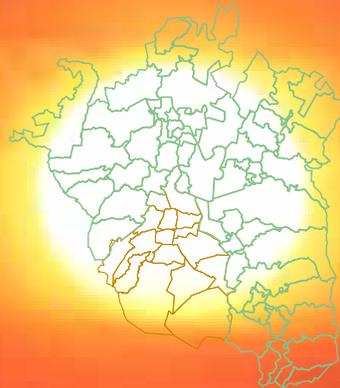


Inventario de Emisiones Gases de Efecto Invernadero



Zona Metropolitana del
Valle de México 2006

D.R. © Secretaría del Medio Ambiente
Gobierno de Distrito Federal

Primera edición 2008

Diseño de portada: Miguel Ángel Flores Román
Fotografías de portada: Internet
Corrección y edición: Patricia Camacho Rodríguez, Saira Mendoza Pelcastre

DIRECTORIO

MARCELO LUIS EBRARD CASAUBON
JEFE DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

MARTHA DELGADO PERALTA
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE DEL DISTRITO FEDERAL

J. VÍCTOR HUGO PÁRAMO FIGUEROA
DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

JORGE SARMIENTO RENTERÍA
DIRECTOR DE PROGRAMAS DE CALIDAD DEL AIRE E INVENTARIO DE EMISIONES

CONTENIDO

Pág.

DIRECTORIO	
AGRADECIMIENTOS	1
PRESENTACIÓN	3
1. INTRODUCCIÓN	7
2. ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	11
2.1 Zona de estudio	
2.2 Tendencias de población en la ZMVM (1990-2006)	
2.3 Consumo de energía en la ZMVM	
2.4 Contaminantes considerados en el Inventario de GEI	
2.5 Metodología de cálculo utilizada	
3. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	23
3.1 Distribución espacial de GEI	
3.2 Emisiones anuales en unidades equivalentes de CO ₂	
4. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR SECTOR	33
4.1 Sector industrial	
4.2 Sector comercial y de servicios	
4.3 Sector residencial / habitacional	
4.4 Sector transporte	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	67

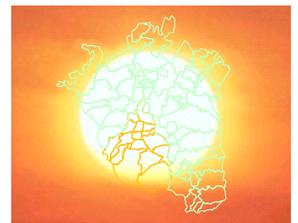
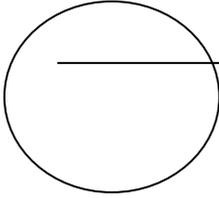
Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas e instituciones que de alguna manera colaboraron en la creación de este documento en especial al:

M. I. Oscar Vázquez Martínez, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

Muchas gracias nuevamente.

Presentación



En años recientes se ha incrementado la preocupación por el calentamiento global provocado principalmente por el aumento de las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI). El cambio climático y el aumento de la temperatura del planeta tienen repercusiones a nivel mundial, por lo que algunos países en cumplimiento al Protocolo de Kyoto¹ pretenden reducir la generación de GEI. Por su parte en un primer paso, el gobierno de México ha implementado una serie de estrategias tendientes a mitigar la generación de estos gases.

A fin de coadyuvar a mitigar el problema del calentamiento global, el gobierno del Distrito Federal en el marco del Plan Verde y de un conjunto de políticas públicas y programas dirigidos a mejorar la calidad de vida de sus habitantes, ha instrumentado un Programa de Acción Climática (PAC) que integra las principales acciones que realiza actualmente el gobierno del Distrito Federal para reducir las emisiones de GEI y mitigar el cambio climático.

La publicación de este documento, tiene como objetivo actualizar el inventario de emisiones de GEI, fortalecer el seguimiento y evaluación de la reducción de emisiones de las acciones incluidas en el PAC, crear nuevos escenarios de emisiones de GEI y elaborar programas o acciones de mitigación.

En este contexto la actualización del presente inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, en conjunto con el de contaminantes criterio y el de contaminantes tóxicos, viene a fortalecer la política ambiental local y global al proporcionar las bases técnicas para la mitigación de emisiones.

La necesidad de desarrollar y actualizar los inventarios de emisiones para mejorar la gestión de la calidad del aire, dio inicio a la elaboración bianual de los inventarios de emisiones de contaminantes criterio (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO NO_x COV, COT y NH₃), con el objetivo de guiar la reducción de emisiones contaminantes. En la actualidad se le ha dado mayor énfasis a la reducción de las

¹ El **Protocolo de Kyoto** es un acuerdo internacional asumido en 1997 en el ámbito de Naciones Unidas que trata de frenar el cambio climático. Uno de sus objetivos es contener las emisiones de los gases que aceleran el calentamiento global.

emisiones de precursores de ozono y de las partículas PM₁₀ y PM_{2.5}. Posteriormente se desarrolló el inventario de contaminantes tóxicos, con el que se pretende fortalecer el control de los mismos; es importante mencionar que en los inventarios de contaminantes criterio ya se incluía una breve sección de gases de efecto invernadero y debido a la necesidad de sentar las bases para crear una política integral de reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero, se hizo necesario el desagregar y ampliar el análisis de las emisiones de GEI, dando lugar al desarrollo de este documento.

El contenido del presente documento, está estructurado de la siguiente manera: Una introducción, en la cual se describe brevemente la historia y utilidad del desarrollo del inventario de emisiones de GEI en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM); el capítulo 2, incluye un análisis de la ZMVM y de su consumo energético. En el capítulo 3, se reporta el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del año 2006, donde se incluye la distribución espacial de las emisiones. En el capítulo 4, se analizan las emisiones por sector; el último capítulo incorpora un apartado de conclusiones y recomendaciones generadas con base en los resultados.

MARTHA DELGADO PERALTA
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE

Introducción

1



INTRODUCCIÓN

Estimaciones realizadas por la autoridad federal mexicana, referente a las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional y presentadas ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, muestran que en México en el año 2002, se generaron 553 millones de toneladas equivalentes de bióxido de carbono (eq. CO₂), indicando un incremento del 30% comparadas con las emisiones de 1990¹.

Por otra parte, el documento elaborado por el gobierno de la Ciudad de México denominado “Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal”², incluyó un capítulo con el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), donde se menciona que en el año 2000 en la ZMVM fueron emitidos 54.1 millones de toneladas equivalentes de CO₂.

Además, los inventarios de emisiones de contaminantes criterio desarrollados para la ZMVM de los años 1998, 2000, 2002 y 2004, incluyeron un apartado de las emisiones de CO₂. Este último reportó que en el año 2004 en la ZMVM se emitieron cerca de 35.8 millones de toneladas de CO₂³.

El presente inventario, incluye las emisiones de bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), generados en los sectores: energético, industrial, habitacional, comercial, de servicios y transporte vehicular, así como por los rellenos sanitarios.

¹ Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, 1990-2002.

² SMA-GDF, 2006. Generado por la Dirección de Coordinación Institucional e Integración de Políticas.

³ Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la ZMVM 2004.

Las estimaciones de GEI referidas anteriormente y las presentadas en este documento, fueron calculadas con la metodología del IPCC⁴.

Dada la importancia que han tomado los GEI, se decidió desarrollar un inventario para estos gases, que además de las emisiones de CO₂, incluyera también las emisiones de CH₄ y N₂O, profundizando el nivel de análisis y desagregación de las fuentes emisoras de estos gases en su actualización bianual.

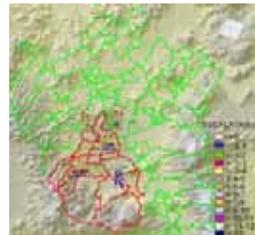
Debido a que parte de la información necesaria para estimar las emisiones de GEI no está desagregada para el Distrito Federal y mucho menos para la ZMVM, fue necesario recurrir a estimaciones propias realizadas por personal de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, con las debidas consideraciones en el registro de la estimación del cálculo, en la recopilación de las fuentes y la gestión de la calidad de los datos.

⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) creado en 1989 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial, organismo en el que participan representantes de los gobiernos para discutir y acordar compromisos que ayuden a reducir la velocidad de los cambios y a mitigar sus efectos.

ASPECTOS GENERALES

2

DE LA ZMVM



2. ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

La Zona Metropolitana del Valle de México, se encuentra rodeada por una cadena montañosa y está situada a una altitud de 2,240 metros sobre el nivel medio del mar. El entorno montañoso que rodea la zona constituye una barrera natural que dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes, por lo que se considera una región propicia para la acumulación de los mismos; y la altitud a la que se encuentra determina el contenido de oxígeno del aire que es de aproximadamente un 23% menos que a nivel del mar, por lo que los procesos de combustión en esta zona son menos eficientes y es necesario quemar más combustible que al nivel del mar para producir la misma cantidad de energía.

Por la altitud a la que se encuentra, ocurren frecuentes inversiones térmicas en un gran número de eventos por año, causando un estancamiento temporal de las masas de aire en la atmósfera que interviene en su capacidad de auto depuración, favoreciendo la acumulación de los contaminantes.

Por su posición continental entre dos océanos, los sistemas anticiclónicos que se registran son frecuentes en la región centro del país, éstos tienen la capacidad de generar grandes masas de aire inmóvil en áreas que pueden abarcar regiones mucho mayores que el Valle de México.

Debido a su latitud tropical, la intensa radiación solar que se registra en el valle a lo largo de todo el año favorece la formación del ozono. Ello es resultado de las complejas reacciones que la luz ultravioleta del sol desencadena entre los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV). Además, los NO_x, junto con el dióxido de azufre (SO₂) y el amoníaco (NH₃), entre otros, contribuyen a la formación de partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}).

La ZMVM con su recurrente problema de contaminación del aire también contribuye de manera significativa al calentamiento global del planeta, esto debido principalmente a que en el proceso de obtención de energía para satisfacer las necesidades de su población, se generan grandes cantidades de gases de efecto invernadero.

2.1. Zona de estudio

La Zona Metropolitana del Valle de México, está integrada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y por 59 municipios conurbados del Estado de México (Ver Tabla 2.1)

Tabla 2.1 Delegaciones y municipios de la ZMVM, 2006

Cve	Delegación	Cve	Municipio	Cve	Municipio	Cve	Municipio
09010	Álvaro Obregón	15002*	Acolman	15035*	Huehuetoca	15083*	Temamatla
09002	Azcapotzalco	15009*	Amecameca	15036*	Hueyoptla	15084*	Temascalapa
09014	Benito Juárez	15010*	Apaxco	15037	Huixquilucan	15089*	Tenango del Aire
09003	Coyoacán	15011*	Atenco	15038*	Isidro Fabela	15091*	Teoloyucán
09004	Cuajimalpa	15013	Atizapán de Zaragoza	15039	Ixtapaluca	15092*	Teotihuacán
09015	Cuauhtémoc	15015*	Atlautla	15044*	Jaltenco	15093*	Tepetlaoxtoc
09005	Gustavo A. Madero	15016*	Axapusco	15046*	Jilotzingo	15094*	Tepetlixpa
09006	Iztacalco	15017*	Ayapango	15050*	Juchitepec	15095*	Tepotztlán
09007	Iztapalapa	15020	Coacalco de Berriozábal	15070	La Paz	15096*	Tequixquiac
09008	M. Contreras	15022*	Cocotitlán	15053*	Melchor Ocampo	15099*	Texcoco
09016	Miguel Hidalgo	15023*	Coyotepec	15057	Naucalpan de Juárez	15100*	Tezoyuca
09009	Milpa Alta	15024	Cuautitlán	15059*	Nextlalpan	15103*	Tlalmanalco
09011	Tlahuac	15121	Cuautitlán Izcalli	15058	Nezahualcóyotl	15104	Tlalnepantla de Baz
09012	Tlalpan	15025	Chalco	15060	Nicolás Romero	15125*	Tonanitla
09017	Venustiano Carranza	15028*	Chiautla	15061*	Nopaltepec	15108*	Tultepec
09013	Xochimilco	15029	Chicoloapan	15065*	Otumba	15109	Tultitlán
		15030*	Chiconcuac	15068*	Ozumba	15122	Valle de Chalco Solidaridad
		15031	Chimalhuacán	15069*	Papalotla	15112*	Villa del carbón
		15033	Ecatepec de Morelos	15075*	San Martín de las Pirámides	15120*	Zumpango
		15034*	Ecatzingo	15081	Tecámac		

*Municipios agregados a la ZMVM (2006) Decreto de Ampliación de la ZMVM Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal 2006



Figura 2.1 Zona Metropolitana del Valle de México

2.2 Tendencias de población en la ZMVM (1990-2006)

En la ZMVM convergen las dos entidades más pobladas del país, estimándose una población para esta zona de alrededor de 19.6 millones de habitantes, lo que ha implicado la presencia de factores de presión ambiental, como resultado de las actividades desarrolladas para satisfacer sus necesidades cotidianas. Así mismo, el crecimiento poblacional ha impulsado las actividades urbanas e industriales en el Valle de México y como consecuencia un aumento del consumo energético.

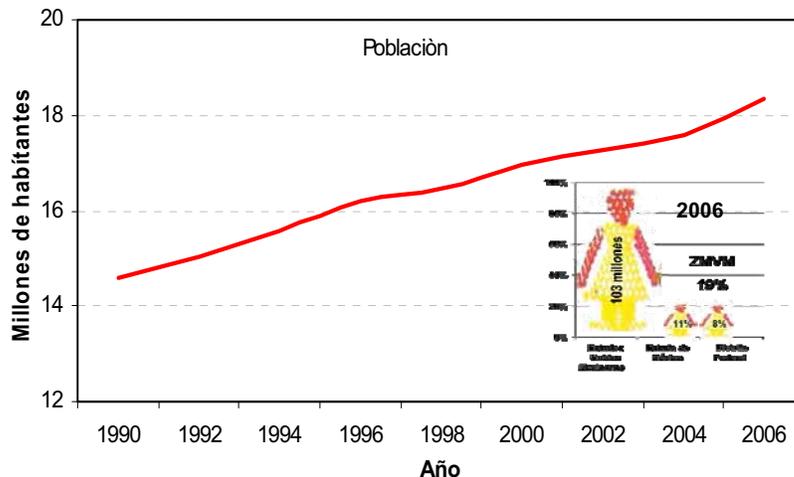


Figura 2.2 Crecimiento poblacional de la ZMVM

2.3 Consumo de energía en la ZMVM

La energía destinada al consumo final de la ZMVM para el año 2006, se estimó en 545 Peta Joules (PJ) a diferencia del año 1990 que fue de 443 PJ, lo que significó un aumento de 102 PJ, que podría representar alrededor del 23% de incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generados por la combustión de combustibles fósiles.

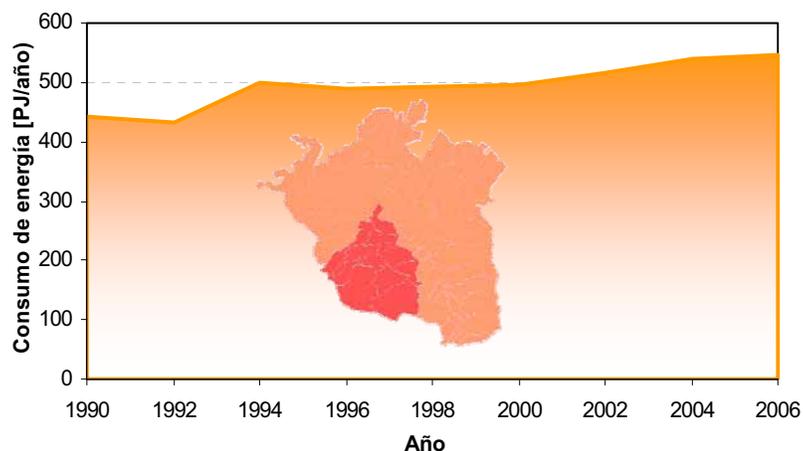


Figura 2.3 Consumo energético en la ZMVM, 1990-2006

Las emisiones de GEI generadas en la ZMVM, resultan principalmente de la transformación de combustibles fósiles en energía, por ejemplo en energía mecánica para la movilidad de los autos, de energía eléctrica para iluminar y para la función de los aparatos electrodomésticos, así como de vapor para que se realicen los procesos industriales, entre otros.

En la Tabla 2.2 se presenta el consumo energético por tipo de combustible para el año 2006, y se observa que la demanda de la ZMVM es cubierta principalmente por gasolina (43%). En segundo lugar se tiene al gas natural, el cual participó con el 24%.

Tabla 2.2 Consumo energético por tipo de combustible, ZMVM-2006

Tipo de combustible	Consumo anual [millones de barriles]	Energía disponible	
		[PJ]	[%]
Gasolina Premium	6.6	32.0	5.8
Gasolina Magna	41.6	202.8	37.2
Diesel Industrial bajo Azufre	1.5	8.0	1.5
PEMEX Diesel	12.7	69.0	12.7
Gas Natural ¹	21,204.3	128.5	23.6
Gas LP	27.8	104.6	19.2
Total ZMVM	21,294.5	544.9	100.0

Nota: No incluye turbosina, ya que la mayoría se consume fuera de la ZMVM y por arriba de la altura de capa de mezclado.

El consumo promedio diario de los combustibles en la ZMVM para el año 2006, se estimó en 306 mil barriles equivalentes de gasolina; es decir alrededor 48 millones de litros por día.

2.3.1 Contexto industrial

De acuerdo al Censo Económico 2004 realizado por el INEGI², existen más de 328 mil industrias manufactureras a nivel nacional, y el 16% se encuentra ubicado en la ZMVM, principalmente en grandes parques industriales. Las actividades más representativas de esta zona son: la producción de alimentos, bebidas, tabaco; productos metálicos, producción de papel y sus derivados; y la generación de energía eléctrica.

El sector industrial es de los más importantes por su demanda energética, el año 2006 requirió el 27% (147 PJ) de la energía total generada en la ZMVM por la quema de combustibles fósiles para realizar gran parte de sus procesos productivos; teniendo al gas natural comprimido como el principal combustible utilizado (83%). Ver Tabla 2.3.

¹ Es importante mencionar que el consumo de gas natural es abundante, debido a que sólo genera 6.06 MJ por barril, a diferencia de los demás combustibles que en promedio generan de 3765 a 5426 MJ por barril de combustible.

² Sección Censos y Conteos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2004.

Tabla 2.3 Consumo energético del sector industrial, ZMVM-2006

Tipo de combustible	Consumo energético	
	[PJ]	[%]
Diesel Industrial bajo Azufre	8.0	5.4
Gas Natural	121.9	82.8
Gas LP	17.3	11.8
Total	147.2	100.0

2.3.2 Contexto comercial y de servicios

Las actividades de servicios tienen una participación cada vez mayor en la economía nacional y se han concentrando en regiones como la Zona Metropolitana del Valle de México.

Con base en información del SIEM (Sistema Empresarial Mexicano³, 2007), la ZMVM concentra aproximadamente 200 mil establecimientos registrados, de los cuales el 94% se dedica al comercio y servicios; además, el 93% de ellos se ubican como micro empresas.

La demanda de energía obtenida de la quema de combustibles fósiles de este sector en el año 2006, fue de cerca de 16 PJ; y fue satisfecha en su mayoría por el gas licuado de petróleo (97%). Ver Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Consumo energético del sector servicios, ZMVM-2006

Tipo de combustible	Consumo energético	
	[PJ]	[%]
Gas Natural	0.5	2.9
Gas LP	15.3	97.1
Total	15.8	100.0

³ <http://www.siem.gob.mx/portalsiem/>

2.3.4 Contexto habitacional

La vivienda, además de tener un lugar relevante en el desarrollo urbano de la ZMVM, representa uno de los sectores que para realizar las actividades internas cotidianas como la cocción de alimentos, el calentamiento de agua y el uso de electrodomésticos, consumen grandes cantidades de energía eléctrica, de gas licuado de petróleo y de gas natural comprimido. En el proceso de obtención de la energía que demandan estas actividades, se generan grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero.

Según el II Censo de Población y Vivienda 2005, de las más de 24 millones de viviendas particulares que se reportan a nivel nacional, el 19% se concentra en la ZMVM. De las viviendas de la ZMVM, que son aproximadamente 4.6 millones, el 52% se ubica en los municipios conurbados del Estado de México. En promedio, de las viviendas ubicadas en la ZMVM, aproximadamente el 98% cuenta con electricidad y consumen algún tipo de combustible dentro de la misma para satisfacer las necesidades de agua caliente y cocción de alimentos.

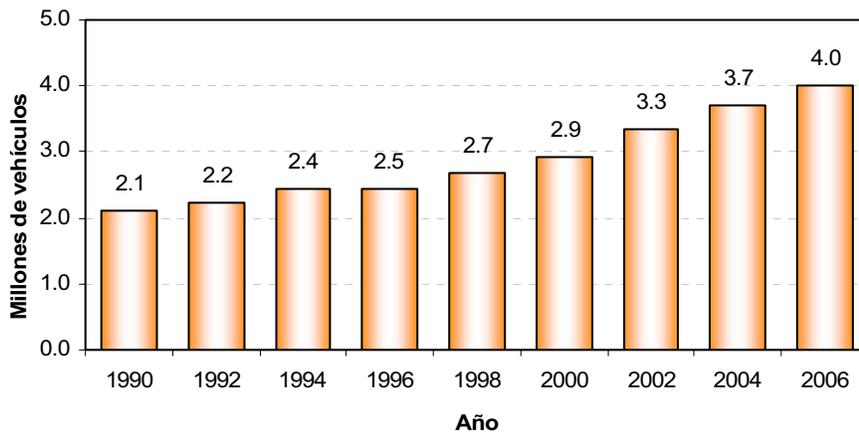
Para satisfacer los requerimientos de cocción de alimentos y calentamiento de agua en el año 2006, este sector consumió 70 PJ; utilizando gas licuado de petróleo y gas natural en un 93% y un 7% respectivamente. Ver Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Consumo energético del sector habitacional, ZMVM-2006

Tipo de combustible	Consumo energético	
	[PJ]	[%]
Gas Natural	5.2	7.4
Gas LP	64.8	92.6
Total	70.0	100.0

2.3.5 Contexto del sector transporte

Debido al crecimiento poblacional de la ZMVM, la mancha urbana ha seguido creciendo en forma horizontal sin un ordenamiento y planeación, haciendo que las distancias y tiempos de traslado dentro de la misma hayan aumentado. Asimismo, la falta de un transporte público metropolitano masivo y eficiente, ha ocasionado que continúe creciendo la flota vehicular de uso particular principalmente. Ver Gráfica 2.1.



Gráfica 2.1 Crecimiento de la flota vehicular en circulación, ZMVM-2006

Lo anterior ha ocasionado que el sector transporte sea el más importante, en lo que se refiere a demanda energética y generación de contaminantes, entre ellos, los gases de efecto invernadero.

En el año 2006, este sector consumió 312 PJ, que representa el 57% de la demanda total de energía de la ZMVM; la gasolina magna (65%) y el PEMEX diesel (22%) son los principales combustibles utilizados. Ver Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Consumo energético del sector transporte, ZMVM-2006

Tipo de combustible	Consumo energético	
	[PJ]	[%]
Gasolina Magna	202.8	65.0
Gasolina Premium	32.0	10.3
PEMEX diesel	69.0	22.1
Gas Natural Comprimido	1.0	0.3
Gas Licuado de Petróleo	7.3	2.3
Total	312.1	100.0

Los cambios en la tecnología de este sector han dado como resultado que los procesos actuales de combustión interna de los vehículos tengan niveles de emisión de contaminantes más bajos a los que se tenían en los años noventa, pero a pesar de esto la generación de gases de efecto invernadero se ha incrementado proporcionalmente con el aumento de la demanda energética.

2.4 Contaminantes considerados en el Inventario de GEI

De acuerdo con el Anexo A del Protocolo de Kyoto, las sustancias principales causantes del efecto invernadero son: el Bióxido de carbono (CO_2), el Metano (CH_4), el Oxido Nitroso (N_2O), los Hidrofluorocarbonos (HFC), los Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafloruro de Azufre (SF_6).

Para fines del presente inventario los gases de efecto invernadero que se estimaron fueron el bióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso.

Bióxido de Carbono

El bióxido de carbono (CO_2), en la ZMVM se libera principalmente por la respiración y la combustión de compuestos con carbono. Aunque es generado de forma natural y por las actividades antropogénicas, las concentraciones de este gas en la atmósfera terrestre se han incrementado a nivel mundial debido principalmente a las actividades realizadas dentro de las grandes ciudades.

Metano

Otro gas de efecto invernadero, es el metano (CH_4), que en la ZMVM es producido principalmente por la descomposición en condiciones anaeróbicas de la materia orgánica de la basura que se encuentra en los rellenos sanitarios y por la quema de combustibles fósiles. Al igual que el CO_2 , las concentraciones de CH_4 aumentan principalmente por la acción antropogénica directa e indirecta.

Oxido Nitroso

En la ZMVM, el óxido nitroso (N_2O) es producido principalmente en los procesos antropogénicos que incluyen la combustión del gas natural en las industrias manufactureras y de generación de energía eléctrica y la combustión de gasolina y diesel en los motores de combustión interna.

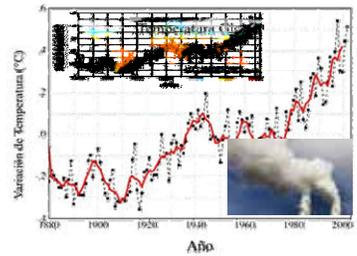
2.5 Metodología de cálculo utilizada

Las metodologías empleadas en el presente documento para el cálculo de las emisiones de GEI, son aquellas que establece el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy; The 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3, Industrial Processes and Product Use* y *The 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

Las emisiones de gases de efecto invernadero reportadas se hacen en términos de CO₂ equivalente, la cual es una unidad de medida usada para indicar el potencial de calentamiento global de los gases de efecto invernadero. El bióxido de carbono es la referencia a través de la cual se miden otros gases de efecto invernadero distintos al CO₂. Por ejemplo, un gramo de metano equivale a 21 gramos de CO₂ y un gramo de N₂O a 310 gramos de CO₂.

Inventario de Emisiones de

3 Gases de Efecto Invernadero



3. Inventario de emisiones de GEI

De acuerdo con datos de la Tercera Comunicación Nacional presentada por México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y el Inventario Nacional de Emisiones 1990-2002, nuestro país contribuye con cerca del 1.5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI), estimándose en poco más de 643 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (eq. CO₂), con lo que se ubica en el lugar 12 entre los países con mayores emisiones a escala mundial¹. De esta contribución se ha estimado que la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) aporta el 6.7% de las emisiones nacionales de GEI (43.4 millones de toneladas eq. CO₂ para el año 2006).

El presente inventario de GEI, nos muestra que para el año 2006 en la ZMVM se generaron: por el consumo de energéticos (gasolinas, diesel, gas natural y gas licuado de petróleo), por la descomposición de la basura en los rellenos sanitarios y por los incendios forestales, 37.7 millones de toneladas de CO₂, 250,900 toneladas de CH₄ y 1,419 toneladas de N₂O.

Tabla 3.1 Emisiones totales de GEI, ZMVM-2006

Sector	Emisiones de GEI [ton /año]		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Industrial	10,345,252	223	29
Comercial-servicios	972,601	19	2
Residencial / habitacional	4,233,924	102	7
Transporte carretero	21,139,856	3,760	1,315
Otras fuentes*	1,069,149	246,796	66
Total	37,760,782	250,900	1,419

* Incluye operación de aeronaves, locomotoras (foráneas/patio), terminales de autobuses, distribución y almacenamiento de gas LP, fugas en instalaciones de GLP, hidrocarburos no quemados (HCNQ) en la combustión de gas LP, incendios forestales y rellenos sanitarios.

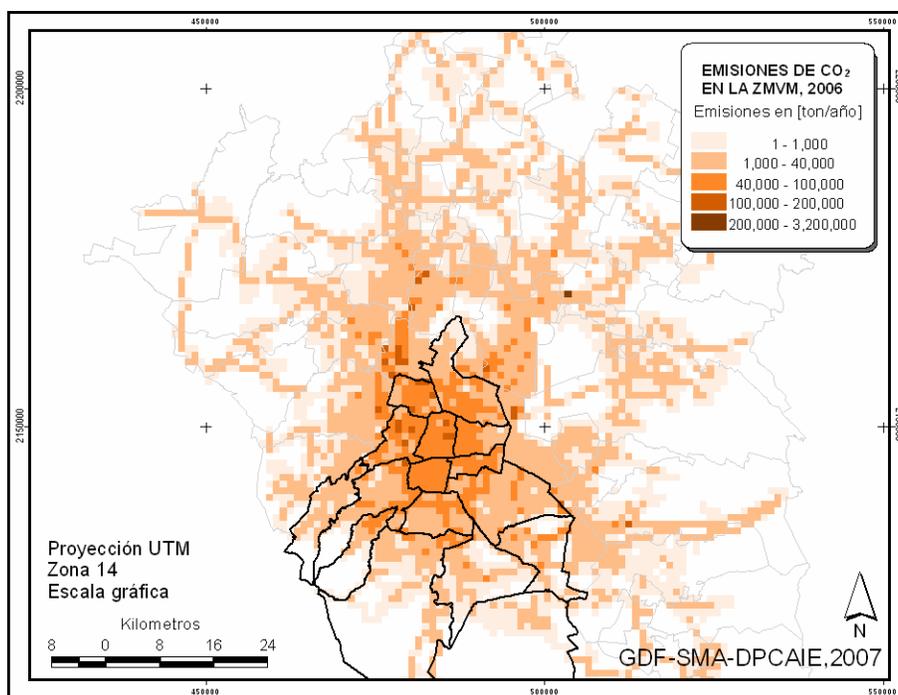
¹ Según el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002.

3.1 Distribución espacial de GEI

La distribución espacial de la generación de emisiones de gases de efecto invernadero, entre otras utilidades, permite localizar a los sectores con mayor aporte de emisiones y ubicar las áreas de mayor atención, coadyuvando a la planeación del uso del suelo y al establecimiento y/o reubicación de fuentes emisoras de contaminantes.

La distribución espacial de las emisiones anuales de contaminantes, se realizó en una malla de 1km x 1km, donde se ubicaron 7,826 fuentes puntuales. Las fuentes de área se distribuyeron con base en el AGEB² y las fuentes móviles se localizaron sobre las principales calles y avenidas en dicha malla. Es importante mencionar que la distribución espacial de todas las fuentes contaminantes se realizó con cartografía digital utilizando un sistema de información geográfica³.

La distribución espacial de GEI, se muestra en los Mapas 3.1 a 3.3.



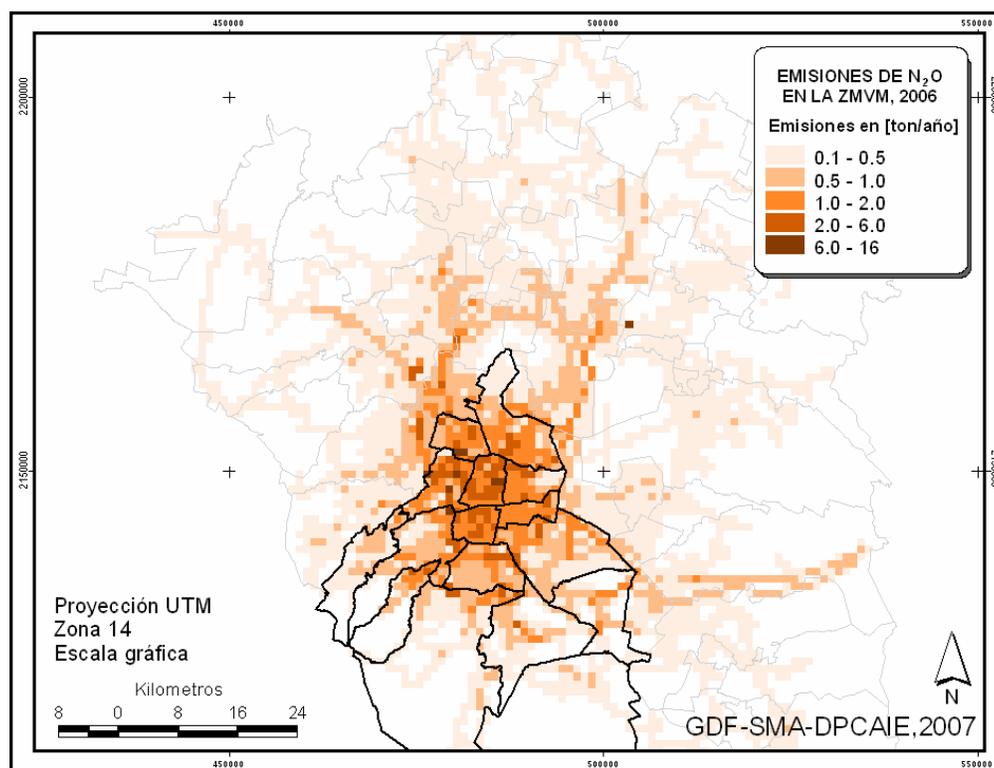
Mapa 3.1 Distribución espacial de la generación de CO₂

² Área Geoestadística Básica del INEGI, 2000.

³ SIG o GIS, por su acrónimo en inglés.

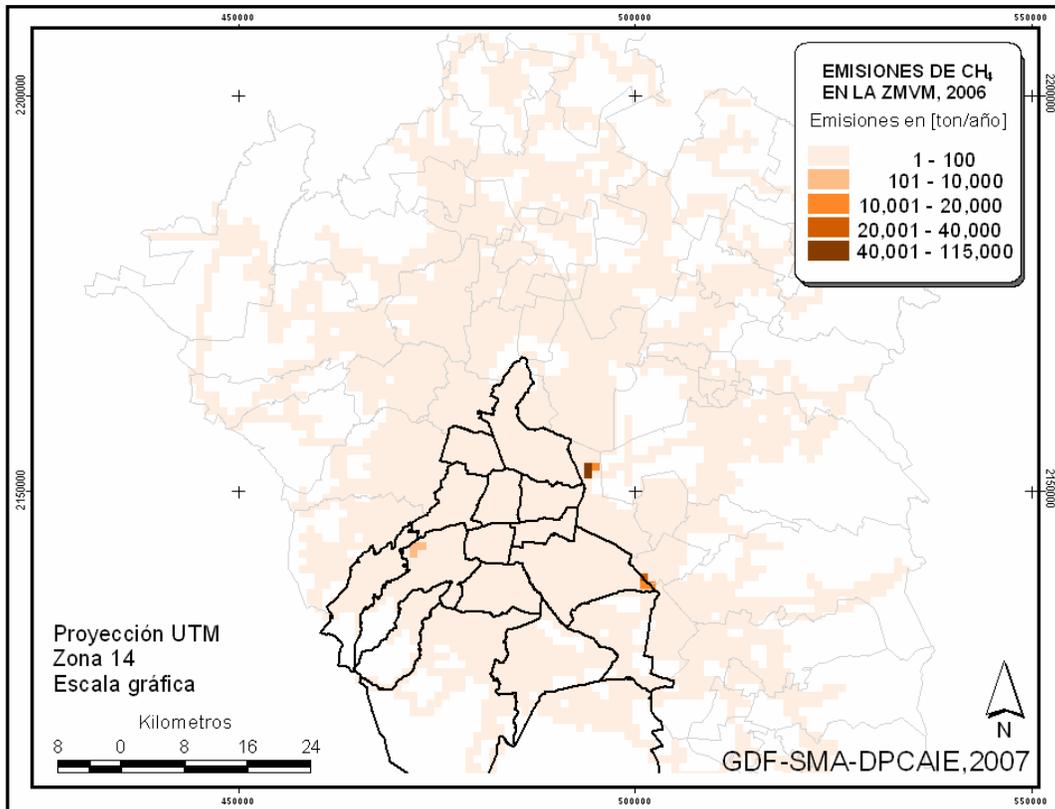
Las emisiones de CO₂, básicamente son producto de la quema de los hidrocarburos utilizados como combustible y debido a que el 50% es generado en la combustión vehicular.

La caracterización espacial de las emisiones está directamente relacionada con las actividades del transporte de pasajeros y carga de mercancías, por lo que su distribución sigue un patrón conforme a las principales calles y avenidas de mayor flujo vehicular; teniendo así, que las mayores emisiones se localizan en las delegaciones del centro de la ZMVM, como son Benito Juárez, Cuauhtémoc, Coyoacán y Miguel Hidalgo, y son menores conforme se avanza hacia los extremos del Valle.



Mapa 3.2 Distribución espacial de la generación de N₂O

La distribución espacial de los N₂O, al igual que el CO₂, varía de acuerdo a la actividad del parque vehicular de la ZMVM, concentrándose en la zona urbana, donde la circulación es el patrón de distribución de las emisiones.



Mapa 3.3 Distribución espacial de la generación de CH₄

La emisión del CH₄ en la ZMVM es generada principalmente en los rellenos sanitarios (97.8%), en el mapa 3.3 se puede apreciar la ubicación exacta de éstos, como principales fuentes de emisión.

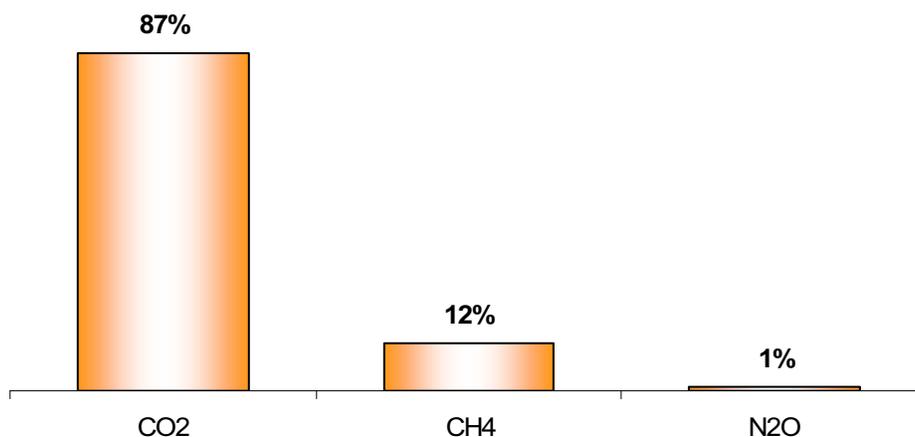
3.2 Emisiones anuales en unidades equivalentes de CO₂

Utilizando los valores de la Tabla 3.1 y los potenciales de calentamiento global de cada uno de los gases inventariados (CO₂ = 1, CH₄ = 21 y N₂O = 310), se obtuvieron las emisiones en unidades equivalentes de CO₂, presentadas en la Tabla 3.2. En ella se muestra que durante el año 2006, en la ZMVM se generaron 43.4 millones de toneladas equivalentes de CO₂, correspondiendo el 87% al CO₂, el 12% al CH₄ y el 1% al N₂O. Ver Gráfica 3.1.

Tabla 3.2. Emisiones totales de GEI por tipo de contaminante, ZMVM-2006

Sector	Emisiones equivalentes de CO ₂ [ton eq. CO ₂ /año]			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Industrial	10,345,252	4,683	8,945	10,358,880
Comercial-Servicios	972,601	403	479	973,483
Residencial / Habitacional	4,233,924	2,140	2,098	4,238,162
Transporte carretero	21,139,856	78,952	407,724	21,626,532
Otras fuentes*	1,069,149	5,182,720	20,463	6,272,332
Total	37,760,782	5,268,898	439,709	43,469,389

* Incluye operación de aeronaves, locomotoras (foráneas/ patio), terminales de autobuses, distribución y almacenamiento de gas LP, incendios forestales y rellenos sanitarios.



Gráfica 3.1 Emisiones porcentuales de GEI en la ZMVM

En Tabla 3.3, se muestran de forma desagregada, por tipo de fuente y actividad las emisiones de GEI generadas en la ZMVM.

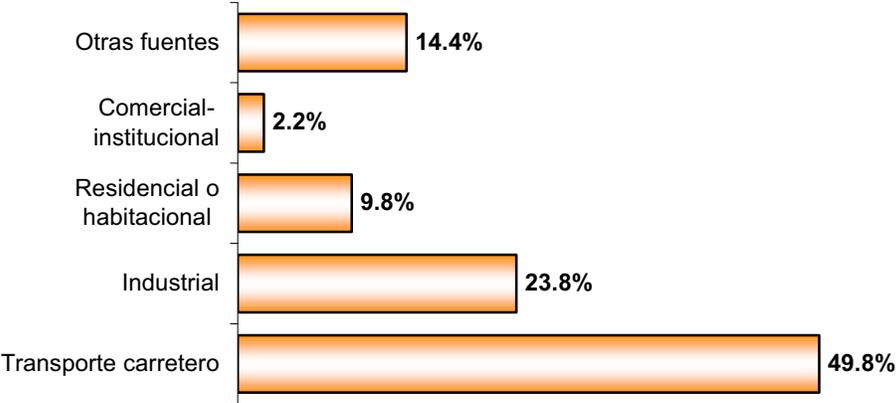
Tabla 3.3 Emisiones de GEI (desagregadas por sector), ZMVM-2006

Sector	Emisiones equivalentes de CO ₂ [ton /año]			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Industrial	10,345,252	4,683	8,945	10,358,880
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1,308,189	566	1,112	1,309,867
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	328,074	199	507	328,780
Industria de la madera y productos de madera	16,890	12	31	16,933
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	918,706	462	1,000	920,168
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,545,359	920	2,274	1,548,553
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	974,061	443	919	975,423
Industrias metálicas básicas	355,893	146	254	356,293
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1,235,842	471	795	1,237,108
Otras industrias manufactureras	52,563	26	58	52,647
Generación de energía eléctrica	3,609,675	1,351	1,995	3,613,021
Fugas en instalaciones a GLP	N/A	2	N/A	2
HCNQ en la combustión de GLP	N/A	85	N/A	85
Comercial-institucional	972,601	403	479	973,483
Combustión comercial-institucional	972,601	325	479	973,405
Fugas en instalaciones a GLP	N/A	3	N/A	3
HCNQ en la combustión de GLP	N/A	75	N/A	75
Residencial / habitacional	4,233,924	2,140	2,098	4,238,162
Combustión habitacional	4,233,924	1,421	2,098	4,237,443
Fugas en instalaciones a GLP	N/A	370	N/A	370
HCNQ en la combustión de GLP	N/A	349	N/A	349
Transporte carretero	21,139,856	78,952	407,724	21,626,532
Autos particulares	10,239,732	48,930	244,697	10,533,359
Taxis	2,541,475	7,854	65,547	2,614,876
Combis	681,868	3,570	22,894	708,332
Microbuses	743,058	3,129	12,303	758,490
Pick up	814,809	5,124	26,798	846,731
Vehículos de menos de 3 ton	613,398	1,701	7,956	623,055
Tractocamiones	1,552,755	105	1,121	1,553,981
Autobuses	1,903,637	454	2,422	1,906,513
Vehículos de más de 3 ton	1,689,973	4,347	19,926	1,714,246
Motocicletas	359,151	3,738	4,060	366,949
Otras fuentes	1,069,149	5,182,720	20,463	6,272,332
Operación de aeronaves	7,610	0	0	7,610
Locomotoras (foráneas/ patio)	66,562	0	8,060	74,622
Terminales de autobuses	3,432	8	3	3,443
Distribución y almacenamiento de GLP	N/A	38	N/A	38
Incendios forestales	318,095	28,161	12,400	358,656
Rellenos sanitarios	673,450	5,154,513	N/A	5,827,963
Total	37,760,782	5,268,898	439,709	43,469,389

N/A: No Aplica

HCNQ: Hidrocarburos no quemados

Desglosando las emisiones por tipo de fuente, tenemos que la mayor cantidad de gases de efecto invernadero es aportada por el sector transporte carretero con 49.8%, el segundo lugar lo ocupa la industria con el 23.8%, el sector habitacional aporta 9.8%, el sector comercial-servicios el 2.2% y otras fuentes aportan el 14.4% restante tal y como se puede observar en la Gráfica 3.2.



Gráfica 3.2. Emisiones de GEI por tipo de fuente

Emisiones de Gases de

4

Efecto Invernadero por Sector



4. Emisiones de gases de efecto invernadero por sector

La mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan en la ZMVM, son resultado de la quema de combustibles fósiles (consumo de 545 PJ de energía), donde cada sector consume básicamente algún tipo de hidrocarburo, por ejemplo en el sector transporte, las emisiones provienen de la quema de gasolina, en la industria del gas natural (GN) y en el sector comercial-servicios y residencial del gas licuado de petróleo (GLP). Durante la combustión de estos energéticos, el carbón y el hidrógeno contenido en ellos son convertidos principalmente en bióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O), transformando la energía química del combustible en calor para ser utilizado directamente o convertirlo en energía mecánica o eléctrica.

Para este análisis, sólo se tomarán en cuenta las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan en el sector industrial, en el comercial-servicios, en el habitacional (residencial) y en el transporte carretero. Ver Tabla 4.1.

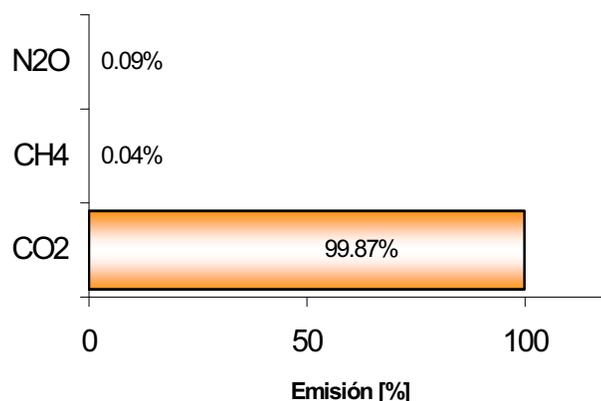
Tabla 4.1. Emisiones equivalentes de CO₂ para los sectores Industrial, Comercial, Habitacional y Transporte, ZMVM-2006

Sector	Consumo energético		Emisiones equivalentes de CO ₂	
	[PJ/año]	[%]	[ton /año]	[%]
Industrial	147	27.0	10,358,880	27.9
Comercial-Servicios	16	2.9	973,483	2.6
Residencial / Habitacional	70	12.8	4,238,162	11.4
Transporte carretero	312	57.3	21,626,532	58.1
Total	545	100	37,197,057	100

Nota: No se incluyen las emisiones generadas en los rellenos sanitarios, la operación de aeronaves, locomotoras (foráneas/patio), terminales de autobuses e incendios forestales.

4.1 Sector industrial

En la ZMVM en el año 2006, las emisiones totales del sector industrial fueron de 10,358,880 toneladas equivalentes de CO₂, de estas el 0.13% corresponde a emisiones de CH₄ y de N₂O (Gráfica 4.1).



Gráfica 4.1 Emisiones porcentuales de GEI del sector industrial

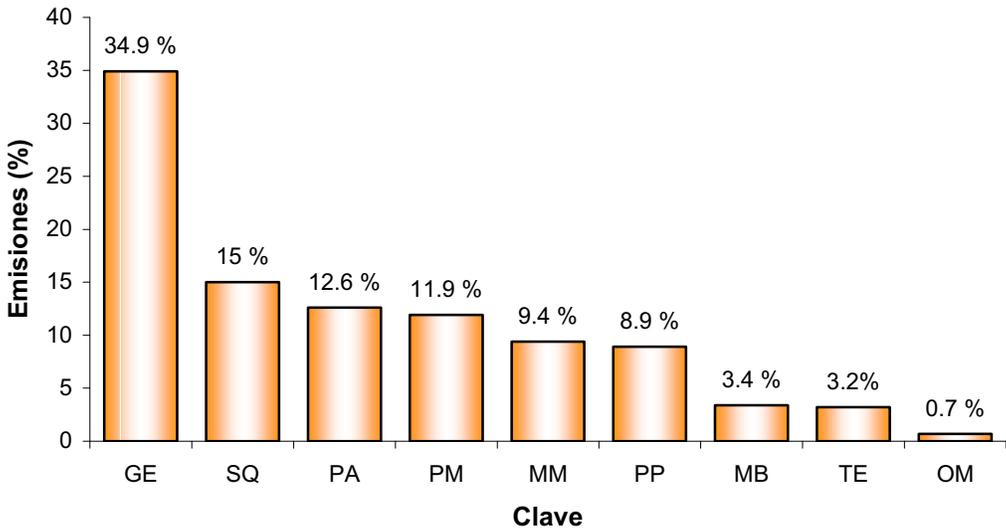
En la Tabla 4.2, se muestran las emisiones totales equivalentes de CO₂ en peso y la contribución porcentual de cada subsector.

Tabla 4.2 Emisiones Industriales de GEI por combustión

Clave	Subsector	Emisiones equivalentes de CO ₂	
		[ton/año]	[%]
PA	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1,309,867	12.6
TE	Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	328,780	3.2
OM	Industria de la madera y productos de madera	16,933	0.2
PP	Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	920,168	8.9
SQ	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,548,553	15
MM	Productos minerales no metálicos	975,423	9.4
MB	Industrias metálicas básicas	356,293	3.4
PM	Productos metálicos, maquinaria y equipo	1,237,108	11.9
OM	Otras industrias manufactureras	52,647	0.5
GE	Generación de energía eléctrica	3,613,021	34.9
Total		10,358,793	100

Nota: También dentro del sector industrial, por fugas de gas licuado de petróleo (GLP) y de hidrocarburos no quemados en la combustión (HCNQ) se generaron pérdidas de 11,142 m³ de GLP, las cuales representan **87 toneladas** equivalentes de CO₂.

De las emisiones generadas por la industria ubicada en la ZMVM, algunas ramas muestran mayor contribución: en primer lugar se encuentra la generación de energía eléctrica con una aportación del 35%; le sigue la producción de sustancias químicas con el 15%; la elaboración de productos alimenticios con 13%; los productos metálicos, maquinaria y equipo con 12%; el porcentaje restante se distribuye entre las demás categorías, como se muestra a continuación.

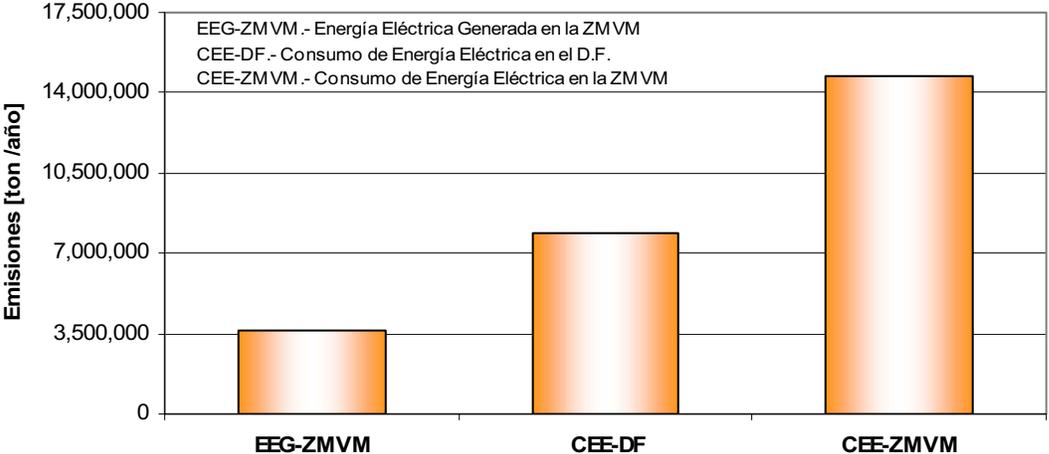


Gráfica 4.2 Emisiones porcentuales equivalentes de CO₂

Es importante mencionar que el sector eléctrico ubicado en la ZMVM, demandó más de 1,645 millones de metros cúbicos de gas natural para generar aproximadamente 6 millones de MWh (Mega watts/hora) de energía eléctrica. Sin embargo, no son suficientes para cubrir la demanda de electricidad de los habitantes de esta metrópoli, por lo que para generar la electricidad requerida de la ZMVM, se emiten gases de efecto invernadero en otras regiones del país.

Durante el año 2006, el Distrito Federal consumió alrededor de 13.2 millones de MWh de energía eléctrica, por lo que tomando como referencia el tipo y consumo de combustible demandado por el sector energético ubicado en la ZMVM y la cantidad de energía eléctrica producida, se necesitarían aproximadamente 3,593 millones de metros cúbicos de gas natural para satisfacer esta demanda, con lo

que se generarían anualmente alrededor de 7.9 millones de toneladas equivalentes de CO₂ y con la demanda total anual de energía eléctrica de la ZMVM que fue de alrededor de 24.6 millones de MWh, se necesitarían en total 6,712 millones de metros cúbicos de gas natural adicionales, con lo que la generación de emisiones ascendería a 14.7 millones de toneladas equivalentes de CO₂ (Gráfica 4.3).



Gráfica 4.3 Emisiones equivalentes de CO₂ por el consumo de energía eléctrica

Las cifras antes mencionadas representarían un aumento del doble de las emisiones de GEI generadas en la ZMVM por el sector industrial, se incrementarían de 10,358,793 a 21,482,871 toneladas anuales equivalentes de CO₂; también esto representaría un aumento del 25.6% (11.1 millones de toneladas equivalentes de CO₂) en las emisiones anuales totales de GEI generadas en la ZMVM, las cuales pasarían de 43,469,389 a 54,593,467 toneladas equivalentes de CO₂.

4.2 Sector comercial y de servicios

En la ZMVM existen aproximadamente 168 mil unidades económicas referidas al sector comercial-servicios⁴. De acuerdo a la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP), este sector comprende la venta de bienes anteriormente procesados y manufacturados, así como los servicios de comunicación, financiamiento, de interés social y cultural entre otros. Ver Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Descripción del sector Comercial-Servicios por tipo de actividad

Comercio	Servicios
Comercio al por mayor:	Comunicaciones
	Servicios financieros, de administración y alquiler de bienes muebles e inmuebles
Comercio al por menor:	Servicios Comunales y sociales; Hoteles y restaurantes; servicios profesiones, técnicos y personales

Las emisiones de GEI que se producen en el sector Comercial-Servicios, se atribuyen al consumo de energía eléctrica y de combustibles fósiles. A continuación se describen a detalle los consumos, usos y emisiones generadas por estos energéticos.

4.2.1 Emisiones de GEI por tipo de combustible

El sector comercial y servicios ubicado en la ZMVM, para el 2006 tuvo una demanda energética por uso de combustibles de 15.8 PJ, de los cuales el 97.1% se obtuvo por la quema de gas licuado de petróleo y el restante 2.9% por la quema de gas natural. Este consumo genera emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O; las cuales se indican en la Tabla 4.4.

⁴ De acuerdo con el Sistema Empresarial Mexicano, 2008.

Tabla 4.4 Emisiones de GEI en el sector Comercial-Servicios, ZMVM 2006

Sector	Emisiones equivalentes de CO ₂ [ton /año]			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Combustión Comercial-Servicios	972,601	325	479	973,405
Fugas en instalaciones a GLP	N/A	3	N/A	3
HCNQ en la combustión de GLP	N/A	75	N/A	75
Comercial-Servicios	972,601	403	479	973,483

La demanda de gas licuado de petróleo empleado en estos sectores fue de aproximadamente 643,039 metros cúbicos al año, de este volumen, por fugas en instalación y accesorios de combustión e hidrocarburos no quemados en la combustión (HCNQ) se perdieron 10,108 m³, por lo que el consumo para la combustión se estimó en 632,931 metros cúbicos (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Consumo de GLP para el sector Comercial-Servicios, ZMVM 2006

GAS LP	Volumen [m ³ /año]	Energía [PJ/año]
Distribución de GLP	643,039	15.30
Fugas de GLP por instalaciones, accesorios e HCNQ	10,108	0.24
Consumo de combustible	632,931	15.06

Fuente Elaboración propia con datos de Prospectivas de: Gas Licuado de Petróleo 2007-2016, SENER; PEMEX Gas y Petroquímica básica

Las emisiones generadas por estas fugas en instalaciones e HCNQ ascienden a 78 toneladas equivalentes de CO₂. Con respecto a gas natural comprimido para ese mismo año se tuvo un consumo de 11.8 millones de metros cúbicos, equivalentes a 0.5 PJ. Ver Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Distribución de GNC para el sector Comercial-Servicios ZMVM 2006

Gas Natural	Volumen [m ³ /año]	Energía [PJ/año]
Total	11,846,968	0.5

Fuente Elaboración propia con datos de: Prospectivas de Gas Natural 2007-2016, SENER

Por la combustión de estos energéticos se generaron 972 mil toneladas de CO₂, 325 toneladas de CH₄ y 479 toneladas de N₂O.

Tabla 4.7 Emisiones de GEI por combustión en el sector Comercial-Servicios

Combustible	Consumo (PJ/año)	Emisiones equivalentes de CO ₂ [ton /año]		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gas Natural	0.50	25,332	10	14
Gas LP	15.06	947,269	315	465
Total	15.56	972,601	325	479

En la Tabla 4.8, se muestran las emisiones equivalentes de CO₂ generadas por el uso de combustibles fósiles en el sector comercial-servicios las cuales suman aproximadamente 973 mil.

Tabla 4.8 Emisiones equivalentes de CO₂ en el sector Comercial-Servicios por uso de combustibles

Combustible	Emisiones [ton eq. CO ₂ /año]
Gas Natural	25,356
Gas LP	948,049
Total	973,405

4.2.2 Emisiones de GEI por uso de energía eléctrica.

El sector comercial-servicios consume energía eléctrica para desempeñar diversas actividades dependiendo de su rama económica. Con base en las estadísticas de la Secretaría de Energía se estima que la ZMVM destinó el 7.5% (1,839,350 MWh) de las ventas internas para uso comercial y el 3.8% (931,937 MWh) para servicios. Ver Tabla 4.9.

Tabla 4.9 Consumo de energía eléctrica para el sector comercial-servicios, ZMVM 2006

Entidad	Consumo anual [MWh]	
	Comercios	Servicios
Distrito Federal	989,241	501,215
Estado de México	850,109	430,722
ZMVM	1,839,350	931,937

Fuente Elaboración propia con datos de Prospectiva de Sector Eléctrico 2007-2016, SENER.

Es importante mencionar que las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica de este sector, están incluidas en el sector industrial y/o son generadas en otras regiones fuera de la ZMVM.

A continuación, se muestran las emisiones equivalentes de CO₂ estimadas para la generación de energía eléctrica en el sector comercial-servicios.

Tabla 4.10 Emisiones equivalentes de CO₂ por consumo de energía eléctrica en el sector Comercial-Servicios

Entidad	Emisiones [ton eq. CO ₂ /año]	
	Comercios	Servicios
Distrito Federal	591,566	299,727
Estado de México	508,365	257,572
ZMVM	1,099,931	557,299

4.3 Sector residencial / habitacional

Considerando sólo los combustibles fósiles gaseosos, el sector residencial demandó 70 PJ/año para satisfacer las necesidades de cocción de alimentos y calentamiento de agua⁵. El principal combustible empleado para generar esta energía fue el gas licuado de petróleo (92.6%) y en menor cantidad el gas natural comprimido (7.4%).

⁵ Estimación basada en datos de Secretaría de Energía, 2008.

Así mismo, es importante mencionar que el sector residencial tiene un consumo importante de energía eléctrica, que se emplea para iluminación, uso de electrodomésticos y de aparatos electrónicos.

Por lo anterior, tenemos que en los hogares existen dos grupos de actividades que generan emisiones de gases de efecto invernadero: la quema de gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural comprimido (GNC) en estufas y calentadores, así como por el consumo de energía eléctrica.

A continuación se presentan a detalle las emisiones de GEI de acuerdo con la clasificación mencionada.

4.3.1 Emisiones generadas por el uso de combustibles

En este sector, los combustibles son empleados en el calentamiento de agua, para higiene personal (ducha) y en la cocción de alimentos. Para obtener la energía necesaria y así realizar estas actividades, el combustible empleado se quema en estufas y calentadores de agua (boilers). Durante este proceso se generan emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O las cuales se presentan en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11 Emisiones de GEI en el sector residencial/habitacional, ZMVM 2006

Sector	Emisiones equivalentes de CO ₂ [ton /año]			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Combustión habitacional	4,233,924	1,421	2,098	4,237,443
Fugas en instalaciones a GLP	N/A	370	N/A	370
HCNQ en la combustión de GLP	N/A	349	N/A	349
Residencial / habitacional	4,233,924	2,140	2,098	4,238,162

El gas licuado de petróleo en el año 2006, fue el principal combustible empleado en el sector residencial. La ZMVM demandó aproximadamente 2.7 millones de metros cúbicos, de los cuales, por fugas en instalaciones e HCNQ se presentaron

pérdidas de alrededor del 3.4%, quedando un consumo final para la combustión de 62.6 PJ. Ver Tabla 4.12

Tabla. 4.12 Distribución de GLP para el sector residencial/habitacional 2006 en la ZMVM

GAS LP	Volumen [m³/año]	Energía [PJ/año]
Distribución de GLP	2,731,299	64.8
Fugas en instalaciones a GLP e HCNQ	92,832	2.2
Consumo de GLP	2,638,467	62.6

Fuente Elaboración propia con datos de Prospectiva de Gas Licuado de Petróleo 2007-2016, SENER; PEMEX Gas y Petroquímica básica.

En cuanto al consumo de gas natural comprimido, se registró para ese mismo año un consumo de 136 millones de m³. Aunque este consumo es mucho mayor en volumen al del GLP, en energía representa sólo 5.2 PJ, debido a que el gas natural tiene un poder calorífico inferior, de aproximadamente 621 veces menor que el GLP.

Las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los consumos de combustible en la ZMVM que demandó el sector residencial/habitacional, ascienden a 4.2 millones de toneladas de CO₂, 1,421 toneladas de CH₄ y 2,098 toneladas de N₂O. Las cuales se presentan en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13 Emisiones de GEI generadas por uso de combustibles en el sector residencial/habitacional

Combustible	Consumo [PJ/año]	Emisiones expresadas en eq. CO₂ [ton /año]		
		CO₂	CH₄	N₂O
Gas Natural	5.2	291,323	109	161
Gas LP	62.6	3,942,601	1,312	1,937
Total	67.8	4,233,924	1,421	2,098

Debido a que el GLP contiene en su composición gas metano⁶, por las fugas de este combustible en instalaciones, accesorios e HCNQ (92,832 m³/año) se emiten además, 719 toneladas equivalentes de CO₂.

⁶ PEMEX Gas y Petroquímica Básica. Reporte de calidad del GLP comercializado 2006.

A continuación se muestran las emisiones anuales generadas en la ZMVM por tipo de combustible, expresadas en toneladas equivalentes de CO₂.

Tabla 4.14 Emisiones equivalentes de CO₂ por uso de combustibles

Combustible	Emisiones [ton eq.CO ₂ /año]
Gas Natural	291,593
Gas LP	3,945,850
Total	4,237,443

4.3.2 Emisiones generadas por calentamiento de agua y cocción de alimentos

En el sector residencial para el año 2006, se tuvo un consumo de energía por combustibles de 67.8 PJ de los cuales, el 46% equivalente a 31.2 PJ se destinaron para el calentamiento de agua y el 54% restante equivalente a 36.6 PJ se emplearon para cocción de alimentos.

A continuación se muestran a detalle los consumos de energía por uso en el sector residencial, así como las emisiones equivalentes de CO₂ generadas. Ver Tabla 4.15.

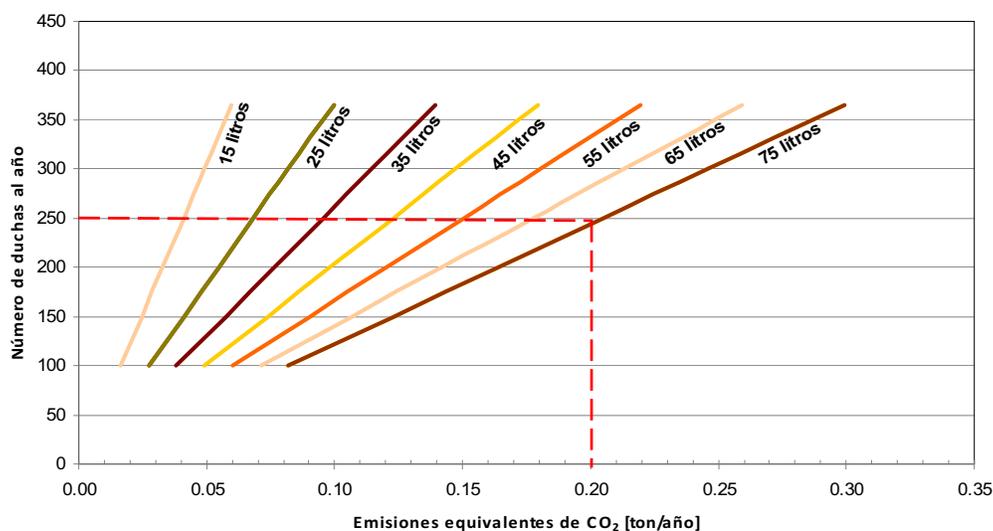
Tabla 4.15 Distribución del consumo de energía y emisiones equivalentes de CO₂ generadas

Usos	Consumo (PJ/año)	Emisiones [ton eq.CO ₂ /año]
Cocción de alimentos	36.6	2,288,219
Calentamiento de agua	31.2	1,949,224
Total	67.8	4,237,443

Tomando en cuenta que se requieren 175 KJ de energía para incrementar 25° C cada litro de agua que se utiliza en una ducha⁷, se tiene que los 31.2 PJ que se demandan para esta actividad, equivalen a que cada habitante de la ZMVM, en promedio se baña 4 veces a la semana con 45 litros por ducha.

Debido a que esta estimación sólo indica un valor promedio, cabe mencionar que los hábitos en el aseo personal presentan variaciones tanto en el número de duchas por persona a la semana, como en la cantidad de litros de agua que se utilizan en cada una, y en consecuencia varían las emisiones potenciales de GEI de cada habitante (Ver Gráfica 4.4), teniendo así, una gran oportunidad para reducir el consumo de energía y en consecuencia las emisiones de GEI.

En la Gráfica 4.4, se muestran las emisiones de GEI asociadas al número de duchas anuales y al volumen de agua caliente requerido en cada ducha. Por ejemplo, una persona que se ducha 250 veces al año y emplea en cada una 75 litros de agua caliente, está asociado a una emisión de 200 kilogramos equivalentes de CO₂, los cuales se generaron durante el proceso de obtención de energía necesaria para calentar los 18,750 litros de agua, que demandaría esta persona anualmente para realizar dicha actividad.



Gráfica 4.4 Consumo de energía VS número de duchas al año de acuerdo al volumen de agua caliente que utilizan en cada ducha

⁷ Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México, 2007.

De acuerdo a la Gráfica 4.4, se plantean algunos escenarios y recomendaciones para contribuir a la reducción de emisiones por esta actividad.

Escenario 1.

Una persona que se ducha 6 días a la semana (313 días/año) y emplea 65 litros en cada una, consumirá al año 3,500 MJ de energía y generarán 0.2 toneladas equivalentes de CO₂; ahora, si en la ZMVM, por lo menos un 20% de la población presentara los mismos hábitos, se tendría un consumo anual de energía de más de 13,628 millones de MJ y se generarían 853,417 toneladas equivalentes de CO₂, las cuales representarían el 43.7% de las emisiones generadas por el calentamiento de agua.

Para este escenario, se propone disminuir el tiempo de ducha y ahorrar agua durante ésta, así, habrá menor agua que calentar, un menor consumo de gas L.P. o gas natural y, en consecuencia una reducción de emisiones de GEI.

Ahora, sí consideramos el mismo porcentaje de la población y los mismos días, pero ahora el consumo de agua por ducha disminuye de 65 a 45 litros, se tendría una reducción de GEI de 262 mil toneladas. Ver Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Reducción de emisiones posibles por bajar el consumo de agua caliente por ducha de 65 a 45 litros

Hábitos en aseo personal (20% de la población en la ZMVM)		Consumo de energía demandado [TJ/año]	Emisiones generadas [ton eq.CO ₂ /año]
Número de duchas al año	Consumo [Litros/ducha]		
313 (6 días/semana)	65	13,628	853,417
	45	9,435	590,827
Reducción		4,193	262,590
		30.7%	

Escenario 2.

Mediante el uso de Calentadores Solares de Agua (CSA), también se pueden reducir emisiones, pues la energía solar logra elevar la temperatura del agua a 30 y hasta 60 °C⁸.

Suponiendo que la temperatura del agua que se utiliza para bañarse es de 45° C, y que al año, en promedio los calentadores solares proporcionan agua caliente a 40° C⁹; al sustituir el sistema tradicional por calentadores solares de agua, se tendría bajo estas condiciones un ahorro de energía y además se dejarían de generar las emisiones indicadas en la Tabla 4.17. En ella podemos observar que bajo los supuestos indicados, se tendría un potencial de reducción de emisiones de 1,752,625 toneladas equivalentes de CO₂, si el 100% de la población utilizara en sus viviendas sistemas solares para calentar agua para bañarse, esto equivale a reducir el 4% de los gases de efecto invernadero totales generados en la ZMVM.

Tabla 4.17 Potencial de reducción de emisiones por el uso de calentadores solares de agua

Porcentaje de población con CSA [%]	Reducción de GEI por usar CSA	
	[ton eq. CO ₂ /año]	%
25	438,156	22%
50	876,313	44%
75	1,314,469	66%
100	1,752,625	88%

Otras alternativas para contribuir a la reducción del consumo de combustibles fósiles y de emisiones son: la instalación de regaderas eficientes, el uso de calentadores a GLP llamados “de paso” que son más eficientes en el consumo de gas y sólo encienden cuando se les demanda agua, entre otros¹⁰.

⁸ Revista Solar, *¿Cómo varía mi consumo de gas utilizando un calentador solar?*, 2006

⁹ Calentadores Solares, *“Energía Renovable en tu Hogar”*, 2006

¹⁰ Revista Solar, *¿Cómo varía mi consumo de gas utilizando un calentador solar?*, 2006

4.3.3 Emisiones de GEI generadas por consumo de energía eléctrica

En el año 2006, el consumo de energía eléctrica para el sector residencial ubicado en la ZMVM, se estimó en más de 6.2 millones de MWh. Esta energía es distribuida en alrededor de 4.1 millones de viviendas que en promedio son habitadas por 4 personas (Tabla 4.18)¹¹.

Tabla 4.18 Habitantes y número de viviendas en la ZMVM

Entidad	Habitantes promedio por vivienda	Nº promedio de viviendas
Distrito Federal	3.8	2,188,487
Estado de México	4.3	1,944,113
Total viviendas ZMVM		4,132,600

Fuente: INEGI. II Censo Nacional de Población y Vivienda 2005

El consumo de energía eléctrica dentro del hogar repercute en la generación de gases de efecto invernadero, debido a que en las centrales termoeléctricas, para producir la electricidad se queman grandes cantidades de combustibles fósiles.

En la ZMVM para cubrir la demanda de energía eléctrica del sector residencial (6,233,216 MWh), se requieren alrededor de 1,698 millones de metros cúbicos de gas natural, los cuales durante el proceso de obtención de energía emitirían 3.7 millones de toneladas equivalentes de CO₂. Ver Tabla 4.19.

Tabla 4.19 Consumo de energía eléctrica, gas natural y emisiones generadas por el sector residencial

Entidad	Consumo		Emisiones
	Energía eléctrica	Gas natural	
	[MWh]	[m ³]	[ton eq.CO ₂]
Distrito Federal	3,337,040	909,253,854	1,996,097
Estado de México (59 municipios)	2,896,176	789,130,382	1,732,389
ZMVM	6,233,216	1,698,384,236	3,728,486

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER 2007 Prospectivas del Sector Eléctrico 2007-2016.

¹¹ Estimación basada en datos de la Secretaría de Energía e INEGI

Con base en los resultados de este inventario, cada vivienda ubicada en la ZMVM tiene un consumo promedio bimestral¹² de energía eléctrica de 251 KWh, con lo cual se generan 150 kilogramos equivalentes de CO₂, es decir que cada vivienda anualmente induce a la generación de aproximadamente una tonelada equivalente de CO₂, debido al consumo de energía eléctrica por el uso de electrodomésticos y equipo de iluminación utilizado dentro del hogar.

Sin embargo, el consumo de energía eléctrica de una vivienda, depende de la cantidad y uso que se le dé a los aparatos electrodomésticos, así como del equipamiento de iluminación (focos y lámparas); por ejemplo, una vivienda que esté equipada con: 6 focos incandescentes de 60W c/u, un refrigerador de 16 pies cúbicos, una plancha, una TV color de 19 pulgadas, una lavadora automática, un estéreo musical, una licuadora de mediana potencia y una videocasetera o DVD; consumiría bimestralmente 369 KWh de energía eléctrica. En el proceso para generar esta cantidad de energía, se emitirían 221 kg equivalentes de CO₂. Ver Tabla 4.20.

Tabla 4.20 Equipamiento de una vivienda y emisiones generadas

Equipamiento	Tiempo de uso al día	Consumo bimestral	Emisiones bimestrales
	horas	[KWh]	[ton eq. CO ₂]
Focos incandescentes (6 de 60W c/u)	5	105	62.8
Refrigerador (14-16 pies cúbicos)	8	140	83.7
Plancha	3 (2vec./sem)	48	28.7
TV color (19-21 pulg)	6	26	15.6
Lavadora automática	4 (2vec./sem)	26	15.6
Licuadora mediana potencia	0.17	4	2.4
Estéreo musical	4	18	10.8
Videocasetera o DVD	3 (4vec./sem)	2.4	1.4
Total *		369.4	221.0

Fuente: Elaborada con datos de Comisión Federal de Electricidad, 2008.

¹² Periodo de tiempo de dos meses

Con base en la Tabla 4.20, tenemos que dentro de la vivienda, el mayor requerimiento de energía eléctrica lo demandan el uso del refrigerador y la iluminación.

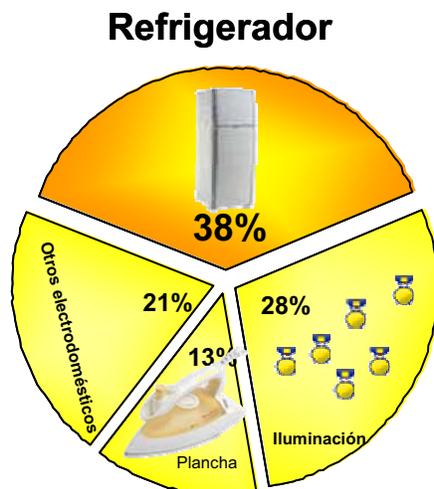


Figura 4.1 Requerimiento porcentual de energía por el equipamiento de una vivienda

Lo anterior nos indica que en el sector residencial se tiene un potencial importante de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, al disminuir la energía eléctrica que se consume por el uso de electrodomésticos e iluminación.

Partiendo del diseño para una vivienda típica formada por 4 habitantes se han considerado acciones para reducir el consumo de energía por iluminación y por el uso de los refrigeradores.

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad, un refrigerador antiguo puede consumir hasta un 50% de la energía empleada por los electrodomésticos; por lo que si se sustituye por uno mas reciente, se tendría un ahorro del 30% de su consumo de energía y en consecuencia, la misma proporción en la generación de GEI.

Con respecto a la iluminación, un foco incandescente de 60W consume 9 KWh al mes y uno fluorescente con la misma intensidad lumínica 2.5 KWh al mes, por lo que al sustituir el foco por uno ahorrador, se dejarían de emitir el 75% de las emisiones de GEI generadas por el consumo de electricidad del foco.

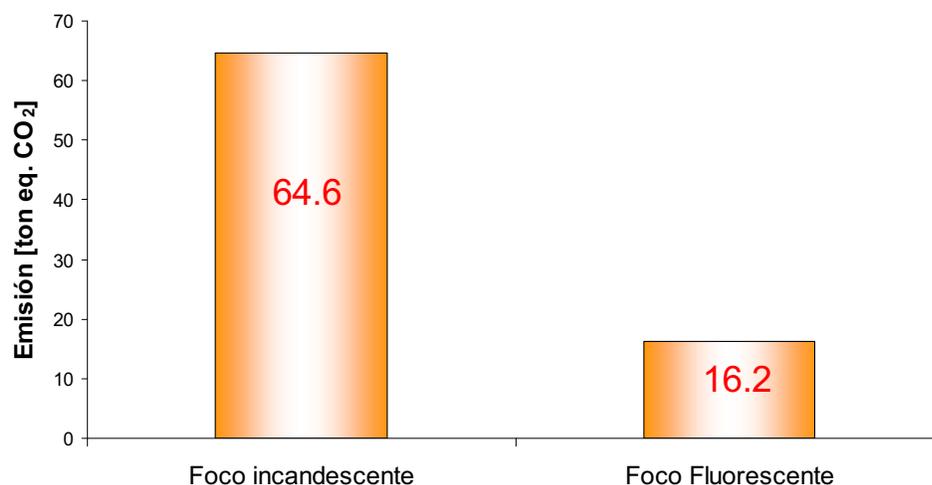


Figura 4.2 Emisiones de un foco incandescente y uno fluorescente

Con lo anterior tenemos, que si en la ZMVM, se considera que cada vivienda tiene 6 focos incandescentes de 60W, se tendría un potencial de más de 24 millones de focos que pudieran ser cambiados por focos fluorescentes, y así mismo un ahorro de energía de 167 millones de KWh al mes al sustituir el 100% de los focos, esto significaría dejar de emitir mensualmente 100 mil toneladas equivalentes de CO₂.

Tabla 4.21 Potencial de reducción de emisiones en la iluminación

Focos considerados		Consumo de energía eléctrica por tipo de focos [KWh/mes]			Reducción de emisiones
Número	Porcentaje	Incandescente	Fluorescente	Reducción de energía	[ton eq.CO ₂]
2,479,560	10%	22,316,040	5,579,010	16,737,030	10,011
4,959,120	20%	44,632,080	11,158,020	33,474,060	20,023
7,438,680	30%	66,948,120	16,737,030	50,211,090	30,034
9,918,240	40%	89,264,160	22,316,040	66,948,120	40,046
12,397,800	50%	111,580,200	27,895,050	83,685,150	50,057
14,877,360	60%	133,896,240	33,474,060	100,422,180	60,069
17,356,920	70%	156,212,280	39,053,070	117,159,210	70,080
19,836,480	80%	178,528,320	44,632,080	133,896,240	80,092
22,316,040	90%	200,844,360	50,211,090	150,633,270	90,103
24,795,600	100%	223,160,400	55,790,100	167,370,300	100,115

Con estas consideraciones se podría reducir hasta un 25% del consumo energético por vivienda, con el uso eficiente de la energía eléctrica en la refrigeración e iluminación y de esta forma, la generación de GEI.

4.4 Sector transporte

En el sector transporte, las fuentes móviles carreteras, al igual que en el inventario de emisiones de contaminantes criterio, tiene importantes aportaciones de gases de efecto invernadero (GEI).

Este sector, incluye todos los tipos de vehículos que portan placas del Distrito Federal y del Estado de México, que circulan sobre las vialidades de la ZMVM; los cuales son generadores directos de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, como resultado de la quema de combustibles en sus motores de combustión interna, incluyendo las generadas por arranque en frío de los vehículos, mismas que están asociadas al tipo de tecnología vehicular.

De las emisiones generadas por el transporte carretero, el 99% corresponde al CO₂ por lo que cabe mencionar que las emisiones de CH₄ y N₂O no son significativas. Ver Tabla 4.22.

Tabla 4.22 Emisiones de GEI del transporte carretero en la ZMVM

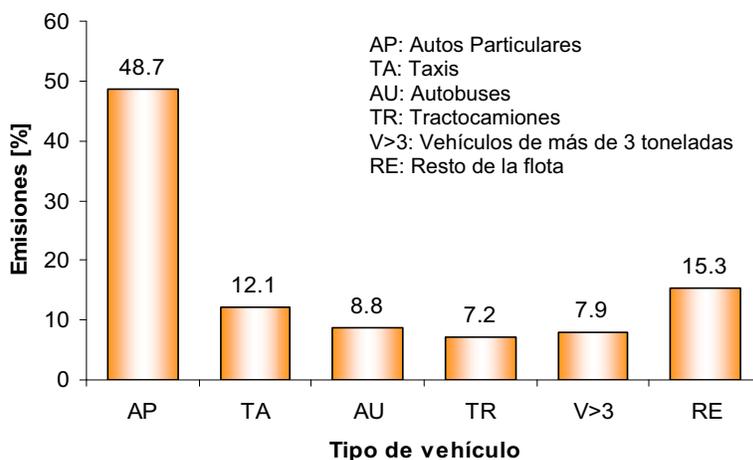
Tipo de vehículo	Número de vehículos	Emisiones [ton/año]		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Autos particulares	3,395,800	10,239,732	2,330	789
Taxis	155,126	2,541,475	374	211
Combis	239,746	681,868	170	74
Microbuses	36,056	743,058	149	40
Pick up	133,352	814,809	244	86
Vehículos ≤ a 3 ton	81,628	613,398	81	26
Tractocamiones	60,938	1,552,755	5	4
Autobuses	43,108	1,903,637	22	8
Vehículos > a 3 ton	100,819	1,689,973	207	64
Motocicletas	180,701	359,151	178	13
Total	4,427,274	21,139,856	3,760	1,315

Se estima que de los 4.2 millones de vehículos que circulan en la ZMVM, el 62% corresponden a unidades registradas en el Distrito Federal y el 38% restante a unidades registradas en el Estado de México. Y referente a las emisiones de GEI se emiten cantidades similares en ambas entidades: 11.1 millones en el Distrito Federal y 10.4 millones en el Estado de México. Ver Tabla 4.23.

Tabla 4.23 Emisiones del transporte carretero

Fuente	Emisiones equivalentes de CO ₂ por entidad [ton/año]		
	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
Autos particulares	5,186,374	5,346,985	10,533,359
Taxis	1,837,700	777,176	2,614,876
Combis	76,275	632,056	708,332
Microbuses	418,905	339,585	758,490
Pick up	174,582	672,149	846,731
Vehículos de menos de 3 ton	133,532	489,524	623,055
Tractocamiones	1,184,987	368,994	1,553,981
Autobuses	1,069,956	836,557	1,906,513
Vehículos con más de 3 ton	724,676	989,570	1,714,246
Motocicletas	331,938	35,011	366,949
Total	11,138,925	10,487,607	21,626,532

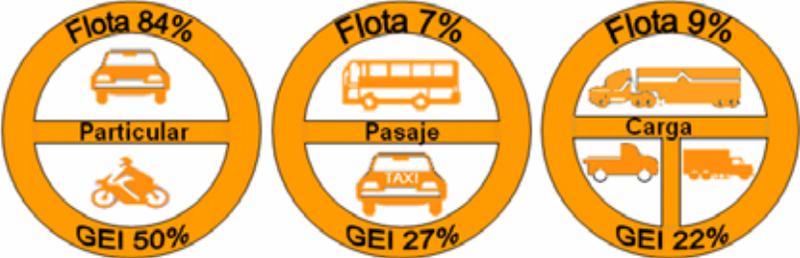
En la Gráfica 4.5, se presenta el porcentaje de contribución en las emisiones de GEI, por tipo de vehículo, en ella se muestra que los autos particulares contribuyen con cerca del 49% de las emisiones de este sector.



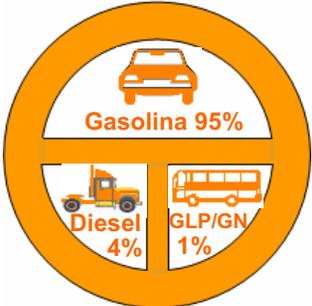
Gráfica 4.5 Emisiones CO₂ por tipo de vehículo

El uso del auto particular es el principal generador de gases de efecto invernadero en las grandes ciudades y no es la excepción en el caso de la ZMVM; en general, las emisiones de un solo vehículo son bajas, por ejemplo al considerar un rendimiento de 8 kilómetros por litro de gasolina, tenemos que un auto particular emitiría al año alrededor de 3 toneladas de CO₂, sin embargo, se agudiza la problemática al sumar las emisiones de los más de 3.3 millones de vehículos particulares que circulan en la ZMVM, con los cuales se emiten más de 10 millones de toneladas al año de CO₂.

Los autos particulares junto con las motocicletas que son unidades de uso particular, representan el 84% de la flota total y generan el 50% de los GEI, el transporte público de pasajeros representa el 7% de la flota y emite el 27% de los GEI, por último, el transporte de carga que representa el 9% de la flota vehicular genera el 22% de las emisiones de GEI.



4.4.1 Emisiones por tipo de combustible y tecnología



El 95% de la flota vehicular registrada en la ZMVM utiliza gasolina como combustible y genera el 77% de las emisiones de GEI; el 4% son unidades a diesel y son responsables del 21% de dichas emisiones.

Los vehículos restantes utilizan principalmente gas licuado de petróleo (GLP) y en menor volumen gas natural comprimido (GNC), los cuales en conjunto generan el 2% restante de gases efecto invernadero

Debido a que el potencial de las emisiones del sector transporte varían con respecto al tipo de combustible utilizado y al año modelo de los vehículos; a continuación se presenta un análisis por estrato tecnológico y por los principales combustibles utilizados (gasolina y diesel).

4.4.2 Emisiones por tipo de combustible

Es importante mencionar que el potencial de generación de emisiones de GEI difiere con base en el combustible que utiliza el vehículo, para el caso de los vehículos que utilizan gasolina, en promedio emiten 266 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido y los vehículos a diesel emiten 833 gramos por kilómetro recorrido, o sea que un vehículo a diesel emite 3 veces más CO₂ que un vehículo a gasolina por cada kilómetro recorrido.

La Tabla 4.24, nos muestra que los autos particulares a gasolina emiten 10,505,567 ton/año lo cual representa el 49.5% de las emisiones equivalentes de CO₂ generadas por el sector transporte: los autobuses y tractocamiones a diesel, en conjunto representan el 16% (3.38 millones de toneladas equivalentes de CO₂). La Tabla nos indica que más de 21 millones de toneladas equivalentes de CO₂ las genera el sector transporte, el 79% (16,755,221 ton/año) lo generan los vehículos que utilizan gasolina como combustible y el 21% (4,447,322 ton/año) los vehículos que utilizan diesel.

Tabla 4.24 Emisiones del transporte carretero por tipo de combustible

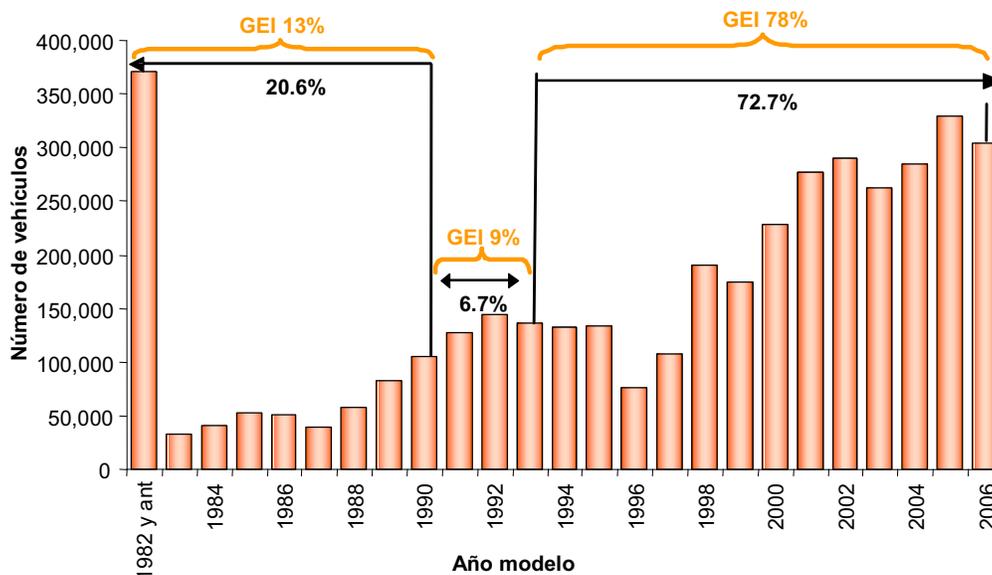
Fuente	Emisiones equivalente de CO ₂ [ton/año]		
	Gasolina	Diesel	Total
Autos particulares	10,505,567	12,095	10,517,662
Taxis	2,611,589	3,002	2,614,591
Combis	701,188	1,783	702,971
Microbuses	498,194	3,719	501,913
Pick up	833,126	9,245	842,371
Vehículos de menos de 3 ton	321,882	280,427	602,309
Tractocamiones	N/A	1,553,825	1,553,825
Autobuses	70,071	1,833,815	1,903,886
Vehículos con más de 3 ton	846,547	749,411	1,595,958
Motocicletas	367,057	N/A	367,057
Total	16,755,221	4,447,322	21,202,543

Nota: No incluye las emisiones de GEI generados por la combustión del gas licuado de petróleo ni del gas natural comprimido, debido a que en suma estos dos gases representan menos del 2% de las emisiones totales de este sector.

4.4.3 Emisiones por tipo de tecnología (con y sin convertidor, C/C-S/C)

De la flota a gasolina (4,227,274 vehículos), aproximadamente el 21% son modelos 1990 y anteriores, los cuales no cuentan con sistemas de control de emisiones y son responsables del 13% de las emisiones de los GEI de este sector.

Alrededor del 7% de los vehículos, son modelos 1991-1992, éstos ya traen convertidores catalíticos de dos vías y contribuyen con el 9% de las emisiones de GEI; el resto de los vehículos corresponde a modelos 1993 y posteriores, los cuales ya cuentan con convertidores catalíticos de tres vías y otros dispositivos anticontaminantes, éstos representan el 73% de la flota a gasolina y generan el 78% de las emisiones de GEI. Ver Gráfica 4.6 y Tabla 4.25.

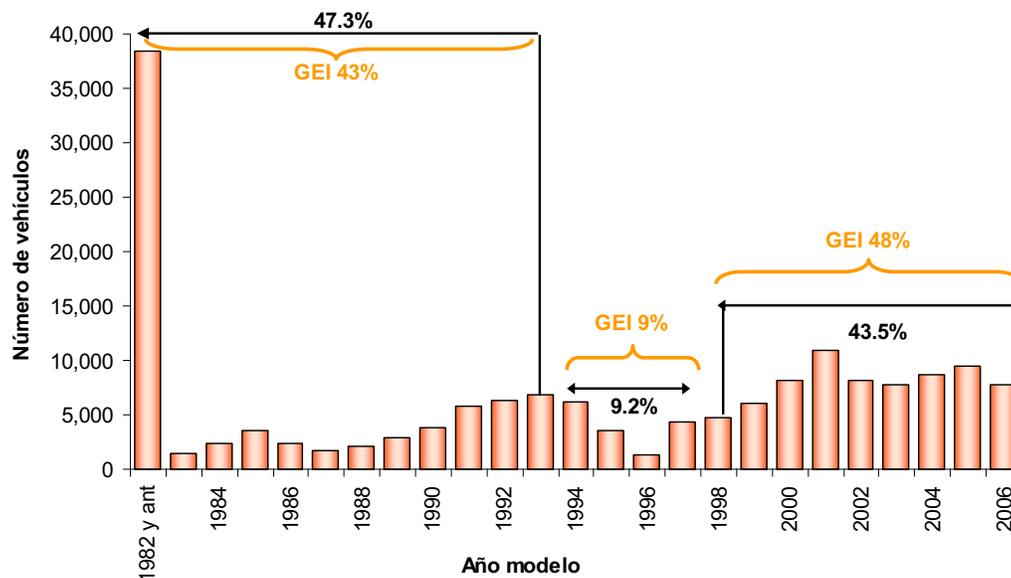


Gráfica 4.6 Vehículos a gasolina por año modelo de la ZMVM

Tabla 4.25 Emisiones de GEI de vehículos a gasolina por tecnología

Tipo de vehículo	Emisiones eq. de CO ₂ de vehículos a gasolina [ton/año]			
	1990 y ant.	1991-1992	1993-2006	Total
Autos Particulares	1,443,569	804,390	8,257,608	10,505,567
Taxis	50,865	134,396	2,426,328	2,611,589
Combis	107,257	123,532	470,399	701,188
Microbuses	106,259	232,865	159,070	498,194
Pick Up	170,205	109,490	553,431	833,126
Vehículos de menos o igual a 3 ton	87,795	50,625	183,462	321,882
Tractocamiones	N/A	N/A	N/A	N/A
Autobuses	21,797	10,220	38,054	70,071
Vehículos de más de 3 ton	270,160	112,131	464,256	846,547
Motocicletas	N/A	N/A	367,057	367,057
Total	2,257,907	1,577,649	12,919,665	16,755,221

De las unidades que utilizan diesel (165,333), alrededor del 47% son unidades año modelo 1993 y anteriores, éstas son responsables del 42% de las emisiones de GEI generadas por diesel. Aproximadamente el 9% de los vehículos cumple con los estándares de emisión EPA 94 y el 44% son EPA 98, los cuales generan el 10% y el 48% de las emisiones de este combustible respectivamente (Ver Tabla y Gráfica siguientes).

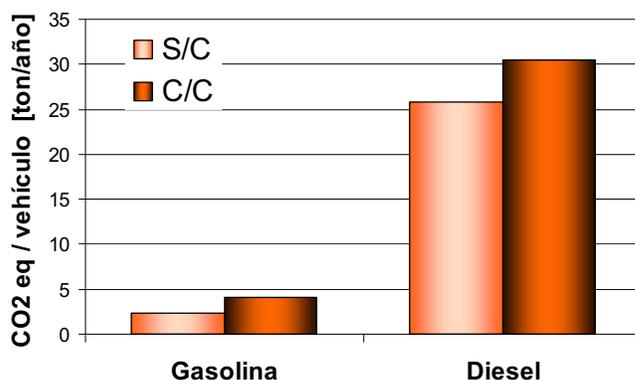


Gráfica 4.7 Vehículos a diesel por año modelo de la ZMVM

Tabla 4.26 Emisiones de GEI de vehículos a diesel por tecnología

Tipo de vehículo	Emisiones eq. de CO ₂ de vehículos a diesel [ton/año]			
	1993 y ant.	1994-1997	1998 y post.	Total
Autos Particulares	756	136	11,203	12,095
Taxis	N/A	N/A	3,002	3,002
Combis	N/A	N/A	1,783	1,783
Microbuses	456	143	3,120	3,719
Pick Up	2,166	396	6,683	9,245
Vehículos de menos o igual a 3 ton	115,090	30,646	134,691	280,427
Tractocamiones	948,601	129,748	475,476	1,553,825
Autobuses	455,775	206,989	1,171,051	1,833,815
Vehículos de más de 3 ton	346,110	58,449	344,852	749,411
Total	1,868,954	426,507	2,151,861	4,447,322

Es importante mencionar que a diferencia de las emisiones de contaminantes criterio, donde los vehículos que no cuentan con convertidor catalítico son los que más contaminan, referente a las emisiones de GEI son los que generan menos emisiones. Ver Gráfica 4.8.



Gráfica 4.8 Emisiones de vehículos con y sin convertidor catalítico

Lo anterior es debido a que el uso de convertidor catalítico en los vehículos, reduce las emisiones de los hidrocarburos y del monóxido de carbono, por lo que cada átomo de carbono contenido en cualquiera de estos dos contaminantes y que es oxidado por el convertidor catalítico, se libera en forma de bióxido de carbono de acuerdo a la eficiencia del convertidor catalítico para cada uno de los contaminantes. Lo que nos indica que este sistema de control vehicular aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero; por lo tanto, es indispensable que los vehículos nuevos, además de contar con sistemas de control, tengan un aumento sustancial en eficiencia energética del combustible para disminuir el consumo de gasolina y tener así menos emisiones de GEI.

A pesar de los beneficios alcanzados en los últimos años sobre la eficiencia energética de los vehículos particulares, las preferencias por modelos más potentes, más pesados y más grandes, han anulado gran parte de los beneficios conseguidos en la eficiencia, dando como resultado un cambio mínimo en la economía del combustible de la flota vehicular promedio (INE-SEMARNAT, 2004)¹³.

¹³ Opciones para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte.

Conclusiones y

5

Recomendaciones



5. Conclusiones y recomendaciones

El presente inventario de GEI, nos indica que en la ZMVM se generaron en el año 2006 por un consumo energético de 545 PJ (gasolinas, diesel, gas natural y gas licuado de petróleo), por la descomposición de la basura en los rellenos sanitarios y por los incendios forestales 37,760,782 toneladas de CO₂, 250,900 toneladas de CH₄ y 1,419 toneladas de N₂O.

En conjunto las emisiones de los tres gases inventariados suman 43.4 millones de toneladas equivalentes de CO₂, correspondiendo el 87% al CO₂, el 12% al CH₄ y el 1% al N₂O.

La mayor cantidad de gases de efecto invernadero es aportada por el sector transporte carretero con el 49.8% del total, el segundo lugar lo ocupa el sector industrial con el 23.8%, la combustión habitacional aporta el 9.8%, el sector comercial-servicios el 2.2% y otras fuentes aportan el 14.4% restante.

Desglosando las emisiones por tipo de fuente, tenemos que los autos particulares generan el 24% de las emisiones de GEI, le siguen en importancia, los rellenos sanitarios con el 13.4%, la combustión habitacional con el 9.7% y la generación de energía eléctrica con el 8.2%.

Es importante mencionar que la generación de GEI en la ZMVM, tienen una relación directa con el consumo de energía proveniente de la quema de combustibles fósiles y para reducir las emisiones de estos gases, es necesario reducir el consumo de energía proveniente de la quema de las gasolinas y el diesel y, en menor proporción, del gas natural y gas licuado de petróleo.

Por su gran contribución en la generación de GEI, el sector transporte tiene un elevado potencial para la reducción de emisiones. Las medidas a implementar para contribuir a tal fin, nos llevan a la necesidad de que los autos nuevos que se fabriquen en México o que se importen de otros países, sean más eficientes en la

quema del combustible; que los autos “usados” que circulen en la ZMVM tengan un mantenimiento que no les permita quemar combustible innecesariamente; que se optimice la utilización del sistema de transporte de la ZMVM, con el fin de ahorrar combustible y que se promueva el uso de transporte no motorizado; lo cual nos permitirá recorrer más kilómetros y transportar a un mayor número de personas con menos consumo de combustible.

Para lo anterior es necesario, además de poner límites más estrictos de emisiones contaminantes: implementar límites de emisión de CO₂ por kilómetro recorrido; además de incentivar la fabricación e influir en la decisión del comprador por el uso de vehículos nuevos y de mayor eficiencia energética; fortalecer la inspección del estado operativo del motor dentro del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio; ampliar el sistema masivo de transporte público y la infraestructura de las vías para que circule el transporte no motorizado. Además de promover mejores hábitos de manejo, que permitan la reducción en el consumo de combustible de los vehículos.

Es importante mencionar que algunos sistemas de control de emisiones de contaminantes criterio y tóxicos como el convertidor catalítico, propician un aumento en las emisiones de CO₂.

La reducción significativa de las emisiones de CO₂, sólo es posible, restringiendo la quema de los combustibles fósiles, debido a que el CO₂ siempre será un producto de la combustión.

Es necesario contar con el apoyo de recursos económicos y humanos para desarrollar estudios y así desagregar los factores de emisión de fuentes móviles e incluirse en los inventarios de GEI las emisiones de sectores faltantes, entre los que se pueden mencionar: las emisiones del sector forestal y actividades relacionadas con la ganadería y agricultura.

Si se contabilizan las emisiones que se generan fuera de la zona de estudio, para satisfacer la demanda de energía eléctrica de los habitantes de la ZMVM, las emisiones de GEI del sector industrial aumentarían al doble, pasando de 10.3 millones a 21.4 millones de toneladas, esto representaría un incremento del 25.6% (11.11 millones de toneladas equivalentes de CO₂) de las emisiones anuales totales de GEI generadas en la ZMVM, pasando de 43.4 millones a 54.5 millones de toneladas equivalentes de CO₂.

Con respecto al sector Habitacional / Residencial, éste aporta el 10% de las emisiones totales de GEI y son producidas principalmente por la combustión de Gas Natural, Gas Licuado de Petróleo y por consumo de energía eléctrica. De igual forma en este sector existe oportunidad para la reducción de emisiones de GEI. Referente al consumo de combustibles, se promueve el uso de Calentadores Solares de Agua, así como la optimización del tiempo y la cantidad de agua que se emplea para aseo personal, el uso de regaderas eficientes y de calentadores llamados “de paso”.

En cuanto al consumo de energía eléctrica, se propone la sustitución de aparatos electrodomésticos y de iluminación por aquellos que están diseñados para ahorrar energía. El sector comercial y de servicios contribuye con el 2% de las emisiones de GEI esto se debe al consumo de energía eléctrica y al uso de combustibles, los cuales están vinculados al sector Habitacional / Residencial, ya que a medida que la población y las ciudades aumentan el sector servicios ayuda a complementar el proceso de urbanización.

BIBLIOGRAFÍA

Aeropuertos y Servicios Auxiliares, 2007. Volumen de Turbosina y Gas Avión 100/130, suministrado al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México 2006. Dirección de Combustibles.

Aeropuertos y Servicios Auxiliares, 2007. Número de operaciones de vuelo por tipos de aeronave. Dirección General Adjunta de Administración/Subdirección de Sistemas ASA.

Asociación Nacional de Energía Solar, A.C, Marzo 2006 Consejo XIII, Número 57. Revista Solar. “¿Cómo varía mi consumo de gas utilizando un Calentador Solar?”. <http://www.anes.org/publicaciones/revista/Solar57.pdf> (abril 2008).

CFE, 2008. *Generación de Electricidad*.
<http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/generacionelectricidad>.
(febrero 2008).

CFE, 2008. *Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico*.
<http://www.cfe.gob.mx/es/laempresa/informacionpublica/art7/inforelevpregfrec/paese/paese9/paese9.htm>. (febrero 2008).

CONAFOR-SEMARNAT, 2006. Registros Estadísticos de Incendios forestales
<http://www.conafor.gob.mx> (diciembre 2007).

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, 2007. *Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (Procalso) 2007-2012*.
http://www.anes.org/publicaciones/documentos/prog_calentadores.pdf
(marzo 2008).

Ferrocarril y Terminal del Valle de México S.A. de C.V. Programa de Administración y Operación de Locomotoras Foráneas y de Patio y Factores de Rendimiento por Uso de Diesel. Información de la Subdirección de Transporte.

Ferrocarril y Terminal del Valle de México, S.A. de C.V., 2002. Consumo de Diesel por Locomotoras, 2002. Distribución de Vías Férreas por Delegación y Municipio y Rendimiento de Combustible. Información de la Subdirección de Transporte.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2006. Declaratoria de la Zona Metropolitana del Valle de México.

GDF-Secretaría de Obras y Servicios, 2007. Manejo de Residuos Sólidos en el Distrito Federal, Dirección General de Servicios Urbanos (presentación).

Gobierno del Estado de México, 2007. Padrón Estatal de Transporte Público. <http://www.edomexico.gob.mx/portalgem/transporte> (junio 2007).

Greenpeace México, 2006. Campaña de Energía y Cambio Climático, *Calentadores Solares: Energía Renovable en tu Hogar*.

<http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/press/reports/calentadores-solares-energ-a.pdf> (abril 2008).

INE-SEMARNAT, 2002. *La Generación de Energía Eléctrica y Ambiente*. Número 065.

<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/539/53906504.pdf> (enero 2008).

INE-SEMARNAT, 2006. *El sector Eléctrico en El Mundo y en México*.

<http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/496/cap1.html> (diciembre 2008).

INE-SEMARNAT, 2006. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

http://www.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=502 (marzo 2008).

INE-SEMARNAT, Julia Martínez y Adrián Fernández, 2004. Cambio Climático: una visión desde México.

http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=437&id_tema=1&dir=Consultas. (mayo 2008).

INE-SEMARNAT, 2004. Opciones para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte, Dick Homero Cuatecontzi, Jorge Gasca, Uriel González y Francisco Guzmán.

<http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/dick2.html> (junio 2008).

INEGI, 1994. Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP).

INEGI, 2006. *II Censo de Población y Vivienda 2005*, Tabulados Básicos.

<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/centeo2005/default.asp?s=est&c=10398> (marzo 2008).

IPCC, 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Volume 1), General Guidance and Reporting.

IPCC, 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Volume 2), Energy.

IPCC, 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Volume 3), Industrial Processes and Product Use.

IPCC, 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Volume 4), Agriculture, Forestry and Other Land Use.

IPCC, 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 5) Waste*.

ONU, 1998. Organización de las Naciones Unidas. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>. (junio 2007).

Gas y Petroquímica Básica, 1997. *Efecto de los Componentes del Gas Licuado de Petróleo en la Acumulación de Ozono en la Atmósfera de la Zona Metropolitana de la Ciudad De México, Memoria técnica de estudio, Capítulo 1, Caracterización de Emisiones de Gas Licuado de Petróleo a la Atmósfera*.

PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 2006. *“Reporte de la Calidad de Gas Licuado de Petróleo en el LPG-Ducto, en las terminales de Tepeji del Río, San Juan Ixhuatepec, San Martín Texmelucan, Puebla y tierra Blanca 2006”*.

PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 1997. Efecto del Gas LP en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

PEMEX Refinación, 2007. Distribución de gasolina por estación de servicio Zona Norte de la ZMVM TAD Satélite Norte 2006.

PEMEX Refinación, 2007. Distribución de gasolina por estación de servicio Zona Norte de la ZMVM TAD Azcapotzalco 2006.

PEMEX Refinación, 2007. Distribución de gasolina por estación de servicio Zona Norte de la ZMVM TAD Satélite Oriente 2006.

PEMEX Refinación, 2007. Distribución de gasolina por estación de servicio Zona Norte de la ZMVM TAD Satélite Sur 2006.

PEMEX Refinación, 2007. Parámetros de Calidad de Combustibles Líquidos ZMVM 2006. Subgerencia de Calidad de Productos.

PEMEX Refinación, 2007. Tanques de Almacenamiento de Productos Instalados en las Terminales del Valle de México. Terminal Azcapotzalco/Subgerencia de Calidad de Productos.

PEMEX Refinación, 2007. Hojas de Seguridad de Productos Petrolíferos. Gerencia de Protección Ambiental y Seguridad Industrial.

PEMEX Refinación, 2007. Venta de productos petrolíferos en la Zona Metropolitana del Valle de México. Gerencia de Comercialización.

PROFECO, Marzo 2005, Boletín No 17. *“Profeco le dice como ahorrar el vital líquido en el día Mundial del Agua”*. <http://www.profeco.gob.mx/prensa/prensa05/mzo05/17bol05.pdf>

(abril 2008).

Secretaría de Energía, 2006. *Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2006-2015*, Capítulo 3 Mercado Nacional de gas LP 1995-2005.

Secretaría de Energía, 2007. *Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2007-2016*, Capítulo 3 Mercado Nacional de gas LP.
http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20de%20Gas%20LP%20FINAS.pdf (marzo 2008).

Secretaría de Energía, 2007. *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2007-2016*, Anexo 3, Estadísticas de Demanda Estatal por Sector.
http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20Gas%20Natural%202007-2016%20FINAS.pdf (marzo 2008).

Secretaría de Energía, 2007. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2007-2016*, Capítulo 3, Mercado Eléctrico Nacional 1996-2006.
http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20Sector%20Electrico%20FINAS.pdf (marzo 2008).

SIEM, 2008. Sistema Empresarial Mexicano. Estadísticas Por Estado y Actividad, 2007-2008.
<http://www.siem.gob.mx/siem2008/portal/estadisticas/ActXedo.asp> (abril 2008).

SMA-GDF, Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, 2007. Cédula de Operación Anual, Año Base 2006.

SMA-GDF, 2006. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*.

SMA-GDF, 2006. *Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México 2006*.
http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/inventarioemisiones2006/inventario_emisiones_2006.pdf (marzo 2008).

SMA-GDF, 2004. *Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2004*.

TÜV Rheinland de México, S.A. de C.V., 2000. *Programa para la Reducción y Eliminación de fugas de GLP en las Instalaciones domésticas de la ZMVM*, Resumen Ejecutivo y Etapa A (Recopilación del Universo de Estudio).

UNAM-CAM, 2006. Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México (EIMTCA-MAVM). Proyecto de realización del estudio matriz origen-destino para el transporte de carga. Informe Final, septiembre 2006. Instituto de Ingeniería-UNAM.

U. S. Environmental Protection Agency, 2003. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2001. Washington. D.C. 20360.

U.S. Environmental Protection Agency, mayo 2002. User's Guide to Mobile 6.2. Mobile Source Emission Factor Model.

U.S. Environmental Protection Agency, 1999 .Aircraft Engine Emission User Guide and Database (FAEED 3.1).

<http://www.epa.gov/otaq/aviation.html> (marzo 2008).

U.S. Environmental Protection Agency, mayo 1998. User's Manual Lanfill Gas Emissions Model V.2.01. Washington, DC 20460.

[http:// www.epa.gov/ttn/atw/landfill/landflpg.html](http://www.epa.gov/ttn/atw/landfill/landflpg.html).

U.S. Environmental Protection Agency, mayo 1994. User's Guide to Mobile 5. Mobile Source Emission Factor Model.

COORDINADORES

Ma. Cristina Ruiz Ramírez
Subdirectora de Planeación y Evaluación de Programas de Calidad del Aire.

Saúl Rodríguez Rivera
Subdirector de Inventario y Modelación

INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO

Ana Lourdes López Pablos
Gabriela García Márquez
Guadalupe Graciela Ramos Rodríguez
Maria del Carmen Mendoza Pelcastre
Maria Magdalena Armenta Martínez
Miguel Ángel Flores Román
Patricia Camacho Rodríguez
Saira Mendoza Pelcastre

Dada la importancia que han tomado en estos últimos años los Gases de Efecto Invernadero, se ha elaborado este primer documento para la Zona Metropolitana del Valle de México, el cual servirá como base para la toma de decisiones en la gestión y control de estos gases.

