



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN

“APORTACIONES DEL INGENIERO AL
ABATIMIENTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
CUAUHTÉMOC TORRES UGALDE

ASESOR: ING. DÁMASO VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ

FEBRERO, 2010



FES Aragón



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MIS PADRES

Gracias por darme la oportunidad de seguir estudiando una carrera universitaria, además de creer en mí y que han estado siempre orgullosamente de mí.

A MIS HERMANAS

Por ofrecerme su cariño, apoyo y comprensión.

A DIOS

Por entregarme las fuerzas para seguir adelante y tener fe en mí.

A MIS ABUELITOS ELVIRA, FACUNDO Y ARMANDO

A pesar que no están conmigo yo se que espiritualmente han estado conmigo por siempre.

A MI ABUE ROSA

Por transmitirme tu apoyo, consejos y ánimo.

A TODA MI FAMILIA

*Que siempre me apoyó
en los momentos más difíciles.*

A MIS MEJORAS AMIGOS

*Por vivir buenos y malos momentos,
y estrecharme su amistad.*

A MI UNIVERSIDAD

*Por otorgarme la oportunidad de
pertenecer a esta institución,
prometo no defraudarte, trataré
de ser un profesionalista honesto
y llevaré siempre en alto tu nombre.*

A MI ASESOR ING. DÁMASO VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ

*Por brindarme su gran ayuda desde siempre
y gracias por su amistad.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: SITUACIÓN ACTUAL	
1.1 CAMBIO CLIMÁTICO	3
1.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO	3
1.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	5
1.4 RECONOCIMIENTO MUNDIAL DEL PROBLEMA	9
1.5 RESPUESTAS DE LA COMUNIDAD INTERNACIONAL	
1.5.1 El panel intergubernamental de cambio climático y la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático	12
1.5.2 Responsabilidades comunes pero diferenciadas	14
1.6 EL PROTOCOLO DE KIOTO	15
1.7 MERCADOS DE BONOS DE CARBONO	17
CAPÍTULO II: CAUSAS	
2.1 PROCESOS INDUSTRIALES	19
2.1.1 Producción de cemento	19
2.1.2 Producción de cal	20
2.1.3 Utilización de piedra caliza y de dolomita	21
2.1.4 Producción y utilización de carbonato de sodio	22
2.1.5 Producción de vidrio	23
2.1.6 Hierro y acero	24
2.1.7 Ferroaleaciones	26
2.1.8 Aluminio	26
2.1.9 Industria de la pulpa y el papel	27
2.1.10 Producción de alimentos y bebidas	28
2.1.11 Solventes	29
2.2 AGRÍCULTURA	30
2.3 DESECHOS	31
2.4 ENERGÍA	33
2.5 TRANSPORTE AUTOMOTOR	34

CAPÍTULO III: APORTACIONES DE LA INGENIERÍA AL CAMBIO CLIMÁTICO

3.1 AHORRAR ENERGÍA	36
3.2 LÁMPARAS COMPACTAS FLUORESCENTES	36
3.3 ANTECEDENTES DE ILUMEX	37
3.4 FIPATERM	37
3.4.1 Los proyectos piloto de iluminación residencial	38
3.5 EI PROYECTO ILUMEX	39
3.5.1 El proceso de diseño	39
3.5.2 El proceso de implantación	40
3.5.3 La evaluación	41
3.5.4 Los resultados	42
3.6 AZOTEAS Y MURROS VERDES, UNA OPCIÓN RENTABLE	42
3.7 ENERGÍA SOLAR	44
3.7.1 Energía solar fotovoltaica	44
3.7.2 Antecedentes	44
3.7.3 Disminución de costos	46
3.7.4 Producción y rendimiento	46
3.7.5 Aplicaciones	47
3.8 ENERGÍA EÓLICA	48
3.8.1 Cómo se produce y obtiene	48
3.8.2 Parque eólico	48
3.8.3 Ventajas de la energía eólica	50
3.8.4 Inconvenientes de la energía eólica	51
3.9 VEHÍCULO ELÉCTRICO	52
3.9.1 Historia del vehículo eléctrico	54
3.9.2 Consumo	55
3.10 VEHÍCULO HÍBRIDO	55
3.10.1 Rendimiento	56
3.10.2 El problema del almacenamiento en las baterías	57
3.10.3 Elementos	57
3.10.4 Ventajas y desventajas	60

3.11 BIOCOMBUSTIBLES	61
3.11.1 Bioaceites	61
3.11.2 Bioalcoholes	62
3.11.3 Ventajas y desventajas de bioaceites y bioalcoholes	63
3.11.4 Biomasa	63
3.11.5 Biomasa como energía alternativa	64
CAPÍTULO IV: MÉXICO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	
4.1 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	66
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA CONVENCION EN MÉXICO	67
4.3 AVANCES EN LA INSTRUMENTACIÓN DEL MECANISMO PARA UN DESARROLLO LIMPIO	68
4.4 EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO	69
CAPÍTULO V: PERSPECTIVAS HACIA EL FUTURO	
5.1 GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA	72
5.1.1 Contribución del uso de energía a las emisiones de gases de efecto invernadero	72
5.1.2 Proyecciones del consumo energético y de emisiones de GEI al 2014 y al 2025	73
5.1.3 Oportunidades de mitigación en generación y uso de energía	78
CONCLUSIONES	100
BIBLIOGRAFÍA	102

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas están liberando gases de efecto invernadero en la atmósfera. El dióxido de carbono se produce cuando se utilizan combustibles fósiles para generar energía y cuando se talan y queman bosques. Las actividades agrícolas, los cambios en el uso de la tierra y otros factores son los causantes de emisiones de metano y óxido nitroso. Los procedimientos industriales liberan productos químicos artificiales llamados halocarbonos (CFC, HFC, PFC) y otros gases de vida prolongada tales como hexafluoruro de azufre (SF_6) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

El aumento de los gases de efecto invernadero ya está cambiando el clima. Al absorber las radiaciones infrarrojas estos gases controlan la manera en que la energía natural fluye a través del sistema climático. En respuesta a las emisiones causadas por el hombre, el clima ha comenzado a ajustarse a una manta más espesa de gases de efecto invernadero, a fin de mantener el equilibrio entre la energía que llega del Sol y la que vuelve a escaparse al espacio.

Las observaciones muestran que las temperaturas mundiales se han elevado en $0,6^\circ\text{C}$ durante el siglo XX. Hay pruebas nuevas y más concluyentes de que la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 50 años puede atribuirse a actividades humanas.

Los modelos climáticos predicen que la temperatura mundial ha de elevarse en cerca de $1,4$ - $5,8^\circ\text{C}$ para el año 2100. Este cambio sería mucho más importante que cualquier cambio climático experimentado por lo menos en los últimos 10.000 años. La proyección se basa en una amplia gama de hipótesis acerca de las principales fuerzas que provocan las futuras emisiones (tales como el crecimiento demográfico y el cambio tecnológico), pero no refleja los esfuerzos para controlar las emisiones debido a las preocupaciones que suscita el cambio climático. Hay mucha incertidumbre acerca de la escala y los impactos del cambio climático, particularmente en el plano regional. Debido a los efectos de retraso causado por los océanos, las temperaturas de la superficie no responden inmediatamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, de manera que el cambio climático puede proseguirse durante cientos de años, una vez que se hayan estabilizado las concentraciones atmosféricas.

El cambio climático probablemente ha de tener un efecto significativo en el medio ambiente mundial. En general, cuanto más rápido cambie el clima, mayor será el riesgo de daños. Se prevé que el nivel medio del mar aumente de 9 a 88 cm. Para el año 2100, y cause inundaciones en las zonas de tierras bajas, así como otros daños. Entre otros efectos podría mencionarse un aumento de las precipitaciones mundiales y cambios en la gravedad o frecuencia de los episodios extremos.

Las zonas climáticas podrían desplazarse hacia los polos y verticalmente, perturbando los bosques, desiertos, praderas y otros ecosistemas no sujetos a ordenación. Como resultado, muchos han de reducirse o fragmentarse, y algunas especies concretas podrían extinguirse. La estabilización de las concentraciones de los gases de efecto invernadero exigirá mayores esfuerzos. Se prevé que, si no se adoptan políticas de control de emisiones fundadas en la preocupación por el cambio climático, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono aumenten, de las actuales 367 partes por millón (ppm), de 490 a 1,260 ppm para el año 2100.

Esto representaría un aumento del 75 al 350% desde el año 1750. Para estabilizar las concentraciones, por ejemplo, de 450 ppm, será necesario que las emisiones mundiales disminuyan por debajo de los niveles de 1990 en los próximos decenios. Tomando en cuenta la expansión de la economía mundial y el crecimiento de las poblaciones, ello exigirá mejores expectativas en la eficiencia de la energía y cambios fundamentales en otros sectores económicos.

Para determinar acciones de respuesta global, regional o local, se debe primero entender y tratar el problema del cambio climático, principalmente analizando los alcances, logros y limitaciones del conocimiento científico que se tiene hasta ahora sobre el tema.

Atendiendo a lo anterior, es necesario hacer un análisis de la problemática del calentamiento global y su impacto en nuestro medio ambiente, por lo que, el presente trabajo está estructurado de la siguiente manera:

En el primer capítulo se aborda el tema relacionado con la situación actual en la que estamos viviendo.

En el segundo capítulo se plasman las causas que ocasionan el calentamiento global.

En el tercer capítulo se establecen las aportaciones más importantes de la ingeniería al cambio climático.

En el cuarto capítulo se precisa a México y al cambio climático, que es lo que ha hecho nuestro país para solucionar este problema a nivel global.

En el quinto capítulo se habla a cerca de las perspectivas hacia el futuro, que camino esta tomando la humanidad.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN ACTUAL

1.1 CAMBIO CLIMÁTICO

El término “cambio climático” puede referirse a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional, pero ya que el clima de la tierra nunca es estático. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa el término cambio climático antropogénico sólo para referirse al cambio por causas humanas.

La complejidad del problema y sus múltiples interacciones hacen que la única manera de evaluar estos cambios sea mediante el uso de modelos computacionales que intentan simular la física de la atmósfera y de los océanos y que tienen una precisión muy limitada debido al desconocimiento actual del funcionamiento de la atmósfera.

1.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO

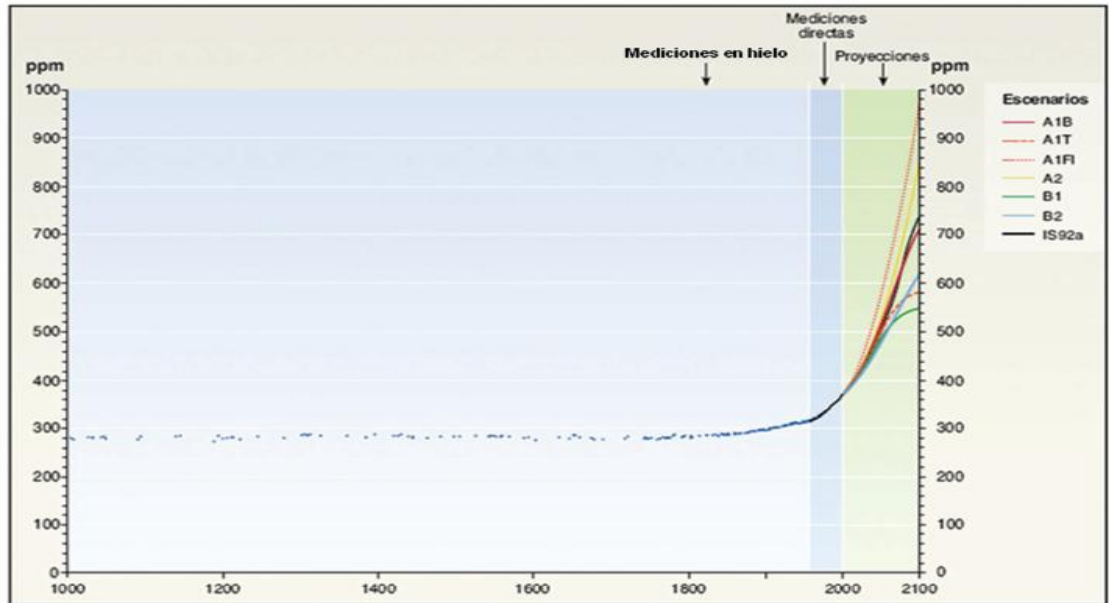
La atmósfera terrestre es una muy delgada película, constituida por una masa gaseosa de composición prácticamente homogénea, en virtud de las propiedades de difusión de los gases, de los movimientos verticales conectivos, de la circulación general de la atmósfera y de otros mecanismos. Cualquier transformación que sufra la atmósfera en las concentraciones de los gases que forman parte de ella, afecta a la biosfera y a la humanidad en su conjunto (Gráfico 1.1).

El cambio climático es resultado del uso intensivo de la atmósfera como receptora de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El problema consiste en que los volúmenes de GEI especialmente bióxido de carbono (CO_2) emitidos durante los últimos ciento cincuenta años de industrialización superan la capacidad de captura de la biosfera y el resultado neto es el aumento constante de las concentraciones de estos gases, que obstaculizan la emisión de energía hacia el espacio exterior y acrecientan el proceso natural de efecto invernadero.

Este proceso de contaminación atmosférica ha hecho que las concentraciones de CO_2 pasen de 280 ppm (partes por millón), a más de 380 ppm en la actualidad, o bien a 430 ppm³ si se considera a todos los GEI en términos de su equivalencia en bióxido de carbono (CO_2e) lo que representa la más alta concentración registrada durante los últimos 650 mil años. A mayor concentración de GEI en la atmósfera, mayor la opacidad de ésta a la radiación infrarroja que emite la superficie terrestre y mayor el efecto invernadero, con lo que se eleva la temperatura media global y el

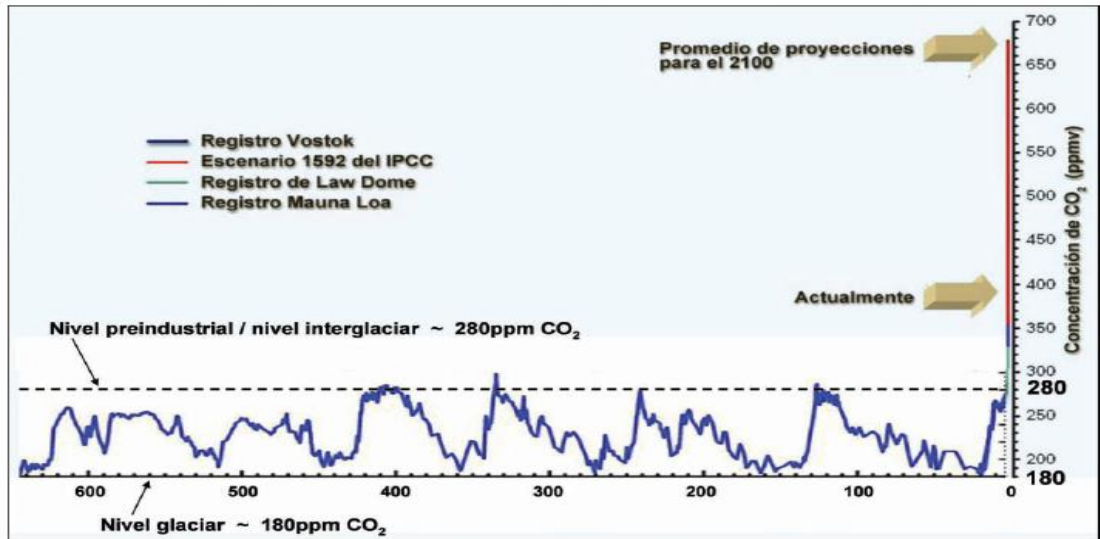
nivel de mar tanto por dilatación térmica de los océanos como por el derretimiento de los grandes hielos terrestres (Gráfico 1.2).

Gráfico 1.1 Concentración atmosférica de CO₂ durante el último siglo



Concentraciones atmosféricas de CO₂ del año 1000 al 2000, a partir de muestras de hielo y mediciones directas efectuadas durante los últimos decenios. Las proyecciones del período 2000–2100 están basadas en escenarios posibles. FUENTE: IPCC, 2001.

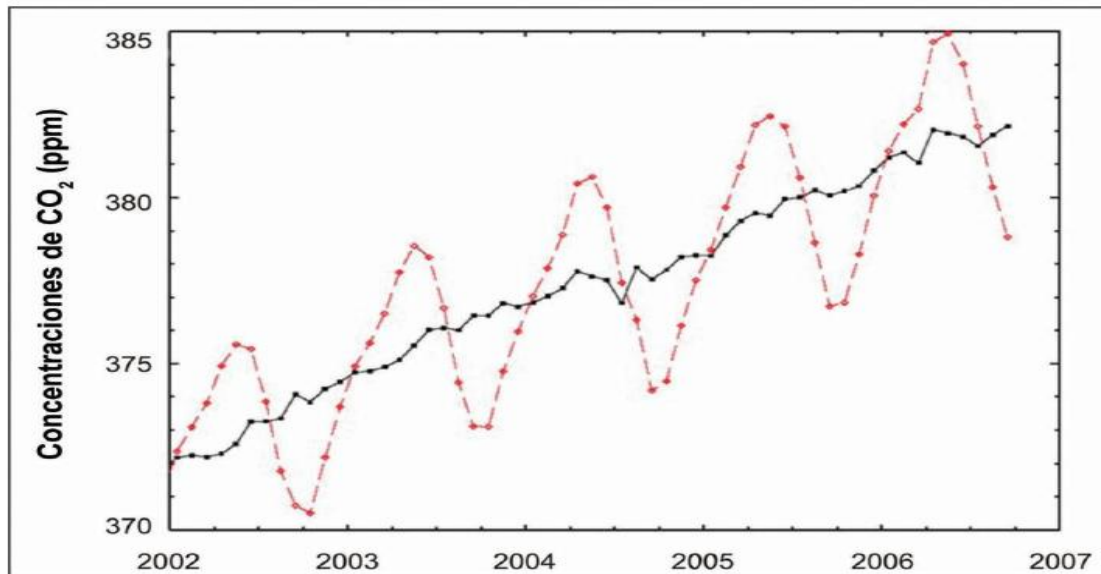
Gráfico 1.2 Concentración atmosférica de CO₂ durante los últimos 650 mil años



FUENTE: Siegenthaler et al., 2005.

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América (NOAA, por sus siglas en inglés), confirma la tendencia incremental en la concentración de CO₂ en la atmósfera (Gráfico 1.3).

Gráfico 1.3 Concentración atmosférica de CO₂ registrada por el observatorio Mauna Loa, Hawai.



La línea roja representa los valores promedio mensuales; la línea negra representa los mismos datos corregidos por el promedio del ciclo estacional. FUENTE: NOAA: <http://www.cmdl.noaa.gov/ccgg/trends/>

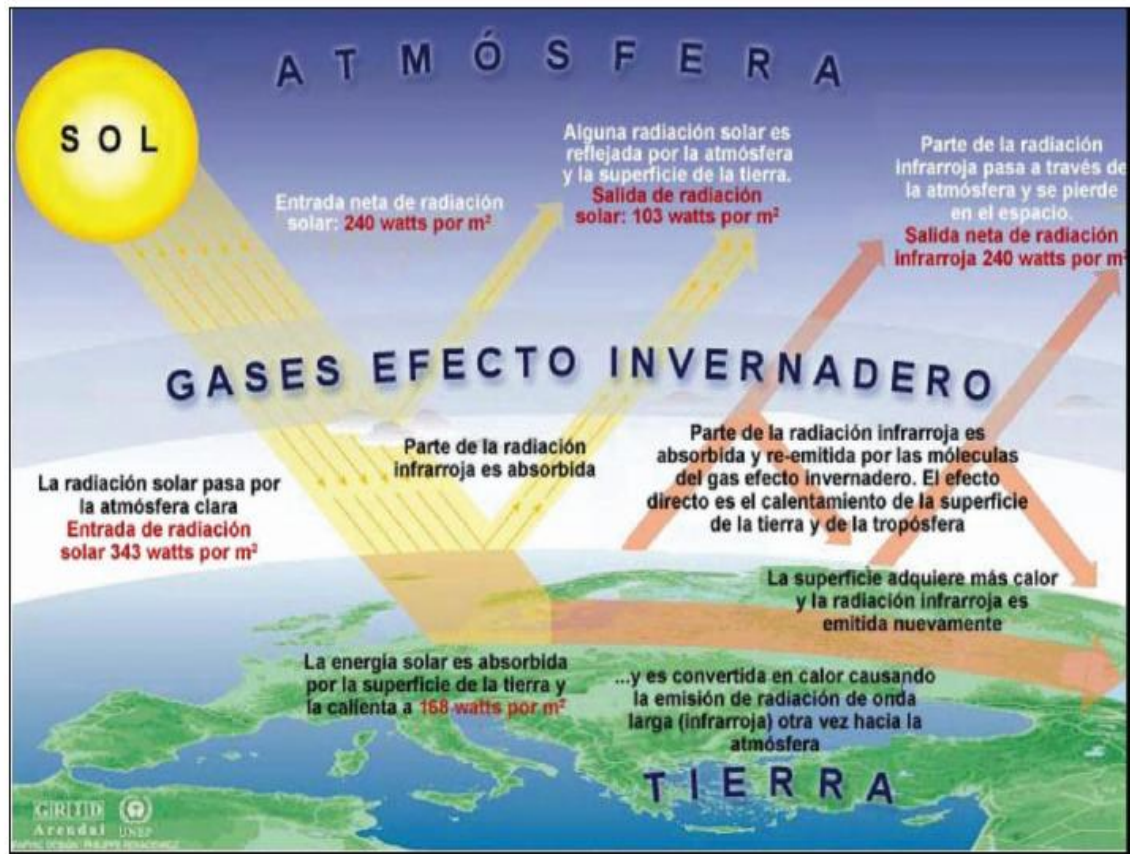
El cambio climático es inducido por las emisiones antrópicas de GEI y se perfila junto con la pérdida de la biodiversidad y la degradación de ecosistemas y de sus servicios ambientales, como el problema ambiental más trascendente del siglo XXI y uno de los mayores desafíos globales que enfrenta la humanidad, por lo que es urgente incrementar los esfuerzos de mitigación (reducción de emisiones de GEI) y desarrollar capacidades de adaptación ante los impactos adversos previsible.

1.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Se denomina gases de efecto invernadero (GEI) al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar que impacta la tierra y calienta su superficie, pero relativamente opaca para la radiación infrarroja que la superficie terrestre re-emite hacia el espacio exterior (Gráfico 1.4).

Esta opacidad relativa se debe a la presencia natural de muy pequeñas cantidades de gases de efecto invernadero, cuya concentración en la atmósfera hace a ésta más o menos opaca a la radiación infrarroja (Tabla 1.1).

Gráfico 1.4 El “efecto invernadero”



FUENTE: PNUMAWMO, 1996.

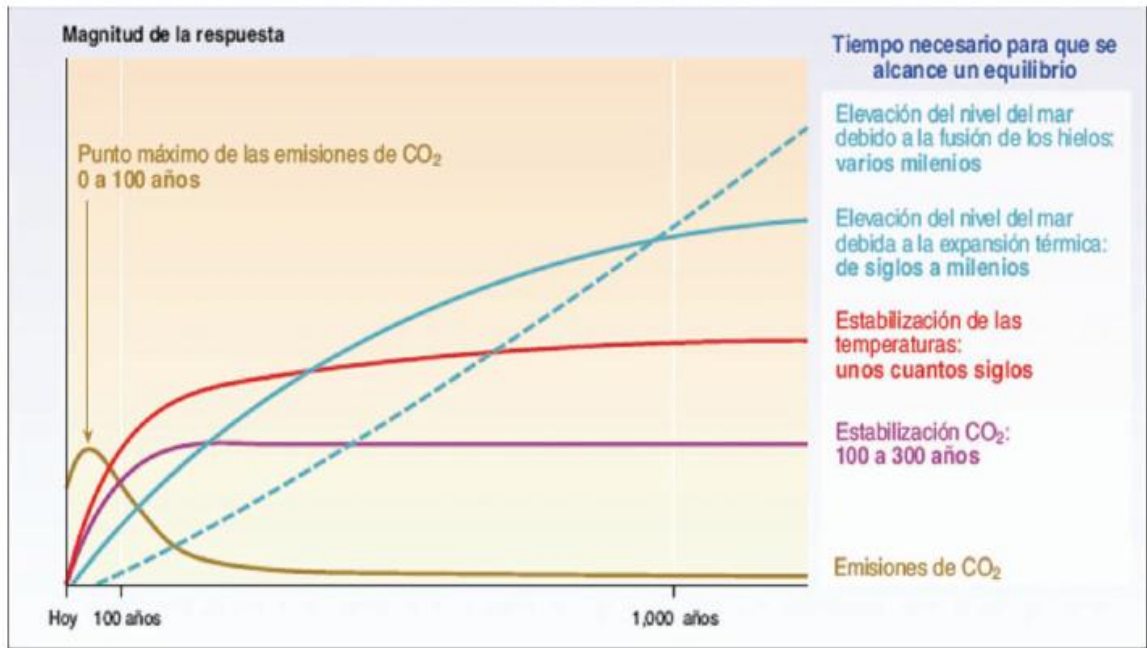
El fenómeno del cambio climático implica la elevación de las concentraciones de GEI por encima de sus niveles naturales, durante más de 150 años y la vida media de estos gases en la atmósfera va de decenas a miles de años. Se necesita reducir las emisiones antrópicas globales, hasta encontrar un punto de equilibrio con la capacidad de captura de carbono de la biosfera (Gráfico 1.5).

Tabla 1.1 Gases de efecto invernadero (GEI) considerados por el Protocolo de Kioto

GEI	COMPOSICIÓN MOLECULAR	GWP – SAR (CO ₂ e)	GWP - TAR (CO ₂ e)	VIDA MEDIA (AÑOS)	ORIGEN
Bióxido de carbono	CO ₂	1	1	50 a 200	Quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales
Metano	CH ₄	21	23	12 ± 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, emisiones fugitivas
Óxido nitroso	N ₂ O	310	296	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos, algunos usos médicos
Hidrofluoro-carbonos	HFC-23	11,700	12,000	1.5 a 264	Refrigeración, aire acondicionado, extinguidores, petroquímica, solventes en producción de espumas, refrigerantes y aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	HFC-125	2,800	3,400		
	HFC-134a	1,300	1,300		
	HFC-152a	140	120		
	HFC-227ea	2,900	3,500		
	HFC-236fa	6,300	9,400		
	HFC-4310mee	1,300	1,500		
Perfluoro-carbonos	CF ₄	6,500	5,700	2,600 a 50,000	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, producción de aluminio, solventes, aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	C ₂ F ₆	9,200	11,900		
	C ₄ F ₁₀	7,000	8,600		
	C ₆ F ₁₄	7,400	9,000		
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	23,900	22,200	3,200	Aislante dieléctrico en transformadores e interruptores de redes de distribución eléctrica, refrigerante industrial, producción de aluminio, magnesio y otros metales, producción y uso de halocarbonos

El potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) permite una contabilidad en términos de equivalentes de CO₂, o CO₂e. Las equivalencias basadas en el potencial de calentamiento global se sustentan en valoraciones realizadas en el SAR: Segundo Informe de Evaluación del IPCC) y en el TAR (Tercer Informe de Evaluación del IPCC, por sus siglas en inglés). Para la contabilidad de Reducciones Certificadas de Emisiones del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (CER, por sus siglas en inglés) aplican las equivalencias del SAR. Otros efectos, como la acidificación de los océanos por altas concentraciones de CO₂, no aplican en este esquema de equivalencias. Otros gases de efecto invernadero no incluidos en el Protocolo de Kioto, son considerados por el Protocolo de Montreal que protege la capa de ozono mediante la progresiva eliminación de esos gases. FUENTE: IPCC, 1996; IPCC, 2001

Gráfico 1.5 Tiempo de estabilización de la concentración atmosférica de CO₂, la temperatura y el nivel del mar



Aunque se logran minimizar las emisiones humanas de GEI, la temperatura en la superficie terrestre continuará incrementándose lentamente durante más de un siglo. La expansión térmica de los océanos continuará incluso mucho después de haberse reducido las emisiones de CO₂, y la fusión de las capas de hielo seguirá contribuyendo durante muchos siglos a la elevación del nivel del mar. FUENTE: IPCC, 2001.

Los efectos derivados del incremento de las concentraciones atmosféricas de GEI de origen antrópico empiezan ya a manifestarse, mediante fenómenos como la ampliación en los rangos de variabilidad climática y la probable intensificación de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Los efectos previsibles, cambios drásticos en los regímenes de lluvias y la ocurrencia de sequías, escasez en la disponibilidad de agua dulce y suelos productivos, incremento de enfermedades infecciosas y de las transmitidas por vectores, elevación del nivel del mar, variaciones en la temporalidad de procesos biológicos y evidencias de incremento en la temperatura de los océanos así como de sus concentraciones disueltas.

A los efectos anteriores se agrega el hecho de que algunos mecanismos de retroalimentación natural propician que los océanos y los ecosistemas terrestres reduzcan su capacidad de absorción de CO₂, a la vez que otros ecosistemas empiezan a transformarse en emisores netos de GEI como es el caso de las tundras, por liberación del metano almacenado. El cambio de albedo por reducción de la extensión de hielo en el Ártico refuerza el efecto del cambio climático, al reflejar menos radiación solar de regreso al espacio.

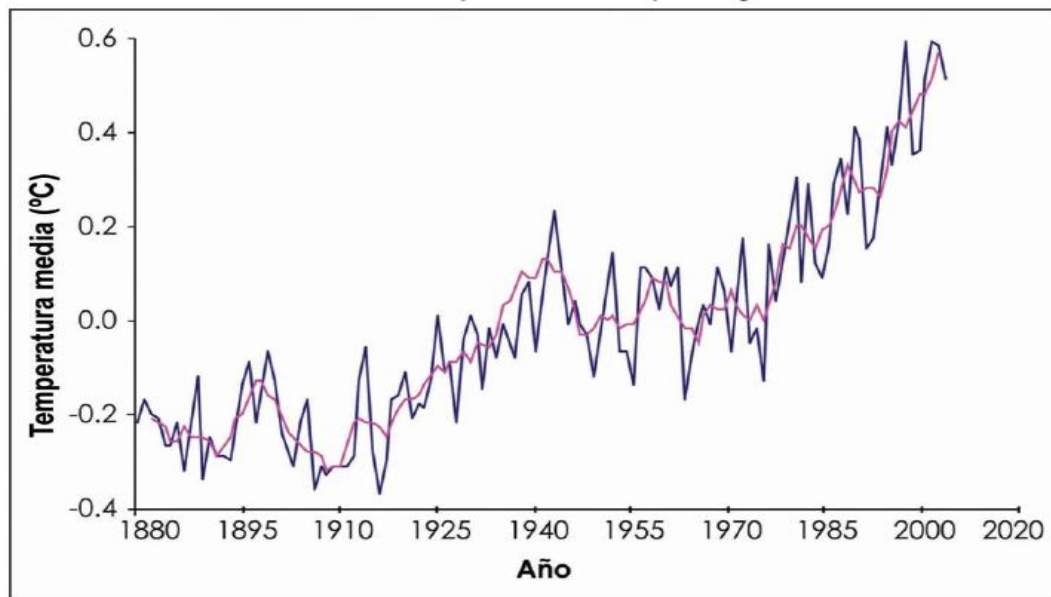
1.4 RECONOCIMIENTO MUNDIAL DEL PROBLEMA

En el año 2000, las emisiones globales anuales representaban alrededor de 41 millones de toneladas de CO₂e (MtCO₂e), de las cuales los países desarrollados emitían 17 mil MtCO₂e y los países en desarrollo 24 mil MtCO₂e, incluyendo las emisiones por uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUISS). Se estima que, durante el periodo 1950-2000, las emisiones globales acumularon alrededor de 1 billón 100 mil MtCO₂e; con poco más de 573 mil millones emitidas por los países en desarrollo. Casi la totalidad (99.6%) de las emisiones de los países desarrollados derivan de la quema de combustibles fósiles, en tanto que tres quintas partes (58.9%) de las emisiones de los países en desarrollo provienen de la deforestación y los cambios de uso del suelo (Tabla 1.2).

En la contribución del Grupo de Trabajo 1 al Cuarto Informe de Evaluación (FAR, por sus siglas en inglés) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), publicada en febrero del 2007 reporta que las emisiones globales anuales de CO₂e provenientes del uso de combustibles fósiles y de la producción de cemento pasaron, de un promedio de 23.5 (entre 22.0 y 25.0) Giga toneladas de CO₂e (GtCO₂e) durante los años 1990, a 26.4 (25.3 a 27.5) GtCO₂e durante el período 2000-2005. Por cambio de uso del suelo y deforestación las emisiones alcanzaron un promedio de 5.9 (1.8 a 9.9) GtCO₂e en la década de los años noventa.

Los cambios en la concentración atmosférica de los GEI se correlacionan estrechamente con los cambios en la temperatura media de la superficie del planeta, que en sólo tres décadas se incrementó 0.6 °C (Gráfico 1.6).

Gráfico 1.6. Anomalías de la temperatura media superficial global 1880-2005



La línea azul corresponde a la temperatura media anual; la línea roja corresponde a la media de 5 años. FUENTE: The NASA Goddard Institute for Space Studies: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2005/>

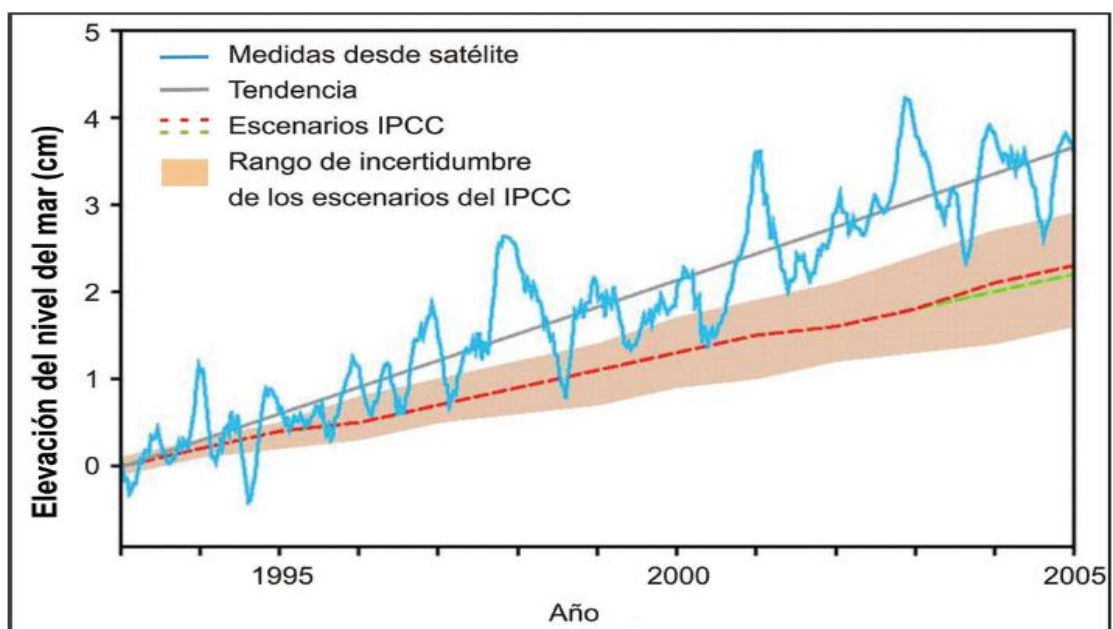
Tabla 1.2 Los 25 mayores emisores de GEI en el 2000, (MtCO₂e)

	País	Emisiones 2000 MtCO ₂ e	% Total Mundial 2000	tCO ₂ e /hab 2000	Posición /hab. 2000	Emisiones 1950-2000 por uso de energía MtCO ₂ e	Posición 1950-2000 por uso de energía	Emisiones 1950-2000 por USCUS MtCO ₂ e	Posición 1950-2000 por USCUS	Total Emisiones 1950-2000 MtCO ₂ e	% Total Mundial 1950-2000
1	EE UU	6,468.80	15.65	22.90	14	212,905.00	1	-26,198.50	150	186,706.70	16.77
2	China	4,915.80	11.89	3.90	122	71,765.60	4	38,909.40	3	110,675.00	9.94
3	UE (25)	4,721.10	11.42	10.40	53	175,937.60	2	630.80	49	176,568.40	15.86
4	Indonesia	3,067.70	7.42	14.90	24	4,591.70	28	75,740.50	1	80,332.20	7.22
5	Brasil	2,221.50	5.37	12.80	38	7,442.40	19	60,946.40	2	68,388.80	6.14
6	Federación Rusa	1,969.90	4.77	13.50	33	77,120.80	3	13,838.40	5	90,959.10	8.17
7	India	1,848.80	4.47	1.80	163	18,771.20	9	-1,191.10	148	17,580.10	1.58
8	Japón	1,355.90	3.28	10.70	50	37,345.60	6	5,007.80	13	42,353.40	3.80
9	Alemania	1,013.30	2.45	12.30	40	47,333.20	5	187.90	70	47,521.20	4.27
10	Malasia	855.70	2.07	37.20	4	1,632.70	53	20,654.10	4	22,286.80	2.00
11	Canadá	748.70	1.81	24.30	12	17,430.80	11	5,193.80	12	22,624.60	2.03
12	Reino Unido	657.10	1.59	11.00	47	29,758.00	7	-21.00	139	29,737.00	2.67
13	México	622.60	1.51	6.40	93	9,393.10	15	4,300.00	16	13,693.10	1.23
14	Italia	529.30	1.28	9.20	67	14,383.60	13	-5.00	135	14,378.60	1.29
15	Rep. Corea	520.40	1.26	11.10	45	6,932.50	20	867.20	42	7,799.70	0.70
16	Francia	512.20	1.24	8.70	69	18,688.10	10	52.20	85	18,740.30	1.68
17	Miánmar (Birmania)	508.40	1.23	10.70	51	218.00	100	12,570.90	6	12,788.90	1.15
18	Australia	495.50	1.20	25.90	9	9,188.30	16	1,320.90	33	10,509.20	0.94
19	Irán	484.00	1.17	7.60	75	5,961.90	23	565.30	50	6,527.30	0.59
20	Ucrania*	482.10	1.17	9.80	61	20,768.10	8	—	—	20,768.10	1.87
21	Sudáfrica	419.30	1.01	9.50	63	10,201.90	14	48.70	87	10,250.60	0.92
22	Nigeria	388.10	0.94	3.30	126	1,799.80	48	5,539.90	11	7,339.70	0.66
23	Venezuela	383.80	0.93	15.80	23	4,284.60	30	6,399.40	10	10,684.00	0.96
24	Turquía	376.20	0.91	5.60	107	4,089.70	31	1,394.80	31	5,484.50	0.49
25	España	373.20	0.90	9.20	66	7,689.20	18	-114.90	144	7,574.30	0.68
<hr/>											
	Top 25	32,854.30	79.71%			697,781.50		226,538.70		924,320.20	84.16%
	Resto del mundo	8,365.20	20.29%			89,473.60		84,541.70		174,015.50	15.84%
<hr/>											
	Anexo I	17,081.90	41.44%	13.69		571,273.40		1,966.50		573,239.60	52.19%
	no-Anexo I	24,137.60	58.56%	4.86		215,981.70		309,113.90		525,096.10	47.81%
	Mundial 2000	41,219.50	100%	6.55		787,255.10		311,080.40		1,098,335.70	100%

* La columna de emisiones por país del año 2000 incluye todas las fuentes, excepto en el caso de Ucrania para el que no se cuenta con datos de USCUS. La columna de emisiones acumuladas 1950 – 2000 por uso de energía incluye producción de cemento. FUENTE: WRI, 2007.

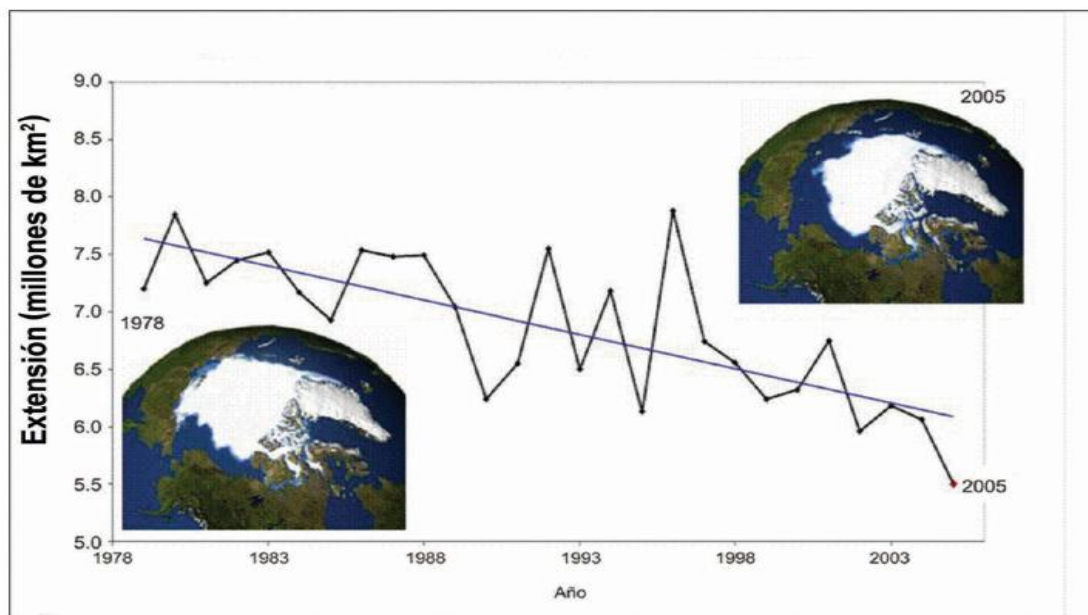
Aunque la magnitud del calentamiento varía según las regiones, la tendencia es global, tales como los cambios en el inicio, la duración y el final de las estaciones; la elevación del nivel mar (Gráfico 1.7) y el derretimiento de las grandes masas de hielo (Gráfico 1.8).

Gráfico 1.7 Incremento del nivel del mar 1993-2005



El incremento del nivel del mar observado durante el periodo se muestra superior a las proyecciones del SAR y del TAR del IPCC. FUENTE: Cazenave y Nerem, 2004.

Gráfico 1.8 Disminución de masas de hielo en el polo Norte 1978-2005



FUENTE: National Snow and Ice Data Center. www.nsidc.org, 2007.

1.5 RESPUESTA DE LA COMUNIDAD INTERNACIONAL

1.5.1 El panel intergubernamental de cambio climático y la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático

La preocupación mundial acerca de los efectos del desarrollo económico sobre el clima inició una nueva fase en 1988 en Canadá, con la Conferencia de Toronto sobre Cambio en la Atmósfera: Implicaciones para la Seguridad Global. Ese mismo año, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) constituyeron el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (Tabla 1.3).

Tabla 1.3 Algunos eventos relevantes en la construcción del régimen climático internacional

1988	PNUMA y OMM establecen el IPCC, que desde entonces produce regularmente información científica y tecnológica sobre el cambio climático.
1992	La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático es adoptada en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro.
1994	El 21 de marzo entra en vigor La Convención.
1995	El Segundo Reporte de Evaluación (SAR) del IPCC concluye que la evidencia sugiere una influencia humana decisiva en el clima global.
1997	Se adopta el Protocolo de Kioto.
2001	El Tercer Reporte de Evaluación (TAR) del IPCC difunde mayores evidencias de la influencia humana en el clima global. Estados Unidos de América anuncia que no ratificará el Protocolo de Kioto, mientras que otros países signatarios acuerdan una serie de reglas para la implementación del Protocolo: los «Acuerdos de Marrakech».
2004	En noviembre, la Federación Rusa anuncia que ratifica el Protocolo de Kioto, el cual entrará en vigor 90 días después.
2005	El 16 de febrero entra en vigor el Protocolo de Kioto.
2005	XI Conferencia de las Partes, en Montreal, Canadá y Primera Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto.
2006	XII Conferencia de las Partes, en Nairobi, Kenia y Segunda Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto.
2007	El Cuarto Informe de Evaluación del IPCC refuerza las certidumbres científicas en relación con el cambio climático. XIII Conferencia de las Partes, Bali, Indonesia.

Desde su primer reporte de evaluación, el IPCC reconoció que el patrón de calentamiento global no podía explicarse sólo por causas naturales, siendo el factor humano determinante. Este reconocimiento se ha fortalecido con cada reporte de evaluación del IPCC, en los que además se ha documentado que el cambio climático tiene y tendrá efectos muy significativos sobre los ecosistemas en todas las regiones biogeográficas.

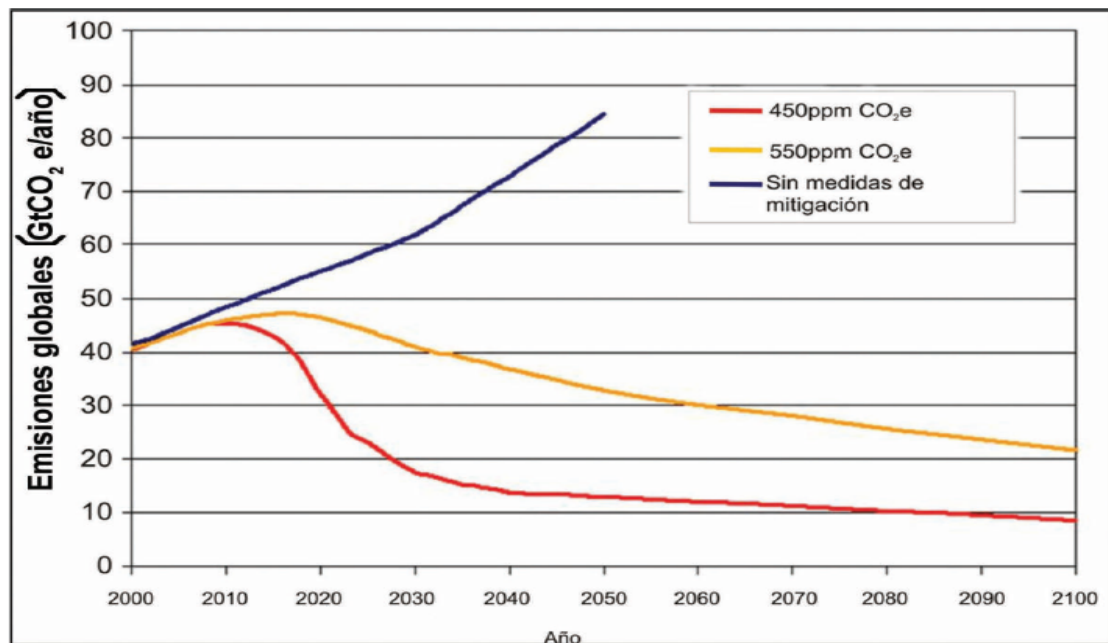
En 1992, en el marco de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, en lo sucesivo “La Convención”), entró en vigor en 1994 y a la fecha ha sido ratificada por 189 países.

El objetivo último de la Convención, de acuerdo con el artículo 2 consiste en:

- a) La estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.
- b) Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Considerando todos los GEI, el informe Stern estima que los riesgos podrían reducirse sustancialmente si la humanidad lograra estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera entre 450 y 550 ppm de CO₂e. Más allá de 550 ppm de CO₂e los riesgos y los costos se incrementan de manera exponencial. El nivel actual de estos gases es de 430 ppm, sus concentraciones se incrementan a razón de 2 ppm por año, para lograr una estabilización en este rango se requeriría lograr en 2050, emisiones globales entre 20 y 70% inferiores a las actuales (Gráfico 1.9).

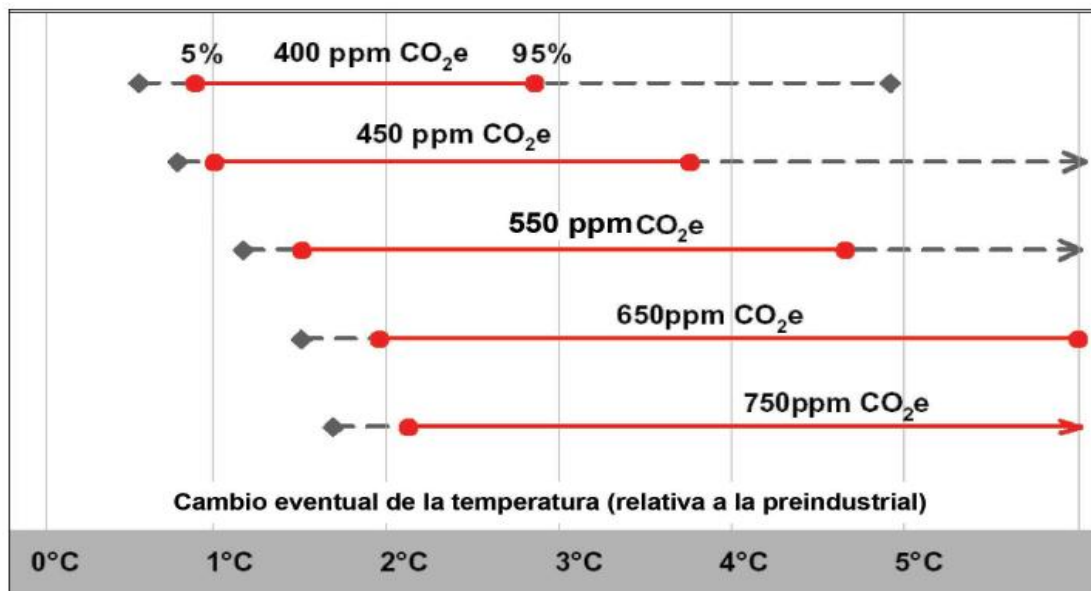
Gráfico 1.9 Trayectorias alternativas de emisiones hacia la estabilización



Para lograr una estabilización a menos de 550 ppm de CO₂e se requiere reducir las emisiones globales a la mitad, en el horizonte 2100, respecto de las actuales. FUENTE: Stern, 2007.

En el siguiente gráfico se presentan correlaciones entre niveles de estabilización de concentraciones de GEI y rangos de calentamiento asociados. Con un incremento de la temperatura de sólo 2°C muchos ecosistemas que hoy capturan o almacenan carbono, pasarían a ser emisores netos de GEI (Gráfico 1.10).

Gráfico 1.10 Calentamiento asociado con diversos niveles de estabilización de las concentraciones atmosféricas de GEI.



FUENTE: Stern, 2007.

El informe Stern hace énfasis en que los beneficios de una acción temprana y a fondo sobrepasan con mucho los costos futuros que derivarían de la inacción en el presente: si el mundo no actúa pronto y de manera eficaz, los costos totales de los riesgos derivados del cambio climático equivaldrán a una pérdida de al menos 5% del PIB mundial cada año; si se toma en cuenta todo los riesgos y costos asociados, especialmente en los países menos desarrollados (esta carga puede ascender al 20% del PIB). Por lo contrario, los costos de la acción inmediata, reducción de emisiones y acciones de adaptación (podrían limitarse a sólo el 1% del PIB global por año).

1.5.2 Responsabilidades comunes pero diferenciadas

Es responsabilidad de cada Estado utilizar los bienes globales comunes de forma tal que no se impida o disminuya el acceso a ellos por parte de otros Estados. La Convención aplica este principio a ese bien global común que es la atmósfera, reconociendo que el calentamiento global constituye una preocupación común de toda la humanidad.

La Convención reconoce que, si bien todos los Estados de la comunidad internacional comparten responsabilidades, son diferenciadas en función del grado de desarrollo y de las capacidades de cada Estado.

El Artículo 4 de la Convención indica en su primera sección que:

Todas las Partes, deberán formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, teniendo en cuenta las emisiones antropogénicas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el protocolo de Montreal, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático.

La fracción 1 del Artículo 3 de la Convención establece que:

Las Partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades.

La Convención distingue entre países desarrollados (listados en los Anexos I Y II) y los países en desarrollo, no incluidos en Anexo específico (denominados: no-Anexo I).

Los países del Anexo I son aquellos que pertenecían a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) asumen compromisos específicos de reducción de emisiones de GEI. Los países del Anexo II son un sub-grupo del Anexo I, que asumen obligaciones de cooperación complementarias.

La fracción 3 del Artículo 4 de la Convención establece que:

Las Partes asumen el compromiso explícito de proporcionar recursos financieros nuevos y adicionales para cubrir la totalidad de los gastos convenidos que efectúen las Partes que son países en desarrollo para cumplir sus obligaciones, es decir, que les permitan realizar inventarios nacionales de emisiones por fuentes principales así como implementar medidas de mitigación y de adaptación.

1.6 EL PROTOCOLO DE KIOTO

Para reforzar los compromisos cuantitativos que limitan el volumen total de emisiones de GEI de los países desarrollados inscritos en el Anexo I de la Convención, la III Conferencia de las Partes (COP-3) adoptó en 1997 el Protocolo de Kioto (PK), que entró en vigor en 2005. Este Protocolo, los 38 países y la Unión Europea incluidos en su Anexo B se comprometieron a reducir sus emisiones durante el periodo 2008-2012, en conjunto en un 5.2% por debajo de los volúmenes que emitían en 1990 (Tabla 1.4).

Tabla 1.4 Países incluidos en los Anexos I y II de La Convención y en el Anexo B del Protocolo de Kioto

Alemania	<i>Eslovenia</i>	Islandia	Países Bajos
Australia	España	Italia	Polonia
Austria	Estados Unidos de América	Japón	Portugal
<i>Bielorrusia</i>	<i>Estonia</i>	<i>Letonia</i>	Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte
Bélgica	<i>Federación Rusa</i>	<u>Liechtenstein</u>	<u>República Checa</u>
<i>Bulgaria</i>	Finlandia	<i>Lituania</i>	Rumania
Canadá	Francia	Luxemburgo	Suecia
<u>Croacia</u>	Grecia	<u>Mónaco</u>	Suiza
Dinamarca	<i>Hungría</i>	Noruega	Turquía
<u>Eslovaquia</u>	Irlanda	Nueva Zelandia	Ucrania
			Comunidad Económica Europea

Todos los países de la Tabla se encuentran en el Anexo I de la Convención.

Las *cursivas* indican países que se encuentran en transición hacia una economía de mercado.

Los subrayados indican países añadidos al Anexo I en virtud de una enmienda que entró en vigor el 13 de agosto de 1998.

Las **negritas** indican al subgrupo de países, donadores, que forman parte del Anexo II de la Convención.

Las celdas de **fondo gris** señalan al subgrupo de países que se encuentran en el Anexo B del Protocolo de Kioto.

Los **países en rojo** indican las únicas Partes del Anexo B del Protocolo de Kioto que no lo han ratificado.

El Protocolo de Kioto (PK) estableció tres Mecanismos de Flexibilidad: la Implementación Conjunta (IC, o JI, por sus siglas en inglés), el Comercio de Emisiones (CE, o ET, por sus siglas en inglés) y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL, o CDM, por sus siglas en inglés).

a) La Implementación Conjunta establece la posibilidad de que un país Anexo I/Anexo B implemente proyectos de reducción o de captura de emisiones en el territorio de otro país Anexo I/Anexo B, contabilizando para sí el monto logrado como Unidades de Reducción de Emisiones (ERU por sus siglas en inglés).

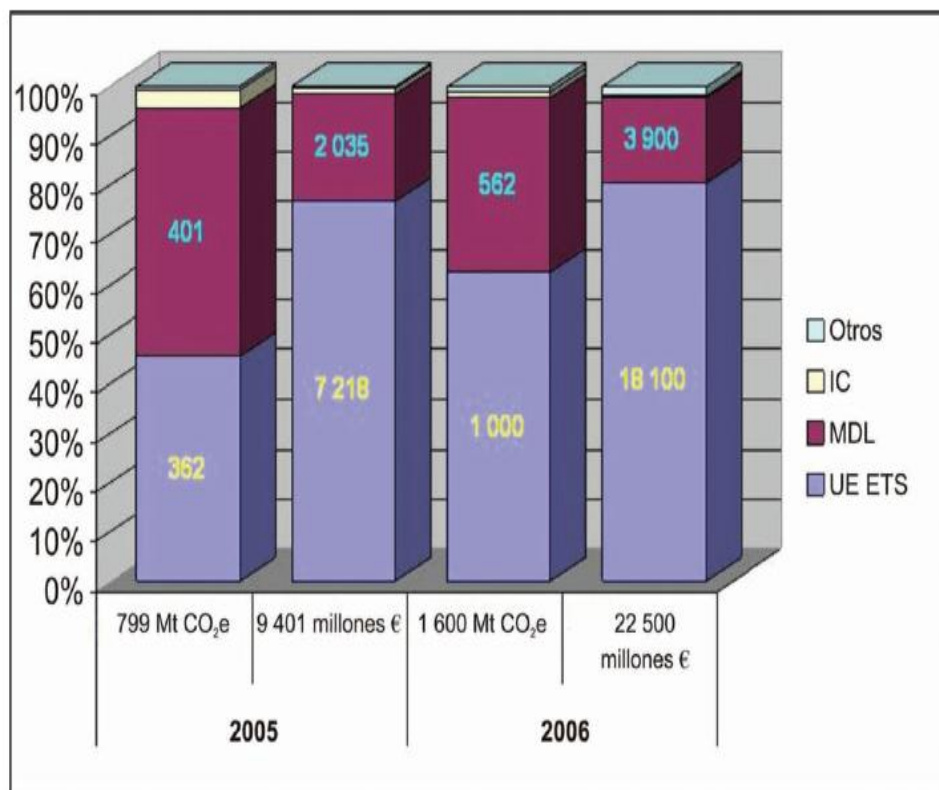
b) El Comercio de Emisiones autoriza a que las Partes Anexo I/Anexo B comercien entre sí una fracción de sus respectivos permisos de emisión determinados por los límites que les impone el Protocolo. Este mecanismo recibió un fuerte impulso potencial apoyado en el mercado europeo de permisos de emisión.

c) El Mecanismo para un Desarrollo Limpio es el único que contempla la participación de países no Anexo I en el comercio de emisiones, como vendedores de Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE, o CER, por sus siglas en inglés) sustentadas en proyectos de mitigación registrados. El beneficio es recíproco, pues las Partes del Anexo B del PK reciben apoyo de las Partes no Anexo I para cumplir a menor costo sus compromisos de reducción, en tanto estas últimas reciben fondos adicionales que inducen procesos productivos más limpios, y contribuye al desarrollo sustentable de estos países.

1.7 MERCADOS DE BONOS DE CARBONO

En 2005 el mercado dio un salto que lo llevo a comercializar 799 millones de toneladas de CO₂e por un valor de 9 mil 401 millones de Euros. En 2006 se comercializaron 1 mil 600 millones de toneladas de CO₂e, por un valor de 22 mil 500 millones de Euros. El mercado de permisos de emisiones de la Unión Europea y el mercado de Reducciones Certificadas de Emisiones del MDL son los de mayor participación entre los actuales mercados de bonos de carbono (Gráfico 1.11).

Gráfico 1.11 Comercialización en los mercados de bonos de carbono 2005-2006 en millones de toneladas de CO₂e (MtCO₂e) y millones de Euros (€)



UE-ETS: mercado de permisos de emisión de la Unión Europea; MDL: Mecanismo para un Desarrollo Limpio; IC: Implementación Conjunta; Otros: CCX (Chicago Climate Exchange) y AUS-NSW (Australian New South Wales). FUENTE: Point Carbon 2007.

Considerando que los componentes de las Partes de Anexo B del PK implican un esfuerzo de reducción de poco más de 5 mil millones de toneladas de CO₂e durante el periodo comprendido entre 2008 y 2012 y, que estos países posiblemente no puedan reducir por sí solos más de 2 mil 500 millones de toneladas, las expectativas del mercado MDL son amplias para el primer periodo de cumplimiento que concluye en 2012. Es decir, se configura una demanda potencial de RCE de al menos 400 millones de toneladas de CO₂e por año, por lo que esta demanda podría incrementarse de aquí al 2012.

Las Partes Anexo B están constituyendo fondos gubernamentales o privados para apoyar el desarrollo de proyectos MDL y obtener RCE. En estos fondos pueden participar empresas de servicios e inversionistas que obtienen utilidades por el servicio, el riesgo asumido o el capital proporcionado.

En los países no Anexo I se han desarrollado también iniciativas para crear fondos propios, entre las que destacan: el Fondo Argentino para el MDL, el mercado de carbono del Brazilian Mercantile and Future Exchange y el proyecto de crear un Fondo Centroamericano de Carbono con sede en Panamá.

En México, la SEMARNAT promovió, con el apoyo del Centro Mario Molina de Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM) y mediante acuerdo con la SHCP, la creación de un fondo mexicano de carbono, el FOMECAR, constituido en el Banco Mexicano de Comercio Exterior (BANCOMEXT/NAFIN).

CAPÍTULO II

CAUSAS

2.1 PROCESOS INDUSTRIALES

Las emisiones de este sector son un gran número de actividades industriales que no están relacionadas con la energía, pero sí con la transformación de los materiales por medios físicos o químicos, los cuales al combinarse o reaccionar entre sí, liberan emisiones de gases de efecto invernadero. Los cuales son para esta categoría los CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y los SF₆; estos tres últimos son exclusivos de procesos industriales.

Las aplicaciones actuales y previstas del consumo de los compuestos HFCs, PFCs y SF₆ incluyen la refrigeración y aire acondicionado, extintores, aerosoles, solventes y producción de espumas. El consumo de estos compuestos aumenta considerablemente debido a su importancia como sustitutos de las sustancias que producen agotamiento de la capa de ozono.

Las emisiones de CO₂ procedentes de la utilización del carbono biológico como materia prima y procesos de fermentación no deben de ser notificados en procesos industriales ya que se consideran de origen de fuentes de carbono que forman parte de un ciclo cerrado.

La categoría de procesos industriales está dividida en productos minerales (cemento, óxido de calcio, piedra caliza y dolomita, carbonato de sodio, impermeabilizantes y pavimentación con asfalto y vidrio); industria química (amoníaco, ácido nítrico, ácido atípico, carburos); producción de metales (hierro y acero, ferroatomados, aluminio); otros procesos industriales (pulpa y papel, alimentos y bebidas); producción de hidrocarburos y hexafluoruro de azufre; y consumo (equipos de refrigeración y aire acondicionado y en conmutadores eléctricos e interruptores automáticos).

2.1.1 Producción de cemento

Metodología

En la producción de cemento, existen emisiones de CO₂, durante la producción de clínca, que es un producto intermedio resultado de la calcinación a altas temperaturas de materiales como carbonato de calcio (CaCO₃), óxido de silicio (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido férrico (Fe₂O₃). También existen emisiones de SO₂, que corresponden al azufre en el combustible y en la arcilla de la materia prima.

En una primera etapa de obtención de información, no se dispuso de ésta sobre la producción de clínca, sin embargo se determinó la cantidad de clínca a partir de la producción de cemento en sus varios tipos de cemento dados por el IPCC.

Las emisiones de CO₂ se basan en la aplicación de la ecuación de las directrices del IPCC.

$$\text{Producción estimada de clinca} = \text{Producción de Cemento} \cdot \text{Fracción de Clinca} - \text{Clinca importada} + \text{Clinca exportada}$$

El factor de emisión de clinca, se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{FE (clinca)} = 0.785 (\text{Contenido de CaO de CaO en la clinca})$$

FE (clinca) = 0.785(0.65) = 0.510 toneladas de CO₂/toneladas de clinca.

Incertidumbre

El contenido de cal en el cemento puede variar de 0.635, por lo que la incertidumbre en el factor de 0.4985 no será una constante, por no tener datos sobre esta variación en el contenido de óxido de calcio en las diferentes plantas del país.

Propuesta de mejora

La Industria Cementera Nacional, está comprometida con la actividad de cuantificar sus emisiones a la atmósfera, y tener un registro lo más cercano a la realidad directamente de los productores.

2.1.2 Producción de cal

La producción total de cal en México entre 1994 y 2002, varió entre 3,700,000 y 4,100,000 toneladas por año. Estos resultados representan apenas el 60% de lo que reporta "The United States Geological Survey" (USGS) una producción casi constante de 6, 500,000 toneladas de cal en la última década.

Metodología para estimar las emisiones de CO₂

Para calcular los factores de emisión de dióxido de carbono, se tomaron en cuenta los parámetros básicos por defecto de los diferentes tipos de cal. Los factores de emisión considerados fueron los siguientes:

- a) 0.75 toneladas de dióxido de carbono/ tonelada de cal viva producida, para la producción de cal viva que se comercializa como tal.
- b) 0.77 toneladas de dióxido de carbono/ tonelada de dolomita, para la dolomita calcinada producida.

c) 0.59 toneladas de dióxido de carbono/ tonelada de cal hidráulica producida. Dentro de este factor de emisión se está tomando en cuenta el contenido estequiométrico de agua en la cal hidratada o hidróxido de calcio (24%).

d) 0.79 toneladas de dióxido de carbono/ tonelada de cal siderúrgica y química. La cal siderúrgica es obtenida con caliza de alto contenido de CaO.

De acuerdo con la información de la Encuesta Industrial Mensual del INEGI, el 70% de la cal producida en el año 2002 fue cal hidratada, usada principalmente en la industria de la construcción; el 13% fue cal viva para la venta, el 11% correspondió a la cal siderúrgica y química y el 6% a la producción de dolomita calcinada.

Las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la producción de cal no han presentado variaciones importantes desde 1990, aunque éstas han ido en aumento. Entre el año 1999 y el año 2002 se obtuvo un incremento del 20.3%. Entre el año 1998 y el año 2002, hubo un incremento de 8.1% en estas emisiones.

Incertidumbre

La incertidumbre en la estimación de la emisión de dióxido de carbono procedente de la producción de cal está asociada a la incertidumbre en el factor de emisión y a la incertidumbre en la determinación del volumen de producción de cal en el país. Por lo tanto, la incertidumbre no será menor a $\pm 2\%$ para las emisiones provenientes de cal grasa y dolomítica y no menos de $\pm 15\%$ para las emisiones provenientes de cal hidratada.

Propuesta de mejora

Los Censos Industriales del INEGI pueden ser de gran ayuda, al contener más información que las Encuestas Industriales Mensuales. Sin embargo, es necesario conocer con más exactitud de qué forma están desagregados los datos, para interpretar de manera más útil los datos de producción. El reporte de materias primas consumidas en la fabricación de cal, pudiera ser una gran ayuda para cuantificar la caliza utilizada en este sector y restar estas cantidades la utilización de piedra caliza y dolomita.

2.1.3 Utilización de piedra caliza y de dolomita

El territorio mexicano dispone de importantes yacimientos de piedra caliza. En 1998 se reportaron 27 estados productores, de los cuales la región norte (Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León) participa con 23.7% del volumen de producción; en el sureste (Quintana Roo, Tabasco y Oaxaca) se concentra el 20.1%; en la porción occidental (Jalisco y Colima) el 19.0%; la parte central (Hidalgo y el Estado de México) aporta el 16.2% y la noroeste (Sonora, Chihuahua y Baja California) contribuyen con 10.8%.

Los usos de la dolomita dependen principalmente de sus propiedades físicas y químicas. De acuerdo a sus propiedades físicas se usa en la construcción; por sus propiedades químicas se usa en la manufactura de cementos o cal; vidrio y fundición de hierro; alimentos; y otros. La dolomita, además de compartir usos comunes con la caliza, es una fuente de magnesio para la industria del acero, del vidrio y agrícola.

Metodología

Las emisiones de dióxido de carbono se han incrementado notablemente año con año. Entre el año 1990 y el año 2002 se obtuvo un incremento del 319% en las emisiones procedentes de la utilización de caliza y dolomita. Entre el año 1998 y el año 2002 las emisiones aumentaron un 63%.

Incertidumbre

Los factores que incrementa la incertidumbre es el hecho de que en México no se reportan mediciones directas de los factores de emisión en los diferentes sectores de producción referidos en esta sección.

Propuesta de mejora

Las estimaciones de emisiones en este sector pueden mejorarse con una relación más estrecha con asociaciones relacionadas con el mismo. Con el objeto de detectar factores de emisión representativos de la industria nacional, así como datos de la pureza de los minerales utilizados; especificaciones de los productos obtenidos, e información sobre el volumen de las operaciones de exportación e importación.

2.1.4 Producción y utilización de carbonato de sodio

Metodología

La cantidad total de carbonato de sodio producido en el país es el acumulado del proceso denominado natural, y del proceso sintético. Sin embargo, la emisión de dióxido de carbono se contabiliza tanto en la producción por proceso natural como en la utilización del carbonato de sodio total producido.

En la producción de carbonato de sodio por el proceso natural, se emiten a la atmósfera 0.136 toneladas de CO₂ por tonelada de carbonato de sodio o 0.097 toneladas de CO₂, por tonelada de trona.

En la estimación de dióxido de carbono emitido por la utilización del carbonato de sodio se suman las producciones de ambos procesos y se calcula el CO₂ generado por el carbonato de sodio total de acuerdo con el Factor de Emisión de 415kg de CO₂ por tonelada de carbonato de sodio utilizado.

Incertidumbre

Las emisiones de dióxido de carbono generado por la utilización del carbonato de sodio depende del proceso en el que se emplee: elaboración de vidrio, jabones y detergentes, industria del papel y tratamiento de agua, por lo que, no teniendo información específica de las emisiones en cada proceso, existe la inexactitud del Factor de Emisión empleado.

Se estima que los datos no encontrados sobre importación y exportación pudieran ser significativos para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono por utilización o uso de carbonato de sodio.

Propuesta de mejora

Integración de un directorio de empresas productoras de este producto o de las industrias que lo utilizan. Adquirir cada año, de manera oficial, información de volúmenes de producción y utilización del producto por las empresas del país.

2.1.5 Producción de vidrio

Metodología

En la producción de vidrio, se pueden distinguir diferentes tipos como: plano, vidrio para envases, lana de vidrio, vidrios especiales, así como vidrio para utensilios como vasos y vajillas.

El proceso de fundición es el paso más importante a considerar en la calidad y cantidad de vidrio a producir, el cual depende del diseño del horno. En los hornos de fundición, el vidrio es fundido a temperaturas entre 1500 y 1600 °c y es transformado a través de una secuencia de reacciones químicas.

Los contaminantes emitidos durante la manufactura del vidrio son óxidos de azufre (SO), óxidos de nitrógeno (NO), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), metano (CH), monóxido de carbono, (CO), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O).

Incertidumbre

Para el inventario de gases de efecto invernadero del IPCC, todos estos pueden ser englobados en COVDM, para los cuales pueden ser considerados un factor de 4.5 kg/tonelada de vidrio producido en sus diversas variedades.

Propuesta de mejora

En nuestro país, se cuenta con productores de vidrio importantes como Vitro, que tienen incluso un mercado internacional, por lo que en trabajos posteriores, sería interesante contactar con los productores para así obtener información más detallada de los procesos de fundición, respecto a los tipos de hornos y a los combustibles que se utilizan, debido a que es en este paso donde se tienen las emisiones a considerar en una metodología detallada, tal como se ha realizado en otros países como Alemania.

2.1.6 Hierro y acero

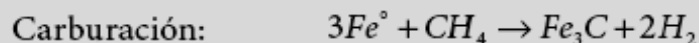
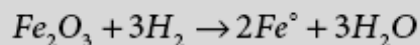
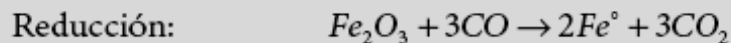
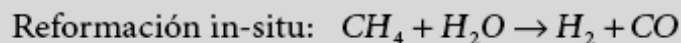
Metodología

Con la infraestructura actual de la industria siderúrgica nacional, las empresas producen arrabio para acería mediante la tecnología de Alto Horno, y hierro esponja, aprovechando la tecnología de Reducción directa.

En el alto horno, el mineral de hierro se mezcla con el coque y la caliza a temperaturas elevadas. Por las toberas se inyecta el aire caliente que enciende el coque y libera el CO necesario para reducir al óxido de hierro. El arrabio, producto final del alto horno, se colecta por una piqueta en la parte inferior.

En el siglo pasado se propusieron y patentaron muchos métodos para reducir los minerales de hierro directamente en estado sólido. Se sugería el uso de mezclas de gases de hidrógeno, monóxido de carbono o hidrocarburos, por su alto poder desoxidante. Varios de esos métodos eran técnicamente eficaces pero no competían económicamente con el alto horno.

En México la empresa HYLSA introdujo un proceso revolucionario, utiliza una mezcla rica en H₂ y CO para extraer el oxígeno del mineral de hierro. La mezcla de gases se genera a partir de gas natural y vapor de agua en un reformador, a altas temperaturas, y con ayuda de catalizadores que se ponen en el interior de los tubos. Las principales reacciones químicas que se producen en este proceso son:



En una segunda etapa, el proceso de acería para la fabricación de acero crudo, el hierro reducido en los altos hornos se mezcla con carbón e insumos básicos para formar acero líquido en un Convertidor de Oxígeno. El hierro esponja se convierte en acero líquido en un Horno de Arco Eléctrico, el cual funde al hierro esponja, y a la chatarra que generalmente se agrega, haciendo pasar enormes cantidades de energía eléctrica.

La tercera etapa, con la cual concluye la acería, es la colada continua y tiene por objetivo solidificar el acero.

Metodología para estimar las emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ provenientes de la producción de arrabio en los altos hornos se estimaron a partir del consumo del agente reductor, considerando el contenido de carbono en el mineral y en el arrabio, como lo indica en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones}_{\text{arrabio}} = \text{Factor de emisión}_{\text{agente reductor}} \cdot \text{Masa del agente reductor} + (\text{Masa de carbono en el mineral} - \text{Masa de carbono en el hierro bruto}) \cdot 44/12$$

Las emisiones de CO₂, provenientes de la producción de acero bruto en los hornos de arco eléctrico se estimaron en función de la producción de hierro esponja procedente de los hornos de reducción directa, como lo indica la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones}_{\text{acero bruto}} = (\text{Masa de carbono en el hierro bruto usada para la producción} - \text{Masa de carbono en el acero bruto}) \cdot 44/12 + \text{Factor de emisión}_{\text{EAF}} \cdot \text{Masa de acero producido en EAF (hornos de arco eléctrico en inglés)}$$

Las emisiones totales de la producción siderúrgica son simplemente la suma de las dos ecuaciones:

$$\text{Emisiones totales} = \text{Emisiones}_{\text{arrabio}} + \text{Emisiones}_{\text{acero bruto}}$$

Incertidumbre

Las emisiones de dióxido de carbono dependen del tipo de procedimiento utilizado para reducir el mineral de hierro. Debido a que no se tienen factores de emisión medidos en las plantas del país, la incertidumbre asociada a estos factores se incrementa. También puede verse afectada porque no se considera la cantidad de chatarra que se alimenta a los hornos en los diferentes procesos, ni su contenido de carbono.

Propuesta de mejora

La información sobre el volumen de producción debería ser complementada con datos de los requerimientos de materia prima, desglosados. En cuanto a este punto, es importante remarcar que los censos industriales del INEGI proporcionan información parcial de este tipo para diferentes sectores; sin embargo, esta información no siempre está desglosada en la forma requerida para este inventario.

2.1.7 Ferroaleaciones

Las ferroaleaciones contienen entre un 20 y 80% del elemento de aleación. Entre los principales elementos de aleación se encuentran el manganeso (en la producción de acero y hierro fundido), el silicio (para desoxidación del acero y como aleante) y el cromo (en la producción de acero inoxidable).

Metodología

La emisión de CO₂, se calcula en función de la producción de ferroaleaciones, se tomaron en cuenta los factores de emisión dados por defecto de 1.6 ton / tonelada producida de ferromanganeso y de 1.7 ton / tonelada producida de silicomanganeso.

Incertidumbre

La incertidumbre asociada a la estimación de las emisiones de dióxido de carbono depende básicamente de la incertidumbre en los factores de emisión dados por defecto.

Propuesta de mejora

Es importante localizar fuentes de información más completas sobre la producción de ferroaleaciones. Por ejemplo, una empresa dedicada a la producción de materias primas para las industrias del hierro y el acero es "Industrial Minera Comercial, (IMC). Esta empresa mexicana provee arrabio básico, arrabio de fundición; carburo de silicio granulado y en briquetas; ferroaleaciones comunes y especiales, metales y minerales y productos de carbón, principalmente.

2.1.8 Aluminio

El proceso de obtención de aluminio comienza con la extracción de bauxita a cielo abierto. Los minerales más ricos se utilizan tal como se extraen. Los de baja ley pueden beneficiarse mediante machaqueo y lavado para eliminar la arcilla y sílice estériles.

La segunda etapa es la refinación de la bauxita por un proceso químico, el proceso Bayer, el cual consta de las siguientes operaciones:

- I. Digestión, donde el mineral se combina con sosa cáustica a temperatura y presión elevadas, dando origen a un hidrato.
- II. Decantación para separar los residuos contenidos en el hidrato, y el lavado para separar la sosa cáustica de los residuos.

- III. Precipitación por un proceso de cristalización, seguido por filtración y enfriamiento.
- IV. Calcinación para obtener la alúmina en un horno de lecho fluidizado.

La tercera etapa en el proceso de transformación es la reducción de la alúmina en aluminio. El método de reducción comercialmente empleado es el Hall-Héroult (reducción electrolítica). La alúmina se disuelve en un baño de criolita (Na_3AlF_6) a $950\text{ }^\circ\text{C}$, en grandes hornos, por medio de una corriente eléctrica que pasa a través del baño, entre los ánodos de carbono y los cátodos. El aluminio se junta al cátodo y se precipita en el fondo del horno, se aspira con un crisol al vacío. El oxígeno de la alúmina se combina con el carbono del ánodo, siendo expulsado como monóxido ó dióxido de carbono.

Metodología para estimar las emisiones de CO_2

Las emisiones de CO_2 provenientes de la producción de aluminio primario se calcularon a partir del volumen de producción del metal primario. Puesto que no se cuenta con factores de emisión medidos directamente en las fábricas, se han utilizados los factores por defecto del IPCC $1.5\text{ ton CO}_2 / \text{tonelada de producto}$, para el proceso de ánodo precocido.

Incertidumbre

La incertidumbre asociada a la estimación de las emisiones de dióxido de carbono depende básicamente de la incertidumbre en el factor de emisión. En este caso, la incertidumbre es de los factores utilizados por defecto, se incrementa por el hecho de que en México no se reportan mediciones directas en las plantas productoras de aluminio.

Propuesta de mejora

Es importante localizar fuentes de información más completas sobre los métodos utilizados para la regeneración de ánodos. Puesto que actualmente no hay producción de aluminio primario en México, es más difícil obtener esta información. Una fuente de información importante en este sector es el Instituto mexicano del Aluminio.

2.1.9 Industria de la pulpa y el papel

Metodología

La industria del papel consume gran cantidad de sustancias químicas, como cal, cloro, sosa cáustica, carbonato de sodio, almidón azufre y muchos otros químicos. La pulpa al sulfato o pulpa Kraft es la que en mayor proporción se produce y en su proceso químico se involucran hidrólisis de la lignina a alcoholes o ácidos.

Los Factores de Emisión considerados fueron: para estimación de emisiones de NO_2 , CO_2 , CO y SO_2 , de 1.5, 3.7, 5.6 y 7 kg de gas por toneladas de pulpa de papel seca producida, respectivamente.

Incertidumbre

No fue considerada la cantidad de pulpa de papel producida por el proceso de bisulfito, sobretodo para la estimación de dióxido de azufre.

Propuesta de mejora

Contar con un padrón de las industrias productoras de pulpa de papel y de los procesos que tienen instalados para su producción.

2.1.10 Producción de alimentos y bebidas

Metodología

La producción de bebidas alcohólicas, y la elaboración de otros productos alimenticios dan lugar a emisiones de COVDM. Se ha realizado un agrupamiento de los diversos grupos de alimentos y bebidas para poder aplicar los factores de emisión que son considerados por el IPCC. Los factores por grupos de alimentos y bebidas son dados en las tablas siguientes:

Tabla 2.1 factores de emisión para los COVDM procedentes de la producción de bebidas alcohólicas (KG/HL de bebidas)

BEBIDA	FACTOR DE EMISIÓN
Vino	0.08
Vino tinto	0.08
Vino Blanco	0.035
Cerveza	0.035
Bebidas alcohólicas (sin especificar)	15
Whisky de malta	15
Whisky de grano	7.5
Coñac	3.5

Nota: HI = 100 litros

Tabla 2.2 factores de emisión para los COVDM procedentes de la panificación y la elaboración de otros alimentos (KG/TONELADAS)

ALIMENTOS	FACTOR DE EMISIÓN
Carne, pescados y aves	0.3
Azúcar	10
Margarina y grasas sólidas de cocina	10
Pasteles, biscochos y cereales para el desayuno	1
Pan	8
Pienso para animales	1
Tostado del café	0.55

Incertidumbre

Debido a que la clasificación de categorías en el Banco de Información de INEGI, no es exactamente concordante con la clasificación requerida por los lineamientos del IPCC, se tuvieron que efectuar algunas consideraciones respecto a los conceptos a incluir en este reporte.

Propuesta de mejora

Siendo el INEGI, la principal fuente de información para la obtención de los datos correspondientes a los alimentos y bebidas, se debe establecer contacto con esta institución para proponer que la información que ellos capturan en la Encuesta Industrial Mensual, esté más acorde a lo requerido para este inventario.

2.1.11 Solventes

Los Compuestos Orgánicos Volátiles diferentes al Metano (COVDM), son compuestos emitidos en los procesos donde se emplean solventes básicamente derivados del petróleo. Estos compuestos han sido considerados como de efecto invernadero indirecto, junto con el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO), los halocarburos (HFC y PFC), el hexafluoruro de azufre y el dióxido de azufre (SO₂). Las emisiones de estos compuestos son como resultado de la evaporación de los solventes en pinturas, tintas para imprenta, adhesivos, barnices, lacas, entre otros.

Metodología

De la naturaleza de los solventes derivan una relación C/COVDM en promedio de 0.8 que emplean para el cálculo del CO₂. Considerando el promedio de contenido de solvente en los diferentes productos: pinturas, barnices, adhesivos, etc., obteniendo un FE promedio de 0.30 para COVDM.

Otra consideración tomada en cuenta para el establecimiento de los FE de COVDM fue la siguiente: pinturas y barnices, 0.5 t/t; tintas para imprenta, 0.65 t/t; adhesivos y pegamentos, 0.60 t/t; desengrasantes industriales, 0.85 t/t y solventes 1.00 t/t.

La mayoría de los datos de volumen de producción de esta actividad se dan en litros, por lo que fue necesario obtener, una densidad promedio para cada uno de los solventes: thinner, 0.77 kg/litro, aguarrás, 0.84 kg/litro, tinta al aceite 0.90 kg/litro, pintura en agua 1.1 kg/litro, esmalte (pintura de aceite) 0.94 kg/litro, barniz 0.92 kg/litro.

Incertidumbre

El error en esta metodología está en que no se puede conocer con exactitud el contenido de solvente y su composición en los productos, por lo que, a lo más que se puede aspirar es al uso de promedios, ya que existe diferencia entre marcas e incluso de región dependiendo del clima, su contenido de solventes.

Propuesta de mejora

Establecer un acercamiento con los productores de pinturas, barnices, lacas, adhesivos, etc., para obtener composiciones reales de sus productos.

2.2 AGRICULTURA

La información colectada del Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON) no está detallada (es decir, no contempla ganado lechero por varios años, no se contabiliza el número de caballos, mulas, asnos y faltan datos del número de guajolotes), como en los censos anteriores elaborados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) lo que no permite hacer extrapolaciones o asumir tendencias del incremento o decremento de las cabezas de animales que existen en nuestro país, de forma directa.

Factores de emisión

Los factores empleados en la fermentación entérica de ganado bovino, son promedios ponderados de los animales correspondientes de cada estrato definido por función, forma de producción y edad. El factor de emisión de ganado lechero que registraron fue equivalente al de los países desarrollados, mientras que el factor reportado para ganado de carne y doble propósito fue ligeramente menor al sugerido por defecto para los países de Latinoamérica.

Quema de residuos agrícolas

Los sistemas agrícolas en todo el mundo producen grandes cantidades de desperdicios agrícolas. La quema de los residuos en el campo es una práctica agrícola común, sobre todo en los países en desarrollo. En México la caña de azúcar es el único cultivo que se reporta con datos confiables sobre su volumen de producción, superficie cosechada y superficie sembrada.

Suelos agrícolas

Las emisiones de N_2O resultantes de los aportes antropogénicos de N se producen tanto vía directa (es decir, directamente de los suelos a los que se incorpora N), como por dos vías indirectas (es decir, mediante la volatilización como NH_3 y NO y posterior deposición, y mediante lixiviación y escorrentía).

Fertilizantes

El consumo de fertilizantes nitrogenados se transformó de toneladas métricas a kilogramos y de ahí se ajustó el contenido de nitrógeno por kilogramo de fertilizante a un 34.5% de N, que es la media nacional, como resultado de las operaciones que se deben realizar previamente.

Metodología

Debido a las diferencias en los formatos del registro de datos, se analizaron las diferentes metodologías utilizadas en cada censo, para homologar los datos y no contabilizar doble. Como resultado de estos procesos, se obtuvieron los análisis de las tendencias del incremento o decremento en el tipo de ganado.

Incertidumbre

Existe en México, estimaciones de factores de emisión obtenidos de estudios puntuales (experimentales), pero aún están limitados y se requieren más estudios de caso, que permitan ratificar los valores de los factores estimados, o señalar las diferencias de los valores usados por defecto; esto da lugar a incertidumbres asociadas al tipo de actividad en esta parte del sector, como se toman valores por defecto y se combinan con estudios de caso, se sugiere utilizar una incertidumbre del 20%.

Propuesta de mejora

Es necesario desarrollar investigación en este sector para estimar los factores de emisión por fugas. También se sugiere iniciar otros estudios para generar factores de emisión para los cultivos que se siembran en nuestro país.

Además, con la información disponible sería posible realizar estimaciones de las tendencias del crecimiento agrícola, mediante estudios de caso (como la evaluación del uso del suelo), cruzando información con el sector uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura, lo que induciría a estudiar los procesos alternativos que permita mitigar las emisiones en este sector.

2.3 DESECHOS

En esta sección se presenta la actualización de las emisiones de metano derivado de los residuos sólidos, las aguas residuales municipales e industriales, así como las emisiones de óxidos de nitrógeno emitidos por las aguas residuales y las emisiones de CO₂ y de óxido nitroso generado por la incineración de residuos peligrosos.

Residuos sólidos

Se refiere a la cantidad de basura que esta dispuesta en rellenos sanitarios, en tiraderos con profundidad mayor o igual a cinco metros y en tiraderos con profundidad menor a los cinco metros. Así como la composición y contenido de carbón y carbón biodegradable de los residuos, los cuales pueden ser obtenidos aplicando los valores en por ciento del contenido de papel, residuos de comida, de jardín y textiles.

Aguas residuales municipales

Las emisiones de metano derivadas de las aguas residuales municipales se incrementaron a una tasa promedio anual del 2%. El tratamiento de aguas residuales municipales en nuestro país en su mayoría es de tecnologías de tipo aerobio que no producen metano. La aportación de metano está determinada por los sistemas de tratamiento, lagunas de estabilización, fosas sépticas y aguas no tratadas y dispuestas en cuerpos de aguas naturales.

Aguas residuales industriales

En el caso de las aguas residuales industriales ha existido en los últimos años de la presente, un impulso sin precedente para el tratamiento de las aguas residuales de esta naturaleza, duplicándose el número de plantas de tratamiento, sin embargo su eficiencia no es la requerida y el organismo oficial responsable revela que el 70% de estas plantas no cumplen con las condiciones particulares de descarga que se les ha impuesto.

Incineración de residuos peligrosos y hospitalarios

Se refiere a la cantidad de residuos que son incinerados, a la tecnología que emplean como hornos rotatorios, al tipo de residuo, como residuos sólidos municipales, residuos hospitalarios, residuos peligrosos o lodos residuales de plantas de tratamiento de aguas residuales, el contenido de carbón total y carbón fósil de los residuos.

Lo mismo ocurre con los factores de emisión resultantes de la incineración de estos residuos, en donde en función de los parámetros anteriores varían y se recomienda que sean medidos los gases de combustión y su contenido de bióxidos de carbono y óxido nitroso para mayor confiabilidad de los mismos factores resultantes.

Metodología

Para efectuar el inventario de las emisiones en cuestión, se empleó la metodología del IPCC, correspondiendo en el primer caso a la información existente en el país y en el segundo a los valores por defecto para los factores de emisión considerados.

Incertidumbre

La incertidumbre para los residuos sólidos municipales fueron del 10.4%, en tanto que para las aguas residuales municipales a lo largo del período se mantienen constantes con un valor de 32.5%, la incertidumbre para el inventario de las emisiones de las aguas residuales industriales fue de 51.3%. Con la cual gracias a la mejor calidad de la información de las actividades fue posible reducir esta incertidumbre del inventario de emisiones de metano.

Propuesta de mejora

Como regla general el procedimiento seguido para estimar las emisiones de metano de los residuos, consta de los siguientes pasos:

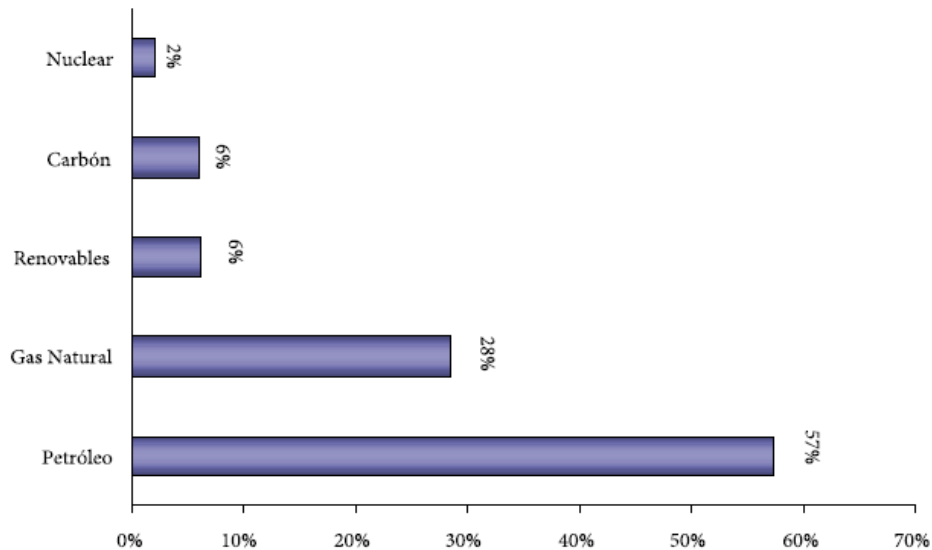
- I. Aplicar las decisiones correspondientes, para definir el método a seguir para la estimación de las emisiones.
- II. Revisar y establecer los parámetros requeridos por la metodología resultante en el punto anterior.
- III. Ordenar, clasificar y procesar la información requerida por la metodología seleccionada.
- IV. Aplicar las metodologías y obtener los resultados para cada caso.

- V. Determinar la incertidumbre de los resultados obtenidos, discutir y analizar los mismos, y emitir las conclusiones y observaciones conducentes.

2.4 ENERGÍA

La energía que se consume en México se obtuvo principalmente por la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural. Los combustibles fósiles produjeron casi 92% de la energía consumida en México. El petróleo contribuyó con 57%, el gas natural con 29% y el carbón con 6%. De la porción restante, (el 8%) aproximadamente 2% lo suministró la central núcleo-eléctrica y 6% las fuentes renovables (Hidroeléctricas, Geotermia, y Eólica).

Gráfico 2.1 consumo de energía

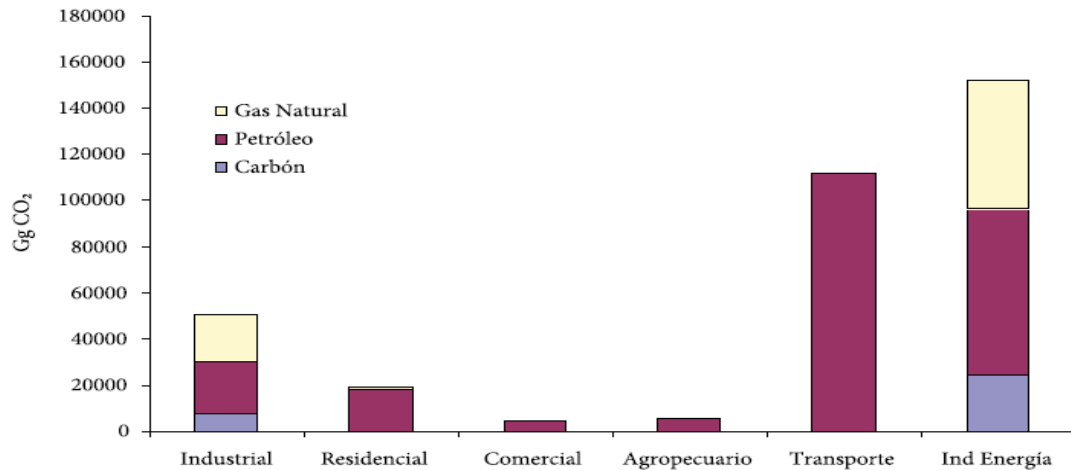


Las emisiones de gases de efecto invernadero que se contabilizan en la categoría de energía incluyen las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) expresadas en unidades de CO_2 equivalente. Estas emisiones provienen en su vasta mayoría de la quema de combustibles fósiles en fuentes fijas de combustión y en fuentes móviles de combustión. Hay emisiones de otros gases denominados precursores del ozono, como son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), y dióxido de azufre (SO_2).

El petróleo bajo la forma de los distintos combustibles derivados de él, se consume mayormente en las industrias energéticas y en el sector transporte. Los sectores residencial, comercial y agropecuario y las industrias de manufactura y construcción consumen el resto de los combustibles derivados del petróleo.

En relación al carbón este se consume casi exclusivamente en las centrales eléctricas para la producción de electricidad. El gas natural por su parte se consume principalmente en las industrias energéticas y en los sectores de uso final Industrial y Residencial, las emisiones de CO₂, derivadas del consumo de combustibles en la categoría de energía se muestran en la figura siguiente:

Gráfico 2.2 emisiones de CO₂ por quema de combustibles en la Categoría de Energía



2.5 TRANSPORTE AUTOMOTOR

El sector del transporte es una de las fuentes más importantes de emisiones de gases de efecto invernadero a escala mundial. Esta categoría de fuentes cubre cuatro modos de transporte: transporte automotor, transporte aéreo, transporte ferroviario, y transporte marítimo. De estos cuatro modos de transporte, el transporte automotor es considerado como el mayor emisor de gases de efecto invernadero directo (CO₂, CH₄, N₂O) y de contaminantes del aire como el CO, los NO, los COVDM, y el SO₂.

En el transporte automotor, se manejan dos criterios igualmente aceptables para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte automotor. El primero se basa en datos sobre los consumos de combustibles en vehículos, desglosados por tipo de vehículo y tecnología de control de emisiones asociada a cada tipo de vehículo, el segundo se basa en el uso de los kilómetros.

Factores de emisión y metodología

La estimación de las emisiones de los gases de efecto invernadero y de los gases contaminantes del aire requiere de la selección adecuada del método de estimación, de los datos de actividad y de los factores de emisión. El método de nivel 1 o método de “arriba hacia abajo”, calcula las emisiones de CO₂ aplicando básicamente los mismos pasos utilizados en el método de referencia de las fuentes de combustión, y el método de nivel 2 o método de “abajo hacia arriba”, estima las emisiones en dos etapas o pasos.

En el primer paso se estima el consumo por tipo de combustible y por tipo de vehículo. En el segundo paso se estima las emisiones totales de CO₂ multiplicando el consumo de combustible por un factor de emisión adecuado para el tipo de combustible y el tipo de vehículo.

Los factores de emisión de CO₂ que se reportan para su uso en la estimación de las emisiones de CO₂, están basados en el contenido de carbono del combustible. Para la gasolina el valor por defecto es 18.9 TC/TJ, para el gas licuado de petróleo 16.7 TC/TJ, para el gas natural 15.3 TC/TJ y para el diesel 20.2 TC/TJ respectivamente.

Los factores de emisión de CH₄ y N₂O están basados en la tecnología de control de emisiones asociada a cada tipo de vehículo, por lo que es recomendable calcular un factor de emisión para cada tipo de combustible y para cada tipo de motor existente en el país, así como la distribución de las tecnologías de reducción de las emisiones que se encuentran instaladas en los vehículos.

CAPÍTULO III

APORTACIONES DE LA INGENIERÍA AL CAMBIO CLIMÁTICO

3.1 AHORRAR ENERGÍA

Ahorrar energía es una clara forma de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en México, donde cerca de 75% de la energía primaria para producir la electricidad proviene de combustibles fósiles.

Sin embargo, para que un esfuerzo nacional de ahorro de energía tenga un impacto significativo y estable, se sugieren muchas acciones que apoyen un conjunto de elementos integrados, que hagan posibles grandes modificaciones en patrones de consumo. Lo más importante, además de la tecnología y el financiamiento, son las instituciones, específicamente las que diseñan, implantan y operan los programas.

El caso del proyecto ILUMEX es un ejemplo muy claro de la perspectiva mencionada. De tal manera que, de no existir un claro convenio con los directivos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el proyecto no habría progresado más allá de una interesante propuesta.

3.2 LÁMPARAS COMPACTAS FLUORESCENTES

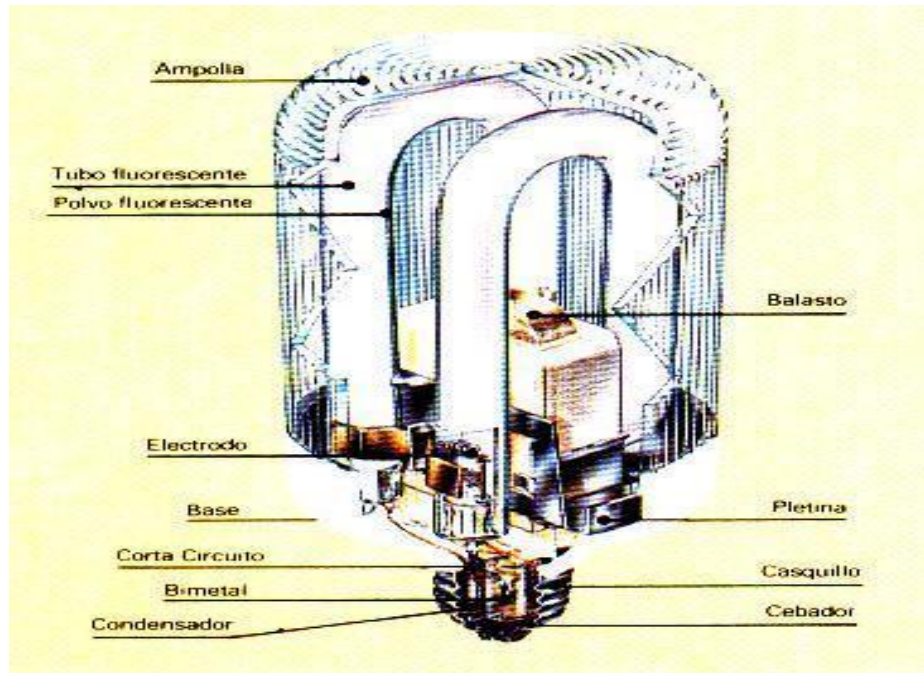
El uso masivo de la iluminación eléctrica tiene sus inicios a finales del siglo XIX cuando Tomás Alva Edison patentó e inicia la producción industrial de lámparas incandescentes. Estas lámparas funcionan a partir de un flujo de electricidad que atraviesa un conductor eléctrico que se calienta y llega a un estado en el que produce luz. Esto requiere de materiales especiales en el conductor, además de que se requieren recipientes de vidrio al vacío.

Las alteraciones en el mercado petrolero de hace casi treinta años llevaron a redefinir muchas cuestiones en el campo de la energía y a abrir oportunidades para nuevas tecnologías de uso final y por el alto consumo de energía que representa, para la iluminación se desarrollaron y entraron al mercado las llamadas lámparas compactas fluorescentes (LFC).

Estas lámparas funcionan por la corriente eléctrica que fluye a través de un gas, contenido en un tubo de vidrio recubierto por dentro de material fluorescente, que tiene menor resistencia eléctrica que el filamento de una lámpara incandescente y que, aprovecha mucho mejor la electricidad para convertirla en luz.

Estas lámparas consumen una cuarta parte de la energía que una incandescente, duran hasta diez veces más y se conectan de la misma manera que los focos. Por los elementos que integra, el costo de las LCFS llega a ser hasta veinte veces más que lo que una convencional, lo que hace que requieran, para su uso generalizado, de algún tipo de estímulo o programa de promoción.

Ilustración 3.1 Lámpara fluorescente



3.3 ANTECEDENTES DE ILUMEX

En México, las primeras acciones institucionales del gobierno federal para ahorrar energía ocurren simultáneamente a principios de la década de los ochenta en la Comisión Federal de Electricidad y en Petróleos Mexicanos (PEMEX).

En esta perspectiva, por cerca de diez años, y dadas las limitadas capacidades económicas y técnicas con las que operaba el área de la CFE responsable del ahorro de energía, los esfuerzos se concentraron en acciones de promoción e información mediante seminarios a lo largo y ancho del país.

3.4 FIPATERM

En 1989 se inicia en México el primer programa de ahorro de energía del lado de la demanda con la formalización de un proyecto de aislamiento térmico de techos de casas en Mexicali, Baja California. Este programa se ha orientado, desde sus inicios, a reducir los consumos de electricidad en aire acondicionado en esa región, que es la que mayor consumo unitario tiene en nuestro país por sus condiciones climáticas en el verano.

La contribución de este programa fue el hecho de que, por primera vez, una empresa eléctrica mexicana realizó acciones “del otro lado del medidor” y se pusieron en operación mecanismos de comercialización de sistemas de ahorro de energía y de cobro de productos mediante la factura eléctrica, lo cual fue muy útil, como antecedente institucional, para la realización de ILUMEX.

3.4.1 Los proyectos piloto de iluminación residencial

En un hogar promedio en México, la electricidad utilizada para hacer funcionar focos y lámparas supera 25% del consumo total de esta forma de energía. Para el Sistema Eléctrico Nacional, la demanda que tiene la iluminación residencial es determinante de los perfiles horarios de demanda eléctrica y, dado que coinciden con la demanda máxima, su evolución es un factor determinante de las necesidades de inversiones del sector. Esta circunstancia fue clave para que la CFE como la empresa idónea para llevar adelante programas de ahorro de energía en iluminación residencial.

Los proyectos se pueden ubicar en las tres categorías que se enumeran y explican a continuación:

a) Aceptación de los usuarios a la tecnología. Este fue el propósito del primer proyecto, realizado en Hermosillo, Sonora, y en él regalaron lámparas a los usuarios para que las utilizaran y opinaran sobre la tecnología. La respuesta fue positiva y dio luz verde para los siguientes proyectos.

b) Demostración de los beneficios a la red eléctrica. Con dos proyectos, en los que se regalaron lámparas a hogares en comunidades con distintos niveles sociales en Puebla y Querétaro, y con los que se comparó, para cada localidad, lo que ocurría con comunidades pares en las que no se conectan lámparas ahorradoras, se estableció que, efectivamente, las LCF reducían los picos de demanda por las noches y que, además, no reducían de manera significativa el factor de potencia, variable muy importante para las empresas eléctricas. Estas demostraciones, permitieron que éstas corroboraran los impactos positivos del uso de las LCF y que, tácitamente, se adhirieran al proceso.

c) Prueba de mecanismos de comercialización. Con los resultados de los proyectos previos, la Dirección General de la CFE aprobó la asignación de fondos para la compra de varios miles de lámparas para ser comercializadas, sin cobro de intereses, entre usuarios de la CFE. El proyecto se llevó a cabo en Valladolid Yucatán. En un principio, el programa buscó que los usuarios compraran las lámparas en las oficinas o en tiendas de autoservicio, pero el mecanismo no funcionó y las ventas no cumplían las expectativas. El problema se resolvió con un sistema de ventas aprovechando el sistema de “aboneros”, que son vendedores que van de casa en casa promoviendo una gran variedad de productos. A su vez, se estableció el sistema de cobro de las lámparas de manera integral al proceso de cobro del servicio eléctrico.

Estos proyectos, además de ser un ejemplo de evolución cuidadosa de un programa que va de menos a más en escala y en complejidad, fueron los que permitieron establecer las bases técnicas e institucionales para poder concretar a cabo un programa de mayor escala.

3.5 EL PROYECTO ILUMEX

El Banco Mundial (BM) identifica a México como un país candidato por sus niveles de consumo de electricidad, por su alta dependencia en combustibles fósiles en la generación de electricidad, a utilizar fondos del Global Environmental Facility (GEF), creado recientemente para apoyar proyectos orientados a reducir emisiones de gases de efecto invernadero. Esta iniciativa propicia que se lleven a cabo una serie de actividades, sin precedentes no sólo para la CFE sino también para el BM, que permiten que vaya adelante el llamado Proyecto de Uso Racional de Iluminación en México (ILUMEX).

3.5.1 El proceso de diseño

Uno de los mayores retos para la realización de ILUMEX fue que no existían antecedentes de proyectos del lado de la demanda financiados por la banca de desarrollo internacional, y que la mayor parte de su experiencia estaba relacionada, con grandes proyectos de infraestructura, de oferta energética.

El primer paso en el proceso de diseño de ILUMEX fue, la definición de sus objetivos y alcance en función de las necesidades de México en general. La CFE en particular le interesaba, que el proyecto apoyara la reducción de la demanda en horas pico, que se oriente a los usuarios con mayor nivel de subsidio y que el proyecto se realice en las dos ciudades principales del país: Guadalajara y Monterrey. El BM estimó que el número de lámparas a ser comercializadas durante el proyecto sería cercano a los 1.7 millones. Estas consideraciones fueron punto de partida para el análisis de previabilidad del proyecto.

Como elementos principales en el diseño del proyecto se estableció lo siguiente:

a) Estudio de mercado. Pieza fundamental en el proceso análisis de previabilidad del proyecto fue la encuesta preliminar a usuarios. Esta encuesta, que se aplicó en 1992 en Guadalajara y Monterrey, permitió conocer las actitudes de los usuarios ante la tecnología de iluminación y el número de lámparas que pudieran ser sustituidas por otras más eficientes por casa. El promedio de lámparas por casa fue 7 para Guadalajara y 11 para Monterrey, en porcentajes de “puntos de luz” donde se podrían instalar LCFS fue 97% para Guadalajara y 87% para Monterrey. La encuesta confirmó que el estimado inicial de una meta de 1.7 millones de lámparas a sustituir era correcto.

b) Diseño del proceso de entrega de las lámparas. En el proceso de diseño de ILUMEX se estableció una estrategia con tres posibles niveles de acciones en función de la aceptación de su mercado. Los niveles considerados se definieron en función del posible costo para el programa y fueron en orden de menor a mayor costo: a) compra en agencias de CFE, lo que requeriría que las personas interesadas fueran a estas agencias b) trailer móvil que llevase las lámparas a las colonias donde se ubicada el mercado c) visita casa por casa, con un mecanismo similar al establecido en la experiencia de Valladolid.

c) Análisis costo-beneficio. Con los datos de la encuesta se hizo un análisis de sensibilidad que estableció la rentabilidad del proyecto desde varias perspectivas (usuario, empresa eléctrica y país), con lo cual, se tomó la decisión de ir adelante con el proceso del proyecto. Uno de los elementos en el diseño del programa que permitió un nivel aceptable de rentabilidad desde las tres perspectivas señaladas, fue que las lámparas serían adquiridas, en una compra de gran volumen, por la CFE, lo cual permitió reducir su costo y aumentar los beneficios del proyecto.

3.5.2 El proceso de implantación

a) Financiamiento. El proyecto fue financiado con tres aportaciones: 1) US \$10 millones de dólares estadounidenses por parte de la CFE 2) diez millones de dólares de donación del Global Environmental Facility 3) tres millones de dólares de donación por el gobierno de Noruega. El convenio para las donaciones fue firmado entre el gobierno de México, el Banco de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) y el Banco Mundial.

b) Integración de los equipos administrativos. Para llevar adelante el proyecto se estableció una organización de tres niveles con distintas responsabilidades.

- I. Comité central. Tuvo la función de determinar y supervisar las políticas y estrategias para el proyecto y estuvo integrado por personal de la Subdirección de Distribución de la CFE.
- II. Unidad coordinadora del proyecto. Esta unidad tuvo la función de coordinar y supervisar las unidades operativas responsables del desarrollo del proyecto, que fueron los fideicomisos. Igualmente, se integró la información requerida por BANOBRAS, el BM y el gobierno de Noruega para la evaluación de resultados y del proceso de ILUMEX.
- III. Fideicomisos. Para la ejecución de ILUMEX se establecieron dos fideicomisos, uno para Guadalajara y el otro para Monterrey (Filumex Jalisco y Filumex Nuevo León). La CFE actuó como fideicomitente y fideicomisario, mientras que la participación de BANOBRAS fue como fiduciario.

c) Especificaciones técnicas de las LCF. Las lámparas del proyecto fueron adquiridas por la CFE en tres licitaciones públicas internacionales. Para estas licitaciones se establecieron especificaciones técnicas muy exigentes en parámetros como eficacia, distorsión de armónica, factor de potencia, temperatura e índice de rendimiento de color, y vida útil para las lámparas que sustituyeran a focos incandescentes de 60, 75 y 100 Watts. Estas especificaciones fueron probadas y certificadas por un laboratorio especializado en iluminación ubicado en el Distrito Federal.

d) Proceso de venta. El proceso de ventas de ILUMEX se inició en abril de 1995 y concluyó en diciembre de 1998. Los principales elementos en este proceso fueron los siguientes:

- I. Venta de las lámparas. Para la venta de las lámparas se diseñaron e instalaron, principalmente en las áreas de atención al público de las agencias de la CFE, módulos de venta específicos del proyecto. Asimismo, el proyecto fue promovido en todos los medios de comunicación.
- II. Condiciones de venta. Los únicos usuarios de la CFE con derecho a compra de venta de lámparas fueron los que estuvieran en tarifa doméstica y al corriente de sus pagos. Se vendieron un máximo de diez lámparas por usuario, ya sea al contado o a plazos de hasta 12 bimestres, a pagar con el recibo del servicio eléctrico. Para la entrega de las lámparas se requirió de la firma de un contrato de compra-venta entre el adquiriente y el fideicomiso.
- III. Pago. Los compromisos establecidos entre el usuario de la CFE y el fideicomiso fueron comunicados a la CFE para su posterior cobro. En caso de existir algún retraso o problema de pago de las LCF por parte del usuario, la CFE no interrumpía el servicio sino que sólo se lo comunicaba al fideicomiso para que éste llevase adelante las acciones legales correspondientes.

3.5.3 La evaluación

El proceso del proyecto ILUMEX implicó un análisis preciso de diversos impactos (económicos, ambientales y de mercado) de un programa de ahorro de energía, lo cual ocurrió por primera vez en México y en el propio Banco Mundial. Para esto fue necesario recabar y analizar información diversa:

- I. Encuesta a usuarios. Para evaluar el impacto de ILUMEX en la transformación del mercado de lámparas y en el reconocimiento y aceptación de las LCF por los usuarios, se realizó encuestas entre éstos, participantes y no participantes en el proyecto.
- II. Mediciones eléctricas en casas. Para establecer el ahorro de energía y el impacto sobre la demanda en hora pico del proyecto, se llevaron a cabo dos campañas de mediciones de tiempo de uso y de factor de coincidencia de las LCF en las propias casas de los usuarios en 1997 y en 1998.

- III. Auditoría de certificación y verificación de impacto ambiental. Dado que el GFE y el gobierno Noruego hacen donaciones en función de las reducciones estimadas de gases de efecto invernadero, la evaluación del impacto de ILUMEX en este aspecto fue muy importante. Para esto se hizo una extensa auditoría que incluyó comentarios al diseño y operación del proyecto para establecer el grado de replicabilidad y de sustentabilidad de proyectos de este tipo.

3.5.4 Los resultados

El proyecto ILUMEX logró cumplir con la mayor parte de las expectativas de quienes lo diseñaron y operaron.

a) Lámparas vendidas. Por medio de ILUMEX se vendieron, de abril de 1988 a diciembre de 1995, 2.45 millones de LCF (1.31 millones en Guadalajara y 1.15 millones en Monterrey), superando ampliamente las expectativas de venta definidas en el proceso de diseño del proyecto.

b) Impacto en la red eléctrica. Se logró un ahorro de energía eléctrica por 302 GWh y se evitó una demanda asociada por 56 MW.

c) Impacto ambiental. Se evitó la emisión de 233 miles de toneladas de CO₂ en función de la mezcla de generación de electricidad en los puntos donde se ahorró la energía con el uso de las LCF.

3.6 AZOTEAS Y MUROS VERDES, UNA OPCIÓN RENTABLE

La tendencia internacional en la construcción se inclina a los llamados edificios verdes, esta alternativa surge como respuesta a las grandes cantidades de energía que se consume en este sector tanto en la ejecución de la obra, como en el uso al que se destinará una vez habitada.

De acuerdo con el Consejo Mexicano de Edificación Sustentable (CMES), los edificios representan el 65% del consumo total de energía, emiten el 30% de gases de efecto invernadero y consumen el 35% de agua.

Es por ello que en México, muchas son las alternativas que han surgido para hacer frente a la crisis de los energéticos y ahorrar lo más posible estos recursos vitales para la vida futura.

Una empresa constructora sustentable mexicana, que provee servicios de diseño, instalación, mantenimiento de azoteas y muros verdes, es Econstrucción, donde a través de un proceso de ingeniería ecológica, pretende aumentar la eficiencia en el uso, transporte, limpieza y reciclaje de los desperdicios de una obra, así como de recursos no renovables como agua, luz y gas.

Una azotea verde reduce considerablemente el efecto “isla térmica”, que es un fenómeno climático ocasionado por el calor que emiten los vehículos, los procesos industriales y los rayos solares al reflejarse en el asfalto, en el concreto y en las azoteas impermeabilizadas de las áreas urbanas, lo que ayuda a disminuir la temperatura ambiente. Entre otras bondades, también protege la loza y el impermeabilizante del calor y de los rayos ultravioleta.

Por citar un ejemplo, un día soleado de verano, la temperatura de una azotea común puede llegar a oscilar entre los 25 y 50°C. Una azotea verde, dependiendo de su estructura, puede reducir los cambios de temperatura en la loza hasta un 100%. Esto trae grandes ahorros en el uso de aire acondicionado, disminuyendo hasta un 40% su uso.

Los beneficios económicos de una azotea garantiza una vida más larga a la estructura del edificio; reduce los costos de energía; capta agua pluvial que puede ser reutilizada para riego; garantiza la impermeabilización hasta por 30 años y aumenta la tasa de retención de los inquilinos gracias al aumento en confort.

Ilustración 3.2 Azotea verde



3.7 ENERGÍA SOLAR

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables, particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 watt/m² en la superficie terrestre, que es un valor energético interesante para aprovechar.

3.7.1 Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica es una de las maneras de aprovechar esa energía solar, en su transformación directa en energía eléctrica mediante la liberación de electrones de un material semiconductor, normalmente el silicio, por efecto de los fotones de la radiación solar incidente sobre el mismo. La tecnología consiste en que parte de los electrones liberados salgan al exterior del material semiconductor para utilizarlo como corriente eléctrica útil.

Este proceso se produce en un elemento que se denomina célula fotovoltaica, que consiste generalmente en un diodo especialmente fabricado para dicha aplicación, a la que se le adosan mallas colectoras metálicas. La unión de células fotovoltaicas, encapsulado y enmarcado da como resultado los paneles o módulos fotovoltaicos de utilización doméstica e industrial, como generadores eléctricos de corriente continua.

3.7.2 Antecedentes

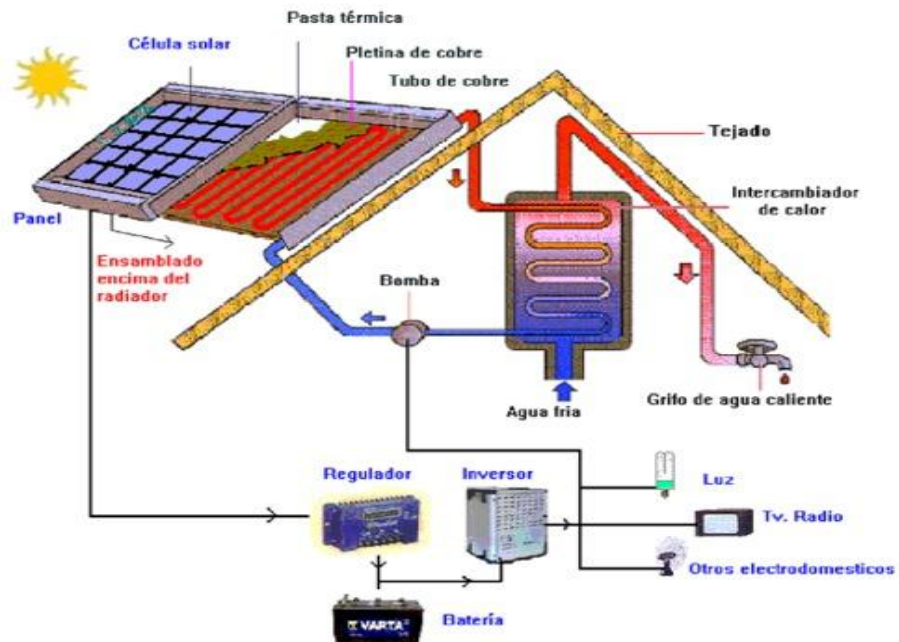
Las expectativas de aplicación de la energía fotovoltaica tuvieron un enérgico impulso en la década de los 70's, debido a que en ese momento se aceptó políticamente a conseguir en forma perentoria que las energías renovables se convirtieran en importantes fuentes energéticas. Una prueba era que a todas las fuentes de energía renovable en ese momento se les comienza a denominar de forma genérica energías alternativas.

En esos momentos, había una tendencia a incrementar el costo del petróleo, así como de la construcción, mantenimiento y administración de los residuos en las centrales nucleares, además de una creciente preocupación sobre la contaminación del medio ambiente.

Ilustración 3.3 células fotovoltaicas



Ilustración 3.4 Instalación de equipo de una casa para generar energía fotovoltaica



Los planificadores no dudaron en prever un rápido y significativo aporte de la energía solar fotovoltaica, entre otras energías renovables, a satisfacer las necesidades energéticas del mundo. Ya en ese entonces los módulos solares fotovoltaicos se empleaban en la tecnología espacial y en algunas aplicaciones muy específicas, principalmente de telecomunicación, en lugares remotos donde la llegada de líneas eléctricas era inviable o demasiado costosa.

Si bien la ecología sigue siendo un factor importante que preocupa en forma creciente a los responsables energéticos y cada vez tiene más injerencia en las decisiones estratégicas, no es un tema determinante como se esperaba hace años. Pareciera que todavía no se considera adecuado pagar un costo extra por la generación de energía más limpia.

Por éstas y otras razones, el grado de implementación previsto de las energías renovables, y en especial la energía solar fotovoltaica, no ha sido tan optimista como inicialmente se había previsto y ello originó que hubiera un reajuste significativo en las inversiones y estrategias en el sector.

De todas maneras, el empuje de aquellos años trajo consigo un progreso constante de la industria fotovoltaica y nuevas razones se han añadido a mantener vigentes las expectativas iniciales. En 1982 se fabricaban 7.7 MW de elementos solares fotovoltaicos, y en 1995, 56 MW. Desde esa fecha ha habido un incremento permanente y constante en la producción.

3.7.3 Disminución de costos

El costo de un watt de módulo fotovoltaico en 1982 era superior a los 10 pesos, actualmente se ha reducido a la mitad y sigue en proceso de reducción. Además, la producción ha pasado de limitadas series de módulos especializados a producciones en cadena de módulos estándar.

De esa forma, lenta pero segura, la energía solar fotovoltaica va tendiendo a constituir una solución ideal para una serie de aplicaciones cada vez más extendida, en las que el desembolso inicial correspondiente está plenamente justificado y que los usuarios paulatinamente van valorando.

El progreso de la energía solar fotovoltaica y su permanente desarrollo no es fácil, ya que requiere una labor continua de trabajo e investigación permanente de empresas, universidades e instituciones y los avances técnicos no se consiguen con descubrimientos revolucionarios, sino por una serie de iniciativas valiosas pero constantes, propensas a reducir costos y aumentar los rendimientos energéticos de los módulos solares para hacer atractiva su aplicación.

3.7.4 Producción y rendimiento

En la producción actual se consigue, por métodos convencionales, un rendimiento del 12-13% de la energía solar incidente sobre la superficie de un módulo que se convierte a electricidad y con el fin de mantener la trayectoria de continuo desarrollo tecnológico, en células solares de silicio cristalino.

Actualmente se consiguen rendimientos a escala industrial del 16-17%, lo que supone que el aprovechamiento de la energía solar para la producción directa de energía eléctrica mejora al menos en un 20% los rendimientos de las técnicas convencionales. En el proceso de fabricación se han incorporado, entre otras tecnologías, un nuevo tratamiento de la superficie frontal de la célula, propenso a lograr un mayor rendimiento.

Por ello, la tendencia está conduciendo hacia una generación eléctrica que va empleando un porcentaje cada vez más significativo de energía fotovoltaica. El alcance de este objetivo depende de muchos factores y uno de ellos es la capacidad de la industria fotovoltaica de mantener el ritmo constante de progreso, como los conseguidos hasta ahora.

Nadie duda que la energía fotovoltaica constituya la posibilidad de contar con energía eléctrica en cualquier lugar aislado, que es un sistema generador modular, de fácil extensión y con una larga vida útil, y que además emplee una tecnología respetuosa del medio ambiente, de gran fiabilidad y mínimo mantenimiento.

3.7.5 Aplicaciones

a) Plantas de electrificación. Para usinas solares autónomas o conectadas a la red. Son utilizadas para la electrificación de pueblos aislados o en apoyo a la red.

b) Electrificación y usos en zonas rurales. Para la alimentación eléctrica en lugares aislados, donde la implantación de redes de electrificación constituye una alta inversión económica.

c) Señalizaciones y alumbrados en generales. Balizajes para la marina y aeronáutica, rutas, plazas, edificios, antenas, faros en las costas, refugios de montañas o zonas de acceso complicado.

d) Bombeo. Para el suministro de agua para el consumo. Permiten, por su confiabilidad, eliminar los gastos de mantenimiento y de combustible de las motobombas.

e) Señalizaciones radioeléctricas. Para usos marinos o aeronáuticos en sitios aislados.

f) Telefonía rural o servicios públicos de larga distancia. Para la conexión de teléfonos rurales a la red de telecomunicación. Se emplean porque a menudo es imposible contar con energía eléctrica o con un suministro confiable debido al aislamiento de los lugares.

g) Estaciones satelitales. Para abastecer el consumo eléctrico cuando las redes son inexistentes o poco confiables.

h) Repetidoras de microondas. Para instalación en lugares altos y de difícil acceso.

i) Protección catódica. Para producción de instalaciones metálicas como canalizaciones de gas, y agua, que son deterioradas por la corrosión.

3.8 ENERGÍA EÓLICA

Es la energía obtenida del viento, o sea, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

El término eólico viene del latín Aeolicus, perteneciente o relativo a Eolo, dios de los vientos en la mitología griega. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas.

La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Sin embargo, el principal inconveniente es su intermitencia.

3.8.1 Cómo se produce y obtiene

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

Los vientos son generados a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar, entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. De día, las masas de aire sobre los océanos, los mares y los lagos se mantienen frías con relación a las áreas vecinas situadas sobre las masas continentales.

Los continentes absorben una menor cantidad de luz solar, por lo tanto, el aire que se encuentra sobre la tierra se expande, y por lo tanto, se eleva. El aire más frío y más pesado que proviene de los mares, océanos y grandes lagos se pone en movimiento para ocupar el lugar dejado por el aire caliente.

3.8.2 Parque eólico

Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones diurnas y nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la entidad de las ráfagas en espacios de tiempo breves, y valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que éste alcance una velocidad mínima de 12 Km./h, y que no supere los 65 Km./h.

Ilustración 3.5 producción de energía eólica

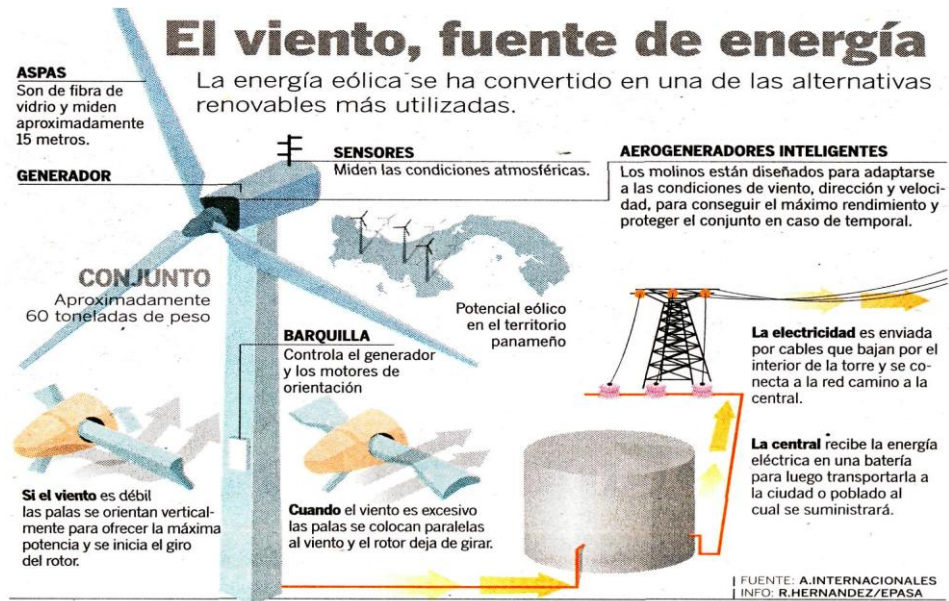
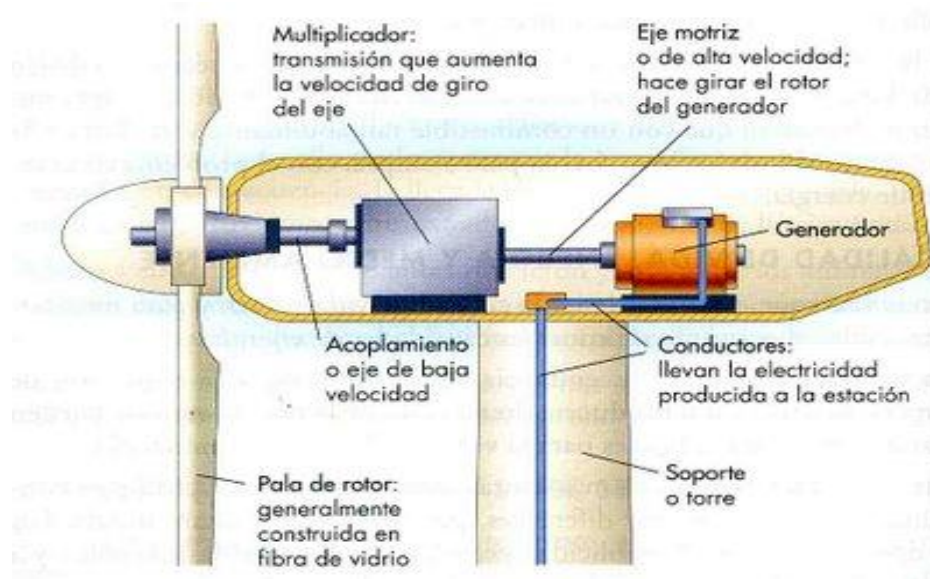


Ilustración 3.6 partes interiores de máquinas eólicas o aeromotores



La energía del viento es utilizada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotores) capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operativas, como para la producción de energía eléctrica.

La baja densidad energética, de la energía eólica por unidad de superficie, trae como consecuencia la necesidad de proceder a la instalación de un número mayor de máquinas para el aprovechamiento de los recursos disponibles. El ejemplo más típico de una instalación eólica son los "parques eólicos" (varios aerogeneradores implantados en el territorio conectados a una única línea que los conecta a la red eléctrica local o nacional).

Ilustración 3.7 parque eólico



3.8.3 Ventajas de la energía eólica

- a) Es un tipo de energía renovable, ya que tiene su origen en procesos atmosféricos debidos a la energía que llega a la Tierra procedente del Sol.
- b) Es una energía limpia, ya que no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes.
- c) No requiere una combustión que produzca dióxido de carbono (CO₂), por lo que, no contribuye al incremento del efecto invernadero ni al cambio climático.
- d) Puede instalarse en espacios no aptos para otros fines, por ejemplo en zonas desérticas, próximas a la costa, en laderas áridas y muy empinadas para ser cultivables.
- e) Puede convivir con otros usos del suelo, por ejemplo: prados para uso ganadero o cultivos bajos como trigo, maíz, patatas, remolacha, etc. Crea un elevado número de puestos de trabajo en las plantas de ensamblaje y las zonas de instalación.

- f) Su instalación es rápida, entre 6 meses y un año.
- g) Su inclusión en un sistema interligado permite, cuando las condiciones del viento son adecuadas, ahorrar combustible en las centrales térmicas y agua en los embalses de las centrales hidroeléctricas.
- h) Su utilización combinada con otros tipos de energía, habitualmente la solar, permite la autoalimentación de viviendas, terminando así con la necesidad de conectarse a redes de suministro, pudiendo lograrse autonomías superiores a las 82 horas, sin alimentación desde ninguno de los 2 sistemas.
- i) Posibilidad de construir parques eólicos en el mar, donde el viento es más fuerte, más constante y el impacto social es menor, aunque aumentan los costos de instalación y mantenimiento.

3.8.4 Inconvenientes de la energía eólica

Debido a la falta de seguridad en la existencia de viento, la energía eólica no puede ser utilizada como única fuente de energía eléctrica. Por lo tanto, para salvar los "valles" en la producción de energía eólica es indispensable un respaldo de las energías convencionales (centrales de carbón o de ciclo combinado, y más recientemente de carbón limpio).

Sin embargo, cuando respaldan la eólica, las centrales de carbón no pueden funcionar a su rendimiento óptimo, que se sitúa cerca del 90% de su potencia. Por tanto, en el modo "respaldo", las centrales térmicas consumen más combustible por kW/h producido. También, al subir y bajar su producción cada vez que cambia la velocidad del viento, se desgasta más la maquinaria.

Además, la variabilidad en la producción de energía eólica tiene importantes consecuencias:

- a) Para evacuar la electricidad producida por cada parque eólico (que suelen estar situados además en parajes naturales apartados) es necesario construir unas líneas de alta tensión que sean capaces de conducir el máximo de electricidad que sea capaz de producir la instalación. Esto significa poner cables 4 veces más gruesos, y a menudo torres más altas, para acomodar correctamente los picos de viento.
- b) Es necesario suplir las bajadas de tensión eólicas "instantáneamente" (aumentando la producción de las centrales térmicas), pues sino se hace así se producirían apagones generalizados por bajada de tensión. Este problema podría solucionarse mediante dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica. Pero la energía eléctrica producida no es almacenable: es instantáneamente consumida o perdida.

c) Técnicamente, uno de los mayores inconvenientes de los aerogeneradores es el llamado hueco de tensión. Ante uno de estos fenómenos, las protecciones de los aerogeneradores con motores de jaula de ardilla se desconectan de la red para evitar ser dañados y, por tanto, provocan nuevas perturbaciones en la red, en este caso, falta de suministro. Este problema se soluciona mediante la modificación eléctrica de los aerogeneradores, lo que resulta bastante costoso.

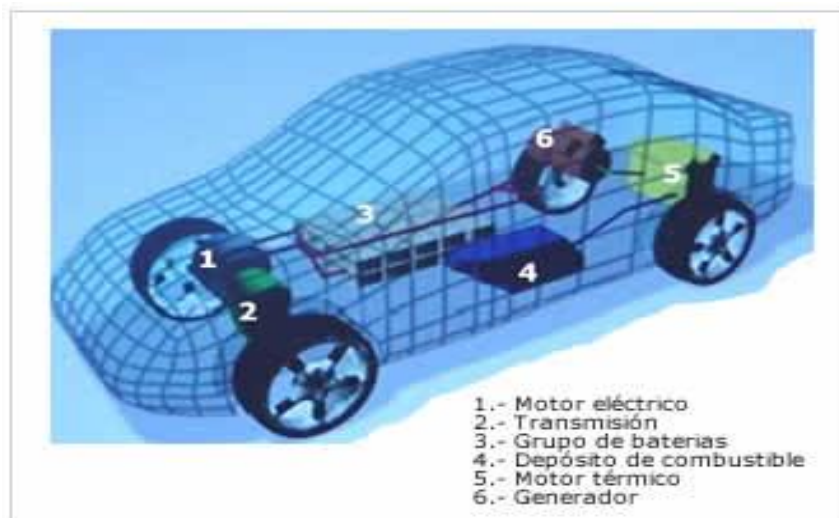
d) Uno de los grandes inconvenientes de este tipo de generación, es la dificultad intrínseca de prever la generación con antelación. Dado que los sistemas eléctricos son operados calculando la generación con un día de antelación en vista del consumo previsto, la aleatoriedad del viento plantea serios problemas. Igualmente, grupos de generación eólica no pueden utilizarse como nudo oscilante de un sistema.

e) Además de la evidente necesidad de una velocidad mínima en el viento para poder mover las aspas, existe también una limitación superior: una máquina puede estar generando al máximo de su potencia, pero si el viento aumenta lo justo para sobrepasar las especificaciones del molino, es obligatorio desconectar ese circuito de la red o cambiar la inclinación de las aspas para que dejen de girar, puesto que con viento de altas velocidades la estructura puede resultar dañada por los esfuerzos que aparecen en el eje.

3.9 VEHÍCULO ELÉCTRICO

Un vehículo eléctrico es un vehículo de combustible alternativo impulsado por uno o más motores eléctricos. La tracción puede ser proporcionada por ruedas o hélices impulsadas por motores rotativos, o en otros casos, utilizar otro tipo de motores no rotativos, como los motores lineales, los motores inerciales, o aplicaciones del magnetismo como fuente de propulsión, como es el caso de los trenes de levitación magnética.

Ilustración 3.8 vehículo eléctrico



A diferencia de un motor de combustión interna que está diseñado específicamente para funcionar quemando combustible, un vehículo eléctrico obtiene la tracción de los motores eléctricos. Se clasifican según las fuentes de energía eléctrica:

a) Energía almacenada con sistemas recargables, cuando se estaciona, almacena y posteriormente es consumida durante su desplazamiento. Las principales formas de almacenamiento son:

- I. Energía eléctrica almacenada en súper condensadores.
- II. Almacenamiento de energía cinética, con volante de inercia sin rozamiento.

Ilustración 3.9 almacenamiento de energía



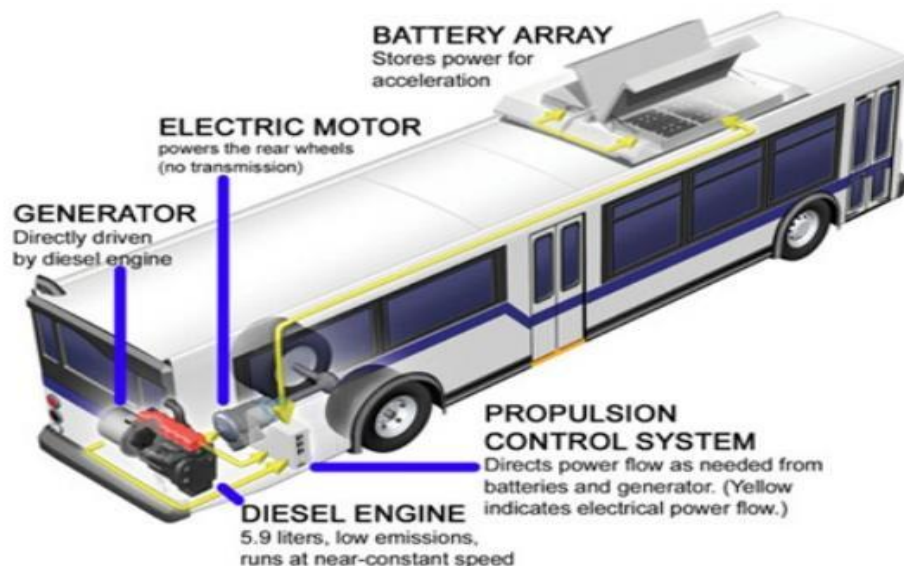
b) Alimentación externa del vehículo durante todo su recorrido, con un aporte constante de energía, como es común en el tren eléctrico y el trolebús.

c) Fuentes que permiten la generación eléctrica a bordo del vehículo durante el desplazamiento, como son:

- I. La energía solar generada con placas fotovoltaicas, es un método no contaminante durante la producción eléctrica.
- II. Generados a bordo usando una célula de combustible.

- III. Generados a bordo usando energía nuclear, como son el submarino y el portaaviones nuclear.
- d) También es posible disponer de vehículos eléctricos híbridos, cuya energía proviene de múltiples fuentes, tales como:
 - I. Almacenamiento de energía recargable y un sistema de conexión directa permanente.
 - II. Almacenamiento de energía recargable y un sistema basado en la quema de combustibles, incluye la generación eléctrica con un motor de explosión y la propulsión mixta con motor eléctrico y de combustión.

Ilustración 3.10 vehículo eléctrico híbrido



3.9.1 Historia del vehículo eléctrico

El coche eléctrico fue uno de los primeros automóviles que se desarrollaron, hasta el punto que existieron pequeños vehículos eléctricos anteriores al motor de cuatro tiempos sobre el Diesel (motor diésel) y Benz (gasolina). Entre 1832 y 1839, el hombre de negocios escocés Robert Anderson, inventó el primer vehículo eléctrico puro.

En 1900, antes de la preeminencia de los motores de combustión interna, los automóviles eléctricos realizaron registros de velocidad y distancia notables, la velocidad máxima fue de 105,88 km/h.

Los automóviles eléctricos, producidos en los Estados Unidos por Anthony Electric, Baker, Detroit, Edison, y otros durante principios del siglo XX tuvieron relativo éxito comercial debido a que fueron vendidos como coche para la clase alta y, con frecuencia se comercializan como vehículos adecuados para las mujeres por su conducción limpia, tranquila y de fácil manejo, especialmente al no requerir el arranque manual con manivela que si necesitaban los automóviles de gasolina de la época.

La introducción del arranque eléctrico del Cadillac en 1913 simplificó la tarea de arrancar el motor de combustión interna, antes de esta mejora resultaba difícil y a veces peligroso. Esta innovación, junto con el sistema de producción en cadenas de montaje de forma masiva y relativamente barata implantado por Ford desde 1908 contribuyó a la caída del vehículo eléctrico. Además, las mejoras se sucedieron a mayor velocidad en los vehículos de combustión interna que en los vehículos eléctricos.

A finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico desapareció por completo, quedando relegada a algunas aplicaciones industriales muy concretas, como montacargas (introducidos en 1923 por Yale), toros elevadores de batería eléctrica, o más recientemente carros de golf eléctricos.

3.9.2 Consumo

El futuro de los vehículos puramente eléctricos (sin contar con el apoyo de un motor de combustión interna) pasaran por las nuevas generaciones de acumuladores químicos (Batería de ión de litio) cada vez con mayor densidad de carga, permitiendo mover motores más potentes y aumentando la autonomía hasta los 200 e incluso 400 km.

El gasto energético del motor de un vehículo eléctrico oscila entre los 10 y los 20 kWh en un recorrido de 100 km. Tomando como ejemplo el consumo anunciado para el Tesla Roadster de 11 kWh/100 km (un deportivo de 180 kW de potencia máxima). Suponiendo una eficiencia de carga del 85% y una eficiencia del ciclo de descarga del 95% (80% en picos de potencia).

Comparándolo con el consumo de un vehículo equipado con un motor convencional. Por ejemplo: un pequeño utilitario con un motor muy frugal consume 4,5 L/100 km (Renault Clío 1.5dci).

3.10 VEHÍCULO HÍBRIDO

Un vehículo híbrido es un vehículo de propulsión alternativa movido por energía eléctrica proveniente de baterías y, alternativamente, de un motor de combustión interna que mueve un generador. Normalmente, el motor también puede impulsar las ruedas en forma directa. En el diseño de un automóvil híbrido, el motor térmico es la fuente de energía que se utiliza como última opción, y se dispone un sistema electrónico para determinar qué motor usar y cuándo hacerlo.

En el caso de híbridos gasolina-eléctricos, cuando el motor de combustión interna funciona, lo hace con su máxima eficiencia. Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga baterías del sistema. En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería. En algunos casos es posible recuperar la energía cinética al frenar, suele disiparse en forma de calor en los frenos, convirtiéndola en energía eléctrica. Este tipo de frenos se suele llamar "regenerativos".

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en la ciudad), hace que estos vehículos alcancen mejores rendimientos que los vehículos convencionales.

Todos los coches eléctricos utilizan baterías cargadas por una fuente externa, lo que les ocasiona problemas de autonomía de funcionamiento sin recargarlas. Esta queja habitual se evita con los coches híbridos.

Los vehículos híbridos se clasifican en dos tipos:

- I. Paralelo: tanto el motor térmico como el eléctrico pueden hacer girar las ruedas.
- II. Serie: el motor térmico genera electricidad y la tracción la proporciona sólo el motor eléctrico.

Asimismo pueden clasificarse en:

- I. Regulares, que utilizan el motor eléctrico como apoyo.
- II. Enchufables (también conocidos por sus siglas en inglés PHEVs), que emplean principalmente el motor eléctrico y se pueden recargar enchufándolos a la cadena cinemática.

3.10.1 Rendimiento

Dado que el mayor consumo de los vehículos se da en ciudad, los motores híbridos constituyen un ahorro energético notable, mientras que un motor térmico necesita incrementar sus revoluciones para aumentar su par, el motor híbrido en cambio tiene un par (fuerza del motor) constante, es decir, produce la misma aceleración al comenzar la marcha que con el vehículo en movimiento.

Otro factor que penaliza el rendimiento brutalmente en recorridos urbanos es la forma de detener el vehículo. Esta detención se realiza mediante un proceso tan ineficiente como es disipar y destruir la energía en forma de movimiento, energía cinética, que lleva el vehículo para transformarla en calor liberado inútilmente al ambiente.

He aquí donde el sistema híbrido toma su mayor interés. Por una parte combina un pequeño motor térmico, suficiente para el uso en la inmensa mayoría de las ocasiones, de buen rendimiento y, por tanto, bajo consumo y emisiones contaminantes, con un sistema eléctrico capaz de realizar dos funciones vitales.

El principal problema al que se enfrenta la industria del automóvil para fabricar vehículos eficientes son las propias exigencias del consumidor. Debido al bajísimo precio (en relación a otras fuentes de energía) de los combustibles fósiles, gracias a que el petróleo es una fuente que la humanidad ha encontrado fácilmente disponible, no contribuye a concientizar a la población para un ahorro energético.

3.10.2 El problema del almacenamiento en las baterías

El gran problema actual con el que se encuentra el motor híbrido para sustituir al térmico en el vehículo es la capacidad de acumulación de energía eléctrica, que es muy baja en comparación con la capacidad de acumulación de energía en forma de combustible. Aproximadamente, 1 kg de baterías puede almacenar la energía equivalente de 18 gramos de combustible, si bien este cálculo no tiene en cuenta el escaso aprovechamiento energético de esa energía en un motor de combustión, en comparación con un motor eléctrico.

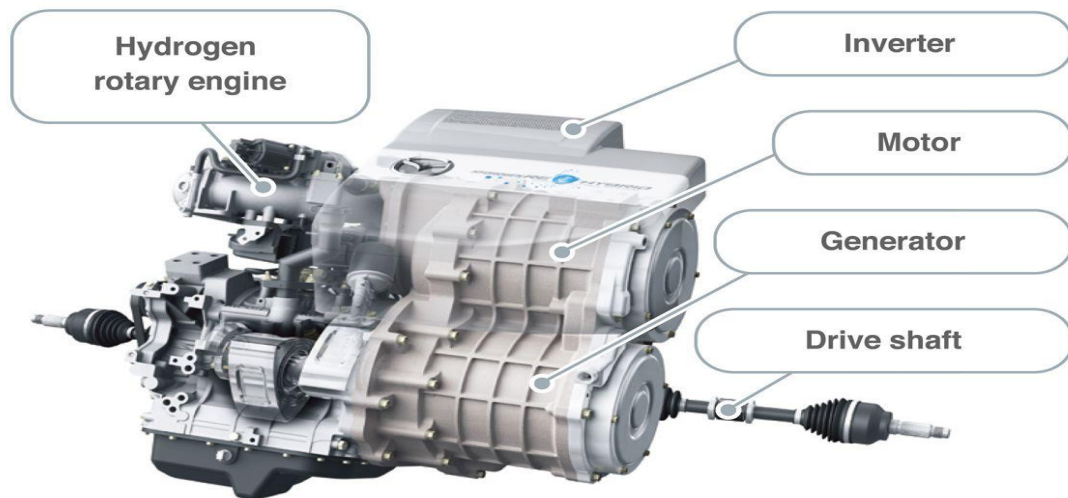
Los motores híbridos han demostrado capacidades de sobra para impulsar otros tipos de máquinas, como trenes y robots de fábricas, puesto que pueden conectarse sin problemas a líneas de corriente de alta potencia. Sin embargo, las capacidades de almacenamiento energético en un vehículo móvil obligan a los diseñadores a usar una complicada cadena energética multidisciplinar, e híbrida, para sustituir a una sencilla y barata cadena energética clásica depósito-motor-ruedas.

Si bien el sobrepeso de un vehículo híbrido es amortizable durante la vida de un automóvil, el consumidor raramente opta por realizar una fuerte inversión inicial en un vehículo de este tipo. En cambio, en un futuro a medio plazo, en el que el precio del petróleo se dispare por su escasez y la única forma de suplir esta carencia sea aumentar la eficiencia y emplear biocombustibles (de mayor costo de producción que el petróleo en la actualidad) el vehículo híbrido seguramente pase de considerarse un lujo solo para ecologistas convencidos y pudientes, a la única forma viable de transporte por carretera. Gracias al empleo de tecnología híbrida se consiguen reducciones de consumo de hasta el 80% en ciudad y 40% en carretera, en comparación entre vehículos híbridos y convencionales de similares prestaciones.

3.10.3 Elementos

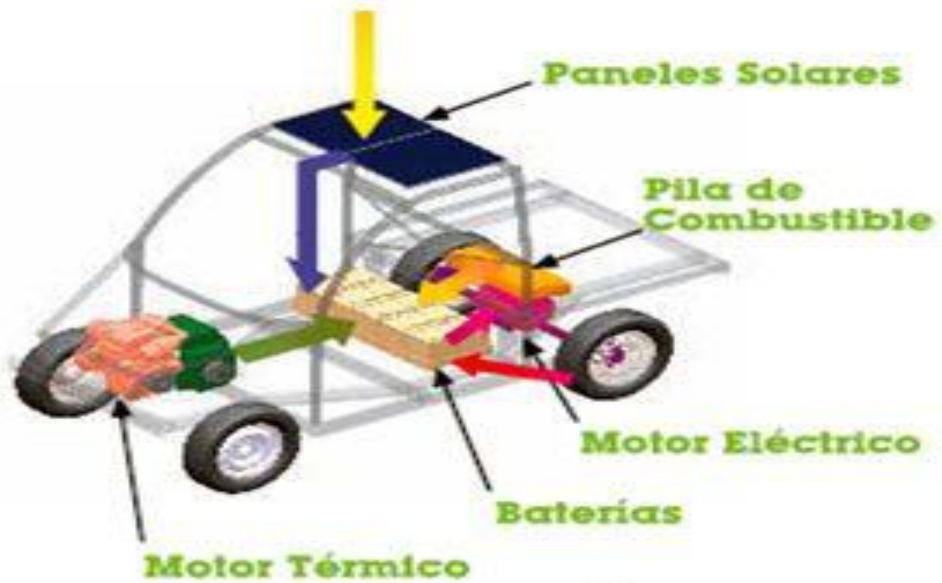
Elementos que pueden ser utilizados en la configuración de la cadena energética de un vehículo híbrido, y deben de estar coordinados mediante un sistema electrónico-informático:

Ilustración 3.11 motor híbrido



- I. Baterías de alta capacidad para almacenar energía eléctrica como para mover el vehículo.
- II. Pila de combustible, para conseguir almacenar energía eléctrica en forma de combustible y transformarla en el momento de su utilización. De esa forma se consiguen capacidades de almacenamiento energético similares o superiores a las del depósito de combustible fósil.
- III. Paneles fotovoltaicos como ayuda a la recarga de las baterías.
- IV. Batería inercial que permite recuperar la energía desprendida en la frenada. Las baterías no se cargan bajo picos de energía cortos y muy altos, acelerar un volante de inercia y utilizar esa energía cinética para ir cargando lentamente dichas baterías se perfila como una buena opción.
- V. Súper condensadores para poder realizar la misma función que los volantes de inercia usando sólo tecnología eléctrica.
- VI. Grupos electrógenos para, en caso de niveles muy bajos de batería, consumir combustible fósil para generar electricidad.

Ilustración 3.12 elementos de vehículo híbrido



3.10.4 Ventajas y desventajas

En contra:

- I. Mayor peso que un coche convencional (hay que sumar el motor eléctrico y, sobre todo, las baterías), y por ello un incremento en la energía necesaria para desplazarlo.
- II. Más complejidad, lo que dificulta las revisiones y reparaciones del mismo.
- III. Por el momento, también el precio.

A favor:

- I. Menos ruido que un motor térmico.
- II. Más par y más elasticidad que un motor convencional.
- III. Recuperación de energía en desaceleraciones (en caso de utilizar frenos regenerativos).
- IV. Mayor autonomía que un eléctrico simple.
- V. Mayor suavidad y facilidad de uso.
- VI. Recarga más rápida que un eléctrico (lo que se tarde en llenar el depósito).
- VII. Mejor funcionamiento en recorridos cortos.
- VIII. Consumo muy inferior. Un automóvil térmico en frío puede llegar a consumir 20 L/100 km.
- IX. En recorridos cortos, no hace falta encender el motor térmico, evitando que trabaje en frío, disminuyendo el desgaste.
- X. El motor térmico tiene una potencia más ajustada al uso habitual. No se necesita un motor más potente del necesario por si hace falta esa potencia en algunos momentos, porque el motor híbrido suple la potencia extra requerida. Esto ayuda, además, a que el motor no sufra algunos problemas de infrautilización como el picado de bielas.
- XI. Instalación eléctrica más potente y versátil. Es muy difícil que se quede sin batería, por dejarse algo encendido. La potencia eléctrica extra también sirve para usar algunos equipamientos, como el aire acondicionado, con el motor térmico parado.

- XII. Descuento en el seguro, por su mayor nivel de eficiencia y menor grado de siniestralidad.
- XIII. En algunos países como México, adquirir un auto híbrido trae consigo beneficios fiscales, como la deducibilidad en el impuesto sobre la renta y tasa 0% en el impuesto de la tenencia o uso de vehículos.

3.11 BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos. Todos ellos reducen el volumen total de CO₂ que se emite en la atmósfera, ya que lo absorben a medida que crecen y emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman, por lo que, se produce un proceso de ciclo cerrado.

Los biocombustibles son a menudo mezclados con otros combustibles en pequeñas proporciones, 5 o 10%, proporcionando una reducción útil pero limitada de gases de efecto invernadero.

3.11.1 Bioaceites

Su obtención es posible a partir de más de 300 especies vegetales, fundamentalmente de sus semillas y frutos. Estos aceites se obtienen normalmente por compresión, por extracción o por pirólisis (por acción del calor), aunque el conseguido en estos dos últimos procesos no resulta adecuado para su utilización en motores de combustión interna (los instalados en los automóviles actuales).

Una segunda operación, conocida como transesterificación, permite obtener ésteres (compuestos químicos con alcohol) para su aplicación en motores de ciclo diesel. El producto obtenido se conoce como biodiesel, dada su similitud con el gasóleo derivado del petróleo (petrodiesel).

Entre los inconvenientes que presenta, están:

a) Una mejor capacidad solvente que el petrodiesel, por lo cual los residuos existentes son disueltos, pudiendo atascar los filtros de los motores, y menor capacidad energética, aproximadamente un 5% menos, aunque produce una combustión más completa con menor compresión. Además de que el costo de los procesos de extracción resulta todavía demasiado elevado.

b) El rendimiento promedio para oleaginosas como girasol, maní, lino, arroz, algodón, soya o ricino ronda los 900 litros de biodiesel por hectárea cosechada. Esto puede hacer que sea poco práctico para países con poca superficie cultivable; sin embargo, la gran variedad de semillas aptas para su producción, muchas de ellas complementarias en su rotación para el cultivo, o con subproductos utilizables en otras industrias, hace que sea un proyecto sustentable.

3.11.2 Bioalcoholes

Los bioalcoholes utilizados como fuente de energía son el etanol y el metanol. El uso de alcoholes en los motores como una alternativa a la gasolina se propuso, y se realizó a gran escala, tras la crisis energética de principios de los años setenta, pero su uso decayó progresivamente, y, en la actualidad, se proponen como aditivos de la gasolina y no como sustitutivo de ésta, para reducir el consumo de derivados del petróleo, así como para reducir la contaminación atmosférica.

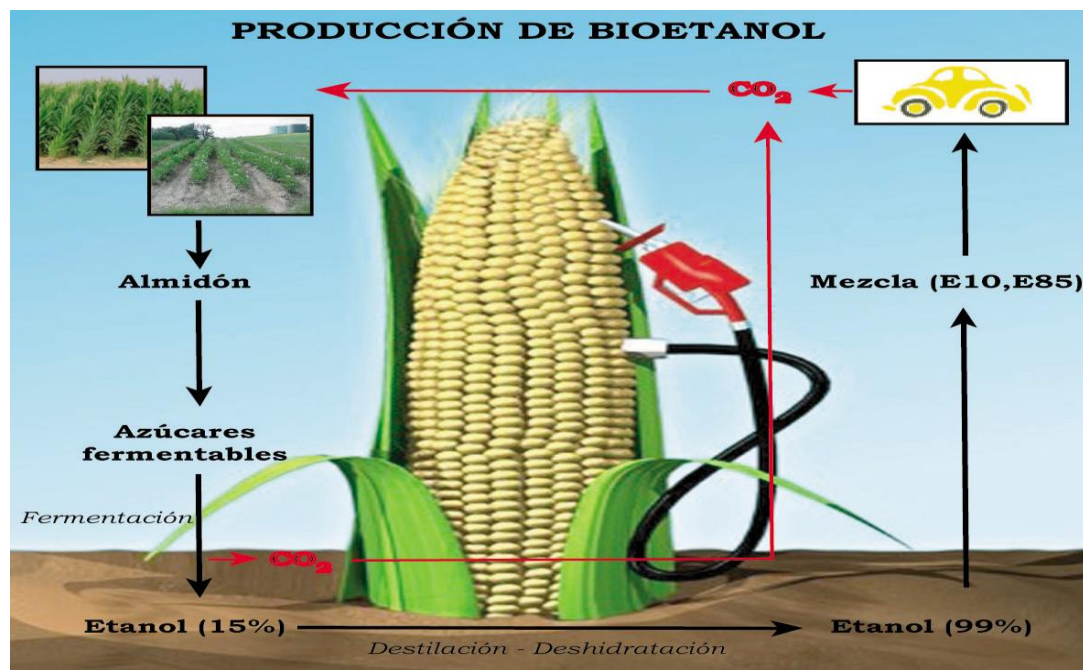
El combustible resultante se conoce como gasoil (en algunos países, "alconafta"). Dos mezclas comunes son E10 y E85 que contienen el etanol al 10% y al 85%, respectivamente. El etanol que proviene de los campos de cosechas (bioetanol) se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de maíz y caña de azúcar.

Inconvenientes importantes son:

a) El hecho de que los actuales métodos de producción de bioetanol utilizan una cantidad significativa de energía comparada al valor de la energía del combustible producido. Por esta razón, no es factible substituir enteramente el consumo actual de combustibles fósiles por bioetanol.

b) La producción a gran escala de alcohol agrícola para utilizarlo como combustible requiere importantes cantidades de tierra cultivable con disponibilidad de agua y suelos fértiles.

Ilustración 3.13 bioetanol



3.11.3 Ventajas y desventajas de bioaceites y bioalcoholes

A favor:

- I. No incrementan los niveles de CO₂ en la atmósfera, con lo que se reduce el peligro del efecto invernadero
- II. Proporcionan una fuente de energía reciclable y, por lo tanto, inagotable.
- III. Revitalizan las economías rurales, y generan empleo al favorecer la puesta en marcha de un nuevo sector en el ámbito agrícola.
- IV. Se podrían reducir los excedentes agrícolas que se han registrado en las últimas décadas.
- V. Mejoran el aprovechamiento de tierras con poco valor agrícola y que, en ocasiones, se abandonan por la escasa rentabilidad de los cultivos tradicionales.
- VI. Mejora la competitividad al no tener que importar fuentes de energía tradicionales.

En contra:

- I. El costo de producción de los biocombustibles supera al costo de la gasolina.
- II. Se necesitan grandes espacios de cultivo.
- III. Potenciación de monocultivos intensivos, con el consiguiente uso de pesticidas y herbicidas.
- IV. El combustible precisa de una transformación previa compleja. Además, en los bioalcoholes, la destilación provoca, respecto a la gasolina o al gasóleo, una mayor emisión en dióxido de carbono.

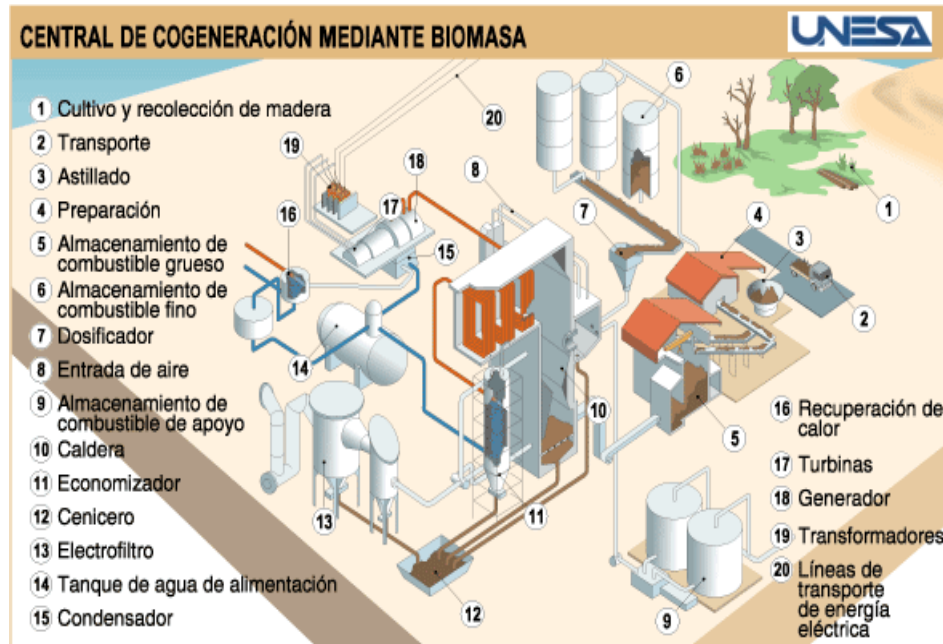
3.11.4 Biomasa

Ésta fue la primera fuente de energía que conoció la humanidad. La madera o incluso los excrementos secos son biocombustibles. Si se administra bien la madera de los bosques puede ser un recurso renovable, y mal administrado puede convertirse en un desastre ecológico. De este modo se propuso la biomasa como fuente de energía. Biomosas pueden ser virutas o aserrín de madera, producto de la limpieza de bosques o incluso de su explotación racional.

Biomasa, según el Diccionario de la Real Academia Española, tiene dos acepciones:

- I. Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.
- II. Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

Ilustración 3.14 procedimiento biomasa



3.11.5 Biomasa como energía alternativa

En todos estos procesos hay que analizar algunas características a la hora de enjuiciar si el combustible obtenido puede considerarse una fuente renovable de energía:

a) Emisiones de CO₂ (dióxido de carbono). En general, el uso de biomasa o de sus derivados puede considerarse neutro en términos de emisiones netas si sólo se emplea en cantidades iguales a la producción neta de biomasa del ecosistema que se explota.

b) En los procesos industriales, puesto que resulta inevitable el uso de otras fuentes de energía, las emisiones producidas por esas fuentes se contabilizan como emisiones netas. Sin embargo, el uso de procesos inadecuados (como sería la destilación con alambique tradicional para la fabricación de orujos) puede conducir a combustibles con mayores emisiones.

c) Tanto en el balance de emisiones como en el balance de energía útil no debe olvidarse la contabilidad de los inputs indirectos de energía, tal es el caso de la energía incorporada en el agua dulce empleada. En el caso del biodiesel, por ejemplo, se estima un consumo de 20 kilogramos de agua por cada kilogramo de combustible, dependiendo del contexto industrial, la energía incorporada en el agua podría ser superior a la del combustible obtenido.

d) Si la materia prima empleada procede de residuos, estos combustibles ayudan al reciclaje. Pero siempre hay que considerar si la producción de combustibles es el mejor uso posible para un residuo concreto.

e) Si la materia prima empleada procede de cultivos, hay que considerar si éste es el mejor uso posible del suelo frente a otras alternativas (cultivos alimentarios y reforestación). Esta consideración depende de las circunstancias concretas de cada territorio.

f) Algunos de estos combustibles (bioetanol, por ejemplo) no emiten contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas; pero otros sí (por ejemplo, la combustión directa de madera).

CAPÍTULO IV

MÉXICO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

4.1 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Durante el año 2000 México contribuyó con alrededor del 1.5% de las emisiones anuales globales de gases de efecto invernadero, ubicándose en la posición número 13 entre los 25 mayores emisiones del mundo. La contribución histórica de México, durante el período 1950-2000, lo coloca en la posición número 15 por emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles y de procesos industriales, y en la posición número 16 por deforestación. La posición de nuestro país cambia significativamente si se consideran las emisiones per cápita, México ocupó en el año 2000 el lugar 93, con 6.40 toneladas de CO₂ emitidas por habitante, situándose un poco por debajo del promedio mundial, que fue de 6.55. En la más reciente actualización se estima un total nacional de 643.2 millones de toneladas de CO₂e para el año 2002 (Gráfico 4.1 y 4.2), lo que representó emisiones per cápita de 6.44 toneladas de CO₂e.

Gráfico 4.1 Emisiones de GEI por fuente en México, 2002

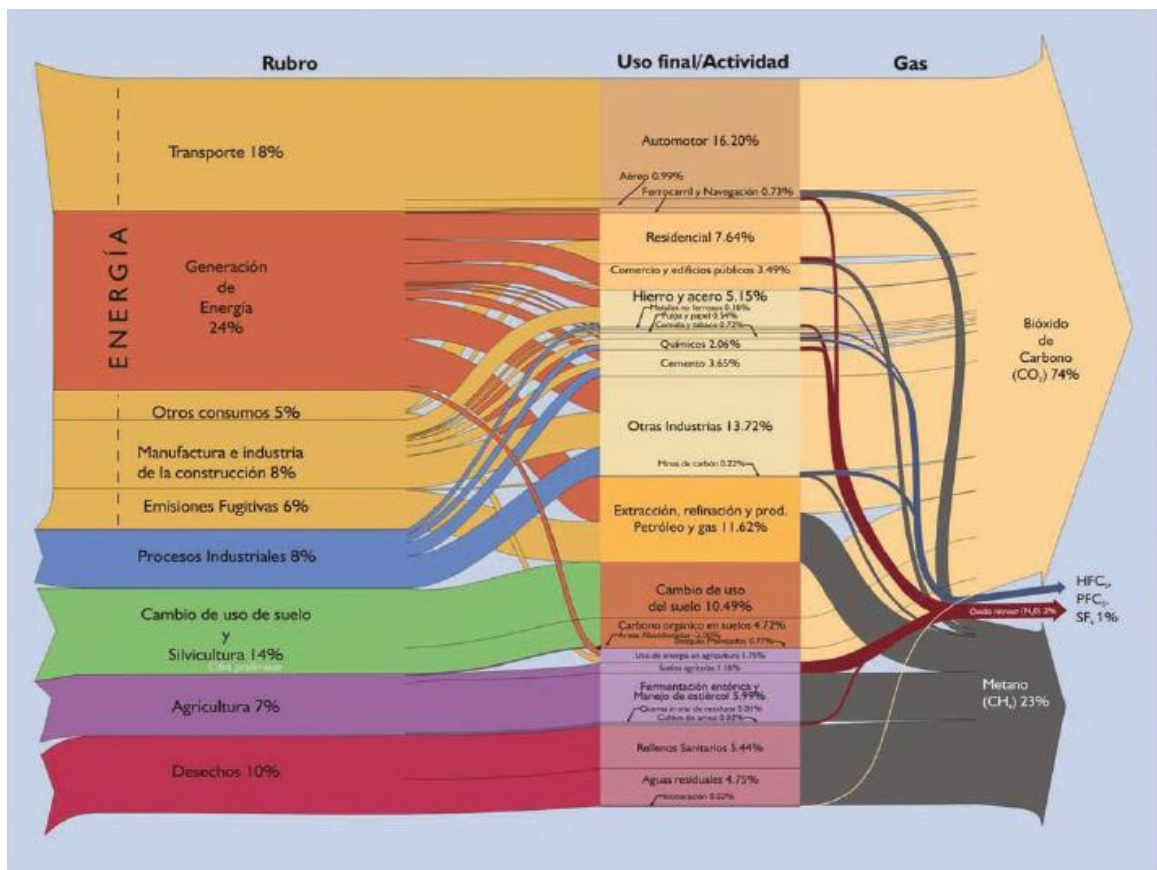
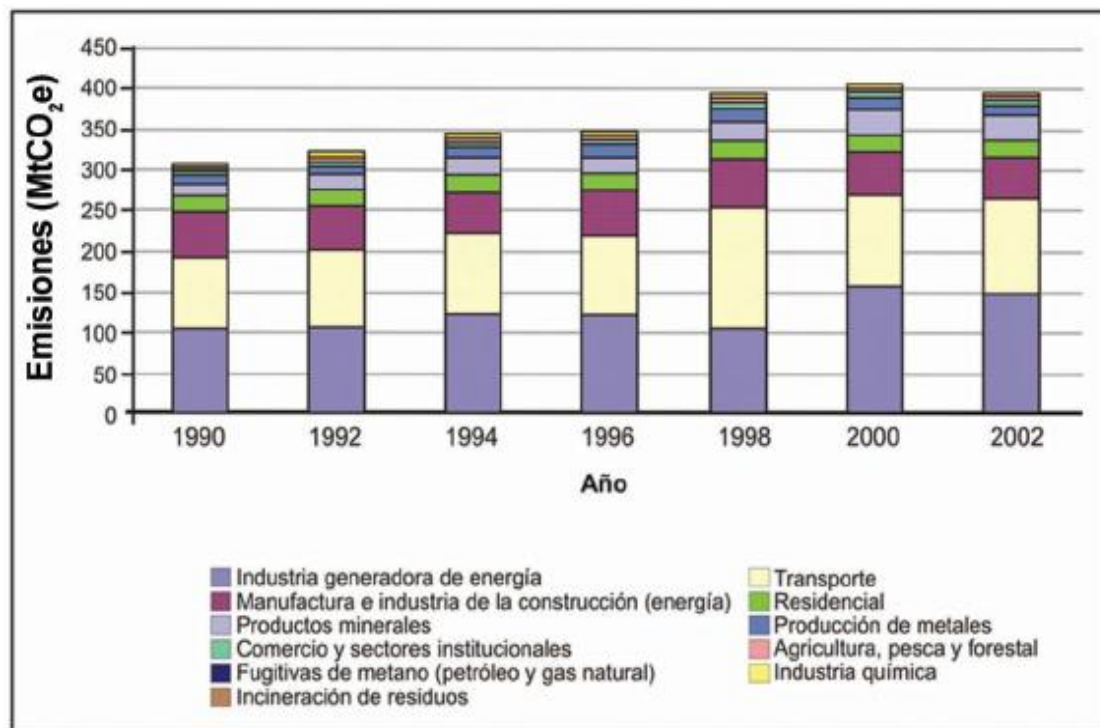


Gráfico 4.2 Tendencias de las emisiones de GEI por fuente, en el sector de Generación y Uso de Energía en México, 1990-2002



FUENTE: INE, 2006a

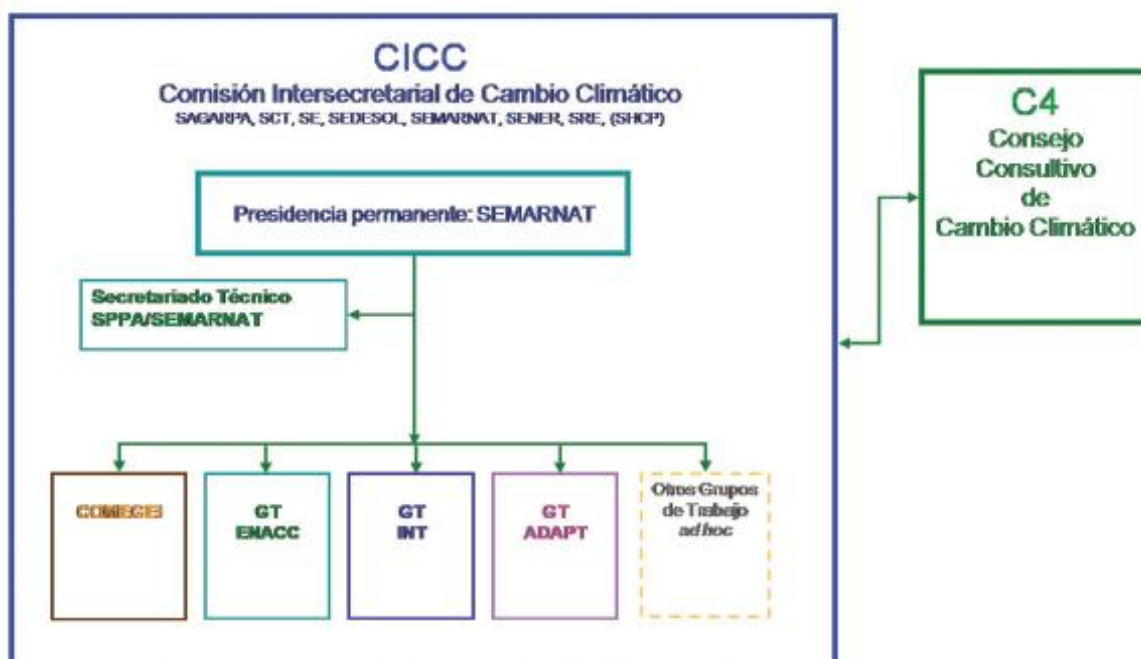
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA CONVENCION EN MÉXICO

México firmó la Convención en 1992 y la ratificó en 1993 con la aprobación del Senado de la República; asimismo, firmó el Protocolo de Kioto en 1997 y lo ratificó en 2000. Desde entonces, México ha desarrollado capacidades para cumplir los compromisos de la Convención, en su calidad de Parte No Anexo 1. Es el único país en desarrollo que ha presentado tres Comunicaciones Nacionales y actualizado su Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), de conformidad con los lineamientos y metodologías en vigor del IPCC.

Para fortalecer la implementación de la Convención, por acuerdo del ejecutivo federal el 25 de abril de 2005 fue creada la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), en calidad de órgano federal responsable de formular políticas públicas y estrategias transversales de mitigación y adaptación. La convergencia de esfuerzos de las siete Secretarías miembros permanentes de la CICC en su Grupo de Trabajo para la Estrategia Nacional de Cambio Climático (GT-ENACC), con el apoyo especial del Consejo Consultivo de Cambio Climático (en lo sucesivo C4), permitió formular esta Estrategia.

La Comisión cuenta también con un Grupo de Trabajo sobre asuntos Internacionales (GT-INT) coordinado por la SER, otro sobre vulnerabilidad y políticas de Adaptación (GT-ADAPT) coordinado por el INE, y el Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI) quién revisa las propuestas de proyectos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) y es coordinado por la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la SEMARNAT (Gráfico 4.3).

Gráfico 4.3 Estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático



4.3 AVANCES EN LA INSTRUMENTACIÓN DEL MECANISMO PARA UN DESARROLLO LIMPIO

La implantación del MDL fue posible gracias a la constitución formal de la CICCC y a la intensa labor de difusión que ha realizado sobre proyectos de mitigación bajo este mecanismo del Protocolo de Kioto. En el desarrollo de proyectos MDL (Tabla 4.1) nuestro país tiene el 3er lugar mundial por el número de proyectos registrados, el 5º por las reducciones esperadas por año y el 6º por la obtención de Reducciones Certificadas de Emisiones.

Tabla 4.1 Cartera de Proyectos MDL mexicanos el 2 de mayo de 2007

Tipo de proyecto	Proyectos que han recibido Carta de Aprobación						Anteproyectos con Carta de No Objeción	
	Registrados				Por registrarse		RCE esperadas	
	No.	RCE esperadas 23ktCO ₂ e/año	RCE obtenidas No. ktCO ₂ e/año	No.	RCE esperadas ktCO ₂ e/año	No.	ktCO ₂ e/año	
Manejo de estiércol	69	2,083	13	194	65	1,065	1	32
Rellenos sanitarios	2	372	1	23	5	427	4	1,921
Eólicos	3	1,201			2	370	4	940
Mini-hidro	2	87	1	70	2	74	1	418
Geotérmicos							3	241
Cogeneración y eficiencia energética	1	4			5	320	16	3,120
Incineración de HFC-23	1	2,155	1	1,162				
Mitigación de N ₂ O en la industria					1	103		
Transporte urbano					1	26		
Emisiones fugitivas					1	607	5	2,430
Secuestro forestales de carbono							3	277
Total	78	5,902	16	1,449	82	2,992	37	9,379

CFE: 1 proyecto eólico y 4 anteproyectos (3 de geotermia y 1 hidroeléctrico);
PEMEX: 18 anteproyectos (13 de cogeneración y eficiencia energética y 5 de emisiones fugitivas)
FUENTE: Dirección General Adjunta para Proyectos de Cambio Climático, SPPA/SEMARNAT.

4.4 EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO

La educación y la sensibilización de la sociedad así como la formación de recursos humanos especializados y el acceso de la información, juegan un papel trascendental para enfrentar el cambio climático.

La Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, en 2002, exhorta a la Asamblea General de las Naciones Unidas para proclamar un Decenio dedicado a la educación para el desarrollo sostenible, a partir de 2005. La iniciativa fue presentada por Japón y apoyada por 46 países que figuran como coautores. Se designó a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) como la organización responsable de promover el Decenio orientado a la educación para el desarrollo sostenible.

El lanzamiento de las actividades del Decenio en México se marcó a través de la firma del Compromiso Nacional por la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible, firmado hasta ahora por cerca de 100 representantes de distintos sectores, señala el propósito de promover la educación como base para transitar hacia el desarrollo sustentable.

En este contexto y para fortalecer el cumplimiento de los compromisos internacionales suscritos por México, el 22 de abril de 2007 “Día Mundial de la Tierra” la SEMARNAT y la SEP firmaron las “Bases de Coordinación con el objeto de Desarrollar un Programa de Educación Ambiental para la Sustentabilidad” con una vigencia hasta el 30 de noviembre de 2012. Este documento favorecerá la incorporación de la educación ambiental como eje transversal en el Sistema Educativo Nacional.

Entre las acciones para difundir las implicaciones del cambio climático destaca lo siguiente:

a) Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). La Comunicación Nacional es el instrumento más elaborado para diseminar la información sobre el cambio climático a una amplia audiencia nacional e internacional e informar a La Convención sobre los esfuerzos de las Partes para hacer frente al cambio climático.

La Comunicación Nacional contiene información sobre: contexto nacional, inventario de emisiones de gases de efecto invernadero actualizado al 2002, medidas para mitigar las emisiones de GEI, escenarios de cambio climático para México, y evaluaciones de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en diferentes sectores.

b) Material de difusión y portal de Cambio Climático. El INE, con apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) y el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, preparó y puso en operación un portal en Internet para difundir el conocimiento sobre el cambio climático en México. El portal fue lanzado en el marco de la XI Conferencia de las Partes celebrada en Montreal en diciembre de 2005.

Como parte del material de difusión, el INE, con el apoyo de la SEP, y con fondos del GEF, a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), elaboró un cuento para niños de primaria, entre 10 y 12 años de edad, enfocado a difundir el tema del cambio climático.

El cuento contiene recuadros con imágenes e información técnica adicional que permite a los profesores y padres de familia ahondar en el tema, aborda los conceptos principales del cambio climático, incluidas las causas del fenómeno, sus posibles impactos, la mitigación, la vulnerabilidad y las acciones emprendidas en México y en el mundo para enfrentar el problema. También presentan consejos prácticos de acciones que pueden realizar los niños y los padres en relación con el cambio climático.

c) Información en línea por estado y sector. El portal de difusión del cambio climático presenta también información sobre el tema por estado y para algunos sectores socioeconómicos. Se incluyen datos sobre vulnerabilidad y proyecciones del riesgo climático.

Los escenarios para cada estado de la República se elaboraron con proyecciones de precipitación y temperatura al año 2020. Se presentan ejemplos del trabajo que se lleva a cabo en México sobre mitigación de emisiones de GEI y se sugieren algunas acciones de adaptación para diversos sectores. Se pretende mantener el sitio con información actualizada.

Se requiere todavía desarrollar recursos educativos versátiles y flexibles destinados a una amplia gama de usuarios, así como proporcionar capacitación a diversos actores sociales a fin de que puedan contribuir con acciones concretas a enfrentar los efectos de calentamiento global. A ello contribuirá la Estrategia de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México 2006-2014.

CAPÍTULO V

PERSPECTIVAS HACIA EL FUTURO

5.1 GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA

El objetivo general en materia de mitigación consiste en desacoplar el incremento de las emisiones del crecimiento económico. Se trata de reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, mediante patrones de generación y consumo de energía cada vez más eficientes y que dependan menos de la quema de combustibles fósiles.

Con base en la prospectiva al año 2014, actualmente en revisión, se identifican oportunidades sectoriales y acciones específicas que podrían realizarse durante el presente sexenio, de acuerdo al estudio realizado por el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM). Se plantean lineamientos para eliminar barreras para la implementación de acciones y proyectos que reduzcan las emisiones.

Al identificar áreas de oportunidad en el sector, se señalan potenciales de mitigación de emisiones de GEI, y se proponen acciones para alcanzarlos. Requieren la validación y verificación de las cifras, así como la elaboración de estudios específicos en consenso con los diferentes actores involucrados para su definición en el marco de la elaboración del Programa de Cambio Climático.

5.1.1 Contribución del uso de la energía a las emisiones de gases de efecto invernadero

En 2002 se alcanzó la cifra de 389.5 millones de toneladas de CO₂e (Tabla 5.1), correspondiente al 61% del total nacional. Estas emisiones son originadas por la quema de combustibles fósiles y las emisiones fugitivas, desglosándose por su origen como siguen: generación de energía (39%), transporte (30%), consumo de combustibles fósiles en la industria manufacturera y en la construcción (13%), consumo en los sectores residencial, comercial y agrícola (8%), y emisiones fugitivas de la industria petrolera y del carbón (10%).

Durante el período 1990-2002, las emisiones por generación y uso de energía pasaron de 312 a 389.5 millones de toneladas (Tabla 5.1), lo que representan un 24.8% de incremento para el periodo y una tasa anual promedio de crecimiento de 1.9%. Durante el mismo período, el Producto Interno Bruto (PIB) creció a 41.7%, a una tasa anual promedio de 2.9%. Lo anterior indica un abatimiento en la intensidad de carbono (CO₂e/PIB) durante el período. Esta tendencia implica que el desempeño energético y ambiental de México ha mejorado. Sin embargo, el reto consiste en mantener y profundizar estas tendencias hasta que se logre desacoplar por completo el crecimiento del PIB respecto del incremento en las emisiones de GEI, logrando un crecimiento económico con tecnologías, prácticas y patrones de producción y de consumo cada vez más limpios.

Tabla 5.1 Emisiones en millones de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e) 1990-2002

Categoría de Emisión	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
1 Energía	312.027	321.836	342.900	349.431	394.129	398.627	389.497
1A Consumo de combustibles fósiles	279.864	291.046	308.932	311.197	351.760	356.796	350.414
1B Emisiones fugitivas	32.164	30.790	33.968	38.233	42.369	41.831	39.082
2 Procesos industriales	32.456	32.878	39.248	42.744	50.973	55.851	52.102
4 Agricultura	47.428	46.049	45.504	44.077	45.445	45.527	46.146
6 Desechos	33.357	36.935	46.862	52.895	62.656	63.220	65.584
Total sin USCUS	425.269	437.698	474.514	489.146	553.203	563.225	553.329
Total con USCUS (sólo 2002)							643.183

Categorías establecidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Se omiten emisiones de las categorías [3], solventes o compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (COVDM), y [5], USCUS (89.9 millones de toneladas). FUENTE: INE, 2006a.

5.1.2 Proyecciones del consumo energético y de emisiones de GEI al 2014 y al 2025

A. Proyecciones de emisiones en el contexto mundial al 2025

Los factores determinantes de los patrones de emisiones de GEI por generación y uso de energía son el crecimiento de la población, el crecimiento económico, la intensidad energética y las mezclas de combustibles fósiles que se utilizan.

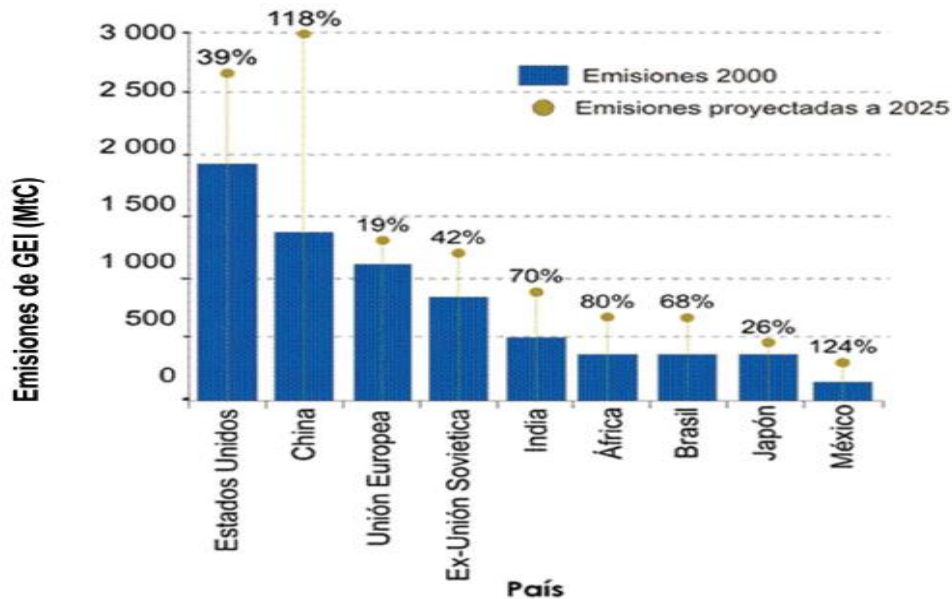
A nivel global, las emisiones de GEI, en particular las provenientes de combustibles fósiles que se emplean para la generación de energía, continuarán incrementándose en cualquier escenario. Se estima que en los próximos 30 años el mundo emitirá casi tres cuartas partes de lo que ha emitido durante los últimos 250 años.

Según datos del Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus en inglés), México contribuye con alrededor del 1.5% de las emisiones mundiales. Si los patrones de consumo y generación de energía continúan sin modificaciones, sus emisiones futuras se incrementarían sensiblemente (Gráfico 5.1), ya que se espera un mayor crecimiento económico del país y, para abastecer sus requerimientos energéticos, se tendería a aumentar la utilización de combustibles fósiles.

B. Prospectiva del consumo energético y sus emisiones de GEI en México al 2014

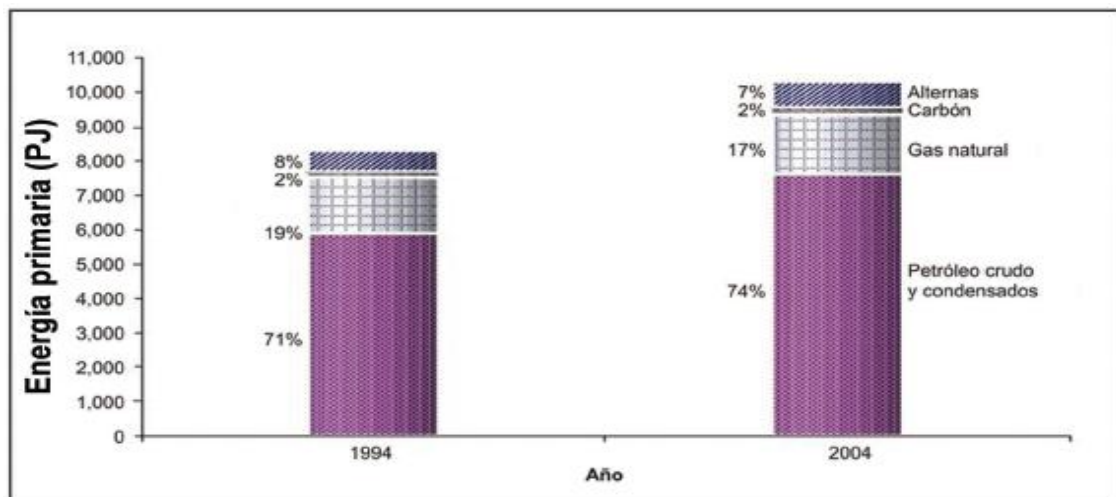
La producción interna de energía primaria en México (Gráfico 5.2), entre 1994 y 2004, creció a una tasa de 2.2% anual al pasar de 8,314 a 10,320 Peta Joules (PJ), soportada mayoritariamente por combustibles fósiles y, en mucho menor medida, por energías renovables.

Gráfico 5.1 Proyección de emisiones al 2025 en millones de toneladas de carbono (MtC)



Proyecciones basadas en estudios de la Agencia Internacional de Energía (IEA) 2003 (carbono de combustibles fósiles) y POLES (modelo de equilibrio parcial aplicado a otros GEI). No incluye USCUS. FUENTE: WRI, 2005.

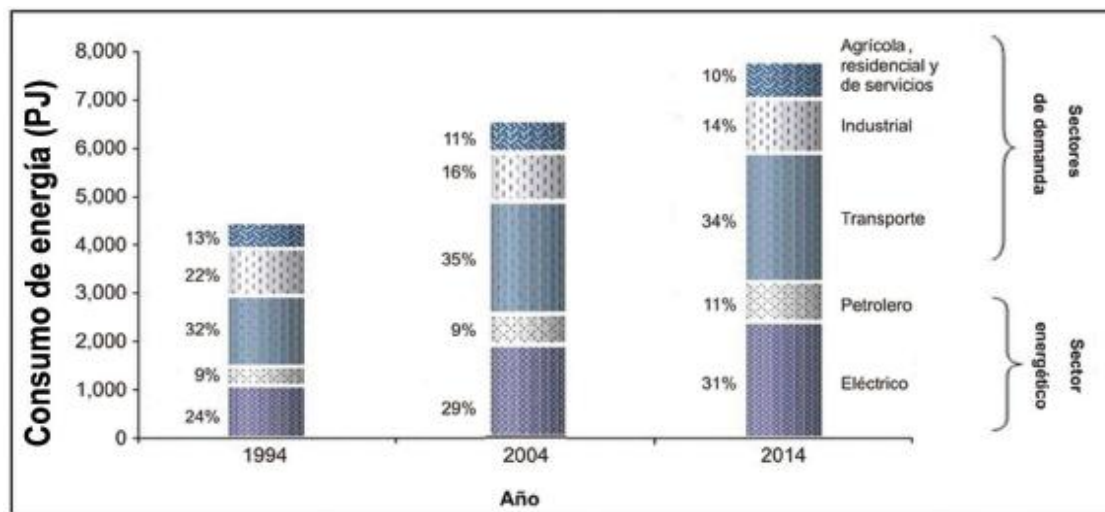
Gráfico 5.2 Evolución de la producción interna de energía primaria (PJ), 1994 y 2004



Gas natural: incluye asociado y no asociado. Fuentes alternas: Renovables incluyen biomasa y nuclear. Los valores para gas natural y petróleo crudo son estimaciones hasta julio 2005. FUENTE: CMM, 2006. Elaborada con datos del Balance Nacional de Energía (BNE) 2004 publicado por SENER.

De acuerdo con las proyecciones oficiales, para 2014 este consumo energético crecería a una tasa más acelerada, alrededor del 3.2% anual, para alcanzar en 2014 los 7,810 PJ, siendo los sectores eléctrico y del transporte los mayores demandantes de energía (Gráfico 5.3).

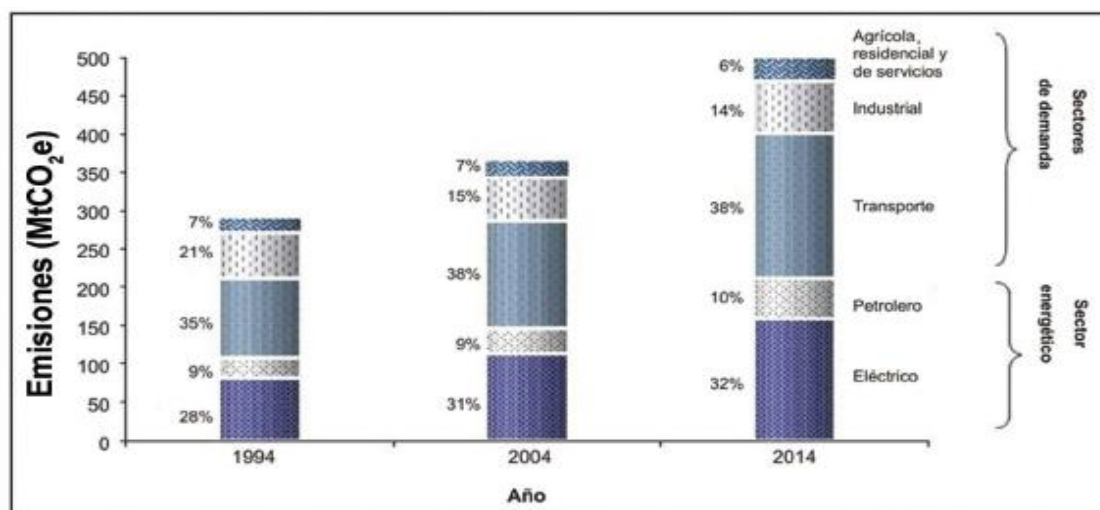
Gráfico 5.3 Evolución del consumo nacional de energéticos por sectores (PJ), 1994 Y 2014



FUENTE: CMM, 2006. Elaborada con datos del BNE 2004 y las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos, 2005-2014, publicados por SENER.

Las emisiones de CO₂e provenientes de la quema de combustibles fósiles llegaron a 367 millones de toneladas en 2004 y se estima que para el 2014 se incrementarían alrededor de un 36%, para alcanzar 500 millones de toneladas de CO₂e. La contribución nacional del subsector eléctrico a las emisiones de CO₂ del país, se incrementó del 28% de las emisiones en 1994 al 32% en 2004 (Gráfico 5.4).

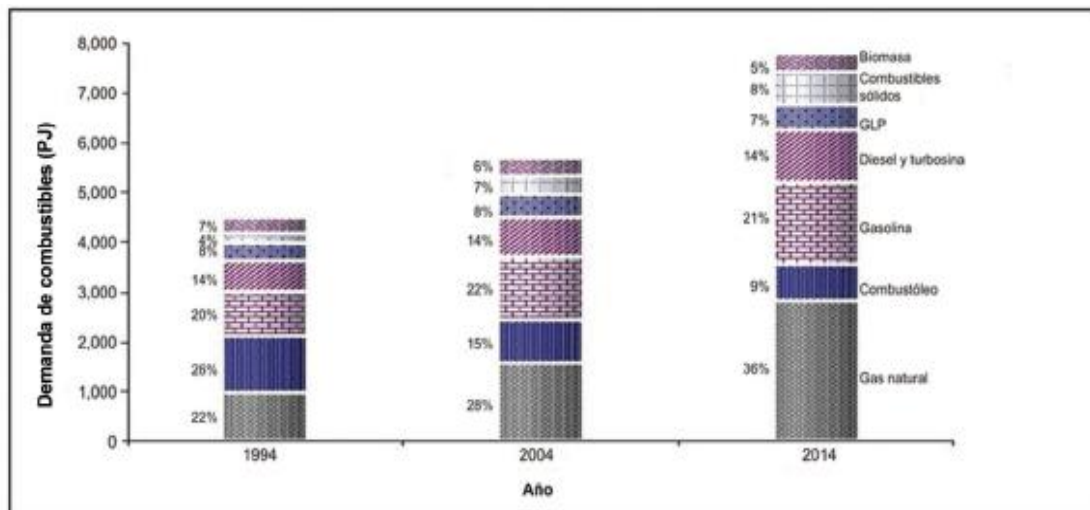
Gráfico 5.4 Evolución de las emisiones por sectores en millones de toneladas de CO₂e (MtCO₂e), 1994.2014



FUENTE: CMM 2006. Elaborada con datos del BNE 2004 y de las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos, 2005-2014, publicados por SENER.

Respecto a la distribución porcentual de la demanda de combustibles, se prevén cambios importantes en las tendencias durante el período 1994-2014: un notable incremento del 4% al 8% en la participación de combustibles sólidos (carbón, coque de carbón y petróleo, y residuos de vacío), y decrementos en la participación del combustóleo que pasará del 26% al 9% y de la biomasa, cuya contribución se reducirá del 7% al 5%. Estos cambios se deberían a transformaciones tecnológicas previstas en la generación de electricidad y a una mayor cobertura de electrificación rural en el país, desplazando parcialmente el consumo de leña (Gráfico 5.5).

Gráfico 5.5 Evolución en el consumo de combustibles (PJ), 1994-2014



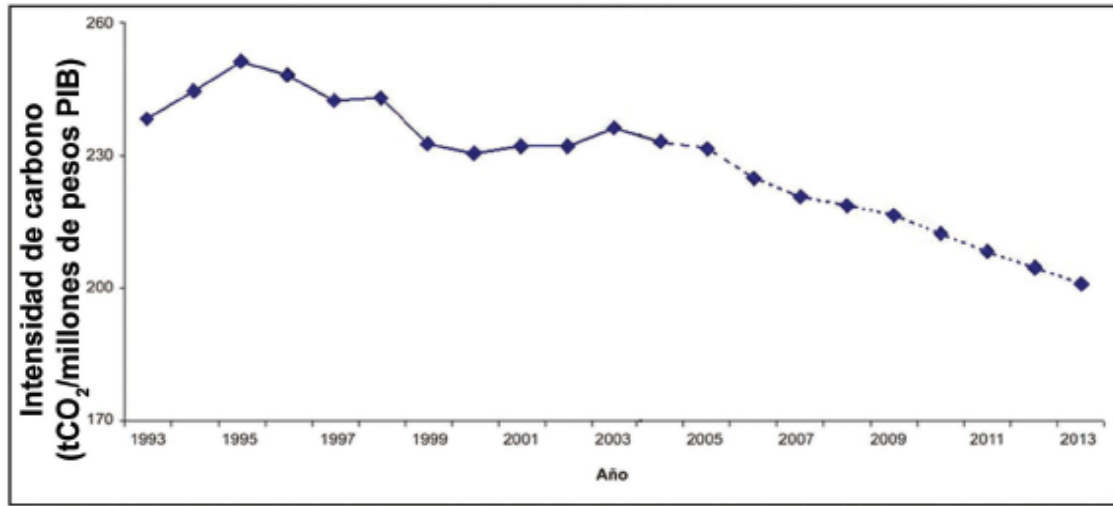
FUENTE: CMM, 2006. Elaborada con datos del BNE 2004 y de las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos, 2005-2014, publicados por SENER.

C. Evolución de la intensidad energética y de la intensidad de carbono

La intensidad energética (GJ/PIB) en México, al igual que en muchos otros países, muestra una tendencia a la baja desde hace más de diez años y se espera, de acuerdo con las prospectivas mencionadas, que continúe disminuyendo. Ello implica una disminución en la intensidad de carbono (Gráfico 5.6) vinculada, entre otras medidas, con la aplicación de programas de ahorro de energía, la introducción de tecnologías más eficientes, a una gradual sustitución de combustóleo por gas natural y a un mayor crecimiento del sector de servicios en la economía nacional.

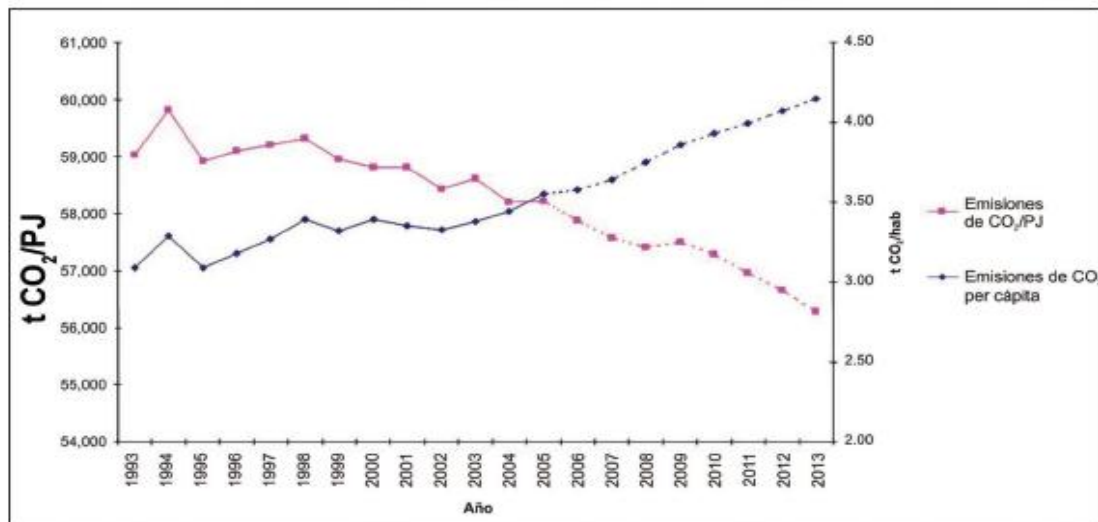
La prospectiva disponible contempla una disminución de las emisiones por unidad consumida de energía de combustibles fósiles, aunque las emisiones de CO₂ por habitante podrían incrementarse alrededor de un 30% en 2013 respecto a las de 1993 (Gráfico 5.7).

Gráfico 5.6 Evolución de la intensidad de carbono (tCO_2 /millones de pesos PIB)



La línea punteada representa proyecciones de la intensidad de carbono. FUENTE: CMM, 2006. Elaborada con datos del BNE 2003 y de las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos, 2004-2013, publicados por SENER.

Gráfico 5.7 Evolución de las emisiones de CO_2 /PJ y emisiones de CO_2 per cápita



Las emisiones se refieren sólo a las provenientes de la quema de combustibles fósiles y sus emisiones fugitivas. Las líneas punteadas representan proyecciones de emisiones. FUENTE: CMM, 2006, Elaborada con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO); del BNE 2003 y de las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos 2004-2013.

5.1.3 Oportunidades de mitigación en generación y uso de energía

El sector de generación y uso de energía presenta diversas áreas de oportunidad para la mitigación de emisiones de GEI tanto por el lado de la oferta como por el lado de la demanda. Por el lado de la oferta, el agotamiento progresivo en las reservas de hidrocarburos, la volatilidad en el precio del petróleo y sus derivados y la necesidad de renovar la infraestructura del sector, son oportunidades para la reducción de emisiones de GEI.

Por el lado de la demanda, el potencial para hacer un uso más eficiente de la energía en el hogar, y en los sectores primario, industrial y de servicios, así como la disponibilidad de tecnologías y sistemas para utilizar energía más limpia, representan oportunidades para la reducción de GEI, con co-beneficios en las esferas social y económica.

En el sector habrá también oportunidades para mejorar la eficiencia de procesos, introducir tecnologías innovadoras, realizar mejoras en el uso de la energía, diversificar las fuentes de aprovisionamiento y, en la mayoría de los casos, obtener ahorros económicos, además de los consiguientes beneficios ambientales.

Otras medidas, tales como el aprovechamiento en mayor escala de las energías renovables, requieren de cambios mayores en términos de infraestructura y de condiciones que permitan aumentar significativamente su aportación a la oferta energética nacional. Dichos cambios deben promoverse en el corto plazo a fin de poder alcanzar metas de aprovechamiento.

A. Eficiencia energética

Las normas de eficiencia energética de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) han orientado en el mercado formal que sólo se vendan refrigeradores, equipos de aire acondicionado y lavadoras de ropa de alta eficiencia, y los programas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) han promovido el uso de lámparas ahorradoras (más de 10 millones). Estas normas y programas han logrado que el sector residencial reduzca de manera significativa el crecimiento de su consumo eléctrico y que su consumo promedio de electricidad no haya aumentado desde el año 2000.

No obstante, y de acuerdo con cifras de la CONAE, más del 20% del consumo nacional de electricidad aún podría evitarse con medidas de eficiencia energética que se pagan solas por el ahorro que significarían en el uso de combustibles. Estas medidas requieren inversiones al inicio de los proyectos así como programas de promoción y apoyo que las hagan posibles, pero en ellas reside el mayor potencial de mitigación del cambio climático.

a) Normas y programas de eficiencia energética, CONAE

Los programas oficiales de ahorro y eficiencia energética han logrado reducir el consumo de energía por unidad de producto con impactos positivos en la reducción de emisiones de GEI. De acuerdo con cifras de la prospectiva del sector eléctrico 2005-2014, las normas de eficiencia energética instrumentadas por la CONAE

pueden lograr una reducción de emisiones de alrededor de 23.81 millones de toneladas de CO₂e por año en el 2014 (20.41 correspondientes a la aplicación de normas de eficiencia en el consumo de energía eléctrica y 3.40 a la de normas de eficiencia en el consumo de energía térmica).

Potencial de mitigación de programas de la CONAE.

Tomando como base el escenario prospectivo, se propone alcanzar gradualmente reducciones de hasta 24 millones de toneladas de CO₂e por año (en un rango de 20 a 28 millones de toneladas de CO₂e/año) en el 2014, a través de la continuidad en la aplicación de las normas actuales y del desarrollo e instrumentación de nuevas normas de eficiencia energética.

b) Programas de ahorro y eficiencia energética, FIDE

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) ha implementado programas de ahorro y eficiencia energética en la industria, la vivienda y el bombeo de agua en el sector agrícola. De acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico para el periodo 2005-2014, las reducciones anuales esperadas por los programas apoyados por el FIDE se estiman en 3.65 millones de toneladas de CO₂e al año en el 2014.

Potencial de mitigación de programas del FIDE. Con base en el escenario prospectivo, la presente estrategia pretende reforzar los programas del FIDE y promover nuevas acciones y programas, a fin de alcanzar una reducción de emisiones de CO₂e adicional a la contemplada en la prospectiva del sector eléctrico 2005-2014 en alrededor de 8% (5 a 10%), es decir, se propone reducir emisiones de manera incremental hasta alcanzar 3.9 millones de toneladas de CO₂e por año (en un rango de 3.8 a 4 millones de toneladas de CO₂e/año) en el 2014.

Lograr el incremento porcentual propuesto en las reducciones de emisiones de los programas de FIDE requerirá disponibilidad de recursos financieros fiscales y el apoyo de instrumentos de cooperación internacional. Se necesita dar seguimiento y evaluar los programas del FIDE y la CONAE, así como incrementar la sinergia entre las actividades de ambas instituciones.

Nuevos desarrollos habitacionales

Los gastos en el consumo de energía como consecuencia de viviendas mal diseñadas tienen repercusiones económicas y ambientales durante todo su tiempo de vida, por lo que, resulta muy importante tomar decisiones de inversión que incluyan medidas de ahorro y eficiencia energética en la construcción de nuevos desarrollos habitacionales, a fin de evitar gastos mayores e incrementales en el tiempo.

La presente Administración ha establecido como meta en materia de vivienda nueva, la construcción de un millón de casas habitación al año durante el período 2007-2012. Esta meta, además de ser un reto económico y financiero, constituye un reto energético y ambiental.

En términos generales, una casa mal diseñada para un clima cálido tendrá como mínimo un consumo adicional de 1,000 kWh/año, lo que representa alrededor de 300 litros de petróleo equivalente y 0.6 tonelada de CO₂ liberadas a la atmósfera de manera adicional e innecesaria, por cada casa al año.

Existen avances significativos en materia de eficiencia energética en la construcción de vivienda nueva. Destacan las iniciativas del Consejo Nacional de Vivienda (CONAVI) en la promoción de mejores prácticas con proyectos demostrativos, y del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), que junto con la CONAE, promueven el programa de “hipotecas verdes”. También sobresalen las iniciativas de la SEMARNAT y de la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAE) para el establecimiento de normas voluntarias. Destaca la norma propuesta por la CONAE que se aplica a envolventes de casas habitación (NOM-020), orientada a integrar aislamiento térmico y aspectos bio-climáticos a los nuevos desarrollos.

La presente Estrategia plantea como objetivo la concertación de convenios con las entidades de gobierno y desarrolladores privados involucrados en la planeación, el diseño y la construcción de nuevas viviendas, que establezca los estándares básicos en materia energética y de sustentabilidad ambiental, integrados a normas de cumplimiento obligatorio. Estos estándares deberán estar vinculados con objetivos de desempeño energético y de emisiones de GEI y otros contaminantes a la atmósfera, así como de desempeño ambiental en general.

Asimismo, es necesario diseñar esquemas de financiamiento y crédito que permitan realizar inversiones mayores recuperables, que impliquen ahorros en el futuro, a favor de un mejor desempeño energético de las viviendas.

c) Investigación y Desarrollo

El fortalecimiento de los programas y normas de eficiencia energética de CONAE y el incremento en el alcance de los programas e iniciativas del FIDE requieren de la conformación de una base de conocimientos y del análisis de nueva información para incrementar su alcance e identificar oportunidades de nuevas iniciativas.

Con este fin, se plantea como objetivo la realización de los siguientes estudios:

- I. Potencial de ahorro y eficiencia energética a escalas nacional, estatal y local.

- II. Potencial para la instrumentación de normas de eficiencia energética en sectores clave de la economía nacional.
- III. Análisis económico de programas y medidas de eficiencia energética con periodos de amortización por disminución en el consumo.
- IV. Oportunidades para la normalización energética en el sector vivienda.
- V. Áreas de oportunidad para ampliar el alcance de los programas de eficiencia energética del FIDE.
- VI. Viabilidad técnica y financiera de la instrumentación de programas de eficiencia energética del FIDE en otros sectores.

B. Inversión y políticas en PEMEX

El último reporte de inventario de emisiones corporativas de GEI de PEMEX señala que su operación genera alrededor de 42.2 millones de toneladas de CO₂e, con lo que contribuye en 6.5% al total de las emisiones nacionales. En materia prospectiva, se estima que los requerimientos de energía del sector petrolero crecerá a una tasa anual de 4.6% durante el período 2004-2014, debido especialmente a la demanda de combustible para refinación y de gas exploración y producción.

a) Contabilidad y reporte de emisiones de GEI

PEMEX estableció un Sistema de Información para la Seguridad Industrial y la Protección Ambiental (SISPA) para estimar sus emisiones de contaminantes y de GEI en 2001.

Contar con un sistema de estimación y registro de emisiones de GEI es un paso fundamental para identificar oportunidades de mitigación, elaborar estrategias eficaces de participación en los mercados internacionales de carbono y sentar las bases para consolidar el actual esquema virtual de intercambio interno de permisos de emisiones de PEMEX. La consolidación del intercambio de emisiones de PEMEX apoyará la construcción de un nuevo esquema nacional de valoración y comercio de bonos de carbono.

b) Proyectos para la reducción de emisiones

La contribución de la operación de PEMEX a las emisiones nacionales de GEI, así como el esperado crecimiento en sus requerimientos de energía, presentan importantes oportunidades para la instrumentación de proyectos de mitigación.

En 2006, proporcionó 39% de los ingresos programados en la ley de ingresos de la federación.

Esta importante carga fiscal de PEMEX le dificulta liberar recursos para reinvertir en la empresa no sólo para mejorar su productividad y eficiencia energética, pero también para modernizar su infraestructura ante la creciente demanda de combustibles e invertir en trabajos prospectivos.

Ante el reto de enfrentar un escenario de escasos recursos disponibles, es necesario que PEMEX destine recursos de inversión para proyectos de mitigación. Además se requiere establecer programas anuales de reducción de emisiones para cada subsidiaria y proponer proyectos que lo soportaran, de tal manera que se contaría con presupuesto e incentivos para asegurar su ejecución.

Cogeneración

El fomento de la cogeneración en PEMEX tiene gran potencial para inducir un uso más eficiente de la energía a través del aprovechamiento de la energía residual como fuente secundaria y contribuir a la reducción de emisiones de GEI. Se estima que el potencial de cogeneración en PEMEX es cercano a los 2,900 MW.

Este potencial de cogeneración se podría materializar con el establecimiento de una capacidad de 1,400 MW en el sistema nacional de refinación. Actualmente existe un proyecto concreto de cogeneración de 300 MW en el centro procesador de gas nuevo PEMEX.

Potencial de mitigación de la cogeneración en PEMEX. La presente estrategia propone el establecimiento de plantas de cogeneración en el sistema nacional de refinación en diversas instalaciones de PEMEX, y evitar la emisión de 7.7 millones de toneladas de CO₂e al año para el 2013.

La formulación e implementación de estos proyectos requiere alguna combinación de las siguientes acciones:

- I. Incorporar al presupuesto de PEMEX los recursos financieros asignados a este rubro.
- II. Establecer un convenio entre la CFE y PEMEX que autorice que los excedentes de electricidad generados por PEMEX puedan ser aprovechados en su totalidad.
- III. Establecer convenios con industrias conexas para aprovechar los excedentes de electricidad generada bajo la figura de autoconsumo y que las empresas privadas financien las inversiones necesarias para hacer posible la cogeneración.

Suministro eléctrico centralizado para plataformas petroleras

La subsidiaria de PEMEX Exploración y Producción (PEMEX-PEP) cuenta con 192 plataformas petroleras en el Golfo de México; 11 de las cuales se encuentran en la Región Norte, 99 en la Región Marina Noreste y las otras 82 en la Región Marina Suroeste. Estas plataformas emplean sistemas de turbinas a gas o motogeneradores a diesel para producir su electricidad.

Las plataformas que utilizan turbinas para generar electricidad consumen 25.2 millones de pies cúbicos diarios de gas, en tanto que las plataformas que utilizan motogeneradores consumen 400 mil litros diarios de diesel. Todo esto equivale alrededor de 2.8 millones de toneladas de CO₂e emitidas al año. Por consiguiente, una evidente oportunidad de mitigación, técnicamente viable, consiste en centralizar la generación de electricidad con equipos de mayor eficiencia energética y hacerla llegar por cable a las plataformas.

Potencial de mitigación del suministro eléctrico centralizado para plataformas petroleras. La presente estrategia propone la sustitución gradual de todos los equipos de generación de electricidad de las plataformas, petroleras, por una sola planta de ciclo combinado con capacidad de 115 MW, a fin de eliminar totalmente el consumo de diesel y evitar la emisión a la atmósfera de alrededor de 1.9 millones de toneladas de CO₂e al año (en el rango de 1.5 a 2.3 millones de toneladas de CO₂e/año)

Una estrategia complementaria que incrementaría este potencial de reducción de emisiones consiste en utilizar sistemas de generación eolo-eléctrico. La velocidad promedio del viento en las regiones marinas donde se encuentran estas plataformas es de 4 a 6m/s, velocidades muy apropiadas para la generación de electricidades.

Mejora del desempeño energético en las refinerías

Debido a su alto consumo de energía, las seis refinerías del país presentan importantes oportunidades de reducción de emisiones de GEI. La subsidiaria PEMEX Refinación se ha planteado como meta mejorar en 10% su actual índice de eficiencia energética.

Potencial de mitigación en refinerías, PEMEX. De acuerdo con la experiencia internacional y con base en nuevas tecnologías disponibles, la presente estrategia propone mejorar el índice de eficiencia energética de las refinerías en el orden de 15% (en un rango del 12 a 17%) a fin de evitar la emisión de alrededor de 2.7 millones de toneladas de CO₂e hacia el año 2013.

Recuperación secundaria y captura geológica de carbono

El almacenamiento geológico de carbono consiste en la inyección de CO₂ a formaciones geológicas estables. Sin embargo, aún es vista por muchos grupos de opinión como una solución de alto riesgo ante la probabilidad de eventuales fugas posteriores a la atmósfera del CO₂ confinado. Desde el punto de vista económico, es una alternativa todavía costosa, pero si se obtienen ingresos por reducciones certificadas de emisiones del MDL, puede resultar atractiva económicamente en un futuro próximo y eficaz para reducir emisiones a gran escala.

Los yacimientos petroleros y de gas natural pierden presión en el curso de su explotación, lo que puede contrarrestarse mediante la inyección de gas natural, nitrógeno, gases de chimenea o algún otro fluido para la recuperación secundaria de petróleo.

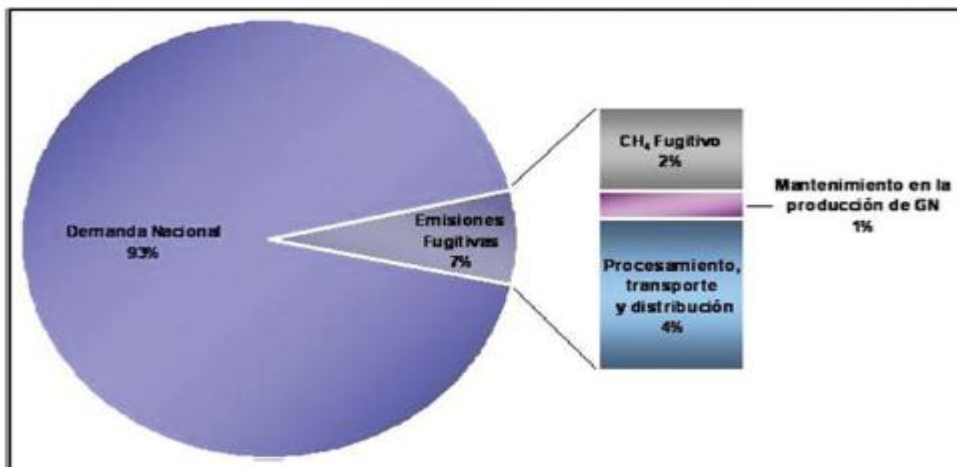
La implementación de este tipo de proyectos ampliaría la oportunidad para mantener los niveles de producción petrolera al tiempo que se reducirían emisiones, y se abrirían oportunidades para obtener fondos adicionales por bonos de carbono. Se podrían también aprovechar posibles sinergias entre PEMEX y sectores como el eléctrico y el cementero, con el objeto de secuestrar emisiones de CO₂ e inyectarlas en los yacimientos.

Reducción de emisiones fugitivas de metano

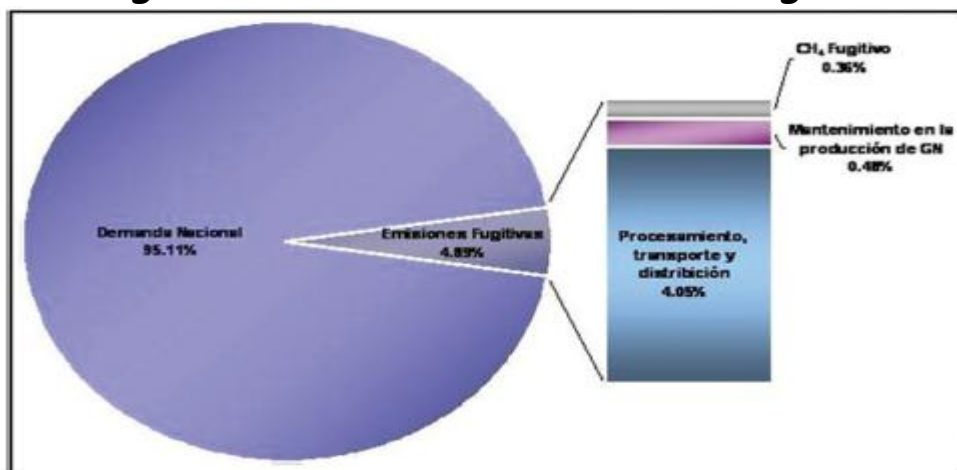
En relación con las emisiones fugitivas de metano asociadas a la producción de gas natural, PEMEX disminuyó considerablemente el gas enviado a quemadores y venteo gracias a la instalación de plataformas de tratamiento Akal-C-8 en Akal-C, del complejo Cantarell (Gráfico 5.8).

Gráfico 5.8 Evolución de las emisiones fugitivas de metano en porcentajes

Emisiones fugitivas de metano en la industria del gas natural 1997



Emisiones fugitivas de metano en la industria del gas natural 2005



FUENTE: CMM, 2006. Con datos de PEMEX-PEP, de SENER y del IMP.

Potencial de mitigación de emisiones fugitivas de metano. Se propone reducir las emisiones fugitivas asociadas a la producción, transporte y distribución de gas natural en el curso del período 2007-2012. PEMEX ha planteado la ejecución de proyectos MDL que reducirían 2.4 millones de toneladas anuales de CO₂e.

C. Inversión y políticas en CFE y en LFC

Las emisiones provenientes de la generación de electricidad del sector público ascendieron a 108 millones de toneladas de CO₂ en el 2004, y se estima que estas emisiones podrían incrementarse a 160 millones de toneladas hacia el año 2014, lo que representa amplias oportunidades para la instrumentación de proyectos de inversión, infraestructura y mejora de procesos que contribuyan a reducir su índice de intensidad de carbono.

a) Proyectos para la Reducción de Emisiones

Eficiencia en las líneas de transmisión y distribución

La transmisión de la energía eléctrica implica pérdidas por calentamiento y por el bajo grado de eficiencia de conductores y centrales distribuidoras, Japón cuantificó estas pérdidas entre el 6 y el 9% de la energía transmitida. Para reducir el impacto ocasionado por estas pérdidas, dicho país instrumentó un programa de administración de líneas de transmisión y distribución con la meta de incrementar la eficiencia de transmisión en 3%. En México, las pérdidas de transmisión, subtransmisión y distribución representaron un 16.7% de la generación total de electricidad producida por la CFE y LFC en 2004.

Potencial de mitigación del incremento de eficiencia en líneas de transmisión y distribución. La presente estrategia plantea como objetivo el diseño y la instrumentación de un programa de administración de líneas de transmisión y distribución que permita un incremento en la eficiencia de hasta 2% (en un rango de 1.5 a 2%) y evite con ello la emisión de entre 6 a 8 millones de toneladas de CO₂ anuales hacia el año 2013.

Uso de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas Sustitución del Pacífico

PEMEX planea continuar la modernización del sistema nacional de refinación, modificando su estructura productiva para: generar productos con mayor valor agregado, modificar las mezclas, procesar un mayor volumen de crudo Maya, satisfacer el crecimiento previsto de la demanda y elevar la rentabilidad de las refinerías. Sin embargo, la demanda de combustibles baratos, particularmente el combustóleo, distorsiona la viabilidad de la reconfiguración productiva de las termoeléctricas de Puerto Libertad, Guaymas, Topolobampo, Mazatlán y Manzanillo que la CFE tiene en el Pacífico.

Potencial de mitigación de la sustitución del uso de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas del Pacífico. Al sustituir combustóleo por gas natural en las termoeléctricas del Pacífico podrían evitarse emisiones hasta por 21 millones de toneladas anuales de CO₂ para el año 2013. Para lograrlo se requiere, entre otras acciones:

I. Instalar una terminal para la obtención de gas natural licuado en las costas del Pacífico, con capacidad de suministro de al menos 900 millones de pies cúbicos diarios.

II. Convertir las termoeléctricas de la costa del Pacífico para que operen con tecnologías de ciclo combinado y eficiencias mínimas del 51%

D. Medidas en el sector industrial

Las industrias son intensivas consumidoras de energía, especialmente las siderúrgica, petroquímica, cementera, química y azucarera. A pesar de que el consumo de combustibles se redujo 1.1% anual, pasando de 957 PJ en 1998 a 895 PJ en 2004, se estima que el periodo 2004-2014 el consumo energético del sector industrial crecerá a una tasa de alrededor de 2.3% anual y, de confirmarse este crecimiento, las emisiones anuales del sector alcanzarían 68 millones de toneladas de CO₂ en la próxima década.

a) Programa voluntario de contabilidad y reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

México es el primer país no-Anexo 1 en donde muchas importantes empresas han adoptado el protocolo de contabilidad y reporte de emisiones propuesto por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD por sus siglas en inglés), gracias al cual han desarrollado capacidades técnicas para estimar sus emisiones y elaborar los inventarios correspondientes.

Actualmente, las empresas suscritas en el programa están en condiciones de identificar oportunidades de reducción de emisiones de GEI principalmente mejorando su eficiencia operativa en la generación y uso de energía y, por consiguiente, de elaborar estrategias para participar en los mercados internacionales de carbono, ya sea en el mercado del MDL.

Los beneficios que obtienen las empresas participantes en la elaboración de sus inventarios corporativos de GEI son:

- I. Evaluar su desempeño ambiental-climático y mejorar su gestión corporativa de GEI.
- II. Contar con elementos para el diseño de escenarios regulatorios, técnicos y económicos asociados a los GEI.
- III. Identificar oportunidades de reducción de GEI en el marco de sus actividades y procesos.

- IV. Generar reportes públicos y participar en programas voluntarios.
- V. Desarrollar capacidades para participar en programas de reporte obligatorio.
- VI. Acceder a mercados de carbono.
- VII. Contar con el reconocimiento a acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones.

El éxito de sus actividades en México ha sido posible gracias a los esfuerzos de las empresas participantes (tabla 5.2) y de organizaciones públicas nacionales e internacionales.

Tabla 5.2 Empresas participantes en el programa GEI-México (mayo de 2007)

Empresa	Reporte 2005
1. Altos Hornos de México, S.A. de C.V.	Entregado
2. AMANCO México	Entregado
3. ANAJALSA Agroquímicos	
4. Boehringer Ingelheim Vetmedica, S.A. de C.V.	Entregado
5. Cappy & Associates Mex. S.A. de C.V.	
6. Caterpillar México, S.A. de C.V.	Entregado
7. Cementos La Farge	Entregado
8. Cementos Moctezuma	Entregado
9. CEMEX México	Entregado
10. Cerraduras TESA	Entregado
11. Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma	Entregado
12. Colgate Palmolive, S.A. de C.V.	
13. Cooperativa La Cruz Azul, S.C.L.	Entregado
14. DeAcero	
15. Ecofreeze Internacional, S.C. de C.V.	
16. Ford Motor Company, S.A. de C.V.	Entregado
17. Forestaciones Operativas de México, S.A. de C.V.	
18. Gas del Atlántico	
19. Grupo BIMBO, S.A. de C.V.	Entregado
20. Grupo Cementos de Chihuahua, S.A. de C.V.	Entregado
21. Grupo IMSA	
22. Grupo Modelo, S.A. de C.V.	Entregado
23. Grupo Porcícola Mexicano, S.A. de C.V.	Entregado
24. Hierro Recuperado, S.A. de C.V.	
25. Hitachi Global Storage Technologies México, S.A. de C.V.	Entregado
26. Holcim-Apasco	Entregado
27. Honda de México, S.A. de C.V.	Entregado
28. Industrial John Deere	Entregado
29. Industrial Minera México, S.A. de C.V.	
30. Industrias Peñoles, S.A. de C.V.	Entregado
31. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (Guadalajara)	Entregado
32. Johnson Controls	
33. Minera Autlán	Entregado
34. Mittal Steel Lázaro Cárdenas, S.A. de C.V.	Entregado
35. NHUMO	Entregado
36. Petróleos Mexicanos (PEMEX)	Entregado
37. Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal	
38. S&C Electric Mexicana	
39. Siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas, S.A. de C.V. (SICARTSA)	Entregado
40. Siderúrgica Tultitlán, S.A. de C.V.	Entregado
41. SIMEPRODE	Entregado
42. Sumitomo Corporativo	Entregado
43. Tetrapak	Entregado
44. Urbi Desarrollos Urbanos, S.A. de C.V.	
45. VITRO	

FUENTE: Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, SEMARNAT.

Hasta mayo de 2007, 45 empresas asentadas en México, privadas y públicas así como multinacionales, han suscrito el programa; entre ellas PEMEX, así como la totalidad de la industria cementera y cervecera y un grupo representativo del sector del hierro y el acero. Las emisiones directas e indirectas en 2005 de las 30 empresas que representaron sus reportes públicos fueron de 89 millones de toneladas de CO₂e. Este resultado es muy importante, ya que equivale a alrededor del 14% de las emisiones totales de México y casi 23% de las emisiones energéticas nacionales.

Para ampliar la participación del sector industrial y hacer viables las diversas opciones voluntarias de reducción de emisiones de GEI, se requiere de un esfuerzo nacional coordinado, transversal, enfocado y comprometido para evaluar áreas de oportunidad, así como para eliminar barreras que obstaculicen el desarrollo de actividades de mitigación o que frenen la participación de sectores económicos que utilizan intensivamente la energía.

En este contexto, los objetivos que se plantea el programa GEI-México durante el período 2007-2012, son los siguientes:

- I. Incorporar en el programa a todos los sectores intensivos en energía, especialmente al sector de generación de electricidad, para que voluntariamente adopten esquemas de contabilidad y reporte confiables, homogéneos y compatibles con esquemas internacionales de estimación de emisiones de GEI.***
- II. Promover la identificación e implementación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI y la participación en los mercados de carbono.***
- III. Diseñar e implementar una plataforma de registro de GEI, que permita el reconocimiento de acciones voluntarias de reducción de emisiones.***
- IV. Identificar las mejores prácticas, tecnologías y lineamientos por sector, para evaluar e identificar las áreas de oportunidad de reducción en actividades industriales seleccionadas; y evaluar el potencial de reducción de las más importantes.***

b) Cogeneración en el sector industrial

Una oportunidad importante para mitigar las emisiones del sector industrial es la cogeneración. Con base en un estudio de la CONAE, se estima que el sector industrial posee un potencial para generar de manera conjunta entre 4,500 y 9,600 MW al año, equivalentes entre 47 mil y 84 mil GWh, con lo que se evitarían emisiones entre 25 y 45 millones de toneladas de CO₂e por año, dependiendo de la forma en que se obtenga la energía útil para cada proceso industrial.

Potencial de la cogeneración de la industria. Esta estrategia propone aprovechar el potencial de cogeneración de las industrias cementera, siderúrgica y azucarera, a fin de generar hasta 4,500 MW al año (en un rango de 2,000 a 4,500 MW) y evitar emisiones de hasta 25 millones de toneladas de CO₂e anuales.

E. Uso de fuentes renovables de energía y bajas en emisiones de carbono

México es un país rico en fuentes renovables de energía, el país se localiza geográficamente en el denominado “cinturón de máxima radiación global”, que presenta una potencia de radiación solar promedio superior a los 5 kWh/m², un potencial eolo-eléctrico estimado de 5,000 MW, pequeñas caídas de agua hasta por una capacidad de 3,200 MW, y biomasa de diversos tipos entre las que el bagazo de caña puede generar alrededor de 3,000 GWh por año.

Asimismo, México tiene amplia experiencia en áreas de investigación de energías renovables, contando con centros de capacidad reconocida a nivel mundial, como son los casos del Centro de Investigación en Energía (CIE) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Centro de Investigación de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) de la CFE, entre otros.

Sin embargo, es necesario adecuar las condiciones jurídicas y de mercado para permitir una mayor participación de las energías renovables (ER) en la oferta energética nacional. Destaca la iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE), aprobada por la Cámara de Diputados en diciembre de 2005.

Iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE)

Esta iniciativa prevé la conformación de un programa para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable que deberá ser elaborado y coordinado por la SENER.

La capacidad adicional requerida se logrará con:

- I. Proyectos incluidos en los planes de expansión de la CFE, una parte de los cuales deberán ser de pequeña escala (<30MW).
- II. Proyectos de autoabastecimiento con fuentes renovables de energía.
- III. Proyectos en comunidades rurales aisladas.

Para el cumplimiento de las metas establecidas en esta iniciativa de ley, se estima necesario destinar aproximadamente 600 millones de pesos al año para dar incentivos que fomenten la inversión pública y privada orientada a la instalación y puesta en operación de proyectos que utilicen tecnologías competitivas para generar electricidad para el consumo público.

La LAFRE señala, que los pagos por la energía entregada a las redes del Sistema Eléctrico Nacional deberán reflejar los costos de quienes la suministren, en virtud de la operación de los proyectos de generación, y deberá aceptar la electricidad generada a partir de fuentes renovables intermitentes en cualquier momento que se produzca.

Otro de los aspectos sobresalientes de esta iniciativa es la creación de un fideicomiso fundado en aportaciones obligatorias del gobierno federal cuyos fondos se utilizarán, durante su primer año de operación, de la siguiente manera:

- I. 55% para el “Fondo Verde”, que incentivará el uso de tecnologías renovables maduras.
- II. 6% para el “Fondo de Tecnologías Emergentes”.
- III. 10% para el “Fondo de Electrificación Rural”.
- IV. 7% para el “Fondo de Biocombustibles”.
- V. 7% para el “Fondo General de ER”.
- VI. 15% para el “Fondo de Investigación y Desarrollo Tecnológico de las ER (FIDTER)”.

Contrato de Interconexión para fuentes renovables de energía

En enero 2007 se presentó un anteproyecto de modificaciones al modelo de contrato de interconexión y a la metodología para la determinación de cargos por transmisión de la energía eléctrica proveniente de fuentes renovables. Las modificaciones propuestas permitirán que los permisionarios en la modalidad de autoabastecimiento, a través del contrato de interconexión, entreguen energía eléctrica exclusivamente a instalaciones de municipios, entidades federativas o gobierno federal, siempre y cuando provenga de fuentes renovables de energía, sea intermitente o no intermitente.

Estas modificaciones permitirán:

- I. Que los permisionarios tengan un beneficio adicional, sin costo alguno, al reconocerse que a cualquier fuente renovable de energía de tipo intermitente y no intermitente se le puede aplicación vigente, siempre y cuando estas fuentes se encuentren en media tensión y tengan centros de consumo municipales, de entidades federativas o del gobierno federal.
- II. Que el suministrador tenga posibilidades de retrasar futuras inversiones en la capacidad de transformación.

- III. Que las entidades municipales o federales puedan aprovechar sus recursos energéticos renovables (basura, desechos urbanos, mini-hidráulicas, etc.) para generar electricidad para autoconsumo, con lo que disminuirán su factura eléctrica y reducirán impactos ambientales.

Meta de la estrategia en materia de energías renovables. En coincidencia con la LAFRE, la presente estrategia propone alcanzar un 8% de participación de las energías renovables en sus distintas modalidades, respecto de la generación total de electricidad (sin incluir grandes hidroeléctricas) hacia el 2012.

a) Solar

En México se han integrado, desde hace más de dos décadas, mapas de radiación solar basados en imágenes de satélite y apoyados en mediciones sistemáticas para algunas localidades, más de la mitad del territorio nacional presenta una insolación media de 5kWh/m². Las regiones del país que cuentan con los más altos niveles de instalación son el Noroeste (Península de Baja California y Sonora), el Sur (fuera de la zona húmeda del Golfo de México y la montaña de transición entre el Golfo y la Altiplanicie Mexicana) y, prácticamente, toda la costa del Pacífico.

Entre 1993 y 2003, la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos se incrementó de 7 a 15 MW, generando más de 8,000 MWh/año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración.

Se espera tener instalados 25 MW con tecnología fotovoltaica para 2013, que generarán 14 GWh/año. Además, para 2009 se espera contar con un sistema híbrido de ciclo combinado acoplado a un campo solar de 25 MW (Agua Prieta II, Sonora).

Sistemas solares de calentamiento de agua

Entre 2000 y 2004, la superficie total instalada de sistemas de calentadores solares se incrementó de 373 a 643 mil metros cuadrados, con una radiación promedio de 18,841 kJ/m²/día, generando 3.2 PJ para calentar agua.

Potencial de mitigación de sistemas solares para calentamiento de agua. Se estima que la instalación de calentadores solares se incrementará progresivamente hasta alcanzar una superficie de 2.8 millones de metros cuadrados, evitando 846 mil toneladas de CO₂e al año en el 2014, al reducir notablemente el consumo de gas LP.

b) Eólica

La región de La Ventosa en el Estado de Oaxaca es de más de 33 mil MW, distribuido en una superficie de 7 mil km² (que corresponden al 17% del territorio de esta entidad federativa). De acuerdo con algunas mediciones y evidentes condiciones locales de viento intenso, las regiones que se consideran con mayor potencial, además de La Ventosa, en Oaxaca, se encuentran en la costa de Quintana Roo, en los alrededores de Pachuca, Hidalgo, en el sur de Coahuila, en el sur de la Península de Baja California y en el cerro de la Virgen en la ciudad de Zacatecas.

En Oaxaca existen zonas con velocidades del viento, medidas a 50m de altura, superiores a 8.5 m/s, con un potencial de 6,250 MW. En Baja California, las mejores zonas están en las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir, con un potencial de 274 MW. Yucatán posee un potencial de 352 MW y la Riviera Maya de 157 MW, es más que suficiente para sustituir plantas que operan con combustóleo, diesel y las generadoras de turbogás.

Tabla 5.3 Potencial eólico en La Ventosa, Oaxaca

Recurso eólico a escala comercial	Clase de viento	Potencia del viento a 50 metros de altura, W/m ²	Velocidad del viento a 50 metros de altura, m/s	Superficie total km ²	Porcentaje con respecto a la superficie estatal	Capacidad Potencial MW
Moderado	3	300-400	6.1-6.7	2,234	2.4	11,150
Bueno	4	400-500	6.7-7.3	2,263	2.5	11,300
Excelente	5	500-600	7.3-7.7	1,370	1.5	6,850
Excelente	6	600-700	7.7-8.5	1,756	1.9	8,800
Excelente	7	>800	>8.5	1,248	1.4	6,250

Las estimaciones suponen una capacidad potencial por km² de alrededor de 5 W; la superficie de Oaxaca cubre 91,500 km². FUENTE: NREL, 2003.

La central eléctrica de la Ventosa, Oaxaca, fue la primera planta eólica integrada a la red en México y en América Latina, con una capacidad instalada de 1.5 MW. En marzo 2007 se inauguró la central La Venta II con una capacidad de 80 MW. De acuerdo con los planes de expansión de la CFE, se prevé la instalación de 6 nuevas centrales en esta zona para fines de 2014, cuya capacidad total será de 593 MW.

c) Mini-hidráulica

El potencial total para el aprovechamiento de la energía hidráulica en México se estima superior a los 53 mil MW, lo cual incluye grandes hidroeléctricas. De acuerdo con la CFE, el potencial de generación de electricidad con base en mini-hidráulicas (plantas de menos de 5 MW) es de alrededor de 3,000 MW. Un estudio de la CONAE en una región montañosa ubicada en partes de los estados de Puebla y Veracruz estimó un potencial de 3,750 GWh/año y cerca de 400 MW para centrales con capacidad instalada menores a 10 MW. A su vez, el IIE estimó un potencial del aprovechamiento en canales de riego por encima de los 200 MW.

Actualmente operan, en los estados de Veracruz y Jalisco, tres centrales mini-hidráulicas con una capacidad instalada de 16 MW, con la que se generan 67 GWh/año. También se encuentran en operación la central hidroeléctrica El Cajón, en Nayarit, que proveerá 750 MW a partir de 2007 y la hidroeléctrica La Parota, en Guerrero, que adicionará otros 900 MW a partir de 2012.

d) Bioenergía

La biomasa es una fuente de energía renovable y limpia, internacionalmente representa el 11% del consumo total de energía y 80% del consumo de energías renovables. Se estima que para 2050 podría contribuir con el 25% de la energía requerida a nivel mundial. El uso de la bioenergía en nuestro país, basado en la leña y el bagazo de caña, representa el 8% (408 PJ) del consumo de energía primaria. Se ha desarrollado y adaptado en el país tecnología eficiente para la cocción doméstica y para las pequeñas industrias rurales que usan leña y producen carbón vegetal. Se cuenta también con desarrollos importantes en el área de gasificación y particularmente en la generación de biogás en rellenos sanitarios así como equipos demostrativos para la gasificación de residuos biomásicos. Existe ya una planta piloto para la producción de biodiesel.

Barreras para el aprovechamiento de la bioenergía en México

Las principales barreras para una penetración a gran escala de la bioenergía en México son:

- I. Ausencia de mecanismos específicos de financiamiento para investigación y desarrollo en bioenergía.
- II. Escasos grupos de investigación que sobreviven con recursos muy limitados.
- III. Pobre desarrollo tecnológico en áreas de frontera, como la producción de combustibles líquidos o gasificación de biomasa.
- IV. Ausencia de regulaciones y políticas de promoción y fomento, como incentivos legales, financieros e impositivos, para apoyar la introducción de tecnologías bioenergéticas.
- V. Existencia de subsidios a los energéticos convencionales.

Elementos para una estrategia nacional sobre bioenergía

La posibilidad de ampliar las fuentes de energía, proteger al medio ambiente y apoyar el desarrollo económico y social del país, particularmente en las zonas rurales, son razones de peso suficiente para desarrollar una iniciativa pública de fomento de la bioenergía en México. Cuatro son los ejes fundamentales:

a) Partir de un enfoque integral orientado al uso sustentable de la bioenergía. Se debe dar prioridad al aprovechamiento de desechos o subproductos de otras actividades, a fin de diversificar la oferta biomásica y aumentar la eficiencia de las tecnologías y sistemas de producción.

b) Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico. Se debe incentivar el desarrollo, la adaptación y la aplicación de tecnología apropiada. En este sentido, el apoyo a grupos de investigación y al desarrollo de proyectos piloto y demostrativos son acciones elementales de fomento. Igualmente, existe tecnología en el mercado internacional que ya se puede aprovechar y que requiere de adaptaciones menores para funcionar en el contexto nacional y local.

c) Impulsar el desarrollo de mercados. Es importante promover el desarrollo de redes de producción y de mercados de productos y tecnologías asociados a la bioenergía, así como elaborar normas técnicas para asegurar la calidad de los productos y los procesos.

d) Fortalecimiento institucional y valoración social. Dada la naturaleza multidimensional de la bioenergía es crítico establecer programas intersectoriales claramente coordinados (salud, energía, ambiente, desarrollo social, agropecuario y forestal), así como campañas de información pública que conduzcan a una mejor valoración social de la bioenergía.

Biocombustibles

Una estrategia muy importante que se desarrolla rápidamente a nivel mundial y que en México representa una oportunidad, es la producción y consumo de biocombustibles. Evaluaciones preliminares de la SENER indican que la mejor opción para producir bioetanol en México se localizaría en la utilización de la caña de azúcar.

Se requieren mayores estudios para precisar las reducciones netas de emisiones que se pudieran obtener por esta vía, y para garantizar las condiciones de sustentabilidad de la producción y el consumo de biocombustibles.

Biomasa leñosa

Las comunidades rurales aisladas del país satisfacen la mayor parte de sus necesidades energéticas con biomasa. Se estima que la leña provee cerca del 75% de la energía de los hogares rurales. Del potencial técnico de la bioenergía en México, un 40% proviene de los combustibles de madera.

Biogas y residuos sólidos urbanos

La CONAE calcula que se pueden instalar 0.7 MW de capacidad por cada millón de toneladas de basura depositada en rellenos sanitarios (sitio diseñado para confinar residuos sólidos urbanos sin agresión al entorno ecológico). Se estima, además que anualmente se producen 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y 17 millones de toneladas de residuos urbanos para generación de biogás o gas de síntesis. El aprovechamiento de los residuos sólidos municipales de 10 principales ciudades para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, permitiría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MWh/año.

Potencial de mitigación por uso de fuentes biomásicas. Se estima, conservadoramente, que la posibilidad técnica permitiría reducir emisiones de hasta 5.7 millones de toneladas de CO₂ hacia el 2012 (tabla 5.4).

e) Geotérmica

México ocupa el tercer lugar mundial en capacidad de generación de energía geotérmica, con 960 MW instalados, con los que se generan más de 6,500 GWh. Las zonas de aprovechamiento actual se concentran en los estados de Michoacán y Baja California.

Tabla 5.4 Potencial del aprovechamiento de la bioenergía en México

Recurso Bioenergético	Descripción de la Meta	Meta en especie (litros, número de unidades, etc.) 2012	Meta Energética (PJ) Mitigación de Carbono (ktCO ₂) 2012
Combustibles sólidos (leña y carbón vegetal)	Difusión de estufas eficientes de leña para el sector doméstico	500,000 estufas	45 PJ (2,500)
	Difusión de hornos eficientes para producir carbón vegetal	1,500 hornos	N.D. N.D.
Gasificación	Gasificación de residuos agrícolas/forestales para cogeneración/electricidad	Bagazo de caña 100 MW	8.2 PJ (416)
		Forestales 50MW	3.6 PJ (183)
	Biogás de residuos sólidos urbanos y agroindustrias	Basura en RS 25 MW	0.5 PJ (25)
		Pecuarios excretas: 33 MW (2012)	0.7 PJ (33)
Combustibles Líquidos	Etanol	1,110 millones de litros	24 PJ (1,320)
	Biodiesel	720 millones de litros (5% de biodiesel en 70% del diesel consumido)	22 PJ (1,184)
TOTAL			5.7 MtCO₂

FUENTE: Elaboraciones con base en Masera, 2006.

El potencial de generación eléctrica con energía geotérmica a nivel nacional se estima en 13,110 MW. La CFE estima que este potencial geotérmico permitiría instalar 2,400 MW, si bien su viabilidad depende del desarrollo de tecnologías para su aprovechamiento. Los proyectos en etapa de factibilidad se indican en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Proyectos geotérmicos en etapa de factibilidad de la cartera del sector energía

Central	Capacidad MW	Generación GWh/año
Cerro Prieto V, Baja California	100	813.2
Cerritos Colorados 1ª etapa, Jalisco	26.9	207.1
Cerritos Colorados 2ª etapa, Jalisco	26.9	414.1
Los Humeros II, Puebla	25	207.1
Los Humeros III, Puebla	55.0	207.1
Total	220.0	1,656.3

FUENTE: SENER, 2006a.

f) Energía nuclear e hidrógeno

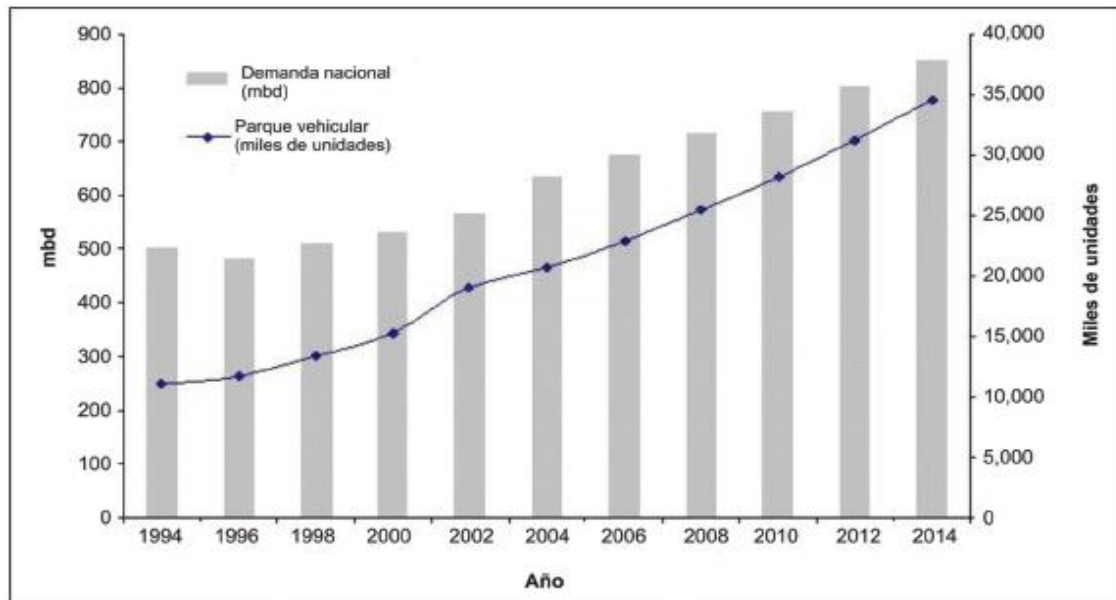
Para un escenario de largo plazo 2020 ó 2030, otras tecnologías para generación de energía, como la nuclear, las celdas de combustibles y el hidrógeno; podrían tomar un papel relevante en el desacoplamiento de las emisiones de GEI respecto del crecimiento económico en México.

F. Transporte

A nivel mundial constituye la segunda fuente de emisiones con el 13.5%, en peso relativo, (igual que la agricultura); mientras que en México representa el 18% de las emisiones de GEI. Durante la última década el parque vehicular observó un crecimiento promedio anual de 6.4% en tanto que en la demanda nacional de gasolinas creció a un ritmo de 3.4% (Gráfico 5.9). Con respecto al diesel, en los próximos años se prevé que el transporte movido con este combustible represente más del 30% de la demanda nacional.

En este rubro, el sector de autotransporte moviliza el 56% de la carga y el 98% del pasaje y el turismo; sin embargo, dispone de un parque vehicular que supera los diez años de vida, lo que implica baja eficiencia, mayor consumo de combustibles y mayores emisiones de CO₂.

Gráfico 5.9 Demanda nacional de gasolinas en miles de barriles diarios (mbd), y crecimiento del parque vehicular a gasolina en miles de unidades, 1994-2014



FUENTE: SENER, 2006b.

Potencial de mitigación en el sector autotransporte

Si se adoptan algunas medidas de modernización, ya probadas en otros países, el potencial de reducción de emisiones de CO₂ provenientes del autotransporte se estima en alrededor de 9 millones de toneladas anuales hacia 2013.

Para lograrlo será necesario:

- I. Establecer incentivos económicos que promuevan el uso de vehículos más eficientes y la renovación de la flota vehicular.
- II. Utilizar las compras gubernamentales como un instrumento para propiciar mercados de vehículos más eficientes e inducir su uso.
- III. Establecer normas y estándares que obliguen a incrementar la eficiencia de los nuevos vehículos y limitar así las emisiones de CO₂.
- IV. Establecer en todo el país programas periódicos y sistemáticos de inspección y mantenimiento vehicular.
- V. Establecer límites máximos de velocidad en carreteras.
- VI. Retirar de la circulación los vehículos más contaminantes.
- VII. Mejorar y adaptar la infraestructura carretera para hacer más eficiente el transporte por kilómetro recorrido y por unidad de carga.

VIII. Desarrollar y establecer modalidades de transporte público eficiente desde el punto de vista energético y bajo en intensidad de carbono.

a) Eliminación del parque vehicular antiguo

Una medida a ser adoptada en el sector autotransporte es la renovación del parque de los camiones de carga y autobuses de motor a diesel, pues la edad de más del 60% de ellos supera los 10 años y su eficiencia energética es muy baja.

Potencial de mitigación por la eliminación del parque vehicular antiguo. Si a partir del 2008 se instrumenta un programa eficaz para retirar los equipos que superan los 10 años de circulación, para el 2013 las emisiones de CO₂ por este concepto habrían disminuido en más de 2 millones de toneladas anuales.

b) Impulso al transporte ferroviario

En los últimos 10 años se han instrumentado una serie de acciones para el mejoramiento de la operación ferroviaria que inciden en la reducción de emisiones. Destacan los programas de aplicación de longitud de laderos e incremento de capacidad de carga en la vía general de comunicación ferroviaria, movilizandotrenes más largos y con mayores volúmenes de cargas, aunados a la disminución del número de viajes sin detrimento del peso que permite la vía general de comunicación.

Asimismo, se han instrumentado programas de ahorro de energía y arranque de motores, que permiten un mejor funcionamiento del equipo y utilizarse sólo cuando esté en operación, utilización de combustibles tratados y reforzamiento de programas de mantenimiento del equipo tractivo.

Estas acciones han recuperado parte del transporte de carga al pasar de 61.6 millones de toneladas en 1997 a aproximadamente 91.6 millones de toneladas en 2006, con un incremento en la carga por ferrocarril de 48.52% en este periodo. En este sentido, se propone continuar incrementando la participación de este modo de transporte en la movilización de carga, con lo que se lograrían evitar emisiones de CO₂.

Potencial de mitigación por el impulso al transporte ferroviario. Si se mejora el desempeño de los ferrocarriles y su cobertura se amplía en un 10%, sería posible evitar 1.5 millones de toneladas de emisiones de CO₂ hacia el 2013.

c) Transporte público

Se debe de fomentar el uso eficiente del transporte de pasajeros, disminuir el consumo de energía por persona transportada y por kilómetro recorrido. En la medida en que se desarrollen apropiados sistemas de transporte colectivo será posible moderar y reducir la tasa de crecimiento del uso del automóvil particular, con la consecuente disminución en el consumo de combustibles y de emisiones de CO₂.

Los sistemas actuales de transporte público deben mantenerse en estado óptimo y además la creación de los nuevos sistemas deberá responder a la demanda de unidades y corredores; proporcionando beneficios diversos para los usuarios como la integración intermodal de tarifas y mayores esquemas de seguridad, entre otras.

d) Transporte marítimo y aéreo

En 2002, las emisiones de estos modos de transporte fueron de 8 millones de toneladas de CO₂e contribuyendo con un 7.5% en las emisiones de este sector, considerando únicamente traslados nacionales de pasajeros y carga. Actualmente existe preocupación en países europeos por el rápido crecimiento de las emisiones debidas a la aviación internacional; sin embargo, aún no se ha adoptado una decisión definitiva en el contexto mundial respecto a la inclusión de estas emisiones en los inventarios nacionales de GEI.

CONCLUSIONES

Actualmente los niveles de gases de efecto invernadero, en la capa atmosférica están aumentando drásticamente cada día atribuido a la actividad humana, esto es un problema preocupante a nivel mundial, que trae consecuencias en las alteraciones climáticas y socio-económicas como son: disminución generalizada de los glaciales y casquetes polares, calentamiento de temperatura en la superficie oceánica que ha contribuido a incrementar el nivel del mar, lluvias torrenciales catastróficas en un corto periodo de tiempo, mayor frecuencia de huracanes, erosión de los litorales, pérdida de suelo fértil, marginación social, incertidumbre económica y como sinergia, la crisis energética, cada vez más cara y disponibilidad en descenso, el uso intensivo de combustibles fósiles y la quema y pérdida de los bosques.

Ante este panorama, no habrá solución posible sin una relación integrada entre los sectores gubernamentales, sociales, privados y académicos. Políticas públicas no coyunturales, participación ciudadana, toma de decisiones sobre bases científicas y tecnológicas, planificación ambiental estratégica, uso de ingeniería ecológica y tecnologías ambientales que incorporen las entradas naturales de energía en los sistemas ecológicos costeros, todo ello en conjunto formaran parte de la ecuación que busca soluciones sustentables.

El cambio climático es un proceso en marcha. El enfoque ahora es sobre las magnitudes de los parámetros indicativos y los impactos esperados sobre la zona costera. Los problemas son múltiples y el desafío principal es sobre mitigación y adaptación del escenario ambiental, económico y social.

Cada huracán causa un disturbio en un área mucho más amplia de donde arriba al continente, y eso causa un impacto económico mucho mayor, tanto por los preparativos de protección de la población, como por el posterior balance económico y social de damnificación, además del colapso de infraestructura urbana y agropecuaria.

Las ciudades costeras de todo el mundo no están preparadas para estos ciclones y significa que estarán en un estado casi perpetuo de disturbio, deberán enfrentarse a una nueva visión de planificación estratégica ambiental, a cambios en el modo de vivir, a distintas normas de construcción, y a nuevas políticas públicas con visión de sustentabilidad de mediano y largo plazo.

La zona templada del Golfo de México se está reduciendo dramáticamente y la zona tropical avanza hasta el litoral norte del Golfo. Algunos parámetros típicos de áreas tropicales como gran descarga de ríos, aporte sedimentario, mayores concentraciones de nutrientes, metabolismo de intensa producción de la columna de agua, se manifiestan prácticamente en todo el litoral del Golfo.

Por ejemplo, el territorio Veracruzano es más vulnerable al ascenso del nivel del mar. Serán afectados poblados, el agua salina se infiltrará hasta los mantos freáticos y las centrales eléctricas costeras (Tuxpan y Laguna Verde) serán afectadas directamente si aún siguen en operación a mediados de siglo. En cifras gruesas, se perderán más de 600 kilómetros de playas, junto con más de 200 kilómetros de caminos y alrededor de 20 kilómetros de puertos marítimos actuales. Más de 3000 hectáreas urbanas se volverán inundables al igual que cerca de 200,000 hectáreas de pastizales y agricultura costera.

Sin una planificación ambiental, incluido en ella, la evaluación de la misma con enfoque de ecosistema para la zona costera, no se vislumbra la interrupción de esta ruta insustentable. Para esto se requiere la integración metodológica de las normas de política ambiental, las variables del marco ecológico, el soporte del marco jurídico, los parámetros sociales, y el horizonte económico para el desarrollo de las costas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Manuel Ledevíd Anglada. **“El Cambio Global en el Medio Ambiente: Introducción a sus causas humanas”**. Ed. Alfaomega. Primera edición. México, D.F. 1998. Pág. 51-95.
2. Walter C. Oechel, ET. AL. **“Global Change and Artic Terrestrial Ecosystems”**. Ed. Springer. Primera edición. Washington USA, 1995. Pág. 25-32.
3. Neil Leary, Cecilia Conde. **“Climate Change and Vulnerability”**. Ed. Earthscan. Primera edición. USA, 2008. Pág. 60-80.
4. Dante Arturo Rodríguez Trejo. **“Los Gases que Producen el Efecto de Invernadero: Cambio climático global”**. Título original en inglés: “The greenhouse gases”. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). Primera edición en español, 1992.
5. Andrew E. Dessler, Edward A. Parson. **“The Science and Politics of Global Climate Change”**. Ed. Cambridge University Press. Primera edición. New York, USA, 2006. Pág. 47-125.
6. Philip Steadman. **“Energía, Medio Ambiente y Edificación”**. Ed. H. Blume. Primera edición en español, Madrid España, 1978. Pág. 15-35.
7. UNAM. **“1er Congreso Nacional de la Asociación Mexicana para la Economía Energética”**. ED. UNAM. Primera edición. México, D.F. 1996. Pág. 11-71.
8. Leigh Glover. **“Postmodern Climate Change”**. Ed. Routledge Taylor & Francis Group. Primera edición. New York USA, 2006. Pág. 211-231.
9. W. Shepherd. **“Energy Studies”**. Ed. Imperial College Press. Primera edición. Ohio USA, 1997. Pág. 29-59.
10. José Ma. De Juana Sardón. **“Energías Renovables para el Desarrollo”**. Ed. Thomson. Primera edición. Madrid España, 2003. Pág. 47- 285.
11. Juan Carlos Vega de Kuyper. **“Química del Medio Ambiente”**. Ed. Alfaomega. Primera edición. Universidad Católica de Chile, 2007.
12. INE. **“Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes”**. Ed. INE. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología, marzo de 1997. Pág. 37-136.
13. UNAM. **“Simposio México: Los revelos energéticos ambientales”**. Ed. UNAM. Primera edición. UNAM, 1992.
14. Brenda y Robert Vale. **“La Casa Autosuficiente”**. Ed. Hermann Blume Ediciones. Primera edición en español. Madrid España, 1981. Pág. 11-38 y 125-140.

15. INE. **“Estudios del País: México ante el cambio climático”**. Ed. INE. Primera edición, México, D.F. 1995.
16. Miguel T. Sánchez. **“Cambio Climático Una Visión desde México: Evaluación de la vulnerabilidad en zonas industriales”**. Ed. INE y SEMARNAT. Primera edición. México, D.F. 2004. Pág. 291-302.
17. SENER. **“Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014”**. ED. SENER. Primera edición. México, D.F. 2005.
18. Red para la Transición Energética. **“Atlas de Recursos Eólicos en Oaxaca México”**. <http://www.funtener.org/pdfs/atlasoaxaca.pdf>
19. Travis Wagner. **“Contaminación, Causas y Efectos”**. Ed. Gernika. Primera edición en español. Madrid España, 1996. Pág. 115-255.
20. ONU. **“Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: Sistema Global de Monitoreo Ambiental de la ONU”**. Ed. ONU. Segunda edición. New York USA, Septiembre 1990. Pág. 7-40.
21. IPCC. **“Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra”**. Ed. IPCC Primera edición. Bruselas Bélgica, 2000.
22. CONAE. **“Las Energías Renovables en México y en el Mundo”**. Ed. CONAE. Primera edición. México, D.F. 2005.
23. PEMEX. **“Ambiente y Energía: Los retos del futuro”**. Ed. PEMEX. Primera edición. México, D.F. 2005.