eYc7Ts*), citado el 22 de octubre de 2013

Una vez expuestos varios aspectos de las energías renovables y de la energía nuclear, en los siguientes apartados se hablará sobre la importancia de considerar como aspecto de seguridad nacional el ámbito energético y ambiental y las implicaciones que ello tendría para México.

3.2.1 Costos de generación de las energías renovables

Uno de los mayores impedimentos, sino es que el mayor, para el desarrollo de energías renovables son sus altos costos y es que actualmente varias de estas tecnologías siguen siendo inviables económicamente al lado de las energías convencionales; aunque han disminuido sus costos considerablemente en los últimos años.

La tecnología de menor costo es la hidroeléctrica, aunque otras tecnologías como la eólica o la solar fotovoltaica son las que han presentado la mayor reducción en sus costos. Los costos disminuyen cuando se duplica la capacidad de generación de una tecnología. Por ejemplo, el promedio de reducción de costos para la solar fotovoltaica es de 22%. Las tecnologías renovables son ahora la solución más económica para la electrificación en zonas no conectadas a la red, así como para el suministro a la red centralizada en lugares con buenos recursos energéticos[310].

Un estudio realizado por la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) muestra los costos que actualmente tienen las diferentes energías renovables. Según este estudio, la bioenergía puede ser competitiva con otras fuentes de energía; ya que existen proyectos competitivos produciendo electricidad entre USD 0.06 y 0.26/KWh. El costo promedio del capital de tecnologías de generación de bioenergía varía entre USD 1,880 y USD 6,800/KW. Cuando la biomasa se usa conjuntamente con combustibles fósiles el costo promedio de capital es menor, entre USD 140 y USD 850/KW. Además los costos de operación y mantenimiento pueden incrementar estos costos entre 9% y 20%[311].

En el caso de la energía solar térmica, las tecnologías más utilizadas actualmente son los colectores cilindro-parabólicos y las torres solares. Estas dos tecnologías tienen costos similares (de USD 0.20 a 0.36/KWh para los cilindro-parabólicos y USD 0.17 a 0.29/KWh para torres solares). Sin embargo, el costo de estas tecnologías en zonas con excelentes recursos solares podría ser aún más bajo y puede estar en el rango de USD 0.14 a 0.18/KWh. Los colectores cilindro-parabólicos sin almacenamiento de energía térmica tienen un costo promedio de capital de USD 4 600/ KW; añadiendo seis horas de almacenamiento de energía térmica duplica su capacidad de almacenamiento pero aumenta sus costos de capital entre USD 7,100 y 9,800/ KW. Las torres solares de entre 6 y 15 horas de almacenamiento de energía pueden alcanzar un costo promedio de capital entre USD 6,300 y 10,500/ KW[312].

En los últimos dos años los costos de los sistemas fotovoltaicos se redujeron alrededor del 60%; estos costos varían dependiendo del tipo de sistema. A mediados de 2012 el promedio de los costos de los sistemas fotovoltaicos fue entre USD 0.12 y 0.36/KWh para los mercados más competitivos.

---

[310] Agencia Internacional de Energía Renovable, *Costos de Generación de Energía Renovable 2012*, Emiratos Árabes Unidos, Noviembre 2012, págs. 4 -5
[311] *Ibidem,* pág. 7
[312] *Ibidem,* págs. 7-8

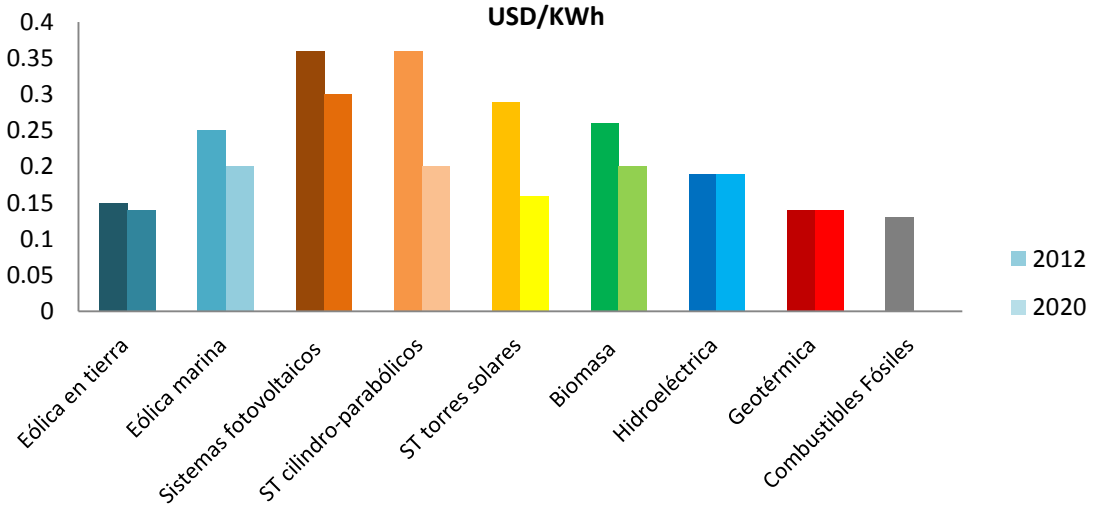
Por otro lado, los costos de la energía geotérmica varían entre USD 0.03/KWh y 0.14/ KWh; mientras que sus costos de instalación llegan a ser entre USD 1,900 y 3,800/KW[313].

El costo para grandes proyectos de energía hidroeléctrica puede ser de USD 0.02 a 0.19/KWh. El rango de los costos de inversión para las grandes hidroeléctricas puede variar desde USD 1,050/KW hasta 7,650/KW, mientras que los costos de capital para pequeñas centrales varían entre USD 1,300 KW y 8,000/KW[314].

Por último, el costo de parques eólicos en tierra en 2010 fue entre USD 0.06 y 0.15/KWh, haciéndolos competitivos con la generación con gas. En China los costos de inversión de parques eólicos en tierra fueron de los más bajos, alrededor de USD 1,300/KW en 2010, en parte porque los costos de las turbinas son un 50-60% más baratos que en América del Norte; en otros mercados los costos de instalación fueron entre 1,800 y 2,200/KW. Los parques eólicos marinos son más caros y el costo varía entre 0.15 y 0.25/KWh, mientras que los costos de inversión varían entre 4,000 y 4,500/KW, donde las turbinas representan entre el 44% y 50% del costo total[315].

Las tecnologías renovables más competitivas actualmente son la eólica y la hidroeléctrica. La energía geotérmica puede presentar costos comparables a estas tecnologías pero su principal desventaja es que demanda una gran inversión (alrededor del 60% del capital) en la etapa de exploración y evaluación del recurso, aunque estos costos disminuyen cuando el proyecto entra en la fase de operación.

Gráfica 29. Rango de costos de las energías renovables 2012 y 2020



Elaboración propia con información de IRENA, *Costos de Generación de Energía Renovable*, 2012
ST: Solar Térmico

Estos costos son solo estimaciones que se han hecho para demostrar el estado actual de las tecnologías renovables a nivel mundial. Los costos de un proyecto pueden variar dependiendo la

[313] *Ibidem,* págs. 5-9
[314] *Ibidem,* pág. 8
[315] *Ibidem,* pág. 9

tecnología que se va a usar, el recurso que se va a utilizar, las características de la zona en donde se va a colocar la tecnología, los apoyos gubernamentales, etc. Además cada región tiene características diferentes, por lo que los costos cambiarán en cada región en donde se desee iniciar un proyecto.

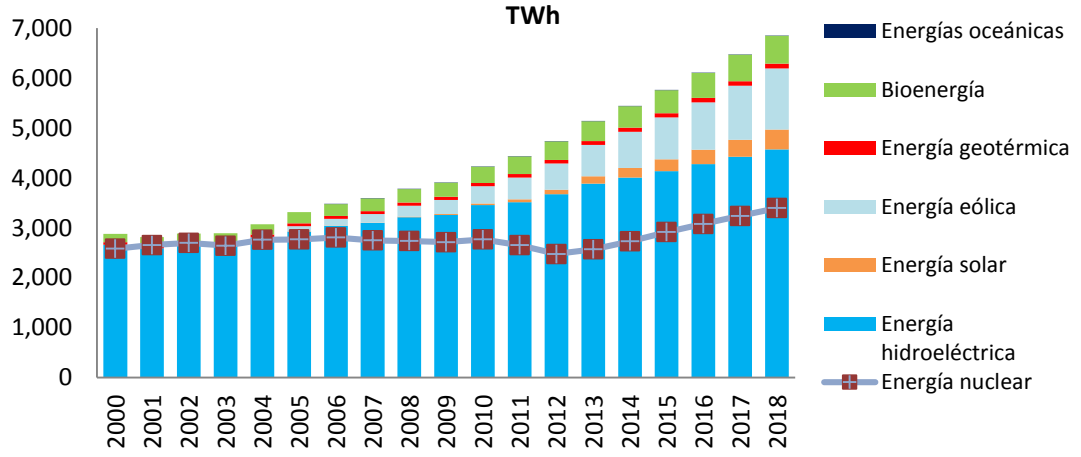
Es necesario analizar correctamente todos estos aspectos para poder determinar de manera integral la viabilidad y costo de un proyecto. Solamente con una planeación correcta, contemplando las ventajas y las desventajas de las energías renovables, además de promover el desarrollo de las comunidades cercanas se pueden crear proyectos que ayuden a lograr las metas establecidas para abatir el cambio climático y lograr una transición hacia fuentes renovables.

3.2.2 Transición energética en el mundo

Varios países han comenzado a generar una industria enfocada a buscar fuentes de energía renovable. "Se espera que para 2018 los países no miembros de la OCDE cubrirán el 58% de la generación renovable mundial. Estos países representan dos tercios del crecimiento mundial de generación renovable de 2012 a 2018 y más del 50% de la generación renovable no hidroeléctrica. La hidroelectricidad seguirá aportando la mayoría de la generación renovable, pero las demás tecnologías serán las de más rápido crecimiento"[316].

Las fuentes de energía renovable serán la fuente de energía de mayor crecimiento, por encima de las fuentes convencionales. Las de mayor crecimiento serán la energía eólica y la solar fotovoltaica, mientras que la energía eólica en mar, geotérmica, solar térmica y oceánica no crecerán tanto debido a sus altos costos. La producción de biocombustibles crecerá cerca de 25% para el 2018 llegando a cubrir el 3.9% de la demanda mundial de combustibles[317]. Gráfica (30)

Gráfica 30. Evolución esperada de la generación mundial de energía renovable 2012-2018



Fuente: Elaboración propia con información de BP Statistical Review of World Energy 2013, IEA, *Renewable Energy Medium-Term Market Report 2013* y EIA *International Energy Outlook 2013*

[316] Agencia Internacional de Energía, *Renewable Energy Medium-Term Market Report 2013*, *op. cit.*, nota 174, pág. 6
[317] *Ibidem,* págs. 3-5

Para el 2016 las fuentes de energía renovable superarán al gas y por el doble a la energía nuclear convirtiéndose en la segunda fuente de energía mundial, solo detrás del carbón, y para el 2018 generaran el 25% de la energía mundial, alcanzando una capacidad de 2,350 GW y creciendo aproximadamente 6% por año (1,990 TWh)[318].

China será el país con el mayor crecimiento en energía renovable para el 2018, representará el 40% de todo el crecimiento mundial. Esto se debe a que en ese país existen políticas gubernamentales enfocadas a atender el crecimiento de la demanda de energía mediante fuentes renovables y no con fuentes convencionales. Está desarrollando una cartera de fuentes renovables, encabezadas por la energía hidroeléctrica y la eólica, además está invirtiendo grandes recursos en energía solar fotovoltaica lo que hará de China el país con la mayor generación solar fotovoltaica del mundo en el 2018; esto mediante la mejora de los incentivos financieros y de acceso a la red para los proyectos de pequeña escala[319].

China, Estados Unidos, Alemania, Italia, etc., son ejemplos de países que ya han iniciado este proceso de transición. "Cada año China aumenta su capacidad de generación hidroeléctrica alrededor de 15 GW. Este es un logro impresionante en comparación con la nueva capacidad que se construye en otras partes del mundo, como 1.9 GW en América del Norte, 1,8 GW en América del Sur, 0.5 GW en Europa y 0.3 GW en África. Hay que tener en cuenta que Francia, por ejemplo, tiene una capacidad total de energía hidroeléctrica de 25 GW"[320].

Sin embargo, algunos países han enfrentado dificultades debido a la instalación de tecnologías renovables en su red eléctrica; el caso de Alemania es un claro ejemplo de ello. El plan energético actual del gobierno alemán pretende disminuir la generación de energía proveniente de plantas nucleares y carboeléctricas utilizando energías renovables, principalmente eólica y solar.

A pesar de no tener uno de los mejores recursos solares, Alemania es el país con la mayor generación de energía solar del mundo. En el año 2011 el gobierno alemán estableció un plan energético que pretende eliminar la generación nuclear del país para el 2022, además para el 2030 la mitad de la electricidad será generada por fuentes renovables y para el 2050 el 80%. Con este plan se construirán campos eólicos marinos en el norte de Alemania, además se instalarán celdas fotovoltaicas en hogares, edificios y granjas para producir la mayor energía solar posible.

Algunas regiones rurales ya se han beneficiado por este proyecto ya que, además de sus actividades económicas tradicionales, ahora venden energía eólica o solar a los centros de consumo contribuyendo a su desarrollo económico. Pero, para solventar la gran inversión que se necesita para instalar celdas solares y campos eólicos el gobierno alemán ha tenido que incrementar los precios de la electricidad.

---

[318] *Idem.*

[319] *Ibidem,* págs. 6-7

[320] Gilles Paris, "China sweeps aside civilians in rush for hydropower", (en línea), Reino Unido, The Guardian, 22 octubre de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1j8xH8T*), citado el 31 de octubre de 2013

“Esta medida ha resultado ser costosa para los consumidores; los hogares alemanes ahora pagan algunos de los precios más altos de la electricidad en el mundo. Las empresas intensivas en energía de Alemania están en peligro ya que no pueden competir con las empresas extranjeras las cuales pagan menos por la electricidad. Un impuesto sobre los consumidores de electricidad elevaría a un nivel récord de 6.24 centavos de euro (0,085 dólares) por KWh. Este aumento significa que los hogares tendrán que pagar entre 60 y 100 euros más por la electricidad el próximo año”[321]. Además del incremento del costo en la electricidad, el gobierno alemán ha tenido que invertir grandes recursos en la expansión de su red eléctrica debido a que gran parte de los campos eólicos se encuentran en el norte, los cuales se encuentran lejos del sistema eléctrico.

La economía alemana se ha visto afacetada debido a la volatilidad de los precios de la energía. Esto ocasiona que cada vez menos empresas inviertan en ese país y sí lo hagan en donde los precios de la energía son más bajos. “La falta de claridad sobre la política energética de Alemania ha creado los precios de energía más volátiles en siete meses, aumentando los costos de la industria en la mayor economía de Europa. Esto significa menos inversión en otras áreas que tendrán un impacto directo en la demanda de bienes y servicios”[322].

Por otro lado, la intermitencia en la generación de electricidad ha ocasionado que las importaciones de energía aumenten debido a que en ocasiones no se puede abastecer la demanda de electricidad debido a la falta de viento o de sol. Pero además de importar electricidad, se han construido nuevas carboeléctricas para poder compensar la intermitencia de las renovables. “El uso del carbón se ve favorecido porque el costo de los bonos de carbono ha disminuido. El costo para compensar una tonelada de CO_2 en el mercado de control de emisiones de la Unión Europea ha promediado 4.32 dólares en comparación con los 17.18 en el 2008”[323].

“El tan pregonado "milagro" alemán y sus aparentes beneficios económicos ilimitados de la energía solar oculta el hecho incómodo de que Alemania sigue importando electricidad barata de origen nuclear de Francia. Además, los alemanes han tenido que cambiar al carbón para compensar los cierres de las plantas nucleares y esto ha hecho que las emisiones de GEI aumenten. Esto es realmente un ejemplo de lo que sucede cuando se cambia de repente a una fuente de energía no comprobada”[324].

---

[321] S/a, “German households to be hit by higher electricity surcharge”, (en línea), Alemania, Deutsche Welle, Energía, 15 de octubre de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/QrRb15*), citado el 1 de noviembre de 2013

[322] Rachel Morison y Julia Mengewein, “German Power-Price Swings Threaten Growth Engine: Energy Markets”, (en línea), Nueva York, Bloomberg, Sustentabilidad, 16 octubre de 2013, dirección http: (*http://bloom.bg/QrRhpq*), citado el 1 noviembre 2013

[323] Stefan Nicola, “Merkel’s Green Shift Backfires as German Pollution Jumps”, (en línea), Nueva York, Bloomberg, Sustentabilidad, 29 julio de 2013, dirección http: (*http://buswk.co/1l9dnLK*), citado el 1 noviembre 2013

[324] Ashutosh Jogalekar, *op. cit.*, nota 204

“Europa se está moviendo hacia un futuro en el que el papel del gas y el carbón será apoyar las energías renovables. No hay razón para esperar que el carbón desaparezca, dada la evolución del mercado y las nuevas tecnologías de captura de carbono”[325].

Otro ejemplo de la desventaja que actualmente tienen las energías renovables frente a otro tipo de energías se muestra en el caso de Estados Unidos. En los últimos años, este país se convirtió en uno de los principales generadores de energía renovable del mundo, sin embargo ante la gran necesidad de incrementar su seguridad energética y terminar con la dependencia hacia energéticos extranjeros se ha impulsado la explotación del petróleo y sobretodo del gas de lutitas.

Esto ha provocado que Estados Unidos de prioridad a la explotación de energéticos convencionales a tal punto que este país se convertirá en los próximos años en el mayor exportador de petróleo y gas del mundo. “Gracias a la llegada de la fracturación hidráulica Estados Unidos está en camino de convertirse en el productor de petróleo número 1 del mundo en 2017 y un exportador neto en 2030. Además de cambiar radicalmente el panorama energético de Estados Unidos, se está transformando los mercados internacionales gracias a la repentina abundancia de gas natural barato y a la exportación de carbón a precios bajos a Europa y Asia. Ahora países de todo el mundo están optando por hidrocarburos de lutitas para moverse en esa dirección”[326].

Un último caso a analizar es el de Japón. Este país sufrió en el año 2011 en desastre nuclear de Fukushima; a partir de entonces se tuvieron que apagar todos los reactores nucleares para evaluar su situación e importar carbón y gas para poder generar electricidad. Esto hizo que el gobierno de Japón se diera cuenta de su falta de seguridad energética y su dependencia con energéticos extranjeros. Por esta razón se comenzó a invertir en fuentes renovables, c la eólica marina.

Actualmente se está llevando a cabo la instalación de un campo eólico marino, el cual es el proyecto renovable más importante de ese país. Esto permitiría a Japón utilizar un recurso que posee en abundancia: su costa, que es más larga que la de los Estados Unidos, lo ubica entre los 10 países marítimos más grandes del mundo. El gobierno japonés se ha esforzado para que este proyecto sea 100% nacional ya que la construcción de las turbinas involucraría a muchas industrias de ese país, lo que traería grandes beneficios económicos. El aprovechamiento del viento en aguas profundas podría generar hasta 1,570 GW, aproximadamente ocho veces la capacidad actual de todas las compañías eléctricas de Japón combinadas[327].

3.2.3 Escenarios para la generación mundial de energía

[325] Steven Erlanger, “As Drilling Practice Takes Off in U.S., Europe Proves Hesitant”, (en línea), Nueva York, New York Times, 9 octubre de 2013, dirección http: (*http://nyti.ms/1tfleIX*), citado el 1 noviembre 2013
[326] Frederic Pouchot, “U.S. gas, oil revolution reshapes global energy trade”, (en línea), París, The Japan Times, Negocios, 2 octubre de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/QrTnWq*), citado el 1 noviembre 2013
[327] Hiroko Tabuchi, ”To Expand Offshore Power, Japan Builds Floating Windmills”, (en línea), Nueva York, New York Times, 24 octubre de 2013, dirección http: (*http://nyti.ms/1tfpmZc*), citado el 1 noviembre 2013

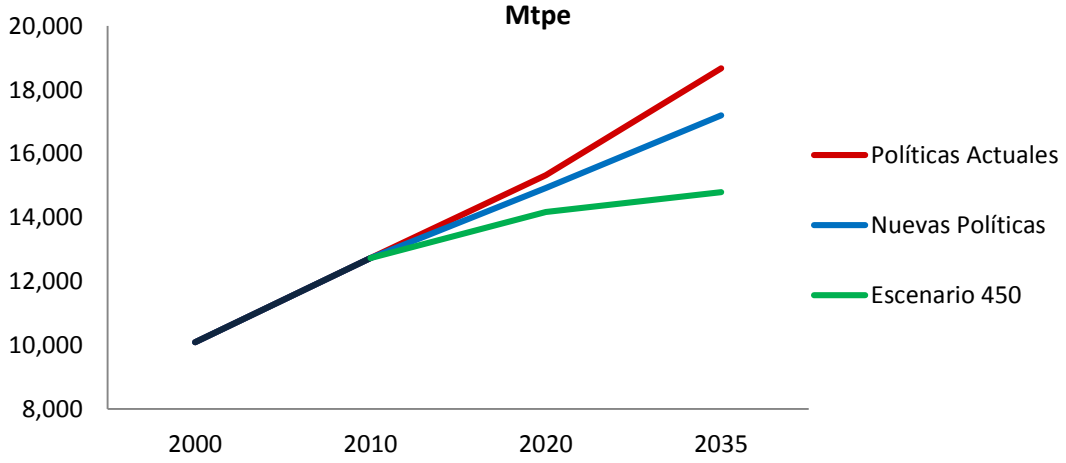
A pesar de que ya se están llevando a cabo esfuerzos para transitar a fuentes renovables, los escenarios prospectivos señalan que los combustibles fósiles seguirán siendo la principal fuente de energía del mundo, incluso la energía nuclear podría incrementar su participación en la generación de energía debido a que es la tecnología que puede competir contra los combustibles fósiles debido a su precio y a su aporte para la mitigación del cambio climático.

Además, la demanda de energía, lejos de disminuir, seguirá aumentando. De hecho, la Agencia Internacional de Energía estima que para el año 2035 la población mundial será de 8,556 millones de personas y que el 61% de la población vivirá en ciudades; esto significa mayor presión sobre los recursos naturales y mayor de manda de energía.

Según la IEA, la demanda de energía crecerá 35% para el año 2035, es decir, 1.2% por año. De este total, el 64% de la energía la demandarán países no miembros de la OCDE. De no llevarse a cabo ningún tipo de política para mitigar el cambio climático o para el uso eficiente de la energía en el año 2035 la demanda mundial será de 18,676 millones de toneladas de petróleo equivalente (Mtpe), mientras que las emisiones de CO_2 a la atmosfera serán aproximadamente 44.1 Gigatoneladas (Gt). Para evitar que la temperatura del planeta aumente 2°C para el año 2035 sería necesario emitir solamente 22 Gt[328].

En el escenario de Políticas Actuales no se llevará ningún tipo de acciones para promover las energías renovables y mitigar el cambio climático. El escenario de Nuevas Políticas corresponde a todos los compromisos y acciones contraídos a partir de la conferencia de Cancún del 2010. Mientras que el escenario 450 son todas las acciones necesarias para impedir que la temperatura mundial incremente 2°C, lo cual representa que existan en la atmósfera solamente 450 partes por millón de dióxido de carbono equivalente[329]. (Gráfica 29)

Gráfica 31. Demanda mundial de energía primaria por escenario

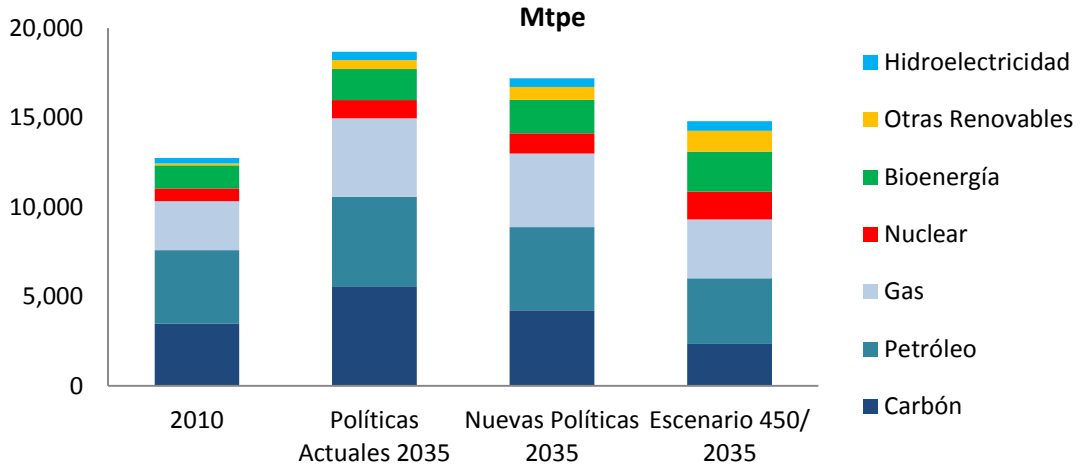


Fuente: IEA, *World Energy Outlook 2012*, pág. 50

[328] Agencia Internacional de Energía, *World Energy Outlook 2012*, París, Francia, 2012, págs. 50-51
[329] *Ibidem*, págs. 34-35

Aun en el escenario de nuevas políticas se espera que para el año 2035 la temperatura mundial incremente 3.6°C; sin embargo, de no llevarse a cabo ninguna política el incremento de la temperatura mundial sería de 5.3°C. Incluso en el mejor de los escenarios, (Escenario 450), los combustibles fósiles aportarán aproximadamente el 63% de la energía mundial para el año 2035 y se tendría el 50% de posibilidad de que el incremento en la temperatura solo llegue a 2°C[330].

Gráfica 32. Demanda mundial de energía primaria por escenario



Elaboración propia con información de IEA, *World Energy Outlook 2012*, pág. 51

Con estos escenarios se puede concluir que el cambio climático ocurrirá ya que esto es consecuencia de más de cien años de emisiones de gases de efecto invernadero. La sobreexplotación de los recursos no renovables debido al irracional modo de vida que ha imperado en la sociedad ha ocasionado esta grave crisis que afectará no sólo a esta, sino a las futuras generaciones.

3.2.4 Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)

Se han creado varios mecanismos para evitar emisiones de GEI y llevar a cabo proyectos sustentables tales como los Bonos de Carbono o Certificación de Reducción de Emisiones (CER). Este mecanismo fue creado por el protocolo de Kioto y consiste en "ofrecer incentivos económicos para que empresas y gobiernos certifiquen las reducciones de contaminantes que llevan a cabo en sus procesos productivos, principalmente las de gases de efecto invernadero. Así pueden emitir Bonos de Carbono, que son comprados por aquellas empresas o gobiernos que buscan compensar el exceso de emisiones contaminantes en sus procesos. Este sistema considera la acción de contaminar como un bien canjeable con un precio de mercado"[331].

Una forma de obtener un CER es mediante la inversión en proyectos sustentables, a este mecanismo se le llama Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Este mecanismo permite que los países desarrollados inviertan en proyectos sustentables en países en desarrollo; los países desarrollados

[330] *Ibidem,* págs. 51-52

[331] Ana Lydia Valdés, "Bonos de Carbono, indulgencia ambiental", (en línea), México, D.F., CNN Expansión, 2 de enero de 2008, dirección http: (*http://bit.ly/1hPDmEM*), citado el 10 de noviembre de 2013

son los que obtienen los certificados para cumplir con sus compromisos del Protocolo de Kioto a cambio de otorgar recursos económicos a los países en desarrollo.

"No hay un valor "oficial" sobre el precio de una tonelada de CO_2 reducida o no emitida. Aunque algunas agencias multilaterales han establecido ciertos precios para los proyectos de reducción de emisiones financiados por ellas mismas (por ejemplo, hasta 2005 el Banco Mundial empleaba un precio de $5 dólares por tonelada de CO_2 equivalente no emitida), el precio de la tonelada está sujeto a oferta y demanda de bonos de carbono en el mercado"[332].

"El sector privado fue el mayor comprador al adquirir 34% de las compensaciones voluntarias, derivadas en su mayoría de la plantación de árboles, protección de bosques tropicales o de la distribución de estufas limpias en países en vías de desarrollo. Un bono de carbono equivale a una tonelada de dióxido de carbono el cual se vende en alrededor de 16 dólares cada uno en un mercado obligado, y en un dólar como mínimo en el voluntario, de acuerdo con lo establecido en el Protocolo de Kioto"[333].

Todavía no existe un mercado global de carbono, sino que existen mercados locales y regionales en diferentes partes del mundo como la Unión Europea, Australia, Nueva Zelanda, Japón, regiones de Estados Unidos, etc. El mercado más grande del mundo es el de la Unión Europea, "actualmente el mercado europeo representa entre el 84% y el 98% del valor total de todos los mercados de carbono del mundo. De acuerdo al Banco Mundial, el valor total del mercado mundial de carbono en el 2011 fue de 176 mil millones de dólares"[334].

"China y Estados Unidos están contemplando la creación de mercados de carbono nacionales. Aunque los planes en Estados Unidos se han retrasado debido a la crisis financiera, en cambio China comenzará a aplicar varios esquemas regionales y podría tener un mercado nacional para 2015. Otros países ya están desarrollando mercados internos como Brasil, Sudáfrica, Turquía, etc."[335].

"La unión de estos mercados regionales puede en un futuro ser la base de un mercado global. Para el año 2018 los mercados de Australia y la Unión Europea se unirán; mientras tanto la Unión Europea ha planeado que para el año 2015 exista un mercado con los países miembros de la OCDE y para el año 2020 con varios países en desarrollo"[336].

Sin embargo, los MDL no han dado los resultados que se esperaban debido al poco impulso para el desarrollo de estos mecanismos. No obstante, otros mecanismos de cooperación se han creado para

---

[332] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *El Mercado de "Bonos de Carbono"* , (en línea), México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, dirección http: (*http://bit.ly/1gMMid6*), citado el 10 de noviembre de 2013

[333] Juan Luis Ramos, "Bonos de carbono, mercado al alza", (en línea), México, 24 horas, 11 de junio de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1l9lkjX*), citado el 10 de noviembre de 2013

[334] Max Horstink y Jan-Willem Bode, *The future of global carbon markets, The prospect of an international agreement and its impact on business*, Reino Unido, IESE Business School for Ernst & Young, 2012, págs. 3-4

[335] *Ibidem,* pág. 4

[336] *Ibidem,* pág. 5

promover proyectos sustentables, tal es el caso de las Acciones de Mitigación Apropiadas a cada País (NAMA's por sus siglas en inglés).

"Las NAMA's son una serie de políticas y acciones que los países en desarrollo pueden llevar a cabo como un compromiso voluntario para reducir las emisiones de GEI. Las NAMA's deben responder a las metas de desarrollo sustentable, desarrollo económico y social y erradicación de la pobreza de cada país en desarrollo. El apoyo económico y financiero puede destinarse al intercambio de tecnología, capacitación del capital humano, asistencia técnica, creación de estándares, regulaciones, políticas y programas"[337].

"Las NAMA's fueron formalizadas como una opción de mitigación para los países en desarrollo en el contexto de la negociación sobre acción cooperativa a largo plazo en el marco de la Convención, bajo el Plan de Acción de Bali adoptado en la 13° sesión de la COP celebrada en Bali, Indonesia en el año 2007"[338].

Existen tres categorías de NAMA's: "Una NAMA podría tener acciones de carácter unilateral, es decir, acciones autónomas realizadas por los países en desarrollo sin contar con apoyo o financiamiento externo; otras con asistencia y soporte que se llevan a cabo con apoyo económico y financiero por parte de los países desarrollados; y otras que generen reducciones que pudieran ser susceptibles de transacción en los mercados de carbono"[339].

Las NAMA's aun no son mecanismos reconocidos internacionalmente, sin embargo ya han comenzado a implementarse en varios países. Hasta el año 2012 se habían implementado 54 NAMA's en 24 países. De este total el 32% comprendían acciones para el sector transporte, 28% para el suministro de energía, 11% para la industria, 9% para el sector forestal, 9% para construcciones, 7% para desechos y 5% para agricultura[340].

En el caso México no se tiene una obligación para reducir las emisiones de GEI debido a que forma parte de los países Anexo II del protocolo de Kioto. Es por esta razón que se tiene un esquema voluntario de mercado de carbono; al igual que en otros países en desarrollo. En el año 2011 México contaba con 36 proyectos MDL, esto representó el 1.4% a nivel mundial.

En el caso de las NAMA's, los sectores beneficiados han sido el sector residencial, transporte, industria cementera, industria petrolera, pequeñas y medianas empresas, desechos urbanos, electrodomésticos y las industrias minera y química[341]. Actualmente se están llevando a cabo 10

---

[337] Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMA)*, París, Francia, 2014, pág. 1

[338] Finanzas Carbono, *Acciones de Mitigación Apropiadas a cada País*, (en línea), 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1mtzEUa*), citado el 20 de abril de 2014

[339] *Idem.*

[340] Climate Action Network International, *NAMA*, Beirut, Líbano, 2012, pág. 4

[341] SEMARNAT, *Acciones para el Cambio Climático en México*, México, Mayo 2012, pág. 6

NAMA's en México. El 29% comprende el suministro de energía, mientras que los sectores industrial, transporte y construcción abarcan el 24% respectivamente[342].

Los bonos de carbono pueden ser una fuente de financiamiento para que los países en desarrollos puedan implementar proyectos sustentables. Sin embargo, este mecanismo puede verse como un motivo para que países desarrollados y empresas importantes tengan la oportunidad de seguir contaminando a cambio de pagar por las emisiones que provocan.

Este sistema es conocido como "El que contamina paga" debido a que involucra un factor que a todos, individuos, empresas y gobiernos, les preocupa: la economía. Si no se puede dar un cambio en la percepción que se tiene sobre el medio ambiente y los recursos naturales, valorando su valor intrínseco y no su valor económico, este sistema puede ayudar a lograr metas para el desarrollo sustentable.

3.2.5 Redes inteligentes

Por otra parte, el aumento de la demanda de energía ha ocasionado que las redes de transmisión eléctrica sean insuficientes, costosas e ineficientes. El despacho de energía eléctrica es complicado principalmente por los cambios contantes en la demanda de energía, por esa razón los riesgos de sobrecarga o de interrupción del servicio son cada vez mayores.

Además, debido a la intermitencia de las energías renovables existen muchos problemas en la planeación y el funcionamiento de cualquier sistema eléctrico cuando se integran estas tecnologías. Debido a que aún no existe una tecnología que almacene grandes cantidades de energía, no es posible almacenar la energía producida por tecnologías renovables cuando los recursos estén disponibles y utilizarla cuando se necesite. Esto ocasiona que se tengan que utilizar tecnologías convencionales cuando las renovables no puedan producir.

Por esta razón la planeación y operación de cualquier sistema eléctrico debe ser muy eficiente para impedir cortes en el suministro eléctrico. "El sistema eléctrico se planea para que en el corto plazo exista, además de la capacidad de generación necesaria para satisfacer la demanda, la reserva de generación adecuada para que se haga el seguimiento de las variaciones de dicha demanda. Más aún, el sistema de generación existente debe tener la capacidad para hacer el seguimiento de la demanda, con la rapidez que se requiera"[343].

El los principales problemas operacionales son el control del flujo de potencia para evitar que exceda los límites de seguridad establecidos, mantener la frecuencia del sistema dentro de los límites operacionales requeridos, y asegurar que la reserva operativa del sistema se mantenga en los valores asignados. Se debe coordinar de manera adecuada la operación de todas las plantas de

[342] Ecofys, *NAMA database*, (en línea), Reino Unido, 2014, dirección http: (*http://bit.ly/1mtO1I2*), citado el 20 de abril de 2014

[343] Adrián Inda Ruiz, "El IIE busca soluciones para la adecuada operación del Sistema Eléctrico Nacional, ante la presencia de generación eólica", *Breves técnicas*, México, Instituto de Investigaciones Eléctricas, enero-marzo, 2011, pág. 35

generación de tal manera que el sistema pueda garantizar el abasto de energía además de satisfacer los criterios de operación mencionados[344].

"El suministro y la demanda es un tema con el que la red actual lucha fuertemente porque la electricidad debe ser consumida en el momento en que se genera. Ser incapaz de determinar con precisión la demanda en un momento dado puede resultar problemático para la solución de cualquier contingencia. Esto es particularmente cierto durante los episodios de mayor demanda de electricidad"[345].

En este sentido, en varias partes del mundo se están desarrollando sistemas que han cambiado la forma de operar el sistema de producción de energía eléctrica. Se trata de sistemas descentralizados que en lugar de alimentar al sistema desde un solo punto de generación, aprovechan distintas tecnologías, convencionales y renovables, para diversificar la matriz energética. A estos sistemas se les conoce como "Redes Inteligentes", las cuales son sistemas que coordinan la producción de energía con la demanda atendiendo las fluctuaciones que ésta presenta.

"Miles de pequeños generadores, incluyendo paneles solares e instalaciones que extraen la energía de la basura o de aguas residuales, podrían alimentar el sistema, sustituyendo o complementando plantas de gas natural, de carbón o nucleares. Un sistema menos centralizado se adapta mejor a la mezcla de diversas fuentes de energía y puede ayudar a reducir las emisiones de carbono y mitigar el cambio climático"[346].

La red inteligente "se caracterizará por un flujo bidireccional de electricidad e información para crear una amplia red automatizada de suministro de energía eléctrica. Se incorporan en la red los beneficios del cómputo distribuido y las comunicaciones para entregar información en tiempo real y permitir el balance casi instantáneo de la oferta y la demanda"[347].

La red inteligente permite el intercambio de información entre la planta de generación y el consumidor final en tiempo real para saber la cantidad de energía que está demandando en cada momento. En estos sistemas, cada dispositivo tiene un medidor que está conectado a la red e intercambia información sobre su consumo con la central de generación. "El medidor digital de electricidad, mide el consumo individual. Además, tiene la capacidad de encender, por ejemplo, la lavadora o la secadora de ropa en el momento en que el flujo de electricidad de la red es mayor y por lo tanto, el costo de la corriente es menor"[348].

Cuando existe una falla en el sistema, la red es capaz de identificar dónde ocurrió la falla gracias al intercambio de información y aislarla para que no se propague y afecte todo el sistema. Al mismo

---

[344] *Idem.*

[345] Departamento de Energía de Estados Unidos, *Smart Grid: an introduction*, Estados Unidos, 2008, pág. 13

[346] Beth Gardiner, "Bypassing the Power Grid", (en línea), Nueva York, New York Times, 8 de octubre de 2013, dirección http: (*http://nyti.ms/1r35ZyO*), citado el 18 de noviembre de 2013

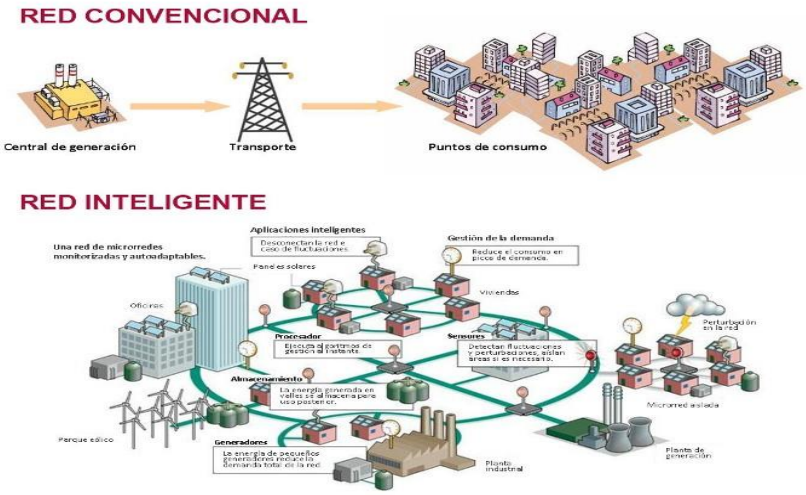
[347] Instituto de Investigaciones Eléctricas, *Redes Inteligentes*, *Innovaciones Inteligentes para las Sociedades Modernas*, México, 2010, pág. 2

[348] Roxana Isabel Duerr, "Smart Grid, la red eléctrica inteligente del futuro", (en línea), Alemania, Deutsche Welle, Energía, 30 de abril de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1kFeFLM*), citado el 17 de noviembre de 2013

tiempo permite que la electricidad regrese rápidamente a esos lugares donde ocurrió la falla, principalmente a los lugares prioritarios como hospitales.

"Al igual que internet, la red inteligente consistirá en controles, computadoras, tecnologías de la información, redes de comunicación, sistemas avanzados de medición y generación distribuida, pero en este caso, estas tecnologías funcionarán con la red eléctrica para responder digitalmente a nuestra rápidamente cambiante demanda eléctrica"[349].

Ilustración 16. Red Inteligente



Fuente: Antonia Tapia, *Redes inteligentes (Smart grid)*, (en línea), Constructor Eléctrico, 2012, dirección http: (http://bit.ly/1zux4lq), citado el 17 de noviembre de 2013

"Los beneficios asociados con la red inteligente son: la transmisión más eficiente de la electricidad, restauración más rápida de la electricidad después de las perturbaciones eléctricas, reducción de los costos de operación y gestión y los costos de energía para los consumidores, mayor integración de los sistemas de energía renovable a gran escala, etc."[350].

Las redes inteligentes permiten una mayor integración de las energías renovables al sistema eléctrico debido a que pueden modificar las distintas fuentes de generación de energía en tiempo real cuando una tecnología renovable produce o deja de producir energía. Por ejemplo: "el sistema registra nubes sobre los paneles solares, entonces el sistema de comando, automáticamente y mediante de un módem o una conexión dará la orden de utilizar los parques eólicos; o también, si los parques eólicos no reciben suficiente viento, entonces el sistema automáticamente empieza a utilizar la energía proveniente de las plantas hidroeléctricas o de biogás en otras partes del país"[351].

[349] Departamento de Energía de Estados Unidos, *¿Qué es la red inteligente?,* (en línea), Estados Unidos, 2013, dirección http: (*http://1.usa.gov/1kVsClC*), citado el 17 de noviembre de 2013
[350] *Idem.*
[351] Roxana Isabel Duerr, *op. cit.*, nota 348

Otro ejemplo podría ser el de los sistemas fotovoltaicos; cualquier persona podría generar electricidad por medio de esta tecnología y cuando dejara de producir podría conectarse a la red o en el caso de que produzca más energía de la que necesita podría integrarla a la red para que sea utilizada en otro lugar. Este esquema puede ayudar no sólo a transitar hacia energías renovables, sino también a tener un uso más eficiente de la energía y a la mitigación del cambio climático. Desafortunadamente las redes inteligentes representan una gran inversión y por ello aun se han desarrollado pocos sistemas como estos en el mundo.

3.3 Panorama del sector eléctrico nacional

México depende de los combustibles fósiles para la generación de energía; la demanda energética de México sigue aumentando, las reservas convencionales de combustibles fósiles se siguen agotando y la generación de energía sigue disminuyendo.

> "El desarrollo energético en el mundo involucra tres aspectos críticos que de acuerdo al Consejo Mundial de Energía son los siguientes: accesibilidad, disponibilidad y aceptabilidad. La accesibilidad a los recursos energéticos es fundamental para el desarrollo económico; por su parte, la disponibilidad se refiere a que la oferta energética sea permanente sin interrupciones y a precios accesibles que no frenen el desarrollo económico; y finalmente la aceptabilidad involucra la sustentabilidad ambiental en el uso de la energía privilegiando los combustibles limpios y las fuentes renovables"[352].

En este sentido, la crisis ambiental y energética se debería considerar como una prioridad en cualquier agenda nacional debido a los efectos que se podrían experimentar. Especialmente en un país como México ya que es uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático y, por otra parte, es un país altamente dependiente de los combustibles fósiles, tanto energética como económicamente.

Estos temas no deberían ser tratados como un tema más de la agenda nacional o como una oportunidad para mejorar la imagen internacional de México, sino como un tema prioritario debido a los riesgos que esto conlleva, pero también por el gran potencial existente para anticiparse a una crisis energética y climática.

"Cuando se reflexiona sobre cambio climático en muchas ocasiones se considera que es un tema que corresponde a futuras generaciones por resolver. No obstante, el tiempo ya nos alcanzó y en estos momentos la humanidad paga las consecuencias de soslayar las soluciones de fondo al quemar tanta energía no renovable y graves impactos ambientales como el efecto invernadero"[353]. En este sentido, se han establecido distintas metas en materia de aprovechamiento de energías renovables y el desarrollo sustentable en México.

---

[352] Miguel Ángel Rubalcava Cruz, "Transición Energética en México", (en línea), México, Global Energy, Columnas, 15 de abril de 2010, dirección http: (*http://bit.ly/1eOy0dz*), citado el 18 de noviembre de 2013

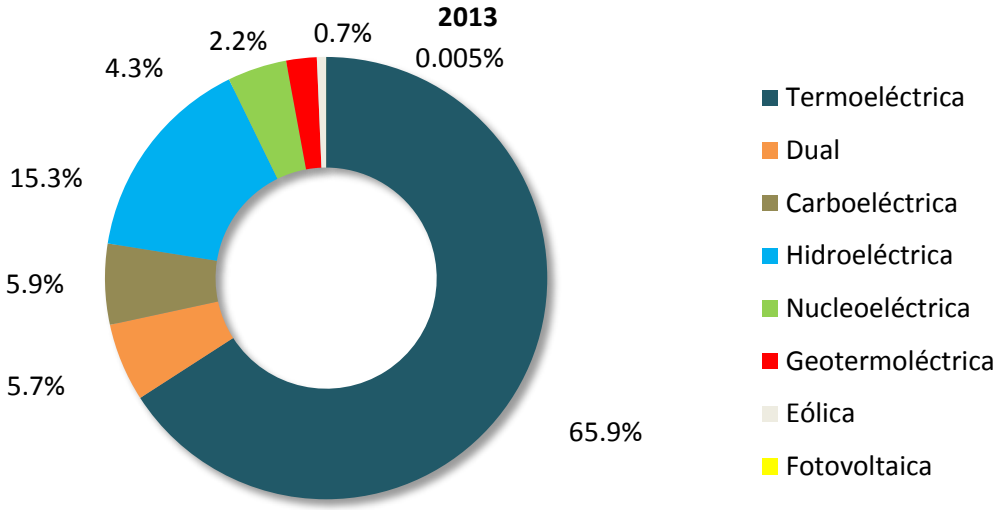
[353] La Editorial, "Hacia la sustentabilidad con nuevas tecnologías", México, Global Energy, año 6, núm. 63, septiembre de 2013, pág. 3

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) establece que México deberá reducir sus emisiones de GEI para el año 2020 un 30% respecto a las emisiones del año 2000 y un 50% para el año 2050. Además, "Para el año 2020, acorde con la meta-país en materia de reducción de emisiones, el Gobierno Federal deberá tener constituido un sistema de incentivos que promueva y permita hacer rentable la generación de electricidad a través de energías renovables, como la eólica, la solar y la minihidráulica por parte de la Comisión Federal de Electricidad"[354].

En materia energética, en México ya se tienen objetivos establecidos para transitar a fuentes de energía renovable. La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) en su artículo segundo transitorio establece como meta "una participación máxima de 65% de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica para el año 2024, del 60% en el 2035 y del 50% en el 2050"[355].

En este sentido, según el SIE en el año 2013 la mayor parte de la generación de electricidad provino de centrales termoeléctricas y de ciclo combinado, que usan gas y, en menor proporción, combustóleo y diesel. En total se generó el 77.7% de la energía eléctrica del país a base de combustibles fósiles, mientras que las energías renovables aportaron el 18.1% de la generación eléctrica nacional. (Gráfica 31)

Gráfica 33. Generación de energía eléctrica por tecnología en México 2013



Fuente: SIE, Generación bruta de energía por tecnología, (*http://bit.ly/1mqBCCj*)

Por otro lado, el artículo 36 BIS de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) establece que "para la prestación del servicio público de energía eléctrica deberá aprovecharse la producción de energía eléctrica que resulte de menor costo para la Comisión Federal de Electricidad,

[354] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley General de Cambio Climático*, *Artículo Tercero Transitorio*, México, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, 2012, pág. 43

[355] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*, México, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, 2008, pág. 11

considerando para ello las externalidades ambientales para cada tecnología, y que ofrezca, además, óptima estabilidad, calidad y seguridad del servicio público”[356].

3.3.1 Escenarios del sector eléctrico nacional

El Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026 (POISE 2012-2026) de CFE posee un escenario de referencia, tomando en cuenta los mínimos costos, los requerimientos de sustitución de plantas y la demanda. Dicho escenario plantea una participación de los combustibles fósiles en la generación de electricidad de aproximadamente 80.6% para el año 2026, mientras que la energía nuclear generaría el 2.5% de la electricidad y el resto se generaría mediante energías renovables.

Al mismo tiempo, ha diseñado 3 escenarios de planeación que proyectan la evolución de la generación eléctrica del país para alcanzar el 35% de participación de tecnologías renovables. “Para disminuir la participación de 80.6% con combustibles fósiles en la generación de electricidad a 65%, considerando el mínimo costo, se requeriría desplazar 74.7 TWh de generación fósil a no fósil. Para ello, se sustituirá generación de ciclos combinados por la de centrales nucleares y/o tecnologías con fuentes de energía renovable (principalmente eólica)”[357]. Dichos escenarios son:

Cuadro 17. Escenarios con proyectos nucleares y renovables

Escenario	Ciclos Combinados	Eoloeléctricas	Nucleoeléctricas
Renovables	Se excluyen 10,698 MW equivalentes a 15 o 16 proyectos.	Se adicionan 28,411 MW equivalentes a 284 granjas eólicas de 100 MW. Se adicionan 7,857 MW de turbogás como respaldo del sistema.	
Nuclear	Se excluyen 10,698 MW equivalentes a 15 o 16 proyectos.		Se adicionan 10,698 MW equivalentes a 7 u 8 centrales.
Híbrido (Nuclear y eólica)	Se excluyen 10,698 MW equivalentes a 15 o 16 proyectos.	Se adicionan 20,900 MW equivalentes a 209 granjas eólicas de 100 MW. Se adicionan 5,792 MW de turbogás como respaldo del sistema.	Se adicionan 2,800 MW equivalentes a 2 centrales.

Fuente: *POISE 2012-2026*, pág. 322

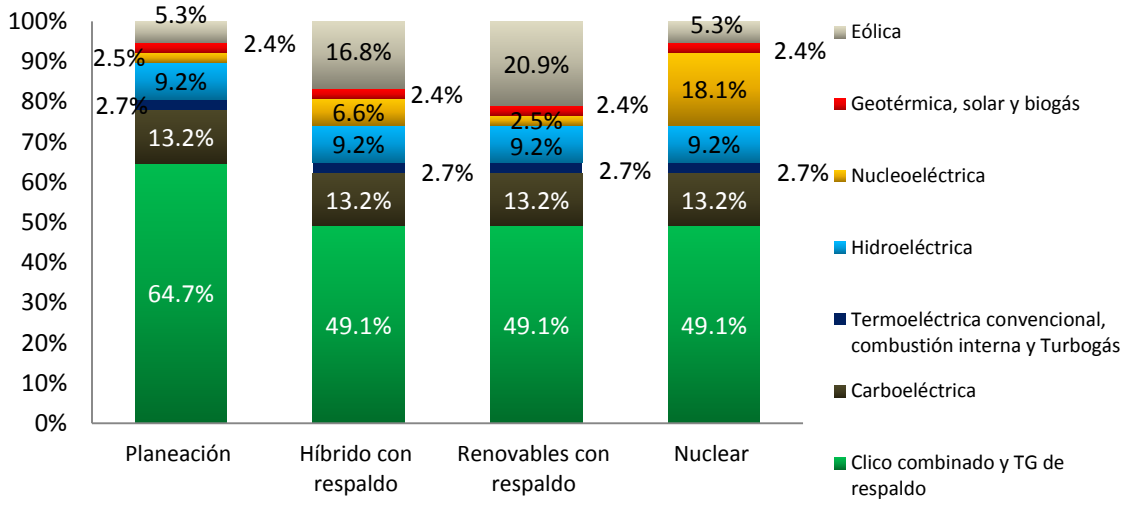
Según el POISE, “el escenario con adiciones de renovables resulta con el mayor sobrecosto anual respecto al caso de referencia. El caso con menor sobrecosto respecto al de planeación corresponde al escenario con centrales nucleares, sin embargo los tiempos para construcción, así como los

[356] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, Artículo 36 bis*, México, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, 1975, pág. 12

[357] Antonio Vivanco Casamadrid *et al*., *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) 2012-2026*, México, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Programación Coordinación de Planificación, 2012, pág. 321

recursos financieros requeridos, hacen irrealizable la instalación de 7 u 8 centrales de este tipo al 2026. El cumplimiento de la meta presenta retos técnicos y económicos que hacen inviable alcanzarla"[358]. Sin embargo, con este escenario se reduciría mayor cantidad de gases contaminantes que en cualquiera de los escenarios restantes.

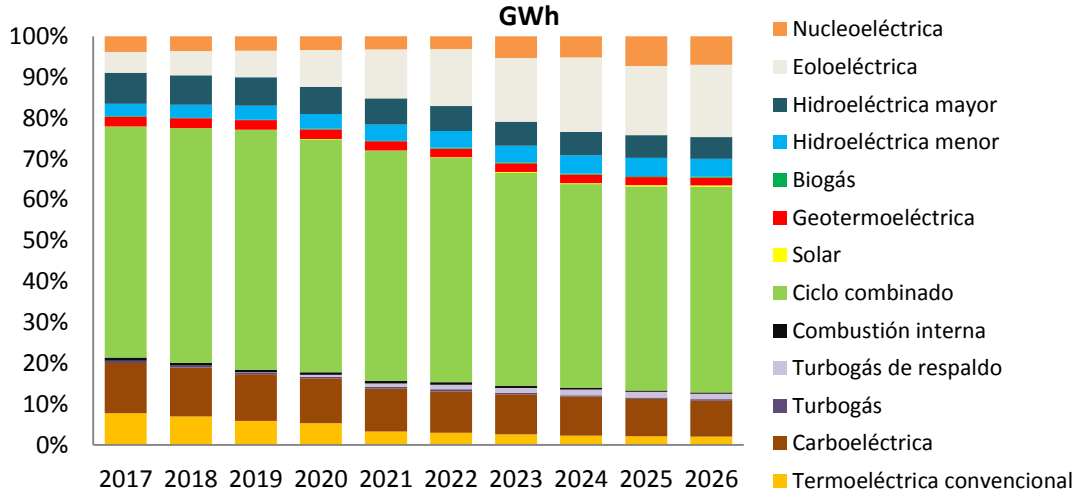
Gráfica 34. Participación en la producción de energía en 2026



Fuente: *POISE 2012-2026*, pág. 322

El escenario que ayudaría a cumplir la meta establecida es el escenario híbrido. Según el POISE sería hasta el año 2019 cuando se comenzarían a reemplazar las centrales de ciclo combinado por campos eólicos; posteriormente en el año 2023 y 2025 comenzarían a operar dos centrales nucleares, una por cada año. De esta forma se alcanzaría la meta de 65% de participación de combustibles fósiles en la generación de electricidad para el año 2024 y la cual se mantendría al 2026. (Gráfica 33)

Gráfica 35. Escenario híbrido: Generación bruta del sistema eléctrico



Elaboración propia con información del POISE 2012-2026, pág. 327

[358] *Ibidem.,* pág. 325

Considerando que los costos de las energías renovables son superiores a los costos de las tecnologías convencionales, la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 (ENE) menciona que para lograr la meta de 35% de generación renovable es indispensable promover el incremento de la energía nuclear en la generación eléctrica nacional debido a que su costo le permite competir contra las tecnologías convencionales además de que puede servir como base para el sistema eléctrico.

Dado que existen grandes dificultades técnicas y económicas para lograr esta meta, la ENE menciona que es necesario "revisar y actualizar el marco regulatorio a fin de agilizar el otorgamiento de permisos para proyectos de generación por parte de la iniciativa privada a partir de fuentes renovables, así como diseñar y establecer mecanismos financieros y tarifarios, que incentiven la utilización de fuentes renovables"[359].

3.3.2 Sector energético y capital privado

La LSPEE en su artículo 36 establece los lineamientos para que la Secretaría de Energía (SENER) otorgue permisos para que privados puedan generar electricidad. En este sentido, existen varias modalidades de generación para permisionarios, las cuales son:

- El autoabastecimiento corresponde a la generación de energía eléctrica para uso propio sin poder vender la energía a terceras personas;
- La cogeneración corresponde a la generación de energía eléctrica aprovechando energía térmica no aprovechada en otros procesos, siempre y cuando la energía generada sea consumida por quien aprovecha la energía térmica;
- La producción independiente es la modalidad en donde se genera energía eléctrica que es vendida exclusivamente a la CFE o que sea exportada;
- La pequeña producción corresponde a proyectos con capacidad no mayor a 30 MW y cuya energía generada sea vendida exclusivamente a CFE; o proyectos no mayores a 1 MW y que destinen la energía a comunidades rurales que no tienen este servicio.
- Por último, la exportación de energía podrá realizarse en el caso de que sea energía producida por medio de cogeneración, producción independiente y pequeña producción, mientras que la importación solo puede realizarse para autoabastecimiento[360].

"La generación eléctrica de la CFE de enero a junio de 2013 decreció 1.3%, en relación con el mismo periodo del año pasado, en tanto, la generación de electricidad de privados aumentó: 0.5% en producción independiente de energía (PIE), 0.9% en autoabasto, 2.1% en cogeneración y 20.9% en generación para exportación. El autoabasto ha aumentado 19.8% si se compara con el 2008"[361].

---

[359] Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional de Energía 2013-2027*, México, 2013, pág. 36

[360] Cámara de Diputados, *Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*, Artículo 3 y 36, *op. cit.*, nota 356, págs. 1,10

[361] Karol García, "Generación eléctrica de privados, en crecimiento", (en línea), México, El Economista, 3 de septiembre de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1nemmer*), citado el 24 de diciembre de 2013

La LSPEE en su artículo 1° establece que corresponde exclusivamente al gobierno generar energía eléctrica para la prestación del servicio público y por lo tanto no se otorgarán concesiones a los particulares; sin embargo esta ley fue modificada en 1992 para que organismos privados pudieran generar electricidad. Para no generar conflicto con el artículo antes mencionado, la misma ley en su artículo 3° establece que no se considera como servicio público la generación de energía por medio de las modalidades de generación para permisionarios.

Tanto el Programa Sectorial de Energía, la Estrategia Nacional de Energía y la LAERFTE establecen como elemento fundamental para la transición energética la participación de empresas privadas. Hoy en día el capital privado juega un papel muy importante ya que no se pueden estructurar políticas sin incluirlo. La inversión privada en la generación de energía puede fomentar el desarrollo tecnológico y científico del país a través del impulso a la industria nacional, y sobre todo, la creación de nuevas empresas.

Sin embargo, debido al neoliberalismo las grandes empresas privadas tienen un poder de decisión cada vez más grande, sobre todo las que provienen de los países desarrollados. Poner a competir a la industria nacional contra las grandes empresas extranjeras es una gran desventaja para el país ya que "en estas condiciones, la mayor apertura mercantil no amplía la competencia sino que sólo crea oportunidades para la proliferación de los poderes monopólicos con todas sus consecuencias sociales, ecológicas, económicas y políticas"[362].

Los gobiernos al no regular la actividad económica permiten la libre entrada y salida de los capitales extractivitas los cuales intervienen en los sectores estratégicos como el energético y cuyos intereses están resguardados por sus países de origen. Estas relaciones crean dependencia con los países desarrollados ya que al tener el control de los sectores estratégicos pueden mantener el dominio sobre una sociedad y sus recursos naturales.

"En este sentido, que el neoliberalismo implica una competencia abierta antes que un control monopólico o competencia limitada dentro de estructuras oligopólicas es una idea fraudulenta que, como de costumbre, el fetichismo de la libertad de mercado enmascara. El libre comercio no significa comercio justo"[363].

Los países en desarrollo siempre han sido la fuente de recursos de los países desarrollados, esto se ha llevado a cabo bajo un sistema de dominación que ha existido desde la época colonial y que ahora se le conoce como neocolonialismo. Bajo este sistema la transferencia de recursos naturales de los países pobres a los países ricos se hace por medio de empresas privadas o por instituciones internacionales que solamente representan los intereses de los países centrales.

Tales instituciones como el Fondo Monetario Internacional (FMI) o el Banco Mundial son financiadas por los países desarrollados para implementar políticas en diversos países; estos capitales son recibidos debido a que promueven la inversión y el desarrollo, sin embargo estos mecanismos

[362] David Harvey, *El nuevo imperialismo: Acumulación por desposesión*, Madrid, España, Akal, 2004, pág. 109
[363] *Idem.*

generan deudas por el cobro de intereses, provocando que los países en desarrollo se subordinen a los intereses de los acreedores. Esto no podría ocurrir sin la ayuda de una pequeña clase social al interior de los países pobres.

"El BM impulsa una estrategia económica basada en la apertura de los mercados, la privatización a ultranza, especialmente de los activos estratégicos tanto convencionales (infraestructuras diversas), como "naturales" (petróleo, gas natural, minerales, agua, biodiversidad); lo hace por medio de rigurosos Programas de Ajuste Estructural que han provocado una baja histórica de la inversión pública y una transferencia de recursos del sector público al privado, nacional y extranjero"[364].

Este sistema no solo obliga a los países en desarrollo a que sigan necesitados de capital, sino que también necesitan de los productos y tecnología de los países desarrollados ya que el papel que juegan en la economía es de simples proveedores de recursos naturales y no de productores de tecnología. "Para que este sistema funcionara efectivamente, los mercados debían ser forzados a abrirse al comercio internacional –un proceso lento que requirió de la presión intensa de EUA respaldada por el uso de factores de influencia internacional tales como el FMI y del compromiso igualmente intenso con el neoliberalismo como la nueva ortodoxia económica"[365].

Basta con analizar la estructura y funcionamiento de estas instituciones ya que es un reflejo claro del balance de poder del sistema internacional. Por ejemplo, tanto en el Fondo Monetario Internacional como en el Banco Mundial el sistema de votación les otorga mayor cantidad de votos a los países que aportan más capital a estas instituciones como Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia y Reino Unido. No es coincidencia que los principales países acreedores del Banco Mundial sean el origen de las grandes empresas tradicionales que desean invertir en los países en desarrollo.

Incluso la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que promueve proyectos para el desarrollo sustentable, lo hace a través de proyectos que cuentan con el apoyo del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) y el Banco Mundial, vinculando al gobierno con empresas privadas.

"Las cúpulas político-económicas se inclinan cada vez más por aceptar las condicionantes que indican instituciones como el FMI–BM–BID, cuya principal tarea es estimular las inversiones privadas de los acreedores en los países anfitriones. Éstas han impuesto serias restricciones al desarrollo económico-tecnológico endógeno pues su diseño está pensado para mantener las asimetrías imperantes. Lo mismo se puede sostener para el caso de la Agencia de Cooperación Estadounidense (USAID) que además ha sido el "brazo civil" del aparato de seguridad de Estados Unidos"[366].

El discurso sobre el desarrollo sustentable parece ser la solución para las grandes empresas transnacionales y los países más desarrollados para mantener el dominio que han tenido sobre los recursos naturales de los países en desarrollo. Ahora que han agotado sus recursos no renovables,

---

[364] John Saxe-Fernández y Gian Carlo Delgado-Ramos, *Imperialismo y Banco Mundial*, España, Editorial Popular, 2005, Pág. 9

[365] David Harvey, *op. cit.*, nota 362, págs. 117-118

[366] Gian Carlo Delgado Ramos, *Extractivismo, maquilización y desindustrialización en América Latina*, en Imperialismo Tecnológico y Desarrollo en América Latina, Cuba, Ruth Casa Editorial, 2011, págs. 87-88

han contaminado el medio ambiente y su demanda de energía es cada vez más grande, explotan los recursos renovables de los países en desarrollo.

Desde mediados del siglo XX se identifica el contexto latinoamericano como un modelo clásico de neocolonia, ya que los sectores de mayor valor agregado y los de importancia estratégica para garantizar la hegemonía económica son "naturalmente" reservados, en su mayoría a los capitales extranjeros; existe una dependencia de transferencia tecnológica debida, entre otros factores, a la débil existencia de investigación y desarrollo; no se tiene un proyecto de nación de largo plazo; la productividad es de bajo contenido tecnológico; etc.[367].

Las fuentes renovables de energía, junto con las reservas no convencionales de recursos no renovables serán el medio por el que se generará la energía que se demanda; sin embargo son los países desarrollados y sus empresas transnacionales los que cuentan con la tecnología y el capital necesario para aprovechar estos recursos, esto les permite explotarlos y en ocasiones adueñarse de ellos.

En este sentido, resalta el conflicto en Oaxaca en el año 2011 ocasionado por la construcción de varios parques eólicos en municipios como Juchitán. Estos parques eólicos son proyectos de la CFE con apoyo de empresas extranjeras, principalmente españolas. La región de la Ventosa en Oaxaca es ideal para construir campos eólicos; este terreno no es apto para la agricultura ya que los fuertes vientos dañan las cosechas de la población local, por lo que servirían para generar una gran cantidad de energía eléctrica.

Debido al gran potencial eólico de esta zona, empresas españolas como Iberdrola, Acciona, Gamesa y Alstom de Francia acordaron con el gobierno y con CFE generar electricidad bajo los esquemas de autoabastecimiento y productor independiente. No obstante, los habitantes de la región argumentan que los acuerdos con las empresas extranjeras no contaron con la aprobación de la población y que los precios que le otorgaron a sus tierras fueron muy bajos; lo cual lo consideran como un despojo por parte de las empresas y el gobierno[368].

"Los inversionistas se comprometieron a pagar entre seis mil y ocho mil pesos por cada hectárea utilizada y a cubrir las indemnizaciones por el prejuicio generado a las zona de cultivo y áreas habitacionales, sin embargo, solo han cubierto de 500 a mil pesos por hectárea utilizada y no han pagado lo que se acordó en el convenio"[369].

Actualmente empresas como Bimbo, Nestlé, Femsa, CEMEX, Iberdrola, Gamesa, entre otras, poseen aerogeneradores en esta zona de Oaxaca, ya sea bajo el esquema de autoabastecimiento o de productor independiente. Además, Iberdrola, primer productor privado de electricidad, con 17% del

---

[367] *Ibidem*, págs. 80-81

[368] Alberto López, "Alertan agudización de conflictos por obras eólicas", (en línea), México, El Universal, 8 de enero de 2011, dirección http: (*http://bit.ly/1h7LACU*), citado el 21 de diciembre de 2013

[369] Oscar Rodríguez, "Protestan indígenas con cierre de parques eólicos en Oaxaca", (en línea), México, Milenio, 15 de agosto de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1hQFInD*), citado el 20 de diciembre de 2013

total generado en México, prevé comenzar este año, precisamente en Oaxaca, la ampliación de sus instalaciones eólicas, además de la construcción de un parque eólico en Puebla[370].

Lo cierto es que se están autorizando proyectos a empresas extranjeras y nacionales que no favorecen a las necesidades nacionales ya que afectan a las poblaciones locales y se están privatizando recursos naturales estratégicos. "En el caso de Santo Domingo Ingenio, donde laboraban 120 empleados; hoy sólo 11 personas trabajan en el parque eólico y la mitad son fuereños. Además, en La Ventosa se producía hace unos años el mejor queso de la región; ahora mucha gente perdió su trabajo y ahora existen asaltos y robos. Por otro lado, en La Venta y La Ventosa, refieren que cada mañana aparecen restos de aves despedazadas por las aspas de los aerogeneradores"[371]. Además, por medio de los contratos de autoabastecimiento la energía generada será para el uso exclusivo de las empresas privadas que se localizan en esa región y en otras partes del país.

Sin embargo, no sólo en Oaxaca han sucedido este tipo de conflictos; este año en el municipio de Cutzamala de Pinzón, ubicado en el estado de Guerrero, los habitantes y el gobierno local confrontaron a la empresa Mexhidro, de capital italiano, debido al incumplimiento de su contrato en la operación de la presa El Gallo.

Esta presa fue construida en el año 2005 con el fin de proveer de agua a los agricultores locales, desarrollar la pesca y proporcionar el 30% de la electricidad del municipio. Sin embargo, la empresa ha afectado a la comunidad y al gobierno local debido a que ha sobreexplotado la capacidad de la presa con el fin de vender más electricidad a otros estados y empresas y no al municipio, negocio con el cual obtiene beneficios económicos calculados en 405 millones de dólares al año[372].

Esta empresa vende electricidad a estados como Jalisco y Michoacán, además de empresas como General Motors. "Inicialmente ellos tuvieron esa concesión para vender solamente energía eléctrica a dos empresas pero hoy tienen 35 empresas y municipios a quienes les venden electricidad"[373].

La sobreexplotación de la presa ha ocasionado que los niveles de agua disminuyan afectando a la agricultura local, la ganadería y a la pesca, debido a que los peces mueren por las turbinas de la presa. "Los peces, denuncian, mueren al ser extraídos por las turbinas de la hidroeléctrica o por falta de oxígeno en las aguas de la presa. Hasta ahora sólo dos cooperativas reciben desde hace tres años

---

[370] La Redacción, "Pese a la oposición, empresa española construirá parques eólicos en Oaxaca y Puebla", (en línea), México, Proceso, Nacional, 22 de marzo de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1gMPfKI*), citado el 20 de diciembre de 2013.

[371] Hiram Moreno y Jorge Pérez Alfonso, "Anuncian manifestaciones en Oaxaca contra parques eólicos", (en línea), México, Periódico La Jornada, Estados, martes 30 de octubre de 2012, pág. 32, dirección http: (*http://bit.ly/1pe9OWl*), citado el 22 de diciembre de 2013

[372] La Redacción, "Pide Sofío Ramírez cancelación de permiso a Mexhidro por incumplimiento", (en línea), México, Global Energy, Sector Eléctrico, 23 de Julio de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1eEFiQI*), citado el 22 de diciembre de 2013

[373] Miriam Moreno, "En Cutzamala de Pinzón, Guerrero la población, encabezada por su presidente municipal, reclama a una empresa los daños a la comunidad", (en línea), México, Noticieros Televisa, Especiales, 7 de octubre de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1tfsswk*), citado el 22 de diciembre de 2013

apoyos de Mexhidro para compensar sus daños. Además hoy 300 hectáreas de cultivo están por perderse por la falta de riego”[374].

Estos proyectos son un claro ejemplo de la apropiación sobre los recursos renovables, no sólo por empresas transnacionales sino también por los grandes corporativos nacionales, alegando que buscan el desarrollo sustentable.

Por otra parte, los grandes corporativos tienden a diversificar sus actividades para poder obtener ganancias de diversos sectores. La generación de energía no es la excepción, basta lo que ha provocado que ahora el Estado dependa de estos grandes corporativos para abastecerse de energía, a pesar de que ya tienen un nivel de ingreso privilegiado. Basta mencionar el caso en México donde Grupo salinas, uno de las empresas más influyentes y con mayores ganancias del país, ahora venderá energía eólica al estado de Jalisco para abastecer el sistema de transporte y sedes gubernamentales. En la firma de dicho acuerdo hizo presencia la senadora Ninfa Salinas, presidente de la comisión de Medio Ambiente del Senado, hija de Ricardo Salinas Pliego[375].

Las energías renovables, lejos de verse como un recurso estratégico que puede impulsar el desarrollo sustentable y reforzar la seguridad energética, se utilizan como un bien que puede ser vendido o concesionado a la ligera. Por esta razón es importante que se promueva el desarrollo de tecnologías, conocimiento y capacidades nacionales, y sobre todo que se impulse a nuevas y pequeñas empresas para el aprovechamiento de las energías renovables en nuestro país. “El estímulo y la regulación de los múltiples actores que componen el triángulo o red científico-tecnológica de cualquier país industrializado y también de las economías emergentes, es un factor nodal para la conformación de una base industrial endógena competitiva en un grado u otro”[376].

“El debate sobre la participación del sector público en la industria eléctrica debiera tomar en cuenta la asistencia a grupos menos favorecidos o regiones alejadas que el sector privado no está interesado en desarrollar, así como la pérdida de control nacional de un sector tan estratégico para el desarrollo económico del país”[377].

En este sentido, es importante que las energías renovables sean aprovechadas para el bien nacional y no para brindar beneficios a un sector focalizado ya que son recursos limitados que deben impulsar en desarrollo nacional. Por otra parte, varios países han impulsado el desarrollo científico y tecnológico de sus industrias a través de mecanismos de transferencia tecnológica permitiendo la inversión de capital privado en sus sectores productivos. Mecanismos como estos podrían ser

---

[374] *Idem.*

[375] Sergio Hernández Márquez, “Gobierno estatal desplaza a CFE por parque eólico del Grupo Salinas”, (en línea), México, La Jornada, 30 enero de 2014, dirección http: (*http://bit.ly/1nenbUt*), citado el 30 de enero de 2014

[376] Gian Carlo Delgado Ramos, *op. cit.*, nota 366, pág. 74

[377] Claudia Sheinbaum Pardo y Luis Rodríguez Viqueira, “Eficiencia energética y privatización de la Industria Eléctrica”, *Problemas del Desarrollo*, núm. 101, vol. 26, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas, abril-junio, 1995, pág. 220

utilizados para impulsar el desarrollo tecnológico nacional y provocar que México sea un país productor de bienes con alto valor agregado y no solamente un exportador de recursos naturales.

"La privatización es probablemente uno de los fenómenos políticos y económicos más relevantes de esta década; la industria eléctrica no solo no se escapa de esta ola económica de tipo neoliberal, sino que "existen en la actualidad pocas áreas tan alentadoras para invertir como la industria eléctrica"; la razón es obvia: la mayoría de los países se están convirtiendo aceleradamente en usuarios intensivos de electricidad"[378].

3.4 Transición energética y seguridad nacional de México

3.4.1 Energía, economía y medio ambiente

Debido a la creciente demanda de energía en México las políticas actuales en el sector energético tienen un objetivo principal: aumentar la generación de energía mediante la mayor explotación de los recursos naturales. La lógica actual es que a mayor explotación de los recursos se puede lograr el crecimiento económico y ser más competitivo.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND), principal instrumento de planeación del Gobierno Federal a lo largo del sexenio, establece que "para poder mejorar el nivel de vida de la población es necesario incrementar el potencial de la economía de producir o generar bienes y servicios, lo que significa aumentar la productividad; ésta es uno de los determinantes fundamentales del crecimiento y sólo a través de un crecimiento amplio se logrará el desarrollo al que aspira la sociedad"[379].

Menciona que "se requiere un nuevo marco institucional que permita al Estado aumentar su capacidad para producir energía más barata y de manera más eficiente, a fin de asegurar el abasto para la economía"[380]. Por otro lado, la ENE menciona que la estructura del sector energético debe estar determinada por el crecimiento económico, es decir, "que la energía sirva como un instrumento para la economía"[381].

Pero, esta lógica ha provocado la actual crisis ambiental mundial y la actual problemática de abastecimiento energético. El planeta es un sistema cerrado que no aumenta de tamaño, es decir, la cantidad de materia que lo compone siempre será la misma aunque ésta pueda cambiar de forma. Por otra parte, la economía es un sistema que busca el crecimiento infinito basado en la explotación de los recursos naturales.

Explotar los recursos naturales con base al crecimiento de la economía atenta contra el medio ambiente, ya que son el modelo económico con su noción de crecimiento infinito y el modo de vida actual la razón de la depredación de los recursos naturales y el deterioro ambiental. "Los defensores

---

[378] *Ibidem*, pág. 218
[379] Secretaria de Hacienda y Crédito Público, *Decreto por el que se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, México, Diario Oficial de la Federación, 20 de mayo de 2013, pág. 20,71
[380] *Ibidem*, pág. 78
[381] Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional de Energía, op. cit.*, nota 359, pág. 10

de la fe neoliberal pretenden enraizar aquella ideología depredadora del ser humano y de la naturaleza, que se difunde desde los centros del poder; una ideología que ha hecho del consumo su objetivo final, del mercado el único instrumento regulador de las relaciones socioeconómicas, así como de la explotación y dominación su razón de ser"[382].

Se ha dicho que la máxima explotación de los recursos, especialmente el petróleo, es la única vía al desarrollo. Sin embargo, gran parte de los países que poseen la mayor cantidad de recursos naturales permanecen en la misma situación de pobreza y dependencia económica que han vivido desde la era colonial. Esto se debe a que se ha privilegiado la sobrexplotación de los recursos sobre otras actividades económicas y porque se han formado pequeños grupos que han acumulado las ganancias de dicha sobrexplotación, manteniendo a gran parte de la población en condiciones marginales. "Si el Estado por sí solo no es la solución, mucho menos lo será el mercado. El subordinar el Estado al mercado, conduce a subordinar la sociedad a las relaciones mercantiles y a la egolatría individualista"[383].

Esto no quiere decir que los recursos naturales no deban ser aprovechados por los países que los poseen. Pero se necesita cambiar la concepción actual sobre los recursos naturales ya que ésta es la que han implantado los países coloniales, los cuales han causado la crisis ambiental actual. Hay que ver a los recursos naturales como un medio para la subsistencia y no como un bien económico que puede ser explotado indiscriminadamente. "No va más la identificación del bienestar y la riqueza como acumulación ilimitada de bienes materiales, con las consecuentes expectativas de crecimiento y consumo ilimitados. Son conocimientos de matriz colonial y eurocéntrica, que pretenden convencer de que este patrón civilizatorio es natural e inevitable"[384].

En cuanto al sector energético, dejar que la energía sirva como un instrumento para la economía se traduce en que dicho sector deberá expandirse de forma ilimitada para garantizar la creciente demanda, ocasionando un impacto cada vez mayor en el medio ambiente. No se trata de no buscar el desarrollo, se trata de cambiar el estilo de vida actual y adecuarlo a la disponibilidad de recursos naturales. "Por lo tanto, no se trata de reemplazar la actual matriz energética por otra menos contaminante, más disponible, más eficiente… hay que cambiar también la forma de producir y utilizar la energía, transitando hacia una nueva civilización energética, sobre nuevas bases tecnológicas, orientándola hacia el buen vivir"[385].

3.4.2 Eficiencia energética

En este sentido, además de la transición energética, otra política prioritaria para el sector energético nacional debería ser la eficiencia energética, y no buscar aumentar la capacidad de generación de energía. La eficiencia energética puede entenderse como producir lo mismo con menos energía o producir más con la misma energía. En otras palabras, "es la cantidad de consumo energético

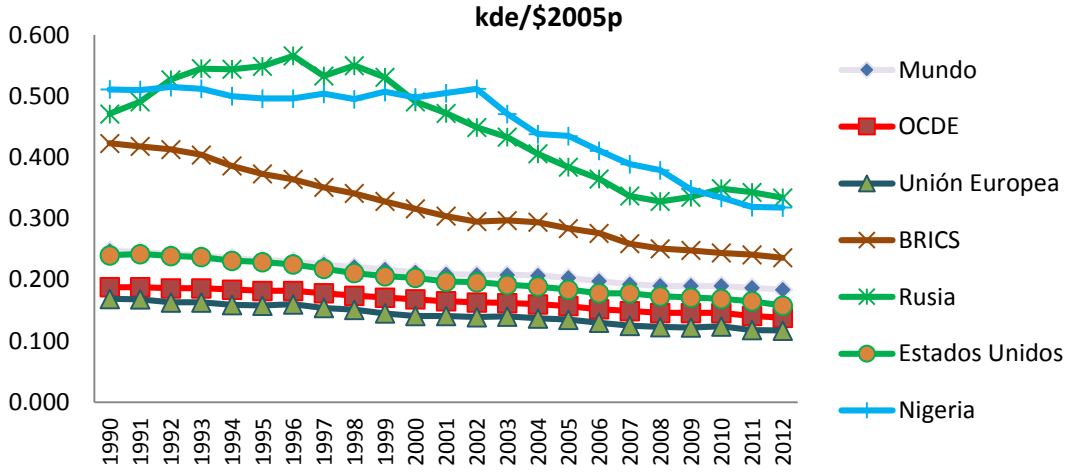
[382] Alberto Acosta, *La maldición de la abundancia*, Quito, Ecuador, Ediciones Abya-Yala, 2009, pág. 26
[383] *Ibidem*, pág. 177
[384] *Ibidem*, págs. 164-165
[385] *Ibidem*, pág. 172

necesario para brindar un servicio e implica mejorar, tanto los aspectos tecnológicos, como la gestión de la energía"[386].

La demanda de energía aumenta cada año a nivel mundial, sin embargo, aplicar medidas de eficiencia provoca que los países sean menos intensivos energéticamente, es decir, que se requiera menor energía para impulsar el crecimiento de la economía. La intensidad energética "es la cantidad de energía necesaria para producir una unidad del ingreso nacional. Es un término determinado por la eficiencia energética, el tamaño de la economía, la industria, etc., y se mide dividiendo la energía consumida entre el producto interno bruto (PIB)"[387].

La productividad de un país puede medirse identificando la cantidad de energía que requiere para producir una unidad del PIB. A nivel mundial la intensidad energética ha disminuido constantemente, principalmente en los países industrializados. (Gráfica 34)

Gráfica 36. Intensidad energética del PIB



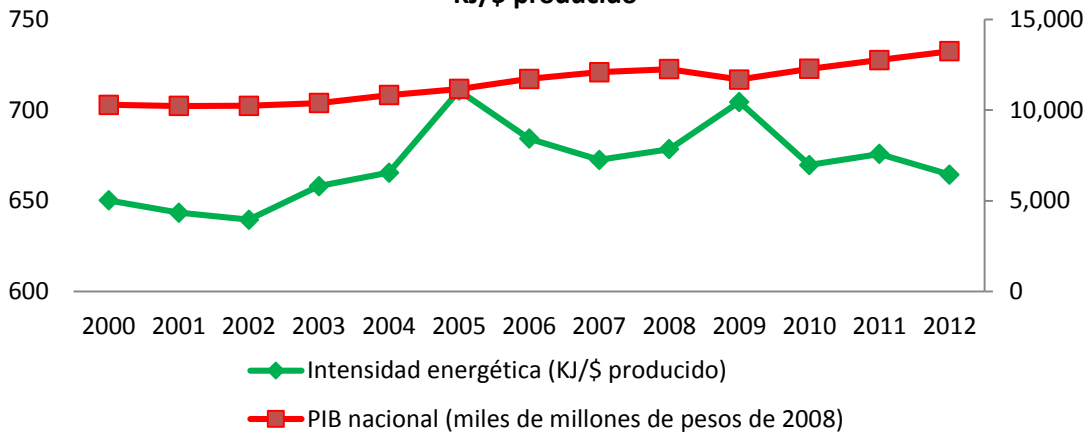
Fuente: ENERDATA
Kde: Kilowatt de energía
$ 2005p: paridades de poder adquisitivo del año 2005

Una menor intensidad energética significa que el consumo de energía ha disminuido a medida que aumenta el PIB, sin embargo, también puede significar una reducción de la actividad económica, por lo que no siempre significa que la productividad de un país haya aumentado. En el caso de México, la intensidad se ha aumentado en los últimos 10 años, lo que quiere decir que el crecimiento económico cuesta cada vez más energía. (Gráfica 35)

La razón por la que la eficiencia energética debe considerarse como una prioridad del sector energético es por sus múltiples beneficios, no solo en este sector, sino en muchos otros. Una política de eficiencia puede impactar al mismo tiempo en diferentes sectores como el medio ambiente, la salud, la economía, etc.

[386] Lisa Ryan y Nina Campbell, *Spreading the net: the multiple benefits of energy efficiency improvements*, Francia, Agencia Internacional de Energía, 2012, pág. 9
[387] *Ibidem*, pág. 10

Gráfica 37. Intensidad energética de México
KJ/$ producido

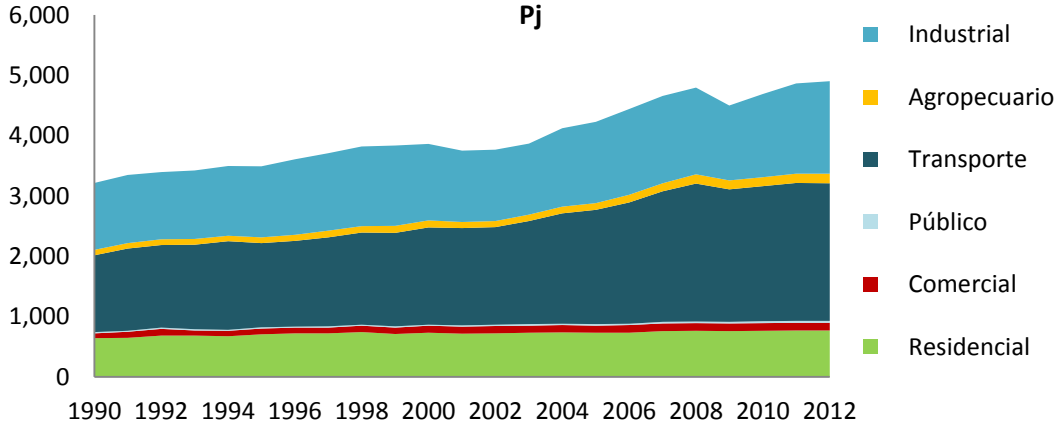


Fuente: SIE, *Indicadores económicos y energéticos*, (*http://bit.ly/1i1FZ6g*)

Por ejemplo, promover una mayor eficiencia en los motores de los automóviles provoca beneficios económicos a las personas debido al menor consumo de combustible, beneficia a la salud por la menor presencia de gases contaminantes en la atmosfera, beneficia al sector energético debido a una menor demanda de combustibles y beneficia al medio ambiente debido a una menor explotación de los recursos no renovables.

En México, el sector final que consume más energía es el transporte; en el año 2012 este sector consumió aproximadamente el 46.6% de la energía, mientras que el industrial el 31.2%, residencial 15.7%, agropecuario 3.3%, comercial 2.6% y sector publico (alumbrado municipal y bombeo de agua) 0.6%. (Gráfica 36) Los factores que determinan el consumo de energía son: el tiempo de uso de los equipos, la cantidad de aparatos y su desempeño o eficiencia en el aprovechamiento de la energía.

Gráfica 38. Consumo energético total
Petajoules
Pj



Elaboración propia con información del SIE, *Consumo final de energía por sector*, (*http://bit.ly/RnQJCi*)

“Durante varios años existió una visión en donde la generación de energía era la única forma de cubrir la demanda. El ahorro de energía está limitado a ser una respuesta al incremento de los precios de la electricidad y no otro tipo de política de conservación que en muchos casos son más efectivas y menos drásticas para los usuarios”[388].

La ventaja de la eficiencia energética es el poco tiempo en el que pueden apreciarse los resultados de la implementación de este tipo de políticas. “Por esta razón, la eficiencia energética es citada como una de las mejores opciones para reducir la demanda de energía y los GEI. Mejorar la eficiencia tecnológica puede tener efectos inmediatos en el consumo de energía y pueden ponerse en marcha relativamente rápido”[389].

Además, los resultados son más tangibles para la sociedad ya que el ahorro de energía provoca reducción del gasto en energía, reducción de los costos de operación de las industrias, mayor capital para ser reinvertido en otros sectores, mayor competitividad, mayor disponibilidad de recursos no renovables, reducción de GEI, etc. Por ello, una política de eficiencia energética resulta más atractiva sobre otro tipo de políticas.

Sin embargo, el principal reto de la eficiencia energética son los costos de su implementación ya que se necesitan invertir grandes recursos económicos para llevar a cabo el cambio tecnológico necesario. Es también por esta razón que la eficiencia debe considerarse como una política prioritaria ya que con el diseño de políticas públicas optimas y la creación de sinergias institucionales se puede fomentar el uso de tecnologías más eficientes que ayuden a reducir el consumo de energía, así como las emisiones de gases contaminantes.

Sin embargo, cuando los ahorros en energía se traducen en un menor gasto económico, éstos pueden ser invertidos en otros servicios o productos que llevan a una mayor demanda de energía. No obstante, estos efectos “negativos” pueden considerarse como aumento del bienestar, lo cual forma parte de los impactos socioeconómicos de la eficiencia energética[390].

Por otra parte, uno de los elementos más importantes de la eficiencia es la cultura del ahorro de energía. Gran parte del ahorro puede obtenerse de las buenas prácticas que lleve a cabo cada individuo porque, independientemente del cambio tecnológico, se puede reducir el consumo de energía por el simple hecho de tener conciencia sobre su uso. La cultura del ahorro puede ayudar a potencializar los logros obtenidos por el uso de equipos más eficientes y por lo tanto puede contribuir a la seguridad del sector energético.

Por ello, lejos de promover el incremento de generación de energía, se debe promover la eficiencia energética para reducir el consumo de energía, incrementar la productividad y reducir la presión sobre los recursos naturales. La productividad puede medirse e incrementarse no por la mayor cantidad de bienes producidos, sino por la eficiencia con la que se producen.

---

[388] Claudia Sheinbaum Pardo y Luis Rodríguez Viqueira, *op. cit.*, nota 377, págs. 240-241
[389] Lisa Ryan, Nina Campbell, *op. cit.*, nota 386, pág. 27
[390] *Ibidem*, págs. 23-24

3.4.3 Seguridad Energética

Hoy en día no podemos imaginarnos un mundo sin energía. Garantizar el suministro de energéticos es una prioridad para cualquier Estado ya que todas las actividades de una sociedad dependen o están relacionadas con la energía; esto hace del sector energético un sector estratégico para cualquier nación.

A lo largo del tiempo ha habido diferentes interpretaciones de la seguridad energética; la visión tradicional se enfocaba al suministro de energéticos, principalmente petróleo. En 1973, la crisis internacional del petróleo hizo evidente la dependencia de los países industrializados hacia las importaciones de petróleo proveniente de los países en desarrollo; fue cuando la noción de seguridad energética fue ligada al suministro de recursos energéticos. "Así, el problema político más prominente de la seguridad energética era proteger el suministro de petróleo, vital para los ejércitos y economías modernas. Cualquier amenaza para este suministro era visto como una acción hostil, dentro o fuera de un conflicto militar"[391].

Después de la crisis del petróleo los países industrializados adoptaron medidas para garantizar su seguridad energética como la diversificación de sus proveedores, sustitución de importaciones por la producción nacional y medidas de eficiencia para consumir la menor cantidad de energía posible.

Recientemente ha surgido una nueva noción de seguridad energética basada en la liberación de los sistemas energéticos. "Los partidarios de la desregulación argumentan que los mercados pueden proporcionar la calidad y las inversiones necesarias en el sector energético, mientras que la diversidad de actores puede garantizar la seguridad del suministro. Sin embargo no se ha logrado un beneficio ya que las inversiones se realizan con fines lucrativos y no con fines de seguridad"[392].

Actualmente el sistema energético es tan complejo que no se puede tomar en cuenta solamente el suministro de energéticos para definir la seguridad energética. Aunque el suministro sigue siendo el elemento principal, aspectos como el desarrollo tecnológico, la disponibilidad de recursos, la economía, la sociedad y el medio ambiente deben ser integrados en la definición de seguridad energética.

"Los sistemas energéticos* necesitan responder a una cantidad cada vez mayor de amenazas como la eficiencia, las regulaciones ambientales, la demanda creciente, el agotamiento de las reservas convencionales, la inestabilidad de las regiones ricas en petróleo, la volatilidad de los precios, la

---

[391] Aleh Cherp y Jessica Jewell, *The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration*, Current Opinion in Environmental Sustainability, Energy Systems, núm. 3, vol. 4, 2011, pág. 2

[392] *Ibidem*, pág. 4

* Los sistemas energéticos pueden ser definidos como el conjunto de tecnologías, infraestructura, instituciones, políticas y prácticas que permiten que los servicios energéticos sean suministrados a los consumidores. Chaudry, M., P., Ekins et al. *Building a Resilient UK Energy System*, Reino Unido, UK Energy Research Centre, 2009

vulnerabilidad de las tecnologías, etc. Esto pone en peligro la capacidad de suministro de energía y por lo tanto debe ser visto como una amenaza a la seguridad energética"[393].

La demanda de energía tiene un peso importante en la operación y expansión del sistema energético. Satisfacer la demanda puede afectar la seguridad debido a la mayor necesidad de energéticos, es por eso que establecer medidas hacia el consumo puede reforzar la seguridad energética.

Por lo tanto, la seguridad energética puede definirse como:

> "La protección de los sistemas energéticos frente a perturbaciones que puedan poner en peligro los servicios energéticos nacionales vitales, entendiéndose como aquellos necesarios para mantener estable el funcionamiento de la sociedad moderna (suministro de energéticos, infraestructura y servicios). Estas perturbaciones no solo implican el suministro, sino también la conversión, distribución y demanda de energía"[394].

La seguridad energética puede tener distintos significados en cada país, sin embargo existen aspectos similares que buscan determinados países. Por ejemplo, los países industrializados generalmente buscan diversificar las fuentes de energía, así como la modernización de su infraestructura, por otro lado, los países en desarrollo buscan solucionar problemas como la creciente demanda, la intensidad energética y el acceso a la electricidad.

De esta manera, la seguridad energética está compuesta por 5 elementos: el adecuado suministro de energía para mantener en funcionamiento las actividades de cualquier país; la confiabilidad y eficiencia del sistema para mantenerse sin interrupciones; la accesibilidad de los precios de la energía; el abastecimiento de energía considerando los impactos ambientales; y la aceptabilidad de la población[395].

En el caso de México, el sector energético nacional se encuentra ligado a la demanda de energía de Estados Unidos, país que considera a México como un elemento importante para mantener su seguridad nacional, garantizando el suministro de los recursos energéticos necesarios para sus actividades productivas.

"Los grandes intereses del gas y el petróleo intensificaron su influencia en la política exterior, en busca de esquemas de seguridad energética. Se apeló a la combinación de instrumentos de seguridad nacional e integración comercial como el GATT, el TLC, entre otros, como medios

---

[393] B. K. Sovacool, *Defining, measuring and exploring energy security, en The Routledge Handbook of Energy Security*, Nueva York, Estados Unidos, Routledge, 2011, págs. 1-42.

[394] Rangan Banerjee et al., *Global Energy Assessment, Toward a Sustainable Future*, Cambridge University Press, International Institute for Applied Systems Analysis, 2012, págs. 329-331

[395] Yael Parag, *Rethinking energy security: a socio-technical approach to energy services security*, Reino Unido, University of Oxford, Environmental Change Institute, School of Geography and the Environment, 2013, pág. 3

efectivos para lograr el acceso y el control de los recursos energéticos de México, Canadá y el Hemisferio Occidental”[396].

A partir de estos instrumentos, la extracción de recursos energéticos ha respondido no solamente para satisfacer la demanda interna, sino también para responder a la demanda estadounidense; país que ha promovido la apertura de este sector para que se produzcan más energéticos y para que México pueda cumplir con la cuota de energéticos que se comprometió entregar.

La seguridad energética es definida por la Estrategia Nacional de Energía como “la capacidad para mantener un superávit energético que brinde la certidumbre de que las actividades productivas podrán seguir desarrollándose con continuidad y con insumos energéticos de calidad; además de un sentido de previsión a las problemáticas relacionadas con la accesibilidad a los mercados y el almacenamiento preventivo de aquellos energéticos cuya dependencia de las importaciones implique riesgos a la continuidad del suministro”[397].

Es importante que una noción de seguridad energética no esté determinada por el crecimiento de la demanda sino por la disponibilidad de recursos naturales. Asimismo es importante contemplar los impactos ambientales de la sobreexplotación de los recursos no renovables convencionales y no convencionales y, sobre todo, hacer de la eficiencia y la transición energética una prioridad para el sector.

Debido a la situación actual de los recursos no renovables convencionales, principalmente petróleo y gas natural, en los próximos años habrá un cambio hacia nuevas formas de energía, las cuales ya están siendo aprovechadas por los países más industrializados. Este cambio no traerá una nueva forma de energía dominante, sino que el suministro de energía se realizará por medio de diversas fuentes, cuya disponibilidad varía en cada región.

La seguridad energética será afectada debido al aumento de la demanda de energía provocada por dos factores: el crecimiento de la población, así como el incremento de productos y servicios que dependen de la energía para su funcionamiento.

Por ello al ser México un país dependiente de hidrocarburos para su economía y para la generación de energía es importante crear estrategias orientadas a la transición energética hacia fuentes renovables de energía, la eficiencia energética y el aprovechamiento racional de los recursos naturales.

---

[396] John Saxe-Fernández, “México-Estados Unidos: seguridad y colonialidad energética”, *Nueva Sociedad*, Geopolítica de la energía, núm. 204, México, Ciudad Universitaria, 2006, pág. 190

[397] Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional de Energía 2013-2027*, *op. cit.*, nota 359, pág 6

3.4.4 Energía y Seguridad Nacional

En México se ha tenido una visión acotada de la seguridad nacional. Sin embargo, la ampliación de este concepto adoptada actualmente permite que nuevos elementos sean considerados como parte de la seguridad nacional.

El Plan Nacional de Desarrollo actual reconoce que existen múltiples factores internos y externos que pueden amenazar e impactar la seguridad nacional y apoya la creación de una política integral que procure que estos factores no se conviertan en una amenaza. "Al ampliar el concepto de Seguridad Nacional en el diseño de las políticas públicas de nuestro país, se podrán atender problemáticas de naturaleza diversa a las estrictamente relacionadas con actos violentos, se debe transitar hacia un modelo de Seguridad Nacional más amplio y de justicia e inclusión social, de promoción del desarrollo económico, social y cultural, de equilibrio ecológico y protección al ambiente, etc. De este modo, la Seguridad Nacional adquiere un carácter multidimensional que la hace vigente y fortalece el proyecto nacional"[398].

Este cambio en la concepción de la seguridad nacional resulta de vital importancia debido a las desventajas que se presentan cuando se tiene una noción acotada de este concepto, ya que se dejan de atender problemas que en verdad afectan a un país. Por otra parte, existen retos importantes para incorporar nuevos elementos una vez adoptada una concepción amplia de este concepto, "esta es una desventaja contra la que deben luchar otros sectores como el ambiental, pues dada la relativa novedad de este tipo de amenaza, no hay instituciones creadas para lidiar con estos asuntos y se debe actuar en un contexto político dominado por instituciones de seguridad designadas para otro tipo de amenazas"[399].

Dado que se ha optado por utilizar un concepto amplio de seguridad nacional, la cual podemos definir como "la condición imprescindible para el desarrollo integral del país basada en la preservación de la soberanía e independencia nacionales, manteniendo el orden constitucional, la protección de los derechos de sus habitantes y la defensa de su territorio"[400], es preciso mencionar las razones por las que el sector energético debería formar parte de los elementos de la seguridad nacional de México.

No cualquier factor puede ser considerado como un elemento de la seguridad nacional; si esto ocurre se perdería el sentido de lo que es prioritario para un país. "De todos los bienes que un Estado puede brindar, ninguno es más fundamental que la seguridad; ésta debe concebirse no como una meta, sino como una consecuencia y se determina por las amenazas que se enfrentan, las cuales se definen como acciones o eventos que amenazan con degradar la calidad de vida de los

---

[398] Secretaria de Hacienda y Crédito Público, *Decreto por el que se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, *op. cit.*, nota 379, pág. 31

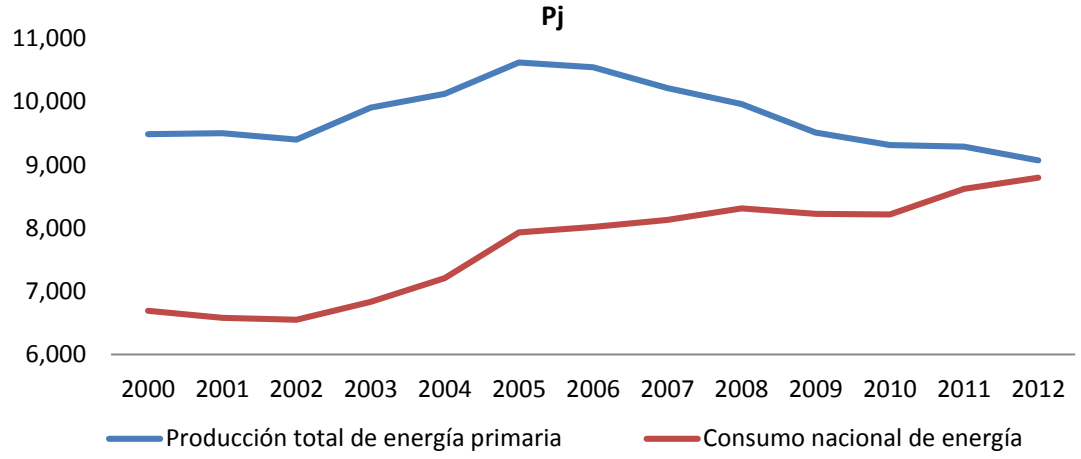
[399] Barry Buzan *et al*., *Security: A new framework for analysis*, Estados Unidos, Lynne Rienner, 1998, pág. 29

[400] Curzio, Leonardo, "La seguridad nacional en México: balances y perspectivas", *Revista de Administración Pública*, núm. 98, México, INAP, 1998, pág. 13.

habitantes de un Estado o con reducir el rango de posibilidades disponibles para el gobierno u otros actores dentro de un Estado"[401].

En este sentido, la situación actual del sector energético de México es preocupante dado que la producción nacional de energía ha disminuido constantemente mientras que el consumo nacional ha aumentado; esto quiere decir que el país ha sido incapaz de producir la energía necesaria para satisfacer la demanda de una población cada vez más creciente. Hasta ahora se ha producido la energía necesaria para satisfacer la demanda sin embargo en los próximos años llegará el punto en el que el consumo superará la producción. (Gráfica 40)

Gráfica 39. Producción y Consumo de energía en México



Elaboración propia con información del SIE, (http://bit.ly/1i1FZ6g)

Esta es la razón de la actual reforma al sector energético; con esta reforma se busca incrementar la producción de energía mediante la mayor explotación de los recursos no renovables, principalmente no convencionales. Esto solamente provocará una mayor dependencia económica y energética hacia los combustibles fósiles, además de un mayor impacto ambiental debido a los procesos extractivos y por la mayor liberación de GEI a la atmósfera; además que se tendrá que compartir la renta petrolera con empresas privadas.

Esta situación puede repercutir en la seguridad del país ya que este es un sector crítico del Estado y una amenaza a éste representa una amenaza a los demás sectores. Las fuentes de energía son esenciales para el crecimiento y la producción en toda la nación. La dependencia de prácticamente todas las industrias hacia la energía eléctrica y los combustibles significa que todos los sectores tienen alguna dependencia hacia el sector de la energía[402].

Los países industrializados, además de promover políticas para incrementar la eficiencia energética, ya han desarrollado una industria enfocada a buscar nuevas fuentes de energía que les permitan

[401] Richard H. Ullman, "Redefining Security", *International Security*, vol. 8, núm. 1, Estados Unidos, The MIT Press, 1983, págs. 129-153

[402] Patricia Hoffman *et al.*, *Energy Sector Specific Plan: An Annex to the National Infrastructure Protection Plan*, Estados Unidos, Departamento de Seguridad Nacional, 2010, págs. 1-4.

reemplazar a las fuentes convencionales, y por lo tanto, consolidar su independencia energética. Por otro lado, estas industrias se expanden a los países en desarrollo, provocando la dependencia tecnológica y energética de estos países ya que no se invierte en actividades productivas de alto valor agregado y por lo tanto no se producen estas tecnologías.

En este sentido, es importante considerar al sector energético como un factor importante para la seguridad nacional de México. Actualmente el Consejo de Seguridad Nacional, el cual se encarga de la integración y coordinación de las medidas orientadas a preservar la Seguridad Nacional; de la definición anual de la Agenda Nacional de Riesgos; de los procesos de clasificación y desclasificación de información en materia de Seguridad Nacional, entre otras funciones[403], está conformado por el Titular del Ejecutivo Federal e instituciones como la Secretaría de Gobernación, Comunicaciones y Transportes, Defensa Nacional, etc.[404]. Sin embargo, la Secretaría de Energía no forma parte de este Consejo, además Ley de Seguridad Nacional contempla únicamente como amenaza a la seguridad nacional los "actos tendentes a destruir o inhabilitar la infraestructura de carácter estratégico o indispensable para la provisión de bienes o servicios públicos"[405].

Los servicios públicos como el suministro de energía son un factor importante de la seguridad de cualquier nación y al mismo tiempo forman parte de la seguridad energética; sin embargo, ésta implica más que el abastecimiento de energía, como ya se ha dicho anteriormente. Por esta razón es importante considerar la inclusión de las amenazas a la seguridad energética a la actual definición de amenazas a la seguridad nacional, a pesar de que un tema relacionado al suministro de energía pueda ser incluido en la Agenda Nacional de Riesgos.

Es importante aprovechar nuevas fuentes de energía para poder satisfacer la demanda interna ya que de lo contrario se dará paso a una crisis que traerá consigo la dependencia energética con otros países. Los países que impulsen la transición energética y promuevan la eficiencia energética estrían protegiendo su seguridad energética y por lo tanto su seguridad nacional al no estar subordinados energética y económicamente a otros.

Los servicios energéticos vitales se encuentran vinculados a los objetivos y valores nacionales y su interrupción puede considerarse como un tema de seguridad nacional[406]. La seguridad energética es vital para la seguridad nacional ya que todas las actividades vitales de una sociedad dependen del sector energético. Por ello, si nuestro país no genera una industria que comience a desarrollar nuevas tecnologías para obtener recursos energéticos, no se buscan formas de disminuir la demanda y los recursos naturales siguen siendo explotados indiscriminadamente, se verá envuelto en una grave crisis energética, social, económica y ambiental que amenazará la seguridad nacional.

En este sentido, y siguiendo una lógica ampliacionista de la seguridad nacional, el sector energético, así como la seguridad energética deberían ser considerados como un aspecto de seguridad nacional

---

[403] Secretaría de Gobernación, *Consejo de Seguridad Nacional*, (en línea), México, CISEN, 2014, dirección http: (*http://bit.ly/1i2PYqC*), citado el 20 de abril de 2014
[404] *Ley de Seguridad Nacional*, *op. cit.*, nota 50, pág. 4
[405] *Ibidem*, pág. 2
[406] Rangan Banerjee *et al., op. cit.*, nota 394, pág. 331

debido a las implicaciones que podría tener para el país el desabasto de energía, la dependencia energética, la dependencia a pocas fuentes de energía y los impactos al medio ambiente generados por la actividad del sector energético.

Conclusiones

A lo largo de la historia la seguridad ha sido un factor importante para cualquier sociedad. Diferentes teorías como el realismo, liberalismo, neorrealismo y neoliberalismo, etc. han predominado en algún momento de la historia y cada una ha moldeado este concepto bajo su propia concepción de la seguridad nacional.

El Realismo y el Neorrealismo han sido las teorías dominantes en los estudios de seguridad. A pesar de ello, ha habido esfuerzos para incorporar nuevos temas que afectan la seguridad de los Estados y que anteriormente no eran tomados en cuenta por la agenda de seguridad nacional, tales como la pobreza, el deterioro ambiental, etc.

Por otra parte, en México se desarrolló una doctrina de seguridad nacional hasta hace poco tiempo. Desde el momento en que este concepto apareció en el discurso político de nuestro país cada gobierno en turno aportó su interpretación de la seguridad, la cual reflejaba la realidad que vivía el país en su momento.

La seguridad fue un tema que adquirió relevancia en la relación con Estados Unidos, por lo que se integraron temas a la agenda de seguridad nacional promovidos por el gobierno estadounidense, como el caso del narcotráfico. El gobierno mexicano adoptó una política de seguridad guiada por intereses de Estados Unidos que se enfocó exclusivamente al combate al crimen organizado y al narcotráfico, ocasionando una grave crisis social. Además, dicha política ocasionó que temas importantes no fueran considerados como asuntos de seguridad nacional y que no se destinaran los recursos necesarios para evitar que se volvieran una amenaza.

Dado que el sector energético no ha sido considerado como un elemento fundamental de la seguridad nacional las problemáticas que ahora se presentan ponen en riesgo la estabilidad del país. Este sector ha respondido a las necesidades económicas y energéticas mediante la sobreexplotación de los recursos naturales no renovables y al incremento de la producción de energía para satisfacer una demanda en constante crecimiento. Sin embargo, no se han considerado las amenazas que esto representa y no se han aprovechado los beneficios que como sector estratégico puede brindarle a la seguridad y al desarrollo nacional.

La sobreexplotación de los recursos no renovables ha provocado una dependencia económica y energética que representa un grave riesgo, ya que son la base fundamental de la economía y la principal fuente de energía. El sector petrolero representó en el año 2012 el 7.7% del PIB, el 34% del ingreso federal y el 14% de las exportaciones totales, es decir que México depende del petróleo para sostener su economía y para poder obtener recursos energéticos. Al ser el petróleo una de las principales fuentes de ingresos, la economía está sujeta a los cambios de valor que este producto pueda tener a nivel mundial.

Asimismo, las reservas convencionales nacionales han comenzado a agotarse y la producción de energía ha disminuido, razón por la cual las importaciones de energéticos han aumentado en los últimos años. Si el sector energético depende de las importaciones puede poner en riesgo la

disponibilidad de energéticos debido a la inestabilidad de los mercados internacionales y los precios de los combustibles.

Sin duda era necesario implementar un cambio que impulsara el sector energético, sin embargo la reforma al sector no busca otra cosa más que generar más energía a través de una mayor extracción de los hidrocarburos convencionales y no convencionales que quedan en el subsuelo y mantener la base de la economía en estos recursos.

Esta reforma no toma en cuenta los impactos al medio ambiente ocasionados por la quema de combustibles fósiles y sobre todo está derogando a la iniciativa privada, principalmente internacional, la tarea de la extracción, transportación y comercialización de estos recursos y de la industria energética los cuales son elementos estratégicos para cualquier nación, dejando al Estado sólo la tarea de la regulación y la protección de la propiedad privada, lo que obedece a los principios básicos del sistema económico Neoliberal y a que México juega el papel de abastecedor de energéticos de Estados Unidos.

Al ser los hidrocarburos la principal fuente de energía de nuestro país, es importante que se desarrollen fuentes alternas de energía para realizar una transición energética que disminuya la participación de los hidrocarburos en la generación de energía. De no ocurrir esto la dependencia económica y energética hacia los recursos no renovables incrementaría, volviendo vulnerable al país.

Lamentablemente en México y en el mundo todavía no se desarrolla una industria de fuentes alternas que puedan hacerle frente a la energía que producen el petróleo, el gas y el carbón. Un cambio hacia fuentes alternas de energía no solo llevaría varias décadas, sino que la estructura y desarrollo del sector estaría determinada no por la demanda, sino por la disponibilidad de energía.

Las fuentes renovables se han presentado como la nueva fuente de energía para la sociedad y que reemplazaran a los combustibles fósiles. Sin embargo esto no será posible debido a que no tienen el mismo poder energético, no están disponibles en la misma cantidad que los combustibles fósiles y no son constantes ya que dependen de condiciones climáticas u otros factores que no dependen del ser humano. Una planta convencional para la generación de energía puede iniciar operaciones cuando se requiere, en cambio las energías renovables son inconsistentes y deben ser aprovechadas en el momento en el que están disponibles.

Además, este tipo de tecnologías también tienen diferentes impactos en el medio ambiente. Ya no contribuyen a la liberación de gases contaminantes, sin embargo las zonas donde existen recursos potenciales tienen que ser alteradas para instalar estas tecnologías, invadiendo el ecosistema local. Además se encuentran en zonas alejadas de los centros de consumo, por lo que la transmisión de la energía es costosa.

No existe una energía renovable que pueda ser la principal fuente de energía para la sociedad, sino que se deberá contar con diferentes fuentes renovables para realizar una transición energética. Además, las energías renovables deberán ser respaldadas por fuentes fósiles o por energía nuclear,

por esta razón es vital que se usen las tecnologías más eficientes para generar energía por medio de combustibles fósiles y emitir la menor cantidad de gases contaminantes.

Las energías renovables se pueden aprovechar no solo para obtener recursos energéticos, sino también para impulsar el desarrollo económico y tecnológico. Dado que las energías renovables se encuentran en localidades lejanas, se puede promover que las comunidades cercanas aprovechen estos recursos para satisfacer, en primer lugar, sus necesidades para después vender la energía a los centros de consumo. De esta forma se puede fomentar el desarrollo de las comunidades, las cuales en muchas ocasiones son de escasos recursos, y fortalecer la seguridad energética del país.

Para poder integrar las fuentes de energía renovable se necesitan sistemas de despacho se energía complejos que deben adaptarse a la variabilidad de estas fuentes. Por esta razón el desarrollo de redes inteligentes ha adquirido mucha importancia en los países que aprovechan las energías renovables.

Las redes inteligentes permitirán reducir las emisiones contaminantes debido a la integración de las energías renovables a la red, mejorarán la eficiencia del sector ya que serán capaces de identificar en tiempo real las variaciones de la demanda así como las interrupciones en la red, permitirán la interacción entre productores y consumidores, la energía podrá ser integrada a la red por una gran cantidad de actores, permitirán identificar el consumo y los potenciales de ahorro, así como desarrollar tecnologías para el almacenamiento de energía, etc. Sin embargo, se espera que el desarrollo de las redes inteligentes tarde algunos años pero permitirán que el sistema energético sea más eficiente y reduzca el impacto al medio ambiente. Estos sistemas podrían aprovecharse en México dados los beneficios que podrían aportar al país.

Por otra parte, la generación de energía nuclear ha disminuido a nivel mundial a partir del 2011 debido a que muchos reactores dejaron de operar sobre todo después del accidente en Japón ese mismo año. Muchos de los reactores nucleares del mundo tienen más de veinte años de antigüedad ya que no se han realizado grandes inversiones para modernizarlos o para construir nuevos y más eficientes, además existe el peligro de desarrollar armas nucleares a través de esta tecnología, por ello muchos países no están de acuerdo en que se desarrolle en todo el mundo.

Sin embargo, esta es la única tecnología que actualmente puede competir con los combustibles fósiles y por esta razón se espera que en el futuro se expanda la generación de energía nuclear a nivel mundial. Actualmente ya existen tecnologías que reducen al mínimo la producción de residuos peligrosos, lo que ayudará a reducir los impactos al medio ambiente de esta fuente de energía. Asimismo, nuevos materiales no radiactivos están comenzando a utilizarse en varios países, esto no solo evitará el impacto ambiental sino también la posibilidad de crear armas nucleares.

Además, la investigación en energía nuclear por medio de fusión es un tema que está adquiriendo mucha importancia ya que de poder desarrollarse no se necesitaría utilizar combustibles radiactivos y permitiría desplazar a los combustibles fósiles como la principal fuente de energía.

Los hidrocarburos no serán sustituidos por otro tipo de fuente de energía en el corto plazo, por ello se necesitan llevar a cabo acciones que permitan mitigar los efectos que estos combustibles provocan e implementar mejoras tecnológicas que reduzcan su consumo. En este sentido, una opción que ha surgido desde hace varios años es la captura de carbono. "Consiste en la separación del CO_2 del resto de los gases que resultan del proceso industrial, comprimirlo y transportarlo hasta un punto seleccionado en el subsuelo para inyectarlo hasta alcanzar una formación rocosa de características específicas y a gran profundidad. La generación de energía eléctrica es la principal fuente de CO_2 del mundo lo que convierte a esta industria en un objetivo importante para la aplicación de esta tecnología"[407].

Estos procesos pueden ser utilizados para la producción mejorada de un yacimiento de gas o petróleo al inyectar el CO_2 en el pozo que los contiene para incrementar nuevamente la extracción; una vez agotado el yacimiento éste puede ser utilizado para resguardar el CO_2. Otra variante es depositar el CO_2 en acuíferos localizados a grandes profundidades y que no son aptos para el ser humano; y finalmente, EL CO_2 puede ser inyectado en reservas de carbón para atrapar el gas metano e impedir que este llegue a la atmosfera[408].

Para que una zona sea apta para almacenar CO2 es necesario que cumpla con ciertas características que impidan la fuga del gas además deben ser zonas sin actividad sísmica o volcánica. En México se ha evaluado la posibilidad de aplicar esta tecnología y se han identificado 11 provincias que son aptas para almacenar CO_2 y ya se han llevado a cabo proyectos piloto por parte de CFE y PEMEX. Aun existen pocos proyectos alrededor del mundo que lleven a cabo esta práctica y por ahora sus costos son elevados, sin embargo se espera que en el futuro sea una actividad rentable por los beneficios que se pueden obtener.

Sin embargo, hay que prestar atención en los potenciales impactos de esta práctica en el medio ambiente. El impacto de concentraciones elevadas de CO_2 en zonas subterráneas podría comprender efectos letales para las plantas y los animales del subsuelo, así como la contaminación de las aguas subterráneas. Los altos flujos podrían dar lugar a elevadas concentraciones locales de CO_2 que podrían ser perjudiciales para los animales o las personas. Además, el almacenamiento de CO2 podría elevar la acidificación del agua y la acumulación de presión causada por la inyección de CO_2 podría desencadenar pequeños episodios sísmicos[409]. Aun falta realizar mucha investigación pero esta práctica parece ser una solución en el corto plazo para disminuir las emisiones de gases contaminantes.

Para que los beneficios que ofrece este sector se difundan entre toda la población no basta tener una regulación amplia, sino también impulsar a nuevas y pequeñas empresas o pequeñas sociedades para que aprovechen los recursos naturales cercanos a sus comunidades y no contribuir

---

[407] Leonardo Beltrán *et al.*, *Atlas de almacenamiento geológico de CO_2 en México*, México, Secretaría de Energía, Comisión Federal de Electricidad, 2012, págs. 13-23

[408] *Ibidem*, pág. 22

[409] Bert Metz *et al., Informe especial del IPCC La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono*, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2005, pág. 13

a que las grandes empresas ya establecidas incrementen su influencia en la economía y, ahora, en el sector energético.

Hacer esto significaría que el Estado sería dependiente de la generación de energía renovable y de la operación de este sector estratégico por parte de las grandes empresas, las cuales, además de ya tener un ingreso privilegiado, en ocasiones persiguen intereses diferentes al interés público. Al tratarse de un sector estratégico para la seguridad nacional es importante que dichos beneficios no queden en pocas manos y que esta industria sea una fuente importante de ingresos para la población e impulse el desarrollo nacional.

Además, este sector debería estar compuesto principalmente de capital nacional ya que cuando un sector ha sido abierto al capital extranjero generalmente la industria nacional ha quedado relegada. Cuando esto sucede, tanto los beneficios económicos como el desarrollo tecnológico quedan en manos de los inversionistas extranjeros, provocando la fuga de capital e impidiendo el desarrollo nacional.

Por otra parte, una de las principales problemáticas del país es la falta de inversión en ciencia y tecnología, además de la poca vinculación entre el sector educativo y los sectores productivos. El gasto nacional en ciencia y tecnología ha representado en los últimos años menos del 1% del PIB. Asimismo, en el año 2012 el sector energético recibió el 17% de la inversión total en ciencia y tecnología, representando el 0.07% del PIB[410]. Esto ha impedido el desarrollo científico y tecnológico nacional, ocasionando que varios países superen a México por el alto valor agregado de sus industrias y que la mayor parte de la tecnología utilizada en el país provenga del extranjero.

Además, la poca vinculación entre academia e industria provoca que la investigación realizada en universidades e institutos no pueda aplicarse en diversos sectores nacionales, no se desarrolle tecnología nacional de alto valor agregado y aumente la fuga de capital humano a otros países. México depende en muchos sentidos del capital extranjero; por eso dejar el desarrollo científico y tecnológico en manos extranjeras no solo reduce la capacidad de desarrollar una industria nacional sino también incrementa la dependencia con el exterior.

Tanto el sector educativo como los institutos de investigación pueden jugar un papel importante en la seguridad energética ya que a través de ellos se puede crear una industria tecnológica nacional que impulse la transición a fuentes de energía renovable, así como el uso más eficiente de la energía. Asimismo, impulsar la transferencia tecnológica para que el capital humano absorba el conocimiento y la capacidad de crear tecnología es importante para poder crear una industria nacional que beneficie al país.

La dependencia hacia los hidrocarburos provoca que no se lleven a cabo los cambios tecnológicos necesarios en el sector energético ya que su disponibilidad ha permitido que estos recursos sean la base sobre la cual se ha construido la sociedad actual. Por esta razón en otros países se han

[410] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, *Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación 2009, 2010, 2011 y 2012*, México, 2013

implementado impuestos a la producción de gases contaminantes derivada del uso de hidrocarburos. Dichos impuestos han servido para motivar un cambio tecnológico y promover la eficiencia.

Sin embargo, en México este tipo de mecanismos, en lugar de verse como una oportunidad para mejorar las tecnologías o cambiar de comportamiento, se ven como un riesgo para las ganancias económicas. Incluso se han hecho amenazas de retirar la inversión y provocar el desempleo en caso de aplicarse. "Los líderes mineros denunciaron que las empresas mineras y acereras empezarán a despedir personal en cuanto el fisco haga efectivo el cobro de dicho gravamen. Añadieron que entre los trabajadores que mantengan su empleo disminuirá el monto por concepto de reparto de utilidades anuales"[411]. Actualmente hay más de 30 países alrededor del mundo que ya aplican este tipo de impuestos, entre ellos Inglaterra, Suecia y Costa Rica; sin embargo en México el argumento principal contra este tipo de impuestos es que vuelve a la economía menos competitiva.

Difícilmente un cambio tecnológico o un cambio de conciencia en el uso de la energía puede darse voluntariamente, por esta razón los mecanismos económicos son los incentivos más eficaces para impulsar la eficiencia energética y la transición a fuentes de energía renovable ya que el interés se centra en el aspecto económico y no en el ambiental.

Sin embargo, parte de los cambios que determinan la estructura del sector energético nacional se deben a la relación con Estados Unidos, país del cual México es dependiente económica y energéticamente. México tiene un papel importante en la seguridad energética de Estados Unidos ya que parte del consumo de hidrocarburos de ese país proviene de las exportaciones mexicanas, sin embargo "la preocupación de Estados Unidos radica en la cantidad de petróleo que México podrá exportar en el futuro, ya que su producción cayó 25 por ciento en la última década. Su seguridad energética depende de que se mantenga la cuota de importación del crudo mexicano"[412].

Al ser México un sector importante de la seguridad energética estadounidense, se ha provocando que México siga siendo un país explotador de combustibles fósiles ya que sirve como abastecedor de la demanda estadounidense. Asimismo, al ser la industria nacional incapaz de producir los energéticos que demanda el país, parte de estos recursos se importan de Estados Unidos, manteniendo al país económica y energéticamente dependiente.

Los cambios recientes en el sector energético nacional buscan detonar la producción de energía para evitar que en el futuro próximo la demanda supere la producción, esto mediante la liberalización de este sector estratégico. No obstante, los gobiernos al no regular suficientemente las actividades productivas permiten la libre entrada y salida de capitales extractivistas que buscan el libre acceso a los recursos naturales para satisfacer intereses económicos.

---

[411] Julián Sánchez, "Impuesto al carbón costará 400 mil empleos: IP", (en línea), México, el Universal, Nación, 17 de octubre de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1eYrNpU*), citado el 27 de enero de 2014

[412] Andrea Becerril, "La seguridad energética de EU, en manos de la reforma de Peña Nieto", (en línea), México, La Jornada, Política, 2 de diciembre de 2013, dirección http: (*http://bit.ly/1jlSEQZ*), citado el 29 de enero de 2014

Actualmente se considera al mercado como la herramienta con la cual se puede crear una nueva relación con la naturaleza y cambiar la grave situación de desigualdad en la sociedad. Se promueve el consumismo como intento de conservar el actual estilo de vida, ya que de ninguna manera el mercado o la economía deben verse afectados. Es un intento por asegurar el acceso a los recursos naturales para garantizar ese estilo de vida y no cambiarlo por uno más racional, equitativo y sustentable.

"Se dice que es más de lo mismo". De fortalecimiento del capitalismo so pretexto de proteger la naturaleza, de mejorar el terreno para más redituables inversiones y negocios en una nueva época en que, para la sobrevivencia y salud del capitalismo, hay que cambiar fuentes de recursos, abrir nuevos mercados, financiar cuantiosamente la investigación científica y el desarrollo tecnológico, etc."[413].

"Los países ricos en recursos naturales, cuya economía se sustenta en su extracción y exportación, encuentran mayores dificultades para desarrollarse, atrapados en una lógica conocida como "la maldición de la abundancia de recursos naturales". La gran disponibilidad de recursos tiende a distorsionar la estructura económica; redistribuye regresivamente el ingreso nacional y concentra la riqueza en pocas manos"[414].

En este sentido, el aprovechamiento de los recursos naturales debe servir, no como herramienta para el crecimiento irracional de la economía, sino como medio para satisfacer las necesidades nacionales, valorándolos como un medio para la subsistencia y no como un bien económico.

La transición energética debe realizarse de acuerdo a los intereses nacionales, las necesidades de la población y sobre todo teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las fuentes renovables de energía. Además, la eficiencia energética es vital tanto del lado de la oferta como de la demanda ya que se pueden optimizar los procesos de generación y transmisión de energía, así como la reducción del consumo por medio del uso de tecnologías más eficientes y la aplicación de buenas prácticas, lo cual ayudaría a reducir la presión sobre los recursos naturales.

Sin embargo, no importa qué tecnologías se utilicen o qué acciones se implementen, cualquier actividad del ser humano tiene una repercusión en el medio ambiente. Por esta razón, la forma más eficiente de conservar los recursos naturales es reducir el consumo en el sentido en que la relación con el medio ambiente debe darse en función de la disponibilidad de recursos y no bajo la noción actual de crecimiento económico infinito; de lo contrario no dejaran de existir crisis ambientales y energéticas.

Por todos los puntos mencionados anteriormente, se concluye que la hipótesis de esta investigación es correcta. En México no se considera al sector energético ni a la transición energética como un

---

[413] Organización de las Naciones Unidas, Convención Río + 20, *La ONU clama por una economía verde en todo el mundo*, (en línea), Revista Ambientico, 04 de junio 2012, dirección http: (*http://bit.ly/1hZyQ1r*), citado el 9 de noviembre de 2012.

[414] José Cecilio del Valle, *Realidades, mitos y necedades de la economía extractivista*, en Alberto Acosta, La *maldición de la abundancia*, *op. cit.*, nota 370, pág. 22

asunto de seguridad nacional ya que el sector energético no forma parte del Consejo de Seguridad y la transición energética y el abastecimiento de energía no están considerados como una amenaza a la seguridad nacional.

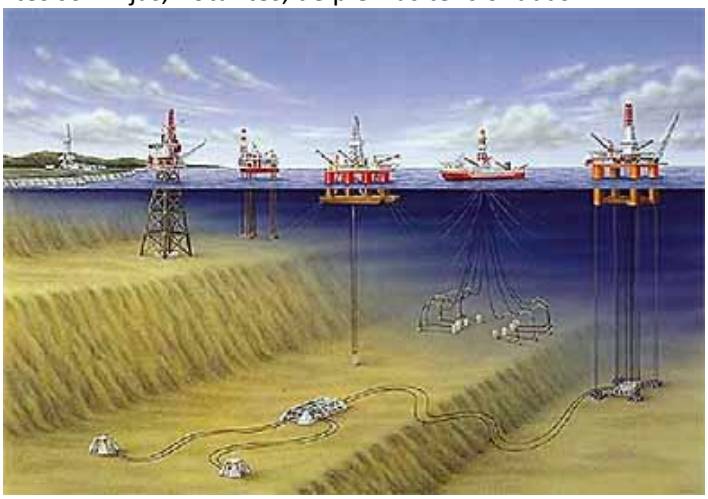
Debido a las consecuencias económicas, energéticas y ambientales de la dependencia sobre los combustibles fósiles; debido a las ventajas y desventajas de las energías renovables; debido a la creciente de manda de energía; debido al incremento de la intensidad energética; debido a la importancia de implementar acciones eficiencia energética y ahorro de energía; y debido a que México posee recursos renovables y no renovables suficientes para impulsar el desarrollo nacional es importante que el sector energético, (no solamente la generación de energía respondiendo al crecimiento de la demanda), sea considerado como un elemento básico de la seguridad nacional para que se destinen los recursos necesarios para realizar los cambios necesarios en este sector y se garantice la seguridad energética y, por lo tanto, la seguridad nacional.

Anexo

Maquinaria para extraer carbón a cielo abierto

Fuente: Instituto Mundial del Carbón, El carbón como recurso: Una visión general del carbón, España, 2013

- Las plataformas empleadas para la perforación en el mar pueden ser de diversos tipos, las más importantes son: fijas, flotantes, de piernas tensionadas.

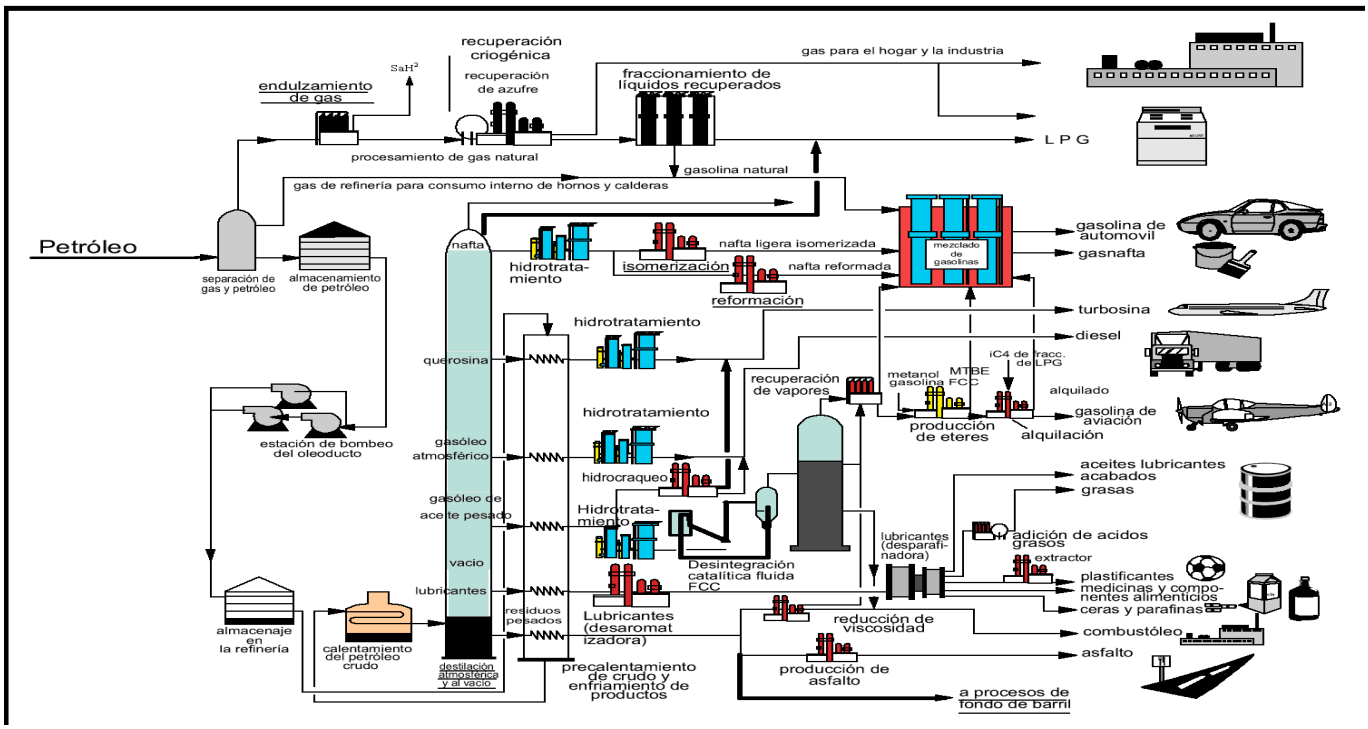


Fuente: Salvador Ortuño Arzate, *El mundo del petróleo: origen, usos y escenarios,* México, D.F., Fondo de Cultura Económica, 2009

Instalaciones de PEMEX

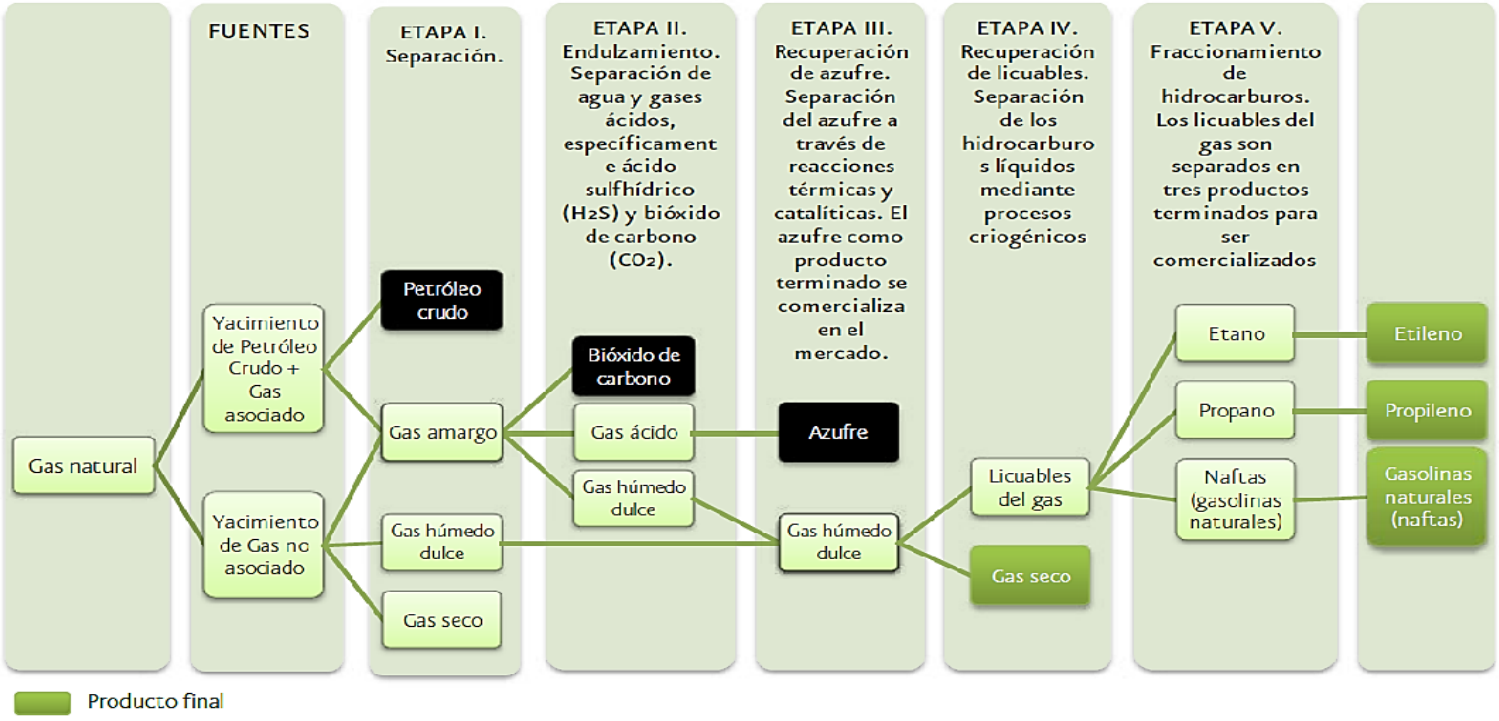
Fuente: Anuario Estadístico de PEMEX 2012, pág. 11

Procesamiento del petróleo



Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo

Procesamiento del gas natural



Fuente: Secretaría de Energía

Sustancias químicas utilizadas en la fracturación hidráulica

Acido alifático
Óxido de aluminio
Bifluoruro de amonio
Bisulfato de amoníaco
Persulfato de amonio
Cloruro de amonio
Sal de amonio
Hidrocarburos aromáticos
Cetonas aromáticas
Ácido bórico
Óxido bórico
Butano
Ácido cítrico
Alcohol etoxilado
Sulfato ferroso
Ácido clorhídrico
Óxido de hierro
Alcohol isopropílico
Queroseno
Nitrato de magnesio
Metanol
Ceniza de sodio
Bicarbonato de Sodio
Cloruro de Sodio
Hidróxido de Sodio
Isopropanol
Sacarosa
Cloruro de tetrametilamonio
Óxido de titanio
Tolueno
Xileno

Fuente: Alianza Mexicana Contra el Fracking

Potencial de calentamiento (conversión a CO_2 eq.)

El Potencial Global de Calentamiento (GWP por sus siglas en inglés) es una medida que evalúa la cantidad de calor que puede retener un gas de invernadero en un lapso de tiempo determinado comparándolo con el CO_2; por ejemplo, la emisión de una tonelada de metano sería equivalente a liberar 21 toneladas de CO_2. Este periodo puede calcularse a 20, 100 o 500 años.[415]

Gas de efecto invernadero	Potencial de calentamiento (horizonte a 100 años)	Vida (años)
Bióxido de carbono (CO_2)	1	1,000
Metano (CH4)	21	12
Óxido nitroso (N_2O)	310	114
HFC-125	2,800	29
HFC-143a	3,800	52
HFC-236fa	6,300	240
Perfluorometano (CF_4)	6,500	50,000
Perfluorobutano (C_4F_{10})	7,000	2,600
Perfluorohexano (C_6F_{14})	7,400	3,200
Perfluorometano (C_2F_6)	9,200	10,000
HFC-23	11,700	270
Hexafluoruro de azufre (SF_6)	23,900	3,200

Fuente: INEGEI, IPCC.

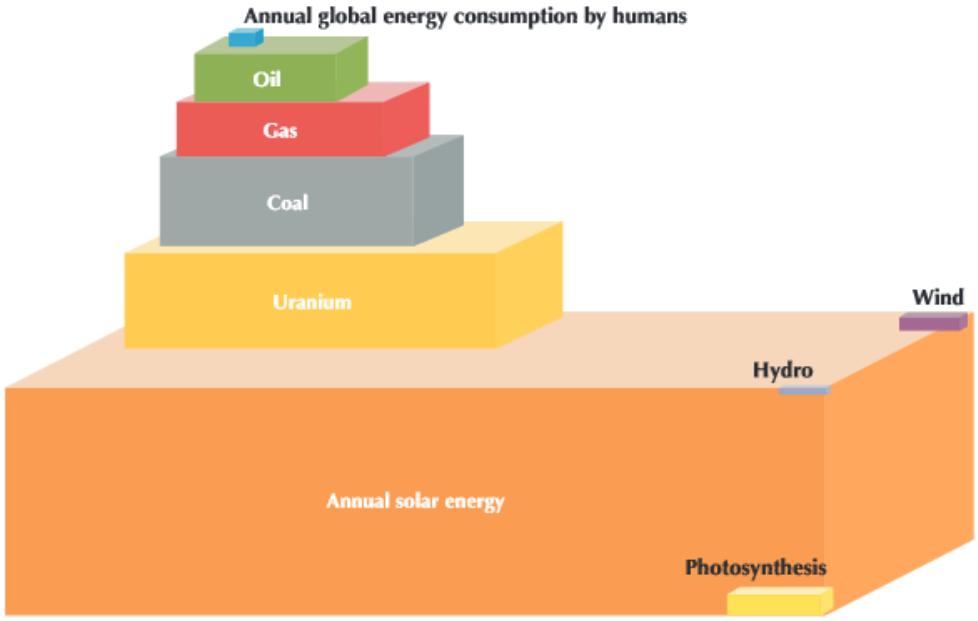
[415] Fuente: IPCC

Mútiplos (energía)

Símbolo	Descripción	Factor
P	Peta	10^{15}
T	Tera	10^{12}
G	Giga	10^{9}
M	Mega	10^{6}
K	Kilo	10^{3}
C	Centi	10^{-2}

Fuente: secretaría de Energía, Nomenclatura de unidades usadas en el Sector Energético, (*http://sie.energia.gob.mx/docs/cat_nomenclatura_es.pdf*)

Energía disponible a nivel mundial



Source: National Petroleum Council, 2007, after Craig, Cunningham and Saigo (republished from IEA, 2008b).

Fuente: IRENA, *Solar Energy Perspectives*, 2012, pág. 34

Glosario

Aditivo Sustancia que se añade a un producto para modificarle sus propiedades.

Aerogeneradores Dispositivos que convierten la energía del viento en energía eléctrica.

Autoabastecimiento Es el suministro de los requerimientos de energía eléctrica de los miembros de una sociedad de particulares mediante una central generadora propia. Como modalidad definida por la CRE se entiende como: la generación de energía eléctrica para fines de autoconsumo siempre y cuando dicha energía se destine a satisfacer las necesidades de personas físicas o morales y no resulte inconveniente para el país.

Barril: Unidad de volumen para petróleo e hidrocarburos derivados; equivale a 42 gal. (US) o 158.987304 litros. Un metro cúbico equivale a 6.28981041 barriles.

Barril de petróleo crudo equivalente (bpce): Es el volumen de gas (u otros energéticos) expresado en barriles de petróleo crudo a 60oF, y que equivalen a la misma cantidad de energía (equivalencia energética) obtenida del crudo. Este término es utilizado frecuentemente para comparar el gas natural en unidades de volumen de petróleo crudo para proveer una medida común para diferentes calidades energéticas de gas.

Barriles diarios (bd): En producción, el número de barriles de hidrocarburos producidos en un periodo de 24 horas. Normalmente es una cifra promedio de un periodo de tiempo más grande. Se calcula dividiendo el número de barriles durante el año entre 365 o 366 días, según sea el caso.

Biocombustibles Los combustibles que provienen de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal) como el alcohol etílico o etanol, metanol, biodiésel, diesel fabricado mediante el proceso químico de Fischer-Tropsch y combustibles gaseosos tales como hidrógeno y metano.

Biodiésel Combustible que se obtiene por la transesterificación de un ácido graso (aceite).

Bioenergéticos Combustible líquido de etanol, biodiésel y biogás, así como sólido de carbón vegetal y leña.

Bioenergía La cantidad de trabajo que se obtiene de la energía eléctrica, el diesel o gas que se produzca a partir de biomasa.

Biogás Gas metano que se origina por la acción de bacterias sobre materia orgánica.

Biomasa Cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético.

BTU: (British Thermal Unit). Unidad Térmica Británica. La cantidad de calor que se requiere para incrementar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua pura bajo condiciones normales de presión y temperatura.

Calentadores solares de tubos evacuados Calentador solar de agua que recibe la irradiación solar en tubos donde circula el fluido por calentar y que están cubiertos por tubos traslúcidos que permiten el paso de la energía solar y de cuyo espacio de separación ha sido extraído el aire.

Canal parabólico Se refiere al sistema de aprovechamiento solar que opera con grandes espejos curvados, que concentran la luz del Sol en una línea focal.

Capacidad Es la potencia máxima a la cual puede suministrar energía eléctrica una unidad generadora, una central de generación o un dispositivo eléctrico, la cual es especificada por el fabricante o por el usuario.

Capacidad existente Capacidad de los recursos disponibles en el sistema eléctrico (centrales de generación y compras de capacidad firme entre otras) al inicio del periodo decenal que comprende el estudio.

Capacidad retirada Capacidad que se pondrá fuera de servicio a lo largo del periodo, por terminación de la vida útil o económica de las instalaciones o por vencimiento de contratos de compra de capacidad.

Carbón: Elemento sólido que existe en varias formas en la naturaleza, incluyendo diamantes, grafito, coque y carbón vegetal. La combinación de carbón con hidrógeno se conoce como hidrocarburo y pueden ser de grandes o pequeñas moléculas.

Carga Es la potencia requerida por los dispositivos de consumo y se mide en unidades de potencia eléctrica (Watts); cada vez que un usuario acciona un interruptor para conectar o desconectar un aparato de consumo eléctrico produce una variación en su demanda de electricidad.

Celdas de combustible Dispositivo electroquímico que convierte la energía química de una reacción directamente en energía eléctrica.

Celdas fotovoltaicas Dispositivos que generan electricidad a partir del efecto fotovoltaico.

Cogeneración Procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente, etc.). Como modalidad, es la producción de energía eléctrica en conjunto con vapor y/o energía térmica secundaria de otro tipo. Puede ser la producción directa e indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica residual de procesos que utilizan combustibles, o viceversa.

Colectores solares planos Sistemas que captan la energía solar en aletas o placas conectadas térmicamente a tubos por donde circula el fluido por calentar.

Combustible: Se le denomina así a cualquier substancia usada para producir energía calorífica a través de una reacción química o nuclear. La energía se produce por la conversión de la masa combustible a calor.

Combustión: Reacción química rápida entre sustancias combustibles y un comburente, generalmente oxígeno que usualmente es acompañada por calor y luz en forma de flama. El proceso de combustión es comunmente iniciado por factores como calor, luz o chispas, que permiten que los materiales combustibles alcancen la temperatura de ignición específica correspondiente.

Combustóleo: Es la fracción pesada del petróleo crudo después de someterse a destilación al alto vacío.

Concentración solar Efecto de proyectar en un mismo punto o línea a la irradiación solar que llega directamente del Sol.

Condensados Se refiere al vapor que se convierte a líquido por vía de una caída de presión o temperatura.

Consumo Energía entregada a los usuarios con recursos de generación del servicio público, (CFE, LFC y PIE), proyectos de autoabastecimiento y cogeneración, y a través de contratos de importación.

Consumo energético: Consumo de producto tales como gasolinas, gas natural, diesel, gas licuado, electricidad, combustóleo, querosenos, etc. que tienen como fin generar calor o energía, para uso en transporte, industrial o doméstico.

Consumo no energético: Consumo de productos tales como gasolinas, gas natural, diesel, gas licuado, electricidad, combustóleo, querosenos, etc. para uso como materia prima en procesos.

Consumo propio (autoconsumo): Consumo de energía para producir energía primaria y/o secundaria que el propio sector utiliza para su funcionamiento, por ejemplo, el uso de gasolina y diesel que requieren los motores.

Curva de carga Gráfica que muestra la variación de la magnitud de la carga a lo largo de un periodo determinado.

Degradación Es la reducción obligada de la capacidad de una unidad como consecuencia de la falla o deterioro de uno de sus componentes o por cualquier otra condición limitante.

Demanda Es la potencia a la cual se debe suministrar la energía eléctrica requerida en un instante dado. El valor promedio dentro de cierto intervalo es igual a la energía requerida entre el número de unidades de tiempo del intervalo (MWh/h).

Demanda base Demanda horaria mínima dentro de cierto periodo (en la prospectiva se indica el promedio de las demandas mínimas diarias).

Demanda máxima Valor máximo de las demandas horarias en el año (MWh/h).

Demanda media Es igual a la energía necesaria en MWh en el año dividida entre el número de horas del año (MWh/h).

Desechos Elementos que sobran de un proceso de extracción o transformación.

Diesel: Combustible líquido que se obtiene de la destilación atmosférica del petróleo crudo entre los 200 y 380 °C y posteriormente recibe un tratamiento en las plantas hidrodesulfuradoras.

Disponibilidad Factor que indica el porcentaje de tiempo en que una unidad generadora estuvo disponible para dar servicio, independientemente de que se haya requerido o no su operación. Este índice se calcula como el cociente entre la energía que la unidad produce anualmente con la capacidad disponible y la que generaría si estuviera utilizable 100%.

Efecto fotovoltaico Es un fenómeno físico a través del cual ciertos dispositivos fabricados con semiconductores, uniones del tipo P-N, son capaces de absorber la luz del Sol y convertirla en electricidad del tipo corriente directa (CD) sin ningún proceso intermedio.

Energía almacenada Energía potencial susceptible de convertirse a energía eléctrica en una central hidroeléctrica, en función del volumen útil de agua almacenado y del consumo específico para la conversión de energía.

Energía bruta Es la energía que debe ser suministrada por los diferentes recursos de capacidad con que cuenta el sistema eléctrico (generación propia, importación, excedentes de autoabastecedores), incluye la energía de las ventas, las pérdidas en transmisión, los usos propios de las centrales y la energía de exportación.

Energía final: Es aquella energía, primaria o secundaria, que es utilizada directamente por el consumidor final. Es la energía tal cual entra al sector consumo y se diferencía de la energía neta (sin pérdidas de transformación, transmisión, transporte, distribución y almacenamiento) por el consumo propio del sector energía. Incluye al consumo energético y no energético.

Energía neta Es la energía total entregada a la red y es igual a la generación neta de las centrales del sistema más la energía de importaciones de otros sistemas eléctricos, más la energía adquirida de excedentes de autoabastecedores y cogeneradores.

Energía no aprovechada: Es la energía que por la disponibilidad técnica y/o económica de su explotación, actualmente no está siendo utilizada, como por ejemplo: petróleo crudo derramado, gas enviado a la atmósfera, etc.

Energía no fósil Energía generada a partir de grandes hidroeléctricas, fuentes renovables, nuclear y nueva generación limpia.

Energía primaria: Se entiende por energía primaria a las distintas formas de energía tal como se obtienen de la naturaleza, ya sea, en forma directa como en el caso de la energía hidráulica o solar, la leña, y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción como el petróleo, carbón mineral, geoenergía, etc.

Energía secundaria: Se le denomina así a los diferentes productos energéticos que provienen de los distintos centros de transformación y cuyo destino son los sectores de consumo y/o centros de transformación.

Energía solar fotovoltaica La energía solar fotovoltaica se define a partir del "efecto fotovoltaico", que ocurre cuando los fotones de la luz del sol excitan a niveles de energía más altos a los electrones "sueltos" de los átomos del material semiconductor sobre el cual incide. Cuando esta propiedad de la luz es combinada con las propiedades de dichos materiales, los electrones fluyen a través de una interfaz y se crea una diferencia de potencial.

Energía solar térmica La tecnología termosolar produce electricidad concentrando la radiación solar para calentar y producir vapor de agua y hacerlo pasar por una turbina de la misma forma que se realiza en una central termoeléctrica o de ciclo combinado.

Energía útil: Es la energía realmente utilizada en los procesos energéticos finales, en razón de que no toda la energía que entra a un sistema consumidor es aprovechada y depende en cada caso de la eficiencia de los equipos consumidores. Es aquella energía neta a la cual se le han descontado las pérdidas por utilización del equipo o artefacto donde se consumen al nivel del usuario. Se aplica tanto al consumo propio como al consumo final, energético.

Energías limpias De acuerdo con lo que establece la ENE 2012-2026, se consideran energías limpias a aquellas que provienen de fuentes renovables, grandes hidroeléctricas, carboeléctricas y ciclos combinados que cuenten con captura y secuestro de carbono (CO2) y energía nuclear. La característica común entre las energías limpias es su nula o muy baja emisión de contaminantes a la atmósfera.

Energías renovables En México se consideran energías renovables aquellas reguladas por el artículo 3º fracción II de la LAERFTE, cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica.

Estructura tarifaria Es el sistema de precios que se establece para recuperar los costos del servicio de la energía eléctrica y se organizan por tipos de usuario, por niveles de consumo y potencia, y por nivel del voltaje con el que se les alimenta.

Etanol Compuesto químico que puede utilizarse como combustible.

Etanol anhidro Tipo de alcohol etílico que se caracteriza por tener muy bajo contenido de agua y ser compatible para mezclar con gasolinas en cualquier proporción para producir un combustible oxigenado con mejores características.

Exploración Las actividades de la industria petrolera se inician con la exploración, la cual tiene como finalidad descubrir en el subsuelo las estructuras geológicas con posibilidad de contener hidrocarburos y determinar, en una etapa posterior, la rentabilidad de la explotación de los depósitos descubiertos. Se busca así, evaluar la potencialidad petrolera de una región.

Exploración petrolera: Conjunto de actividades de campo y de oficina cuyo objetivo principal es descubrir nuevos depósitos de hidrocarburos o extensiones de los existentes.

Exportación (modalidad) Es la generación de energía eléctrica para destinarse al comercio exterior, a través de proyectos de cogeneración, producción independiente y pequeña producción que cumplan las disposiciones legales y reglamentarias aplicables según los casos. Los permisionarios en esta modalidad no pueden enajenar dentro del territorio nacional la energía eléctrica generada, salvo que obtengan permiso de la CRE para realizar dicha actividad en la modalidad de que se trate.

Factor de carga Es la relación entre la demanda media y el valor de la demanda máxima registrada en un periodo determinado. El factor de carga se acerca a la unidad a medida que la curva de carga es más plana. Recuérdese que si el factor de carga es cercano a la unidad significa un uso más intensivo y continuo de los equipos.

Factor de diversidad Es la relación entre la suma de las demandas máximas individuales de dos o más cargas y la demanda máxima del conjunto. Un factor mayor a uno significa que las demandas máximas no ocurren simultáneamente.

Factor de planta Es un indicador del grado de utilización de la capacidad de unidades generadoras en un periodo específico. Se calcula como el cociente entre la generación media de la unidad y su capacidad efectiva.

Gas amargo: Gas natural que contiene hidrocarburos, ácido sulfhídrico y dióxido de carbono (estos últimos en concentraciones mayores a 50 ppm).

Gas asociado: Es el gas natural que se encuentra en contacto y/o disuelto en el petróleo crudo del yacimiento. Este puede ser clasificado como gas de casquete (libre) o gas en solución (disuelto).

Gas dulce Gas natural que sale libre de gases ácidos de algunos yacimientos de gas no asociado o que ha sido tratado en plantas endulzadoras.

Gas húmedo: Es el gas natural que contiene más de 3 gal./Mpc de hidrocarburos líquidos.

Gas natural Mezcla de hidrocarburos constituida principalmente por metano que se encuentra en los yacimientos en solución o en fase gaseosa con el crudo, o bien en yacimientos que no contienen aceite.

Gas no asociado: Gas natural que se encuentra en reservas que no contienen petróleo crudo.

Gas seco Gas Natural que contiene cantidades menores de hidrocarburos más pesados que el metano. También se obtiene de las plantas de proceso.

Gas natural licuado Gas natural compuesto predominantemente de metano (CH_4), que ha sido licuado por compresión y enfriamiento, para facilitar su transporte y almacenamiento.

Gasificación Proceso de convertir sólidos o líquidos en gas.

Gasolina automotriz: Nombre que se aplica de una manera amplia a los productos más ligeros obtenidos por la destilación del petróleo crudo, los que son sometidos a diferentes procesos para darles las características físicas y químicas requeridas el producto para la operación apropiada en los motores de combustión interna de automóviles.

Gasoducto: Ducto usado para el transporte de gas.

Generación bruta Es la energía que se produce en las centrales eléctricas, medida en las terminales de los generadores. Una parte pequeña de esta energía es utilizada para alimentar los equipos auxiliares de la propia central (usos propios) y el resto es entregado a la red de transmisión (generación neta).

Generación distribuida Instalaciones de generación en el sitio mismo donde se consume y dimensionadas para cubrir parcial o totalmente las necesidades del usuario.

Generación neta Es la energía eléctrica que una central generadora entrega a la red de transmisión y es igual a la generación bruta menos la energía utilizada en los usos propios de la central.

Geotermia Calor de la corteza terrestre.

Hidrocarburos: Grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las substancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos. Los hidrocarburos más simples son gaseosos a la temperatura ambiente, a medida que aumenta su peso molecular se vuelven líquidos y finalmente sólidos, sus tres estados físicos están representados por el gas natural, el petróleo crudo y el asfalto.

Importación (modalidad) Es la adquisición de energía eléctrica proveniente de plantas generadoras establecidas en el extranjero mediante actos jurídicos celebrados directamente entre el abastecedor de la energía eléctrica y el consumidor de la misma.

Indisponibilidad Estado donde la unidad generadora está inhabilitada total o parcialmente para suministrar energía por causa de alguna acción programada o fortuita tal como: mantenimiento, falla, degradación de capacidad y/o causas ajenas.

Indisponibilidad por causas ajenas

Indicador del porcentaje de tiempo que una unidad generadora está fuera de operación a causa de la ocurrencia de algún evento o disturbio ajeno a la central como: falla en las líneas de transmisión, fenómenos naturales, falta de combustible, etc.

Intercambiador de calor Dispositivo que permite transferir el calor de un fluido a otro por procesos de conducción y convección.

Inversor Dispositivo que convierte la energía de corriente continua procedente de un generador fotovoltaico en corriente alterna.

Lecho fluidizado Se refiere a la combustión de carbón, en partículas de 5-10 mm, que es quemado en un lecho fluidizado con partículas sólidas inertes cuyo tamaño está comprendido entre 0.5-3 mm. Tiene ventajas como la reducción de las emisiones y la flexibilidad que ofrece para quemar combustibles por debajo del poder calorífico.

Marea Cambio periódico del nivel del mar, producido principalmente por las fuerzas gravitacionales que ejercen la Luna y el Sol.

Margen de reserva Diferencia entre la capacidad efectiva y la demanda máxima coincidente de un sistema eléctrico, expresada como porcentaje de la demanda máxima.

Materia celulósica Se refiere a la materia que integra los tejidos que le dan sostén a las plantas y que dan forma la mayor parte de la biomasa terrestre.

Mediana y baja temperaturas Sistemas de aprovechamiento de la energía geotérmica que funcionan con suministro de vapor abajo de 200°C.

Megawatt (MW) Unidad de potencia igual a 1,000,000 de Watts.

Megawatt hora (MWh) Unidad de energía. En electricidad es la energía consumida por una carga de un MW durante una hora.

Metano (CH_4): Es un hidrocarburo parafínico gaseoso, inflamable. Es el principal constituyente del gas natural y es usado como combustible y materia prima para la producción de amoniaco y metanol.

Migración: Término utilizado en exploración para denominar al movimiento que sufre el aceite, del lugar donde se formó hasta la roca almacenadora o trampa.

Módulo solar Conjunto de unidades que operan con energía solar.

Motor de combustión interna Máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión.

Naftas: Nombre genérico aplicado a las fracciones de petróleo crudo y productos líquidos del gas natural con una temperatura de ebullición que oscila entre 175 y 240°C.

Número de octano: Indice mediante el cual se mide la capacidad antidetonante de la gasolina. Un alto índice de octano proporciona mayor eficiencia de la combustión, mayor potencia, menores depósitos de carbón y mejor funcionamiento del motor, así como menor contaminación.

Oleoducto: Ducto usado para el transporte de crudo.

Pequeña producción Es la generación de energía eléctrica destinada a: La venta a CFE en su totalidad, en cuyo caso los proyectos no podrán tener una capacidad total mayor que 30 MW en un área determinada, o al autoabastecimiento de pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que

carezcan del servicio de energía eléctrica, en cuyo caso los proyectos no podrán exceder de 1 MW, o a la exportación, dentro del límite máximo de 30 MW.

Pérdidas Término aplicado a la energía (MWh) o a la potencia eléctrica (MW), que se pierde en los procesos de transmisión y distribución. Las pérdidas se deben principalmente a la transformación de una parte de la energía eléctrica en calor disipado en los conductores o aparatos.

Permeabilidad: Característica de la roca almacenadora que permite el movimiento de fluidos a través de poros interconectados.

Permisionario Los titulares de permisos de generación, exportación o importación de energía eléctrica.

Petróleo: Mezcla que, se presenta en la naturaleza compuesta predominantemente de hidrocarburos en fase sólida, líquida o gaseosa; denominando al estado sólido betún natural, al líquido petróleo crudo y al gaseoso gas natural, esto a condiciones atmosféricas.

Plantaciones energéticas Plantaciones cuyo propósito principal es de obtener bioenergéticos.

Plataformas flotantes Se refiere a estructuras que flotan en el mar y que sostienen a un aerogenerador.

Plato parabólico Espejo cóncavo parabólico que concentra la luz del Sol y que cuenta con un sistema de seguimiento de dos ejes para seguirlo.

Poder calorífico: Cantidad de calor producida por la combustión completa de una substancia combustible.

Porosidad: Relación entre el volumen de poros existentes en una roca con respecto al volumen total de la misma. Es una medida de la capacidad de almacenamiento de la roca.

Pozo: Perforación para el proceso de búsqueda o producción de petróleo crudo gas natural o para proporcionar servicios relacionados con los mismos. Los pozos se clasifican de acuerdo a su objetivo y resultado como: pozos de aceite y gas asociado, pozos de gas seco y pozos inyectores.

Pozo exploratorio: Perforación realizada en un área en donde al momento no existe producción de aceite y/o gas, pero que los estudios de exploración petrolera establecen probabilidad de contener hidrocarburos. La perforación exploratoria es una técnica directa que consiste en hacer un pozo a través de las diferentes estructuras del subsuelo, tomando datos y muestras del mismo en forma sistemática, de los cuales se puede derivar información precisa de las características de cada capa rocosa y de la posibilidad de encontrar acumulaciones explotables de hidrocarburos.

Producción independiente Es la generación de energía eléctrica proveniente de una planta con capacidad mayor que 30 MW, destinada exclusivamente a su venta a la CFE o -previo permiso de la Secretaría de Energía en los términos de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica-, a la exportación.

Proyecto de autoabastecimiento Desarrollo de una unidad de generación construida por particulares, con la finalidad de abastecer los requerimientos de energía eléctrica propia o entre los miembros de una sociedad de particulares.

Queroseno: Combustible líquido constituido por la fracción del petróleo crudo que se destila entre los 150 y 300°C. Se usa como combustible para la cocción de alimentos, el alumbrado, en motores, en equipos de refrigeración y como solvente para betunes e insecticidas de uso doméstico.

Recuperación mejorada: Es la extracción adicional del petróleo después de la recuperación primaria, adicionando energía o alterando las fuerzas naturales del yacimiento. Esta incluye inyección de agua, o cualquier otro medio que complete los procesos de recuperación del yacimiento.

Recuperación primaria: Extracción del petróleo utilizando únicamente la energía natural disponible en los yacimientos para mover los fluidos, a través de la roca del yacimiento hacia los pozos.

Recuperación secundaria: Se refiere a técnicas de extracción adicional de petróleo después de la recuperación primaria. Esta incluye inyección de agua, o gas con el propósito en parte de mantener la presión del yacimiento.

Recurso eólico Se refiere a viento que es aprovechable para generar energía eléctrica.

Recursos Bioenergéticos Conjunto de recursos disponibles de biomasa que se pueden aprovechar como energético.

Red Conjunto de elementos de transmisión, transformación y compensación, interconectados para el transporte de energía.

Rellenos sanitarios Sistemas de almacenamiento de desechos urbanos con elementos que permites.

Reserva: Es la porción factible de recuperar del volumen total de hidrocarburos existentes en las rocas del subsuelo.

Reservas posibles Son aquellas que por sus volúmenes, situación geológica y de diseño son de recuperación comercial menos segura que las reservas probables. De acuerdo con esta definición, cuando son utilizados métodos probabilísticos la suma de las reservas probadas, probables y posibles, tendrá al menos una probabilidad del 10% de que las cantidades realmente recuperadas sean iguales o mayores.

Reservas probables Son aquellas donde el análisis geológico y de ingeniería de yacimientos, incorporado a un análisis probabilístico (Montecarlo) del método volumétrico, indica que hay una probabilidad de, al menos, 50% de que las cantidades por recuperar sean iguales o mayores que la suma de las reservas probadas y reservas probables.

Reservas probadas Son aquellas reservas de yacimientos conocidas que, de acuerdo con el análisis de geología e ingeniería, se estima con "razonable certeza", recuperables comercialmente en las condiciones económicas y métodos de operación actuales.

Reserva remanente: Es el volumen de hidrocarburos medido a condiciones atmosféricas, que queda por producirse económicamente de un yacimiento a determinada fecha, con las técnicas de explotación aplicables. En otra forma, es la diferencia entre la reserva original y la producción acumulada de hidrocarburos en una fecha específica.

Roca almacenadora: Roca sedimentaria (calizas, arenas o lutitas) con un alto grado de permeabilidad que permite que el petróleo emigre hacia ellas, y dadas, sus características estructurales o estratigráficas forma una trampa que se encuentra rodeada por una capa sello que evitará el escape de los hidrocarburos.

Roca generadora: Roca sedimentaria compuesta de grano muy fino y con abundante contenido de carbono orgánico que se deposita bajo condiciones reductoras y de baja energía, propiciando a través del tiempo la generación de hidrocarburos.

Salmuera Agua con alto contenido de sal.

Sector eléctrico (SE) Conjunto de participantes, públicos y privados, que intervienen en los procesos de generación, transmisión, y distribución de la energía eléctrica.

Sistema Eléctrico Nacional (SEN) Integrado por los participantes públicos y privados, conectados a la red eléctrica nacional, y que intervienen en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Sistema Interconectado Nacional (SIN) Sistemas eléctricos regionales que comparten a través de sus enlaces sus recursos de capacidad y funcionamiento económico, confiable y eficiente en su conjunto

Sistemas de control inteligente Sistemas de control con capacidad de emular características importantes de la inteligencia humana (adaptación, aprendizaje, tratamiento de grandes cantidades de datos y tratamiento de incertidumbre).

Subestación Conjunto de equipos eléctricos, localizados en un mismo lugar y edificaciones necesarias para la conversión o transformación de energía eléctrica a un nivel diferente de tensión, y para el enlace entre dos o más circuitos.

Subsidios al consumo final Se refiere al costo del servicio no cubierto por su usuario final.

Suministrador Empresa encargada del suministro de energía eléctrica en México. Comisión Federal de Electricidad.

Tecnologías limpias Sistemas para generar electricidad mediante el uso de energías renovables (eólica, geotermia, hidroeléctrica menor que 30 MW, la biomasa y la solar), las grandes

hidroeléctricas, carboeléctricas y ciclos combinados, que cuenten con captura y secuestro de bióxido de carbono (CO2) y energía nuclear.

Trampa: En exploración petrolera, define un yacimiento petrolífero con una geometría que permite la concentración de hidrocarburos y los mantiene en condiciones hidrodinámicas propicias impidiendo que estos escapen.

Transicion energética: Una transición de energía se define como la longitud de tiempo entre la introducción de una nueva fuente o tecnología de energía primaria y su contribución al suministro del mercado (típicamente 20-30%).[416]

Turbinas eólicas Equipos que transforman la energía del viento en energía mecánica aprovechable por un generador eléctrico.

Turbosina: (Jet fuel) Fracción del petróleo crudo utilizado como combustible para aviones de retropropulsión; la fracción de turbosina tiene un límite de temperatura de ebullición de 200 a 300°C máximo.

Ultra Bajo Azufre (UBA) Término usado para diesel con muy bajo contenido de azufre.

Ventilas hidrotermales Se refiere a las salidas de fluido geotérmico en el lecho marino.

Voltaje Potencial electromotriz entre dos puntos medido en voltios.

Yacimiento: Unidad del subsuelo constituida por roca permeable que contiene petróleo, gas y agua, las cuales conforman un solo sistema.

Fuentes: Todas las definiciones obtenidas de:

Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, México, 2012, págs. 141-149

Secretaría de Energía, *Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026*, México, 2012, págs. 225-234

Petróleos Mexicanos, *Términos usados en la Industria Petrolera*, Base de Datos Institucional, México, 2012, 71 págs.

[416] Antoine Rostand, *Energy in transition*, (en línea), Petroleum Economist, The authority on energy, Julio 2011, dirección http: (http://bit.ly/QTtnn9), citado el 27 de abril de 2014

Abreviaturas, acrónimos y siglas

AIE: Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency-IEA)

ANES: Asociación Nacional de Energía Solar

APF: Administración Pública Federal

AT: Alta tensión

b: barriles

bd: barriles diarios

bpce: Barriles de petróleo crudo equivalente

Btu: Unidad Térmica Británica

BP: British Petroleum

°C: Grados centígrados

CAR: Carboeléctrica

CAC: Capacidad de plantas de autoabastecimiento y cogeneración

CC: Ciclo combinado

Cenace: Centro Nacional de Control de Energía

CFE: Comisión Federal de Electricidad

CI: Combustión Interna

CIE-UNAM: Centro de Investigaciones en Energía de la UNAM

CO_2: Dióxido de carbono

Conuee: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

COPAR: Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión

CRE: Comisión Reguladora de Energía

CSP: Capacidad de plantas para el servicio público

DOE: Departamento de Energía (Department of Energy)

DOF: Diario Oficial de la Federación

DSP: Demanda de usuarios del servicio público

EIA: Energy Information Administration

EOL: Eoloeléctrica

°F: Grados Fahrenheit

GEO: Geotermoeléctrica

GIZ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit: *Agencia de Cooperación internacional alemana al desarrollo.*

GN*:*L Gas Natural Licuado

GW*:* Gigawatt

GWh*:* Gigawatt-hora

HID*:* Hidroeléctrica

IAEA*:* International Atomic Energy Agency

IIE*:* Instituto de Investigaciones Eléctricas

IMP*:* Instituto Mexicano del Petróleo

INIFAP*:* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

J*:* Joule. Es la cantidad de energía necesaria para mover un kilogramo a lo largo de una distancia de un metro, aplicando una aceleración de un metro por segundo al cuadrado.

kV*:* Kilovolt

kW*:* Kilowatt

kWh*:* Kilowatt-hora

LASE*:* Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

LAERFTE*:* Ley para el Aprovechamiento de las

LSPEE*:* Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

m^3*:* Metros cúbicos

mb*:* miles de barriles

mbd*:* Millones de barriles por día

MMb*:* millones de barriles

MMbd*:* millones de barriles diarios

MDL*:* Mecanismo de Desarrollo Limpio.

MMpcd*:* Millones de pies cúbicos diarios

Mtpe*:* Millones de Toneladas de petróleo equivalente.

MR*:* Margen de Reserva

MT*:* Media tensión

MW*:* Megawatt

MW_e: Megawatt eléctrico

MWh: Megawatt-hora

NOM: Norma Oficial Mexicana

NTG: Nuevas Tecnologías de Generación

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

OLADE: Organización Latinoamericana de Energía

OPEP (Organization of Petroleum Exporting Countries): Organización de Países Exportadores de Petróleo.

OPF: Obra Pública Financiada

Pronase: Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

PEF: Presupuesto de Egresos de la Federación

Pemex: Petróleos Mexicanos

PIE: Productor Independiente de Energía

REMBIO: Red Mexicana de Bioenergía

SE: Secretaría de Economía

SEN: Sistema Eléctrico Nacional

SENER: Secretaría de Energía

SIN: Sistema Interconectado Nacional

SNIARN: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales

SOx: Óxidos de azufre

TG: Turbogás

Tmca: Tasa media de crecimiento compuesto anual

TWh: Terawatt-hora

Fuentes:

Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, México, 2012, págs. 141-149

Secretaría de Energía, *Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026*, México, 2012, págs. 225-234

Petróleos Mexicanos, *Términos usados en la Industria Petrolera*, Base de Datos Institucional, México, 2012, 71 págs.

Fuentes de consulta

Fuentes bibliográficas:

Acosta Alberto, *La maldición de la abundancia*, Quito, Ecuador, Ediciones Abya-Yala, 1a. edición, 2009, 240 págs.

Administración de Información Energética de Estados Unidos, *Recursos de shale gas y aceite shale recuperables: Una evaluación de 137 formaciones de shale en 41 países fuera de los Estados Unidos*, Departamento de Energía de Estados Unidos, Washington, 2013, 654 págs.

Agencia Internacional de Energía, *Annual report 2012, Implementing Agreement on Ocean Energy Systems*, Ocean Energy Systems, París, Francia, 2012, 158 págs.

Agencia Internacional de Energía, *Environmental Effects of Marine Energy Development around the World*, Anexo IV, Reporte Final, Ocean Energy Systems, París, Francia, Enero 2013, 97 págs.

Agencia Internacional de Energía, *Medium-term Renewable Energy Market Report 2012*, París, Francia, 2012, 182 págs.

Agencia Internacional de Energía, *Reglas fundamentales para una época dorada del gas*, Panorama Mundial de la Energía, Reporte especial del gas no convencional, París, 2012, 150 págs.

Agencia Internacional de Energía, *Renewable Energy Medium-Term Market Report 2013* Executive Summary, París, Francia, 2013, 14 págs.

Agencia Internacional de Energía, *Renewable Energy Medium-Term Market Report 2013,* París, Francia, 2012, 217 págs.

Agencia Internacional de Energía, *World Energy Outlook 2012*, París, Francia, 2012, 690 págs.

Agencia Internacional de Energía Atómica, *Análisis de la Energía Nuclear 2013*, Viena, Austria, 22 de julio de 2013, 69 págs.

Agencia Internacional de Energía Renovable, *Costos de Generación de Energía Renovable 2012*, Emiratos Árabes Unidos, Noviembre 2012, 12 págs.

Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Biomasa para la generación de energía*, (IRENA), Volumen 1: Sector energía, Tema 1/5, Emiratos Árabes Unidos, Junio 2012, 60 págs.

Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Energía Eólica*, (IRENA), Volumen 1: Sector energía, Tema 5/5, Emiratos Árabes Unidos, Junio 2012, 64 págs.

Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Energía Solar Concentrada*, (IRENA), Volumen 1: Sector energía, Tema 2/5, Emiratos Árabes Unidos, Junio 2012, 48 págs.

Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Hidroenergía*, (IRENA), Volumen 1: Sector energía, Tema 3/5, Emiratos Árabes Unidos, Junio 2012, 44 págs.

Agencia Internacional de Energía Renovable, *Tecnologías Energéticas Renovables: serie de análisis de costos, Solar Fotovoltaica*, (IRENA), Volumen 1: Sector energía, Tema 4/5, Emiratos Árabes Unidos, Junio 2012, 54 págs.

Agencia para la Protección del Ambiente, *State Bioenergy Primer, Information and Resources for States on Issues, Opportunities*, and Options for Advancing Bioenergy, Gobierno de Estados Unidos, 15 de septiembre, 2009, 104 págs.

Aguayo Quezada Sergio, Michael Bagley Bruce, compiladores, *En busca de la seguridad perdida: aproximaciones a la seguridad nacional mexicana*, México, D.F., Siglo XXI, 1990, 416 Págs.

Aguayo Quezada Sergio, *Los usos, abusos y retos de la seguridad nacional mexicana*, *1946-1990*, en Aguayo Quezada Sergio, Michael Bagley Bruce, compiladores, *En busca de la seguridad perdida: aproximaciones a la seguridad nacional mexicana*, México, D.F., Siglo XXI, 1990, 416 Págs.

Ávila Akerberg Andrés, *La consideración del medio ambiente como asunto de seguridad nacional*, Revista de Relaciones Internacionales de la UNAM, núm. 107, mayo-agosto de 2010, págs.67-103

Barcenas Robles Mario, *Tecnologías de Almacenamiento Temporal de Combustible Gastado*, Entorno Nuclear, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México, Secretaría de Energía, 2008, 31 págs.

Barry Buzan, Ole Wæver, Jaap de Wilde, *Security: A new framework for analysis*, Lynne Rienner, Estados Unidos, 1998, 239 págs.

Berkowitz Norbert, *Fossil hydrocarbons: chemistry and technology*, Academic, San Diego, 1997, 351 págs.

Bermejo Roberto, *Un futuro sin petróleo: colapsos y transformaciones socioeconómicas*, Libros de la Catarata, Madrid, 2008, 349 págs.

Berryman, Phillip, *The Bush Doctrine: A Catholic Critique*. America, Vol. 190, No. 6, 2004, Pág. 8.

British Petroleum, *BP Statistical Review of World Energy 2013,* Reino Unido, *2013, 48 págs.*

Buzan Barry, *The National Security Problem in International Relations*, en: People, States and Fear: An Agenda for International Security Studies en the Post-Cold War Era, Harvester Wheatsheaf, Londres, 1991, Pág. 7.

Buzan Barry, Ole Waever, Jaap de Wilde, *Security: a New Framework for Analysis*, Lynne Rienner Publishers, Inc., Estados Unidos, 1998, 239 Págs.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley General de Cambio Climático*, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, México, 6 de Junio, 2012, 44 págs.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, México, 28 de noviembre, 2008, 16 págs.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión*, Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, México, 28 de diciembre, 1975, 24 págs.

Centro Nacional de Prevención de Desastres, *Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE),* Secretaría de Gobernación, México, 2012, 57 págs.

Chanona Alejandro, *La comunidad de seguridad en América del Norte: Una perspectiva comparada con la Unión Europea*, UNAM, México, 2010

Cherp A, Jewell J. *The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration*, Current Opinion in Environmental Sustainability, Energy Systems, vol. 3, núm. 4, Septiembre 2011, Págs. 202–212

Climate Action Network International, *NAMA*, Beirut, Líbano, 2012, 9 págs.

Comisión Nacional del Agua, *Atlas del agua en México 2012*, México, D.F., Agosto de 2012, 142 págs.

Coquis Contreras Emiliano, *El Estado Mexicano y la Seguridad Nacional*, Tesis para obtener el título de licenciado en Derecho, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Derecho, México, Distrito Federal, Ciudad Universitaria, 2012, 113 Págs.

Córdoba Quiroz Ricardo A., *La seguridad en centrales nucleoeléctricas: Central Laguna Verde*, Hacia Dónde va la Ciencia en México, Un análisis para la acción desde las perspectivas académica, sectorial y tecnológica, Comisión Federal de Electricidad, México, 2012, 33 págs.

Creus Solé Antonio, *Energías renovables*, ediciones Ceysa, Barcelona, año 2008, pág. 5

Curzio Leonardo, *La seguridad nacional en México y la relación con Estados Unidos*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones sobre América del Norte, 2007, 182 Págs.

Departamento de Energía de Estados Unidos, *The Smart Grid: an introduction*, Estados Unidos, 2008, pág. 13

Delgado Ramos Gian Carlo, *América Latina: Extractivismo, fronteras ecológicas y geopolítica de los recursos*, en América Latina en movimiento, Extractivismo: contradicciones y conflictividad, Agencia Latinoamericana de Información, Quito, Ecuador, marzo 2012, 36 págs.

Delgado Ramos Gian Carlo, *Cuestión Ambiental*, Enciclopedia Contemporánea de América Latina y el Caribe, Madrid, España, Akal, 2009, 1348 págs.

Delgado Ramos Gian Carlo, *Extractivismo, maquilización y desindustrialización en América Latina*, en Imperialismo Tecnológico y Desarrollo en América Latina, La Habana, Cuba, Ruth Casa Editorial, 2011, 226 págs.

Fuentes González Elsa María, *La importancia estratégica de las exportaciones de petróleo de México a Estados Unidos: retos y posibilidades*, Tesis profesional como requisito parcial para obtener el

título en Licenciatura en Relaciones Internacionales, Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades, Departamento de Relaciones Internacionales y Ciencias Políticas, Cholula, Puebla, México a 7 de diciembre de 2007, 107 págs.

Gilpin Robert, *Global Political Economy: Understanding the International Economic Order*, New Jersey: Princeton University Press. 2001, pag. 16

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*, 2011, 242 págs.

Harvey David, *El nuevo imperialismo: Acumulación por desposesión*, Madrid, España, Akal, 2004, 176 págs.

Hiriart Le Bert Gerardo*, et al*., *Evaluación de la Energía Geotérmica en México*, Informe para el Banco Interamericano de Desarrollo y la Comisión Reguladora de Energía, México, DF, mayo de 2011, 167 págs.

Hoffman Patricia, et al., *Energy Sector Specific Plan: An Annex to the National Infrastructure Protection Plan*, Departamento de Seguridad Nacional, Estados Unidos, 2010, 124 págs.

Horstink Max, Bode Jan-Willem, "*The future of global carbon markets, The prospect of an international agreement and its impact on business*", IESE Business School for Ernst & Young, Reino Unido, 2012, 22 págs.

Hurtado González Luis Eduardo, *Introducción al marco jurídico de la inteligencia para la seguridad nacional*, México, Porrúa, 2008, 120 Págs.

Ikenberry, John G., *La Ambición Imperial de los Estados Unidos*, Foreign Affairs en Español, 2002, Pág. 11

Inda Ruiz Adrián, "El IIE busca soluciones para la adecuada operación del Sistema Eléctrico Nacional, ante la presencia de generación eólica", Breves técnicas, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México, Boletín enero-marzo 2011, págs. 35-36

Instituto de Investigaciones Eléctricas, *Redes Inteligentes, Innovaciones Inteligentes para las Sociedades Modernas*, Cuernavaca, México, 2010, 10 págs.

Instituto Español de Estudios Estratégicos, *La evolución del concepto de seguridad*, Ministerio de Defensa, Dirección General de Relaciones Institucionales, España, 2011, Pág. 1-2

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, *Radiactividad y fisión nuclear*, Contacto Nuclear, núm. 51, México, Secretaría de Energía, 2008, 39 págs.

John Baylis, Steve Smith, *The globalization of World Politics: An Introduction of International Relations*, Neva York, Oxford University Press, 3° edicion, 2005, Pág. 303-304.

K. Lee Smith, et al., *La estructura y los procesos de reacción del carbón*, Plenum, New York, 1994, 471 págs.

La Editorial, “Hacia la sustentabilidad con nuevas tecnologías”, Global Energy, México, año 6, núm. 63, septiembre 2013, pág. 3

Leonard Annie, *La historia de las Cosas*, Fondo de Cultura Económica, México, 2010, 18 Págs.

León Osvaldo, *America Latina en Movimiento, Extractivismo: Contradicciones y Conflictividad, Agencia Latinoamericana de Información*, Quito, Ecuador, marzo 2012, 36 págs.

Lewis A., et al., *Ocean Energy*, IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, E.U. 2011, 534 págs.

M. Chaudry, Ekins P., et al. *Building a Resilient UK Energy System*, UK Energy Research Centre, 2009

Maciel Padilla Agustín, *La seguridad nacional: concepto y evolución en México*, El Colegio de San Luis, San Luis Potosí, 2002

Mann Michael, *States, war and capitalism*, Oxford, Basil Blackwel, 1988, Pág. 182) cit. por José Manuel Ugarte, Los conceptos jurídicos y políticos de la seguridad y la defensa: Un análisis orientado a América Latina, Editorial Plus Ultra, Buenos Aires, 2004, Pág. 17

Metz Bert, Davidson Ogunlade, et al., *Informe especial del IPCC La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono*, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2005, 66 págs.

Muñoz Petersen Bárbara Alejandra, *La corrupción como amenaza a la seguridad nacional tras la transición democrática en México*, Tesis para obtener el título en Licenciatura en Relaciones Internacionales, Universidad de las Américas de Puebla, Escuela de Ciencias Sociales, Departamento de Relaciones Internacionales e Historia, Cholula, Puebla, México a 13 de septiembre de 2005, 123 Págs.

Ojeda Mario, *La Realidad Geopolítica de México*, Foro Internacional, Vol. XVII, N° 1, El Colegio de México, Julio-Septiembre, Pág. 1 en Santa Cruz Jorge Malcolm, *La política exterior de México como instrumento para la preservación de la Seguridad Nacional,* México, Instituto Matías Romero de Estudios Diplomáticos, 1992, 69 Págs.

Ojeda Mario, *Alcances y límites de la política exterior de México*, México, El Colegio de México, 1976, 220 Págs.

Organización Panamericana de la Salud, *Preguntas frecuentes sobre Radiaciones Ionizantes*, Organización Mundial de la Salud, Guatemala, 2013, 4 págs.

Ortuño Arzate Salvador, *El mundo del petróleo: origen, usos y escenarios*, Fondo de Cultura Económica, México, D.F., 2009, 211 págs.

Parag Yael, *Rethinking energy security: a socio-technical approach to energy services security*, Environmental Change Institute, School of Geography and the Environment, University of Oxford, 2013, 11 págs.

Peña Rodríguez María Fernanda, *Ventajas y Desventajas del Uso de la Energía Nuclear*, Debate Social, núm. 21, Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, 2010, págs. 8-15

Pereira Juan Carlos, coordinador, *Historia de las relaciones internacionales contemporáneas*, Ariel Ciencia Política, segunda edición, España 2009, Págs. 733.

Pérez Gil Luis V., *El dilema de la seguridad nacional en la teoría de las Relaciones Internacionales*, Tenerife, España: Universidad de La Laguna, 2000 Pág. 209 en Nobile González Melissa, *México y la agenda contemporánea de seguridad internacional: un estudio sobre los alcances del uso del concepto de seguridad humana*, Tesis para obtener el título en Licenciatura en Relaciones Internacionales, Universidad de las Américas de Puebla, Escuela de Ciencias Sociales, Departamento de Relaciones Internacionales e Historia, Cholula, Puebla, México a 6 de mayo de 2003, 161 Págs.

Petróleos Mexicanos, *Términos usados en la Industria Petrolera*, Base de Datos Institucional, México, 2012, 71 págs.

Piñeyro José Luis, Coordinador, *La Seguridad Nacional en México, Debate Actual*, Universidad Autónoma Metropolitana, División de Ciencias Sociales y Humanidades, México, 2004. 519 Págs.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (Ren21), *Renewables 2013 Global Status Report*, Paris, Francia, 2013, 178 págs.

Rodríguez Dorantes, Rubén José, *Las energías renovables y la seguridad energética nacional*, s/editorial, 2008 México, D.F., 26 págs.

Rodríguez Sumano Abelardo, *La urgente seguridad democrática: la relación de México con Estados Unidos*, México, Santillana, 2008, 432 págs.

Ryan Lisa, Campbell Nina, *Spreading the net: the multiple benefits of energy efficiency improvements*, Francia, Agencia Internacional de Energía, 2012, 37 págs.

Santa Cruz Jorge Malcolm, *La política exterior de México como instrumento para la preservación de la seguridad nacional*, México: Instituto Matías Romero de Estudios Diplomáticos, 1992, 69 Págs.

Saxe-Fernández John, *México-Estados Unidos: seguridad y colonialidad energética*, en Nueva Sociedad, Geopolítica de la energía, núm. 204, Ciudad Universitaria, junio, 2006, págs. 186-199

Saxe-Fernández John, *"Seguridad nacional mexicana en la posguerra fría*", Revista Sociológica, núm. 25, Vol. 9, México, D.F., mayo-agosto, 1994

Saxe-Fernández John, Delgado-Ramos Gian Carlo, *Imperialismo y Banco Mundial*, España, Editorial Popular, 2005, Pág. 9

Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, México, 2012, 156 págs.

Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*, México, 2014, 97 págs.

Secretaría de Energía, *Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2013-2027*, México, 2014, 271 págs.

Secretaría de Energía, *Prospectiva de Petróleo y Petrolíferos 2013-2027*, México, 2014, 317 págs.

Secretaria de Energía, *Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026*, México, 2012, 215 págs.

Secretaría de Energía, *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2012-2026*, México, 2012, 208 págs.

Secretaría de Energía, *Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026*, México, 2012, 237 págs.

Secretaría de Energía, Comisión Federal de Electricidad, *Atlas de almacenamiento geológico de CO_2 en México*, México, 2012, 40 págs.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, *CISEN 20 años de historia: testimonios febrero 2009*, Talleres de Impresión de Estampillas y Valores, Ciudad de México, 2009, 183 Págs.

Secretaria de Hacienda y Crédito Público, *Decreto por el que se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, Diario Oficial de la Federación, 20 de mayo de 2013, pág. 184

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Acciones para el Cambio Climático en México*, Mayo, 2012, 10 págs.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*, México Quinta Comunicación Nacional ante la CMNUCC, México, 58 págs.

Sheinbaum Pardo Claudia, Rodríguez Viqueira Luis, "Eficiencia energética y privatización de la Industria Eléctrica", Problemas del Desarrollo, núm. 101, vol. 26, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas, Abril-junio, 1995, págs. 217-254

Sisco Marcano Claudia, Chacón Maldonado Oláguer, "Barry Buzan y la teoría de los complejos de seguridad", Revista venezolana de ciencia política, núm. 25, enero-junio, 2004, págs. 125-146

Sovacool B. K., *Defining, measuring and exploring energy security, en The Routledge Handbook of Energy Security*, Routledge, Nueva York, Estados Unidos 2011, págs. 1-42.

Torres D. Brailovsky P., y S. Romero, *Energía solar térmica; energías renovables: Impulso político y tecnológico para un México sustentable*: Capítulo 10. USAID-ITAM, 2011, en Secretaría de Energía, *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, México, 2012, pág. 83

Trozzi Carlo, *Other fugitive emissions from energy production, Geothermal energy extraction*, Agencia Europea de Medio Ambiente, 2013, pág.4

Ugarte José Manuel, *Los conceptos jurídicos y políticos de la seguridad y la defensa: Un análisis orientado a América Latina*, Editorial Plus Ultra, Buenos Aires, 2004, Pág. 9.

U.S. Energy Information Administration, *Technically Re coverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States,* 2013.

Valdés Ana Lydia, "Bonos de Carbono, indulgencia ambiental", (en línea), CNN Expansión, México, D.F., 2 de enero de 2008, (dirección http:http://www.cnnexpansion.com/obras/pulso-de-la-construccion/bonos-de-carbono-indulgencia-ambiental), citado el 10 de noviembre de 2013

Valenzuela Robles Linares José María, *El aprovechamiento de los yacimientos transfronterizos de hidrocarburos. Diplomacia mexicana, Derecho Internacional y Economía Política del Petróleo*, Tesis para obtener el título de licenciado en Relaciones Internacionales, El Colegio de México, Centro de Estudios Internacionales, México D.F., 2009, 145 págs.

Velázquez Flores Rafael, *Factores bases y fundamentos de la política exterior de México*, México, D.F., Plaza y Valdés; Universidad del Mar, Oaxaca, 2005, 332 Págs.

Vivanco Casamadrid, Antonio, *et al*., *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026*, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Programación Coordinación de Planificación, México, 2012, 370 págs.

Walt Stephen, "*The Renaissance of Security Studies*". International Studies Quarterly. (1991. Vol. 2. No. 35) pp.211-222

Wolfers Arnold, *National Security as an ambiguous symbol, Discord and Collaboration: Essays on International Politics*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1962, Pags. 147-65

Fuentes hemerográficas:

Curzio, Leonardo, “La seguridad nacional en México: balances y perspectivas”, en Revista de Administración Pública, núm. 98, INAP, México, 1998, 139 págs.

Ullman Richard, *Redefining Security,* International Security, vol. 8, núm.1, The MIT Press, 1983, págs. 129-153

Fuentes electrónicas:

Acosta Francisco, “Mitos y realidades de la energía nuclear en México”,(en línea), Forbes México, 10 julio, 2013, (dirección http: http://www.forbes.com.mx/sites/mitos-y-realidades-de-la-energia-nuclear-en-mexico/), citado el 23 de octubre de 2013

Acosta Francisco, “Mitos y realidades de la energía solar”, (en línea), México, Forbes, 5 de Abril, 2013, (dirección http: http: http://www.forbes.com.mx/sites/mitos-y-realidades-de-la-energia-solar/), consultado el 18 de septiembre de 2013.

Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA), *Biocombustibles: Etanol y biodiesel*, (en línea), Estados Unidos, (dirección http: http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biofuel_home), citado el 2 de octubre de 2013

Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA), *Estadísticas Internacionales de Energía*, (en línea), *Generación total de energía renovable*, (dirección http: http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=6&pid=29&aid=12&cid=ww,r1,r2,r3,r4,r5,r6,r7,&syid=1990&eyid=2012&unit=BKWH), citado el 31 de agosto de 2013.

Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA), *Tabla interactiva*, (en línea), International Energy Outlook 2013, (dirección http: http://www.eia.gov/oiaf/aeo/tablebrowser/#release=IEO2013&subject=9-IEO2013&table=25-IEO2013&region=0-0&cases=Reference-d041117), citado el 12 de septiembre de 2013

Agencia Central de Inteligencia, *The World Factbook*, (en línea), Estados Unidos, (dirección http: https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html), citado el 2 de junio de 2013.

Agencia Internacional de Energía, *Estadísticas del carbón*, (en línea), (dirección http: http://www.iea.org/statistics/topics/coal/), *citado el 20 de junio de 2013.*

Agencia para la Protección del Ambiente, *Hidroelectricidad*, (en línea), Gobierno de Estados Unidos, (dirección http: http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/hydro.html), citado el 4 de septiembre de 2013.

Agencia para la Protección del Ambiente, *Gas Natural*, (en línea), Gobierno de Estados Unidos, (dirección http: http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/natural-gas.html#footnotes), citado el 10 de agosto de 2013

Agencia para la Protección del Ambiente, *La disminución de la capa de ozono*, (en línea), Gobierno de Estados Unidos, 2001, (dirección http: http://www.epa.gov/sunwise/doc/ozono.pdf), citado el 18 de agosto de 2013, 3 págs.

Agustín Esteban Rogelio, "Termina conflicto en Cutzamala con hidroeléctrica Mexhidro", (en línea), México, Milenio, Estados, 6 de noviembre de 2013, dirección http: (http://www.milenio.com/estados/Termina-habitantes-Cutzamala-hidroelectrica-Mexhidro_0_185381933.html), citado el 22 de diciembre de 2013

Agustín Rogelio, "Toman pobladores hidroeléctrica Mexhidro en Guerrero", México, Milenio, Estados, 23 de agosto de 2013, dirección http: (http://www.milenio.com/estados/Toman-pobladores-hidroelectrica-Mexhidro-Guerrero_0_140386220.html), citado el 22 de diciembre de 2013

Agustín Esteban Rogelio, "Rehúsa diálogo Mexhidro; habitantes de Cutzamala podrían cerrar presa El Gallo", (en línea), México, Milenio, Estados, 29 de junio de 2013, dirección http: (http://www.milenio.com/estados/Rehusa-Mexhidro-habitantes-Cutzamala-Gallo_0_107389477.html), citado el 22 de diciembre de 2013

Álvarez Castañeda, *Historia de la Seguridad Nacional: La seguridad desde los clásicos y su influencia en la Doctrina de Seguridad Nacional*, (en línea), s/editor, s/lugar de publicación, 2007, (Lugar de publicación: www.enlaceacademico.org/.../construccion_social..), citado el 7 de septiembre de 2012. Pág. 7.

Ángeles Alejandro, "México se compromete a utilizar uranio de bajo enriquecimiento", (en línea), CNN, México, 13 de abril de 2010, dirección http: (http://mexico.cnn.com/nacional/2010/04/13/mexico-se-compromete-a-utilizar-uranio-de-bajo-enriquecimiento), citado el 20 de julio de 2013

Appel Marco, "Voracidad eólica en Oaxaca", (en línea), México, Proceso, Nacional, 23 de marzo de 2013, dirección http: (http://www.proceso.com.mx/?p=337063), citado el 20 de diciembre de 2013

Arámbula Reyes Alma, *Iniciativa Mérida: Compendio*, [en línea], Cámara de Diputados, Centro de Documentación, Información y Análisis, Dirección de Servicios de Investigación y Análisis, Subdirección de Política Exterior, México, Junio 2008, dirección URL: (http://www.diputados.gob.mx/cedia/sia/spe/SPE-CI-A-02-08.pdf) consultado el 10 de marzo de 2013, 81 Págs.

Arzate Esther, "Capital privado y energía geotérmica", (en línea), Forbes, Negocios, 11 de noviembre de 2013, dirección http: (http://www.forbes.com.mx/sites/capital-privado-y-energia-geotermica/), citado el 24 de diciembre de 2013

Asociación Nacional de Energía Solar, *Energía renovable*, (en línea), México D.F., (dirección http: http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=11), citado el 5 de septiembre de 2013.

Asociación Nacional de Energía Solar, "Las energías renovables en México", (en línea), México D.F., Revista de Energías Renovables, vol. 3, núm 18, abril-junio 2013, (dirección http:

http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=8), citado el 5 de septiembre de 2013.

Banco mundial, Estructura del Grupo del Banco Mundial, (en línea), dirección URL: (http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL/PROJECTSSPA/0,,print:Y~isCURL:Y~contentMDK:21016366~menuPK:2813104~pagePK:41367~piPK:51533~theSitePK:2748767,00.html), citado el lunes 8 de octubre de 2012.

Banerjee Rangan, et al., *Global Energy Assessment, Toward a Sustainable Future*, Cambridge University Press, International Institute for Applied Systems Analysis, Estados Unidos, 2012, 1884 págs.

BBC Noticias,"The Chernobyl Disaster", (en línea), Reportes Especiales, Londres, 2013, (dirección http: http://news.bbc.co.uk/2/shared/spl/hi/guides/456900/456957/html/nn2page1.stm), citado el 22 de octubre de 2013

Becerril Andrea, "La seguridad energética de EU, en manos de la reforma de Peña Nieto", (en línea), La Jornada, Política, México, 2 de diciembre de 2013, dirección http: (http://www.jornada.unam.mx/2013/12/02/politica/005n1pol), citado el 29 de enero de 2014

Binnendijk Hans, "Rethinking U.S. Security Strategy", (en línea); The New York Times, Estados Unidos, marzo 2013, dirección http: (http://www.nytimes.com/2013/03/25/opinion/global/rethinking-us-security-strategy.html?_r=0), citado el 20 de diciembre de 2013

Calvo García Manuel, *Orígenes de la Ciencia Jurídica y el Derecho Contemporáneos*, (en línea), s/editor, s/lugar de publicación, (Dirección URL: (http://www.unizar.es/deproyecto/programas/docufilosofia/filosofia1_3.pdf) consultado el 5 de noviembre de 2012. Págs. 8

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley de Seguridad Nacional*, [en línea], publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de enero de 2005, dirección URL: (http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LSegNac.pdf), consultado el 10 de Febrero de 2013

Campos del Mar Iván, "México, con potencial nuclear", (en línea), Dinero en Imagen, 25 septiembre de 2012, (dirección http: http://www.dineroenimagen.com/2012-09-25/7373), citado el 23 de octubre de 2013

Centro de Investigación y Seguridad Nacional (CISEN), *Agenda Nacional de Riesgos*, [en línea], Ley de Seguridad Nacional, dirección URL: (http://www.cisen.gob.mx/espanol/seg_agenda_nal_riesgos.htm), consultado el 1 Marzo de 2013

Cervantes Jesusa, "Wal-Mart de México: sobornos y escandalosos privilegios fiscales", (en línea), México, Proceso, Nacional, 22 de diciembre de 2012, dirección http: (http://www.proceso.com.mx/?p=328620), citado el 24 de diciembre de 2013

Cherp Aleh, Jewell Jessica, *The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration*, Current Opinion in Environmental Sustainability, Energy Systems, núm. 3, vol. 4, septiembre 2011, págs. 202-2012

Comisión Federal de Electricidad, *Centrales generadoras*, (en línea), México, dirección http: (http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Estadisticas/_layouts/mobile/view.aspx?List=147f7738-221c-48e1-9abe-a20d67dbaa92&View=ca721019-c0d6-4786-b8a6-3766c7b2ad57), citado el 18 de abril de 2014

Comisión Federal de Electricidad, *Centrales generadoras: Carboeléctricas*, (en línea), dirección http: (http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Estadisticas/_layouts/mobile/dispform.aspx?List=147f7738-221c-48e1-9abe-a20d67dbaa92&View=ca721019-c0d6-4786-b8a6-3766c7b2ad57&ID=4), citado el 17 de marzo de 2014

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, *Generación Térmica*, (en línea), Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCASOL), (dirección http: http://www.procalsol.gob.mx/wb/procalsol/solar_mercado), citado el 6 de septiembre de 2013

Cramb Auslan, "Wind turbines may be killing bats by 'exploding' their lungs", (en línea), Reino Unido, The Telegraph, 13 Septiembre 2013, (dirección http: http://www.telegraph.co.uk/earth/energy/renewableenergy/10307646/Wind-turbines-may-be-killing-bats-by-exploding-their-lungs.html), citado el 21 de septiembre de 2013

del Castillo Agustín, "Energía verde, los negocios para Grupo Salinas y Jalisco", (en línea); Milenio, Negocios, México, 31 de enero de 2014, dirección http: (http://www.milenio.com/negocios/empresa_Eolica_Los_Altos-Tren_Electrico_Urbano-Grupo_Dragon-Grupo_Salinas-fuentes_renovables-Gobierno_de_Jalisco_0_236976755.html), citado el 2 de febrero de 2014

Departamento de Energía de Estados Unidos, *¿Qué es la red inteligente?*, (en línea), Estados Unidos, (dirección http: http://www.smartgrid.gov/the_smart_grid#smart_grid), citado el 17 de noviembre de 2013

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, *El carbón: el recorrido de los minerales*, (en línea), Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, (dirección http: http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1202793917559&ssbinary=true), *citado el 25 de junio de 2013, 20 págs.*

Duerr Roxana Isabel, "Smart Grid, la red eléctrica inteligente del futuro", (en línea), Deutsche Welle, Energía, Alemania, 30 de abril de 2013, (dirección http: http://www.dw.de/smart-grid-la-red-el%C3%A9ctrica-inteligente-del-futuro/a-16781949), citado el 17 de noviembre de 2013

Ecofys, *NAMA database*, (en línea), Reino Unido, dirección http: (http://www.ecofys.com/en/project/nama-database/), citado el 20 de abril de 2014

Ecologistas en acción, *Impacto medioambiental de la producción de ESFV*, (en línea), España, Junio de 2007, (dirección http: http://www.ecologistasenaccion.org/article10057.html), citado el 17 de septiembre de 2013.

EDF Energy, *Cómo es generada la electricidad a través del gas*, (en línea), (dirección http: http://www.edfenergy.com/energyfuture/generation-gas), citado el 11 de julio de 2013.

El Colegio de México, *Fuentes para la Historia del Petróleo en México*, (en línea),México, (dirección http: http://petroleo.colmex.mx/index.php/inicio), citado el 5 de julio de 2013.

Erlanger Steven, “As Drilling Practice Takes Off in U.S., Europe Proves Hesitant”, (en línea), New York Times, Nueva York, 9 octubre 2013, (dirección http: http://www.nytimes.com/2013/10/10/world/europe/as-drilling-practice-takes-off-in-us-europe-proves-hesitant.html?_r=0), citado el 1 noviembre 2013

Estrada Gasca Claudio A., *et al*., *Visión a Largo Plazo Sobre la Utilización de las Energías Renovables en México: Energía Solar*, (en línea), Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigación en Energía, Documento preparado para la Dirección General de Desarrollo Tecnológico de la Subsecretaría de Planeación y Desarrollo Tecnológico de la SENER, Coordinador General: Dr. Pablo Mulás del Pozo, México, Mayo del 2005, dirección http: (http://beta.energia.gob.mx/res/168/A6_Solar1.pdf), citado el 5 de septiembre de 2013, 45 págs.

Finanzas Carbono, *Acciones de Mitigación Apropiadas a cada País*, (en línea), dirección http: (http://finanzascarbono.org/nuevos-mecanismos-de-mitigacion/acciones-de-mitigacion-apropiadas-a-cada-pais-namas/), citado el 20 de abril de 2014

García Karol, “Generación eléctrica de privados, en crecimiento”, (en línea), México, El Economista, 3 de septiembre de 2013, dirección http: (http://eleconomista.com.mx/industrias/2013/09/03/generacion-electrica-privados-crecimiento), citado el 24 de diciembre de 2013

Gardiner Beth, “Bypassing the Power Grid”, (en línea), New York Times, Nueva York, 8 de octubre de 2013, (dirección http: http://www.nytimes.com/2013/10/09/business/energy-environment/bypassing-the-power-grid.html?_r=1&), citado el 18 de noviembre de 2013

Gies Eric, “Are solar panels the next e-waste?”, (en línea), Reino Unido, theguardian.com, viernes 3 de septiembre de 2010, (dirección http: http://www.theguardian.com/environment/2010/sep/03/solar-panels-ewaste), consultado el 17 de septiembre de 2013

González Amador Roberto, “Se privilegia a Wal-Mart desde el poder público, acusa ONG”, (en línea), México, Periódico La Jornada, 28 de abril de 2012, pág. 24, dirección http: (http://www.jornada.unam.mx/2012/04/28/economia/024n1eco), citado el 24 de diciembre de 2013

Graham-Rowe Duncan, “Hydroelectric power's dirty secret revealed“, (en línea), s/lugar de edición, New Scientist magazine, vol. 2488, núm. 26 de febrero de 2005, (dirección http: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Press/2005/Hydroelectric%20power-New%20Scientist%20Feb%202005.pdf), citado el 5 de septiembre de 2013.

Greene Matty, “National Security & Safety”, (en línea), Departamento de Energía, Estados Unidos, 2013, dirección http: (http://energy.gov/public-services/national-security-safety), citado el 10 de diciembre de 2013

Greenpeace, *Grandes hidroeléctricas*, (en línea), (dirección http: http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Energia-y--cambio-climatico/Las-causas/Energias-sucias/Las-grandes-hidroelectricas/), citado el 4 de diciembre de 2013

Greenpeace, *Gas Natural por Fracturamiento Hidráulico*, (en línea), abril 2011, (dirección http: http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2013/cambio_climatico/gp_fracking_v2012.pdf), citado el 15 de agosto de 2013, 4 págs.

Greenpeace, *Impactos ambientales del petróleo*, (en línea), enero 2012, (dirección http: http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/1/impactos_ambientales_petroleo.pdf), citado el 19 de agosto de 2013, 3 págs.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica, *La protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial, Cuestiones relativas a los hidrofluorocarbonos y a los perfluorocarbonos, Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico*, (en línea), Informe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2005, (dirección http: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/sroc_spmts_sp.pdf), citado el 15 de agosto de 2013, 93 págs.

Guerra Luis Manuel, "El impuesto al carbono: La madurez de México", (en línea), Crónica, México, 9 de septiembre de 2013, dirección http: (http://www.cronica.com.mx/notas/2013/782982.html), citado el 20 de septiembre de 2013

H. Kunz Thomas, Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses, (en línea), The Ecological Society of America, Estados Unidos, 2007, (dirección http: http://www.bu.edu/cecb/files/2009/12/kunzbats-wind07.pdf), citado el 21 de septiembre de 2013, pág. 318

Harrabin Roger, "Torio: ¿el combustible nuclear del futuro?", (en línea), BBC, noviembre 2013, dirección http: (http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2013/11/131031_ciencia_torio_combustible_nuclear_np.shtml), citado el 22 de noviembre de 2013

Hermosa Andujar Antonio*, La Concepción Kantiana de las Relaciones Internacionales*, (en línea), s/editorial, s/edición, s/lugar de publicación, dirección URL: (dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=27028&orden=0...), citado el 17 de noviembre de 2012

Hernández Márquez Sergio, "Gobierno estatal desplaza a CFE por parque eólico del Grupo Salinas", (en línea), La Jornada, México, 30 enero 2014, dirección http: (http://www.lajornadajalisco.com.mx/2014/01/30/el-gobierno-estatal-desplaza-a-la-cfe-por-parque-eolico-del-grupo-salinas/), citado el 30 de enero de 2014

Hobbes Thomas, *Leviatán*, (en línea), s/editor, s/lugar de publicación, (Dirección URL: (http://eltalondeaquiles.pucp.edu.pe/sites/eltalondeaquiles.pucp.edu.pe/files/Hobbes_-_Leviatan.pdf), citado el 11 de noviembre de 2012.

Hoffman Patricia, et al., *Energy Sector*, (en línea), Departamento de Seguridad Nacional, Estados Unidos, dirección http: (http://www.dhs.gov/energy-sector), citado el 12 de enero de 2014

Iglesias-Zoido Juan Carlos, *El legado de Tucídides en la cultura occidental, Discursos e historia*, (en línea), Centro de Estudos Clássicos e Humanísticos da Universidade de Coimbra, 1ª edicion, 2011, dirección http: (https://bdigital.sib.uc.pt/.../el_legado_de_tucidides_en_la_cultura_occidental_discursos_e_historia.pdf), citado el 22 de noviembre de 2012, Pags. 286

Instituto de Geofísica de la UNAM, Mapas estacionales de irradiación solar global para la Republica Mexicana, (en línea), UNAM, México, dirección http: (http://www.geofisica.unam.mx/ors/irradiacion.php), citado el 22 de julio de 2013

Instituto de Investigaciones Eléctricas, Explorador de recursos renovables, Secretaría de Energía, México, dirección http: (http://sag01.iie.org.mx/eolicosolar/Default.aspx), citado el 20 de julio de 2013

Instituto Mundial del Carbón, *El carbón como recurso: Una visión general del carbón*, (en línea), (dirección http: *www.worldcoal.org/.../coal_resource_overview_coal_spanish), citado el 20 de junio de 2013, 50 págs.*

Instituto Mexicano del Petróleo, Acerca del Petróleo, (en línea), (dirección http: http://www.imp.mx/petroleo/), *citado el 1 julio de 2013.*

Instituto Mexicano del Petróleo, *Tipos de petróleo*, (en línea), (dirección http: http://www.imp.mx/petroleo/?imp=tipos), citado el 1 julio de 2013.

Instituto Mexicano del Petróleo, Refinación, (en línea), (dirección http: http://www.imp.mx/petroleo/?imp=ref), *citado el 1 julio de 2013.*

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Lluvia ácida, (en línea), SEMARNAT, México, (dirección http: http: http://www.inecc.gob.mx/calaire-informacion-basica/554-calaire-lluvia-acida), citado el 20 de agosto de 2013.

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, *Fisión nuclear*, (en línea), Secretaría de Energía, México, (dirección http: http://www.inin.gob.mx/temasdeinteres/fisionnuclear.cfm), citado el 19 de octubre de 2013

Instituto para la Eficiencia en la Construcción, *Productivity Gains from Energy Efficiency*, (en línea), Estados Unidos, dirección http: (http://www.institutebe.com/Building-Performance-Management/Productivity-Gains-from-Energy-Efficiency.aspx), citado el 3 de enero de 2014

Jogalekar Ashutosh, "Nuclear vs renewables: A tale of disparities", (en línea), Scientific American, Estados Unidos, 22 agosto, 2013, (dirección http: http://blogs.scientificamerican.com/the-curious-wavefunction/2013/08/22/nuclear-vs-renewables-a-tale-of-disparities/), citado el 22 de octubre de 2013

Keohane Robert O. *Theory of World Politics: Structural Realism and Beyond*, en *Neorrealism and its Critics*, Ed. Robert O. Keohane, Estados Unidos; Columbia University Press, 1986, Pág. 163, citado en: s/autor, *La Teoría Neorrealista en el análisis de las Relaciones Internacionales*, (en línea), s/editorial, s/edición, s/lugar de publicación, dirección URL: (http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/arnaud_b_r/capitulo1.pdf), citado el 2 de noviembre de 2012

La Redacción, "Edil de Cutzamala denuncia a hidroeléctrica por perjuicios", (en línea), México, El economista, 4 de septiembre de 2013, dirección http: (http://eleconomista.com.mx/sociedad/2013/09/04/edil-cutzamala-denuncia-hidroelectrica-danos-perjuicios), citado el 22 de diciembre de 2013

La Redacción, “Pese a la oposición, empresa española construirá parques eólicos en Oaxaca y Puebla”, (en línea), México, Proceso, Nacional, 22 de marzo de 2013, dirección http: (http://www.proceso.com.mx/?p=336962), citado el 20 de diciembre de 2013.

La Redacción, “Pide Sofío Ramírez cancelación de permiso a Mexhidro por incumplimiento”, (en línea), Global Energy, Sector Eléctrico, 23 de Julio de 2013, dirección http: (http://www.globalenergy.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=1443:pide-sofio-ramirez-cancelacion-de-permiso-a-mexhidro-por-incumplimiento&catid=49:electricidad&Itemid=61), citado el 22 de diciembre de 2013

López Alberto, Corresponsal, Alertan agudización de conflictos por obras eólicas, (en línea), El Universal, sábado 08 de enero de 2011, dirección http: (http://www.eluniversal.com.mx/estados/79198.html), citado el 10 de diciembre de 2012

M. Fujita Rodney, “Ocean Energy Raises Environment Issues”, [en línea], New York, New York Times, May 23, 1990, (dirección http: http://www.nytimes.com/1990/06/04/opinion/l-ocean-energy-raises-environment-issues-833990.html), citado el 12 de octubre de 2013

Miglierini Julián, *Derrame: las lecciones de México*, (en línea), BBC Mundo, Campeche, México, miércoles, 16 de junio de 2010, (dirección http: http://www.bbc.co.uk/mundo/internacional/2010/06/100615_derrame_especial_campeche.shtml), citado el 19 de agosto de 2013.

Millón Manolo, *El Transnacionalismo (teoría de la interdependencia compleja) de Keohane y Nye*, (en línea), Cocaína Intelectual, s/número de edición, s/Lugar de publicación, s/editor, 4 de Junio 2004 12:00 AM, Dirección URL: (http://cocaina.redliberal.com/2004/06/el-transnaciona.html), Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2012.

Moreno Hiram, Jorge Pérez Alfonso, “Anuncian manifestaciones en Oaxaca contra parques eólicos”, (en línea), México, Periódico La Jornada, Estados, martes 30 de octubre de 2012, p. 32, dirección http: (http://www.jornada.unam.mx/2012/10/30/estados/032n1est), citado el 22 de diciembre de 2013

Moreno Miriam, “En Cutzamala de Pinzón, Guerrero la población, encabezada por su presidente municipal, reclama a una empresa los daños a la comunidad”, (en línea), México, Noticieros Televisa, Especiales, 7 de octubre de 2013, dirección http:(http://noticierostelevisa.esmas.com/especiales/618673/gallo/), citado el 22 de diciembre de 2013

Morison Rachel y Mengewein Julia, “German Power-Price Swings Threaten Growth Engine: Energy Markets”, (en línea), Bloomberg, Sustentabilidad, 16 octubre 2013, (dirección http: http://www.bloomberg.com/news/2013-10-16/german-power-price-swings-threaten-growth-engine-energy-markets.html), citado el 1 noviembre 2013

National Geographic, *Energía hidroeléctrica*, (en línea), (dirección http: http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/hydropower-profile), citado el 31 de agosto de 2013.

National Geothermal Collaborative, Benefits of geothermal energy, (en línea), Denver, CO, (dirección http: http://www.geocollaborative.org/publications/Benefits_of_Geothermal_Energy.pdf), citado el 29 de septiembre de 2013.

Nicola Stefan, “Merkel’s Green Shift Backfires as German Pollution Jumps”, (en línea), Bloomberg, Sustentabilidad, Nueva York, 29 julio 2013, (dirección http: http://www.businessweek.com/news/2013-07-28/merkel-s-green-shift-backfires-as-german-pollution-jumps-energy), citado el 1 noviembre 2013

Ocampo Hurtado Roberto, *La seguridad nacional y los servicios de inteligencia en México*, [en línea], Razón Cínica, Revista digital, s/edición, México, Universidad Nacional Autónoma de México, dirección URL: (http://www.politicas.unam.mx/razoncinica/Roberto_Ocampo_Hurtado_La_seguridad_nacional_y_los_servicios_de_inteligencia_en_M%C3%A9xico.html), consultado el 14 de noviembre de 2012.

Paris Gilles, “China sweeps aside civilians in rush for hydropower”, (en línea), The Guardian, Reino Unido, 22 octubre, 2013, (dirección http: http://www.theguardian.com/world/2013/oct/22/china-hydroelectric-dam-three-gorges), citado el 31 de octubre de 2013

Pellicer de Brody Olga, *La seguridad nacional en México*, [en línea], Cuadernos Políticos, Ediciones Era, número 27, México, D.F., abril-junio de 1979, dirección URL: (http://www.cuadernospoliticos.unam.mx/cuadernos/contenido/CP.27/CP27.5.OlgaPellicer.pdf) consultado el 28 de febrero de 2013, 14 Págs.

Pemex Exploración y Producción, *Provincias Petroleras de México*, (en línea), Subdirección Técnica de Exploración, 2010, (dirección http: http://www.cnh.gob.mx/rig/PDF/PROVINCIAS%20PETROLERAS.pdf), citado el 20 julio de 2013, 11 págs.

Petróleos Mexicanos*, Términos usados en la Industria Petrolera*, (en línea), (dirección http: http://www.ri.pemex.com/files/content/Glosario%2020101221.pdf#page=4), citado el 3 de julio de 2013.

Petróleos Mexicanos, Gas y Petroquímica Básica, *Características del gas natural*, (en línea), (dirección http: http://www.gas.pemex.mx/PGPB/Productos+y+servicios/Gas+natural/SGN_Que_ventajas_tiene.htm), citado el 10 de julio de 2013

Petróleos Mexicanos, *Anuarios estadísticos*, (en línea), (dirección http: http://www.ri.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=134&catID=12202), citado el 20 de julio de 2013.

Petróleos Mexicanos, *Indicadores petroleros, Comercio exterior,* (en línea), (dirección http: http://www.ri.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=16&catID=12155), citado el 20 de julio de 2013

Petróleos Mexicanos, *Indicadores petroleros, Producción,* (en línea), (dirección http: http://www.ri.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=16&catID=12155), citado el 20 de julio de 2013

Piñeyro, José Luis (Coordinador), *La seguridad nacional en México: debate actual*, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2004, 500 págs.

Piñeyro José Luis, "*La seguridad nacional con Salinas de Gortari*", [En línea], Foro internacional, núm. 4(138), Vol. 34, México, D.F., El Colegio de México, Centro de Estudios Internacionales, octubre-diciembre, 1994, dirección URL: (http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/IA677JXEJEAR4498Y3YRNLASB9KFDE.pdf) consultado el 7 de marzo de 2013, Págs. 754-772

Piñeyro José Luis, "*La seguridad nacional con Zedillo*", [En línea], Foro internacional, núm. 4(166), Vol. 41, México, D.F., El Colegio de México, Centro de Estudios Internacionales, octubre-diciembre, 2001, dirección URL: (http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/AQ3EMTQ8BIX9PXX4KVS9QLUU9XFM3B.pdf) consultado el 13 de marzo de 2013, Págs. 939-962

Piñeyro José Luis, Gabriela Barajas coaut., "*La seguridad nacional con Fox: avances analíticos, retrocesos reales*", [En línea], Foro internacional, núm. 1-2 (191-192), Vol. 48, México, D.F., El Colegio de México, Centro de Estudios Internacionales, enero-junio, 2008, dirección URL: (http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/DJV8YU5Y992X8EVMTN3PECGI7US4IB.pdf) consultado el 20 de marzo de 2013, Págs. 209-237

Poder Ejecutivo Federal, *Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012*), [en línea], dirección URL: (http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/PND_2007-2012.pdf) consultado el 17 de abril de 2013, 323 Págs.

Pouchot Frederic, "U.S. gas, oil revolution reshapes global energy trade", (en línea), The Japan Times, Negocios, París, 2 octubre 2013, (dirección http: http://www.japantimes.co.jp/news/2013/10/02/business/u-s-gas-oil-revolution-reshapes-global-energy-trade/#.UnWYA1OiQdV), citado el 1 noviembre 2013

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMA)*, París, Francia, 2014, 2 págs.

Ramírez Peniley, "El precio de no pagar", (en línea), México, Reporte Índigo, 11 de septiembre de 2013, dirección http: (http://www.reporteindigo.com/reporte/mexico/el-privilegio-de-no-pagar), citado el 24 de diciembre de 2013

Ramos Juan Luis, "Bonos de carbono, mercado al alza", (en línea), 24 horas, México, 11 de junio de 2013, (dirección http: http://www.24-horas.mx/bonos-de-carbono-mercado-al-alza/), citado el 10 de noviembre de 2013

Richard H. Ullman, "Redefining Security", International Security, vol. 8, núm. 1, The MIT Press, 1983, págs. 129-153

Rodríguez Oscar, "Protestan indígenas con cierre de parques eólicos en Oaxaca", (en línea), México, Milenio, Estados, 15 de agosto de 2013, dirección http: (http://www.milenio.com/estados/Protestan-indigenas-parques-eolicos-Oaxaca_0_135586630.html), citado el 20 de diciembre de 2013

Antoine Rostand, *Energy in transition*, (en línea), Petroleum Economist, The authority on energy, Julio 2011, dirección http: (http://www.petroleum-economist.com/Article/2867333/Energy-in-transition.html), citado el 27 de abril de 2014

Rueter Gero, "Northern Germany spearheads energy transition", (en línea), Deutsche Welle, Energía, Alemania, 9 de octubre de 2013, (dirección http: http://www.dw.de/northern-germany-spearheads-energy-transition/a-17144616), citado el 1 de noviembre de 2013

Rubalcava Cruz Miguel Ángel, "Transición Energética en México", (en línea), Global Energy, Columnas, 15 de abril de 2010, (dirección http: http://www.globalenergy.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=268:transicion-energetica-en-mexico&catid=60:recursos-electricos&Itemid=69), citado el 18 de noviembre de 2013

S/a, British Petroleum*, culpable por el derrame en el Golfo de México*, (en línea), Periódico La Jornada, Sección Economía, México, viernes 16 de noviembre de 2012, pág. 27, (dirección http: http://www.jornada.unam.mx/2012/11/16/economia/027n1eco), citado el 19 de agosto de 2013.

S/a, "Cambio energético", (en línea), Deutsche Welle, Transición Energética, Alemania, (dirección http: http://www.dw.de/actualidad/transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica/s-31671), citado el 1 de noviembre de 2013

S/a, *Crudo y carbón dominarán energía en 2017*, (en línea), CNN Expansión, Londres, Martes, 18 de diciembre de 2012 a las 12:03, (dirección http: http://www.cnnexpansion.com/economia/2012/12/18/el-carbon-alcanzara-al-crudo-en-2017), *citado el 25 de junio de 2013,*

S/a, *Definición, evolución y conceptualización de la Seguridad Nacional*, (en línea), s/editor, s/lugar de publicación, (Dirección URL: catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/.../capitulo1.pdf) citado el 12 de noviembre de 2012

S/a, *El "interés nacional" desde los paradigmas clásicos en Relaciones internacionales*, (en línea), Reflexiones dulcemente adulteradas, Espacio de reflexión político-social y "carpeta" en la nube de uso particular, s/número de edición, s/Lugar de publicación, s/editor, febrero 16, 2011, Dirección URL: (reflexionessociales.wordpress.com/tag/keohane/), citado el 11 de noviembre de 2012.

S/a, "Energía eólica, alternativa para México", (en línea), CNN, México, 28 de enero de 2009, dirección http: (http://www.cnnexpansion.com/actualidad/2009/01/27/energia-eolica-alternativa-para-mexico), citado el 10 de noviembre de 2013

S/a, Energía eólica, (en línea), Revista UNAM, México, dirección http: (http://www.revista.unam.mx/vol.11/num2/art24/int24a.htm), citado el 25 de julio de 2013

S/a, "Expertos de la ONU: se ha subestimado la radiación de Fukushima", (en línea), Madrid, Agencia Europa Press, 13 octubre 2013, (dirección http: http://www.europapress.es/internacional/noticia-expertos-onu-alertan-subestimado-radiacion-recibien-trabajadores-fukushima-20131013131524.html), citado el 22 de octubre de 2013

S/a, “German households to be hit by higher electricity surcharge”, (en línea), Deutsche Welle, Energía, Alemania, 15 de octubre de 2013, (dirección http: http://www.dw.de/german-households-to-be-hit-by-higher-electricity-surcharge/a-17157987), citado el 1 de noviembre de 2013

S/a, *Historia Ambiental Global en la era de los combustibles fósiles (1800-2007)*, (en línea), Comité Internacional de Bolonia para la Cartografía y el Análisis de Mundo Contemporáneo, (dirección http: http://www.cartografareilpresente.org/article254.html), *citado el 22 de junio de 2013.*

S/a, “La reforma energética, la madre de todas las reformas”, (en línea), Global Energy, México, 24 de enero de 2014, dirección http: (http://www.globalenergy.com.mx/index.php/k2/articulos/item/785-la-reforma-energetica-la-madre-de-todas-las-reformas), citado el 30 de enero de 2014

S/a, *La Sociedad de Naciones*, (en línea), Historia de las Relaciones Internacionales durante el siglo XX, 2003, s/Lugar de publicación, s/Editor, (Dirección URL: http://www.historiasiglo20.org/GLOS/sdn.htm), citado el 22 de noviembre de 2012

S/a, “Nuclear's next generation”, (en línea), Londres, The Economist Newspaper, 10 diciembre, 2009, (dirección http: http://www.economist.com/node/15048703), citado el 22 de octubre de 2013

S/a, Nuclear power plant simulator, (en línea), direccion http: (http://esa21.kennesaw.edu/activities/nukeenergy/nuke.htm), citado el 20 de agosto de 2013

S/a, “Reforma energética: incongruencia del impuesto verde”, (en línea), El economista, México, 9 de octubre de 2013, dirección http: (http://eleconomista.com.mx/industrias/2013/10/09/reforma-energetica-incongruencia-impuesto-verde), citado el 20 de diciembre de 2013

S/a, *The Nuclear Fuel Cycle*, (en línea), BBC, Londres, 2013 (dirección http: http://news.bbc.co.uk/2/shared/spl/hi/sci_nat/05/nuclear_fuel/html/reactor.stm), citado el 20 de octubre de 2013

S/a, “Warning on wind farm negative impacts to Bravo Dzilam”, (en línea); The Yucatan Times, septiembre 2013, direccion http: (http://www.theyucatantimes.com/2013/09/warning-on-wind-farm-negative-impacts-to-bravo-dzilam/), citado el 8 de octubre de 2013

S/a, Wind power, (en línea), The guardian, Reino Unido, dirección http: (http://www.theguardian.com/environment/windpower), citado el 5 de julio de 2013

Sánchez Julián, “Impuesto al carbón costará 400 mil empleos: IP”, (en línea), periódico el Universal, Nación, México, 17 de octubre de 2013, dirección http: (http://www.eluniversal.com.mx/nacion-mexico/2013/impuesto-al-carbon-costara-400-mil-empleos-ip-958901.html), citado el 27 de enero de 2014

Santos Villarreal Gabriel Mario, *Seguridad nacional: un concepto ampliado y complejo*, [en línea], Cámara de Diputados, Centro de Documentación, Información y Análisis, Dirección de Servicios de Investigación y Análisis, Subdirección de Política Exterior, México, Julio 2009, dirección URL: (http://www.diputados.gob.mx/cedia/sia/spe/SPE-ISS-13-09.pdf) consultado el 10 de febrero de 2013, 37 Págs.

Schrope Mark, “Nuclear Power Prevents More Deaths Than It Causes”, (en línea), Estados Unidos, Chemical and Engineering News, Departamento de Ciencia y Tecnología, Sección Cambio Climático, 2 abril, 2013, (dirección http: http://cen.acs.org/articles/91/web/2013/04/Nuclear-Power-Prevents-Deaths-Causes.html), citado el 22 de octubre de 2013

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Bioenergéticos, (en línea), México, (dirección http: http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/introduccion.html), citado el 6 de octubre de 2013

Secretaría de Economía, *Estadísticas y estudios del sector*, (en línea), México, (dirección http: http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/mineria/estadisticas-y-estudios-del-sector), *citado el 20 de junio de 2013, 50 págs.*

Secretaría de Economía, *Perfil del carbón*, (en línea), Coordinación General de Minería, Dirección General de Desarrollo Minero, (dirección http: http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/mineria_estadisticas_300513/estadisticas_perfiles_carbon_0513.pdf), *citado el 20 de junio de 2013, 50 págs.*

Secretaría de Energía, *Portal de Energías Renovables*, (en línea), Gobierno Federal, México, (dirección http: http://www.renovables.gob.mx/), citado el 1 de septiembre de 2013.

Secretaría de Energía, *Procesamiento, almacenamiento y transporte de gas*, (en línea), (dirección http: http://www.sener.gob.mx/res/403/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Gas.pdf), citado el 10 de julio de 2013.

Secretaria de Energía, *Prontuario Estadístico del Sector Energético*, (en línea), Subsecretaría de Planeación y Transición Energética, Dirección General de Planeación e Información Energéticas, Junio 2013, (dirección http: http://www.sener.gob.mx/portal/estadisticas_destacadas_del_sector_energetico.html), citado el 23 de junio de 2013

Secretaría de Energía, *Refinación*, (en línea), (dirección http: http://www.sener.gob.mx/res/85/Refinacion_Web.pdf), citado el 3 de julio de 2013.

Secretaria de Energía, *Sistema de Información Energética*, (en línea), (dirección http: http://sie.energia.gob.mx/), citado el 15 de junio de 2013.

Secretaría de Gobernación, Consejo de Seguridad Nacional, (en línea), CISEN, dirección http: (http://www.cisen.gob.mx/snSSNacTema1.html), citado el 20 de abril de 2014

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, *Estadísticas Oportunas de Finanzas Públicas y Deuda Pública,* (en línea), (dirección http: http://www.shcp.gob.mx/POLITICAFINANCIERA/FINANZASPUBLICAS/Estadisticas_Oportunas_Finanzas_Publicas/Informacion_mensual/Paginas/finanzas_publicas.aspx), citado el 12 de julio de 2013.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Compendio de estadísticas ambientales*, (en línea), México, (dirección http: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/Compendio_2012/mce_index.html), citado el 6 de octubre de 2013

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)*, (en línea), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, (dirección http: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/mercadobonoscarbono.html), citado el 10 de noviembre de 2013

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *El Mercado de "Bonos de Carbono",* (en línea), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, (dirección http: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/mercadobonoscarbono.html), citado el 10 de noviembre de 2013

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales – SNIARN,* (en línea), México, (dirección http: http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/sniarn.aspx), citado el 2 de junio de 2013.

Seiffert Jeanette, "Snags in 'energy transition' spook supporters", (en línea), Deutsche Welle, Energía, Alemania, 18 de septiembre de 2013, (dirección http: http://www.dw.de/snags-in-energy-transition-spook-supporters/a-17095548), citado el 1 de noviembre de 2013

Sociedad Geológica Mexicana, *Geología, estructura y composición de los principales yacimientos de carbón mineral en México*, (en línea), Tomo LVII, núm. 4, 2006, (dirección http: http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz/SGM/Centenario/58-1/%285%29Corona.pdf), citado el 12 de julio de 2013, 20 págs.

Starkey Natalie, "Pumping water underground could trigger major earthquake, say scientists", (en línea), Reino Unido, The Guardian, 11 Julio 2013, (dirección http: http://www.theguardian.com/science/2013/jul/11/fracking-water-injection-major-earthquakes), citado el 29 de Septiembre de 2013

Tabuchi Hiroko, "To Expand Offshore Power, Japan Builds Floating Windmills", (en línea), New York Times, Nueva York, 24 octubre 2013, (dirección http: http://www.nytimes.com/2013/10/25/business/international/to-expand-offshore-power-japan-builds-floating-windmills.html?pagewanted=1&src=recg), citado el 1 noviembre 2013

Tourliere Mathieu, "Prevén recaudar hasta 21 mmdp por impuesto a emisiones de dióxido de carbono", (en línea), Proceso, Economía, México, 24 de septiembre de 2013, dirección http: (http://www.proceso.com.mx/?p=353680), citado el 23 de diciembre de 2013

Vestas, *Aerogeneradores sin fronteras*, (en línea), Barcelona, España, (dirección http: www.vestas.com), citado el 21 de septiembre de 2013