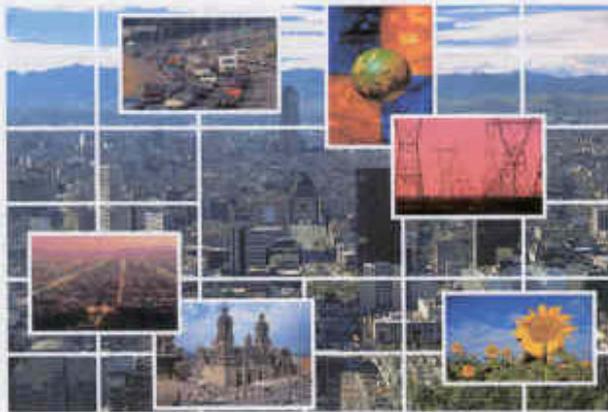


# Inventario de Emisiones Zona Metropolitana del Valle de México



# 1998



Secretaría del Medio Ambiente



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES | SEMARNAT

# DIRECTORIO

**ANDRÉS MANUEL LÓPEZ OBRADOR**  
JEFE DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

**ARTURO MONTIEL ROJAS**  
GOBERNADOR DEL ESTADO DE MÉXICO

**CLAUDIA SHEINBAUM PARDO**  
SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE DEL DISTRITO FEDERAL

**LIC. MARTHA HILDA GONZÁLEZ CALDERÓN**  
SECRETARIA DE ECOLOGÍA DEL ESTADO DE MEXICO

**LIC. VICTOR LICHTINGER WAISMAN**  
SECRETARIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

**DR. EXEQUIEL EZCURRA REAL DE AZUA**  
PRESIDENTE DEL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA

**DR. VÍCTOR HUGO PÁRAMO FIGUEROA**  
DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL AIRE

**LIC. LUIS CÉSAR FAJARDO DE LA MORA**  
DIRECTOR GENERAL DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

**DR. ADRIÁN FERNÁNDEZ BREMAUNTZ**  
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN URBANA, REGIONAL Y GLOBAL

**DR. JORGE BOLAÑOS CACHO-RUIZ**  
DIRECTOR GENERAL DE MANEJO INTEGRAL DE CONTAMINANTES

**COORDINADORES**

JORGE SARMIENTO RENTARÍA

ROCIO REYES MARTÍNEZ

JESUS CONTRERAS FRANCO

**PARTICIPANTES**

ALMA DELIA MUÑOZ CAPETILLO

CARLOS ELIZALDE LÓPEZ

CRISTINA RUÍZ RAMÍREZ

CUITLÁHUAC CRUZ ARCOS

GUADALUPE DE LA LUZ GONZÁLEZ

HUGO LANDA FONSECA

JOSE LUÍS SAGÚ GONZÁLEZ

MARIANO MONTES GONZÁLEZ

MIGUEL ANGEL FLORES ROMÁN

PATRICIA CAMACHO RODRÍGUEZ

ROBERTO MARTÍNEZ VERDE

RODRIGO PERRUSQUIA MÁXIMO

ROGELIO JIMÉNEZ OLIVERO

SAÚL RODRÍGUEZ RIVERA

# PRESENTACIÓN

La frecuencia con la que se exceden las normas de protección a la salud en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ha llevado a buscar indicadores de la calidad del aire e instrumentos de gestión, que permitan planear e instrumentar estrategias para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México. Para tal fin, es de utilidad contar con inventarios de emisiones a la atmósfera.

El desarrollo de los inventarios de emisiones de la ZMVM involucra cuantificar las emisiones de fuentes de jurisdicción local y federal, tanto en el Estado de México como en el Distrito Federal. En este contexto, desde 1989 las autoridades ambientales locales y federales que convergen en la ZMVM para guiar la política ambiental del aire, han realizado esfuerzos en la elaboración de inventarios de emisiones, que han permitido conocer el volumen y tipo de contaminantes producidos por cada fuente emisora o sector, identificando así las fuentes de mayor emisión de contaminantes al aire para dar prioridad a su control.

La corresponsabilidad de la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal, la Secretaría de Ecología del Estado de México y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Federación en el seno de la Comisión Ambiental Metropolitana, demandó la integración del inventario de emisiones de la ZMVM 1998, para lo cual se tomó como fundamento las experiencias nacionales e internacionales y estudios sobre el tema, además de la aplicación de procedimientos de aseguramiento y control de calidad más rigurosos. Se incorpora por primera vez además de las emisiones de los contaminantes criterio ( $PM_{10}$ , CO, NO<sub>x</sub>, HC y SO<sub>2</sub>), las emisiones de los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>).

Con este inventario fue posible diseñar escenarios futuros de emisiones, donde se evaluó el impacto que tendrían algunas de las acciones contenidas en el *Proaire*. Así mismo, también sirvió de base para recalcular con su nueva metodología, las emisiones de los inventarios de los años 1994 y 1996 para hacer posible su comparación. Por otra parte, a partir de él se estimaron las emisiones proyectadas al año 2006 y al 2010.

Actualmente el inventario de emisiones a la atmósfera es un instrumento estratégico básico para la gestión de la calidad del aire. Su importancia es tal que constituye la base sobre la cual se fundamentó la elaboración del tercer Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire de la ZMVM 2001-2010 (*Proaire*) y además el inventario fue espaciado para utilizarse como insumo básico en la aplicación del modelo de calidad del aire "*Multiscale Climate Chemistry Model-MCCM*". Así mismo, el inventario de emisiones proporciona un sustento técnico para el desarrollo y/o actualización de leyes, reglamentos, y normatividad local en materia de prevención y control de la contaminación del aire, también es la base para actualizar el Plan de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la ZMVM.

El inventario de emisiones de Zona Metropolitana del Valle de México se elabora en forma bianual y en un marco de concurrencia institucional entre las autoridades ambientales locales y federales de la ZMVM, buscando siempre que aumente el grado de precisión y desagregación del mismo, esto debido a que la problemática ambiental, demanda instrumentos de gestión actualizados y cada día más detallados, que precisen la evaluación y guíen la actualización de los programas para mejorar la calidad del aire que se instrumenten en la zona metropolitana para reducir las emisiones de contaminantes.

Para futuros inventarios se debe aumentar el grado de espaciación y especiación, además de integrarlo a un sistema de información geográfica. Lo anterior sin olvidar sumar las emisiones de los sectores que no están inventariados hasta el momento, así como otros contaminantes y gases tóxicos considerados de importancia. Para ello es necesario, seguir impulsando e incorporando los estudios de campo que se realicen en los próximos años (como los que llevará a cabo el Dr. Mario Molina en el 2002 y 2003) que proveerán de información actualizada local de emisiones de fuentes prioritarias que mejoran la calidad y la representatividad de los inventarios.

# 1. INTRODUCCIÓN

La problemática de la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), en los últimos años se ha tornado compleja y diversa; por lo que debemos afrontarla de manera decidida y expedita con la finalidad de mejorar las condiciones ambientales. En este contexto, los miembros de la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) han realizado esfuerzos importantes para proponer, desarrollar y aplicar una serie de estrategias tendientes a evaluar, prevenir y controlar la contaminación de la atmósfera originada por las principales fuentes de contaminación. El desarrollo del tercer Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (PROAIRE 2001 - 2010), será uno de los instrumentos de gestión de la calidad del aire que se elaborará con la intención de abatir de manera gradual y permanente los elevados niveles de contaminación del aire y garantizar la protección de la salud de sus habitantes, dando cumplimiento a las políticas de aire limpio, participación del sector público y privado, así como del derecho a la información.

El inventario de emisiones a la atmósfera de la ZMVM 1998, pretende servir como base para la toma de decisiones, así como instrumento para indicar la cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera e identificar las fuentes de mayor emisión, a fin de busca establecer los indicadores ambientales de presión que ejerce cada una de las fuentes de emisión consideradas. El inventario 1998 se dirige en consecuencia tanto a las autoridades ambientales, en su condición de gestores para lograr una buena calidad del aire, como a los investigadores y profesionistas dedicados a las tareas generadoras de estrategias y de proyectos orientados a su mejoramiento, y a la ciudadanía en general, para cumplir con la función primordial de los gobiernos que convergen en la ZMVM, que es, el de mantener informada a la población sobre la calidad del aire que tiene la región en donde habita; de manera paralela, se pretende sensibilizar a la población con el objeto de que participe de manera directa en la disminución de la emisión de contaminantes.

El año de 1998, presentó cambios importantes en las condiciones climáticas a escala regional y local, destacando entre ellas las variaciones del régimen pluvial (muy intensos en periodos cortos) y las elevadas temperaturas registradas en el ambiente, propiciando uno de los periodos de sequías más severas del presente siglo, además de un incremento importante en el número de incendios forestales en las zonas rurales de la ZMVM, es probable que los incendios forestales sean una causa por la cual se haya presentado un ligero aumento en la concentración máxima de contaminantes en la atmósfera. La tendencia de la segunda concentración máxima, registrada en la ZMVM (indicador de estado), de bióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, bióxido de azufre y partículas menores a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ), mostraron un ligero aumento en 1998, estas últimas en mayor proporción. El mismo indicador aplicado a ozono mostró un comportamiento básicamente estable en los años 96, 97 y 98.

Adicionalmente para el año 1998 el IMECA<sup>1</sup> máximo diario de  $PM_{10}$ , registró un intervalo de 101 a 175 puntos en 184 días, mientras que para el año 97 solamente se presentó en 148 días en el mismo intervalo, rebasando en ambos casos la norma para protección de la salud de  $PM_{10}$ <sup>2</sup>.

De acuerdo a los análisis presentados en el Informe Anual de la Calidad del Aire 1998, los indicadores de estado estacionales en la ZMVM, reflejan el comportamiento de estos contaminantes en tres periodos diferentes del año, a saber en la época seca-caliente, época de lluvias y época seca-fría. Los resultados permiten inferir la influencia de las variaciones de las condiciones climáticas sobre la calidad del aire de la ZMVM. Todo ello indica que los niveles de contaminación presentes en la atmósfera, durante 1998, no sólo fue producto de las emisiones antropogénicas, sino que también participaron de manera importante los fenómenos meteorológicos.

---

<sup>1</sup> Índice Metropolitano de la Calidad del Aire.

<sup>2</sup> NOM - 025 - SSI - 1993: Límite máximo permisible de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalente a 100 puntos IMECA en promedio de 24 horas.

Por otro lado, es posible que este comportamiento esté ligado a los cambios de tipo urbanístico que está sufriendo la ZMVM. Las zonas habitacionales han crecido de manera importante, con los costos ambientales que esto conlleva al cambio en el uso de suelo, mayor demanda de transporte, servicios, viajes, consumo de combustibles y agua, así como una deforestación y eliminación de la fauna nativa.

El presente documento recopila información para el año de 1998 sobre el estado que guardaron las emisiones generadas en la ZMVM. El contenido está estructurado, en primer lugar y de manera breve, por una descripción del área geográfica que cubre el inventario, la metodología básica para la estimación de las emisiones, una evaluación del consumo energético histórico del periodo 1990-2000; posteriormente se muestra un resumen de las consideraciones y resultados obtenidos, y una descripción para cada sector de emisión (fuentes puntuales, fuentes móviles, fuentes de área, suelos y vegetación). Así mismo se desarrollan de manera detallada las consideraciones y los aspectos técnicos involucrados en cada una de las fuentes de emisión en las que se divide el inventario, mostrando los resultados por entidad federativa y jurisdicción, las conclusiones y recomendaciones que pueden mejorar los resultados del inventario y/o disminuir las emisiones a la atmósfera y finalmente se anexan las memorias de cálculo por sector, algunos ejemplos del cálculo de emisiones del sector industrial, la evolución del inventario de emisiones de 1994 a 1996 y 1998, ajustando los inventarios anteriores a 1998 para hacerlos comparativos, y por último las proyecciones del inventario de emisiones 1998 al 2000, 2006 y 2010.

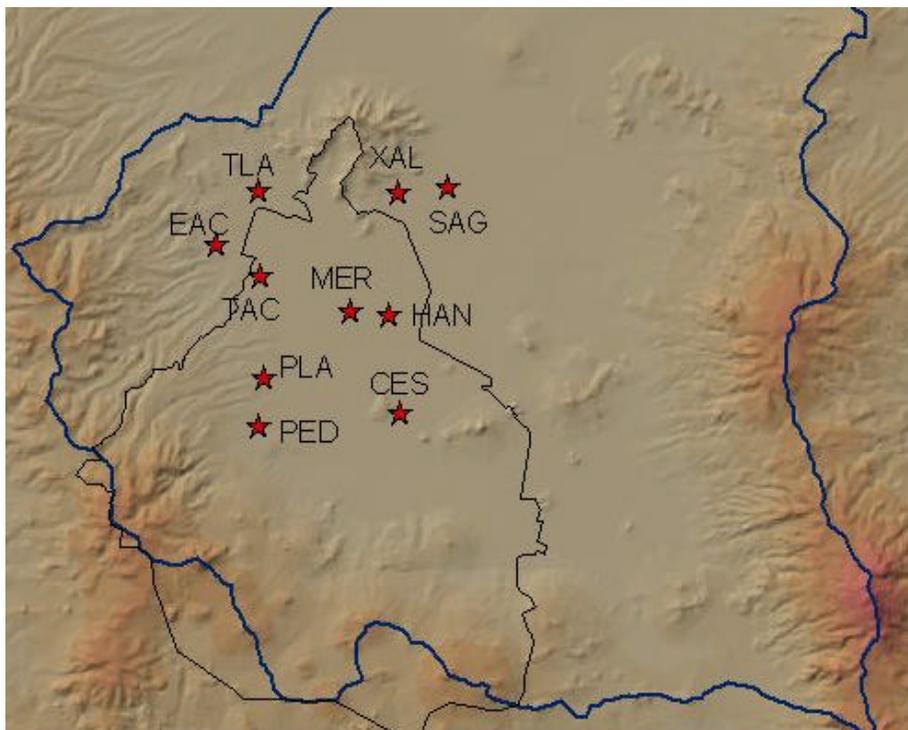
Esperamos que estos resultados y su publicación contribuyan a la difusión de experiencias que conlleven al beneficio de una gestión eficaz del ambiente y del mejoramiento de la calidad del aire en particular.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

## 2.1 FISIOGRAFÍA

La Zona Metropolitana del Valle de México, se ubica sobre los 19°20' de Latitud Norte y 99°05' de Longitud Oeste. Se considera al Valle de México como parte de una cuenca, la cual tiene una elevación promedio de 2,240 msnm<sup>1</sup> y una superficie de 9,560 Km<sup>2</sup>, esta superficie considera parte del Estado de México, el sur del Estado de Hidalgo, el sureste de Tlaxcala y casi la totalidad del Distrito Federal. Esta cuenca presenta valles intermontañosos, mesetas y cañadas, así como terrenos semiplanos, en lo que alguna vez fueron los lagos de Texcoco, Xochimilco y Chalco. También se encuentran prominencias topográficas aisladas como el Cerro de la Estrella, el Peñón y el Cerro de Chapultepec, entre otros, figura 2.1.1.

Figura 2.1.1. Vista Fisiográfica del Valle de México



- Límite de la Cuenca del Valle de México
- Límite político del Distrito Federal
- ★ Estaciones de Monitoreo: XAL= Xalostoc, TLA = Tlalnepantla,  
SAG = San Agustín EAC = ENEP Aragón, MER = Merced, TAC = Tacuba  
HAN = Hangares, PLA = Plateros, CES = Cerro de la Estrella PED = Pedregal

Fuente: Sistemas de Información Geográfica, Red Automática de Monitoreo Atmosférico.

<sup>1</sup> msnm.- Metros sobre el nivel del mar

Debido a la elevación de la cuenca, los procesos de combustión son menos eficientes y por lo tanto más contaminantes, además de recibir una radiación solar intensa que favorece la formación de contaminantes fotoquímicos. Cabe mencionar que dicha radiación solar incidente se ve modificada por los contaminantes contenidos dentro de la cuenca atmosférica propia del valle, compensando de esta manera, la mayor radiación que podría recibirse debido a la elevación.

Por otro lado, debido a la posición latitudinal del territorio nacional, el país se ve afectado por masas de aire con características que las identifican como de tipo polar, durante la etapa invernal y de tipo tropical en la etapa del verano, las cuales, debido a su posición geográfica, afectan directamente al valle de México. De esta manera, el clima de tipo frío está determinado por sistemas meteorológicos que provienen desde la parte norte del continente y el clima de tipo cálido es determinado por la afluencia de aire tropical, normalmente húmedo, proveniente del Pacífico, Mar Caribe y del Golfo de México.

Como resultado de lo anterior, los sistemas meteorológicos predominantes definen claramente dos épocas climáticas con particularidades bien definidas: la época de "lluvias" de junio a octubre, caracterizada por aire marítimo tropical con alto contenido de humedad y la época de "secas" que se identifica con humedad relativa baja, debido a que la masa de aire correspondiente, normalmente es de tipo polar continental. La época de secas puede ser subdividida en dos: Seca-Caliente (marzo-mayo), en la cual predomina aire con características tropicales pero seco, y la época Seca-Fría (noviembre-febrero) cuyos rasgos meteorológicos la definen como aire de tipo polar con bajo contenido de humedad.

Lo antes mencionado, como resultante de la posición geográfica particular donde se encuentra ubicado el país y el conjunto de montañas que conforman la rica variedad orográfica.

## 2.2 ÁREA GEOGRÁFICA DEL INVENTARIO 1998

Desde la elección de la Ciudad de México, en 1824, como sede de los poderes supremos de la federación, se definió que su Distrito sería el territorio comprendido en un círculo cuyo centro es la Plaza Mayor de la Ciudad y su radio de 11 km, surgiendo así el Distrito Federal. Desde entonces y con base en la facultad que el Acta Constitutiva de la Federación otorga al Congreso de la Unión de variar su residencia cuando lo juzgara necesario, los límites del Distrito Federal fueron siendo modificados paulatinamente, aumentando la extensión del mismo hasta obtener en 1899 sus límites actuales.

Esta situación convirtió al Distrito Federal en el centro del poder político y económico del país, favoreciendo la concentración de la población en este espacio geográfico. Consecuentemente, a partir de la década de los cuarenta e inicio de los cincuenta principalmente, el crecimiento urbano de la ciudad rebasó sus límites presentándose un proceso de conurbación con algunos municipios del Estado de México, surgiendo así la Zona Metropolitana del Valle de México<sup>2</sup>.

---

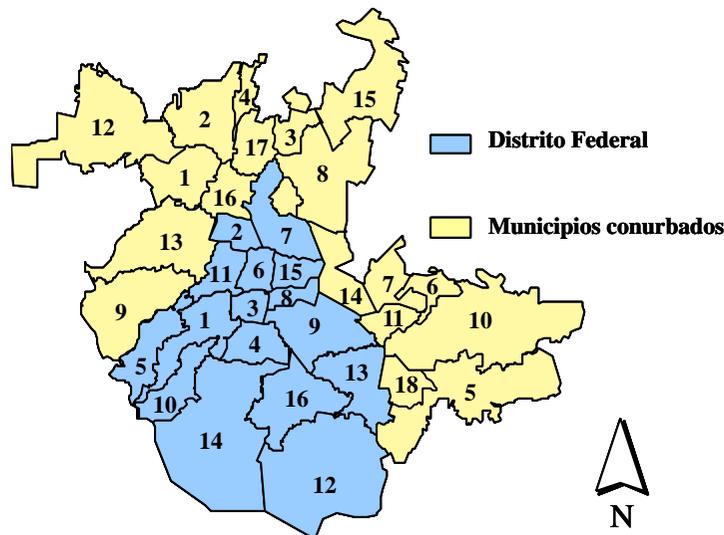
<sup>2</sup> Espinosa, L.E. 1991, CIUDAD DE MÉXICO: Compendio Cronológico de su Desarrollo Urbano 1521-1980.

El crecimiento del área metropolitana ha obligado a incluir cada vez más municipios, por esta razón, en 1950 se consideraban como parte de la Ciudad de México a 12 delegaciones políticas del Distrito Federal, en este año la superficie urbana del Distrito Federal se incrementó en un 26% con relación a 1941, y se inicia la conurbación con 2 municipios del Estado de México, sumando una población aproximada de 2.9 millones de habitantes, de los cuales aproximadamente el 90% se concentraba en el Distrito Federal.

En 1998 la población creció a 16.7 millones de habitantes y cubría una superficie de 3,489 kilómetros cuadrados<sup>3</sup> (16 delegaciones y 18 municipios<sup>4</sup>, tabla 2.2.1). El inventario de emisiones considera esta última cobertura como área de estudio para el año 1998, como se muestra en la figura 2.2.1.

En este escenario, la contaminación del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México no sólo se circunscribe al territorio del Distrito Federal, sino que también afecta a los municipios conurbados en el Estado de México. La atención a este problema implica una gestión de carácter metropolitano, y en ella deben participar los tres órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal o delegacional para el caso del Distrito Federal), ya que en el corto plazo se pretende incluir a municipios del Estado de Hidalgo como parte de la Zona Metropolitana del Valle de México hacia donde se extiendan los beneficios de las acciones de la gestión de la calidad del aire.

Figura 2.2.1. Área de estudio



Fuente: Elaborada con datos de Sistemas de Información.

Tabla 2.2.1. Superficie por municipios y delegaciones

Delegación*	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Municipio**	Superficie [km <sup>2</sup> ]
-------------	-------------------------------	-------------	-------------------------------

<sup>3</sup> INEGI, Censo de población y vivienda 1995, resultados definitivos, tabulados básicos, 1996.

<sup>4</sup> Cabe mencionar que debido a la reciente creación del municipio de Valle de Chalco Solidaridad ahora se consideran 18 municipios.

## Descripción de la Zona Metropolitana del Valle de México

1	Álvaro Obregón	95.9	1	Atizapán de Zaragoza	89.8
2	Azcapotzalco	33.7	2	Cuautitlan Izcalli	109.9
3	Benito Juárez	26.5	3	Coacalco	35.4
4	Coyoacán	53.9	4	Cuautitlán	37.3
5	Cuajimalpa	70.8	5	Chalco	234.71
6	Cuauhtémoc	35.5	6	Chicoloapan	60.8
7	Gustavo A. Madero	88.1	7	Chimalhuacán	46.6
8	Iztacalco	23.2	8	Ecatepec	155.4
9	Iztapalapa	113.5	9	Huixquilucan	143.5
10	M. Contreras	63.5	10	Ixtapaluca	315.1
11	Miguel Hidalgo	46.3	11	La Paz	26.7
12	Milpa Alta	287.5	12	Nicolás Romero	233.5
13	Tláhuac	86.3	13	Naucalpan	149.8
14	Tlalpan	308.7	14	Nezahualcóyotl	63.4
15	Venustiano Carranza	33.8	15	Tecámac	153.4
16	Xochimilco	119.2	16	Tlalnepantla	83.4
	<b>TOTAL</b>	<b>1,486.4</b>	17	Tultitlán	71.08
			18	Valle de Chalco***	44.5
			<b>TOTAL</b>	<b>2,054.29</b>	

Fuentes: \* INEGI, Censo de población y vivienda 1995, resultados definitivos, tabulados básicos, 1996.  
 \*\*Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 1999.  
 \*\*\* Decreto de Creación del Municipio del Valle de Chalco. Gaceta del Gobierno del Estado de México, 4 de noviembre de 1994.

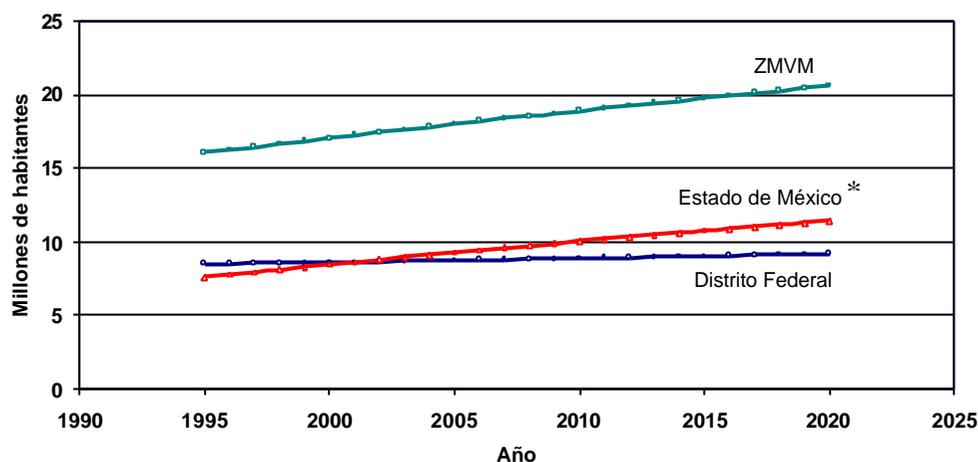
### 2.3 SITUACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA

La Zona Metropolitana del Valle de México es una de las más grandes del mundo, tanto que la evolución del incremento poblacional indica que de 1980 a 1990 aumentó a razón de 0.7% anual y de 1990 a 1995 en 1.8% anual. Con estos incrementos la población en 1998 era de 16.7 millones de habitantes, que representan poco más del 20% de la población del país. Del total de la población de la ZMVM el 51% está localizada en el Distrito Federal y el 49% en el Estado de México; se espera que para los años 2005 y 2010 exista una población del 18.6 y 19.1 millones de habitantes respectivamente<sup>5</sup>. Ver la gráfica 2.3.1.

Las proyecciones del crecimiento de la población en la Zona Metropolitana del Valle de México por entidad indican que para el 2010 la población se distribuirá en su mayor parte en el Estado de México. Para el caso del Distrito Federal se prevé un ligero aumento poblacional. Esto se explica básicamente por la emigración de la población capitalina hacia la periferia de la ZMVM. La mayoría de los habitantes que salen del Distrito Federal establecen su residencia en los municipios conurbados. De acuerdo con los datos censales oficiales, la migración hacia el Estado de México proviene principalmente del Distrito Federal (cerca del 70% de los habitantes que establecen su residencia en el Estado de México vienen de la capital del país), reflejando así, la tendencia "expulsora" del Distrito Federal, al arrojar un saldo negativo del 5.7% y una ganancia equivalente al 6.2% de los residentes para los municipios conurbados. Lo anterior implica que la creciente población establecida en la zona demandará un mayor consumo energético, con la consecuente generación de emisiones de contaminantes.

<sup>5</sup> CONAPO. Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2010

Gráfica 2.3.1. Crecimiento de la población



\* Comprende 18 municipios conurbados al Distrito Federal  
 Fuente: La Situación Demográfica de México 2000. CONAPO, Censo de Población y Vivienda 1995, INEGI, 1996.

A continuación se compara la información existente entre el Distrito Federal y los 18 municipios conurbados del Estado de México, en términos de su población, parque vehicular y planta industrial (tabla 2.3.1).

Tabla 2.3.1. Población, parque vehicular y número de industrias grandes en la Zona Metropolitana del Valle de México por entidad

Tipo de información	Distrito Federal	Municipios conurbados <sup>6</sup>	ZMVM
Población (millones de habitantes)	8.6	8.1	16.7
Parque vehicular considerado en el inventario 1998	2,118,096	1,142,823	3,260,919
Establecimientos industriales 1998 *	19,244	12,203	31,447
Establecimientos industriales considerados en el Inventario 1998	3,725	2,555	6,280

\* Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México 2001-2010, Capítulo 4.

<sup>6</sup> Se empleará el término "municipios conurbados", para referirse a los 18 municipios del Estado de México conurbados con el Distrito Federal.

### 3. METODOLOGÍAS PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES

Para la integración de este inventario de emisiones, se aplicaron las metodologías de estimación de emisiones propuestas en los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México, publicados por el Instituto Nacional de Ecología<sup>1</sup>.

En todos los casos se utilizaron los manuales de Fundamentos del Programa de Inventario de Emisiones para México y Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones, en conjunto con los manuales de Fuentes Puntuales, Fuentes de Área y Vehículos Automotores.

*Las técnicas de estimación utilizadas para estimar las emisiones de este inventario fueron:*

**Muestreo en la Fuente:** Son mediciones directas de la concentración de contaminantes en un volumen conocido de gas y de la tasa de flujo del gas en la chimenea. Son utilizadas con mayor frecuencia para fuentes de emisiones de combustión.

**Modelos de Emisión (mecánicos):** Son ecuaciones desarrolladas cuando las emisiones no se relacionan directamente con un solo parámetro. Se pueden usar computadoras en el caso de que se tenga un gran número de cálculos complejos. En este inventario se utilizaron: el programa TANKS 3.1, modelo utilizado para estimar las emisiones de HC en tanques de almacenamiento; PCBEIS 2.2, para estimar las emisiones de HC y NOx provenientes de la vegetación y del suelo; el modelo MOBILE5a.3MCMA, para estimar las emisiones de HC, NOx y CO en los vehículos. Todos estos modelos fueron desarrollados por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (USEPA) y adaptados para utilizarse en México.

**Encuestas:** Son cuestionarios diseñados para recopilar datos de actividad. En algunos casos se utilizó la encuesta para recopilar datos de fuentes de área con el fin de ponderar algunos factores de emisión de la EPA.

**Factores de Emisión:** Son relaciones entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y un dato de actividad. Los datos de actividad incluyen: niveles de producción, consumo de materia prima, consumo de combustibles, población, kilómetros recorridos, etc. La fuente de factores de emisión utilizada en este inventario fue el AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (U.S. EPA, 1995a); y los factores de emisión obtenidos experimentalmente por el Instituto Mexicano de Petróleos (IMP) para vehículos automotores en circulación en la ZMVM.

**Balance de Materiales:** Parte del principio de que el material que entra, debe ser igual al que se utiliza en el proceso, más el que se emite. El método de balance de materiales, es adecuado para estimar emisiones asociadas con la evaporación de solventes y emisiones de compuestos que contienen azufre.

El inventario de emisiones de la ZMVM 1998, se desarrolló con la misma metodología para cada una de las entidades que intervienen, se emplearon los datos confiables que se tenían disponibles en ese momento y se aplicaron en la medida de lo posible las recomendaciones hechas en el estudio "Análisis y Diagnóstico del Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México", donde los investigadores principales fueron los Doctores Mario J. Molina y Luisa T. Molina.

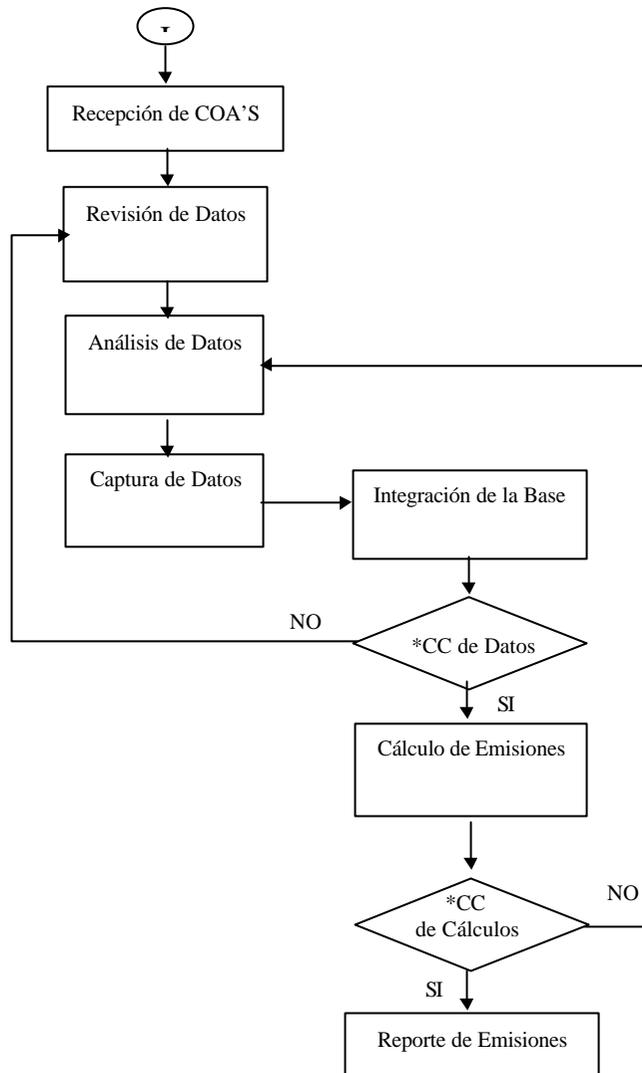
---

<sup>1</sup> [http://www.ine.gob.mx/dggia/cal\\_aire/espanol/invtemi.html](http://www.ine.gob.mx/dggia/cal_aire/espanol/invtemi.html)

### 3.1 FUENTES PUNTUALES

Para la actualización del inventario de emisiones del sector industrial de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), se utilizó la información que proporcionaron los establecimientos industriales en la Cédula de Operación Anual (COA)<sup>2</sup> a la autoridad correspondiente (Secretaría de Ecología del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal e Instituto Nacional de Ecología de la Federación) entre los años 1996 y 1999. Las COAs entregadas en el año 1999, nos proporcionaron información de las actividades realizadas en el año 1998 por las industrias. La información de la COA es analizada y procesada individualmente, para integrarse en una base de datos de acuerdo al esquema que se presenta en la figura 3.1.1, mismo que se describe posteriormente.

Figura 3.1.1. Proceso de elaboración del inventario de emisiones



\*CC: Es el control de calidad de la información.

<sup>2</sup> Los propietarios de establecimientos industriales, mercantiles y de servicios que emitan contaminantes a la atmósfera deberán de reportar cada año el comportamiento de su actividad del año inmediato anterior, mediante el formato de Cédula de Operación Anual o Inventario de Emisiones.

### *Descripción del proceso de elaboración del inventario de emisiones*

Las COAs, se recibieron en las áreas de recepción correspondientes de cada una de las dependencias. Un primer control de calidad de la información entregada por el industrial se da en la recepción, donde se revisa que la COA contenga los datos y que sean acordes con lo que se solicita en el formato.

En esta etapa se realiza un análisis detallado de la información proporcionada en la Cédula de Operación para su validación, de modo que esté completa para su codificación y captura en el sistema para proceder a la estimación de las emisiones, o en su defecto, se solicita al establecimiento industrial la complementación con los anexos correspondientes. Enseguida, la información de las COAs se introduce en un sistema de captura con el fin de sistematizar la información y poder disponer de ella para realizar diferentes tipos de análisis. En el caso del Instituto Nacional de Ecología antes de este paso la información es codificada y después ingresada a un sistema de captura. Una vez validada la información y realizado el cálculo de emisiones, se procede a la codificación en los formatos correspondientes; para realizar dicha codificación se cuenta con catálogos que contienen las claves o códigos de materias primas, productos, combustibles, procesos, equipos de proceso, tecnología de control, etc.

Una vez realizadas las actividades anteriores, se integra la información en una base de datos que permite realizar el análisis de los mismos.

Para el control de calidad de la información recibida, se realizan revisiones a todos los registros de la base de datos, así como la congruencia entre las cifras de consumos reportados de materiales y sus unidades, se ordenan campos de información representativos como son los giros industriales, ubicación geográfica, materias primas, combustibles, claves de procesos, métodos de control, emisiones con control, emisiones sin control, emisiones totales, etc.

El control de calidad de los cálculos, consiste en revisar los resultados contra las cédulas de operación para determinar la congruencia de datos, emisiones contra consumo y tipos de combustibles, equipos de control, emisiones de procesos, capacidad de equipos de combustión. Una vez validada la información se realizó el análisis de la misma y el reporte correspondiente para el usuario.

### *Técnicas de estimación de emisiones*

La metodología empleada en la estimación de emisiones para este sector se realizó con base en las técnicas recomendadas para fuentes puntuales del *Programa de Inventario de Emisiones para México*, de las cuales se emplearon: el muestreo en fuente, factores de emisión y balance de materiales, ver tabla 3.1.1.

Tabla 3.1.1. Técnicas de estimación de emisiones por giro industrial

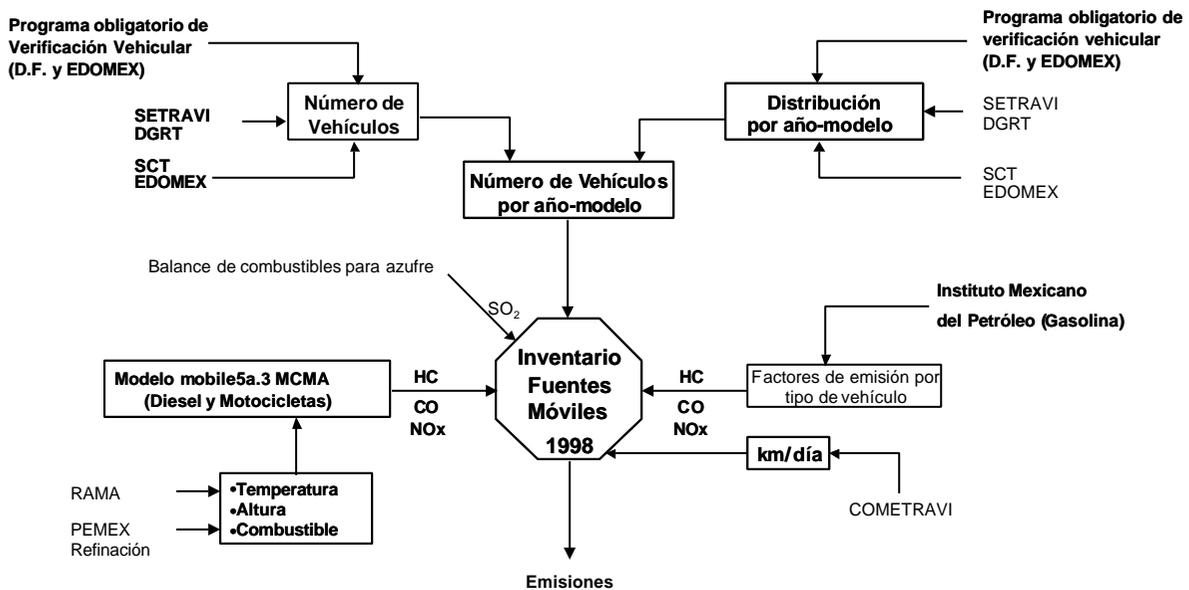
Giro	Contaminantes				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica	ME, FE	ME	ME	ME	ME, FE
Petroquímica	FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE
Industria química	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE, BM
Mineral metálica	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	FE
Mineral no metálica	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	FE
Productos vegetales y animales	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	FE
Madera y derivados	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	FE
Industria del vestido	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE
Industria de consumo alimenticio	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	FE
Productos de consumo varios	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	FE
Productos de impresión	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE, BM
Productos metálicos	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE, BM
Productos de vida media	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE, BM
Productos de vida larga	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE, BM
Otros	ME, FE	ME, FE	ME, FE	ME, FE	MO, FE

Nota: FE.- Factor de Emisión, ME.- Medición, BM.- Balance de Materiales, MO.- Modelos

### 3.2 FUENTES MÓVILES

Para la elaboración del inventario de emisiones de fuentes móviles se identificaron las variables que influyen en el cálculo y la interacción entre las fuentes de información, como se muestra en el diagrama 3.2.1. Cada una de las dependencias involucradas colaboraron para proporcionar la información necesaria de acuerdo a la tabla 3.2.1.

Diagrama 3.2.1. Interacción de las fuentes de información de las variables que intervienen en el cálculo de las emisiones de fuentes móviles

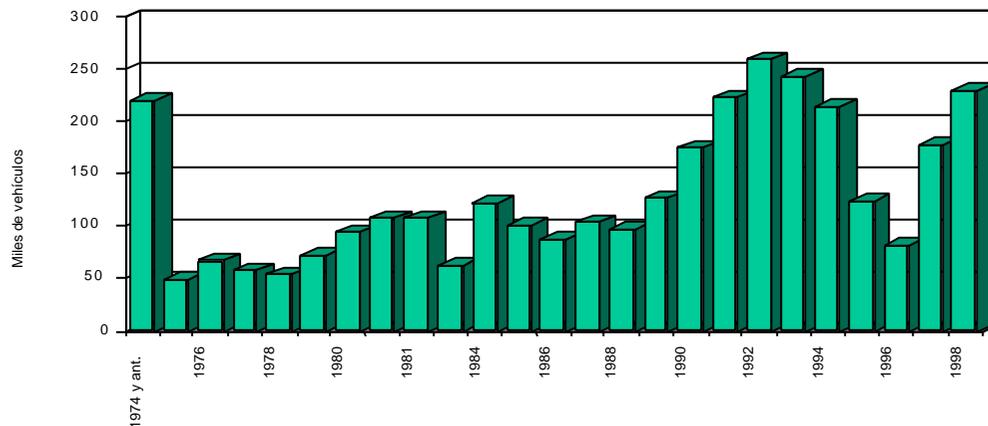


**Tabla 3.2.1. Fuentes de información de las variables que influyen en la emisión**

Variable	Fuente/Dependencia
Parque vehicular.	SETRAVI-DGRT, SCT-DGTT y base de datos del programa de verificación vehicular del Estado de México y Distrito Federal
Consumo de combustibles y propiedades fisicoquímicas.	Petróleos Mexicanos (PEMEX)
Factores de emisión para HC, NOx y CO de vehículos a gasolina.	Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)
Factores de emisión para HC, NOx y CO de vehículos a diesel y motocicletas.	MOBILE 5a. 3MCMA
Factores de emisión para PM <sub>10</sub> .	Estudio Measurement of Exhaust Particulate Matter Emissions from In-use Light Duty Motor Vehicle in Denver Colorado Area
Factores de emisión a gas LP <sup>3</sup> .	Greenhouse Gas Inventory Reference Manual Volumen 3
Kilómetros recorridos.	Estudio Integral de Transporte y Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México, 1997
Temperatura	Red Automática de Monitoreo Atmosférico

El primer paso para calcular el inventario de emisiones de fuentes móviles fue el análisis de la información disponible referente al número de vehículos existentes en la ZMVM, mismos que se distribuyeron tomando en cuenta el tipo de combustible, el peso del vehículo y la actividad o uso del mismo, de acuerdo a la siguiente clasificación: autos particulares, taxis, combis, microbuses, pick up's, camiones de carga a gasolina, vehículos a diesel con un peso bruto menor a 3 toneladas, tractocamiones a diesel, autobuses a diesel, vehículos a diesel con un peso bruto mayor o igual a 3 toneladas, camiones de carga a gas licuado de petróleo (LP) y motocicletas. Además de esta clasificación, fue necesario distribuir el total de vehículos existentes por año modelo (ver gráfica 3.2.1).

**Gráfica 3.2.1. Distribución vehicular por año-modelo**



<sup>3</sup> Nota: Para los camiones a gas LP se utilizaron los factores de emisión para los US Light and Heavy Duty LPG vehicles del volumen 3 del manual de referencia para inventario de gases de efecto invernadero de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo, 1995.

La estimación de las emisiones de fuentes móviles, parte de la ecuación básica para la estimación de las emisiones de los vehículos automotores y requiere de datos de actividad vehicular y un factor de emisión asociado a dicha actividad.

$$E_i = (FE_i) (KRV) \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

$E_i$  = Emisiones totales del contaminante  $i$ , [g/año]

$KRV$  = Kilómetros recorridos por vehículo, [km/año]

$FE_i$  = Factor de emisión del contaminante  $i$ , [g/km]

Para los vehículos automotores, los datos de actividad se refieren a los kilómetros recorridos por vehículo ( $KRV$ ), mientras que los factores de emisión se expresan en unidades de gramo de contaminante por  $KRV$ . Los  $KRV$  representan la distancia total recorrida por un vehículo en un periodo de tiempo determinado.

La ecuación básica de estimación de emisiones presentada anteriormente se aplicó en la valoración de  $NO_x$ ,  $HC$ ,  $CO$  y  $PM_{10}$ . El cálculo de las emisiones de  $SO_2$  se desarrolló mediante la aplicación de un balance de combustible, suponiendo que se emite la totalidad del azufre contenido en el combustible como bióxido de azufre.

La ecuación 2 describe el balance de combustible para  $SO_2$ :

$$ESO_{2,j} = (CC_j) (\rho C_j) (S_j) 2 \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde:

$ESO_{2,j}$  = Emisiones de  $SO_2$  del combustible  $j$  ( $j$ = gasolina, diesel y gas LP)

$CC_j$  = Consumo total del combustible  $j$

$\rho C_j$  = Densidad del combustible  $j$

$S_j$  = Contenido de azufre (porcentaje fracción de masa) del combustible  $j$

2 = Factor de conversión de masa de azufre a masa de  $SO_x$  (como  $SO_2$ ).

Para el caso del cálculo de las emisiones de partículas menores a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ), se utilizaron los factores de emisión reportados en el estudio Measurement of Exhaust Particulate

Matter Emissions from in-use Light Duty Motor Vehicle in Denver Colorado Área<sup>4</sup>, realizados por la Universidad del Estado de Colorado en 1998; ya que en México no se han realizado estudios para la obtención de factores de emisión para PM<sub>10</sub>.

Se utilizaron factores de emisión obtenidos de mediciones realizadas por el Instituto Mexicano del Petróleo en la ZMVM para estimar las emisiones de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono en vehículos a gasolina y para el cálculo de estos mismos contaminantes en motocicletas y vehículos a diesel se utilizaron factores de emisión obtenidos de la aplicación del modelo MOBILE5a.3MCMA.

Para desarrollar el inventario de emisiones de vehículos automotores fue necesario recopilar una gran variedad de datos que incluyen KRV's; estadísticas de consumo y calidad de combustible, velocidades de manejo, datos del registro vehicular y clases de vehículos. En algunos casos fue necesario procesar datos de diferentes dependencias, con la finalidad de definir clasificaciones preliminares del parque vehicular y en otros casos, se utilizaron datos de forma directa de algunos estudios.

*Los datos esenciales para el desarrollo del inventario de emisiones de fuentes móviles son:*

- Datos de actividad vehicular de la ZMVM (típicamente KRV o consumo de combustible), agrupados de manera tal que sean congruentes con los factores de emisión disponibles;
- Velocidades vehiculares promedio;
- Factores de emisión por tipo de vehículo, tipo de combustible, y año-modelo;
- Datos de los parámetros que definen la calidad de los combustibles vehiculares que se distribuye en la ZMVM, (contenido de azufre y presión de vapor Reid);
- Distribución del parque vehicular por año-modelo;
- Condiciones locales de altitud y temperatura ambiente.

---

<sup>4</sup> U.S. Environmental Protection Agency, 1998. Measurement of Exhaust Particulate Matter Emissions from In-Use Light-Duty Motor Vehicles in the Denver, Colorado Area. General Motors R&D Center, Colorado Department of Public Health and Environment, Air Pollution Control Division, Colorado State.

### 3.3 FUENTES DE ÁREA

Las emisiones contaminantes del aire provenientes de fuentes de área se calcularon a través de diferentes métodos de estimación, dado que esto depende de la disponibilidad de información existente para cada categoría evaluada. La información fue proporcionada por dependencias gubernamentales y privadas, encargadas de generar bienes de consumo y servicios para satisfacer las necesidades de la población.

*Las fuentes de área se pueden agrupar en las siguientes cinco categorías:*

1. Pérdidas evaporativas por transporte y almacenamiento de combustibles: Almacenamiento masivo de gasolina, distribución y ventas de gasolina; almacenamiento de gas LP, distribución de gas LP, fugas de gas LP en usos doméstico; recarga de aeronaves.
2. Evaporación de solventes: Artes gráficas, consumo de solventes, lavado en seco, limpieza de superficies (desengrase), recubrimiento de superficies industriales, recubrimiento de superficies arquitectónicas, pintura automotriz, pintura de tránsito y esterilización en hospitales.
3. Fuentes evaporativas de hidrocarburos: Aplicación de asfalto, panaderías, tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios.
4. Fuentes móviles no carreteras: Locomotoras foráneas, locomotoras de patio y aeropuerto (operaciones de aeronaves).
5. Fuentes de combustión: Combustión residencial, combustión comercial e institucional, combustión en hospitales, incendios en estructuras e incendios forestales.

Para el cálculo de las emisiones se utilizaron factores de emisión por actividad para algunos casos y percápita para otros, también se aplicaron modelos de emisión computacionales desarrollados por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de Norte América (USEPA) y adaptados para su aplicación en México. Ver tabla 3.3.1.

En la mayor parte de categorías de fuentes de área se estimaron las emisiones de hidrocarburos totales, solo en aquellos rubros donde se realizan procesos de combustión se estiman otros contaminantes criterio como partículas, bióxido de azufre, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

**Tabla 3.3.1. Contaminante estimado y método utilizado por categoría**

Categoría	Método	Fuente de información	Contaminante evaluado					
Consumo de solventes	FE	GDF-SMA						HC
Limpieza y desengrase	FE	EPA/AP-42, 1995						HC
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	FE	GDF-SMA						HC
Recubrimiento de superficies industriales	FE	GDF-SMA						HC
Lavado en seco	FE	EPA/AP-42, 1991						HC
Artes gráficas	FE	EPA/AP-42, 1995						HC
Panaderías	FE	EPA/AP-42, 1992						HC
Pintura automotriz	FE	EPA/AP-42, 1995						HC
Pintura de tránsito	FE	GDF-SMA						HC
Distribución de gas LP	FE	IMP						HC
Almacenamiento de gas LP	FE	IMP						HC
HCNQ <sup>5</sup> en la combustión	FE	IMP/TÜV Rheinland						HC
Fugas por uso doméstico de gas LP	FE	IMP						HC
Distribución y venta de gasolina	FE	EPA/AP-42, 1995						HC
Almacenamiento masivo de gasolina		ME EPA/TANKS 4.1,1995						HC
Operación de aeronaves		ME EPA/FAEED 2.1, 1995	NO <sub>x</sub>	CO				HC
Recarga de aeronaves	FE	EPA/AP-42, 1995						HC
Locomotoras foráneas y de patio	FE	EPA/AP42, 1995	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>		HC
Rellenos sanitarios		ME EPA/LANDFILL 1.0, 1994						HC
Aplicación de asfalto	FE	EPA/AP42, 1995						HC
Tratamiento de aguas residuales		ME EPA/SIMS 2.0, 1995						HC
Esterilización en hospitales	FE	EPA/AP-42, 1995						HC
Combustión en hospitales	FE	EPA/AP-42, 1995	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>		HC
Combustión residencial	FE	EPA/AP-42, 1995	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>		HC
Combustión comercial-institucional	FE	EPA/AP-42, 1995	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>		HC
Incendios forestales	FE	EPA/AP-42, 1995	NO <sub>x</sub>	CO		PM <sub>10</sub>		HC
Incendios en estructuras	FE	EPA/AP-42, 1995	NO <sub>x</sub>	CO		PM <sub>10</sub>		HC

\*FE., Factor de emisión, \*\*ME.- Modelo de emisión

### 3.4 FUENTES NATURALES

#### 3.4.1 Vegetación

En el desarrollo de este inventario se utilizó información de los años 1997 y 1998 proporcionada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Servicio Meteorológico de los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM), así como por dependencias estatales como la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (SEDAGRO), la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) y las 16 delegaciones del Distrito Federal. Dicha información permitió el desarrollo de bases de datos de mayor precisión, además de incorporar la cobertura del cielo por nubes, estimando la radiación que incide en la vegetación.

<sup>5</sup> Hidrocarburos no quemados

*Factores de emisión*

En el cálculo de las emisiones para este sector se emplearon los factores de emisión estimados con el modelo PC-BEIS 2.2 (Personal Computing Biogenic Emissions Inventory System).

*Meteorología*

Para la aplicación del modelo se requirió definir diez días de máxima concentración de ozono en la Zona Metropolitana del Valle de México, se obtuvo la temperatura de dichos días y se tomaron los datos meteorológicos del cuarto día con más alta temperatura para las corridas. El archivo meteorológico del modelo PC-BEIS requiere como mínimo para estimar las emisiones datos de temperatura [°C] y nubosidad [fracción] horarios para un día (24 horas).

Se procesó la base de datos horaria de noviembre 1997 a octubre 1998, con la finalidad de obtener un escenario horario representativo para cada una de las temporadas climatológicas presentes en la ZMVM. Según el estudio "Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México"<sup>6</sup>, el área de estudio presenta tres temporadas climatológicas, aplicables para las corridas de PC-BEIS 2.2:

- Seca-fría. Noviembre 1997-Febrero 1998
- Seca-cálida. Marzo 1998-Mayo 1998
- Lluviosa. Junio 1998-Octubre 1998

*Uso de suelo y vegetación.*

En lo que se refiere al uso del suelo de la ZMVM, esta se clasificó en cuatro grandes grupos: forestal, forestal urbano, agrícola y otros. Ver la tabla 3.4.1.1.

**Tabla 3.4.1.1. Uso de suelo del área de estudio**

Porcentaje de uso de suelo [%]				
Forestal	Forestal urbano	Agrícola	Otros*	Total
18	2	56	24	100

\*Baldíos, agua, lotes desprovistos de vegetación, obras en construcción y cualquier uso de suelo no considerado en la tabla de factores de emisión del PCBEIS.

**3.4.2 Suelos**

La definición de la superficie considerada para la estimación de fuentes erosivas, está basada en el estudio realizado por Orea C. M. (1999), en el cual se definen 10 polígonos irregulares denominados *frentes* en función de la dirección de los vientos dominantes. El área total se estimó en 115,018 hectáreas como se indica en la tabla 3.4.2.1.

<sup>6</sup> Ruiz Suárez, L.G., Imaz Gispert M., Montero M.O., Hernández Galicia F., Conde C. y Castro T., 1994. "Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México". Reporte Técnico para CONSERVA. Gobierno del Distrito Federal y Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México.

**Tabla 3.4.2.1. Área de estudio para la estimación de partículas**

Frente	Área considerada
Noreste	La delegación Venustiano Carranza y los municipios de Atenco, Tezoyuca, Chiautla, Chiconcuac, Papalotla, Texcoco, Chimalhuacán y Nezahualcóyotl.
Sureste	La delegación Tláhuac y los municipios de Texcoco, Chimalhuacán, La Paz, Valle de Chalco, Chalco e Ixtapaluca.
Sur	Las delegaciones de Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac y los municipios de Chalco y Valle de Chalco.
Suroeste	Las delegaciones Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras y Miguel Hidalgo
Noroeste	La delegación Gustavo A. Madero y los municipios de Cuautitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza y Tlalnepantla.
Norte I	Los municipios de Cuautitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla, Naucalpan y Tultitlán.
Norte II	Los municipios de Tepotzotlán, Teoloyucan, Cuautitlán Izcalli, Tultitlán y Cuautitlán.
Norte III	Los municipios de Nextlalpan, Melchor Ocampo, Tultepec, Cuautitlán, Tultitlán, Coacalco, Ecatepec y Jaltenco.
Norte IV	Los municipios de Tecámac, Zumpango, Ecatepec, Acolman y Tehotihuacán.

Fuente: Orea., C. M. (1999). "Caracterización Ambiental de las Áreas de Emisión Edafológica de PM<sub>10</sub> en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México". Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, México. 129 p. p.

### Metodología

El cálculo de las emisiones de partículas debido a la erosión del suelo, está basado en la ecuación de erosión desarrollada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, modificada por la USEPA, ecuación 3.

$$E = (FS) I C K L' V' \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

- E = Factor de emisión de partículas suspendidas [ton/acre/año].
- FS = Fracción de las pérdidas totales por erosión del viento medidas como partículas suspendidas, adimensional.
- I = Erosionabilidad del suelo [ton/acre/año].
- C = Factor climático, adimensional.
- K = Factor de rugosidad del suelo, adimensional.
- L' = Factor de amplitud del campo sin protección, adimensional.
- V' = Factor de cobertura vegetal, adimensional.

El factor FS representa la fracción de pérdidas por erosión del viento que serían tomadas en cuenta como partículas suspendidas. Se considera el factor de 2.5% para regiones agrícolas, mientras que para caminos sin pavimentar se utiliza un valor de 3.8%. En el presente caso se consideró el valor de 2.5%; así mismo, se asumió que de la cantidad suspendida, la mitad corresponden a partículas menores a 10 µm (PM<sub>10</sub>).

El término I, erosionabilidad del suelo, es función de la textura o tipo de suelo. Debido a que en el Valle de México existen diferentes tipos de suelo, para la obtención de este factor se consideró el tipo predominante, que es una textura arcillo arenosa de acuerdo al INEGI (1999) y al Atlas General

del Estado de México (Gobierno del Estado de México, 1993). Con base en los factores de erosionabilidad del suelo (México Emissions Inventory Program, INE, 1997, volumen V) para este tipo de textura el valor total aproximado es de 38 toneladas/acre/año.

El factor climático, C, está relacionado con la velocidad del viento y la denominada precipitación efectiva, esta última asociada a la humedad de la superficie del suelo. La ecuación para su cálculo es:

$$C = \frac{(0.345) V^3}{[115 \sum (Pm_i / Tm_i - 10)^{10/9}]^2} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde:

V = Velocidad promedio del viento, corregido a 10 metros, [millas por hora]

Pm<sub>i</sub> = Precipitación mensual, [pulgadas]

Tm<sub>i</sub> = Temperatura promedio mensual, [grados Fahrenheit]

Para el cálculo del factor climático (C) se consideró el dato máximo promedio de velocidad del viento registrado durante 1998 para las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, el cual fue de 3.14 m/s y se registró en la estación Hangares. Asimismo, se tomaron los datos promedio de lluvia y temperatura mensuales, registrados en la estación Tacubaya (Servicio Meteorológico Nacional), con esta información se calculó el factor climático de acuerdo a la ecuación antes mencionada, resultando un valor de 0.058.

El factor de rugosidad del suelo (K) refleja la reducción en la erosión eólica debida a la presencia sobre el suelo en cuestión de cerros, lomas, canales, surcos, etc. Cuando la presencia de estos factores es mínima, se estima un valor de rugosidad de 1 (México Emissions Inventory Program. INE, 1997, volumen V), valor que fue utilizado en el presente estudio.

El factor de amplitud de campo sin protección (L') se obtiene por el producto de los factores de erosionabilidad (I) y rugosidad (K), posteriormente se determina la amplitud de campo (L) y por último se calcula el factor (L'), tomando como referencia las curvas de efecto de la longitud de campo sobre la tasa de emisión relativa. Debido a que la distancia a lo largo del viento prevaleciente se consideró amplia, se obtuvo un valor de 0.99.

Para el factor de cobertura vegetal (V'), primeramente se estima el valor de cubierta vegetal (V), de acuerdo a la tabla correspondiente (USEPA, 1997) y con base en el tiempo de cultivo; posteriormente se calcula el producto de los factores IKCL', con base en las curvas de efecto de la cubierta vegetativa sobre el cultivo en la tabla correspondiente (USEPA, 1997). Para este caso se hicieron dos consideraciones: V'=1 cuando el suelo no tiene cobertura vegetal y V'=0.5 si existe cobertura vegetal.

### 3.5 GASES DE EFECTO INVERNADERO

En el desarrollo del inventario de emisiones para Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el año de 1998, se consideró el Estudio sobre el Inventario de Gases de Efecto Invernadero Asociados a la

Producción y Uso de la Energía en la ZMVM<sup>7</sup>, que fue desarrollado considerando como fuente de información el Programa Universitario de Energía, la Comisión Ambiental Metropolitana, la Comisión Federal de Electricidad, PEMEX, la Secretaría de Energía, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

Del mencionado estudio, se obtuvo la metodología para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, generados durante el proceso de combustión de combustibles fósiles en el sector industrial, transporte, residencial y de servicios. Teniendo así, que la estimación de GEI se obtiene por el producto del consumo energético y el coeficiente de emisión, ambos casos asociados a la actividad, como lo muestra la siguiente ecuación:

$$ET_i = \sum_j \sum_k A_{kjm} * C_{jikm} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

$ET_i$  = Emisión total del GEI (i), [kg/año]

$A_{kjm}$  = Actividad energética del sector (j) utilizando la tecnología (m) para el combustible (k) [TJ/año], tabla 3.5.1.

$C_{jikm}$  = Coeficiente de emisión del gas (i) asociada a la actividad (j) utilizando la tecnología [m] y el combustible (k), [kg/TJ], tabla 3.5.2

Aunque la metodología de cálculo es sencilla, la dificultad estriba en tener la información disponible. En el caso de la ZMVM se dispone de diversas fuentes de información como son PEMEX Gas y Petroquímica Básica, PEMEX Refinación, Asociación de distribuidores de Gas LP y Gas Natural; por medio de los cuales se determinó la distribución energética por sector, (tabla 8).

La base de información del inventario de contaminantes locales de la Comisión Ambiental Metropolitana, considera los factores de emisión (tabla 9) propuestos por el AP-42 y el IPCC, asumiendo que los quemadores se encuentran sin equipo de control. Las emisiones procedentes de la degradación de residuos sólidos municipales, aun cuando dicha emisión no esta asociada al consumo energético, se considera dentro de los GEI y se determinaron con el modelo LANDFILL, desarrollado por la EPA. La información de actividad fue proporcionada por la Dirección General de Servicios Urbanos del Distrito Federal.

<sup>7</sup> Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Asociados a la Producción y Uso de la Energía en la Zona Metropolitana del Valle de México. Reporte del Grupo de Energía y Ambiente del Instituto de Ingeniería, UNAM para la Comisión Ambiental Metropolitana; Septiembre, 2000.

Tabla 3.5.1. Distribución del consumo energético por sector y tipo de combustible

Combustible	Consumo energético [TJ]		
	Transporte	Industria	Residencial Comercial
Gasolina	214,173		
PEMEX diesel	57,939		
Gas LP	9,607	4,102	78,877
Gas natural		188,555	2,037
Gasóleo doméstico		111	
Combustible industrial		15,132	
Diesel industrial bajo azufre		8,923	
<b>Total</b>	<b>281,719</b>	<b>216,823</b>	<b>80,915</b>

Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 2000; PEMEX Refinación, 2001; y Secretaría de Energía, 1998.

Tabla 3.5.2. Factores de emisión [kg/TJ]

	Tipo de combustible	IPCC <sup>8</sup>		EPA (AP-42) <sup>9</sup>		Tipo de combustible	IPCC <sup>8</sup>		EPA (AP-42) <sup>9</sup>		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	
<i>Industrial</i>	Gas natural	56,100	1.4	49,716	1.0	<i>Comercial</i>	Gas natural	56,100	1.2	49,716	1.0
	Gas LP	63,067	0.9	59,979	0.9		Gas LP	63,067	0.9	59,979	0.9
	Combustóleo ligero	77,367	0.2	66,539	0.2	<i>Residencial</i>	Gas natural	56,100	1.0	49,716	1.0
	Combustóleo pesado	77,367	3.0	74,595	3.0		Gas LP	63,067	1.1	59,979	0.9
	Diesel	74,067	0.2	71,673	0.2		<i>Transporte</i>	Diesel	74,070		
	Gasóleo	74,067	0.2	71,673	0.2	Gas LP		63,070			
	Petróleo diáfano	69,300	0.2	77,953	0.2	Gasolina		69,300			

De acuerdo con las predicciones climáticas del IPCC, de continuar el crecimiento en las emisiones y concentraciones atmosféricas de Gases de Efecto Invernadero, la temperatura de la atmósfera terrestre podría elevarse entre 1.5 y 3.5 grados centígrados a lo largo del próximo siglo. Como causa de este aumento en la temperatura, el nivel medio del mar podría elevarse entre 50 y 150 centímetros y se generarían cambios en los patrones climáticos, con posibles efectos catastróficos en diversas zonas del planeta. Algunos científicos afirman que los recientes acontecimientos de aumento de precipitación pluvial y mayor intensidad y número de huracanes, son parte de los efectos del cambio climático.

Por lo anterior, es de suma importancia dar seguimiento a la generación de gases de efecto invernadero y continuar con el desarrollo de inventarios de emisiones de estos contaminantes.

<sup>8</sup> Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Workbook, volume 2. (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5a.htm>), Reference Manual, volume 3(<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.htm>).

<sup>9</sup> Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42, 5th edition, volume I, Stationary Point and Area Sources (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42.html#chapter>).

## 4. BALANCE ENERGÉTICO

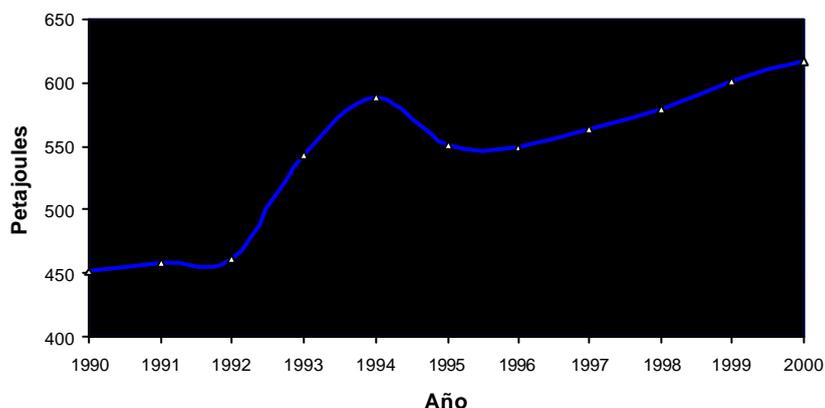
La magnitud de la actividad comercial, industrial y agrícola de esta metrópoli puede expresarse entre otras formas, a través de la manera de como se distribuye el consumo de la energía. Al respecto, existen diversos estudios que consignan una correlación significativa entre el producto interno y el consumo de energía. La forma en que este consumo impacta la calidad del aire depende en gran medida del balance energético, del tipo y calidad de los combustibles, así como del nivel tecnológico de la planta industrial y del parque vehicular.

Los aspectos relevantes del balance nacional de energía 1998<sup>1</sup> señalan que en 1998, para producir un peso de producto interno bruto (PIB), se requerían 428 kilojoules de energía, cifra que es 1.1% menor a la de 1997. En términos per cápita, el consumo fue de 64 millones de kilojoules por persona, 2% más que en 1997. Este consumo es equivalente a mantener veinte focos de 100 watts encendidos durante un año o al consumo de 39 tanques de 50 litros de gasolina.

El consumo final de energía a escala nacional fue de 4,102 petajoules, 2.8% más que en 1997. El consumo de combustibles y electricidad, representa el 93.3% (3,828 petajoules), y el de asfalto, lubricante, grasas, y otros el 6.7%. La Zona Metropolitana del Valle de México en 1998 consumió el 14% del consumo nacional de energía por el uso de combustibles fósiles, lo que equivale a consumir 301 mil barriles diarios de gasolina.

En la gráfica 4.1, se presenta la situación histórica sobre el consumo energético de la Zona Metropolitana del Valle de México, donde se puede apreciar que de 1994 a 1995, disminuyó casi en un 7%, posteriormente aumentó gradualmente hasta alcanzar un máximo en el año 2000 de 618 petajoules, con respecto al periodo 1990-2000 en promedio el consumo se ha mantenido en 543 petajoules/año.

**Gráfica 4.1. Consumo energético histórico de la Zona Metropolitana del Valle de México 1990-2000**

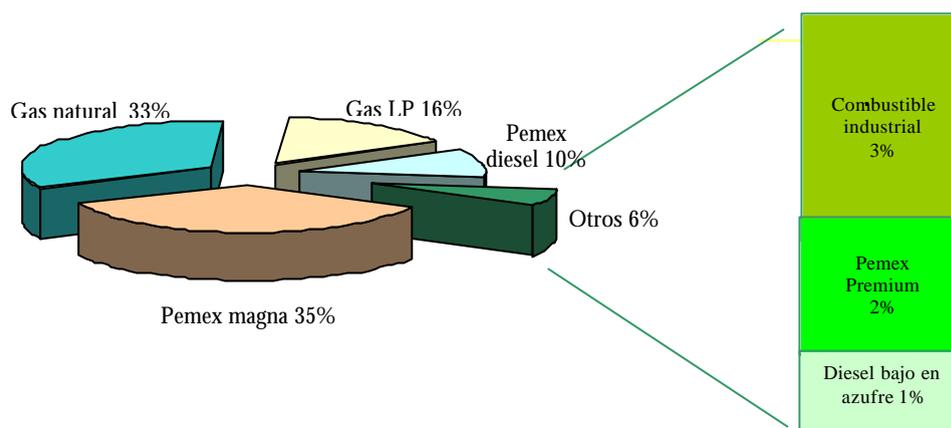


FUENTE. Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 2000; PEMEX Refinación, 2001; y Secretaría de Energía, 1999.

En 1998, la Zona Metropolitana del Valle de México, consumió 579 petajoules de energía, de los cuales los principales aportadores energéticos fueron las gasolinas con el 37%, el gas natural con el 33%, el gas LP 16% y el diesel vehicular con el 10%. La gráfica 4.2 muestra la distribución energética por tipo de combustible.

<sup>1</sup> Balance de energía 1998 publicado en Internet por la Secretaría de Energía -Dirección General de Política y Desarrollo Energéticos, México 1999.

Gráfica 4.2. Distribución energética por combustible, 1998



Nota: El consumo de gasóleo doméstico representa sólo el 0.02% del consumo energético total.

Analizando el consumo energético porcentual por tipo de combustible, se observa que en el periodo 1990-2000 la demanda energética de la ZMVM fue cubierta principalmente por la combustión de gasolina, gas natural y gas LP.

Es importante mencionar que el consumo de gasolina nova fue disminuyendo hasta desaparecer en 1998, en la misma proporción la demanda de gasolina magna fue aumentando y en 1996 inicia la distribución de la nueva gasolina PEMEX "Premium".

En la tabla 4.1 se indica el comportamiento histórico porcentual que se ha dado en el consumo energético desde 1990 hasta el año 2000.

Tabla 4.1. Comportamiento histórico porcentual del consumo energético por tipo de combustible ZMVM, 1990-2000

Año	Consumo energético [%]											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
Nova	39.3	41.1	35.1	26.4	23.0	21.7	18.3	4.8	N/C	N/C	N/C	
PEMEX Premium	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/S	1.1	2.4	2.7	3.3	
PEMEX Magna	0.3	3.2	8.7	12.1	14.8	17.1	19.3	31.5	34.6	32.1	31.3	
Diáfano	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	N/S	N/C	N/C	N/C	
Gasóleo doméstico	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/S	N/S	N/S	N/S	
Gasóleo industrial	N/C	0.2	3.5	2.9	2.1	2.1	2.3	2.3	N/C	N/C	N/C	
Combustible industrial	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	2.6	1.7	0.9	
Diesel especial	6.6	4.8	5.4	4.8	N/C							
Diesel industrial	N/C	N/C	N/C	0.4	2.2	1.8	1.8	N/C	N/C	N/C	N/C	
Diesel industrial bajo en azufre	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/S	N/S	1.8	1.5	1.9	2.0	
Diesel nacional	1.5	0.3	N/C									
PEMEX diesel	N/C	N/C	N/C	2.1	9.0	9.0	9.6	9.8	10.0	9.7	9.5	
Gas natural	34.8	33.1	27.9	35.3	32.6	30.4	31.3	32.5	32.9	34.4	35.1	
Gas LP	17.2	17.0	19.2	15.8	16.1	17.7	17.2	16.2	16.0	17.5	17.9	
<b>Total [%]</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	
<b>Total [Petajoules]</b>	<b>452.4</b>	<b>459.2</b>	<b>463.0</b>	<b>542.8</b>	<b>589.3</b>	<b>551.0</b>	<b>550.0</b>	<b>564.6</b>	<b>579.5</b>	<b>601.5</b>	<b>618.2</b>	

Fuente: Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica/ PEMEX Refinación/ Secretaría de Energía.

N/C.- En este año no se consumió este combustible, N/S.- Consumo no significativo

Agrupando los consumos porcentuales energéticos por tipo de combustible presentes en la tabla 4.1, se obtienen los siguientes consumos por sector<sup>2</sup>:

**Tabla 4.2. Comportamiento histórico porcentual del consumo energético por sector ZMVM, 1990-2000**

Actividad	Consumo energético [%]										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Transporte	48.4	50.7	50.2	46.7	47.9	48.7	47.9	47.9	47.4	45.0	44.8
Industria	36.7	34.5	32.9	39.4	37.9	35.6	36.9	37.8	38.6	39.6	39.4
Residencial/Comercial	14.9	14.8	16.9	13.9	14.2	15.7	15.2	14.3	14.0	15.4	15.8
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente. Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica/ PEMEX Refinación/ Secretaría de Energía

Analizando la tabla 4.2, se tiene que desde 1990 el transporte es el principal consumidor de energía, su demanda más baja en el periodo 1990-2000 fue del 44.8%, y su demanda mayor fue del 50.7% del total de la energía generada por la combustión de los combustibles incluidos en este balance energético. Para el caso de la industria, en este mismo periodo su demanda se ha mantenido entre el 32.9% y 39.4%. La variación máxima en el periodo 1990-2000 de la demanda energética residencial/comercial fue del 17%.

**Tabla 4.3. Consumo de combustibles en la ZMVM, 1990 - 2000 [miles de barriles/año]**

Año	Gasolina	Diesel vehicular	Petróleo diáfano	Gasóleo industrial	Diesel industrial	Gas LP	Gas natural*
1990	34,632	6,247	253	0	0	18,624	129,937
1991	39,329	4,073	200	114	0	19,116	128,986
1992	39,123	4,325	171	2,514	0	21,817	109,904
1993	40,225	6,637	145	2,459	354	21,034	163,736
1994	41,950	9,177	184	1,977	2,187	22,662	163,553
1995	40,172	8,591	157	1,826	1,754	23,289	151,233
1996	39,373	9,216	149	1,945	1,751	22,770	153,190
1997	40,213	9,644	51	2,012	1,750	22,889	163,076
1998	40,686	10,113	19	2,367	1,557	23,171	172,879
1999	40,814	10,164	10	1,558	2,002	28,154	183,258
2000	41,797	10,218	5	831	2,115	29,686	191,806

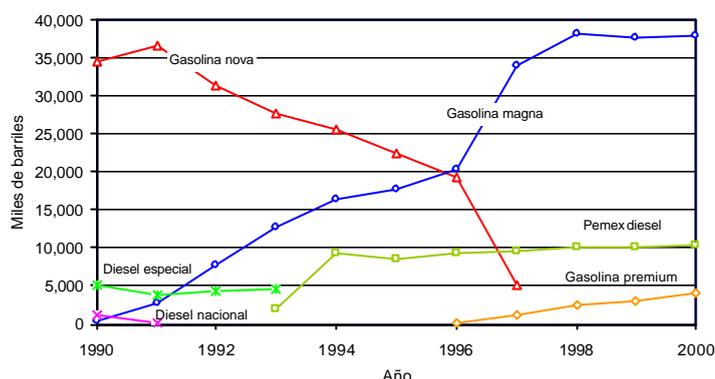
Fuente: Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica – Subdirección de Gas Licuado y Petroquímica Básica  
\*[millones de pies cúbicos]

En la tabla 4.3, se presenta el consumo de la ZMVM en miles de barriles al año por tipo de combustible. Referente a esta tabla, es importante mencionar que el consumo de gas natural en volumen representa casi el 100% del consumo total, por lo que es importante resaltar que a diferencia de los demás combustibles que pueden generar en promedio 5,681 MJ por barril de combustible, el gas natural solo genera 6.4 MJ por barril.

<sup>2</sup> Para agrupar por sector el consumo energético de gas LP y gas natural se tomaron como base los porcentajes de distribución que utilizó Gerardo Bazán Navarrete en el estudio de "Energía y Contaminación del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México" y se complementó para el caso de gas LP con el estudio del TUV Rheinland de México "Programa para la reducción y eliminación de fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM".

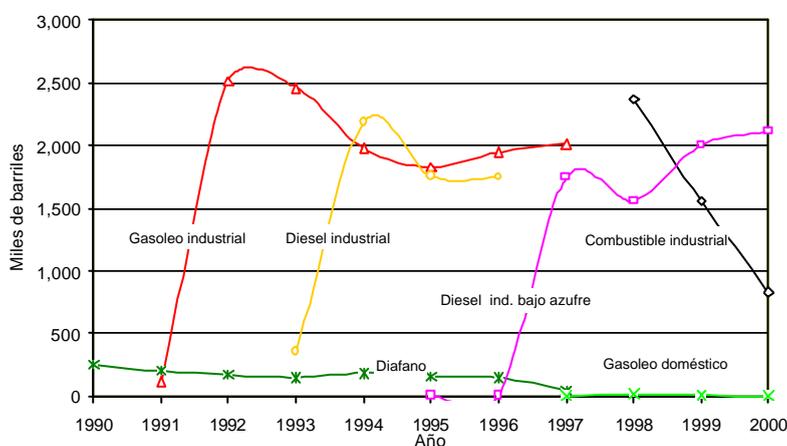
Referente a la tabla 4.3, se tiene que el consumo de gasolina está referido a todos los tipos de gasolinas que se han consumido desde 1990, de ellas la PEMEX magna se consumió en todo el periodo y se distribuye en la actualidad; en cuanto al diesel vehicular, el diesel especial se dejó de consumir en 1994, el diesel nacional en 1992 y el PEMEX diesel se empezó a consumir a partir de 1993 hasta la fecha; a partir de 1998 el consumo de petróleo diáfano está referido a gasóleo doméstico; a partir de 1998 el consumo de gasóleo industrial esta referido como combustible industrial; e iniciando en 1997 todo el consumo de diesel industrial es referido a diesel industrial bajo en azufre, gráficas 4.3, 4.4 y 4.5.

**Gráfica 4.3. Consumo histórico de combustibles en la ZMVM, 1990-2000  
Sector transporte**



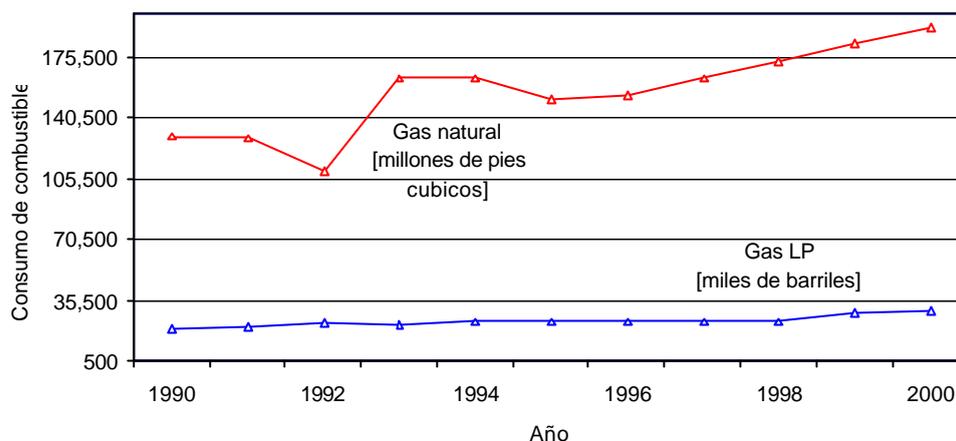
Fuente. Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica/ PEMEX Refinación/ Secretaría de Energía

**Gráfica 4.4. Consumo histórico de combustibles líquidos en la ZMVM, 1990-2000  
Industria y servicios**



Fuente. Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica/ PEMEX Refinación/ Secretaría de Energía

Gráfica 4.5. Consumo histórico de combustibles gaseosos en la ZMM, 1990-2000.



Fuente. Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica/ PEMEX Refinación/ Secretaría de Energía

Dado que la gasolina representa la mayor demanda energética, con el porcentaje más significativo de emisiones, es necesario prever tendencias más acentuadas de sobrecarga de emisiones en la cuenca atmosférica debido a una probable evolución incremental en el consumo de este combustible. Éste incremento puede ser explicado por la demanda de kilómetros recorridos en vehículos privados, el número de vehículos en circulación, el congestionamiento vehicular en las principales arterias viales de la Zona Metropolitana del Valle de México, la superficie del área urbana ocupada por vialidades y la eficiencia energética de los vehículos, el tipo y calidad de combustibles que se utilizan, así como de las tecnologías de control de emisiones<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000

## 5. INVENTARIO DE EMISIONES 1998

La elaboración de un inventario de emisiones desagregado, preciso y actualizado es una tarea compleja que demanda la integración sistemática de la información en un marco de concurrencia institucional entre los gobiernos del Estado de México, del Distrito Federal y del Federal. Algunas experiencias internacionales y nacionales señalan que son necesarios años de estudio y una considerable cantidad de recursos para elaborar un inventario completo<sup>1</sup>, para el desarrollo del inventario 1998, se partió de un inventario base, que con el tiempo se ha enriquecido con información de mejor calidad y estudios locales que permiten aportar datos más detallados.

El resumen de las emisiones totales generadas en la Zona Metropolitana del Valle de México se muestran en las tablas 5.1 y 5.2; en la primera de ellas se presentan las estimaciones de las toneladas de partículas menores a 10µm (PM<sub>10</sub>), de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), de monóxido de carbono (CO), de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y de hidrocarburos (HC), y en la segunda la contribución porcentual por contaminante. En suma se liberaron a la atmósfera en la ZMVM por cada sector en el año 1998, en suma se liberaron a la atmósfera casi 2.5 millones de toneladas de contaminantes criterio, de los cuales el contaminante que más se emite es el monóxido de carbono, el cual representa el 71% de las emisiones totales, los HC el 19%, los NO<sub>x</sub> el 8% y las PM<sub>10</sub> el 1% al igual que el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 5.1. Inventario de emisiones de la ZMVM, 1998**

Sector	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Fuentes puntuales	3,093	12,442	9,213	26,988	23,980
Fuentes de área	1,678	5,354	25,960	9,866	247,599
Vegetación y suelos	7,985	N/A	N/A	3,193	15,669
Fuentes móviles	7,133	4,670	1,733,663	165,838	187,773
<b>Total</b>	<b>19,889</b>	<b>22,466</b>	<b>1,768,836</b>	<b>205,885</b>	<b>475,021</b>

N/A. No Aplica

**Tabla 5.2. Inventario de emisiones porcentual de la ZMVM, 1998**

Sector	Emisiones [%]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Fuentes puntuales	16	55	0.5	13	5
Fuentes de área	8	24	1.5	5	52
Vegetación y suelos	40	N/A	N/A	2	3
Fuentes móviles	36	21	98	80	40
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

N/A. No Aplica

Las tablas 5.3 y 5.4 contienen el inventario en forma desagregada en peso y porcentaje, respectivamente. En ellas se observa que el sector transporte tiene importantes aportaciones de casi todos los contaminantes: genera el 98% del monóxido de carbono (CO), el 80% de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el 40% de los hidrocarburos (HC), el 36% de las partículas menores a 10 µm (PM<sub>10</sub>) y el 21% del bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Los suelos contribuyen con el 40% de las emisiones de PM<sub>10</sub>. Las fuentes de área emiten más del 52% de los HC y el 24% de los SO<sub>2</sub>. El sector industrial contribuye con el 55% de las emisiones de bióxido de azufre, el 16 de las PM<sub>10</sub> y con el 13% de las emisiones de óxidos de nitrógeno.

**Tabla 5.3. Inventario de emisiones desagregado de la ZMVM, 1998**

Sector	Emisiones [ton/año]

<sup>1</sup> Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México, 1995-2000

## Inventario de Emisiones 1998

	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>3,093</b>	<b>12,442</b>	<b>9,213</b>	<b>26,988</b>	<b>23,980</b>
Generación de energía eléctrica	138	16	1,111	9,540	48
Industria de consumo alimenticio	515	1,103	400	924	416
Industria del vestido	379	2,262	463	1,316	386
Industria química	415	2,299	2,422	1,335	6,305
Madera y derivados	216	2,295	527	1,066	1,002
Mineral metálica	249	714	893	513	291
Mineral no metálica	504	1,698	653	4,570	765
Productos de consumo varios	73	261	78	129	873
Productos de impresión	46	173	67	145	3,723
Productos de vida larga	140	302	821	2,128	2,654
Productos de vida media	120	86	473	624	1,457
Productos metálicos	175	774	1,137	4,432	3,024
Productos vegetales y animales	61	287	36	109	12
Otros	62	172	132	157	3,024
<b>Fuentes de área</b>	<b>1,678</b>	<b>5,354</b>	<b>25,960</b>	<b>9,866</b>	<b>247,599</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	76,623
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	30,146
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,752
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	21,414
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	10,049
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,692
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,601
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,175
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	803
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	12,314
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	892
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	22,173
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	26,177
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	496
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	102
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,512	1,517	400
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	10	54	62	492	19
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	7,380
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	206
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	78
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	23
Combustión en hospitales	9	24	21	80	3
Combustión habitacional	126	0.25	653	4,417	166
Combustión comercial- institucional	820	5,276	526	2,720	149
Incendios forestales	706	N/E	22,078	637	3,752
Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>7,985</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>3,193</b>	<b>15,669</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	3,193	15,669
Suelo	7,985	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>7,133</b>	<b>4,670</b>	<b>1,733,663</b>	<b>165,838</b>	<b>187,773</b>
Autos particulares	701	2,000	822,477	47,380	81,705
Taxis	199	567	131,453	11,093	15,310
Combis	10	28	20,448	930	1,945
Microbuses	59	166	216,740	9,524	19,761
Pick up	183	522	255,503	18,961	24,599
Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículos a diesel < 3 ton.	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,990	363	16,675	22,678	7,587
Autobuses a diesel	1,174	214	9,270	11,640	3,853
Vehículos a diesel > 3 ton	2,562	468	20,956	27,662	9,205
Camiones de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	63	22,729	215	4,742
<b>Total</b>	<b>19,889</b>	<b>22,466</b>	<b>1,768,836</b>	<b>205,885</b>	<b>475,021</b>

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado

Tabla 5.4. Inventario de emisiones porcentual desagregado de la ZMVM, 1998

Sector	Emisiones [%]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>15.55</b>	<b>55.38</b>	<b>0.52</b>	<b>13.11</b>	<b>5.05</b>
Generación de energía eléctrica	0.69	0.07	0.06	4.63	0.01
Industria de consumo alimenticio	2.59	4.91	0.02	0.45	0.09
Industria del vestido	1.91	10.07	0.03	0.64	0.08
Industria química	2.09	10.23	0.14	0.65	1.33
Madera y derivados	1.09	10.22	0.03	0.52	0.21
Mineral metálica	1.25	3.18	0.05	0.25	0.06
Mineral no metálica	2.53	7.56	0.04	2.22	0.16
Productos de consumo varios	0.37	1.16	N/S	0.06	0.18
Productos de impresión	0.23	0.77	N/S	0.07	0.78
Productos de vida larga	0.70	1.34	0.05	1.03	0.56
Productos de vida media	0.60	0.38	0.03	0.30	0.31
Productos metálicos	0.88	3.45	0.06	2.15	0.64
Productos vegetales y animales	0.31	1.28	N/S	0.05	N/S
Otros	0.31	0.77	0.01	0.08	0.64
<b>Fuentes de área</b>	<b>8.43</b>	<b>23.83</b>	<b>1.47</b>	<b>4.79</b>	<b>52.12</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	16.13
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	6.35
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	4.79
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	4.51
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	2.12
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	1.41
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	0.55
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	0.46
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	0.17
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	2.59
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	0.19
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	4.67
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	5.51
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	0.10
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	0.02
Operación de aeronaves	N/S	N/S	0.14	0.74	0.08
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S
Locomotoras (foráneas/ patio)	0.05	0.24	N/S	0.24	N/S
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	1.55
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	0.04
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	0.02
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S
Combustión en hospitales	0.04	0.11	N/S	0.04	N/S
Combustión habitacional	0.63	N/S	0.04	2.15	0.03
Combustión comercial- institucional	4.12	23.48	0.03	1.32	0.03
Incendios forestales	3.55	N/E	1.25	0.31	0.79
Incendio en estructuras	0.04	N/A	0.01	N/S	N/S
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>40.15</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>1.55</b>	<b>3.30</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	1.55	3.30
Suelo	40.15	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>35.86</b>	<b>20.79</b>	<b>98.01</b>	<b>80.55</b>	<b>39.53</b>
Autos particulares	3.52	8.90	46.50	23.01	17.20
Taxis	1.00	2.52	7.43	5.39	3.22
Combis	0.05	0.12	1.16	0.45	0.41
Microbuses	0.30	0.74	12.25	4.63	4.16
Pick up	0.92	2.32	14.44	9.21	5.18
Camiones de carga a gasolina	0.42	1.07	12.26	7.43	3.93
Vehículos a diesel < 3 ton.	0.67	0.11	0.01	0.07	0.04
Tractocamiones a diesel	10.01	1.62	0.94	11.01	1.60
Autobuses a diesel	5.90	0.95	0.52	5.65	0.81
Vehículos a diesel > 3 ton	12.88	2.08	1.18	13.44	1.94
Camiones de carga a gas LP	0.08	0.07	0.02	0.15	0.05
Motocicletas	0.11	0.28	1.28	0.10	1.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

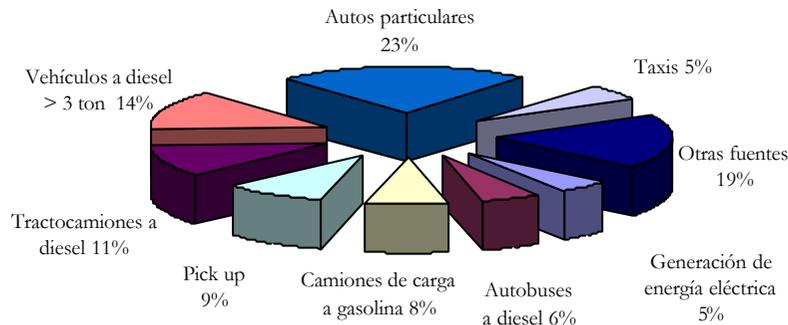
N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado

## 5.1 EMISIONES POR CONTAMINANTE

A continuación se describe la participación de los diferentes sectores inventariados en la generación de emisiones totales en cada contaminante.

Si se hace un recuento de la participación de todas las fuentes que integran el inventario de emisiones, en cuanto a las contribuciones de óxidos de nitrógeno (gráfica 5.1.1), se tiene que el sector transporte es el que más contribuye (81%), dentro de este los autos particulares aportan el 23%, los vehículos a diesel con un peso bruto de más de 3 toneladas el 14%, los tractocamiones a diesel el 11%, las pick up el 9%, camiones de carga a gasolina el 8%, los autobuses a diesel el 6% y los taxis el 5%. De los otros sectores la generación de energía eléctrica es la que más contribuye, aportando sólo el 5%.

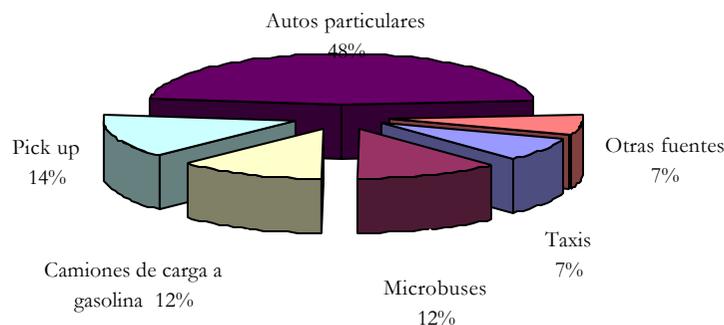
Gráfica 5.1.1. Contribución porcentual de óxidos de nitrógeno por tipo de fuente



Nota: En otros sectores se integran todas las fuentes que contribuyen con menos del 5% de las emisiones.

En la gráfica 5.1.2 se muestra que los autos particulares, las pick-up, los camiones de carga a gasolina, microbuses y taxis, contribuyen con el mayor porcentaje de emisiones de monóxido de carbono (48%, 14%, 12%, 12%, 7% respectivamente).

Gráfica 5.1.2. Contribución porcentual de monóxido de carbono por tipo de fuente

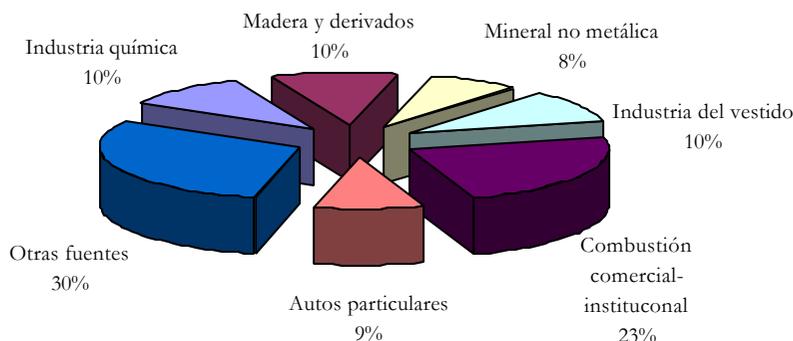


Nota: En otras fuentes se integran todos los sectores que contribuyen con menos del 7% de las emisiones.

Respecto a las emisiones de dióxido de azufre, la industria es la responsable de la generación del 55%, dentro de este porcentaje los giros que más emiten son la industria química, madera y

derivados, industria del vestido y mineral no metálica (10%, 10%, 10% y 8%, respectivamente), la combustión comercial-institucional contribuye con el 23%.

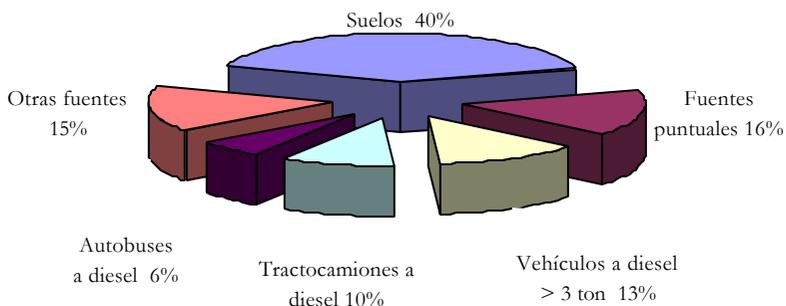
**Gráfica 5.1.3. Contribución porcentual de bióxido de azufre por tipo de fuente**



Nota: En otras fuentes se integran todos los sectores que contribuyen con menos del 8% de las emisiones.

De acuerdo con la gráfica 5.1.4, el 40% de las  $PM_{10}$  emitidas en la ZMVM son generadas por la erosión de los suelos y el 16% por las fuentes puntuales. Dentro del sector transporte los vehículos que consumen diesel (vehículos con un peso bruto de más de 3 toneladas, tractocamiones y autobuses) contribuyen con el 29%. De igual forma dentro de las fuentes de área los incendios forestales y la combustión residencial institucional son las categorías que más contribuyen. Estas actividades se consideran prioritarios en la definición de medidas para reducir las emisiones de  $PM_{10}$ , ya que este contaminante rebasa con frecuencia la norma de calidad del aire y por lo tanto será necesario reducir sus emisiones en la ZMVM e identificar el comportamiento regional para discernir los mecanismos de transporte o dispersión con las áreas circunvecinas.

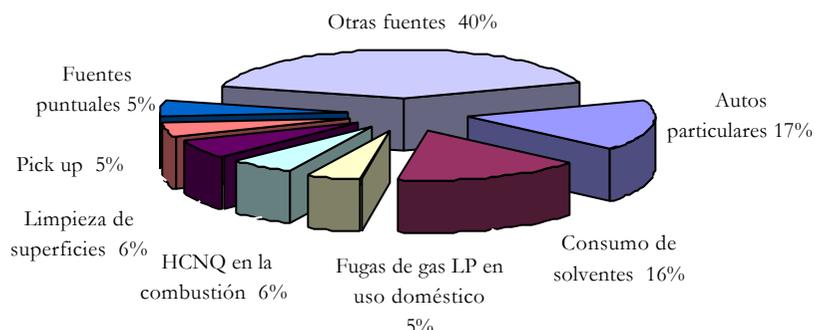
**Gráfica 5.1.4. Contribución porcentual de emisiones de  $PM_{10}$  por sector**



Nota: En otras fuentes se integran todos los sectores que contribuyen con menos del 6% de las emisiones.

Referente a las emisiones de hidrocarburos, estos son generados por actividades registradas en todos los sectores, en la gráfica 5.1.5, se muestra que la categoría denominada otras fuentes la cual contribuye con el 40% de ella, se suman las emisiones de los sectores que contribuyen con menos del 5%; referente a la contribución individual tenemos que los autos particulares son los que más contribuyen (17%), seguido por el consumo de solventes (16%), y posteriormente tenemos las fugas de hidrocarburos no quemados en la combustión (HCNQ) residencial de gas LP (6%), la limpieza de superficie (6%) y las fugas de gas licuado en usos domésticos (5%). Estas aportaciones son relevantes ya que en la ZMVM se rebasa con frecuencia la norma de calidad del aire de ozono y por ser los HC un precursor de este contaminante será necesario reducir sus emisiones.

Gráfica 5.1.5. Contribución porcentual de hidrocarburos por sector



Nota: En otras fuentes se integran todos los sectores que contribuyen con menos del 5% de las emisiones.

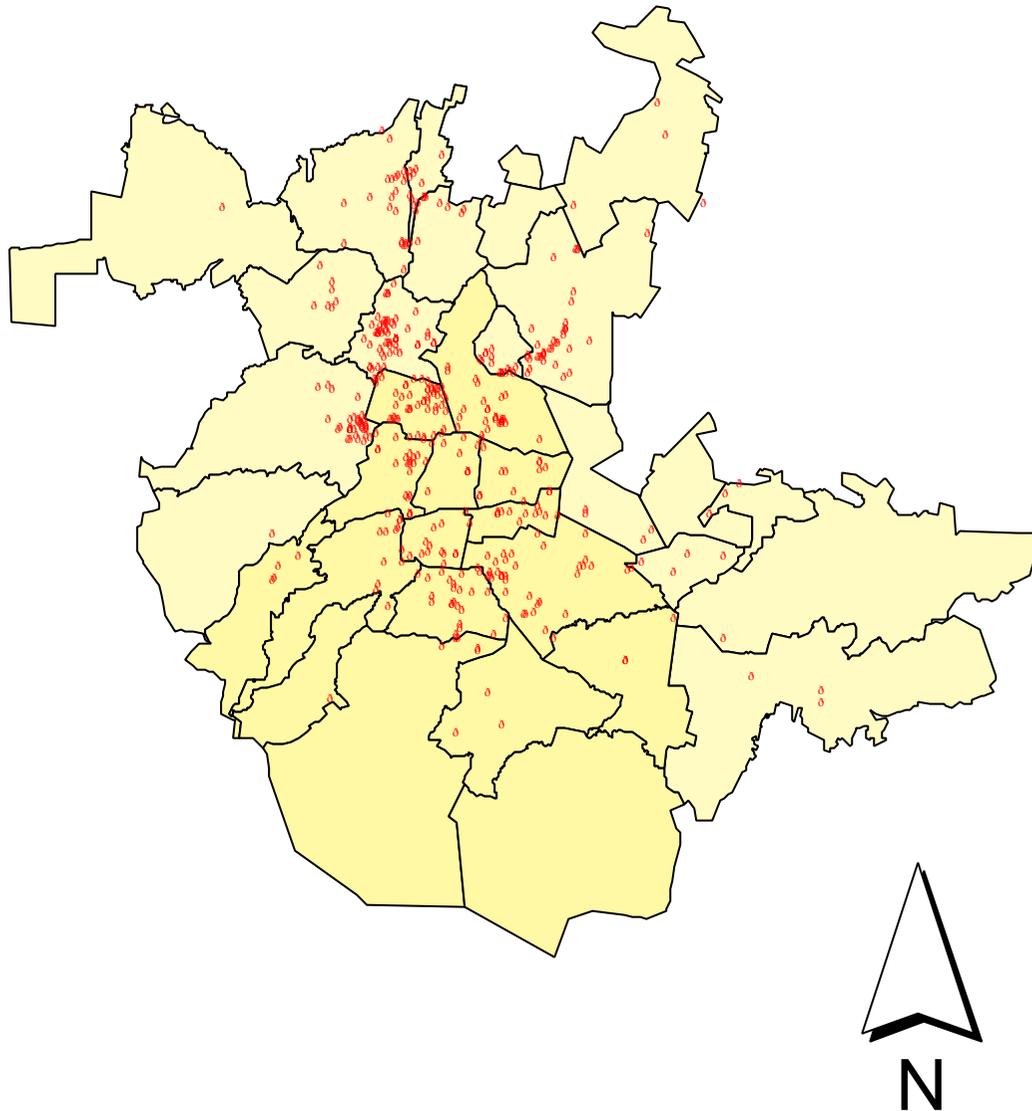
## 5.2 EMISIONES POR SECTOR

### 5.2.1 Fuentes puntuales

Para distribuir las emisiones generadas por las fuentes puntuales, las empresas se han dividido de acuerdo a su jurisdicción en federal o local, basado en la clasificación que se hace en el artículo 111 bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en el cual se establecen los giros de competencia federal (Química, del Petróleo y Petroquímica, Pinturas y Tintas, Metalúrgica, Automotriz, Celulosa y Papel, Cementera y Calera, Asbesto, Vidrio, Generación de Energía Eléctrica y Tratamiento de Residuos Peligrosos), considerándose industrias locales todas aquellas que no están mencionadas en el artículo citado. Para la integración del inventario de emisiones las industrias deben entregar sus cédulas de operación anual en el ámbito de su jurisdicción, ya sea en el Instituto Nacional de Ecología las de competencia federal, en la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal y Secretaria de Ecología del Estado de México las de jurisdicción local, de acuerdo a su domicilio.

El número de industrias que se tienen registradas para 1998 son 6,233, de estas 3,678 se encuentran ubicadas en el Distrito Federal y 2,555 en los municipios conurbados del Estado de México, en la figura 5.2.1.1, se muestra la distribución de las industrias de mayor generación de emisión.

Figura 5.2.1.1. Ubicación industrial



Fuente: Los datos de ubicación industrial se tomaron de las cédulas de operación anual 1998.

Para la integración del inventario de emisiones, los datos fueron obtenidos de la siguiente forma: como datos históricos y actualizados. Las empresas con datos históricos, son aquellas que han reportado la COA en el periodo de 1994-1997, y las actualizadas son las industrias que reportaron su COA para 1998, tanto en el ámbito federal como en el ámbito local.

Con la información registrada en las bases de datos del Instituto Nacional de Ecología, de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal y de la Secretaría de Ecología del Estado de México, las fuentes puntuales por ubicación y por jurisdicción, se distribuyen de la siguiente forma: 56% en total de jurisdicción local, de estas el 27% se ubican en el Estado de México y el 29% en el DF y 44% restantes son de jurisdicción federal de estas el 30% están ubicadas en el Distrito Federal y el 14% del Estado de México.

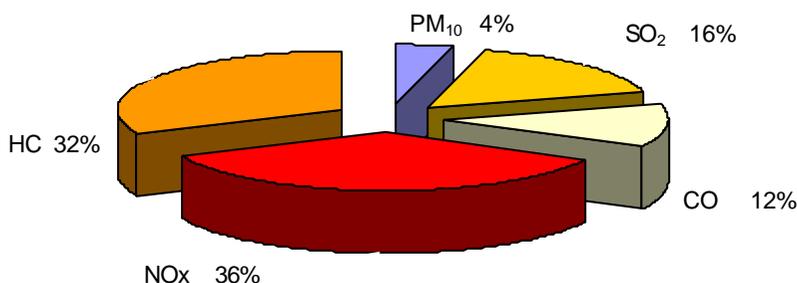
En este inventario se consideraron 2 plantas generadoras de energía eléctrica que se ubican en el municipio de Acolman, el cual no se considera un municipio conurbado, pero debido al tamaño de las plantas y cercanía a la ZMVM, sus emisiones impactan en forma considerable en la calidad del aire de la zona, motivo por el cual han sido incluidas en el presente inventario. Para realizar la clasificación de la industria por giro, se tomó como base el Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas (SNIFF), dando como resultado el agrupamiento de la industria en 14 giros, los cuales se presentan en la tabla 5.2.1.1, así como las emisiones de los 5 contaminantes criterio que fueron evaluados.

Tabla 5.2.1.1. Emisiones totales por giro industrial en la ZMVM

Giros	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica	138	16	1,111	9,540	48
Industria de consumo alimenticio	515	1,103	400	924	416
Industria del vestido	379	2,262	463	1,316	386
Industria química	415	2,299	2,422	1,335	6,305
Madera y derivados	216	2,295	527	1,066	1,002
Mineral metálica	249	714	893	513	291
Mineral no metálica	504	1,698	653	4,570	765
Productos de consumo varios	73	261	78	129	873
Productos de impresión	46	173	67	145	3,723
Productos de vida larga	140	302	821	2,128	2,654
Productos de vida media	120	86	473	624	1,457
Productos metálicos	175	774	1,137	4,432	3,024
Productos vegetales y animales	61	287	36	109	12
Otros	62	172	132	157	3,024
<b>Total</b>	<b>3,093</b>	<b>12,442</b>	<b>9,213</b>	<b>26,988</b>	<b>23,980</b>

En conjunto, la industria de la ZMVM emite alrededor de 76,000 toneladas de contaminantes al año, de las cuales el 36% son emisiones de NO<sub>x</sub>, el 32% de HC, 16% de SO<sub>2</sub>, 12% de CO y el restante 4% de PM<sub>10</sub>, como se muestra en la gráfica 5.2.1.1.

Gráfica 5.2.1.1. Contribución porcentual por contaminante

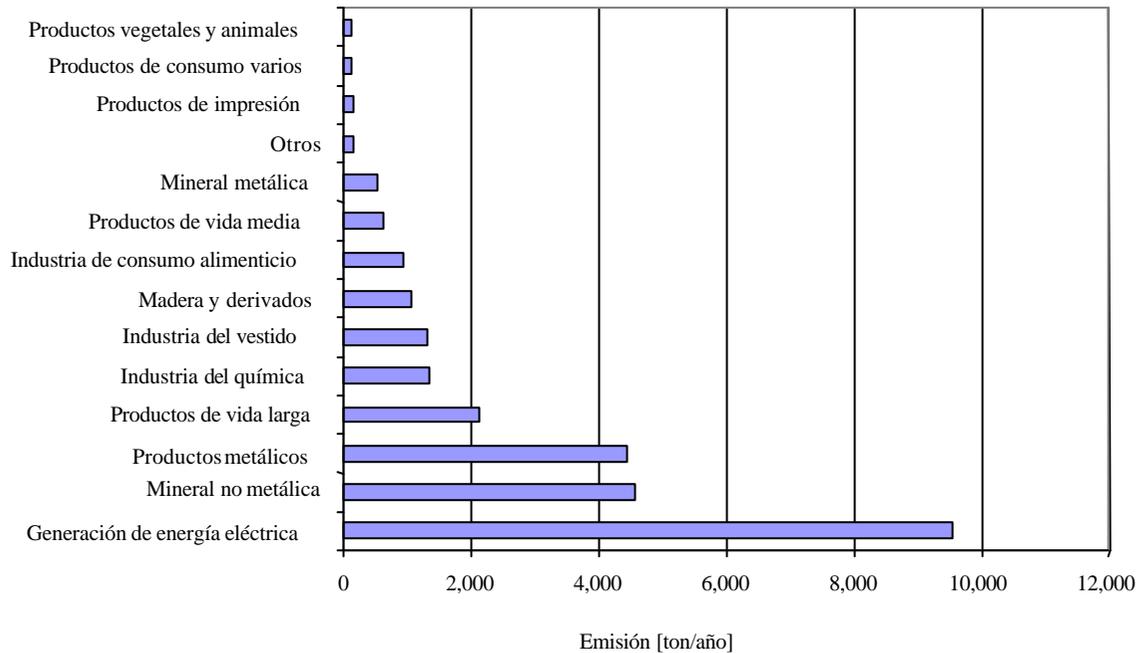


Para conocer con mayor detalle los giros más importantes de acuerdo a su emisión, a continuación se hace un análisis de las emisiones estimadas para las fuentes puntuales por contaminante y por giro industrial.

En la emisión de óxidos de nitrógeno (gráfica 5.2.1.2) los giros que más emiten, son el de generación de energía eléctrica con 9,540 ton/año, que representa más de un tercio del total de

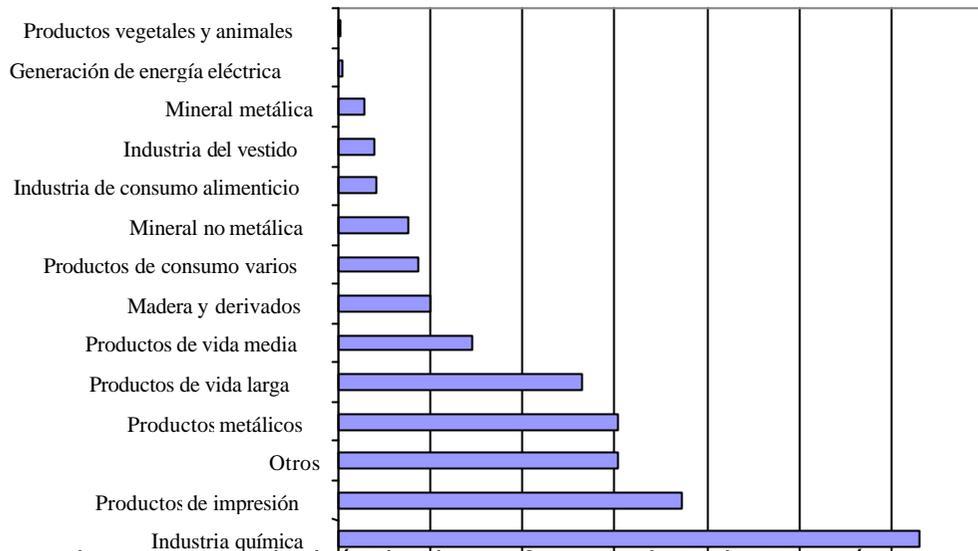
este contaminante, seguido de la industria mineral no metálica y los productos metálicos, los 3 giros anteriores aportan 18,541 ton/año que representan más de dos terceras partes de las emisiones totales generadas por la industria, mientras que los 11 giros restantes generan 8,446 ton/año.

Gráfica 5.2.1.2. Emisiones de NO<sub>x</sub> de fuentes puntuales por giro industrial en la ZMVM



Los principales giros industriales que contribuyen con HC son la industria química, seguida de los productos de impresión, otros y productos metálicos, estos giros contribuyen con 16,075 ton/año, que representan alrededor del 70%, destacando la industria química con más de 6,000 ton/año y los restantes 10 giros contribuyen con 7,905 ton/año (gráfica 5.2.1.3).

Gráfica 5.2.1.3. Emisiones de HC de fuentes puntuales por giro industrial en la ZMVM

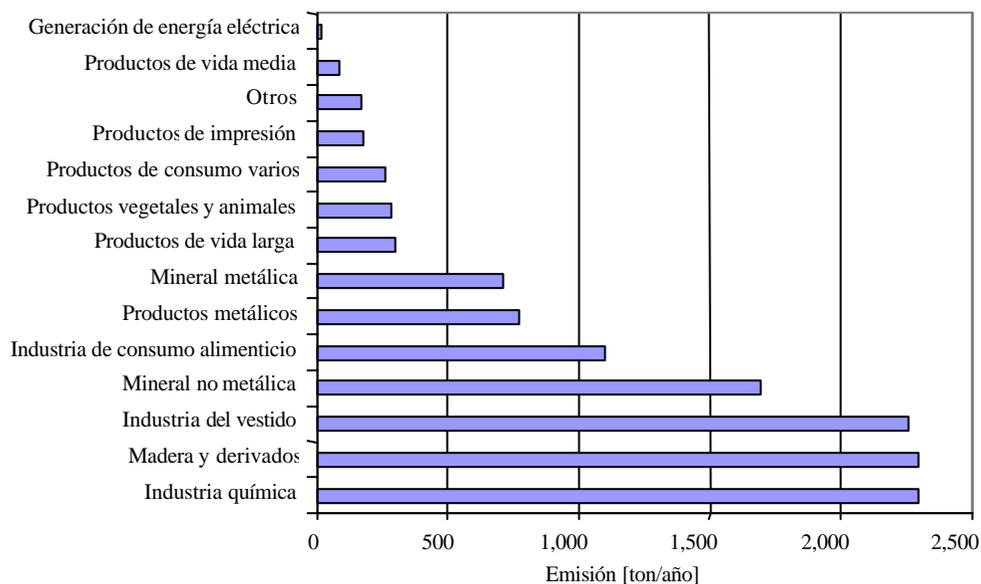


Los principales emisores de dióxido de azufre son: la industria química, madera y derivados, industria del vestido, mineral no metálica y consumo alimenticio, los cuales aportan 9,657 ton/año,

Emisión [ton/año]

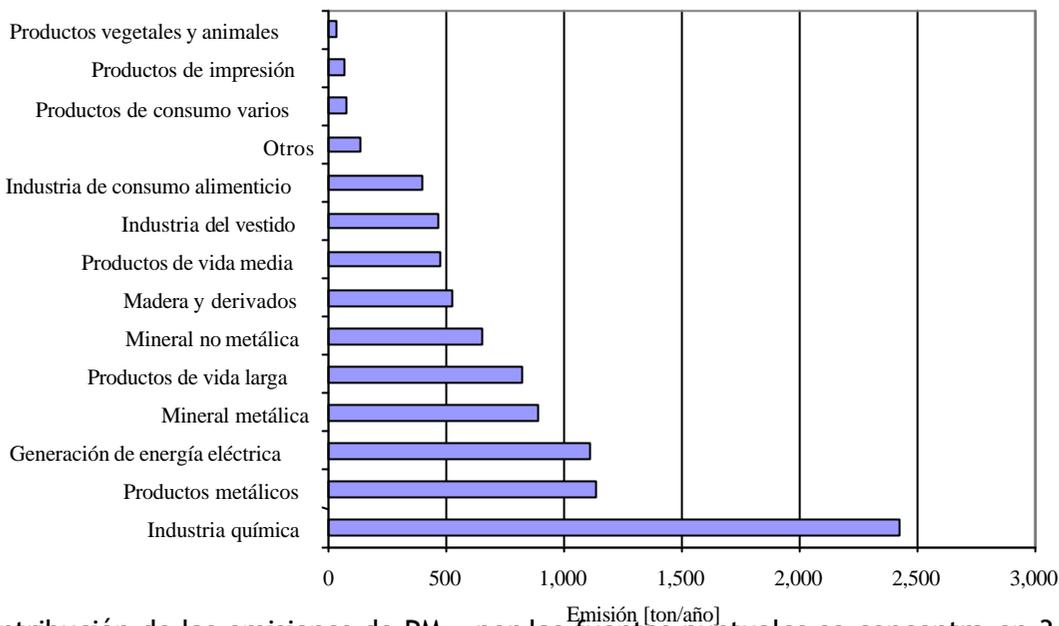
estos 5 giros representan alrededor del 80% de las emisiones de este contaminante y los 9 restantes giros contribuyen con 2,785 ton/año (gráfica 5.2.1.4).

**Gráfica 5.2.1.4. Emisiones de SO<sub>2</sub> de fuentes puntuales por giro industrial en la ZMVM**



Las emisiones de CO (gráfica 5.2.1.5) se deben principalmente a 4 giros industriales: industria química, productos metálicos, energía eléctrica, y mineral metálica, los cuales contribuyen con 5,562 ton/año, los restantes 10 giros aportan 3,650 ton/año en conjunto, nuevamente destaca la industria química que por si sola emite el 26% de las emisiones.

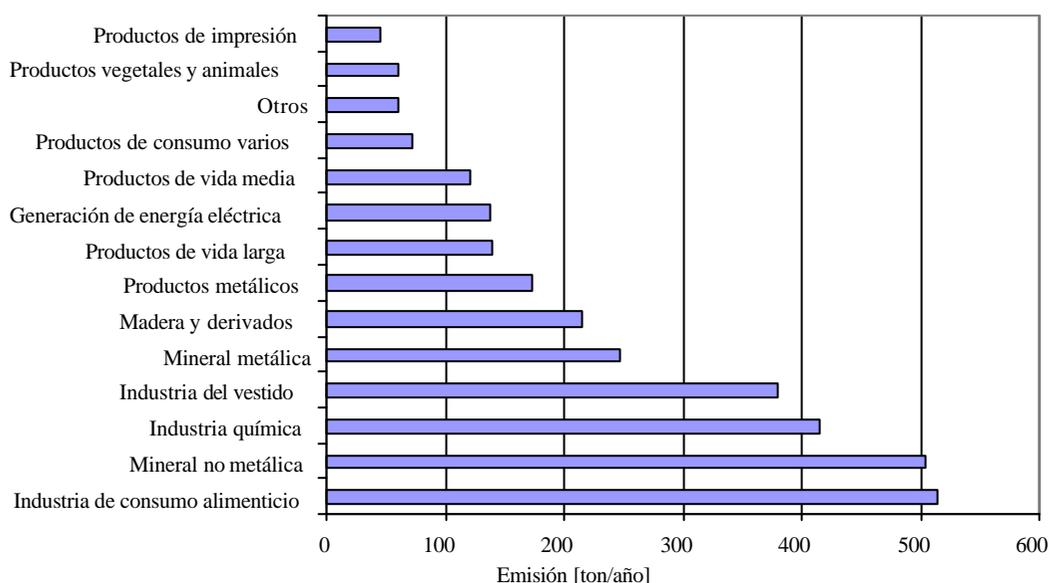
**Gráfica 5.2.1.5. Emisiones de CO de fuentes puntuales por giro industrial en la ZMVM**



La contribución de las emisiones de PM<sub>10</sub> por las fuentes puntuales se concentra en 3 giros: consumo alimenticio, mineral no metálica e industria química, estos aportan 1,435 ton/año, los restantes 11

giros aportan 1,659 ton/año, siendo este contaminante el que se emite en menor cantidad por las fuentes puntuales (gráfica 5.2.1.6).

**Gráfica 5.2.1.6. Emisiones de PM<sub>10</sub> de fuentes puntuales por giro industrial en la ZMVM**



*Generación de emisiones de fuentes puntuales por entidad y jurisdicción*

Las emisiones totales estimadas para la industria por entidad federativa se muestran en la tabla 18, en la cual podemos observar que de las casi 76,000 toneladas de contaminantes criterio que se emiten en la ZMVM, el 34% se generan en industrias ubicadas en el Distrito Federal y 66%, en las ubicadas en el Estado de México.

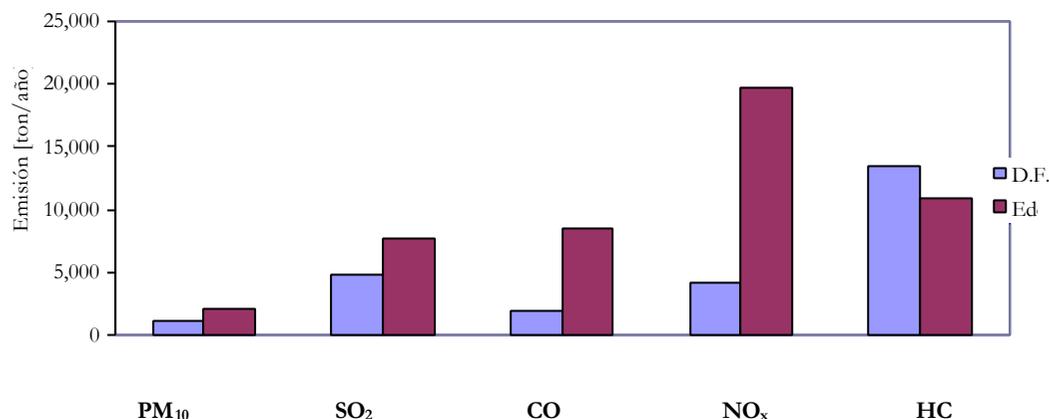
**Tabla 5.2.1.2. Distribución de las emisiones industriales por entidad federativa en la ZMVM**

Entidad	Empresas	Emisiones [ton/año]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
DF	3,678	1,100	4,760	1,909	4,293	13,511
EdoMéx <sup>2</sup>	2,555	1,993	7,682	7,304	22,695	10,469
ZMVM	6,233	3,093	12,442	9,213	26,988	23,980

Haciendo un análisis de las emisiones por contaminante y entidad federativa, en casi todos los contaminantes se tiene una mayor generación de emisiones en la industria localizada en el Estado de México, excepto para el caso de los hidrocarburos, (comportamiento que se observa en la gráfica 5.2.1.7).

<sup>2</sup> En el presente documento se utiliza "EdoMéx", para referimos a los 18 municipios conurbados al Distrito Federal del Estado de México.

Gráfica 5.2.1.7. Distribución de emisiones industriales por contaminante y entidad



Emisiones industriales en el Distrito Federal

En la tabla 5.2.1.3, se observa la distribución de industrias federales y locales ubicadas en el Distrito Federal, notándose una mayor emisión y número de industrias de jurisdicción federal, con respecto a las industrias de jurisdicción local, las industrias del Distrito Federal, emiten principalmente hidrocarburos seguido de bióxido de azufre y posteriormente óxidos de nitrógeno.

Tabla 5.2.4.3. Emisiones industriales por jurisdicción en el DF

Jurisdicción	Empresas	Emisiones [ton/año]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Federal	1,933	594	3,332	1,218	2,956	9,616
Local	1,745	506	1,428	691	1,337	3,895
<b>Total</b>	<b>3,678</b>	<b>1,100</b>	<b>4,760</b>	<b>1,909</b>	<b>4,293</b>	<b>13,511</b>

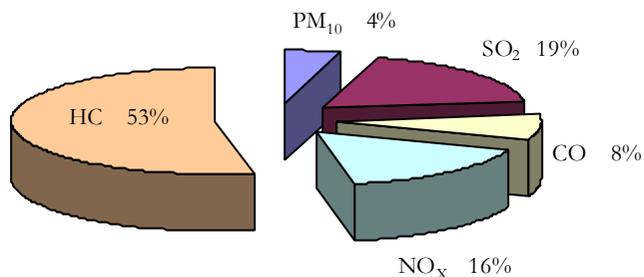
Tabla 5.2.1.4. Emisiones por giro industrial en el DF

Giro	Empresas	Emisiones [ton/año]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica	1	1	0.17	11	153	0.49
Industria de consumo alimenticio	326	206	565	223	380	391
Industria del vestido	295	89	621	205	265	124
Industria química	592	196	1,427	207	410	1,676
Madera y derivados	139	42	380	96	232	394
Mineral metálica	84	46	296	189	181	39
Mineral no metálica	160	163	264	97	455	508
Productos de consumo varios	310	47	198	68	107	479
Productos de impresión	473	38	161	41	134	3,180
Productos de vida larga	160	42	75	159	806	1,292
Productos de vida media	436	78	24	167	510	466
Productos metálicos	512	106	578	306	547	2,072
Productos vegetales y animales	31	27	93	24	30	9
Otros	159	19	78	116	83	2,881
<b>Total</b>	<b>3,678</b>	<b>1,100</b>	<b>4,760</b>	<b>1,909</b>	<b>4,293</b>	<b>13,511</b>

La tabla 5.2.1.4, nos muestra que el principal emisor de hidrocarburos es la categoría de productos de Impresión (artes gráficas), en el caso del bióxido de azufre es la industria química. Para los óxidos de nitrógeno los productos de vida larga son la principal fuente de emisión, el giro de productos de consumo alimenticio es la principal fuente de PM<sub>10</sub>, y para el monóxido de carbono los productos metálicos.

La distribución de las emisiones se observa en la gráfica 5.2.1.8, el contaminante que más se emite en las industrias establecidas en el Distrito Federal son los hidrocarburos con el 53% de las emisiones totales, seguido del bióxido de azufre con el 19% y los óxidos de nitrógeno 16%, en menor medida el monóxido de carbono y las partículas menores de 10 micras.

Gráfica 5.2.1.8. Contribución de emisiones industriales por contaminante en el DF



Un aspecto importante es la distribución de las emisiones contaminantes por delegación, en la tabla 5.2.1.5, se observa la distribución espacial por delegación en la que destaca Iztapalapa con el mayor número de industrias, seguido de Azcapotzalco y Gustavo A. Madero.

Tabla 5.2.1.5. Emisiones industriales por delegación política en el DF

Delegación	Empresas	Emisiones [ton/año]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Xochimilco	36	12	66	89	65	23
Venustiano Carranza	207	59	568	40	120	1,310
Tlalpan	76	60	748	22	142	223
Tláhuac	95	40	22	99	570	269
Miguel Hidalgo	342	55	378	140	518	1,957
Magdalena Contreras	5	0.12	0.12	0.12	0.12	0.24
Iztapalapa	678	146	488	325	357	1,459
Iztacalco	361	63	207	101	67	665
Gustavo A. Madero	440	163	672	285	694	739
Cuauhtemoc	277	86	544	238	642	1,090
Cuajimalpa	17	5	78	2	17	4
Coyoacán	138	30	115	70	222	138
Benito Juárez	231	19	105	31	49	147
Azcapotzalco	614	316	643	448	780	2,668
Álvaro Obregón	161	49	127	20	49	2,821
<b>Total</b>	<b>3,678</b>	<b>1,100</b>	<b>4,760</b>	<b>1,909</b>	<b>4,293</b>	<b>13,511</b>

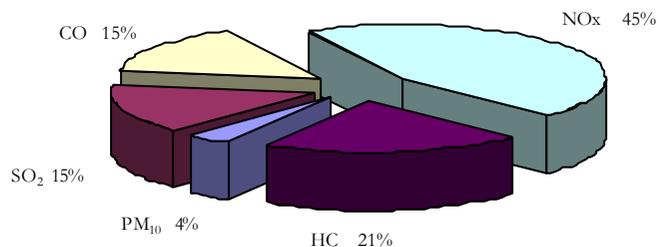
En lo que se refiere a la distribución de industrias federales y locales de los municipios conurbados de Estado de México se puede observar en la tabla 5.2.1.6, que el número de industrias de jurisdicción local es mayor que el de jurisdicción federal, sin embargo al analizar la cantidad de emisiones se observa que las industrias de jurisdicción federal generan mayores emisiones de CO, NO<sub>x</sub> y HC, para el caso del bióxido de azufre y partículas (PM<sub>10</sub>), las industrias locales emiten más que las federales.

Tabla 5.2.1.6. Emisiones industriales por jurisdicción en el EdoMéx

Jurisdicción	Empresas	Emisiones [ton/año]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Federal	856	829	3,562	5,354	19,500	6,441
Local	1,699	1,163	4,119	1,950	3,197	4,027
<b>Total</b>	<b>2,555</b>	<b>1,993</b>	<b>7,682</b>	<b>7,304</b>	<b>22,695</b>	<b>10,469</b>

En la gráfica 5.2.1.9 se puede observar que la mayor contribución de contaminantes está dada por los óxidos de nitrógeno, cuyo principal emisor es el sector eléctrico; el siguiente contaminante que más se emite son los hidrocarburos, le sigue el SO<sub>2</sub> y el CO; las emisiones de partículas menores a 10 micrómetros es pequeña comparada con los otros contaminantes.

Gráfica 5.2.1.9. Contribución de emisiones industriales por contaminante en el EdoMéx



De las industrias establecidas en los municipios conurbados del Estado de México el principal contaminante generado son los óxidos de nitrógeno (22,697 ton/año), de estas, el giro de generación de energía eléctrica es el mayor emisor; en el caso de los hidrocarburos se emiten más de 10 mil toneladas por año, el giro más emisor es el de madera y derivados; de bióxido de azufre se emiten más de 7 mil toneladas al año, siendo los principales aportadores el giro de madera y derivados y la industria del vestido.

Referente al monóxido de carbono tenemos que se emiten 7,304 toneladas al año, siendo la industria química y la generación de energía eléctrica los principales giros emisores. Para el caso de las partículas menores a 10 micras se emiten casi 2 mil toneladas anuales, de las cuales los giros que más contribuyen son: el giro mineral no metálico que aporta 341 ton/año y la industria de consumo alimenticio con 309 ton/año; la cantidad de contaminantes generados por cada giro industrial se puede observar en la tabla 5.2.1.7.

Tabla 5.2.1.7. Emisiones industriales por giro en el EdoMex

Giro	Emisiones [ton/año]
------	---------------------

	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica	137	16	1,100	9,387	48
Industria de consumo alimenticio	309	538	177	544	25
Industria del vestido	290	1,641	258	1,051	262
Industria química	219	872	2,215	925	4,629
Madera y derivados	174	1,915	431	834	608
Mineral metálica	203	418	704	332	252
Mineral no metálica	341	1,434	556	4,115	257
Productos de consumo varios	26	63	10	22	394
Productos de impresión	8	12	26	11	543
Productos de vida larga	98	227	662	1,322	1,362
Productos de vida media	42	62	306	114	991
Productos metálicos	69	196	831	3,885	952
Productos vegetales y animales	34	194	12	79	3
Otros	43	94	16	74	143
<b>Total</b>	<b>1,993</b>	<b>7,682</b>	<b>7,304</b>	<b>22,695</b>	<b>10,469</b>

En la tabla 5.2.1.8 se observa la distribución espacial por municipio de las emisiones por tipo de contaminante, Tlalnepantla, Naucalpan de Juárez y Ecatepec resaltan por la gran cantidad de industrias establecidas en su demarcación.

Tabla 5.2.1.8. Emisiones industriales por municipio en el EdoMéx

Municipio	Empresas	Emisiones [ton/año]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Atizapán de Zaragoza	171	43	259	99	91	203
Coacalco	13	10	0	0	0	4
Cuautitlán	99	31	251	60	104	129
Cuautitlán Izcalli	128	45	297	74	112	1,056
Chalco	32	43	155	199	46	7
Chicoloapan	23	5	22	3	29	1
Chimalhuacán	7	21	14	16	6	0
Ecatepec	454	297	1,179	1,239	2,593	1,760
Huixquilucan	9	9	13	1	4	0
Ixtapaluca	35	37	666	141	111	5
La Paz	92	80	907	78	204	156
Naucalpan de Juárez	531	218	932	462	1,488	1,942
Nezahualcóyotl	88	11	20	8	17	150
Nicolás Romero	3	4	39	0	16	0
Tecámac	21	12	44	5	18	43
Tlalnepantla	663	912	1,929	3,006	4,939	4,642
Tultitlán	184	105	942	1,052	5,056	329
Acolman	2	107	13	861	7,864	38
<b>Total</b>	<b>2,555</b>	<b>1,993</b>	<b>7,682</b>	<b>7,304</b>	<b>22,695</b>	<b>10,469</b>

## 5.2.2 Fuentes móviles

Para el desarrollo de las actividades cotidianas de la población, se utilizan diariamente vehículos automotores (autos particulares, camiones repartidores o de carga, pick-up's, autobuses de pasajeros, microbuses, etc.), lo cual implica un desplazamiento físico mediante un proceso de combustión, donde la energía química del combustible se transforma en energía mecánica, lo cual genera gases contaminantes, mismos que representan casi el 85% de las emisiones a la atmósfera en la Zona Metropolitana del Valle de México.

De las emisiones totales por contaminante, los vehículos automotores aportan grandes cantidades de los contaminantes inventariados, (ver tabla 5.2.2.1), por tal motivo es importante la adopción de tecnologías más limpias en los vehículos para abatir los niveles de emisión de este sector.

**Tabla 5.2.2.1. Contribución de contaminantes por fuentes móviles del inventario de emisiones en la ZMVM**

Contaminantes	HC	CO	NOx	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
Emisión [%]	40	98	80	21	36

Las emisiones de contaminantes provenientes de un auto en forma individual son relativamente bajas, en comparación, con una fuente puntual como una termoeléctrica. El factor por el cual las fuentes móviles representan el más alto porcentaje del total de contaminantes emitidos en la ZMVM, es por la gran cantidad de vehículos que circulan diariamente en esta área (3,260,919 de vehículos para 1998).

Para disminuir la cantidad de emisiones generadas en la Zona Metropolitana del Valle de México, el gobierno ha realizado grandes esfuerzos a través de PEMEX para mantener en el mercado combustibles automotrices de alta calidad en forma conjunta con la industria automotriz para proveer vehículos que cuenten con las tecnologías para reducir emisiones contaminantes.

### Parque Vehicular

De la flota vehicular registrada en la Zona Metropolitana del Valle de México, cerca del 72 son autos particulares, alrededor del 10% son pick up's, casi el 5% son camiones de carga a gasolina y el restante 13% corresponde a los otros tipos de vehículos. Ver tabla 5.2.2.2.

Para tener un análisis más preciso de las emisiones vehiculares el parque se desagregó por entidad federativa y por tipo de vehículo, tal y como se muestra en la tabla 5.2.2.3, en ella podemos observar que el mayor número de unidades se encuentra registrada en el Distrito Federal, sólo los tipos de vehículos pick up y los camiones de carga con un peso bruto vehicular de más de 3 toneladas se encuentran en mayor número en el Estado de México.

**Tabla 5.2.2.2. Distribución del parque vehicular de la ZMVM**

Tipo de vehículo	Vehículos	
	# de unidades <sup>3 (1-5)</sup>	%
Autos Particulares	2,341,731	71.81
Taxis	109,407	3.36
Combis	5,499	0.17
Microbuses	32,029	0.98
Pick up's	336,080	10.31
Camiones de carga a gasolina	154,513	4.74
Vehículos a diesel < 3 ton	4,733	0.15
Tractocamiones a diesel	70,676	2.17
Autobuses a diesel	12,505	0.38
Vehículos a diesel > 3 ton	90,940	2.79
Camiones de carga a gas LP	30,102	0.92
Motocicletas	72,704	2.23
<b>Total</b>	<b>3,260,919</b>	<b>100</b>

**Tabla 5.2.2.3. Distribución y contribución porcentual de la flota vehicular por tipo de vehículo y por entidad federativa**

Tipo de vehículo	Distrito Federal		Estado de México	
	#	%	#	%
Autos Particulares	1,546,595	66	795,136	34
Taxis	103,298	94	6,109	6
Combis	3,944	72	1,555	28
Microbuses	22,931	72	9,098	28
Pick up's	73,248	22	262,832	78
Camiones de carga a gasolina	154,513	100	N/R	N/R
Vehículos a diesel < 3 ton	4,733	100	N/R	N/R
Tractocamiones a diesel	68,636	97	2,040	3
Autobuses a diesel	9,236	74	3,269	26
Vehículos a diesel > 3 ton	28,580	31	62,360	69
Camiones de carga a gas LP	30,102	100	N/R	N/R
Motocicletas	72,280	99	424	1
<b>Total</b>	<b>2,118,096</b>	<b>65</b>	<b>1,142,823</b>	<b>35</b>

N/R.- No Reportado

### Crecimiento de la flota vehicular

Aunque el padrón vehicular registrado tiene un cierto nivel de incertidumbre, a través de los inventarios de emisiones que se han elaborado, se ha podido dar un seguimiento al crecimiento de la flota vehicular de la Zona Metropolitana del Valle de México, por lo menos desde el inventario de 1994, tabla 5.2.2.4.

<sup>3</sup> 1: Anuario 1998-99 SETRAVI-Dirección General de Autotransporte Urbano.

1a: Oficio DRT/0299/2000 SETRAVI-Dirección de Registro Público de Transporte.

2: Oficio SMA/DGPCC/08942/2000 de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación.

3: Bando No. 9, 2000.

4: Oficio DEC-010/2000 SETRAVI 1999.

5: Información proporcionada por SEGEM, Estado de México (Verificación 1999).

**Tabla 5.2.2.4. Incremento del parque vehicular en la ZMVM**

Año	No. de vehículos en circulación
1994 <sup>4</sup>	2,720,000
1996 <sup>4</sup>	3,157,874
1998	3,260,919

#### Edad de la flota vehicular

El mayor problema que se tiene con el parque vehicular que circula diariamente en la Zona Metropolitana del Valle de México es que dicha flota se caracteriza por tener un alto porcentaje de vehículos viejos; en el Distrito Federal el 45% de los vehículos tiene 9 años o más, esto es, vehículos 1990 y anteriores; en el Estado de México este estrato vehicular corresponde al 65%; y en conjunto como Zona Metropolitana del Valle de México se tiene el 52% de vehículos con una edad de 9 años o más.

Haciendo un análisis por tipo de tecnología del parque vehicular, tenemos en promedio, que el 67% son vehículos que no cuentan con tecnología de control y que tan solo el 33% restante son vehículos que cuentan con el equipo para el control de sus emisiones; otros datos importantes que se pueden mencionar es que el 34% de los vehículos que circulan en la Zona Metropolitana del Valle de México son de año modelo 1985 y anteriores, 33% son vehículos modelos entre 1986 y 1992, los cuales aunque no tienen equipos para el control de emisiones contaminantes, tales como inyección electrónica de combustible, convertidor catalítico, canister para la recuperación de vapores entre otros, haciéndoles algunas modificaciones son susceptibles de adaptarles convertidores catalíticos, con lo que se puede reducir sus emisiones.

#### Actividad de la flota vehicular

Otro dato importante para analizar el comportamiento de las emisiones vehiculares es el nivel de actividad promedio diario que tiene cada tipo de vehículo, dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México. Esta información se tomó de los datos registrados por la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad en el Estudio Integral de Transporte y Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México. Ver tabla 5.2.2.5.

**Tabla 5.2.2.5. Kilómetros recorridos por tipo de vehículo**

Clasificación vehicular	[km/día]	Clasificación vehicular	[km/día]
Autos particulares	33	Vehículo a diesel <3 ton	60
Taxis	200	Tractocamiones a diesel	60
Combis	200	Autobuses a diesel	200
Microbuses	200	Vehículos a diesel = 3 ton	60
Pick up's	60	Camiones de carga a gas LP	60
Camiones de carga a gasolina	60	Motocicletas	33

En suma, se estima que los vehículos registrados en la Zona Metropolitana del Valle de México, que consumen gasolina, recorren más de 43 mil millones de kilómetros al año y los que consumen diesel recorren casi 4 mil millones de Kilómetros al año. El consumo de combustible vehicular que reporto PEMEX en 1998, para la Zona Metropolitana del Valle de México, fue de más de 6.4 millones de metros cúbicos de gasolinas y 1.6 millones de metros cúbicos de diesel, lo cual equivale a consumir 17.7 millones de litros diarios de gasolinas y 4.4 millones de litros diarios de diesel.

<sup>4</sup> Inventario de emisiones a la atmósfera en la ZMVM, Comisión Ambiental Metropolitana 1996.

Emisiones vehiculares

Tomando como base los datos de la actividad del parque vehicular del año 1998, junto con los factores de emisión que se reportan en la memoria de cálculo, se estima que en conjunto, en la Zona Metropolitana del Valle de México se liberan más de 2 millones de toneladas al año de contaminantes generados por las fuentes móviles, de las cuales el 83% son emisiones de CO, el 9% de HC, el 8% de NO<sub>x</sub>, y menos del 1% de SO<sub>2</sub> y de PM<sub>10</sub>.

En las tablas 5.2.2.6 y 5.2.2.7 se presentan las contribuciones en toneladas al año y por ciento respectivamente de las emisiones generadas por las fuentes móviles registradas en la ZMVM por tipo de vehículo.

Tabla 5.2.2.6. Emisiones de fuentes móviles en la ZMVM, 1998

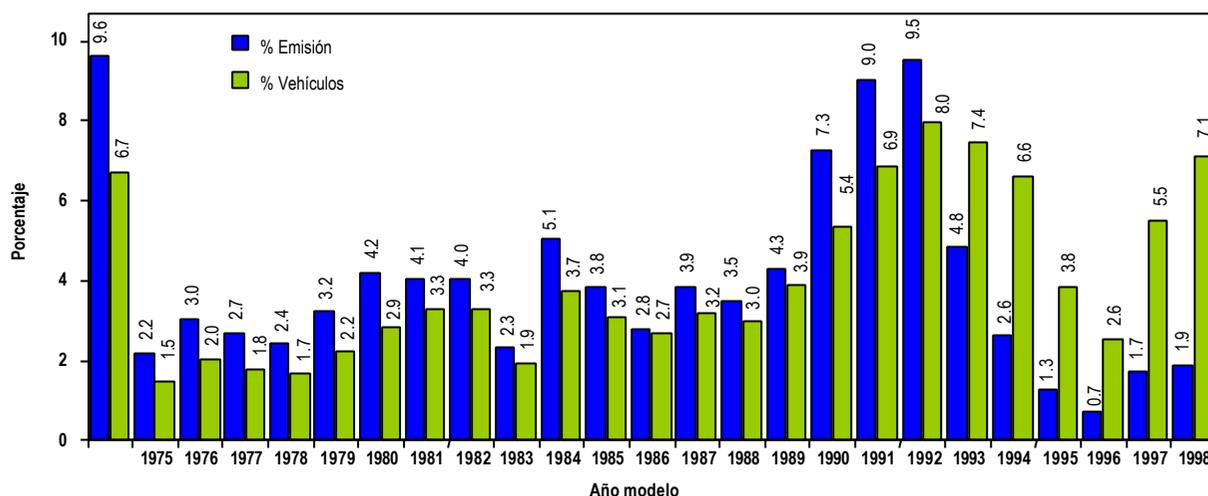
Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Autos particulares	701	2,000	822,477	47,380	81,705
Taxis	199	567	131,453	11,093	15,310
Combis	10	28	20,448	930	1,945
Microbuses	59	166	216,740	9,524	19,761
Pick up	183	522	255,503	18,961	24,599
Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículos a diesel < 3 ton.	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,990	363	16,675	22,678	7,587
Autobuses a diesel	1,174	214	9,270	11,640	3,853
Vehículos a diesel > 3 ton	2,562	468	20,956	27,662	9,205
Camiones de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	63	22,729	215	4,742
<b>Total</b>	<b>7,133</b>	<b>4,670</b>	<b>1,733,663</b>	<b>165,838</b>	<b>187,773</b>

Tabla 5.2.2.7. Emisiones porcentuales de fuentes móviles en la ZMVM, 1998

Tipo de vehículo	Emisiones [%]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Autos particulares	9.83	42.83	47.44	28.57	43.51
Taxis	2.79	12.14	7.58	6.69	8.15
Combis	0.14	0.60	1.18	0.56	1.04
Microbuses	0.83	3.55	12.50	5.74	10.52
Pick up	2.57	11.18	14.74	11.43	13.10
Camiones de carga a gasolina	1.18	5.14	12.51	9.22	9.95
Vehículos a diesel < 3 ton.	1.86	0.51	0.01	0.09	0.09
Tractocamiones a diesel	27.90	7.77	0.96	13.67	4.04
Autobuses a diesel	16.46	4.58	0.53	7.02	2.05
Vehículos a diesel > 3 ton	35.92	10.02	1.21	16.68	4.90
Camiones de carga a gas LP	0.22	0.32	0.02	0.19	0.11
Motocicletas	0.31	1.35	1.31	0.13	2.53
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

La gráfica 5.2.2.1 muestra la distribución de los vehículos que circulan en el ZMVM y sus emisiones de acuerdo al año modelo; de lo cual tenemos que del total de vehículos, el 52% corresponde a vehículos 1990 y anteriores, los cuales contribuyen con el 68 % de las emisiones de ésta zona.

Gráfica 5.2.2.1. Distribución de vehículos y emisiones por año-modelo en la ZMVM.



Emisiones Por Entidad Federativa

Distrito Federal

Al efectuar un análisis de las emisiones contaminantes del sector transporte por tipo de vehículo registrado en el Distrito Federal, en esta entidad donde se emite la mayor cantidad de contaminantes por fuentes móviles (63%), esto debido a que en el Distrito Federal se tiene registrado el 65% de los vehículos que circulan en la ZMVM.

A continuación se tienen las emisiones por tipo de vehículo registrado en el Distrito Federal

Tabla 5.2.2.8. Emisiones de fuentes móviles en el Distrito Federal, 1998

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/ año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Autos particulares	463	1,321	481,161	30,824	48,854
Taxis	188	535	115,200	10,366	13,733
Combis	7	20	14,665	667	1,395
Microbuses	42	119	155,175	6,819	14,148
Pick up	40	114	51,058	3,913	5,035
Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículos a diesel < 3 ton.	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,933	353	16,214	22,081	7,389
Autobuses a diesel	867	158	6,846	8,596	2,850
Vehículos a diesel > 3 ton	805	147	6,752	9,194	3,077
Camiones de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	62	22,575	214	4,704
<b>Total</b>	<b>4,600</b>	<b>3,108</b>	<b>1,087,058</b>	<b>108,429</b>	<b>120,251</b>

Tabla 5.2.2.9. Emisiones porcentuales de fuentes móviles en el Distrito Federal, 1998

Tipo de vehículo	Emisiones [%]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC

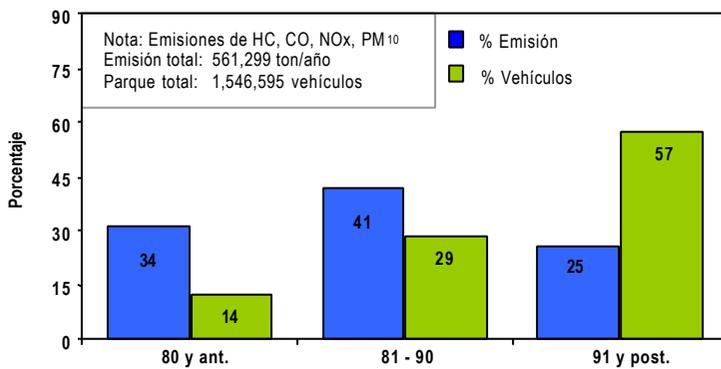
## Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 1998

Autos particulares	10.07	42.50	44.26	28.43	40.63
Taxis	4.09	17.21	10.60	9.56	11.42
Combis	0.15	0.64	1.35	0.62	1.16
Microbuses	0.91	3.83	14.27	6.29	11.77
Pick up	0.87	3.67	4.70	3.61	4.19
Camiones de carga a gasolina	1.83	7.72	19.95	14.11	15.54
Vehículos a diesel < 3 ton.	2.89	0.77	0.02	0.14	0.14
Tractocamiones a diesel	42.02	11.36	1.49	20.36	6.14
Autobuses a diesel	18.85	5.08	0.63	7.93	2.37
Vehículos a diesel > 3 ton	17.50	4.73	0.62	8.48	2.56
Camiones de carga a gas LP	0.35	0.48	0.03	0.28	0.18
Motocicletas	0.48	1.99	2.08	0.20	3.91
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

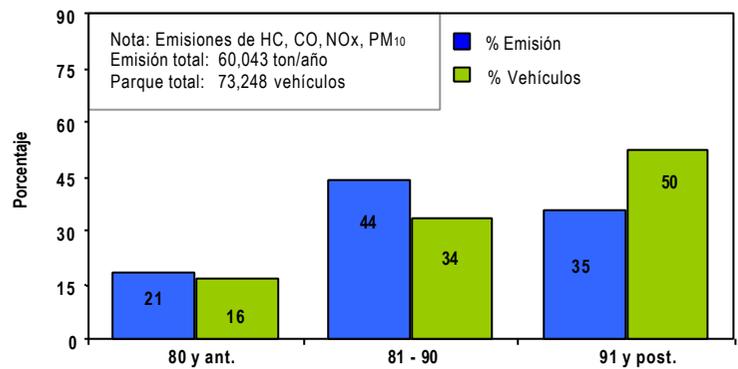
Continuando con el análisis de las emisiones de los vehículos registrados en el Distrito Federal, tenemos que de sus emisiones de acuerdo al año modelo del vehículo, el 45% del total de vehículos corresponde a vehículos 1990 y anteriores, los cuales contribuyen con el 60% de las emisiones de ésta entidad.

Las siguientes gráficas muestran la distribución porcentual de los tipos de vehículos de mayor emisión registrados en el Distrito Federal, así como su contribución de emisiones por año modelo.

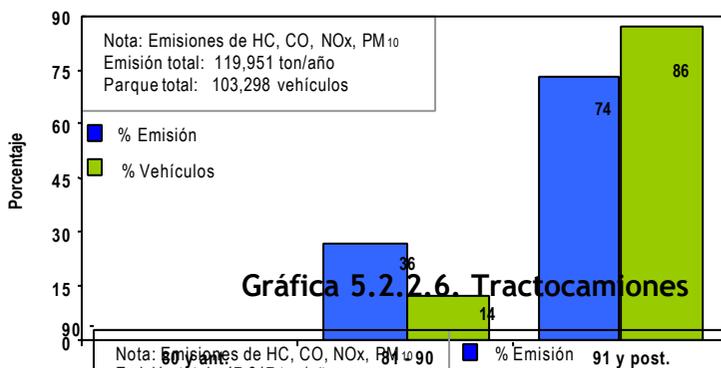
**Gráfica 5.2.2.2. Autos particulares**



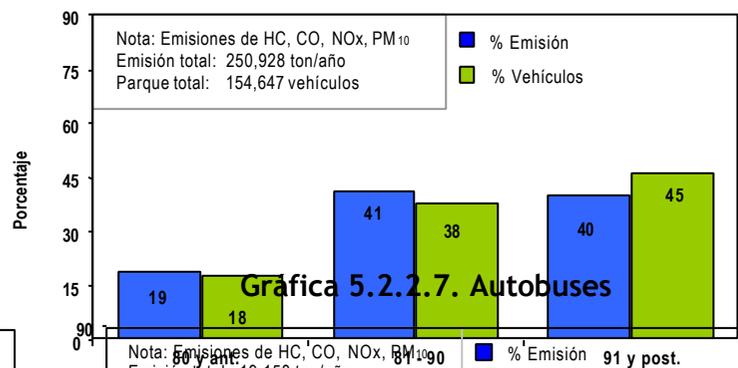
**Gráfica 5.2.2.3. Pick up´s**



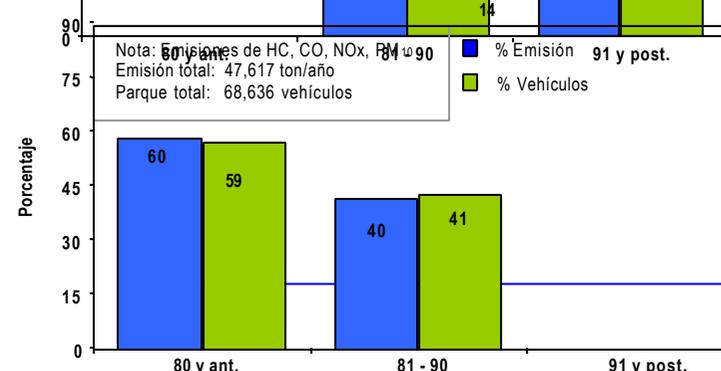
**Gráfica 5.2.2.4. Taxis**



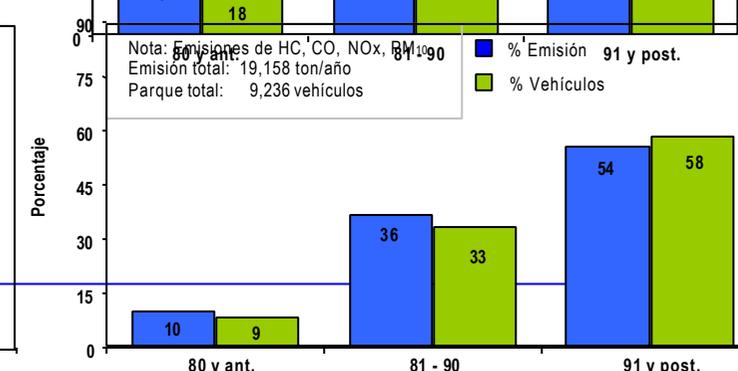
**Gráfica 5.2.2.5. Camiones de carga a gasolina**



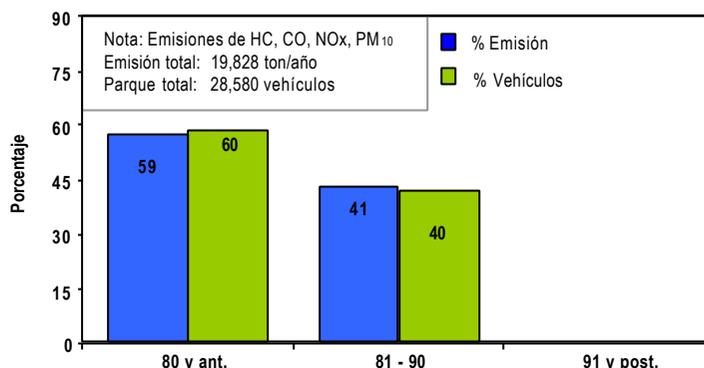
**Gráfica 5.2.2.6. Tractocamiones**



**Gráfica 5.2.2.7. Autobuses**



Gráfica 5.2.2.8. Mayor o igual a 3 toneladas



Municipios conurbados del Estado de México

Al efectuar un análisis de las emisiones contaminantes del sector transporte por tipo de vehículo en los municipios conurbados del Estado de México, tenemos que en esta entidad se tiene registrado el 35% del total de la flota vehicular de la ZMVM, la cual emite el 37% del total de las emisiones por fuentes móviles de la ZMVM.

Tabla 5.2.2.10. Emisiones de fuentes móviles en el EdoMéx, 1998

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Autos particulares	238	679	341,316	16,556	32,851
Taxis	11	32	16,253	727	1,577
Combis	3	8	5,783	263	550
Microbuses	17	47	61,565	2,705	5,613
Pick up	143	408	204,445	15,048	19,564
Camiones de carga a gasolina	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Vehículos a diesel < 3 ton.	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Tractocamiones a diesel	57	10	461	597	198
Autobuses a diesel	307	56	2,424	3,044	1,003
Vehículos a diesel > 3 ton	1,757	321	14,204	18,468	6,128
Camiones de carga a gas LP	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Motocicletas	N/S	1	154	1	38
<b>Total</b>	<b>2,533</b>	<b>1,562</b>	<b>646,605</b>	<b>57,409</b>	<b>67,522</b>

Nota: N/E.- No estimado, N/S.- No significativo.

Tabla 5.2.2.11. Emisiones porcentuales de fuentes móviles en el EdoMéx, 1998

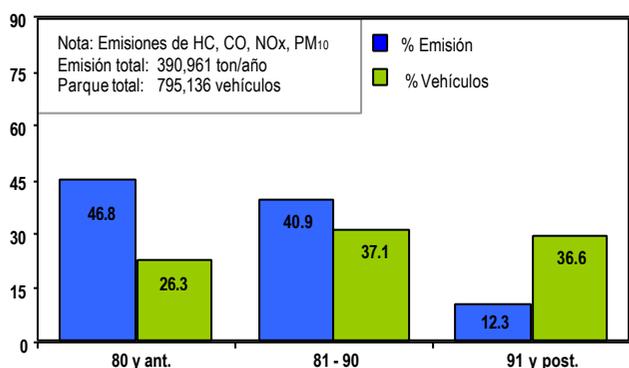
Tipo de vehículo	Emisiones [%]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Autos particulares	9.40	43.47	52.79	28.84	48.65

Taxis	0.43	2.05	2.51	1.27	2.34
Combis	0.12	0.51	0.89	0.46	0.81
Microbuses	0.67	3.01	9.52	4.71	8.31
Pick up	5.65	26.12	31.62	26.21	28.97
Camiones de carga a gasolina	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Vehículos a diesel < 3 ton.	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Tractocamiones a diesel	2.25	0.64	0.07	1.04	0.29
Autobuses a diesel	12.12	3.59	0.37	5.30	1.49
Vehículos a diesel > 3 ton	69.36	20.55	2.20	32.17	9.08
Camiones de carga a gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Motocicletas	N/S	0.06	0.02	N/S	0.06
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

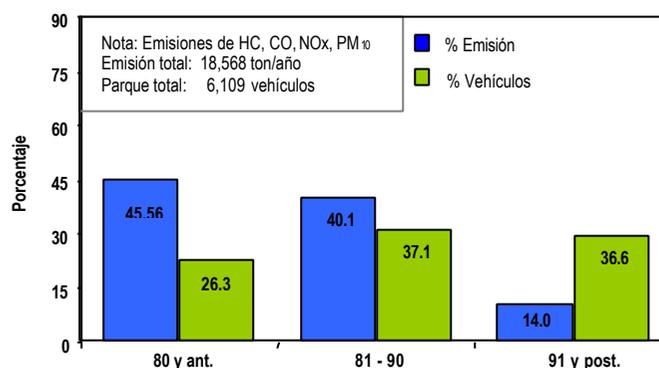
Nota: N/E.- No estimado, N/S.- No significativo, N/A.- No aplica.

Continuando con el análisis de las emisiones del transporte registrado en los municipios conurbados del Estado de México, se tiene que el 65% del total de vehículos corresponde a modelos 1990 y anteriores, los cuales contribuyen con el 82% de las emisiones. Las siguientes gráficas muestran los porcentajes de contribución de emisiones por tipo de vehículo de mayor emisión.

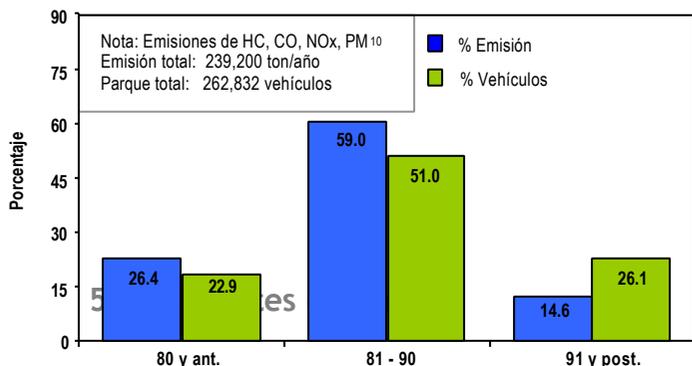
Gráfica 5.2.2.9. Autos particulares



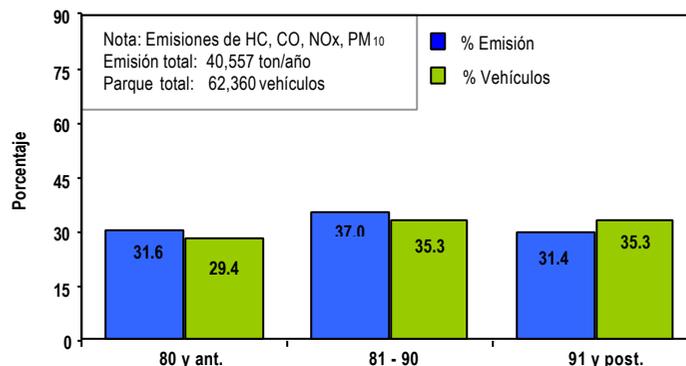
Gráfica 5.2.2.10. Taxis



Gráfica 5.2.2.11. Pick up's



Gráfica 5.2.2.12. Mayores o iguales a 3



Recientemente se pensaba que el crecimiento de la actividad industrial y vehicular eran las únicas fuentes fuertemente ligadas a la problemática de la contaminación del aire, sin considerar algunas otras (fuentes de área) que en forma conjunta contribuyen en gran medida al deterioro de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Las fuentes de emisión de área, por el hecho de ser muy pequeñas y numerosas no se manejan en forma individual como las fuentes puntuales; estas consumen pequeñas cantidades de energéticos y solventes, que comparadas con el consumo industrial no son representativas en cuanto a emisión de contaminantes, sin embargo, al agruparlas por zona, giro comercial o servicio, se observa que consumen importantes cantidades de combustibles, tales como: diesel, gasóleo, gas LP y gas natural; esto, asociado al incremento: poblacional, de establecimientos comerciales/servicios, y consumo de solventes, hacen necesario el estudio de las emisiones generadas por fuentes de área, a fin de conocer su contribución a la emisión total de la ZMVM e implementar sistemas de regulación y control, tales como la sustitución de combustibles alternos, mejorar el aprovechamiento y uso de solventes, entre otros. En la tabla 5.2.3.1 se muestran la contribución de emisiones por fuentes de área en la ZMVM por giro y contaminante.

**Tabla 5.2.3.1. Inventario de emisiones de fuentes de área por giro, ZMVM**

	Giro	Emisiones [ton/año]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Servicios y uso de productos con solvente	Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	76,623
	Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	30,146
	Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,752
	Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	21,414
	Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	10,049
	Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,692
	Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,601
	Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,175
	Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	803
Fugas y evaporación de combustibles	Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	12,314
	Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	892
	Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	22,173
	HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	26,177
	Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	496
	Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	102
FM NC*	Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,512	1,517	400
	Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
	Locomotoras (foráneas/ patio)	10	54	62	492	19
Incendios, combustión y servicios públicos	Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	7,380
	Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	206
	Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	78
	Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	23
	Combustión en hospitales	9	24	21	80	3
	Combustión habitacional	126	0.25	653	4,417	166
	Combustión comercial- institucional	820	5,276	526	2,720	149
	Incendios forestales	706	N/E	22,078	637	3,752
	Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
	Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
	<b>Total</b>	<b>1,678</b>	<b>5,354</b>	<b>25,960</b>	<b>9,866</b>	<b>247,599</b>

\*FMNC.- Fuentes móviles no carreteras. N/A.- No aplica, N/E.- No estimado, N/S.- No significativo

En suma la tabla anterior muestra que en la ZMVM, se emiten a la atmósfera más de 290 mil toneladas de contaminantes criterio, que son producto de la combustión y fugas de combustibles, así como del uso y aplicación de productos que utilizan diferentes compuestos orgánicos volátiles y por la degradación de residuos y tratamiento de aguas residuales entre otros. Los porcentajes de contribución emitidos a la atmósfera de la ZMVM por giro y contaminante se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 5.2.3.2. Inventario de emisiones porcentual de fuentes de área por giro, ZMVM**

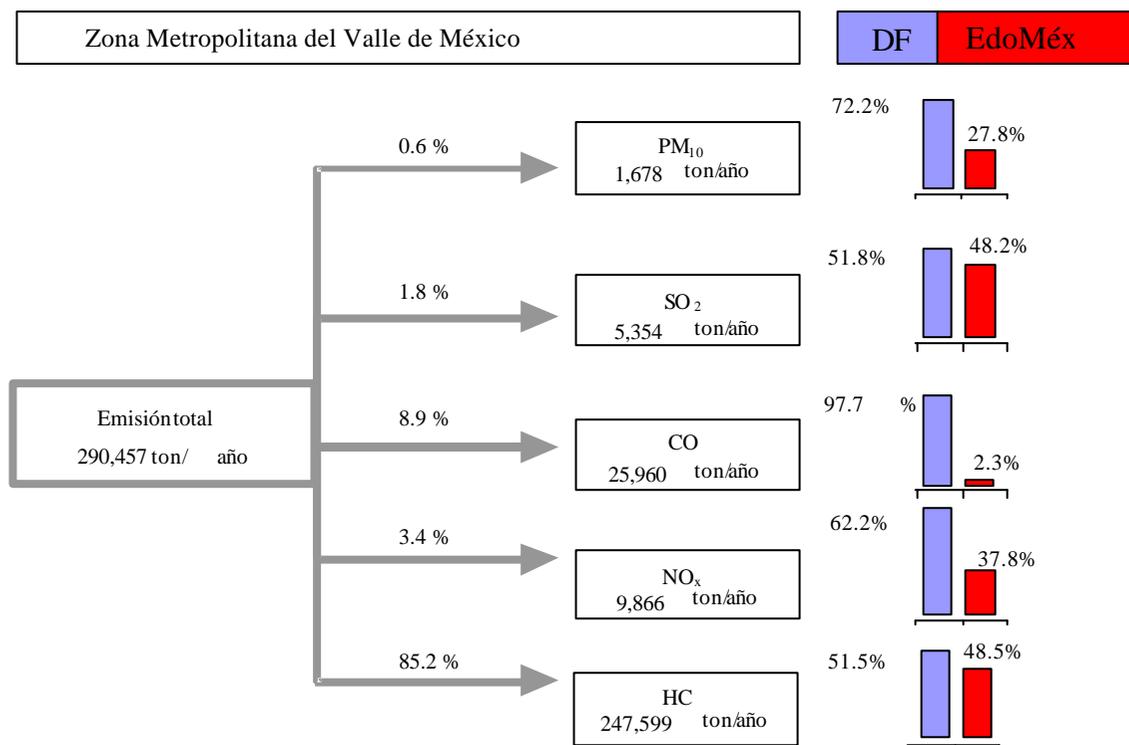
	Giro	Emisiones [%]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Servicios y uso de productos con solvente	Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	30.95
	Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	12.18
	Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	9.19
	Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	8.65
	Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	4.06
	Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	2.70
	Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	1.05
	Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	0.88
	Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	0.32
Fugas y evaporación de combustibles	Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	4.97
	Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	0.36
	Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	8.96
	HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	10.57
	Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	0.20
	Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	0.04
FM NC*	Operación de aeronaves	N/S	N/S	9.68	15.38	0.16
	Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	0.00
	Locomotoras (foráneas/ patio)	0.60	1.01	0.24	4.99	0.01
Incendios, combustión y servicios públicos	Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	2.98
	Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	0.08
	Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	0.03
	Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	0.01
	Combustión en hospitales	0.53	0.45	0.08	0.81	0.00
	Combustión habitacional	7.49	N/E	2.52	44.77	0.07
	Combustión comercial- institucional	48.88	98.54	2.03	27.57	0.06
	Incendios forestales	42.08	N/E	85.05	6.46	1.52
	Incendio en estructuras	0.42	N/A	0.42	0.03	0.00
	Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

\*FMNC.- Fuentes móviles no carreteras. N/A.- No aplica, N/E.- No estimado, N/S.- No significativo

De las emisiones totales originada por las fuentes de área, el 85% son hidrocarburos, casi el 10% de CO, 3.4% de NO<sub>x</sub>, 1.8% de SO<sub>2</sub> y solo menos del 1% de PM<sub>10</sub>. De esta contribución por contaminante el Distrito Federal emite al menos, el 50% de cada contaminante inventariado (ver figura 5.2.3.1); debido a que las emisiones de fuentes de área, están en función del número de habitantes, en casi todas las categorías se emite aproximadamente lo mismo en las dos entidades (ver tablas 5.2.3.3 y 5.2.3.4). La diferencia que hace que las emisiones de fuentes de área sean mayores en el Distrito Federal es principalmente los incendios forestales, las operaciones de tráfico aéreo, el tratamiento de aguas residuales. Por ejemplo, de las emisiones totales de PM<sub>10</sub> por las fuentes de área que se emiten en la ZMVM, los incendios forestales contribuyen con cerca del 50% del total, con referencia al CO por incendios forestales se emite cerca del 90% y respecto a los NO<sub>x</sub>, tenemos que más del 20% de las emisiones son debidas a los incendios forestales y por operación de aeronaves todas evaluadas dentro del Distrito Federal. Sin embargo, cabe mencionar que para los municipios

conurbados del Estado de México, falta realizar la estimación de emisiones de las categorías anteriores entre otras.

**Figura 5.2.3.1. Inventario de emisiones por entidad federativa**



A continuación se describen las 4 categorías de las fuentes de área, clasificándolas según la USEPA<sup>5</sup>:

#### Servicios y uso de productos con solventes

Este grupo incluye las actividades emisoras de hidrocarburos más importantes, destacan las emisiones por el consumo y uso de productos que contienen solventes como son los desodorantes, desmanchadores, productos de belleza y aromatizantes, por citar algunos ejemplos. Las emisiones calculadas por el consumo de solventes representan el 31% (76,623 ton/año) de las emisiones de hidrocarburos generadas por las fuentes de área. La limpieza de superficies registra una emisión del 12% (30,146 ton/año) y las actividades de recubrimiento de superficies arquitectónicas y de superficies industriales en conjunto emiten cerca del 9% cada uno (44,171 ton/año).

#### Fugas y evaporación de combustibles

Las fugas por almacenamiento, distribución y uso doméstico de gas LP alcanzan 62,154 ton/año (25%) de las cuales el 11% son emisiones por fugas de hidrocarburos no quemados en la combustión del gas LP doméstico, el 9% de fugas de gas LP en instalaciones domésticas al calentadores y/o estufa, y por fugas en la distribución y almacenamiento del gas LP el 5%. El almacenamiento masivo de gasolina, así como las fugas en la distribución y venta de gasolina representan menos del 1%.

<sup>5</sup> Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América

**Fuentes móviles no carreteras**

De esta categoría la máxima emisión, son las calculadas por las actividades de aterrizaje, maniobra y despegue de aeronaves en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, los cuales representan el 15% de la emisión de óxidos de nitrógeno (1,517 ton). Dicha actividad emite también el 10% del monóxido de carbono (2,512 ton). La recarga de aeronaves se incluye en este grupo emisor porque forma parte de las actividades que se realizan en el aeropuerto y contribuye con 5 toneladas de HC. Las locomotoras de uso foráneo y de patio que circulan por la ZMVM emiten el 5% de los óxidos de nitrógeno, el 1% de dióxido de azufre, 0.6% de partículas menores a 10 micrómetros, el 0.24% del monóxido de carbono y los hidrocarburos representan solo el 0.01%.

**Incendios, combustión y servicios públicos**

La emisión más importante de esta categoría es la de monóxido de carbono, y son los incendios forestales los que emiten más del 85% de todas las fuentes de área. La siguiente emisión de importancia, se refiere a los óxidos de nitrógeno, originados principalmente por la combustión habitacional, comercial/institucional y operación de aeronaves con 4,417; 2,720 y 1,517 toneladas respectivamente (45%, 28% y 15%). Los incendios forestales contribuyen con el 6% de los óxidos de nitrógeno. La combustión en hospitales en conjunto con los incendios en estructuras representan menos del 1%. La combustión residencial institucional tiene además una importante contribución de dióxido de azufre (5,276 toneladas), misma que representa casi el total de las emisiones de este contaminante en las fuentes de área.

**Emisiones de fuentes de área por entidad**

En el Distrito federal, se emiten a la atmósfera por fuentes de área 152,710 toneladas de contaminantes criterio. El contaminante que más se libera al aire son los hidrocarburos, su emisión es de 127,435 toneladas (48%), y en conjunto con las emisiones de HC de las fuentes móviles, emiten más del 90% de este contaminante en el Distrito Federal. De las emisiones de PM<sub>10</sub> en fuentes de área, cerca del 60% provinieron de incendios forestales ocurridos dentro del área del Distrito Federal; proporción similar es producida por el sector comercial/institucional. La combustión comercial institucional es el principal emisor de SO<sub>2</sub>, este giro emite casi el 100% de las emisiones en las fuentes de área. La emisión del monóxido de carbono fue de 25,350 toneladas, de las cuales cerca del 90% es debido a los incendios forestales dentro del Distrito Federal. Los óxidos de nitrógeno emitidos en el Distrito Federal fueron 6,138 toneladas, la categoría que más emitió fue la combustión habitacional (2,287), le sigue la operación de aeronaves (1,517) y la combustión comercial-institucional (1,409); las cuales, en conjunto contribuyen con el 85% de las emisiones totales de NO<sub>x</sub> emitidos por fuentes de área. Ver la tabla 5.2.3.3, la cual muestra el inventario de emisiones desagregado por giro del Distrito Federal.

**Tabla 5.2.3.3. Inventario de emisiones de fuentes de área por giro en el DF, 1998**

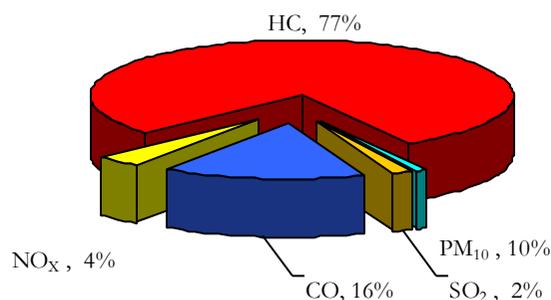
Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	39,678
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	15,611
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	11,782
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	11,089
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	5,204
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	3,466

## Inventario de Emisiones 1998

Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	1,347
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	1,126
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	415
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	6,377
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	462
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	11,482
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	13,556
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	286
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	97
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,512	1,517	400
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	4	27	30	244	9
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	924
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	107
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	74
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	12
Combustión en hospitales	4.6	13	11	41	1.6
Combustión habitacional	65	0.13	338	2,287	86
Combustión comercial- institucional	425	2,732	273	1,409	77
Incendios forestales	706	N/E	22,078	637	3,752
Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>1,212</b>	<b>2,772</b>	<b>25,350</b>	<b>6,138</b>	<b>127,435</b>

N/E.- No Estimado, N/A.- No Aplica

**Gráfica 5.2.3.1. Emisión porcentual por contaminante de las fuentes de área en el DF**



Las fuentes de área ubicadas en el Estado de México, emiten a la atmósfera 127,551 toneladas de contaminantes criterio. En la tabla 5.2.3.4 se muestra el inventario de emisiones desagregado por giro.

**Tabla 5.2.3.4. Inventario de emisiones de fuentes de área por giro en el EdoMéx, 1998**

Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	36,945
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	14,535

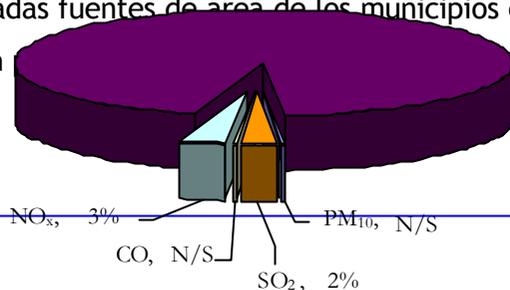
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	10,970
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	10,325
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	4,845
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	3,226
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	1,254
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	1,049
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	388
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	5,937
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	430
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	10,691
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	12,621
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	210
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Operación de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Locomotoras (foráneas/ patio)	6	27	32	248	10
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	6,456
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	99
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	4
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	11
Combustión en hospitales	4.3	11	10	39	1.4
Combustión habitacional	61	0.12	315	2,130	80
Combustión comercial- institucional	395	2,544	253	1,311	72
Incendios forestales	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Incendio en estructuras	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>466</b>	<b>2,582</b>	<b>610</b>	<b>3,728</b>	<b>120,164</b>

N/E.- No Estimado, N/A.- No aplica

De la tabla anterior, tenemos que los contaminantes que más se libera al aire son los hidrocarburos y su emisión es de más de 120 mil toneladas, al nivel de los municipios conurbados del Estado de México representan el 57% de las emisiones de todos los sectores que integran a las fuentes de área, que junto con las fuentes móviles emiten cerca del 90% de las emisiones de HC en los municipios conurbados del Estado de México. La principal fuente de emisión de PM<sub>10</sub>, es la combustión comercial-institucional, que representa el 85% de las 466 toneladas registradas en fuentes de área; sin embargo, cabe señalar que no se cuenta con las emisiones generadas por las categorías de incendios forestales y estructurales, de las cuales las primeras contribuyeron de manera importante en la emisión de partículas durante 1998, año que se caracterizó por el número de incendios forestales que afectaron gran parte del territorio nacional. La combustión comercial institucional es el principal emisor de SO<sub>2</sub>, este giro emite casi el 100% de las emisiones de SO<sub>2</sub> de fuentes de área. La emisión del monóxido de carbono fue de 610 toneladas, de las cuales el 93% es debido a la combustión habitacional, comercial e institucional.

Los óxidos de nitrógeno emitidos en los municipios conurbados del Estado de México fueron 3,728 toneladas. Las principales categorías son la combustión habitacional (2,130 toneladas) y la combustión comercial-institucional (1,311 toneladas), que en conjunto contribuyen con el 92% de las emisiones de NO<sub>x</sub> generadas fuentes de área de los municipios conurbados del Estado de México.

Gráfica 5.2.3.2. Emisión de contaminantes de fuentes de área en el EdoMéx



## 5.2.4 Fuentes naturales

### Vegetación

El inventario de emisiones por vegetación, determina la cantidad de emisiones de hidrocarburos originados por la actividad metabólica de la vegetación, así como los óxidos de nitrógeno producto de los procesos bioquímicos efectuados en el suelo.

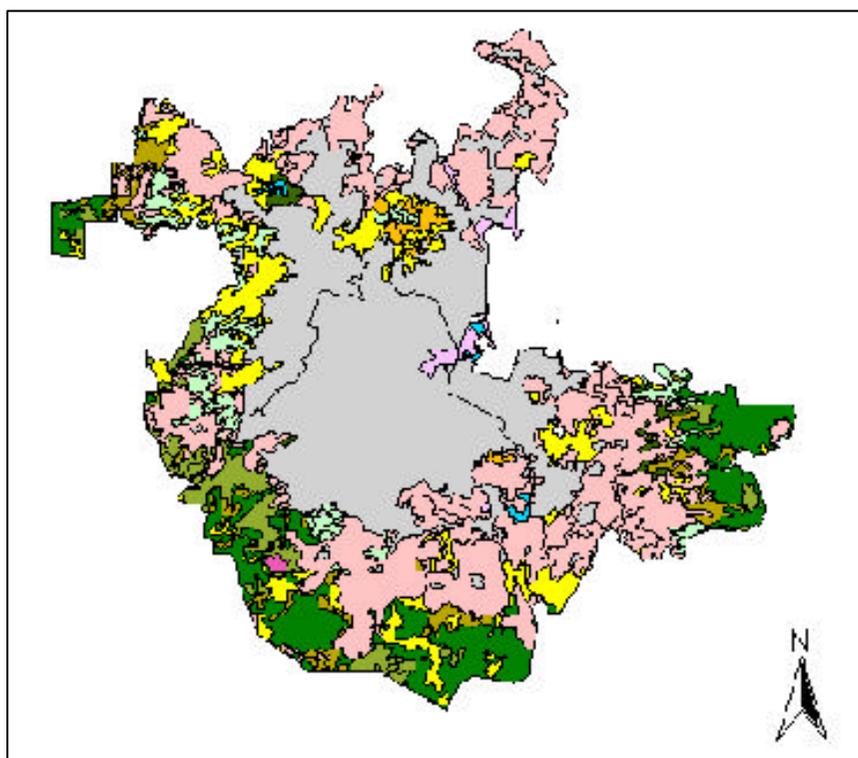
Este inventario no pretende catalogar a la vegetación como una fuerte emisora de contaminantes, sino que trata de determinar el grado de participación en los procesos químicos que se realizan en la atmósfera y que determinan la formación de contaminantes secundarios.

Los hidrocarburos de origen vegetal deben tomarse en consideración debido a que son precursores de ozono. Una aplicación de esta información está enfocada a las campañas de reforestación como uno de los factores de selección de las especies a ser plantadas en función de sus tasas d emisión.

El uso de suelo y vegetación del área de estudio (figura 5.2.4.1), se dividió en cuatro grandes usos:

- Forestal: Incluye bosque de coníferas, pino-encino, abeto entre otras.
- Forestal urbano: Malezas, áreas urbanas con 20% de pasto.
- Agrícola: Cultivos como alfalfa, papa, avena, maíz, naranjo, manzana, pastura y arroz entre los principales.
- Otros (misceláneos): Incluye pastos, cuerpos de agua, matorrales y diversas especies que por sus características no se pueden clasificar en ninguno de los otros usos de suelo anteriores.

Figura 5.2.4.1. Mapa de uso de suelo y vegetación



- Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea
- Bosque de oyamel (incluye ayarin y cedro) arbustiva y herbácea
- Bosque de oyamel (incluye ayarin y cedro) con vegetación secundaria arbustiva y herbácea
- Bosque de pino
- Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)

Fuente: Inventario Nacional Forestal SEMARNAT 2000

**Tabla 5.2.4.1. Uso de suelo del área de estudio por entidad [%]**

Área	Forestal	Forestal urbano	Agrícola	Otros	Total
Distrito Federal	5	12	53	30	100
Estado de México	21	0	57	22	100

A continuación se muestran los valores de las emisiones anuales para cada uno de los contaminantes calculados:

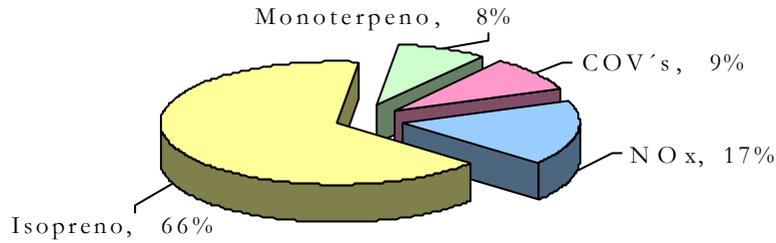
**Tabla 5.2.4.2. Emisiones de la vegetación por temporada climática [ton/año]**

Estado de México					
Temporada	Isopreno	Monoterpeno	COVs	HC*	NOx
Seca-fría	768	1,419	911	3,098	786
Lluvias	2,401	2,601	1,669	6,671	1,226
Seca-cálida	826	1,904	1,222	3,952	790
Total	3,995	5,924	3,802	13,721	2,802
Distrito Federal					
Seca-fría	350	53	56	459	114
Lluvias	749	91	96	936	173
Seca-cálida	441	54	58	553	104
Total	1,540	198	210	1,948	391
Zona Metropolitana del Valle de México					
Total	5,535	6,122	4,012	15,669	3,193

\*Es la suma del isopreno, monoterpeno y compuestos orgánicos volátiles(COVs)

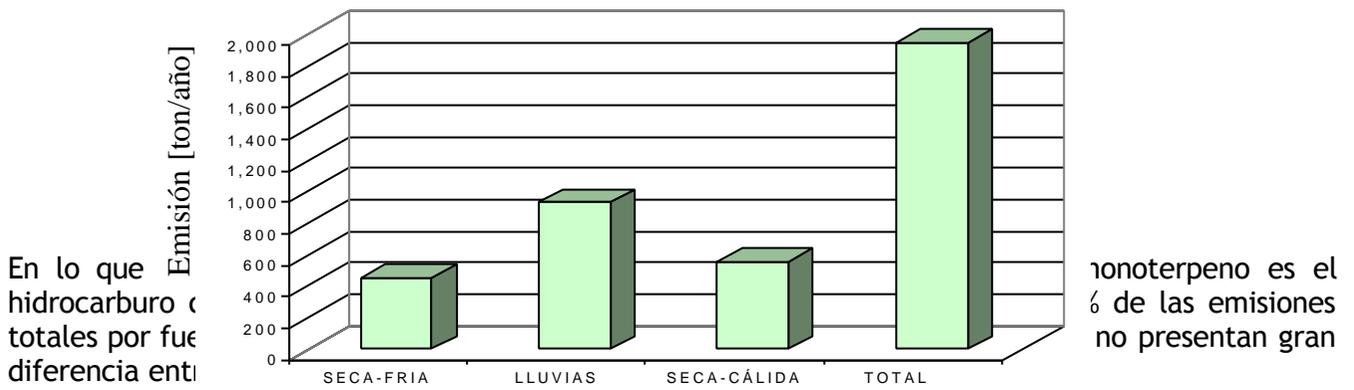
Los resultados mostrados en la tabla 5.2.4.2, permiten concluir que las principales emisiones tanto de hidrocarburos como de óxidos de nitrógeno se generan principalmente en la temporada de lluvias, seguida por la seca cálida (primavera verano). En lo que se refiere a la aportación por tipo de hidrocarburo, en el Distrito Federal el isopreno es el hidrocarburo que más se emite, representando un 66% (1,540 ton/año) de las emisiones totales, las cuales se les atribuye principalmente a las zonas forestales.

**Gráfica 5.2.4.3. Contribución de emisiones generadas por la vegetación en el DF**

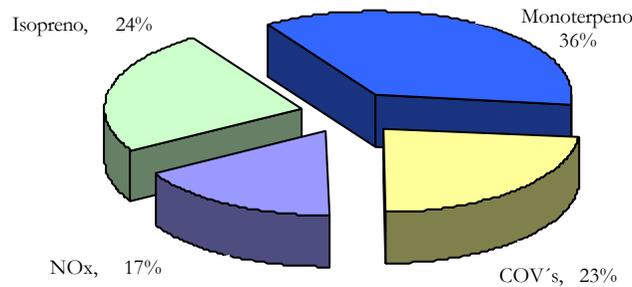


Como se mencionó anteriormente, las mayores emisiones se presentan en la temporada de lluvias tanto para hidrocarburos como para NO<sub>x</sub>, ésta temporada contribuye con el 47% de las emisiones totales anuales del Distrito Federal (gráfica 5.2.4.4).

Gráfica 5.2.4.4. Emisiones de HC por temporada en el DF

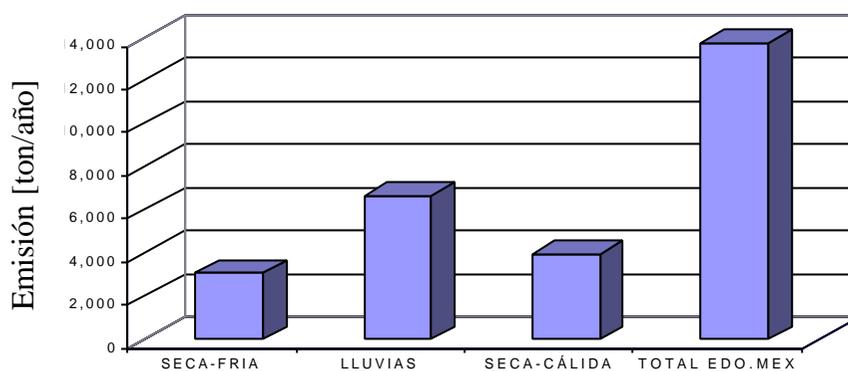


Gráfica 5.2.4.5. Contribución de emisiones generadas por la vegetación del EdoMéx



En el Estado de México, al igual que en el Distrito Federal, las mayores emisiones de origen vegetal y edáfico, tanto de HC como NO<sub>x</sub>, se generan en la temporada de lluvias (gráfica 5.2.4.6).

Gráfica 5.2.4.6. Emisiones de HC por temporada en los municipios conurbados del EdoMéx



Las regiones con mayores emisiones son aquellas con gran cantidad de vegetación, tanto de tipo agrícola como forestal y se localizan principalmente en las regiones montañosas del área de estudio (sur de la ciudad de México, sureste del Estado de México).

Cabe señalar que en los municipios conurbados del Estado de México se cuenta con mayores extensiones de uso de suelo agrícola y forestal que en el Distrito Federal motivo por el cual las emisiones de origen vegetal y edáfico se incrementan en esta región.

### Suelos

El segundo contaminante en importancia en la Zona Metropolitana del Valle de México son las partículas suspendidas menores a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ), debido a que durante la temporada seca hay frecuentes excedencias a su norma correspondiente ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , promedio en 24 horas). Las partículas se originan de una gran variedad de fuentes antropogénicas fijas y móviles, así como de origen geológico, asociadas al uso de suelo, erosión y condiciones climáticas entre otros.

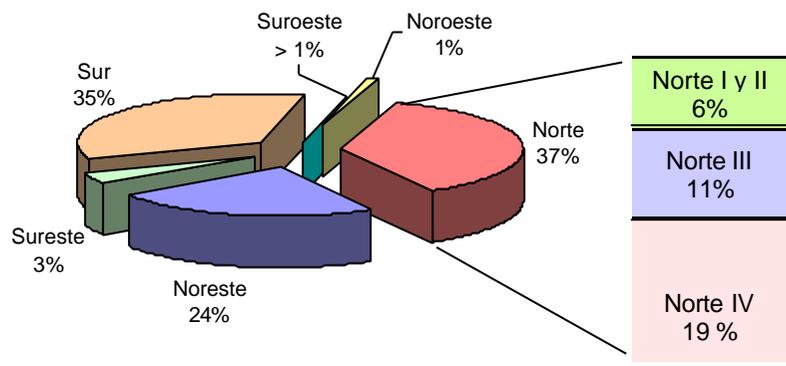
Las emisiones de  $PM_{10}$  debido a la erosión del suelo para este inventario se muestran en la tabla 5.2.4.3. De las 7,985 toneladas de  $PM_{10}$  que se emiten, el 66% proviene de los suelos que no tienen cubierta vegetal y el restante de suelos con algún tipo de vegetación. Es importante resaltar que de las 5,271 toneladas de  $PM_{10}$  que se emiten por suelos sin cobertura vegetal, la contribución mayoritaria proviene del frente norte, ver gráfica 5.2.4.7.

Tabla 5.2.4.3. Emisiones de  $PM_{10}$  por erosión del suelo

Frente	Tipo de suelo	Área [hectáreas]	Emisiones [ton/año]
Noreste	Sin cubierta vegetal	13,525	1,259
	Con cubierta vegetal	8,094	377
Sureste	Sin cubierta vegetal	1,981	184
	Con cubierta vegetal	580	27
Sur	Sin cubierta vegetal	19,720	1834
	Con cubierta vegetal	14,628	680
Suroeste	Sin cubierta vegetal	17	2
	Con cubierta vegetal	1,896	88
Noroeste	Sin cubierta vegetal	673	63
	Con cubierta vegetal	2,392	111
Norte I	Sin cubierta vegetal	1,517	141
	Con cubierta vegetal	4,498	209
Norte II	Sin cubierta vegetal	2,036	189

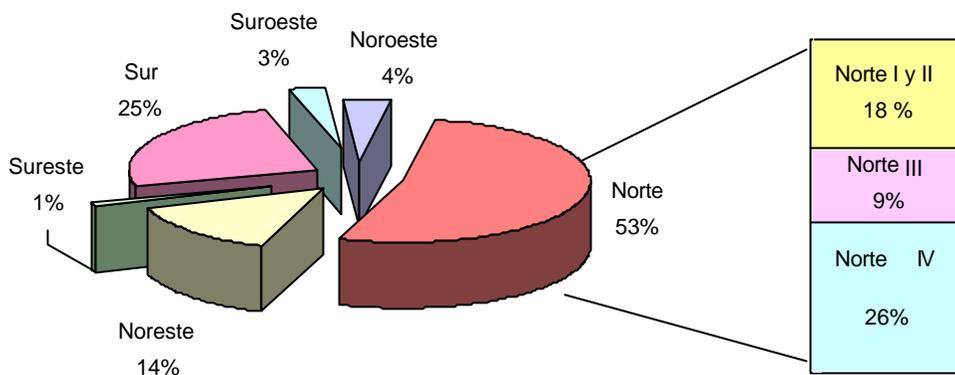
Frete	Tipo de suelo	Area [hectáreas]	Emisiones [ton/año]
	Con cubierta vegetal	5,909	275
Norte III	Sin cubierta vegetal	6,504	605
	Con cubierta vegetal	5,011	233
Norte IV	Sin cubierta vegetal	10,682	994
	Con cubierta vegetal	15,355	714
<b>Total</b>		<b>115,018</b>	<b>7,985</b>

**Gráfica 5.2.4.7. Contribución porcentual de PM<sub>10</sub> por erosión de suelos sin cubierta vegetal por tipo de frente**



De los suelos con cobertura vegetal, las principales emisiones también provienen del frente norte, ver gráfica 5.2.4.8.

**Gráfica 5.2.4.8. Contribución porcentual de PM<sub>10</sub> de suelos con cubierta vegetal**



### 5.2.5 Gases de efecto invernadero

Además de los contaminantes criterio, es necesario evaluar otros contaminantes, como los gases de efecto invernadero (GEI), para tal fin en esta sección se presenta un inventario de las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) generados en la ZMVM debido al consumo de combustibles fósiles. Los resultados de este inventario, toman como referencia el estudio "Inventario de emisiones de gases efecto invernadero asociados a la producción y uso de la energía en la ZMVM" que presenta el grupo de Energía Ambiente del Instituto de Ingeniería de la UNAM a la Comisión Ambiental Metropolitana, el cual presenta dos alternativas de cálculo, en el primero utilizando

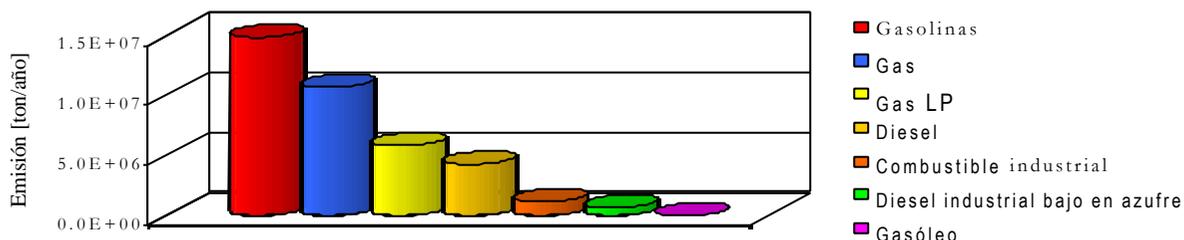
factores de emisión de la USEPA y en el segundo del IPCC<sup>6</sup>. Adicionalmente se anexa la emisión correspondiente a la degradación de los residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios ubicados dentro del área de estudio. Ver tabla 5.2.5.1.

Tabla 5.2.5.1. Inventario preliminar de gases efecto invernadero [ton/año]

Tipo de combustible por sector	IPCC		USEPA	
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
<b>Industrial</b>				
Gas natural	10,577,951	264	9,374,214	189
Gas LP	258,712	4	246,044	4
Gasóleo doméstico	8,207	0	7,941	0
Combustible industrial	1,170,735	45	1,128,789	45
Diesel industrial bajo azufre	660,868	2	639,508	2
<b>Residencial / Comercial</b>				
Gas natural	114,296	2	101,290	2
Gas LP	4,974,548	71	4,730,976	71
<b>Transporte</b>				
Gasolina	14,842,160			
Diesel	4,291,562			
Gas LP	605,938			
<b>Otros</b>				
Rellenos sanitarios			471,100	171,700
<b>Total</b>	<b>37,504,977</b>	<b>388</b>	<b>16,699,861</b>	<b>172,012</b>

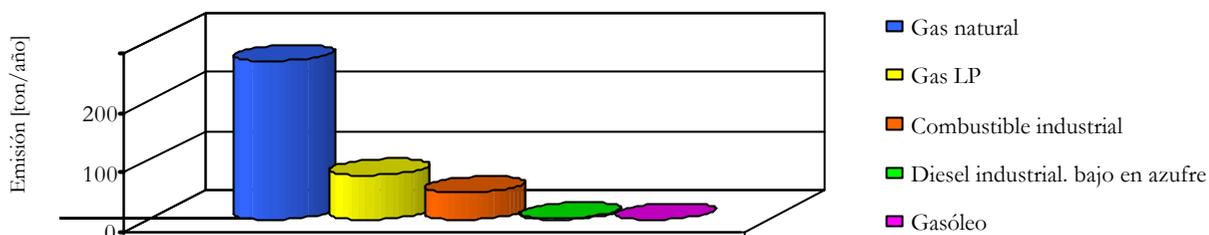
Como se puede apreciar en la gráfica 5.2.5.1, la máxima emisión de CO<sub>2</sub> está directamente asociadas al uso de las gasolinas, seguida del uso de gas natural y gas LP.

Gráfica 5.2.5.1. Distribución de emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible



Referente a las emisiones de CH<sub>4</sub>, la máxima emisión está asociada al consumo de gas natural, seguido por el uso de gas LP, ver gráfica 5.2.5.2.

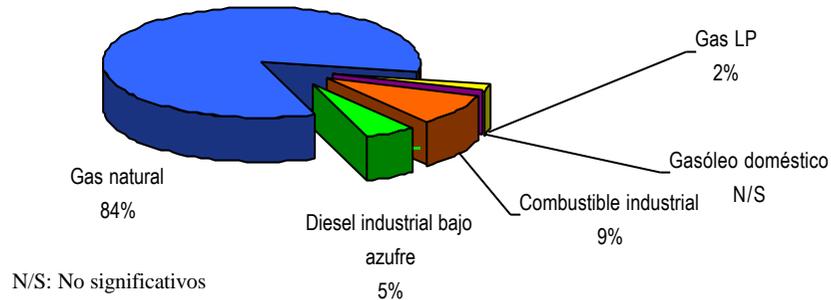
Gráfica 5.2.5.2. Distribución de emisiones de CH<sub>4</sub> por tipo de combustible



<sup>6</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

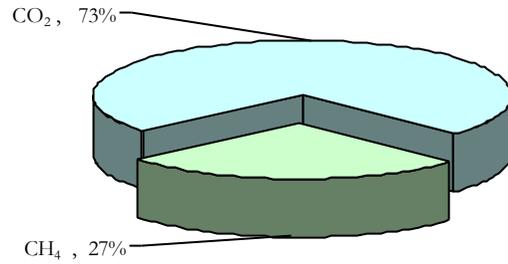
Como se puede observar en la gráfica 5.2.5.3, el consumo de gas natural por el sector industrial contribuye con el mayor porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Gráfica 5.2.5.3. Contribución porcentual de CO<sub>2</sub> Sector Industrial (Calculado por IPCC)**



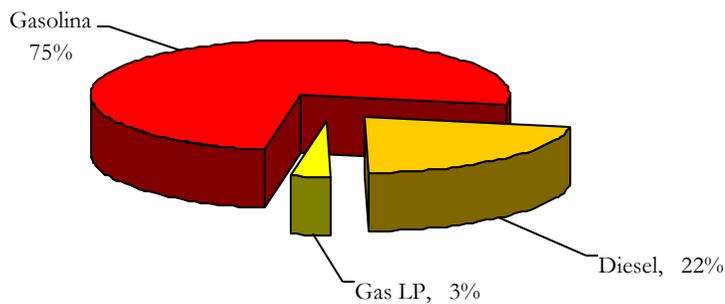
En el sector comercial la mayor contribución a las emisiones de CO<sub>2</sub> proviene del uso del gas licuado de petróleo (gráfica 5.2.5.4).

Gráfica 5.2.5.4. Contribución de CO<sub>2</sub> Sector Comercial (Calculado por IPCC)



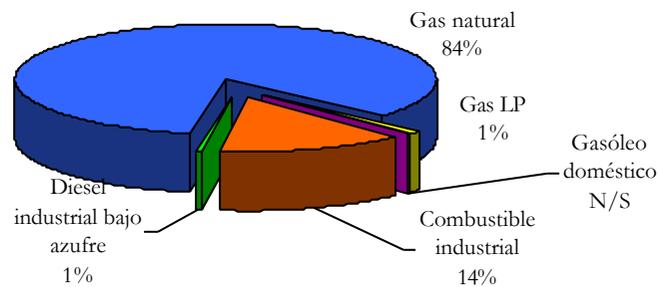
En el sector transporte (gráfica 5.2.5.5), el uso de la gasolina PEMEX Magna ha provocado la mayor emisión de CO<sub>2</sub> contribuyendo con el 75 % de los GEI.

Gráfica 5.2.5.5. Contribución de CO<sub>2</sub> sector transporte (Calculado por IPCC)



Respecto a las emisiones de CH<sub>4</sub> del sector industrial (gráfica 5.2.5.6), se destaca el uso de gas natural, aportando aproximadamente el 84 % de las emisiones.

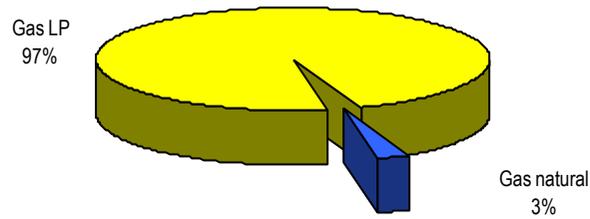
Gráfica 5.2.5.6. Contribución de CH<sub>4</sub> por el sector industrial (Calculado por IPCC)



N/S: No significativo

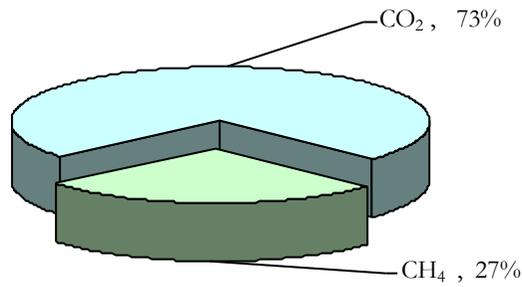
Sin embargo, en el sector residencial (gráfica 5.2.5.7) se destaca el consumo de gas LP como el principal contribuyente a las emisiones de CH<sub>4</sub>.

Gráfica 5.2.5.7. Contribución de CH<sub>4</sub> por el sector residencial (Calculado por IPCC)



Como se puede apreciar en la gráfica 5.2.5.8, el bióxido de carbono es uno de los gases que se emiten en mayor cantidad en un relleno sanitario contribuyendo con 471,100 ton/año.

Gráfica 5.2.5.8. Contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero por la degradación de residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios



## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 6.1 CONCLUSIONES

En la Zona Metropolitana del Valle de México se emiten alrededor de 2.5 millones de toneladas de contaminantes criterio, de estos más del 70% es monóxido de carbono, cerca del 20% son hidrocarburos, más del 8% óxidos de nitrógeno y menos del 2% casi en igual proporción partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  y bióxido de azufre. De estos contaminantes el sector transporte aporta grandes cantidades, contribuye con: el 98% del CO, el 80% de los NO<sub>x</sub>, el 40% de los HC, el 36% de las PM<sub>10</sub> y 21% del SO<sub>2</sub>.

En la ZMVM, se emiten 19.8 mil toneladas de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$ , de las cuales: el 40% es debido a la erosión de los suelos; el 36% a la actividad vehicular, de las cuales las unidades que consumen diesel son las que más contribuyen (28%); el 16% a las fuentes puntuales, de estas la industria de consumo alimenticio, química y productos de consumo varios aportan más del 6%; el 8% a las fuentes de área, debido principalmente a la combustión comercial/institucional e incendios forestales.

De las 22.5 mil toneladas de bióxido de azufre, las fuentes puntuales aportan el 55%, siendo la industria del vestido, química, madera y derivados las que más contribuyen (30%); el 24% lo generan las fuentes de área principalmente por la combustión residencial/institucional; el 21% las fuentes móviles, donde los autos particulares contribuyen con casi el 9%.

Referente al monóxido de carbono, de los 1.8 millones de toneladas que se generan, casi en su totalidad son producto de los procesos de combustión en las fuentes móviles, principalmente de autos particulares, pick up's, microbuses, camiones de carga a gasolina y los taxis, que en suma generan más del 90%.

Se emiten más de 247 mil toneladas de hidrocarburos, de los cuales por la actividad de los autos particulares y por el uso de solventes se emiten más del 33%.

De óxidos de nitrógeno se generan más de 200 mil toneladas, y los autos particulares (23%) junto con los vehículos a diesel mayores a 3 toneladas (13%) son los principales generadores de este contaminante. De las fuentes puntuales es la generación de energía eléctrica la que aporta una mayor emisión de NO<sub>x</sub> (5%).

Aunque se tiene una contribución en peso mayoritaria de monóxido de carbono, las emisiones de este contaminante no son de tal magnitud que provoque una acumulación en el ambiente de este contaminante y repercuta en tener excedencias a su norma de calidad del aire<sup>1</sup>.

A diferencia del monóxido de carbono, las partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  representa menos del 1% de las emisiones totales, pero para este contaminante con frecuencia se presentan excedencias a los límites permisibles establecidos en la norma de calidad del aire<sup>2</sup>.

El bióxido de azufre al igual que las partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  representan menos del 1% de las emisiones totales y en algunas ocasiones también se tienen excedencias a la norma de calidad del aire<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> NOM-021-SSA1-1993 Límite máximo permisible para protección a la salud de la población susceptible 0.11ppm promedio móvil de 8 horas.

<sup>2</sup> NOM-025-SSA1-1993 Límite máximo permisible para protección a la salud de la población susceptible 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio en 24 Hrs.

<sup>3</sup> NOM-022-SSA1-1993 Límite máximo permisible para protección a la salud de la población susceptible 0.13ppm promedio en 24 Hrs.

## Conclusiones y recomendaciones

La contribución másica de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, es importante, ya que representan el 19% y 8% respectivamente de la emisión total y adicionalmente, estos contaminantes intervienen en la formación de ozono, contaminante que excede la mayor parte de los días del año su norma de calidad del aire, es importante señalar que estos contaminantes aún no están normados en México en materia de salud ambiental.

Es recomendable analizar el inventario de emisiones por entidad federativa, debido a que se aprecian tendencias diferentes respecto a la generación de emisiones en cada entidad. Para tal fin se presenta en la tabla 6.1.1 la contribución de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México por sector y contaminante, indicando además el porcentaje de contribución de cada entidad dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México. Debido a que cada contaminante se comporta de diferente manera.

**Tabla 6.1.1. Inventario de emisiones de la ZMVM, 1998**

Fuente	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>			CO			NO <sub>x</sub>			HC		
	[ton/año]		[%]	[ton/año]		[%]	[ton/año]		[%]	[ton/año]		[%]	[ton/año]		[%]
	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM
Puntuales	3,093	36	64	12,442	38	62	9,213	21	79	26,988	16	84	23,980	56	44
Área	1,678	72	28	5,354	52	48	25,960	98	2	9,866	62	38	247,599	51	49
Vegetación y suelos	7,985	N/S	100 <sup>4</sup>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,193	12	88	15,670	12	88
Móviles	7,133	64	36	4,670	67	33	1,733,663	63	37	165,838	65	35	187,773	64	36
<b>Total</b>	<b>19,889</b>	<b>35</b>	<b>65</b>	<b>22,466</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	<b>1,768,836</b>	<b>63</b>	<b>37</b>	<b>205,885</b>	<b>58</b>	<b>42</b>	<b>475,022</b>	<b>55</b>	<b>45</b>

N/A.- No Aplica N/S.- No Significativo; DF.- Distrito Federal, EM.- Estado de México

Con la información generada por el inventario de emisiones de 1998 y tomando como base principalmente las tendencias de crecimiento poblacional, vehicular, y de consumo de combustibles, los factores de emisión utilizados así como las condiciones actuales de las fuentes, se procedió a calcular el siguiente escenario de emisiones para el año 2010.

<sup>4</sup> Los frentes noreste, sureste, sur, suroeste y noroeste también involucran superficies de las delegaciones Venustiano Carranza, Tláhuac, Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco, Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo y Gustavo A. Madero del Distrito Federal que también contribuyen a la emisión de partículas por erosión; sin embargo con la metodología empleada no es posible determinar la contribución exacta por delimitación política ya sea municipio o delegación, por lo que en el caso de emisiones de partículas por suelos la división por entidad federativa no es precisa.



la COA, debido a que en ocasiones contienen datos erróneos o simplemente no se reportan, lo que incrementa el grado de incertidumbre del inventario de emisiones de fuentes puntuales.

El desarrollo del inventario de emisiones, deberá aumentar su nivel de resolución espacial y temporal, esto se refiere a cubrir en lo posible mayor superficie de las entidades involucradas y definir en tiempo a una escala horaria, el nivel de emisiones; en este contexto es de suma importancia desagregar las actividades en los diferentes sectores contaminantes como por ejemplo la categoría de combustión comercial/institucional, y sus sectores definidos en: baños públicos, tortillerías, panaderías, tintorerías, hoteles, centros deportivos y puestos semifijos para los procesos de combustión, entre otros. Como prioridad ésta el desarrollo de factores de emisión de termoeléctricas, vehículos a diesel, y unidades viejas a gasolina.

En ciertas categorías de fuentes de área, se deben identificar alternativas de control de hidrocarburos y regular la actividad mediante el desarrollo de normas; por ejemplo en los establecimientos de lavado en seco impulsar el uso de sistemas cerrados "prevención" y el almacenamiento del solvente residual para su tratamiento y aprovechamiento posterior (control), en conjunto con una norma que regule la emisión permisible de percloroetileno y gas nafta a la atmósfera; implementar un sistema que permita la regulación en la aplicación de pintura automotriz, pintura de tránsito y limpieza de superficies arquitectónicas e industriales, en establecimientos pequeños y más aún con la presencia de eventos de contingencia ambiental.

Uno de los problemas ambientales más frecuentes es la generación de ozono fotoquímico, para ello es necesaria la combinación de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, para éstos últimos se estimó que se generan alrededor de 486 mil toneladas, y más del 50% es producto de las fuentes de área, lo cual hace necesario realizar estudios al menos de aquellas categorías que más emiten, con el fin de precisar su emisión e identificar posibles medidas para el control de la generación de estos contaminantes.

Otro aspecto para mejorar la elaboración de los próximos inventarios es el desarrollo de factores de emisión para la Zona Metropolitana del Valle de México, ya que la mayoría de los factores de emisión que se utilizaron en este inventario han sido desarrollados para las fuentes generadoras de emisiones de los Estados Unidos, tal es el caso de los factores integrados en los modelos PC BEIS y MOBILE, entre otros.

Es necesario proponer alternativas de verificación y validación para los factores de emisión utilizados en aquellos sectores de mayor contribución de contaminantes, por ejemplo el sector de consumo de solventes que genera más del 15% de las emisiones de hidrocarburos. Se propone realizar un balance del consumo de solventes en la ZMVM, que permita identificar los compuestos orgánicos utilizados, así como su reactividad atmosférica asociada con la formación de ozono, con el objeto de validar el factor de emisión y crear alternativas de sustitución o eliminación de compuestos orgánicos en los productos.

Es necesario contar con un programa que determine a nivel metropolitano el parque vehicular circulante; este debe ser capaz de proporcionar la información actualizada anualmente.

Finalmente no menos importante es la homologación de la metodología de cálculo de los contaminantes criterio con la de gases de efecto invernadero y el desarrollo de la metodología para estimar las emisiones de hidrocarburos por especie, de partículas menores a 2.5  $\mu\text{m}$ , amoníaco y otros gases tóxicos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. ANAFAPYT A.C., 1997. Estadísticas de Pinturas y Recubrimientos 1996 México, DF.
2. Begon M, et al, 1995. Ecología, individuos poblaciones y comunidades. Omega.
3. Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad, 1997. Estudio Integral de Transporte y Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México.
4. Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad, 1997, Estudio No. 5 Definición de Políticas de Modernización, Inspección Sustitución, Eliminación definitiva, adaptación de Vehículos y combustibles alternos.
5. CONAPO, Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1990-2010, Septiembre 1998.
6. Conde, T. Castro, 1994. Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México. Reporte técnico para el D.D.F, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México.
7. De las Salas, G., 1987. Suelos y Ecosistemas Forestales. Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola.
8. Emission Factors and Inventory Group/OAQPS Version 7.0. Air pollution emission factors. Chapter 1 External combustion 1.3, 1.4, 1.5. Chapter 4 Evaporation loss sources 4.9, 4.9.1, 4.9.2. EPA 454/C-99-004.
9. Gerardo Álvarez Sánchez y Rodrigo Perrusquía Máximo, 1998. Discusión del Modelo Computacional MOBILE 5<sup>a</sup>.3 para la Determinación de Factores de Emisión de Contaminantes Emitidos por Vehículos Automotores en la ZMCM. ESIQIE, IPN.
10. Grajales, M., 1986. Fisiología Vegetal. Ingeniería Agrícola, FES Cuautitlan.
11. INE, 1982. Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas.
12. INEGI, 1984, 1992, 1994 y 1996. Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares,
13. INEGI, 1995. Clasificación Mexicana de Actividades y Productos.
14. INEGI, 1995. Censo de Población y Vivienda.
15. INEGI, 1986. Carta topográfica 1:250,000 Ciudad de México E14-2.
16. López, R. G., 1990. Sistemática de plantas cultivadas. Universidad Autónoma Chapingo.

17. M. de la Vega/L. Ontiveros, 1997 .“Efecto de los componentes del gas licuado de petróleo en la acumulación de ozono en la atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México. PEMEX Gas y Petroquímica Básica, memoria técnica.
18. Madrigal, S. X., 1980. Instructivo para el estudio Fitoecológico del eje Neovolcánico. INIF.
19. Martínez M., 1985. Los Pinos Mexicanos. Botas.
20. Miranda F., 1990. Los tipos de Vegetación de México y su Clasificación. Colegio de Posgraduados, Chapingo.
21. OCDE, 1995. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. Vol. 3. IPCC.
22. PEMEX Gas y Petroquímica Básica, Memoria técnica del estudio “Efecto de los componentes del gas licuado de petróleo en la acumulación de ozono en la atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México”, M. de la Vega/L. Ontiveros, 1997.
23. Pennington T.D., 1997. Árboles Tropicales de México. United Nations, FAO.
24. Radian International, 1998. Aguascalientes Vehicle Emissions Measurement Study.
25. Rodríguez, C. B., 1996. Botánica sistemática. Universidad Autónoma Chapingo.
26. Rzedowski J., 1991. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol I, II, III.. ENCB, IPN.
27. Samuel, B. J., 1988. Sistemática Vegetal. Mc Graw Hill.
28. Sánchez, S. O., 1980. La Flora del Valle de México. Herrero S.A.
29. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 1988, Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales e Industriales, Subsecretaría de Ecología México, .
30. Secretaría de Energía, 1999. Balance Nacional de Energía 1998. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
31. Secretaría de Energía, 2000. Balance Nacional de Energía 1999. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
32. Secretaria de Energía, 2000. El sector Energía en México Análisis y Prospectivas, Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
33. Secretaria de Energía, 2000. Prospectivas del Mercado de Gas LP 2000-2009. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.

34. Secretaria de Energía, 2000. Prospectivas del Mercado de Gas Natural 2000-2009. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
35. Secretaría de Energía, 1999. Balance Nacional de Energía 1998. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
36. Secretaría de Energía, 2000. Balance Nacional de Energía 1999. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
37. Secretaria de Energía, El sector Energía en México Análisis y Prospectivas, Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México, 2000.
38. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 1998. Inventario de Emisiones a la Atmósfera en la Zona Metropolitana del Valle de México, 1996 107pp.
39. SEMARNAP-INE y Radian International, 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Vehículos Automotores, Volumen No. 6. Fuentes de Área, Volumen No. 5.
40. SEMARNAP-INE, 1993. NOM-PA-CCAT-019/93
41. SEMARNAP-INE, 1994. Norma Oficial Mexicana-085-ECOL-1994
42. SEMARNAP-INE, 1995. Programa de inventario de emisiones para México Manuales y Reportes. Volumen II.
43. SEMARNAP-INE, 1995. Fundamentos de inventarios de emisiones. Volumen III
44. SEMARNAP-INE, 1995. Técnicas de estimación de emisiones. Volumen IV Desarrollo del inventario de emisiones de fuentes puntuales. Volumen VI Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Vehículos Automotores.
45. Sierra Research, Inc., 1994. Evaluation of MOBILE Vehicle Emission Model, June 1994. J.A. Volpe National Transportation Systems Center and U.S. Department of Transportation.
46. Terri L. B., Chris D. G., 1995. User's Guide to the Personal Computer Version of the Biogenic Emissions Inventory System (PCBEIS) Version 2.0; Computer Sciences Corporation, U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC.
47. TÜV Rheinland de México, S.A. de C.V., 2000. Programa para la reducción y eliminación de fugas de gas LP, en las instalaciones domesticas de la Zona Metropolitana del Valle de México.
48. U.S. Environmental Protection Agency, 1996. Office of Environment and Energy. FAA Aircraft Engine Emissions Database (FAEED) Version 2.1.

49. U.S. Environmental Protection Agency, 1990. Background Document For the Surface Impoundment Modeling System (SIMS) Version 2.0. Radian corporation, Research Triangle Park.
50. U.S. Environmental Protection Agency, 1996. Landfill Emissions Estimation Model (LANDFILL), Office of Research and Development, Washington.
51. U.S. Environmental Protection Agency, 1996. Storage Tank Emissions Calculation Software (TANKS) Version 3.0, Emission Factor and Inventory Group Emissions, Monitoring and Analysis Division, Office of Air Quality Planning and Standards.
52. U.S. Environmental Protection Agency, 1990. Background Document For the Surface Impoundment Modeling System (SIMS) Version 2.0, Radian corporation, Research Triangle Park.
53. U.S. Environmental Protection Agency, 1998. Measurement of Exhaust Particulate Matter Emissions from In-Use Light-Duty Motor Vehicles in the Denver, Colorado Area. General Motors R&D Center, Colorado Department of Public Health and Environment, Air Pollution Control Division, Colorado State.
54. U.S. Environmental Protection Agency, May 1994. User's Guide to Mobile5.
55. U.S. Environmental Protection Agency, November 1999. Air Chief Emission Factors and Inventory Group/OAQPS Version 7.0. SCC Source Classification Codes. EPA 454/C-99-004.
56. U.S. Environmental Protection Agency, 1996. Biogenic Sources Preferred Methods Final Report. Area Sources Committee-Emission Inventory Improvement Program. Vol. V, Radian Corporation. Research Triangle Park, North Carolina, 27709.
57. U.S. Environmental Protection Agency-AP-42, 1995. Compilation Air Pollution Emission Factors. Volume I. Stationary Point and Area Sources, Cap. 2.4. Disposal Waste Solid "Landfills" Cap. 3.1 - 3.4 Stationary Internal Combustion Sources, Cap. 4 Evaporation Loss Sources, Cap. 13 Miscellaneous sources. Research Park NC.
58. U.S. Environmental Protection Agency-AP-42, 1999. Air Chief Emission Factors and Inventory Group/OAQPS Version 7.0. Air pollution emission factors. Chapter 1 External combustion 1.3, 1.4, 1.5. Chapter 4 Evaporation loss sources 4.9, 4.9.1, 4.9.2.. EPA 454/C-99-004.
59. William, L. P., 1986. Suelos Forestales. Limusa.

**ANEXO A**  
**MEMORIAS DE CÁLCULO**

## A.1. FUENTES FIJAS

El inventario de emisiones de fuentes puntuales para 1998, está integrado por las emisiones de 6,233 industrias. Es importante mencionar que para fines de cálculo, se utilizaron los datos que proporciona el industrial en la cédula de operación anual (COA). Se calcularon las emisiones de 1,584 industrias con datos de 1998, para el resto de las industrias se tomó la información de la COA entregada más reciente a 1998, esto debido a que existen industrias que no cumplieron con la entrega de la COA que contiene datos del año 1998.

Con base en la información contenida en la COA se realizó el cálculo de las emisiones, utilizando las siguientes técnicas de estimación de emisiones de fuentes puntuales<sup>1</sup>: factores de emisión, medición en la fuente, balance de materiales y los modelos de emisiones.

Las actividades realizadas para estimar las emisiones fueron las siguientes:

- ?? Control de calidad de la información de la COA
- ?? Captura de datos de la COA
- ?? Control de calidad de la captura
- ?? Cálculo de emisiones
- ?? Análisis de resultados

Una parte fundamental del desarrollo del inventario de emisiones de fuentes puntuales, fue la identificación y manejo de la información básica contenida en la COA para realizar el cálculo de la emisión, esta información se divide en:

*Información general (datos de registro):* nombre o razón social de la empresa, dirección, teléfono y croquis de localización, entre otros. Esta información es indispensable para ubicar físicamente a la empresa.

*Información técnica:* Número de empleados, horarios de trabajo, descripción y diagrama de flujo de los procesos, materias primas utilizadas, productos obtenidos, cantidad y tipo de combustible, contaminantes generados, equipos de combustión, equipos de proceso, equipos de control, etc. Esta información es indispensable para realizar el cálculo de las emisiones.

La mayor parte de los cálculos de las emisiones, se realizó considerando los datos de actividad como resultado del análisis de la información de la COA y los factores de emisión de la USEPA.

### A.1.1. Factores de emisión para combustibles fósiles.

---

<sup>1</sup> Para un análisis más detallado de estos métodos, referirse al Volumen III: Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones.

Una parte de las emisiones de la industria son resultado de la combustión de los combustibles fósiles, los contaminantes que se generan son partículas menores a 10 µm (PM<sub>10</sub>), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos (HC), entre otros. A condiciones inapropiadas de una mezcla pobre de aire/combustible, se generan mayores cantidades de emisiones de PM<sub>10</sub>, CO y emisiones de HC; para el caso de las emisiones de SO<sub>2</sub> estas dependen de la concentración de azufre del combustible; y las emisiones de NO<sub>x</sub> dependen principalmente del tiempo de exposición a altas temperaturas en la cámara de combustión, concentración de oxígeno, tamaño y diseño de los equipos de combustión (tipo de quemadores y sistemas de control). Los factores de emisión del AP-42<sup>2</sup>, usados para los cinco contaminantes criterio generados durante el proceso de combustión se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla A.1.1.1. Factores de emisión por combustión con gas natural en calderas > a 100 millones de BTU/hr (> 3000 cc)**

Tipo de control	[kilogramo/millón m <sup>3</sup> ]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>x</sub> *	CO	NO <sub>x</sub>	HC**
Sin control	121.6	9.6	1,344	3,760	176
Quemador de bajo NO <sub>x</sub> (QBN)				2,240	
Recirculación de gases (RG)				1,600	
Quemador tangencial sin control			384	2,720	
Quemador tangencial RG			1,568	1,216	

\*El SO<sub>x</sub>, es principalmente SO<sub>2</sub>

\*\*Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de Compuestos Orgánicos Totales (COT)

**Tabla A.1.1.2. Factores de emisión por combustión con gas natural en calderas < a 100 millones de BTU/hr (< 3000 cc)**

Tipo de control	[kilogramo/millón m <sup>3</sup> ]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>x</sub> *	CO	NO <sub>x</sub>	HC**
Sin control	121.6	9.6	1,344	1,600	176
Quemador de bajo NO <sub>x</sub> (QBN)				800	
Recirculación de gases (RG)				512	
Quemador tangencial sin control			384	2,720	
Quemador tangencial RG			1,568	1,216	

\*El SO<sub>x</sub>, es principalmente SO<sub>2</sub>

\*\*Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de Compuestos Orgánicos Totales (COT)

<sup>2</sup> Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, volume I, Stationary Point an Area Sources.

**Tabla A.1.1.3. Factores de emisión por combustión de gas LP <sup>3</sup> en calderas > 100 millones de BTU/hr > 3000 c.c.**

Compuesto	[kilogramo/ m <sup>3</sup> ]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>x</sub> *	CO	NO <sub>x</sub>	HC**
Butano	0.072	0.0108S	0.432	2.52	0.072
Propano	0.072	0.012S	0.384	2.28	0.06

\*El SO<sub>x</sub> es principalmente SO<sub>2</sub>

\*\*Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de Compuestos Orgánicos Totales (COT)

En el caso de gas LP, "S" es el contenido de azufre expresado en gr/pie<sup>3</sup> de vapor gas.

En México S=0.009 g/m<sup>3</sup> equivalente a 0.0039 gr/pie<sup>3</sup>.

Para aplicar los factores de emisión del combustóleo y diesel, es importante conocer el contenido de azufre ya que esto determina las emisiones de SO<sub>2</sub>. La emisión de partículas depende principalmente del tipo de combustible quemado (los combustibles ligeros emiten menos que los pesados), contenido de cenizas y eficiencia de combustión, las demás emisiones dependen principalmente de la eficiencia de combustión de las calderas, para este caso se consideró un contenido de azufre del 2% para el gasóleo y del 0.5% para el diesel.

**Tabla A.1.1.4. Factores de emisión por combustión de combustóleo, diesel y gasóleo en calderas > a 100 millones de BTU/hr (> 3000 cc)**

<sup>3</sup> El gas LP comercializado en la ZMVM esta compuesto por 60% propano y 40% butano, así como etilmercaptano para la identificación de fugas.

Anexo A

Combustible	Tipo de quemador	Factores de emisión [kg/m <sup>3</sup> ]							% peso Azufre (S)
		PM <sub>10</sub>			SO <sub>x</sub> *	CO	NO <sub>x</sub>	HC**	
		Sin control	Precipitador electrostático	Lavador de gases					
Combustóleo pesado (n° 6 oil fired)	Normal (10100401)	0.79296(S)+0.29196	5.6448E-3(S)+1.8648E-3	0.0672(S)+0.0222	18.84S	0.6	5.64	0.1248	3.8
	Normal QBN (1-01-004-01) (1-02-004-01)						4.8	ND	
	Tangencial (10100404)						3.84	0.1248	
	Tangencial QBN (1-01-004-04)						3.12	ND	
Combustóleo ligero (n° 5 oil fired)	Normal (10100401)	0.8496	6.05E-03	0.072	18S	0.6	5.64	0.1248	3
	Tangencial (10100404)						3.84		
Gasóleo (n° 4 oil fired)	Normal (10100401)	0.59472	4.23E-03	0.0504	18S	0.6	5.64		2
	Tangencial (10100404)						3.84		
Diesel (n° 2 oil fired)	(1-01-005-01)	ND	ND	ND	17.04S	0.6	2.88	ND	0.5
	(1-02-005-01)								
	(1-03-005-01) QBN/RG						1.2		

ND: No disponible

\*El SO<sub>x</sub> es principalmente SO<sub>2</sub>

\*\*Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de compuestos orgánicos totales (COT)

En el caso de gas LP, "S" es el contenido de azufre expresado en gr/pie<sup>3</sup> de vapor gas.

En México S=0.009 g/m<sup>3</sup> equivalente a 0.0039 gr/pie<sup>3</sup>.

**Tabla A.1.1.5. Factores de emisión por combustión de combustóleo, diesel y gasóleo en calderas < 100 millones de BTU/hr (< 3000 cc)**

Combustible	Tipo de quemador	Factores de emisión [kg/m <sup>3</sup> ]						% peso Azufre (S)
		PM <sub>10</sub>		SO <sub>x</sub> *	CO	NO <sub>x</sub>	HC**	
		Sin control	Ciclón múltiple					
Combustóleo pesado (n° 6 oil fired)	1-02-004-01/02/03	0.963648S+0.318348	0.212352S+0.070152	18.84S	0.6	6.6	0.1536	3.8
Combustóleo ligero (n° 5 oil fired)	1-02-004-04	1.03248	0.22752					
Gasóleo (n° 4 oil fired)	1-02-005-04	0.722736	0.159264	18S		2.4	0.03024	2
Diesel (distillate oil fired)	1-02-005-01/02/03	0.12	ND	17.04S				

ND: No disponible

\*El SO<sub>x</sub>, es principalmente SO<sub>2</sub>

\*\*Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de compuestos orgánicos totales (COT)

En combustibles líquidos "S" Indica el contenido en % peso de azufre en el combustible.

Durante el periodo de captura de la cédula de operación anual (COA) se realiza un control de calidad, para determinar que información es correcta y puede utilizarse, con el resultado de esta actividad se obtiene una base de datos que se reanaliza principalmente en los datos que se usan en el cálculo de emisiones. La información mínima para estimar las emisiones de una industria en particular consiste en determinar la capacidad del equipo, el consumo y tipo de combustible, el tipo de quemador y si cuenta con algún sistema de control para los gases de combustión y horarios de operación, ver diagrama A.1.1.1.

Existen conversiones previas a la selección del factor de emisión como en la capacidad térmica del equipo de combustión, las unidades de consumo de combustibles; y la revisión del contenido de azufre en los combustibles, usados conforme a la NOM-086-ECOL94. Para los equipos de control se analiza: si el equipo se encuentra relacionado al punto de generación del contaminante, el tipo de equipo para saber que contaminante controla y eficiencia del equipo. Así toda la información es evaluada, analizada y procesada con la siguiente ecuación:

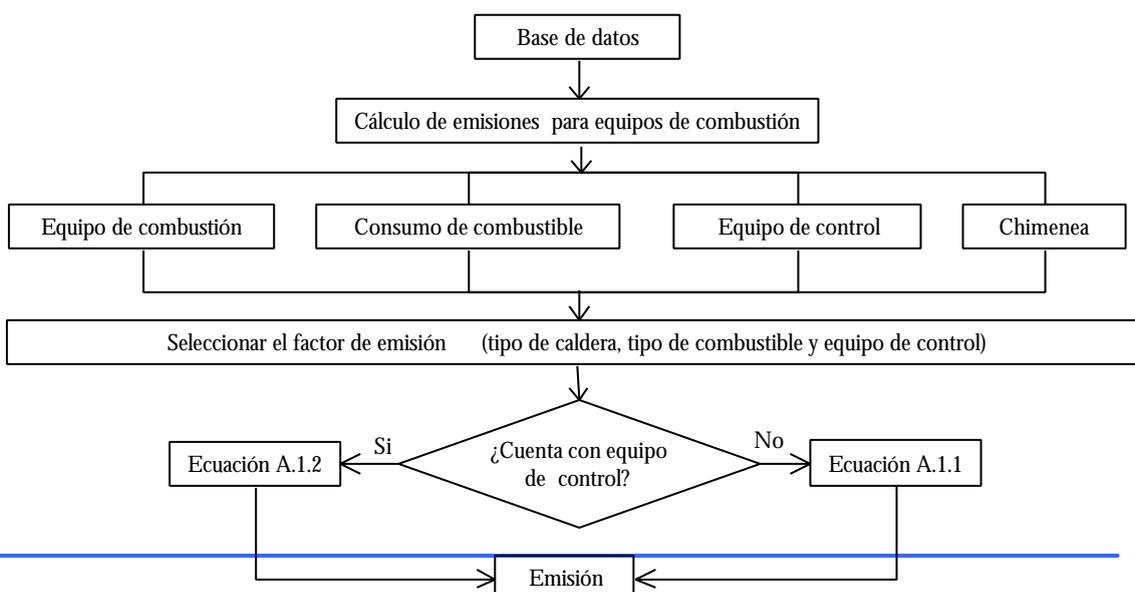
$$E = A \times FE \quad \text{Ecuación A.1.1.}$$

$$E = A \times FE \left( \frac{1-EC}{100} \right) \quad \text{Ecuación A.1.2.}$$

Donde

- E: Emisión de contaminante
- A: Tasa de activada (por ejemplo, consumo de combustibles, cantidad y tipo de materia prima procesada, productos, etc)
- FE: Factor de emisiones, [kg de contaminante emitido por m<sup>3</sup> de combustible]
- EC: Eficiencia total de reducción de emisiones expresada en porcentaje como producto de la eficiencia de un sistema de control que incluye un equipo de captura y de control

Diagrama A.1.1.1. Etapas para el cálculo de emisiones en equipos de combustión



A.1.2. Factores de emisión para procesos.

Para realizar las estimaciones de emisiones en el proceso se pueden utilizar factores de emisión del Source Code Classification (SCC)\* estos representan las cantidades de contaminantes emitidos por cada parte del proceso, a continuación se enlistan estos procesos.

Tabla A.1.2.1. Factores de emisión para la fundición del hierro gris

SCC	Nombre del Proceso.	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NOx	COV <sub>s</sub>	CO	HC	
<b>Fundición de hierro gris - 3321</b>								
3-04-003-01	Horno de cubilote		0.60	0.05	0.09		0.14	Tons. de metal cargado
3-04-003-01	Horno de cubilote	6.20	0.60	ND	ND	73.0		Tons. de hierro gris
3-04-003-02	Horno de reverberación	0.85		2.90	0.08	0.00		Tons. de metal cargado
3-04-003-02	Horno de reverberación		ND	ND	ND	ND		Tons. de hierro gris
3-04-003-03	Horno de inducción eléctrica	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00		Tons. de metal cargado
3-04-003-03	Horno de inducción eléctrica		Neg	ND	ND	Neg		Tons. de hierro gris
3-04-003-04	Horno de arco eléctrico		0.12					Tons. de metal cargado
3-04-003-04	Horno de arco eléctrico	5.80		0.30	0.15	19.0		Tons. de metal cargado
3-04-003-05	Operaciones de templado			0.50	0.05			Tons. procesadas
3-04-003-10	Inoculación	1.60			0.0025			Tons. de metal inoculado
3-04-003-15	Carga manual	0.18	0.00	0.00	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-15	Carga manual							Tons. de hierro producido
3-04-003-20	Vaciado / moldeado	0.94	0.01	0.01	0.06			Tons. de metal cargado
3-04-003-18	Vertido/frío	1.03						Tons. de hierro producido
3-04-003-25	Moldeado en frío	0.70	0.00	0.00	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-31	Moldeado por sacudido	1.12	0.00	0.00				Tons. de hierro producido
3-04-003-31	Moldeado por sacudido				0.60			Tons. de metal cargado
3-04-003-32	Moldeado por golpeo		0.00	0.00	0.60			Tons. de arena manejada
3-04-003-33	Maquina de sacudido		0.00	0.00	0.60			Tons. de arena manejada
3-04-003-40	Esmerilado / limpiado	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00		Tons. de metal cargado
3-04-003-41	Vaciado limpiado de tambores		0.00	0.00	0.00			Tons. de piezas moldeadas limpiadas
3-04-003-42	Vaciado limpiado de desbastadores		0.00	0.00	0.00			
3-04-003-50	Esmerilar con arena / manejo (c. PART)	0.27	0.00	0.00	0.00			Tons. de arena manejada
3-04-003-50	Esmerilar con arena / manejo (c. PART) Casa							
3-04-003-50	Esmerilar con arena / manejo (c. PART)							
3-04-003-51	Hornos de lingoteado (c. PART)	1.11	0.02	0.25	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-52	Esmerilar con arena / manejo	3.00	0.00	0.00	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-53	Hornos de lingoteado	0.45		0.25	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-54	Hornos de lingoteado		0.00	0.00	0.00			Litros de aceite para lingote usados
3-04-003-55	Secado con arena		0.16	0.25	0.00			Tons. de arena manejada
3-04-003-56	Silo de arena		0.17	0.25	0.00			Tons. de arena manejada
3-04-003-57	Elevadores / transportadores		0.00	0.80	0.00			Tons. de arena manejada
3-04-003-58	Pantallas de arena		0.00	0.00	0.00			Tons. de arena manejada
3-04-003-60	Terminado de moldeado (c. PART)	0.00	0.00	0.00	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-70	Máquina lingoteadora de cubiertas		0.16	0.25	0.00			Tons. de lingote producidos
3-04-003-71	Otras máquinas lingoteadoras		0.16	0.25	0.00			Tons. de lingote producidos
3-04-003-98	Otras no clasificadas							Litros
3-04-003-99	Otras no clasificadas							Tons. de metal cargado
<b>Con equipo de control</b>								
3-04-003-01	Lavador húmedo (v otro no listado)							Tons. de hierro producido
3-04-003-	Lavador de alta energía					73.0		Tons. de hierro producido
3-04-003-	Lavador venturi	1.17						Tons. de hierro producido
3-04-003-	Precipitador electrostático							Tons. de hierro producido
3-04-003-	Casa de bolsa	0.38						Tons. de hierro producido
3-04-003-	Lavador (una sola tapa húmeda)							Tons. de hierro producido
3-04-003-	Lavador (impingement)							Tons. de hierro producido
3-04-003-02	Casa de bolsa							Tons. de hierro producido
3-04-003-03	Casa de bolsa							Tons. de hierro producido
3-04-003-04	Casa de bolsa							Tons. de hierro producido

\*SCC estándar clasificación code 1999. Adecuación INE, DF y EdoMéx.

HC calculado como COT

Tabla A.1.2.2. Factores de emisión para la fabricación de plásticos

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV's	CO	HC	
<b>g) Producción de plásticos-productos específicos-2821(f)</b>								
3-01-018-01	PVC y copolímeros	11.51	0.01	100.10	8.51			Tons. de producto
3-01-018-02	Polipropileno y copolímeros: General	1.00		65.56	0.35			
3-01-018-03	Copolímeros etileno-propileno: General							Tons. de producto
3-01-018-05	Resinas fenólicas: General				7.31			
3-01-018-07	<b>Poliétileno (alta densidad): General</b>	0.33						Tons. de producto
3-01-018-08	Almacenamiento de monómero y solventes		0.00	0.00	12.71			
3-01-018-09	Extruder		0.00	0.00	5.51			
3-01-018-10	Recuperador		0.00	0.00	0.23			
3-01-018-11	Almacenamiento		0.00	0.00	0.01			
3-01-018-12	<b>Poliétileno (baja densidad): General</b>	0.33			3.85			
3-01-018-13	Recuperador y sistema de purificación		0.00	0.00	30.03			
3-01-018-14	Extruder		0.00	0.00	30.00			
3-01-018-15	Silo de pelet		0.00	0.00	0.00			
3-01-018-16	Transferencia/manejo/carga/empaquetado		0.00	0.00	0.00			
3-01-018-17	Poliestireno: General				5.56			
3-01-018-18	Reactor				0.00			
3-01-018-19	Recuperador de solventes		0.00	0.00	1.60			
3-01-018-20	Secador de polímeros				0.00			
3-01-018-21	Extrusión/pelletizado/recuperación/almacenamiento		0.00	0.00	0.15			
3-01-018-22	Resinas acrílicas: General				0.60			
3-01-018-27	Resinas poliámidas: General			0.50	0.80			
3-01-018-32	Resinas urea-formaldehidos: General				7.40			
3-01-018-37	Resinas poliéster: General				0.25			
3-01-018-38	Resinas poliéster alquídicas: P. Kettle		0.00	0.00	2.40	0.00		
3-01-018-39	R. polies. alq. Tanq. Adele. Resinas	0.00	0.00	0.00	3.35	0.00		
3-01-018-40	R. polies. alq. Tanq. almacen. Resinas	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00		
3-01-018-42	Resinas melámicas: General				25.02			
3-01-018-47	Resinas epoxicas: General				2.55			
3-01-018-49	R. acrílonitrilo-butadieno-estireno (ABS)				30.03			
3-01-018-52	Polifluorocarbonos: General							
<b>POLIÉTILO (2821 (f))</b>								
3-01-018-60	Sistema de recuperación				20.02			
3-01-018-61	Sistema de purificación				15.01			
3-01-018-63	Extruder		0.00	0.00	15.01			
3-01-018-64	Silo almacenador de pelet		0.00	0.00	0.00			
3-01-018-65	Transferencia/transportación		0.00	0.00	0.00			
3-01-018-66	Empaquetado/distribución		0.00	0.00	0.00			
Tons. R. poliéster alq.								
Tons. solv. para								
1000L R. dil. almacenada								
Tons. de producto								

La siguiente tabla muestra los kilogramos de partículas PM<sub>10</sub> emitidos por cada tonelada de pigmento utilizado en la fabricación de pinturas y los kilogramos de COV's por cada tonelada de recubrimiento producido. Cabe aclarar que la generación de PM<sub>10</sub> está ligada con la cantidad de pigmentos que se manejan para la producción de pinturas; la generación de COV's está ligada en este caso no directamente con la cantidad de material volátil que contiene el recubrimiento en su formulación, sino con los procesos de mezclado donde se preparan los recubrimientos. El factor de emisión para COV's cubre el aspecto de la fabricación de pintura y barniz y no por su aplicación como recubrimiento.

Tabla A.1.2.3. Factores de emisión para fabricación de pinturas y barnices

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV's	CO	HC	
<b>e) Fabricación de pinturas-2852</b>								
3-01-014-01	Mezcla y manejo general (c. PART)		0.00	0.00		0.00		Tons. pintura producida
3-01-014-02	Manejo de pigmentos	8.51	0.00	0.00	0.00	0.00		Tons. de pigmento
3-01-014-03	General:Pérdidas de solventes							Tons. de solvente perdido
3-01-014-04	Almacenamiento de materias primas							100 litros almacenados
3-01-014-99	Otras no clasificadas							Tons. producidas
<b>f) Fabricación de barnices-2851</b>								
3-01-015-01	Adecuación de aceite		0.00	0.00	20.02			Tons. Producidas
3-01-015-02	Oleo resinas		0.00	0.00	75.07			
3-01-015-03	Alquídicas		0.00	0.00	80.08			

Anexo A

3-01-015-05	Acricas		0.00	0.00	10.01		
3-01-015-99	Otras no clasificadas						

Tabla A.1.2.4. Factores de emisión para fabricación de fibras orgánicas

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV's	CO	HC	
<b>j) Fabricación de fibras orgánicas sintéticas - 2824</b>								
3-01-024-01	Poliamidas (e.i. Nylon)	0.01	0.00	0.00	1.95			Tons. de fibra
3-01-024-02	Poliésteres (e.i. Dacron). Hilado				0.05			
3-01-024-02	Poliésteres (e.i. Dacron). Fibra	15.14			0.55			Tons. de producto
3-01-024-05	Polifloruro de carbono (e.i. Teflón)							
3-01-024-10	Acricos (e.i. Orlon). Modacrylic. hilado seco				113.64			Tons. fibra producida
3-01-024-10	Acricos (Or.) Hilado húmedo homopolimero				18.87			Tons. de producto
3-01-024-10	A. (Or.) Hilado húmedo inorganico.				2.50			Tons. fibra producida
3-01-024-10	Acricos (Orlon) Acrylic hilado seco				36.36			
3-01-024-10	A. (Or.) Control: adsorción con carbón				29.09			Tons. de producto
3-01-024-14	Poliolefinas (e.i. polipropileno)				33.00			
3-01-024-15	Vinilicos (e.i. saran)							Tons. de producto
3-01-024-16	Aramidas				3.50			
<b>k) Productos de fibra de vidrio con resina - 3080</b>								
3-08-007-03	Consumo de solvente				324.50			Tons. de solvente
3-08-007-04	Consumo de adhesivo				324.50			Tons. de adhesivo

Tabla A.1.2.5. Factores de emisión para fabricación de hule, productos plásticos

SCC	Nombre del proceso	[Kilogramos/unidad]						Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV's	CO	HC	
<b>l) Hule y productos plásticos misceláneos - grupos principales 30 y 75 manufactura de - 3011 (v)</b>								
3-08-001-01	En cementado cara lat. v área de huella (c.				114.75			100 producidas
3-08-001-02	Vulcanizado por inmersión (c. COV's)				6.65			
3-08-001-03	Vulcanizado de cuerdas				9.15			
3-08-001-04	Construcción de llanta (c. COV's)				36.30			
3-08-001-05	En cementado de área de huella				16.60			
3-08-001-06	Atomización llanta (green tire spraying) (COV's)				150.50			
3-08-001-07	Curado de llanta (c. COV's)							Tons. de solvente
3-08-001-08	Mezclado de solventes				5.40			
3-08-001-09	Almacenamiento de solventes				0.00			100 litros de gasto
3-08-001-10	Almacenamiento de solventes				0.00			
3-08-001-20	En cementado de área de huella v cara lateral				900.89			Tons. de solvente usado
3-08-001-21	En cementado de huella v acabado final				900.89			
3-08-001-22	Vulcanizado final				900.89			
3-08-001-23	Secado final de llanta				920.91			
3-08-001-97	Otros no clasificados							Cada uno
3-08-001-98	Otros no clasificados							litros
3-08-001-99	Otros no clasificados							Tons. de producto

Tabla A.1.2.6. Factores de emisión para fabricación de cal

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]					Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV's	CO	
<b>m) Fabricación de cal - 3274</b>							
3-05-016-01	Triturado primario (c. PART)	0.009		0.00	0.00	0.00	Tons. de piedra caliza
3-05-016-02	Triturado / cribado secundario (c. PART)	0.31		0.00	0.00	0.00	procesada
3-05-016-03	Calcinación: Horno vertical	4.00		4.10	1.40	0.01	Tons. de cal procesada
3-05-016-04	Calcinación: Horno rotatorio	175.17		3.35	1.40	0.00	
3-05-016-05	Horno de calcinación	48.64			0.07	0.00	
3-05-016-06	Horno de cama fluidizada					0.01	Tons. de piedra caliza
3-05-016-07	Transf. v transporte de materia prima (c. PART)	0.40		0.00	0.00	0.00	
3-05-016-08	Vaciado de materia prima (c. PART)	0.10		0.00	0.00	0.00	-----
3-05-016-09	Hidratador atmosférico	0.05		0.00	0.00	0.00	Tons. de cal hidratada
3-05-016-10	Pila de almacenamiento de mat. prima (c. PART)	2.00		0.00	0.00	0.00	Tons. de piedra caliza
3-05-016-11	Enfriador de producto	20.02		0.00	0.00	0.00	Tons. de cal procesada
3-05-016-12	Hidratador a presión	0.05		0.00	0.00	0.00	Tons. de cal hidratada
3-05-016-13	Silo de cal			0.00	0.00	0.00	Tons. de piedra caliza
3-05-016-14	Empacado / embarque	0.13		0.00	0.00	0.00	producida
3-05-016-15	Transferencia de producto y transportación			0.00	0.00	0.00	

3-05-016-16	Cribado primario			0.00	0.00	0.00	
3-05-016-17	Múltiple crisol calcinador			4.10	1.40	0.01	Tons. de cal producida

Tabla A.1.2.7. Factores de emisión para manufacturas de tintas de impresión

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV's	CO	HC	
<b>i)Manufacturas de tintas de impresión-2893</b>								
3-01-020-01	Vehículo de cocimiento: General	0.00			60.06		Tons. Producidas	
3-01-020-02	Vehículo de cocimiento: Aceites	0.00			20.02			
3-01-020-03	Vehículo de cocimiento: Olefinas	0.00			75.07			
3-01-020-04	Vehículo de cocimiento: Alkidalicos	0.00			80.08			
3-01-020-05	Mezcla de pigmentos	0.77			2.81		Tons. de pigmento	
3-01-020-99	Otros no clasificados						Tons. producidas	

Tabla A.1.2.8. Factores de emisión para fabricación de varios productos

SCC	Nombre de proceso	Factores de emisión [kg/unidad]					Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV's	CO	
<b>Preparaciones farmacéuticas-2834</b>							
3-01-060-01	Secadores de vacío				0.21		Cientos de kilogramo de producto
3-01-060-02	Reactores				0.00		
3-01-060-03	Unidades de destilación				5.36		
3-01-060-04	Filtros				0.04		
3-01-060-05	Extractores				0.00		
3-01-060-06	Centrifugas				0.00		
3-01-060-07	Cristalizadores				0.00		
3-01-060-08	Sistemas de escape				0.00		
3-01-060-09	Secadores de aire				0.77		
3-01-060-10	Trasporte / almacenamiento				0.03		
3-01-060-11	Procesos de recubrimiento				100.1		Tons. de solvente
3-01-060-12	Procesos de granulación				100.1		Tons. de solvente
3-01-060-99	Otros no clasificados						Cientos de kilogramo de
<b>Procesamiento de cacahuates - 2076 2079 2099</b>							
3-02-017-99	Otros no clasificados			0.03			Tons. Procesadas
<b>Procesamiento de aceite vegetal- 2046 2074 2076 2079</b>							
3-02-019-06	General: Aceite de Maíz				9.51		Tons. alimentadas al reactor
3-02-019-07	General: Aceite de semilla de algodón				9.01		
3-02-019-08	General: Aceite de frijol de soya				8.01		
3-02-019-09	General: Aceite de cacahuete				10.51		
<b>Procesamiento de aceite vegetal - 2046 2074 2076 2079</b>							
3-02-019-16	Extracción de aceite						Tons. alimentadas al extractor
3-02-019-17	Preparación de harina				0.80		
3-02-019-18	Refinación de aceite				0.35		
3-02-019-19	Pérdidas fugitivas				0.85		
3-02-019-20	Almacenamiento de solvente				0.08		Tons. de semilla
3-02-019-99	Otros no clasificados						Tons. de aceite refinado
<b>Panaderías - 2051 2052</b>							
3-02-032-01	Cocido de pan: Procesos de esponamiento	0.00	0.00	0.00	6.51	0.0	Tons. de pan horneadas.
3-02-032-02	Cocido de pan: Procesos de amasado	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	
3-02-032-99	Otros no clasificados						Tons. de producto
<b>Elaboración de pan en aceite - 2099 2017 2051 2092</b>							
3-02-036-01	Cocido en recipientes: General		0.00	0.00	9.26		Tons. Procesadas
<b>Operaciones de triplay / aglomerados - 2435 2436 2493</b>							
3-07-007-01	General: No clasificados						10*6 m <sup>2</sup> triplay producido 3/8 in
3-07-007-02	Operaciones de lijado		0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-07-007-03	Secado aglomerado	0.18	0.00	0.00	0.00	0.0	
3-07-007-04	Secador de porta tabla						10000 kg secos madgada/emparejada
3-07-007-05	Tabla roca: Secador		0.00	0.15	0.50		Tons. de producto seco
3-07-007-06	Tabla roca: Prosecador		0.00	0.15	0.50		
3-07-007-07	Tabla roca: Presurización		0.00	0.00	0.73		
3-07-007-08	Tabla roca: Templado		0.00	0.00	0.00		
3-07-007-09	Tabla roca: Estufa de secado		0.00	0.05	0.00		
3-07-030-01	Venteo de tolva de almacenamiento de desecho de madera	0.29	0.00	0.00	0.00	0.0	Tons. de desecho de madera
3-07-030-02	Llenado tolva de almacenamiento de desecho de madera	0.60	0.00	0.00	0.00	0.0	

Anexo A

3-07-030-96	Operaciones específicas: Cepillado / lijado					1000 metros cuadrados
3-07-030-97	Operaciones específicas: Cepillado / lijado					Cada uno
3-07-030-98	Operaciones específicas: Cepillado / lijado					1000 metros de tabla
3-07-030-99	Operaciones específicas: Cepillado / lijado					Tons. procesadas

**Tabla A.1.2.9. Factores de emisión para fabricación de varios productos**

SCC	Nombre de proceso	Factores de emisión [kg/unidad]					Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV's	CO	
<b>Fabricación de productos plásticos - 3080</b>							
3-08-007-01	Perforado, extrusión / cortado, etc.		0.00	0.00	6.51		Tons. procesadas
3-08-007-02	Desmoldado		0.00	0.00	0.00		Tons. de producto
3-08-007-03	Consumo de solvente				320.32		Tons. de solvente
3-08-007-04	Consumo de adhesivo				320.32		Tons. de adhesivo
3-08-007-05	Horno de fundición de cera				0.00		Tons. de cera quemada
3-08-009-01	Poliestireno General (moldeo)				24.92		Tons. de resina consumida
<b>Operaciones de electrodeposición 3471</b>							
3-09-010-01	General: Proceso completo						m <sup>2</sup> producto plateado
3-09-010-97	Otros no clasificados						Tons. fabricadas
3-09-010-98	Otros no clasificados						Litros
3-09-011-01	Baño de limpieza alcalina		0.00	0.15	0.00		Tons. procesadas
3-09-011-02	Baño de limpieza ácida		0.30	6.51	0.00		
3-09-011-03	Anodizado en marmita		0.00	0.10	0.00		
3-09-011-04	Enjuague / acabado		0.00	4.00	50.05		
<b>Procesos de depositación metálica - 3400, 5000</b>							
3-09-040-01	Metalización: Cable de atomización		0.00	0.00	170.17		Tons. consumo de metal atomizado
3-09-040-10	Atomización térmica de metal pulverizado		0.00	0.00	0.00		
3-09-040-20	Arco atomización plasma de metal pulverizado		0.00	0.00	65.06		Tons. consumo de metal atomizado
3-09-040-30	Estañado: Proceso batch	1.40					Tons. estaño consumido
<b>Fabricación de ladrillo - 3251</b>							
3-05-003-01	Secado de materia prima	20.52	0.00	0.00	0.00		Tons. de materia prima
3-05-003-02	Molido del material en bruto	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-003-03	Almacenamiento de materia prima	6.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-003-07	Calcinado				0.01		
3-05-003-08	Cribado	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-003-09	Mezclado y combinado		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-003-10	Curado y encendido: Quemado de aserrín en horno de túnel	0.10					Tons. producidas
3-05-003-11	Curado y encendido: Quemado de gas en un horno de túnel	0.01	0.00	0.09	0.02	0.03	Tons. de ladrillos producidos
3-05-003-12	C. y E: Quemado de petróleo en un horno de túnel	0.16	2.00	0.55	0.04	0.06	Tons. producidas
3-05-003-13	Curado y encendido: Quemado de Carbón en horno de túnel	0.24	3.66	0.73	0.01	0.72	
3-05-003-14	C. y E: Quemado de periódico de gas en un horno de túnel	0.02	0.00	0.25	0.01	0.08	
3-05-003-15	C. y E: Quemado de periódico de petróleo en un	0.24	2.95	0.81	0.05	0.10	
3-05-003-16	horno de túnel	5.00	6.07	1.18	0.01	1.20	
3-05-003-98	Otros no clasificados						
<b>Cerámica arcillosa mfg. - 3261</b>							
3-05-008-01	Secado	17.87	1.20	0.80	0.00		Tons. alimentadas al

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998

3-05-008-02	Cribado	32.33	3.70	1.15	0.00		proceso
3-05-008-99	Otros no clasificados						Tons. producidas
<b>Aglomeración de arcilla &amp; cenizas volátiles - 3295</b>							
3-05-009-01	Aglomeración de ceniza volátil	34.03			0.70		Tons. de producto terminado
3-05-009-02	Arcilla / coke aglomeración	10.21			0.70		
3-05-009-03	Arcilla natural / aglomeración cribado	3.06			0.70		
3-05-009-04	Arcilla en bruto/trituración de lutita / cribado (c, PART)	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. de materia prima
3-05-009-05	Arcilla en bruto/transferencia de lutita/transporte (c,PART)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-06	Arcilla en bruto / pila de almacenamiento de lutita		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-07	Aglomerado arcilla/coke triturado de producto/cribado	6.41	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. de producto
3-05-009-08	Aglomerado arcilla/lutita triturado de producto/cribado	5.11	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-09	Estirado de lutita enfriado de clinker		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-10	Almacenamiento de lutita estirada		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-15	Horno rotatorio						Tons. de arcilla procesada
3-05-009-16	Secador	31.33					

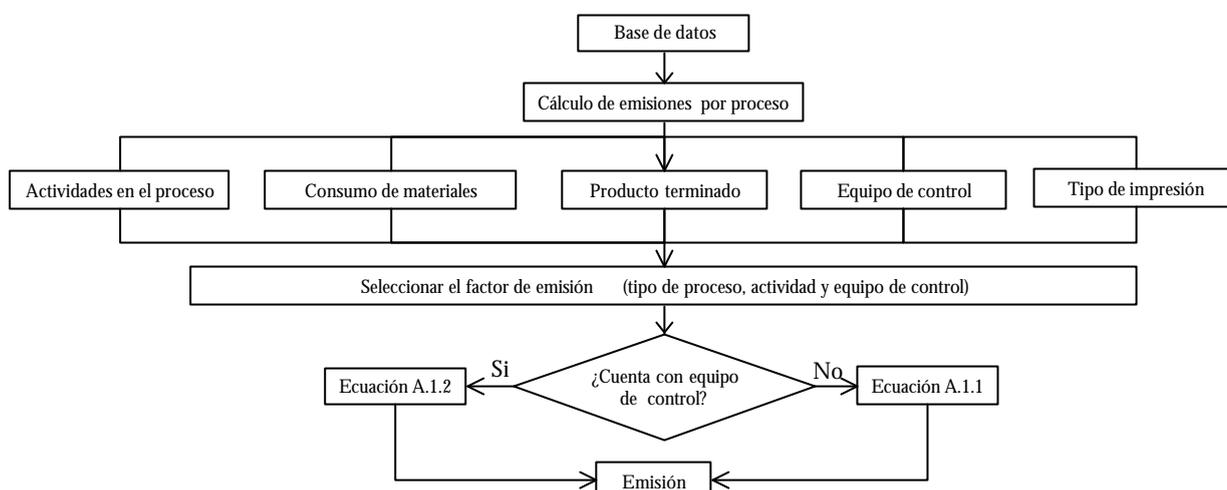
**Tabla A.1.2.10. Factores de emisión para fabricación de varios productos**

SCC	Nombre de proceso	Factores de emisión [kg/unidad]					Unidades
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NOx	COV's	CO	
<b>Dosificación de concreto - 3270 1771 3292</b>							
3-05-011-01	General (no fugitivas)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-05-011-06	Transferencia: Arena / agregados para elevarlos a la	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-011-07	Vaciado de cemento: Tolva de almacenamiento	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-011-08	Peso de tolva: llenado de cemento arena /	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-011-09	Mezclado: llenado de cemento / arena / agregados	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-011-10	llenado de tránsito mezclado en camiones	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-011-11	llenado de Batch - seco en el camión	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	Metros cúbicos concreto
<b>Piedra de cantera / procesamiento - 1411 1422 1423 1429 1499</b>							
3-05-020-01	Triturado primario	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. materia prima
3-05-020-02	Triturado secundario/cribado	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-03	Triturado terciario / cribado	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-04	Retriturado / cribado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-05-020-05	Molino fino	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-06	Operaciones varias: Cribado / transporte / manejo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. materia prima
3-05-020-07	Almacenamiento abierto	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. producto
3-05-020-08	Corte de piedra: general		0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-05-020-09	Depotación: general (c. PART)		0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. materia prima
3-05-020-10	Taladrado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-11	Acarreo						1000 Metros por vehículo
3-05-020-12	Secado	2.50					Tons. de piedra seca
3-05-020-13	Barra de parrillado		0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-05-020-14	Cribado por sacudido		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-15	Cribado por vibración		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-16	Cribadoras giratorias		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-20	Barrenación						Metros perforados
<b>Arena / grava - 1442 1446</b>							
3-05-025-02	Almacenamiento de agregados	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. de producto
3-05-025-05	Formación de pila: Anilador	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. de producto
3-05-025-08	Secador		0.00	0.80	0.00		Tons. de producto

El cálculo de las emisiones por proceso en la industria, consiste en revisar (ver diagrama A.1.1.2.) la información proporcionada en la cédula de operación anual; el diagrama de proceso (elaboración de un producto) por etapas incluido en la COA permite identificar los puntos de generación de emisión, el consumo de materiales por etapa y el producto terminado. Si cuenta con equipos de

control se determina la siguiente información: ¿El equipo se encuentra relacionado al punto de generación del contaminante?, ¿Qué contaminante controla y cual es su eficiencia de control?, lo anterior es suficiente para seleccionar los factores de emisión a utilizar.

Diagrama A.1.1.2. Etapas para el cálculo de emisiones por proceso.



## A.2. FUENTES MOVILES

Para el cálculo de las emisiones de las fuentes móviles, fue necesario integrar y distribuir el total de vehículos existentes en la ZMVM, tal y como se muestra en la tabla A.2.1.

Tabla A.2.1. Distribución del parque vehicular de la ZMVM

ID	Tipo de vehículo <sup>1-5</sup>	No. de vehículo		
		Distrito Federal	Estado de México*	ZMVM
AUTG	Autos Particulares <sup>1</sup>	1,546,595	795,136	2,341,731
TAXG	Taxis <sup>2</sup>	103,298	6,109	109,407
COMG	Combis <sup>3</sup>	3,944	1,555	5,499
MICG	Microbuses <sup>3</sup>	22,931	9,098	32,029
PICG	Pick up's <sup>1</sup>	73,248	262,832	336,080
CAMG	Camiones de carga a gasolina <sup>4</sup>	154,647	-	154,647
V<3D	Vehículos a diesel <3 ton <sup>4</sup>	4,733	-	4,733

1: Oficio SMA/DGPCC/08942/2000 de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación.

2: Bando No. 9 GDF, 2000

3: Oficio DEC-010/2000 SETRAVI 1999.

4: Oficio DRT/0299/2000 SETRAVI-Dirección de Registro Público de Transporte.

5: Programa Integral de Transporte y Vialidad 95-2000, DDF SETRAVI (2000).

5A: Anuario 1998-99 SETRAVI-Dirección General de Autotransporte Urbano.

5B: SMA / DGGAA / J.U.D. De Políticas de Fuentes Móviles

\* Para todos los vehículos del Estado de México, se tomó la información proporcionada por la Secretaría de Ecología del Estado de México (Verificación Estado de México-1999 , y DGTT del Estado de México -1998).

## Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998

TRAD	Tractocamiones a diesel <sup>5</sup>	68,636	2,040	70,676
AUTD	Autobuses a diesel <sup>5A</sup>	9,236	3,269	12,505
V>3D	Vehículos a diesel = 3 ton <sup>1</sup>	28,580	62,360	90,940
CGLP	Camiones de carga a gas LP <sup>5B</sup>	29,968	-	29,968
MOTG	Motocicletas <sup>4</sup>	72,280	424	72,704
	Total	2,118,096	1,142,823	3,260,919

Debido a que el parque vehicular que circula en la ZMVM está muy disperso, en un rango de antigüedad de más de 30 años, fue necesario ampliar la clasificación de la tabla A.2.1. para poder conocer la contribución que cada año modelo tiene al total de las emisiones producidas por las fuentes móviles; por ejemplo los autos modelo 1992 representan el 8% (valor más alto) del total de vehículos, los año modelo 1974 y anteriores el 7%, al igual que los modelos: 1991, 1993, 1994, del resto de los años modelo, el que menos contribuye representa cerca del 1%, que equivale a más de 48 mil vehículos. La ampliación a la clasificación de la tabla A.2.1 incluye una distribución en 25 años anteriores a 1998<sup>5-6</sup>, desde 1974 y anteriores hasta 1998. Solo hay una excepción para las motocicletas, las cuales únicamente se distribuyen en 12 años anteriores a 1998, desde 1987 y anteriores hasta 1998. Ver tablas A.2.2, A.2.3 y A.2.4.

**Tabla A.2.2. Distribución de la flota vehicular por año/modelo en la ZMVM**

Año/modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	TOTAL
1974 y ant.	160,655	628	56	317	15,132	8,389	1,192	17,412	395	14,669	156	0	219,001
1975	38,660	143	25	92	2,922	2,116	145	2,131	117	2,365	85	0	48,800
1976	38,345	140	24	91	18,466	2,270	253	3,698	144	3,073	83	0	66,587
1977	31,234	121	25	124	18,198	2,066	217	3,195	92	2,412	28	0	57,712
1978	38,772	146	27	111	4,554	2,854	253	3,708	76	3,269	98	0	53,868
1979	51,721	186	29	145	5,825	3,885	361	5,288	91	4,401	188	0	72,120
1980	68,936	242	47	114	6,998	5,504	361	5,309	365	4,949	256	0	93,083
1981	83,621	283	106	197	9,272	7,584	72	1,267	232	3,846	827	0	107,306
1982	80,043	269	137	191	9,848	7,048	217	3,215	244	4,565	844	0	106,620
1983	47,398	161	63	159	5,074	2,856	253	3,691	78	2,816	281	0	62,830
1984	56,225	190	102	164	49,586	3,591	470	6,840	226	4,165	457	0	122,016
1985	67,848	508	177	248	6,692	6,572	650	9,469	690	6,280	1,286	0	100,420
1986	66,479	845	238	356	5,946	5,054	253	3,750	181	3,383	691	0	87,176
1987	46,002	1,001	238	435	34,082	4,082	0	26	47	1,038	701	15,483	103,134
1988	64,071	1,524	185	621	20,949	4,348	0	37	117	1,647	399	2,701	96,599
1989	97,224	2,944	384	2,357	8,423	7,046	36	596	273	2,862	867	3,555	126,567
1990	129,321	9,367	552	5,567	9,112	10,164	0	188	1,833	3,167	2,221	3,760	175,252

6: Referencias para la distribución por año-modelo de la flota vehicular en la ZMVM en 1998:

Particulares y Pick Up's: Oficio SMA/DGPCC/08942/200 (padrón vehicular de la ZMVM. desglosado por año modelo y servicio; Autobuses: Oficio 5 SMA/DGPCC/08942/200 (padrón vehicular de la ZMVM desglosado por año modelo y servicio; carga gasolina: Oficio DRPT/0299/2000 Dirección de Registro Público de Transporte; Carga diesel: Oficio DRPT/0299/2000 Dirección de Registro Público de Transporte; Micros: Oficio DEC-010/2000 Dirección de Evaluación y Control SETRAVI; Combis: Oficio DEC-010/2000 Dirección de Evaluación y Control SETRAVI; Taxis: Verificación 2do. Semestre 1999, archivo magnético; Motocicletas: : Oficio DRPT/0299/2000 Dirección de Registro Público de Transporte.

Nota: Para la flota vehicular del Estado de México, se utilizaron las distribuciones por tipo de vehículo proporcionadas por la Secretaría de Ecología del Estado de México (Verificación Estado de México 1999).

Nota: Para la flota de Camiones a gas LP, se utilizó información magnética proporcionada por la J.U.D. De Políticas de Fuentes Móviles de la DGGAA / SMA.

## Anexo A

1991	157,754	17,092	740	9,676	11,598	12,597	0	225	2,610	4,483	2,440	4,615	223,830
1992	182,907	25,044	1,218	8,731	11,169	14,133	0	174	487	4,609	3,334	7,777	259,583
1993	175,213	26,149	598	1,234	11,162	13,208	0	134	517	4,076	2,409	8,121	242,822
1994	167,751	12,054	248	349	9,527	8,683	0	105	2,492	2,773	3,103	8,913	215,998
1995	100,917	4,114	151	208	6,014	5,322	0	65	352	1,822	2,480	3,672	125,116
1996	68,691	1,281	37	137	4,924	2,263	0	29	214	977	1,814	2,788	83,154
1997	123,661	2,245	31	142	38,582	5,862	0	47	337	1,494	1,980	4,733	179,114
1998	198,284	2,730	63	264	12,023	7,151	0	78	294	1,799	2,939	6,587	232,211

**Tabla A.2.3. Distribución de la flota vehicular por año/modelo en el Distrito Federal**

Año/modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	TOTAL
1974 y ant.	78,916	-	2	1	3,642	8,389	1,192	17,290	297	7200	156	-	117,084
1975	20,063	-	9	-	743	2,116	145	2,096	74	873	85	-	26,204
1976	20,081	-	9	-	983	2,270	253	3,668	117	1527	83	-	28,990
1977	15,479	-	4	-	970	2,066	217	3,144	21	1309	28	-	23,237
1978	19,807	-	8	-	1,477	2,854	253	3,668	32	1527	98	-	29,724
1979	27,571	-	4	-	1,896	3,885	361	5,239	32	2182	188	-	41,359
1980	37,375	-	28	1	2,277	5,504	361	5,239	233	2182	256	-	53,457
1981	46,837	-	72	1	3,102	7,584	72	1,048	148	436	827	-	60,127
1982	44,987	-	105	3	3,480	7,048	217	3,144	117	1309	844	-	61,253
1983	26,499	-	36	1	1,690	2,856	253	3,668	42	1527	281	-	36,854
1984	31,542	-	74	-	1,724	3,591	470	6,811	170	2836	457	-	47,675
1985	39,285	288	136	10	2,517	6,572	650	9,431	647	3927	1,286	-	64,749
1986	36,751	616	180	15	2,016	5,054	253	3,668	95	1527	691	-	50,867
1987	27,137	856	174	63	1,425	4,082	0	0	11	0	701	15,184	49,632
1988	39,153	1,332	129	295	2,222	4,348	0	0	64	0	399	2,690	50,633
1989	62,587	2,678	267	1,673	3,120	7,046	36	524	148	218	867	3,542	82,707
1990	88,496	9,053	386	4,598	3,631	10,164	0	0	1601	0	2,221	3,752	123,903
1991	112,657	16,745	466	8,074	4,721	12,597	0	0	2047	0	2,440	4,603	164,349
1992	133,379	24,664	980	7,342	4,273	14,133	0	0	265	0	3,334	7,754	196,124
1993	133,613	25,830	512	731	5,097	13,208	0	0	233	0	2,409	8,118	189,751
1994	128,812	11,755	199	64	4,889	8,683	0	0	2121	0	3,103	8,897	168,522
1995	77,163	3,932	119	23	3,097	5,322	0	0	244	0	2,480	3,672	96,051
1996	51,697	1,151	15	6	2,709	2,263	0	0	106	0	1,814	2,772	62,532
1997	96,175	2,034	9	11	4,888	5,862	0	0	223	0	1,980	4,715	115,897
1998	150,533	2,363	21	19	6,659	7,151	0	0	148	0	2,939	6,582	176,416

**Tabla A.2.4. Distribución de la flota vehicular por año/modelo en el Estado de México**

Año/modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	TOTAL
1974 y ant.	81,739	628	54	316	11,490	-	-	122	99	7,469	-	-	101,917
1975	18,597	143	16	92	2,179	-	-	35	43	1,493	-	-	22,596
1976	18,264	140	15	91	17,483	-	-	30	28	1,546	-	-	37,597
1977	15,755	121	21	124	17,228	-	-	52	71	1,103	-	-	34,475
1978	18,965	146	19	111	3,077	-	-	41	44	1,741	-	-	24,144
1979	24,150	186	25	145	3,929	-	-	48	59	2,219	-	-	30,761
1980	31,561	242	19	113	4,721	-	-	69	132	2,767	-	-	39,626
1981	36,784	283	34	196	6,170	-	-	219	84	3,409	-	-	47,178
1982	35,056	269	32	188	6,368	-	-	71	127	3,256	-	-	45,367
1983	20,899	161	27	158	3,384	-	-	23	36	1,289	-	-	25,977
1984	24,683	190	28	164	47,862	-	-	28	57	1,329	-	-	74,341
1985	28,563	219	41	238	4,175	-	-	38	43	2,353	-	-	35,671
1986	29,728	228	58	341	3,930	-	-	83	85	1,856	-	-	36,310
1987	18,865	145	64	372	32,657	-	-	26	36	1,038	-	299	53,502
1988	24,918	191	56	326	18,727	-	-	37	53	1,647	-	11	45,966
1989	34,637	266	117	684	5,303	-	-	72	124	2,644	-	13	43,860
1990	40,825	314	166	969	5,481	-	-	188	231	3,167	-	8	51,349
1991	45,097	346	274	1,602	6,877	-	-	225	564	4,483	-	13	59,481
1992	49,528	381	238	1,389	6,896	-	-	174	222	4,609	-	23	63,460
1993	41,600	320	86	503	6,065	-	-	134	284	4,076	-	3	53,071
1994	38,939	299	49	285	4,638	-	-	105	372	2,773	-	16	47,476
1995	23,754	182	32	185	2,917	-	-	65	108	1,822	-	-	29,065
1996	16,994	131	22	131	2,215	-	-	29	108	977	-	16	20,622

1997	27,486	211	22	131	33,694	-	-	47	114	1,494	-	18	63,217
1998	47,751	367	42	245	5,364	-	-	78	145	1,799	-	5	55,795

Otra información básica para el cálculo de las emisiones, es el nivel de actividad de los vehículos (kilómetros recorridos promedio), desagregado al mismo nivel de la clasificación vehicular presente en las tablas A.2.2, A.2.3 y A.2.4 para este fin se tomaron como base los datos que presenta la tabla A.2.5.

Tabla A.2.5. Kilómetros recorridos por tipo de vehículo

Clasificación vehicular	[km/día]
Autos particulares	33
Taxis	200
Combis	200
Microbuses	200
Pick up's	60
Camiones de carga a gasolina	60
Vehículos a diesel <3 ton	60
Tractocamiones a diesel	60
Autobuses a diesel	200
Vehículos a diesel = 3 ton	60
Camiones de carga a gas LP	60
Motocicletas	33

Fuente: Estudio No. 5 , Definición de Políticas de Modernización , Inspección, Sustitución, Eliminación Definitiva, Adaptación de Vehículos y Combustibles Alternos, COMETRAVI 1997.

Con los datos del recorrido diario (tabla A.2.5), los días que circularon los vehículos en 1998 (313 días) y el número de vehículos de acuerdo a la distribución por año modelo para el Distrito Federal y el Estado de México, tablas A.2.3 y A.2.4 respectivamente, se obtuvieron los kilómetros recorridos por tipo de vehículo y año modelo en 1998 (KRV), por ejemplo para obtener los KRV de los autos particulares del año modelo 1974 y anteriores del Distrito federal y del Estado de México a partir de la ecuación 1 tenemos lo siguiente:

$$KRV_{ij} = (KD_i) (NV_{ij}) (DA) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde

- KRV<sub>ij</sub>: Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i del año modelo j [km año]
- :
- KD<sub>i</sub>: Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i [km/día]
- NV<sub>ij</sub>: Número de vehículos del tipo i del año modelo j
- DA<sub>i</sub>: Días al año que circulan los vehículos [días / año]

Datos

	Distrito Federal		Estado de México	
	Valor	Fuente	Valor	Fuente
KD <sub>i</sub> [km/día]	33	valor de la celda sombreada de la	33	valor de la celda sombreada de la

Anexo A

		tabla A.2.5		tabla A.2.5
NV <sub>ij</sub> [#]	78,916	valor de la celda sombreada de la tabla A.2.3	81,739	valor de la celda sombreada de la tabla A.2.4
DA <sub>i</sub> [días/año]	313		313	

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 1 tenemos:

$KRV_{AUTG\ 1974\ y\ ant.} = (33) (78,916) (313) = 815,123,364\ km / año$  Distrito Federal

$KRV_{AUTG\ 1974\ y\ ant.} = (33) (81,739) (313) = 844,282,131\ km / año$  Estado de México

Los resultados de este ejemplo corresponden al valor de la celda sombreada de la tabla A.2.6 para el Distrito Federal y A.2.7 para el Estado de México. De igual forma como en el ejemplo anterior se calcularon todos los valores presentes en las tablas A.2.6 y A.2.7.

Tabla. A.2.6. Nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo para el Distrito Federal

Año/Modelo	Millones de Kilómetros recorridos al año [KRV]												TOTAL
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	
1974 y ant.	815	-	0	0	68	158	22	325	19	135	3	-	1,545
1975	207	-	1	-	14	40	3	39	5	16	2	-	326
1976	207	-	1	-	18	43	5	69	7	29	2	-	380
1977	160	-	0	-	18	39	4	59	1	25	1	-	307
1978	205	-	1	-	28	54	5	69	2	29	2	-	393
1979	285	-	0	-	36	73	7	98	2	41	4	-	545
1980	386	-	2	0	43	103	7	98	15	41	5	-	700
1981	484	-	5	0	58	142	1	20	9	8	16	-	743
1982	465	-	7	0	65	132	4	59	7	25	16	-	780
1983	274	-	2	0	32	54	5	69	3	29	5	-	472
1984	326	-	5	-	32	67	9	128	11	53	9	-	639
1985	406	18	9	1	47	123	12	177	40	74	24	-	931
1986	380	39	11	1	38	95	5	69	6	29	13	-	684
1987	280	54	11	4	27	77	-	-	1	-	13	157	623
1988	404	83	8	18	42	82	-	-	4	-	8	28	677
1989	646	168	17	105	59	132	1	10	9	4	16	37	1,203
1990	914	567	24	288	68	191	-	-	100	-	42	39	2,233
1991	1,164	1,048	29	505	89	237	-	-	128	-	46	48	3,293
1992	1,378	1,544	61	460	80	265	-	-	17	-	63	80	3,948
1993	1,380	1,617	32	46	96	248	-	-	15	-	45	84	3,562
1994	1,330	736	12	4	92	163	-	-	133	-	58	92	2,621
1995	797	246	7	1	58	100	-	-	15	-	47	38	1,310
1996	534	72	1	0	51	42	-	-	7	-	34	29	770
1997	993	127	1	1	92	110	-	-	14	-	37	49	1,424
1998	1,555	148	1	1	125	134	-	-	9	-	55	68	2,097
Total	15,975	6,466	247	1,435	1,376	2,904	89	1,289	578	537	563	747	32,206

Tabla. A.2.7. Nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo para el Estado de México

Año Modelo	Millones de Kilómetros recorridos al año [KRV]												Total
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	
1974 y ant.	844	9	3	20	216	-	-	2	6	140	-	-	1,271
1975	192	9	1	6	41	-	-	1	3	28	-	-	280
1976	189	9	1	6	328	-	-	1	2	29	-	-	564
1977	163	8	1	8	324	-	-	1	4	21	-	-	529

## Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998

1978	196	9	1	7	58	-	-	1	3	33	-	-	307
1979	249	12	2	9	74	-	-	1	4	42	-	-	392
1980	326	15	1	7	89	-	-	1	8	52	-	-	500
1981	380	18	2	12	116	-	-	4	5	64	-	-	601
1982	362	17	2	12	120	-	-	1	8	61	-	-	583
1983	216	10	2	10	64	-	-	0	2	24	-	-	328
1984	255	12	2	10	899	-	-	1	4	25	-	-	1,207
1985	295	14	3	15	78	-	-	1	3	44	-	-	452
1986	307	14	4	21	74	-	-	2	5	35	-	-	462
1987	195	9	4	23	613	-	-	0	2	19	-	3	870
1988	257	12	3	20	352	-	-	1	3	31	-	0	680
1989	358	17	7	43	100	-	-	1	8	50	-	0	583
1990	422	20	10	61	103	-	-	4	14	59	-	0	693
1991	466	22	17	100	129	-	-	4	35	84	-	0	858
1992	512	24	15	87	130	-	-	3	14	87	-	0	871
1993	430	20	5	31	114	-	-	3	18	77	-	0	697
1994	402	19	3	18	87	-	-	2	23	52	-	0	606
1995	245	11	2	12	55	-	-	1	7	34	-	-	367
1996	176	8	1	8	42	-	-	1	7	18	-	0	261
1997	284	13	1	8	633	-	-	1	7	28	-	0	976
1998	493	23	3	15	101	-	-	1	9	34	-	0	679
Total	8,213	382	97	570	4,936	-	-	38	205	1,171	-	4	15,617

### Factores de emisión de HC, CO y NO<sub>x</sub>

Las emisiones de hidrocarburos totales (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), se obtuvieron a partir de tres fuentes:

- ?? Para los vehículos a diesel y motocicletas se utilizaron los factores de emisión del modelo computacional Mobile5a.3 MCMA, desarrollado por la USEPA y modificado para la ZMVM por Radian Internacional.
- ?? Para los vehículos a gasolina se utilizaron los factores de emisión medidos por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).
- ?? Para los vehículos a gas licuado del petróleo (GLP), se usaron los factores de emisión reportados en el Greenhouse Gas Inventory Reference Manual Vol. 3, desarrollado por el Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC).

Como ya se mencionó, para el caso de los vehículos a diesel y las motocicletas, se utilizó el modelo Mobile5a.3 con dicho modelo se calcularon los factores de emisión para cada tipo de vehículo y año modelo para los contaminantes antes mencionados. La información proporcionada al modelo se muestra en la tabla A.2.8.

**Tabla A.2.8. Información proporcionada al Mobile5a.3**

Parámetro	Datos Proporcionados
Región	Ciudad a una altitud igual o mayor a 5,550 ft (1,677mts.)
Año calendario a evaluar	Enero 1°. 1999
Velocidad promedio	36 km/hr
Temperatura ambiente	17.0 °C
RVP de gasolina	7.1 psi
Temperatura máxima	27.0°C
Temperatura mínima	11.0°C

El modelo Mobile 5 MCMA tiene 3 bases de datos que contienen información que es representativa del parque vehicular de la ZMVM, dichas bases contienen los siguientes datos:

- ?? Número total de vehículos por tipo, de acuerdo a la clasificación del modelo
- ?? Kilometraje anual promedio recorrido por tipo de vehículo y año modelo
- ?? Porcentaje de vehículos existentes por tipo de vehículo y año modelo

De éstas, la base REGMC.INP se modificó para el cálculo de los factores, quedando como se muestra en la figura A.2.1.

**Figura A.2.1. Archivo REGMC.INP**

```
1 Vcount : LDGV LDGT1 LDGT2 HDGV LDDV LDDT HDDT MC for Mexico City (ELD 1993, DGGAA 1998)
2451,341,216,0,2451,341,174,72
```

En la figura A.2.1 se observa que el archivo REGMC.INP se compone de dos filas, la primera tiene los ocho tipos de vehículos que considera el modelo Mobile 5 MCMA y la segunda el total de vehículos de cada categoría, en este archivo se deben alimentar las cifras en forma de entero y dividido entre 1,000, como se indica en el manual del Mobile 5- México, Documentation and User's Guide.

El archivo de entrada que se utilizó en el modelo Mobile5a.3 se muestra en la figura A.2.2.

**Figura A.2.2. Archivo de entrada al Mobile5a.3: " inv98.run "**

1	PROMPT -
	MOBILE5a.3-MCMA: FACTORES DE EMISION INVENTARIO DE EMISIONES 1998
1	TAMFLG - PORCENTAJES DE MODIFICACION POR DEFAULT.
1	SPDFLG - UNA VELOCIDAD PROMEDIO PARA TODOS LOS TIPOS DE VEHICULOS
1	VMFLAG - USO DE KRV QUE PROPORCIONA EL MOBILE5a.3
4	MYMRFG - DATOS MODIFICADOS PARA LA Z.M.V.M.
5	NEWFLG - SE UTILIZAN LAS BERIS INCLUIDAS EN EL MOBILE5a.3
1	IMFLAG - NO SE APLICA NINGUN TIPO DE PIM
1	ALHFLG - NO SE APLICAN FACTORES DE CORRECCION
1	ATPFLG - SE APLICAN LOS PROGRAMAS DE ANTIMODIFICACION CONTENIDOS EN EL MODELO
1	RLFLAG - SE APLICAN LAS TASAS DE EMISION POR RECARGA DE GASOLINA POR DEFAULT
1	LOCFLG - SE DA SOLAMENTE UN REGISTRO LAP PARA EL ESCENARIO
2	TEMFLG - EL MODELO UTILIZA LA TEMPERATURA AMBIENTE PROPORCIONADA POR EL USUARIO
5	OUTFMT - IMPRIME UN FORMATO CON FACTORES DE EMISION POR TIPO DE VEHICULO Y AÑO MODELO
4	PRTFLG - IMPRIME LOS FACTORES DE EMISION PARA HC, CO Y NOx
1	IDLFLG - OPCION INHABILITADA EN EL MODELO MOBILE5a.3
1	NMHFLG - IMPRIME LOS HC COMO THC
1	HCFLAG - NO SE IMPRIMEN LOS HC DESGLOSADOS
	.13118 .12408 .11737 .11103 .10503 .09935 .09398 .08889 .08409 .07954 LDGV miles
	.07524 .07117 .06733 .06369 .06024 .05698 .05390 .05099 .04823 .04562
	.04600 .04600 .04600 .04600 .04600 .04600
	.15640 .14590 .13610 .12696 .11843 .11048 .10306 .09614 .08968 .08366 LDGT1 miles
	.07804 .07280 .06791 .06335 .05909 .05512 .05142 .04797 .04475 .04174
	.04200 .04200 .04200 .04200 .04200
	.17608 .16217 .14937 .13758 .12671 .11671 .10749 .09901 .09119 .08399 LDGT 2 miles
	.07736 .07125 .06562 .06044 .05567 .05127 .04723 .04350 .04006 .03690
	.03700 .03700 .03700 .03700 .03700
	.18211 .16767 .15437 .14213 .13086 .12048 .11093 .10213 .09403 .08657 HDGV miles
	.07971 .07339 .06757 .06221 .05728 .05273 .04855 .04470 .04116 .03789
	.03800 .03800 .03800 .03800 .03800
	.17825 .16478 .15233 .14081 .13017 .12033 .11124 .10283 .09506 .08788 LDDV miles
	.08123 .07509 .06942 .06417 .05932 .05484 .05069 .04686 .04332 .04005
	.04000 .04000 .04000 .04000 .04000
	.20140 .17572 .15432 .13639 .12133 .10863 .09788 .08877 .08103 .07444 LDDT miles
	.06883 .06405 .05999 .05655 .05365 .05123 .04924 .04763 .04637 .04543
	.04500 .04500 .04500 .04500 .04500
	.17608 .16217 .14937 .13758 .12671 .11671 .10749 .09901 .09119 .08399 HDDV miles
	.07736 .07125 .06562 .06044 .05567 .05127 .04723 .04350 .04006 .03690
	.03700 .03700 .03700 .03700 .03700
	.04786 .04475 .04164 .03853 .03543 .03232 .02921 .02611 .02300 .01989 MC miles
	.01678 .01368 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000
	.00000 .00000 .00000 .00000 .00000
	.046 .046 .039 .057 .092 .094 .089 .075 .060 .043 LDGV
	.027 .019 .026 .028 .022 .018 .030 .031 .025 .015
	.018 .007 .011 .022 .060
	.004 .004 .038 .044 .077 .082 .071 .076 .061 .054 LDGT1
	.036 .024 .033 .040 .026 .026 .056 .050 .036 .018
	.021 .008 .014 .028 .073
	.019 .019 .008 .016 .034 .054 .220 .268 .148 .069 LDGT2
	.019 .013 .014 .014 .009 .007 .012 .012 .009 .009
	.009 .004 .007 .007
	.011 .011 .011 .011 .011 .011 .011 .011 .011 .011 HDGV

Para el cálculo de las emisiones de los vehículos a diesel y motocicletas, con los factores de emisión del Mobile5a.3, se distribuyó dicha flota conforme a la clasificación que utiliza el modelo. De acuerdo a esta clasificación los vehículos a diesel y motocicletas que circulan en la ZMVM quedaron distribuidos como se muestra en la tabla A.2.9.

**Tabla A.2.9. Distribución de vehículos de acuerdo a la clasificación del Mobile5a.3**

Clasificación Mobile5a.3 MCMA	Vehículos en Operación en la ZMVM
-------------------------------	-----------------------------------

## Anexo A

Camionetas ligeras a diesel (LDDT por sus siglas en inglés)	Vehículo a diesel < a 3 ton.
Vehículos pesados a diesel (HDDV por sus siglas en inglés)	Tractocamiones, autobuses y vehículo a diesel > a 3 ton.
Motocicletas (MC)	Motocicletas

Para realizar el cálculo de emisiones para los vehículos a gasolina (exceptuando motocicletas) se tomaron los factores de emisión reportados por el IMP<sup>8</sup>, los cuales están divididos por tipo de tecnología (por año modelo) y de acuerdo a los siguientes tipos de vehículos:

- ?? Vehículos particulares (autos particulares)
- ?? Taxis, Combis, Microbuses
- ?? Pick up's
- ?? Camiones (camiones de carga a gasolina)

De la clasificación anterior tenemos que para homologar con la clasificación vehicular propuesta en estas memorias de cálculo, tenemos que los vehículos particulares corresponden a los autos particulares y los camiones a los camiones de carga a gasolina. La distribución de los factores de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno por tipo de vehículo y por año se presentan en las tablas A.2.10, A.2.11 y A.2.12 respectivamente, las cuales muestran los resultados de la aplicación del modelo Mobile5a.3 para motocicletas y vehículos a diesel, los factores de emisión del IMP y los factores de emisión del IPCC.

**Tabla A.2.10. Factores de emisión para HC por tipo de vehículo**

Año	Factor de emisión para HC [g/km]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.988	5.797	5.797	5.797	3.680	---
1975	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.988	5.797	5.797	5.797	3.680	---
1976	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.975	5.768	5.768	5.768	3.680	---
1977	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.949	5.811	5.811	5.811	3.680	---
1978	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.908	5.818	5.818	5.818	3.680	---
1979	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.895	5.716	5.716	5.716	3.680	---
1980	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.872	5.732	5.732	5.732	3.680	---
1981	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.870	5.709	5.709	5.709	0.280	---
1982	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.846	5.699	5.699	5.699	0.280	---
1983	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.819	5.680	5.680	5.680	0.280	---
1984	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.800	5.679	5.679	5.679	0.280	---
1985	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.782	5.627	5.627	5.627	0.280	---
1986	4.545	4.545	5.651	9.856	4.442	7.448	1.750	5.628	5.628	5.628	0.280	---
1987	4.545	4.545	5.651	9.856	4.442	7.448	1.721	5.608	5.608	5.608	0.280	9.669
1988	4.545	4.545	5.651	9.856	4.442	7.448	1.676	5.578	5.578	5.578	0.280	9.669
1989	3.590	3.590	5.651	9.856	4.442	7.448	1.661	5.574	5.574	5.574	0.280	9.535
1990	3.590	3.590	5.651	9.856	4.442	7.448	1.623	5.557	5.557	5.557	0.280	9.250
1991	2.456	1.841	5.651	9.856	4.442	7.448	1.588	5.523	5.523	5.523	0.280	9.115
1992	2.456	1.841	5.651	9.856	4.442	7.448	1.551	5.479	5.479	5.479	0.280	8.967
1993	1.047	1.841	5.651	9.856	4.442	7.448	0.749	4.150	4.150	4.150	0.280	4.054
1994	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.725	3.690	3.690	3.690	0.280	3.296
1995	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.448	3.494	3.494	3.494	0.280	3.059
1996	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.414	2.994	2.994	2.994	0.280	2.345

<sup>8</sup> Estos factores de emisión son preliminares y experimentales.

1997	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.378	2.998	2.998	2.998	0.280	2.135
1998	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.337	2.990	2.990	2.990	0.280	1.910

Tabla A.2.11. Factores de emisión para CO por tipo de vehículo

Año	Factor de emisión para CO [g/km]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.926	12.767	12.767	12.767	8.000	---
1975	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.926	12.767	12.767	12.767	8.000	---
1976	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.897	12.679	12.679	12.679	8.000	---
1977	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.897	12.753	12.753	12.753	8.000	---
1978	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.831	12.695	12.695	12.695	8.000	---
1979	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.815	12.597	12.597	12.597	8.000	---
1980	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.789	12.551	12.551	12.551	8.000	---
1981	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.786	12.551	12.551	12.551	0.300	---
1982	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.755	12.510	12.510	12.510	0.300	---
1983	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.717	12.460	12.460	12.460	0.300	---
1984	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.688	12.430	12.430	12.430	0.300	---
1985	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.673	12.357	12.357	12.357	0.300	---
1986	39.60	39.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.632	12.316	12.316	12.316	0.300	---
1987	39.60	39.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.598	12.251	12.251	12.251	0.300	37.147
1988	39.60	39.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.576	12.251	12.251	12.251	0.300	37.147
1989	31.40	31.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.516	12.183	12.183	12.183	0.300	36.822
1990	31.40	31.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.489	12.111	12.111	12.111	0.300	36.386
1991	23.70	15.200	59.40	108.10	48.20	80.90	2.438	12.083	12.083	12.083	0.300	35.902
1992	23.70	15.200	59.40	108.10	48.20	80.90	2.391	12.022	12.022	12.022	0.300	35.322
1993	7.300	15.200	59.40	108.10	48.20	80.90	2.336	11.941	11.941	11.941	0.300	25.000
1994	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	2.277	11.202	11.202	11.202	0.300	24.225
1995	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	1.395	10.654	10.654	10.654	0.300	23.626
1996	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	1.368	10.230	10.230	10.230	0.300	22.970
1997	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	1.333	10.127	10.127	10.127	0.300	22.271
1998	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	1.294	10.060	10.060	10.060	0.300	21.528

Tabla A.2.12. Factores de emisión para NO<sub>x</sub> por tipo de vehículo

Año	Factor de emisión para NO <sub>x</sub> [g/km]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.776	17.360	17.360	17.360	2.10	---
1975	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.776	17.360	17.360	17.360	2.10	---
1976	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.764	17.354	17.354	17.354	2.10	---
1977	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.738	17.323	17.323	17.323	2.10	---
1978	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.723	17.303	17.303	17.303	2.10	---
1979	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.700	17.103	17.103	17.103	2.10	---
1980	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.673	17.091	17.091	17.091	2.10	---
1981	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.676	17.076	17.076	17.076	0.50	---
1982	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.656	17.038	17.038	17.038	0.50	---
1983	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.644	17.037	17.037	17.037	0.50	---
1984	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.632	16.950	16.950	16.950	0.50	---
1985	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.599	16.843	16.843	16.843	0.50	---
1986	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.582	16.788	16.788	16.788	0.50	---
1987	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.562	16.716	16.716	16.716	0.50	0.179
1988	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.554	16.623	16.623	16.623	0.50	0.179
1989	2.40	2.400	2.70	4.75	3.370	5.750	1.510	16.573	16.573	16.573	0.50	0.170
1990	2.40	2.400	2.70	4.75	3.370	5.750	1.484	16.516	16.516	16.516	0.50	0.175
1991	2.40	1.480	2.70	4.75	3.370	5.750	1.463	16.425	16.425	16.425	0.50	0.166
1992	2.40	1.480	2.70	4.75	3.370	5.750	1.424	16.309	16.309	16.309	0.50	0.163
1993	1.50	1.480	2.70	4.75	3.370	5.750	1.031	12.795	12.795	12.795	0.50	0.409
1994	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	1.005	11.364	11.364	11.364	0.50	0.408

## Anexo A

1995	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	0.986	10.760	10.760	10.760	0.50	0.407
1996	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	0.962	10.462	10.462	10.462	0.50	0.407
1997	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	0.934	10.446	10.446	10.446	0.50	0.409
1998	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	0.901	10.438	10.438	10.438	0.50	0.409

En las tablas A.2.10, A.2.11 y A.2.12 se tiene un mismo valor para todos los años modelo en combis y microbuses, esto es debido a que las pruebas realizadas por el IMP para estos vehículos fue con años modelo 1991 a 1998, con los cuales se obtuvo un solo factor de emisión representativo de este rango de vehículos, por cada categoría (combis y microbuses) y para cada contaminante (HC, CO y NO<sub>x</sub>). Y también tenemos que para estas categorías el número de combis y microbuses de este rango de años modelo representan el mayor porcentaje del total, por ejemplo:

?? Las combis modelo 1990 a 1996 representan el 64% del total de combis que circulan en la ZMVM.

?? Los microbuses modelo 1990 a 1995 representan más del 80% del total de microbuses que circulan en la ZMVM.

En el caso de los taxis las mediciones realizadas en el IMP fueron para años modelo 1991 a 1998 y para los cálculos del presente inventario se utilizaron los valores obtenidos para dichos años modelo y para el resto se utilizaron los factores de emisión correspondientes a los años modelo de los autos particulares por no contar con mediciones de taxis para los años modelo 1990 y anteriores.

A demás cabe mencionar que las combis y microbuses se caracterizan por ser vehículos a los que se les cambia continuamente el motor por uno nuevo o reconstruido, debido a los altos recorridos diarios que reportan y consecuentemente el rápido desgaste del mismo, por lo tanto, aunque se tengan años modelo anteriores a 1991, se asume que sus emisiones serán muy similares a las del grupo tecnológico utilizado para las pruebas.

### *Cálculo de las emisiones de HC, CO y NO<sub>x</sub>*

Con los datos del nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo, tablas A.2.6, A.2.7 para el Distrito Federal y el Estado de México respectivamente y los factores de emisión, tablas A.2.10 para HC, tabla A.2.11 para CO y tabla A.2.12 para NO<sub>x</sub> se obtuvieron las emisiones de cada contaminante, para cada año modelo y tipo de vehículo en el Distrito Federal y el Estado de México para 1998. Las emisiones reportadas de la ZMVM son la suma del Distrito Federal y el Estado de México.

A continuación se muestra un ejemplo para obtener las emisiones de HC para autos particulares del año modelo 1974 y anteriores para el Distrito Federal y el Estado de México a partir de la ecuación 2.

$$E_{ijk} = (KR_{vij}) (FE_{ijk}) / (1,000,000)$$

Ecuación 2

Donde

- Eijk: Emisión del tipo de vehículo i del año modelo j del contaminante k [ton/año]  
 KRVij: Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i del año modelo j [km/año]  
 Feijk: Factor de emisión del tipo de vehículo i del año modelo j del contaminante k [g/Km]  
 1,000,000 Factor de conversión de gramos a toneladas  
 :

Datos

	Distrito Federal		Estado de México	
	Valor	Fuente	Valor	Fuente
KRV <sub>ij</sub> [km/año]	815,123,364	corresponde al valor sombreado de la tabla A.2.6	844,282,131	corresponde al valor sombreado de la tabla A.2.7
FE <sub>ijk</sub> [g/km]	6.255	corresponde al valor sombreado de la tabla A.2.10	6.255	corresponde al valor sombreado de la tabla A.2.10

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 2, tenemos:

#### Distrito Federal

$$E_{\text{AUTG } 1974 \text{ y ant. HC}} = (815,123,364) (6.255) / 1,000,000 = 5,099 \text{ ton/año}$$

#### Estado de México

$$E_{\text{AUTG } 1974 \text{ y ant. HC}} = (844,282,131) (6.255) / 1,000,000 = 5,281 \text{ ton/año}$$

De esta forma tenemos la emisión de hidrocarburos totales de los autos particulares modelo 1974 y anteriores en la ZMVM.

#### Zona Metropolitana del Valle de México

$$E_{\text{AUTG } 1974 \text{ y ant. HC}} = 5,099 + 5,281 = 10,380 \text{ ton/año}$$

Los resultados de este ejemplo corresponden al valor de la celda sombreada de la tabla A.2.13 para la Zona Metropolitana del Valle de México.

De igual forma como en el ejemplo anterior se calcularon todos los valores presentes en las tablas A.2.13, A.2.14 y A.2.15.

**Tabla A.2.13. Inventario de emisiones de HC por tipo de vehículo en la ZMVM**

## Anexo A

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	10,380	246	20	196	1262	1,173	45	1903	144	1603	11	0
1975	2,498	56	9	57	244	296	5	233	42	258	6	0
1976	2,477	55	9	56	1540	317	9	403	52	335	6	0
1977	2,018	47	9	77	1518	289	8	348	33	263	2	0
1978	2,505	57	10	69	380	399	9	402	27	354	7	0
1979	3,342	73	10	89	486	543	13	569	33	474	13	0
1980	4,454	95	17	71	584	770	13	570	131	531	18	0
1981	4,909	101	37	122	774	1,061	3	136	83	412	4	0
1982	4,699	96	48	118	822	986	8	344	87	489	4	0
1983	2,783	57	22	98	423	400	9	394	28	300	1	0
1984	3,301	67	36	101	4137	502	16	729	81	444	2	0
1985	3,983	181	62	153	558	919	22	1001	243	664	7	0
1986	3,121	240	84	220	496	707	8	396	64	357	4	0
1987	2,160	285	84	269	2843	571	0	3	16	109	4	1546
1988	3,008	434	65	383	1748	608	0	4	41	173	2	270
1989	3,605	662	136	1454	703	986	1	62	95	300	5	350
1990	4,795	2105	195	3435	760	1,422	0	20	638	331	12	359
1991	4,002	1970	262	5970	968	1,762	0	23	902	465	13	435
1992	4,640	2886	431	5387	932	1,977	0	18	167	474	18	720
1993	1,895	3014	212	761	931	1,847	0	10	134	318	13	340
1994	1,814	1389	88	216	334	340	0	7	576	192	16	303
1995	1,091	474	53	128	211	209	0	4	77	120	13	116
1996	743	148	13	84	173	89	0	2	40	55	10	68
1997	1,337	259	11	88	1353	230	0	3	63	84	10	104
1998	2,144	315	22	163	422	280	0	4	55	101	15	130
Total	81,705	15,310	1,945	19,761	24,599	18,683	168	7,587	3,853	9,205	215	4,742

Tabla A.2.14. Inventario de emisiones de CO por tipo de vehículo en la ZMVM

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	126,779	3,003	208	2,145	13,697	12,745	66	4,175	316	3,517	23	0
1975	30,508	683	92	623	2,645	3,215	8	511	93	567	13	0
1976	30,260	671	91	613	16,715	3,449	14	886	115	736	12	0
1977	24,647	579	94	840	16,473	3,139	12	762	73	575	4	0
1978	30,596	697	100	753	4,122	4,337	13	883	60	778	15	0
1979	40,815	887	107	980	5,273	5,903	19	1,251	72	1,041	28	0
1980	54,400	1,160	176	774	6,335	8,362	19	1,251	287	1,166	39	0
1981	48,023	984	392	1,334	8,393	11,522	4	299	182	906	5	0
1982	45,968	937	510	1,290	8,915	10,708	11	755	191	1,072	5	0
1983	27,220	559	234	1,073	4,593	4,339	13	864	61	659	2	0
1984	32,287	660	379	1,110	44,885	5,456	24	1,597	176	972	3	0
1985	38,965	1,767	657	1,675	6,058	9,984	33	2,197	534	1,457	7	0
1986	27,192	2,094	886	2,409	5,383	7,679	12	867	139	782	4	0
1987	18,816	2,481	884	2,946	30,851	6,201	0	6	36	239	4	5,941
1988	26,207	3,778	687	4,202	18,963	6,606	0	8	90	379	2	1,036
1989	31,533	5,787	1,428	15,950	7,624	10,705	2	136	208	655	5	1,352
1990	41,943	18,412	2,051	37,670	8,249	15,443	0	43	1,389	720	13	1,413
1991	38,618	16,263	2,751	65,478	10,499	19,139	0	51	1,974	1,017	14	1,711
1992	44,775	23,830	4,527	59,086	10,110	21,473	0	39	367	1,040	19	2,837
1993	13,211	24,882	2,224	8,350	10,104	20,066	0	30	387	914	14	2,097
1994	12,649	11,470	921	2,364	2,093	7,827	0	22	1,748	583	17	2,230
1995	7,609	3,915	560	1,406	1,322	4,798	0	13	235	365	14	896
1996	5,179	1,219	139	924	1,082	2,040	0	6	137	188	10	661
1997	9,324	2,136	117	963	8,477	5,284	0	9	214	284	11	1,089
1998	14,951	2,598	234	1,784	2,642	6,446	0	15	185	340	17	1,465
Total	822,477	131,453	20,448	216,740	255,503	216,865	249	16,675	9,270	20,956	298	22,729

Tabla A.2.15. Inventario de emisiones de NO<sub>x</sub> por tipo de vehículo en la ZMVM

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	3,485	83	9	94	958	906	40	5,677	430	4,782	6	0
1975	839	19	4	27	185	228	5	695	127	771	3	0
1976	832	18	4	27	1,169	245	8	1,205	157	1,002	3	0
1977	677	16	4	37	1,152	223	7	1,040	100	785	1	0
1978	841	19	5	33	288	308	8	1,205	82	1,062	4	0
1979	1,122	24	5	43	369	420	12	1,698	98	1,414	7	0
1980	1,495	32	8	34	443	594	11	1,704	391	1,588	10	0
1981	1,814	37	18	59	587	819	2	406	248	1,233	8	0
1982	1,736	35	23	57	623	761	7	1,029	260	1,461	8	0
1983	1,028	21	11	47	321	308	8	1,181	84	901	3	0
1984	1,220	25	17	49	3,138	388	14	2,177	240	1,326	4	0
1985	1,472	67	30	74	424	710	20	2,995	728	1,986	12	0
1986	1,442	111	40	106	376	546	8	1,182	190	1,067	6	0
1987	998	132	40	129	2,157	441	0	8	49	326	7	29
1988	1,390	200	31	185	1,326	470	0	11	122	514	4	5
1989	2,410	442	65	701	533	761	1	185	283	891	8	6
1990	3,206	1,407	93	1,655	577	1,098	0	58	1,895	982	21	7
1991	3,911	1,584	125	2,877	734	1,360	0	69	2,684	1,383	23	8
1992	4,534	2,320	206	2,596	707	1,526	0	53	497	1,412	31	13
1993	2,715	2,423	101	367	706	1,426	0	32	414	979	23	34
1994	2,599	1,117	42	104	293	522	0	22	1,773	592	29	38
1995	1,564	381	25	62	185	320	0	13	237	368	23	15
1996	1,064	119	6	41	152	136	0	6	140	192	17	12
1997	1,916	208	5	42	1,188	352	0	9	220	293	19	20
1998	3,072	253	11	78	370	430	0	15	192	353	28	28
Total	47,380	11,093	930	9,524	18,961	15,297	150	22,678	11,640	27,662	308	215

### Emisiones de $PM_{10}$

Para el caso del cálculo de las emisiones de partículas menores a 10 micrones ( $PM_{10}$ ), se utilizaron factores de emisión reportados en el estudio Measurement of Exhaust Particulate Matter Emissions from In-use Light Duty Motor Vehicle in Denver Colorado Area, realizado por la Universidad de Colorado en 1998, los cuales se enlistan en la tabla A.2.16.

**Tabla A.2.16. Factores de emisión para  $PM_{10}$**

Tipo de combustible	Factor de emisión $PM_{10}$ [g/km]
Gasolina	0.029
Diesel	1.5
Gas LP	0.029

Con los datos del nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo, tablas A.2.6. y A.2.7. para el Distrito Federal y el Estado de México respectivamente y los factores de emisión de  $PM_{10}$  (ver tabla A.2.16) se obtuvieron las emisiones para cada año modelo y tipo de vehículo en el Distrito Federal y el Estado de México para 1998. Las emisiones reportadas de la Zona Metropolitana del Valle de México, son la suma del Distrito Federal y el Estado de México. A continuación se muestra un ejemplo de la secuencia de cálculo y obtener las emisiones de  $PM_{10}$  para los autos particulares de los años modelo 1974 y anteriores en el Distrito Federal y el Estado de México a partir de la ecuación 2.

#### Distrito Federal

$$E_{\text{AUTG } 1974 \text{ y ant. } PM_{10}} = (815,123,364) (0.029) / 1,000,000 = 23.6 \text{ ton/año}$$

#### Estado de México

$$E_{\text{AUTG } 1974 \text{ y ant. } PM_{10}} = (844,282,131) (0.029) / 1,000,000 = 24.5 \text{ ton/año}$$

#### Zona Metropolitana del Valle de México

$$E_{\text{AUTG } 1974 \text{ y ant. } PM_{10}} = 23.6 + 24.5 = 48.1 \text{ ton/año}$$

Los resultados de este ejemplo, corresponden al valor de la celda sombreada de la tabla A.2.17 para la Zona Metropolitana del Valle de México.

De igual forma como en el ejemplo anterior se calcularon todos los valores presentes en la tabla A.2.17.

Tabla A.2.17. Inventario de emisiones de PM<sub>10</sub> por tipo de vehículo en la ZMVM

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
>1975	48.1	1.1	0.10	0.6	8.2	4.6	33.6	490.5	37.1	413.2	0.08	0.0
1975	11.6	0.3	0.04	0.2	1.6	1.2	4.1	60.0	11.0	66.6	0.05	0.0
1976	11.5	0.3	0.04	0.2	10.1	1.2	7.1	104.2	13.5	86.6	0.05	0.0
1977	9.4	0.2	0.05	0.2	9.9	1.1	6.1	90.0	8.7	68.0	0.02	0.0
1978	11.6	0.3	0.05	0.2	2.5	1.6	7.1	104.5	7.1	92.1	0.05	0.0
1979	15.5	0.3	0.05	0.3	3.2	2.1	10.2	149.0	8.6	124.0	0.10	0.0
1980	20.6	0.4	0.09	0.2	3.8	3.0	10.2	149.5	34.3	139.4	0.14	0.0
1981	25.0	0.5	0.19	0.4	5.0	4.1	2.0	35.7	21.8	108.3	0.45	0.0
1982	24.0	0.5	0.25	0.3	5.4	3.8	6.1	90.6	22.9	128.6	0.46	0.0
1983	14.2	0.3	0.11	0.3	2.8	1.6	7.1	104.0	7.4	79.3	0.15	0.0
1984	16.8	0.3	0.19	0.3	27.0	2.0	13.2	192.7	21.3	117.3	0.25	0.0
1985	20.3	0.9	0.32	0.4	3.6	3.6	18.3	266.8	64.8	176.9	0.70	0.0
1986	19.9	1.5	0.43	0.6	3.2	2.8	7.1	105.6	17.0	95.3	0.38	0.0
1987	13.8	1.8	0.43	0.8	18.6	2.2	0.0	0.7	4.4	29.2	0.38	4.6
1988	19.2	2.8	0.34	1.1	11.4	2.4	0.0	1.0	11.0	46.4	0.22	0.8
1989	29.1	5.3	0.70	4.3	4.6	3.8	1.0	16.8	25.6	80.6	0.47	1.1
1990	38.7	17.0	1.00	10.1	5.0	5.5	0.0	5.3	172.1	89.2	1.21	1.1
1991	47.3	31.0	1.34	17.6	6.3	6.9	0.0	6.3	245.1	126.3	1.33	1.4
1992	54.8	45.5	2.21	15.9	6.1	7.7	0.0	4.9	45.8	129.8	1.82	2.3
1993	52.5	47.5	1.09	2.2	6.1	7.2	0.0	3.8	48.6	114.8	1.31	2.4
1994	50.2	21.9	0.45	0.6	5.2	4.7	0.0	3.0	234.0	78.1	1.69	2.7
1995	30.2	7.5	0.27	0.4	3.3	2.9	0.0	1.8	33.0	51.3	1.35	1.1
1996	20.6	2.3	0.07	0.2	2.7	1.2	0.0	0.8	20.1	27.5	0.99	0.8
1997	37.0	4.1	0.06	0.3	21.0	3.2	0.0	1.3	31.7	42.1	1.08	1.4
1998	59.4	5.0	0.11	0.5	6.5	3.9	0.0	2.2	27.6	50.7	1.60	2.0
Total	701	199	10	59	183	84	133	1,990	1,174	2,562	16	22

### Emisiones de SO<sub>2</sub>

Las emisiones de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), se calculan mediante un balance de masa, tomando en cuenta las ventas de combustibles y el contenido de azufre, tabla A.2.18 y utilizando las ecuaciones 3 y 4 se obtiene una emisión por tipo de combustible, la cual se distribuye por tipo de vehículo utilizando las fracciones del nivel de actividad por tipo de vehículo de las tablas A.2.6, A.2.7 para el Distrito Federal y el Estado de México respectivamente. Las emisiones reportadas de la ZMVM son la suma del Distrito Federal y el Estado de México.

Tabla A.2.18. Consumo de combustibles y propiedades

Combustible	Ventas en 1998 [m <sup>3</sup> ] <sup>9</sup>	Densidad <sup>9</sup> [ton/m <sup>3</sup> ]	Azufre <sup>10</sup> [%peso]
PEMEX Magna	6,066,650	0.73	0.039
PEMEX Premium	405,110	0.73	0.022
PEMEX Diesel	1,606,913	0.83	0.04
Gas L.P.	53,129*	---	0.14 [kg/ton]*

<sup>9</sup> Fuente: PEMEX Refinación.

<sup>10</sup> Oficio fechado el lunes 21 de junio de 1999 de la Subdirección de Producción de PEMEX Refinación dirigido al Dr. Adrián Fernández Bremauntz, Director General del Instituto Nacional de Ecología.

\* Programa para la reducción y eliminación de fugas de gas LP en instalaciones domésticas,

## Anexo A

TÜV RHEINLAND 2000. El consumo de Gas L.P. está reportado en toneladas para 1998.

A continuación se muestra un ejemplo para obtener las emisiones de SO<sub>2</sub> para los autos particulares del año modelo 1974 y anteriores en la ZMVM a partir de las ecuaciones 3 y 4, los resultados se presentan en la tabla A.2.19.

$$E_{SO_2 i} = (C_i) (P_i) (S_i) 2 \quad \text{Ecuación 3}$$

Ecuación 4

$$E_{SO_2 j} = (KRV_j) / (KRV_i) (E_{SO_2 i})$$

Donde

Abreviatura	Descripción	Valor Magna	Valor Premium
E <sub>SO<sub>2</sub> i</sub> :	Emisión de SO <sub>2</sub> del combustible i [ton/año]	-	-
C <sub>i</sub> :	Consumo de combustible i total [m <sup>3</sup> /año]	6,066,650	405,110
P <sub>i</sub> :	Densidad del combustible i [ton/m <sup>3</sup> ] <sup>A</sup>	0.73	0.73
S <sub>i</sub> :	Contenido de azufre presente en el combustible i [%peso/100] para gasolina y diesel [kg/ton] para gas LP	0.00039	0.00022
2:	Factor de conversión de masa para cambiar de azufre a masa SO <sub>x</sub> (como SO <sub>2</sub> )	-	-
E <sub>SO<sub>2</sub> j</sub> :	Emisión de SO <sub>2</sub> del tipo de vehículo j [ton/año]	-	-
KRV <sub>j</sub> :	KRV del tipo de vehículo j [km/año]	29,150,063,448	14,202,638,674
KRV <sub>i</sub> :	KRV del tipo de combustible i [km/año]	-	-

Nota A: En el caso de GLP no se utiliza la densidad dado que el consumo se reporta en ton/año, y en el caso de la gasolina y diesel éste se reporta en m<sup>3</sup>/año

Sustituyendo los valores de la tabla anterior en la ecuación 3, por tipo de gasolina tenemos:

$$E_{SO_2 (Magna)} = (6,066,650) (0.73) (.00039) 2 = 3,454 \text{ ton/año}$$

$$E_{SO_2 (Premium)} = (405,110) (0.736) (.00022) 2 = 131 \text{ ton/año}$$

Emisión total de SO<sub>2</sub> por consumo de gasolinas en la ZMVM = 3,454 + 131 = 3,585 ton/año

De las tablas A.2.6. y A.2.7.

$$KRV_{\text{vehículos a gasolina DF}} = 29,150,063,448 \text{ km/año}$$

$$KRV_{\text{vehículos a gasolina EdoMéx}} = 14,202,638,674 \text{ km/año}$$

$$KRV_{\text{vehículos a gasolina total}} = 29,150,063,448 + 14,202,638,674 = 43,352,702,122 \text{ km/año}$$

Sustituyendo los valores de la tabla anterior en la ecuación 4, para el Distrito Federal y el Estado de México tenemos:

**Distrito Federal**

$$E_{SO_2} \text{ (AUTG 1974 y ant.)} = (15,974,779,755 / 43,352,702,122) (3,585) = 1,321 \text{ ton/año}$$

**Estado de México**

$$E_{SO_2} \text{ (AUTG 1974 y ant.)} = (8,212,963,063 / 43,352,702,122) (3,585) = 679 \text{ ton/año}$$

**Zona Metropolitana del Valle de México**

$$E_{SO_2} \text{ (AUTG 1974 y ant.)} = 1,321 + 679 = 2,000 \text{ ton/año}$$

La emisión de SO<sub>2</sub> así obtenida se muestra en la tabla A.2.19. (celda sombreada).

**Tabla A.2.19. Inventario de emisiones de SO<sub>2</sub> en la ZMVM**

Clasificación Vehicular	Emisiones de SO <sub>2</sub> [ton/año]
Autos particulares	2,000
Taxis	567
Combis	28
Microbuses	166
Pick up's	522
Camiones de carga a gasolina	240
Vehículos a diesel <3 ton	24
Tractocamiones a diesel	363
Autobuses a diesel	214
Vehículos a diesel = 3 ton	468
Camiones de carga a gas LP	15
Motocicletas	63
<b>Total</b>	<b>4,670</b>

De esta forma las emisiones de contaminantes por tipo de vehículo para 1998 en el Distrito Federal y el Estado de México y la Zona Metropolitana del Valle de México quedaron conformado como se muestra en las tablas A.2.20, A.2.21 y A.2.22 respectivamente.

**Tabla A.2.20. Inventario de emisiones por fuentes móviles en el Distrito Federal, 1998**

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Autos particulares	463	1.321	481.161	30.824	48.854.0
Taxis	188	535	115.200	10.366	13.733
Combis	7	20	14.665	667	1.395
Microbuses	42	119	155.175	6.819	14.148
Pick up	40	114	51.058	3.913	5.035

Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículo < 3 diesel	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,933	353	16,214	22,081	7,389
Autobuses a diesel	867	158	6,846	8,596	2,850
Vehículo a diesel >3 ton	805	147	6,752	9,194	3,077
Camión de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	62	22,575	214	4,704
<b>Total</b>	<b>4,600</b>	<b>3,108</b>	<b>1,087,058</b>	<b>108,429</b>	<b>120,251</b>

Tabla A.2.21. Inventario de emisiones por fuentes móviles en el Estado de México, 1998

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
Autos particulares	238	679	341,316	16,556	32,851.0
Taxis	11	32	16,253	727	1,577
Combis	3	8	5,783	263	550
Microbuses	17	47	61,565	2,705	5,613
Pick up	143	408	204,445	15,048	19,564
Camiones de carga a gasolina	-	-	-	-	-
Vehículo < 3 diesel	-	-	-	-	-
Tractocamiones a diesel	57	10	461	597	198
Autobuses a diesel	307	56	2,424	3,044	1,003
Vehículo a diesel >3 ton	1,757	321	14,204	18,468	6,128
Camión de carga a gas LP	-	-	-	-	-
Motocicletas	-	1	154	1	38
<b>Total</b>	<b>2,533</b>	<b>1,562</b>	<b>646,605</b>	<b>57,409</b>	<b>67,522</b>

Tabla A.2.22. Inventario de emisiones por fuentes móviles en la ZMVM, 1998

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
Autos particulares	701	2,000	822,477	47,380	81,705
Taxis	199	567	131,453	11,093	15,310
Combis	10	28	20,448	930	1,945
Microbuses	59	166	216,740	9,524	19,761
Pick up	183	522	255,503	18,961	24,599
Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículo < 3 diesel	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,990	363	16,675	22,678	7,587
Autobuses a diesel	1,174	214	9,270	11,640	3,853
Vehículo a diesel >3 ton	2,562	468	20,956	27,662	9,205
Camión de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	63	22,729	215	4,742
<b>Total</b>	<b>7,133</b>	<b>4,670</b>	<b>1,733,663</b>	<b>165,838</b>	<b>187,773</b>

### A.3. FUENTES DE AREA

El principal objetivo de inventariar las fuentes de área es contar con herramientas que sirvan para caracterizar las actividades de pequeña magnitud en función a los contaminantes emitidos a la atmósfera, a través de la recopilación de datos demográficos, parámetros económicos, materias primas, combustibles utilizados para la elaboración de bienes y servicios de mayor

demanda en la Zona Metropolitana del Valle de México, y para cuantificar la emisión de contaminantes, utilizando la metodología de balance de materiales, modelos computacionales y factores de emisión más adecuados; como se muestra a continuación.

#### *Distribución y venta de gasolina*

La estimación de emisiones en esta categoría, se ha dividido en tres etapas durante el proceso de distribución y venta de gasolina (DVG) a las estaciones de servicio, considerando en todo momento la eficiencia del sistema de recuperación de vapores (SRV). El SRV es un conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos especialmente diseñados para recuperar y controlar la emisión de los vapores de gasolina producidos en la operación de transferencia de este combustible, que de otra manera, serían libremente emitidos a la atmósfera. La emisión de hidrocarburos totales ( $E_{HCT}$ ) de gasolina, asociada al proceso DVG es la sumatoria de la emisión por etapas, es decir:

$$E_{HCT} = \text{Etapa I} + \text{Etapa II} + \text{Etapa III}$$

Cada etapa se define como:

**Etapa I:** Perdidas por respiración en tránsito (PRT).

Durante el transporte de gasolina ocurren pérdidas por respiración y son ocasionadas por camiones de reparto con fugas, presión en los tanques y efectos térmicos sobre el vapor y sobre el líquido, cuando el carro tanque realiza su recorrido hacia la estación de servicio (con carga) y a la terminal de almacenamiento (sin carga). La estimación de sus emisiones y se realiza con la siguiente ecuación.

$$E_{HC (PRT)} = [0.00125C_g] * [FE(tc) + FE(tv)]$$

Donde

$E_{HC (PRT)}$ : Emisión de HC o pérdidas por respiración en tránsito [ton/año]

$C_g$ : Volumen de gasolina distribuido a las estaciones de servicio [m<sup>3</sup>]

$FE(tc)$ : Factor de emisión por transporte (carro tanque cargado) [kg/m<sup>3</sup>] tabla A.3.1

$FE(tv)$ : Factor de emisión por transporte (carro tanque vacío) [kg/m<sup>3</sup>] tabla A.3.1

**Etapa II:** Perdidas por transferencia de gasolina al tanque de almacenamiento (PTGTA).

La emisión de HC, asociada a la transferencia de gasolina al tanque de almacenamiento, se ven afectadas por el hecho de que el tanque de la estación de servicio esté equipado para ser llenado por sumergido, por barboteo o por balance; por lo tanto, se debe obtener información acerca de la fracción de estaciones que aplica cada método de llenado. Una segunda fuente de emisión; es la respiración de los tanques, esta, ocurre diario y se atribuye a la frecuencia con la que se retira gasolina del tanque subterráneo, permitiendo la evaporación de la gasolina y la entrada de aire fresco que aumenta su evaporación.

Las emisiones por PTGTA, son estimadas con la siguiente ecuación modificada:

$$E_{HC (PTGTA)} = [0.00015Cg] * [6.66FE(bv) + FE(rts)]$$

Donde

- $E_{HC (PTGTA)}$ : Emisión por transferencia de gasolina al tanque de almacenamiento [ton/año]
- $Cg$ : Volumen de gasolina distribuido a las estaciones de servicio [m<sup>3</sup>]
- $FE(bv)$ : Factor de emisión (balance de vapores) en la recarga del tanque de almacenamiento [kg/m<sup>3</sup>] tabla A.3.1
- $FE(rts)$ : Factor de emisión (respiración del tanque subterráneo) [kg/m<sup>3</sup>] tabla A.3.1

**Etapas III: Recarga de gasolina a vehículos automotores (RGVA).**

Las emisiones producidas en la recarga de gasolina a vehículos automotores provienen de los vapores desplazados por la gasolina cuando es suministrada al tanque de almacenamiento del vehículo automotor.

La emisión por la RGVA se estima con la siguiente ecuación:

$$E_{HC (RGVA)} = [0.00015Cg] * [FE(bd)]$$

Donde

- $E_{HC (RGVA)}$ : Emisión de HC por la RGVA [ton/año]
- $Cg$ : Volumen de gasolina distribuido a las estaciones de servicio [m<sup>3</sup>]
- $FE(bd)$ : Factor de emisión en la RGVA por la (bomba despachadora) [kg/m<sup>3</sup>] tabla A.3.1

**Tabla A.3.1. Factores de emisión para HC en distribución y venta de gasolina**

Factores de emisión [kg /m <sup>3</sup> ]				
FE(tc)	FE(tv)	FE(bv)	FE(rts)	FE(bd)
0.000599	0.00659	0.04	0.120	0.132

Fuente: AP-42, 1995

La emisión asociada a la actividad, se estimó a través del volumen de gasolina<sup>6</sup> distribuido a las estaciones de servicio ubicadas en la ZMVM y que fue de 5,720,000 m<sup>3</sup>. Sustituyendo en las ecuaciones por etapas, el consumo de gasolina y los factores de emisión correspondientes de la tabla A.3.1 se obtuvieron los resultados de la tabla A.3.2.

**Tabla A.3.2. Inventario de emisión de HC en estaciones de servicio de la ZMVM, 1998**

Emisiones por etapa [ton/año]			
I	II	III	Total
51	332	113	496

*Almacenamiento masivo de combustibles*

<sup>6</sup> Información proporcionada por PEMEX Refinación.

La emisión de hidrocarburos totales por fugas en los tanques de almacena masivo de líquidos orgánicos (Propiedad de PEMEX), se estima mediante el programa TANKS<sup>7</sup>. El sistema permite al usuario integrar la información específica acerca del tanque de almacenamiento (dimensiones, construcción y condición de la pintura), el líquido contenido (componentes químicos, volumen y temperatura) y la ubicación del tanque (ciudad principal más cercana y temperatura ambiente). Las características del informe del programa TANKS, incluyen la estimación de emisiones mensual, anual o la resolución temporal que asigne el usuario, el mismo usuario deberá realizar una corrida especial para cada componente químico o mezcla de químicos que se encuentre almacenado en un tanque. La Versión 3.0 del TANKS, mantiene la consistencia de la metodología de la USEPA para el cálculo de emisiones.

El almacenamiento de gasolina PEMEX-Magna, PEMEX-Premium, PEMEX-Diesel son los fluidos que serán evaluados en esta sección; la información de actividad es proporcionada por PEMEX refinación<sup>8</sup> y se muestra en la tabla A.3.3.

**Tabla A.3.3. Características de los tanques de almacenamiento de gasolina propiedad de PEMEX en la ZMVM, 1998**

Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)			
Clave del tanque	TV-1	TV-2	TV-3
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico	Fijo cónico	Fijo con membrana cónica
Producto almacenado	PEMEX-Magna	Recuperado	PEMEX-Magna
Diámetro del tanque	40.84 [mts]	9.15[mts]	18.2[mts]
Altura de operación	10.88[mts]	10 [mts]	10 [mts]
Altura de diseño	11.39[mts]	12.2[mts]	12.2[mts]
Capacidad de operación	89,410[bls]	5,000[bls]	20,000[bls]
Capacidad de diseño	100,000[bls]	5,740[bls]	37,892[bls]
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio	Blanco en buen estado	
Volumen bombeado	319,551[bls]	290,682[bls]	712,531[bls]
Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)			
Clave del tanque	TV-4	TV-5	TV-6
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	PEMEX-Magna	PEMEX-Premum	Turbosina
Diámetro del tanque	40.84 [mts]		
Altura de operación	11.16[mts]	11.44 [mts]	
Altura de diseño	11.65[mts]		
Capacidad de operación	91,251[bls]	94,115[bls]	
Capacidad de diseño	100,000[bls]		

7 USER/S GUIDE to TANKS V.3.1; Emission Factor and Inventory Group, Emissions, Monitoring, and Analysis Division, Office of Air Quality Planning and Standards; U.S. EPA

8 Gerencia comercial Zona Valle de México.

Anexo A

Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio		
Volumen bombeado	758,461[bls]	110,245[bls]	274,936[bls]
<b>Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)</b>			
Clave del tanque	TV-8	TV-9	TV-10
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	PEMEX-Magna		PEMEX-Premium
Diámetro del tanque	40.84 [mts]		
Altura de operación	11.14[mts]		
Altura de diseño	11.65[mts]		
Capacidad de operación	91,230[bls]	91,220[bls]	91,240[bls]
Capacidad de diseño	100,000[bls]		
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio		
Volumen bombeado	574,661[bls]	726,105[bls]	120,353[bls]

<b>Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)</b>			
Clave del tanque	TV-12	TV-13	TV-14
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	PEMEX-Diesel		
Diámetro del tanque	40.84 [mts]		
Altura de operación	11.14[mts]		
Altura de diseño	11.65[mts]		
Capacidad de operación	91,405[bls]	91,297[bls]	
Capacidad de diseño	100,000[bls]		
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio		
Volumen bombeado	322,218[bls]	143,009[bls]	267,054[bls]
<b>Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)</b>			
Clave del tanque	TV-15	TV-16	TV-17
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	Combustible industrial		PEMEX-Premium
Diámetro del tanque	22.35 [mts]	18.29[mts]	
Altura de operación	10.55[mts]	8.73[mts]	
Altura de diseño	11.23[mts]	11.28[mts]	
Capacidad de operación	25,996[bls]	26,008[bls]	14,384[bls]
Capacidad de diseño	30,000[bls]	20,000[bls]	
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio	Blanco en buen estado	
Volumen bombeado	88,261[bls]	106,188[bls]	27,871[bls]
<b>Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)</b>			
Clave del tanque	TV-18	TV-19	

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998

---

Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	PEMEX-Premium	Recuperado	
Diámetro del tanque	18.29 [mts]	12.95[mts]	
Altura de operación	8.73[mts]	6.58 [mts]	
Altura de diseño	11.28[mts]	11.65[mts]	
Capacidad de operación	14,394[bls]	5,450[bls]	
Capacidad de diseño	20,000[bls]	10,000[bls]	
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio		
Volumen bombeado	26,638[bls]	4,095[bls]	
<b>Terminal de almacenamiento y distribución Satélite Oriente (TADSO)</b>			
Clave del tanque	TV-2	TV-3	TV-8
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana cónica		
Producto almacenado	PEMEX-Premium	PEMEX-Diesel	PEMEX-Magna
Diámetro del tanque	30.48 [mts]	22.39[mts]	33.99[mts]
Altura de operación	6.9[mts]	7.3[mts]	
Altura de diseño	12.565[mts]	9.339[mts]	
Capacidad de operación	27,142[bls]	20,223[bls]	46,189[bls]
Capacidad de diseño	35,000[bls]	55,000[bls]	
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Blanco en buen estado		
Volumen bombeado	49,057[bls]	196,226[bls]	981,132[bls]

<b>Terminal de almacenamiento y distribución Satélite Oriente (TADSO)</b>	
Clave del tanque	TV-6
Tipo de tanque	Vertical
Tipo de techo	Fijo cónico
Producto almacenado	Recuperado
Diámetro del tanque	9.15 [mts]
Altura de operación	6.90[mts]
Altura de diseño	12.58[mts]
Capacidad de operación	2,800[bls]
Capacidad de diseño	5,000[bls]
Pintura del tanque	Blanco en buen estado
Pintura del techo	Blanco en buen estado
Volumen bombeado	50[bls]
Tipo de construcción	Soldado
Tipo de sellos	Sin sello
SopORTE del techo	Autosoportado

## Anexo A

Terminal de almacenamiento y distribución Satélite Norte (TADSN)				
Clave del tanque	TV-3	TV-5	TV-6	
Tipo de tanque	Vertical			
Tipo de techo	Fijo con membrana cónica			
Producto almacenado	PEMEX -Diesel	PEMEX-Magna	Recuperado	
Diámetro del tanque	40.84 [mts]		18.2[mts]	
Altura de operación	10.38[mts]	7.31[mts]	5.5[mts]	
Altura de diseño	12.5[mts]			
Capacidad de operación	84,737[bls]	60,000[bls]	9041[bls]	
Capacidad de diseño	100,000[bls]		20,000[bls]	
Pintura del tanque	Blanco en buen estado			
Pintura del techo	Blanco en buen estado			
Volumen bombeado	211,107[bls]	583,000[bls]	524[bls]	
Terminal de almacenamiento y distribución Satélite Sur (TADSS)				
Clave del tanque	TV-3	TV-5	TV-6	TV-8
Tipo de tanque	Vertical			
Tipo de techo	Fijo con membrana cónica			
Producto almacenado	PEMEX -Diesel	Recuperado	PEMEX -Magna	PEMEX -Magna
Diámetro del tanque	18.2 [mts]	9.15[mts]	18.2[mts]	
Altura de operación	10[mts]			
Altura de diseño	12.2[mts]			
Capacidad de operación	18,496[bls]	5,000[bls]	20,000[bls]	37,892[bls]
Capacidad de diseño	20,000[bls]	5,740[bls]	37,892[bls]	40,000[bls]
Pintura del tanque	Blanco en buen estado			
Pintura del techo	Blanco en buen estado			
Volumen bombeado	93,270[bls]	50[bls]	674,160[bls]	80,602[bls]

**Nota**

- (1) Todos los tanques cuentan con el tipo de sellos Wipper, excepto los tanques TADSS-TV5; TADAZC-TV19, los cuales no tienen sello)
- (2) La unión en la construcción de los tanques es soldada.
- (3) Los soportes del techo son autosoportados.
- (4) Los tanques cuentan con: accesorios para sistemas de tele medición, tubo difusor de flujo, sistema de tierras, boquillas de purga, cámara de espuma, línea de inyección subsuperficial, anillos de enfriamiento, registros de hombre.

El modelo proporciona diferentes pantallas de entrada de datos para cinco diferentes tipos de tanques y existen cuatro categorías de información aplicables a cada uno de ellos, por lo que, para su mayor comprensión en el uso y aplicación de este programa, sugerimos la revisión del manual del usuario TANKS 3.0. En la figura A.3.1 se muestra el contenido de los datos de entrada al modelo y el reporte de emisión generado por el tanque TV-2 ubicado en la terminal de almacenamiento y distribución satélite oriente (TADSO-TV2-1998).

Figura A.3.1. Reporte típico del TANKS PROGRAM

TANKS PROGRAM 3.1		EMISSIONS REPORT - SUMMARY FORMAT							
TANK IDENTIFICATION AND PHYSICAL CHARACTERISTICS									
<b>Identification</b>		<b>Paint Characteristics</b>							
Identification .:	TADSO-TV2-1998	Shell condition	Lightrus						
City:	México Distrito	Shell shade	whiteWhite						
State	DF	Shell paintcondition	Good						
Company	PEMEX	Roof shade	WhiteWhite						
Type of tank	Internafloatingroof	RoofCondition	Good						
Descriptió									
<b>Tank dimensions</b>		<b>Rim-SealSystem</b>							
Diameter(ft):	100.00	Primaryseal:	Liquid-						
Volume (gallons):	323,741.0		Secondaryseal: none						
Turnovers	21.7	Decktype	Welded						
<b>Deck Characteristics</b>									
DeckfittingategorTypical									
<b>Deck fitting / status</b>						<b>Quantity</b>			
Vacum breaker (10-in. Diam.) / weightedmech. Actuación, gask.						1			
Sample pipeor well (24-in. Diam.) / slit fabricseal 10% open						1			
Roofleg or hanger well/adjustable						32			
Leader well (36 -in. Diam.)/slidingcover, ungasketed						1			
Columnwell (24 -in. Diam.)/built -up col. -slidingcover, ungask						6			
Automatic gauge float well /unboltedcover, ungasketed						1			
Access hatch (24-in. Diam.) /unboltedcover, ungasketed						1			
Meteorological dataused inemissioncalculations: México DF.Distrito_Federal Avg atmosphricpressure = 11.3 psia)									
		Daily liquid surf. Temperatures (deg F)			liquid bulk temp. (deg F)	Vapor pressures (psia)		Vapor mol weight	
Mixture/component	Month	Avg.	Min.	Max.	F)	Avg.	Min.	Max.	weight
Gasoline (RVP 7)	All	52.02	51.11	52.93	52.02	2.95	N/A	N/A	68
<b>Annual emissions report</b>									
Liquid contents	Losses (lbs.):	Rim-seal	Deck-fitting	Deck-seam	Total standing	total			
Gasoline (RVP 7)	14.18	822.7	3491.65	0	4314.43	4328.61			
total	14.18	822.7	3491.65	0	4314.43	4328.71			

Fuente: TANKS program 3.1

El dato sombreado en la figura A.3.1 (4,328.71 lb/año, equivalente a 1.96755 ton/año) es la emisión de hidrocarburos de gasolina "Premium" emitido a la atmósfera. Se realizó una corrida especial para cada uno de los tanques y la tabla A.3.4 muestra la emisión generada por tipo de combustible almacenado en un tanque específico de la terminal de almacenamiento y distribución correspondiente.

**Tabla A.3.4. Inventario de emisiones de HC por almacenamiento masivo de combustibles en la ZMVM, 1998**

Terminal de almacenamiento	Clave de identidad del tanque	Combustible almacenado	Emisión de HC [ton/año]
Satélite oriente "TADSO"	TV-2	Premium	1.96755
	TV-3	Diesel	0.2028
	TV-8	Magna	2.2686
	TV-6	Recuperado	0.3827
Satélite norte "TADSN"	TV-3	Diesel	0.3985
	TV-5	Magna	2.923
	TV-6	Recuperado	1.1568
Satélite sur "TADSS"	TV-3	Diesel	0.1624
	TV-5	Recuperado	0.2668
	TV-6	Magna	1.0203
	TV-8	Premium	23.8192
Azcapotzalco "TADAZC"	TV-1	Magna	0.8017
	TV-2	Recuperado	60.0339
	TV-3	Magna	0.7341
	TV-4	Magna	0.8216
	TV-5	Premium	0.7923
	TV-7	Turbosina	0.2084
	TV-8	Magna	0.8133
	TV-9	Magna	0.7915
	TV-10	Premium	0.7927
	TV-12	Diesel	0.1378
	TV-13	Diesel	0.1276
	TV-14	Diesel	0.1346
	TV-15	Combustible industrial	0.0780
	TV-16	Combustible industrial	0.0940
	TV-17	Premium	0.4078
TV-18	Premium	0.4076	
TV-19	Recuperado	0.3649	
<b>Total</b>			<b>102.11</b>

*Recarga de aeronaves*

En la actualidad, la turbosina y el gas avión 100/130 son los combustibles más comunes y utilizados en aeronaves que realizan sus operaciones en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. La emisión de vapores de hidrocarburos, ocurre por desplazamiento en el momento que se recarga de combustible a la aeronave y es una función directa de la presión de vapor, del tipo de combustible y temperatura ambiente.

La estimación de sus emisiones se realiza con la siguiente ecuación:

$$E_{\text{HCT (j)}} = FE_{(j)} * (C_{(j)} / 2202.6) = [\text{ton/año}]$$

Donde

$E_{\text{HCT (j)}}$ : Emisión de HC totales producidas en la carga del combustible (j) [ton/año]

$FE_j$ : Factor de emisión del combustible (j) [lb/1000 galones] tabla A.3.5

$C_{(j)}$ : Volumen del combustible (j) utilizado en la recarga [1000 galones]

**Tabla A.3.5. Factores de emisión para HC en recarga de aeronaves [lb HC/1000 galones]**

FE (t) = Factor de emisión para turbosina	0.0387
FE (ga) = Factor de emisión para gas avión 100/130	9.957

Fuente: AP-42 estimados con parámetros físico químicos de los combustibles distribuidos en la ZMVM a temperatura ambiente.

La Subdirección de Operaciones y Servicios de Aeropuertos y Servicios Auxiliares "ASA" reportaron un consumo de turbosina de 290,386 mil galones y 71 mil galones de gas avión, que fueron utilizados en la recarga de aeronaves que partieron de la Ciudad de México con destino nacional e internacional. Sustituyendo estos valores y los correspondientes factores de emisión en la ecuación anterior se obtiene la emisión por la recarga de aeronaves en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, ver tabla A.3.6.

**Tabla A.3.6. Inventario de emisiones de HC en la recarga de aeronaves en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, 1998**

Tipo de Combustible	Emisión de HC [ton/año]
Turbosina	5.102
Gas avión	0.320
<b>Total</b>	<b>5.420</b>

#### *Fugas por almacenamiento y distribución de gas LP*

Recientes investigaciones en materia ambiental han demostrado que el gas LP, es un factor importante en la formación de ozono y la presencia en la atmósfera de contaminantes que en su mayoría son propano y butano, componentes principales del gas LP; en gran parte, es consecuencia del complejo sistema de distribución que da origen a las emisiones fugitivas de este combustible y se le atribuye entre el 20% - 50% de la formación de ozono<sup>9</sup> en la atmósfera de la ZMVM. La estimación de emisiones fugitivas de hidrocarburos de gas LP, se ha dividido en dos categorías que se definen como:

A) Almacenamiento de gas LP "AGLP": Considera a las emisiones fugitivas en el llenado de recipientes portátiles, la descarga de semirremolques, la recarga de autotanques y el almacenamiento en planta.

B) Distribución de gas LP "DGLP": Engloba a la transferencia o distribución de recipientes portátiles al domicilio del usuario, la distribución y recarga en estaciones de servicio y la descarga en tanques estacionarios.

<sup>9</sup> Efecto de los componentes del gas licuado de petróleo en la acumulación de ozono; IMP/Dr. Donald R. Blake and Dr. F. Sherwood Rowland.

El resultado de ambas definiciones, es la emisión de hidrocarburos de gas LP por almacenamiento y distribución de gas LP "EHC(ADGLP)" es decir:

$$E_{HC(ADGLP)} = E_{HC(AGLP)} + E_{HC(DGLP)} \quad E_{HC(AGLP)} = C_{GLP} * FE_{(AGLP)} \quad E_{HC(DGLP)} = C_{GLP} * FE_{(DGLP)}$$

Donde

- $E_{HC(AGLP)}$ : Emisión de hidrocarburos de gas LP, asociada al almacenamiento [ton HC/año]
- $E_{HC(DGLP)}$ : Emisión de hidrocarburos de gas LP, asociada a la distribución [ton HC/año]
- $FE_{(AGLP)}$ : Factor de emisión por almacenamiento [ton HC/ton gas LP] tabla A.3.7
- $FE_{(DGLP)}$ : Factor de emisión por distribución [ton HC/ton gas LP] tabla A.3.7
- $C_{GLP}$ : Volumen masico de gas LP, distribuido a la ZMVM [ton de gas LP]

**Tabla A.3.7. Factores de emisión para HC [ton HC/ton de GLP] en almacenamiento y distribución de gas LP**

$F_{E(AGLP)}$	44.84E-5
$F_{E(DGLP)}$	61.90E-4

Fuente: PEMEX-Gas y Petroquímica Básica 10

La distribución energética de gas LP en la Zona Metropolitana del Valle de México en el año de 1998, fue de 92.59 petajoules equivalentes a 1,989,211 toneladas de gas LP<sup>11</sup>; por sustitución de valores en las ecuaciones anteriores, se obtuvieron los resultados de la tabla A.3.8.

**Tabla A.3.8. Inventario de emisiones de HC de gas LP [ton/año] por almacenamiento y distribución**

$E_{HC(AGLP)}$	892
$E_{HC(DGLP)}$	12,314
<b>Total</b>	<b>13,206</b>

#### *Fugas por uso doméstico de gas LP*

El gas licuado, juega un papel de primordial importancia en los hogares mexicanos, por ser el combustible de mayor uso; los riesgos asociados a su manejo están constituidos por las fugas que se podrían presentar en las tuberías (instalaciones domésticas) y accesorios que dirigen al combustible al equipo de combustión (estufas y calentadores), que de igual forma estos equipos presentan deficiencias en la combustión y emisiones fugitivas por pilotos apagados. El análisis aplica la metodología desarrollada por el TUV Rheinland de México S.A. DE C.V.<sup>12</sup> y PEMEX gas y petroquímica básica<sup>13</sup>, de donde se obtuvieron los factores de emisión establecidos en la tabla A.3.9.

**Tabla A.3.9. Factores de emisión para accesorios [ton/año-accesorio] en instalaciones domésticas a gas LP**

10 Memoria técnica del estudio " Efectos de los componentes del gas licuado de petróleo en la acumulación de ozono en la Atmósfera de la ZMCM" M. Vega Ballesteros/E. Ontiveros Padilla', Primera edición 1999.

11 Consumo de Gas LP proporcionado por PEMEX Gas y Petroquímica Básica

12 Programa para la reducción y eliminación de fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM; agosto 2000

13 Efecto de los componentes del gas licuado de petróleo en la atmósfera de la ZMVM; 1997

## Anexo A

Conexiones	2.07E-03	Pilotos apagados en estufas	1.02E-03
Picteles	1.97E-03	Pilotos apagados en calentadores	1.57E-07
Reguladores	1.09E-03	Encendido de estufas	2.24E-04
R. Estacionarios	1.05E-03	Encendido de calentadores	1.57E-07
Calentadores	1.21E-04	HCNQ en estufas	5.42E-03
R. Portátiles	3.03E-05	HCNQ en calentadores	2.33E-03
Válvulas de paso	2.42E-05		

La estimación de emisiones para cada uno de los conceptos anteriores, se realiza con la siguiente ecuación:

$$E_{HC(j)} = FE_{(j)} * FA_{(j)}$$

Donde

$E_{HC(j)}$ : Emisión total o parcial de HC de gas LP, del accesorio (j) [ton/año]

$FE_{(j)}$ : Factor de emisión para el accesorio (j) [ton/año - accesorio] tabla A.3.9

$FA(j)$ : Número de accesorios de (j)

La definición de la cantidad de accesorios que fueron utilizados en el año de 1998, requiere de información sobre población y vivienda, así como la saturación de equipos y de instalaciones que utilizaron gas LP en el año de referencia, Ver tabla A.3.10.

**Tabla A.3.10. Factores de saturación de equipos y conteo de población y vivienda en la ZMVM, 1998**

Conteo población y vivienda en la ZMVM <sup>14</sup>	
Población [mill. Hab.]	16.7
Viviendas [mill. Viv.]	3.9
Factor de saturación de estufas a gas LP <sup>15</sup>	
Cada vivienda cuenta por lo menos con una estufa	
Estufas a gas LP	0.9709
Con piloto	0.7980
Sin piloto (encendido con cerillo)	0.0950
Encendido electrónico	0.1070
Factor de saturación de instalaciones a gas LP <sup>15</sup>	
Cada estufa a gas LP, cuenta por lo menos con una instalación.	
Con tanque portátil.	0.808
Con tanque estacionario.	0.192
Factor de saturación de calentadores a gas LP <sup>15</sup>	
Factor de saturación de calentadores a gas LP	0.6204

<sup>14</sup> Determinación propia para las 16 delegaciones y 18 municipios, correspondientes a la cobertura de este Inventario, a partir del Censo General de Población y Vivienda 2000, INEGI; Conteo de Población y Vivienda 1995, INEGI; y Escenarios Demográficos para la ZMVM 2000, CONAPO.

<sup>15</sup> Determinación propia para la ZMVM a partir del procesamiento de las bases de datos originales de las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares 1984, 1992, 1994 y 1996. De aquí se establecieron las saturaciones: 99.2% para estufa de gas y 64.1% para calentador o boiler de gas y el hecho de que cada vivienda equipada cuenta básicamente con una estufa y un calentador.

Sustituyendo valores en la ecuación anterior, se obtuvieron los resultados de la tabla A.3.11.

**Tabla A.3.11. Inventario de emisiones de HC de gas LP [ton/año] por uso doméstico**

Conexiones a TP	6,524
Pictetes TP	6,197
Reguladores TP	3,425
Recipientes portátiles	95
Válvulas de paso TP	76
Recipientes estacionarios	788
Reguladores TE	816
Válvulas de paso TE	18
Encendido de estufas	848
Pilotos apagados en estufas	3,092
Calentadores	294
Encendido de calentadores	0.38
Pilotos apagados en calentadores	0
HCNQ en estufas	20,531
HCNQ en calentadores	5,646
<b>Total</b>	<b>48,350</b>

TP: Tanque portátil; TE: Tanque estacionario; HCQN: Hidrocarburos no quemados

#### Evaporación de Solventes

Muchas de las actividades que utilizan solventes, se caracterizan por tener evaporaciones de HC durante sus operaciones. Por ejemplo, los solventes contenidos en los recubrimientos se evaporan en la medida en que estos compuestos se aplican y secan, como es el caso de la aplicación de pintura y/o recubrimientos arquitectónicos, industriales y automotriz; otro caso muy particular es el uso de solventes o productos de limpieza de superficies metálicas y de prendas de vestir "lavado en seco". Para la estimación de las emisiones generadas se utilizó la siguiente ecuación:

$$E_{(j)} = FE_{(j)} \times FA_{(j)}$$

Donde

$E_{(j)}$ : Emisión de HC, asociado a la actividad (j) [ton/año].

$FE_{(j)}$ : Factor de emisión asociado a la actividad (j) [ton/hab] tabla A.3.12.

$FA_{(j)}$ : Nivel de actividad asociada al factor de emisión de la actividad (j) [hab].

**Tabla A.3.12. Factores de emisión por uso y aplicación de solventes [kg/hab-año]**

$FE(l_s)$ = Lavado en seco	0.60068
$FE(l_d)$ = Limpieza y desengrase	1.8019

FE(ag) = Artes gráficas	0.40
FE(ccs) = Consumo comercial de solventes	4.58
FE(rsi) = Recubrimiento de superficies industriales	1.28
FE(rsa) = Recubrimiento de superficies arquitectónicas	1.36
FE(pa) = Pintura automotriz	0.13
FE(apt) = Pintura tránsito	0.048

Fuente: AP-42, 1995; DGPC-SIE/ANAFAPYT, 1997.

El factor de actividad asociado al factor de emisión esta indicado por el número de habitantes de la zona a inventariar; por lo que, se estima que en la Zona Metropolitana del Valle de México (16 delegaciones + 18 municipios) para el año de 1998, era poblada por 16.73 millones de habitantes. Sustituyendo valores en la ecuación anterior, se obtuvieron los resultado de la tabla A.3.13.

**Tabla A.3.13. Inventario de emisiones de HC [ton/año]  
por uso y aplicación de solventes**

Lavado en seco	$(16,730,000 * 0.60068)/1000$	10,049
Limpieza y desengrase	$(16,730,000 * 1.8019)/1000$	30,146
Artes gráficas	$(16,730,000 * 0.4)/1000$	6,692
Consumo comercial de solventes	$(16,730,000 * 4.58)/1000$	76,623
Recubrimiento de superficies industriales	$(16,730,000 * 1.28)/1000$	21,414
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	$(16,730,000 * 1.36)/1000$	22,752
Pintura automotriz	$(16,730,000 * 0.137)/1000$	2,175
Pintura tránsito	$(16,730,000 * 0.048)/1000$	803

#### *Esterilización en hospitales*

La información básica para estimar la emisión de HC por uso de solventes fue proporcionada por el ISSTE, Sector Salud, IMSS y Hospitales Particulares en los cuales se realizan procesos de desinfección de materiales por medio de solventes.

**Tabla A.3.14. Factores de emisión [kg/cama-año]  
para evaporación de solventes**

Actividad	Rango	[kg/cama]
Esterilización en hospitales	200 > x < 500	0.59
	x < 200	0.77
	x > 500	0.82

Fuente: APE-42, 1995

En el D.F. existen alrededor de 30,000 camas para uso hospitalario y corresponden al rango de hospitales menores a 200 camas; la emisión de HC es calculada con la siguiente ecuación.

$$E_{HC} = \text{Número de camas} * \text{Factor de emisión}$$

La información obtenida<sup>1</sup>, es procesada e ingresada al modelo. La tabla A.3.20 muestra la emisión generada por planta de tratamiento asociada al tipo de industria que realiza su descarga en la zona de ubicación de la planta de tratamiento de agua residual.

**Tabla A.3.18. Ubicación y volumen de agua tratada en plantas de tratamiento de agua residual en el Distrito Federal**

Nombre de planta	Ubicación	Gasto [m <sup>3</sup> /año]
Abasolo	Tlalpan	473,040
Acueducto de Guadalupe	Gustavo A. Madero	2,522,880
Andrés Mixquic	Tláhuac	946,080
Bosques de las Lomas	Miguel Hidalgo	567,575
Cerro de la Estrella	Iztapalapa	66,225,600
Ciudad Deportiva	Iztacalco	3,153,600
Coyoacán	Coyoacán	9,460,800
Chapultepec	Miguel Hidalgo	3,784,320
Iztacalco	Iztacalco	315,360
La Lupita	Tláhuac	409,968
Parres	Tlalpan	63,145
PEMEX	Magdalena Contreras	473,040
Reclusorio	Xochimilco	946,080
Rosario	Azcapotzalco	504,430
San Juan de Aragón	Gustavo A. Madero	9,460,800
San Lorenzo	Xochimilco	7,095,600
San Luis Tlaxaltemalco	Xochimilco	3,468,960
San Pedro Actopan	Milpa Alta	1,103,760
Tlatelolco	Cuauhtemoc	378,140
Xicalco	Tlalpan	189,070
Total	ZMVM	111,542,248

**Tabla A.3.1.9. Categoría de industrias que alimentan al modelo SIMS**

Código	Categoría de industria	Código	Categoría de industria
1	Adhesives and sealants	16	Nonferrous metals MFG
2	Battery MFG	17	Organic Chemicals MFG
3	Sin datos	18	Paint MFG and formulation
4	Dye MFG and formulation	19	Pesticides MFG
5	Electrical and electronic components	20	Pharmaceuticals MFG
6	Electroplating and metal finishing	21	Photogrphics chemicals and film MFG
7	Equipment MFG and assambley	22	Plastics molding and forming
8	Explosives MFG	23	Plastics, resins, synthetic fiber MFG
9	Gumand wood chemicals related oils	24	Porcelain enameling
10	Industrial and commercial laudries	25	Priting and publishing
11	Ink MFG and formulation	26	Pulp and paper wills
12	Inorganic chemicals and forming	27	Rubber MFG and processing
13	Lether tanning and finishing	28	Textile mills
14	Nonferrous metals forming	29	Timber products processing
15	Nonferrous metals MFG		

Locomotoras

<sup>1</sup> La información es proporcionada por la Dirección de Servicios Hidráulicos a Usuarios

Las locomotoras que utilizan un alternador o generador de energía y una maquina a diesel para dar tracción a los motores, producen emisiones de contaminantes producto de la combustión del diesel. La estimación de sus emisiones se ha separado en: locomotoras foráneas y locomotoras de patio, en ambos casos se utilizó la metodología USEPA<sup>2</sup> que consiste; en la aplicación de factores de emisión por tipo de contaminante y consumo de combustible, el cual se determina a partir de los kilómetros recorridos y el número de locomotoras en uso. Debido a que las locomotoras de línea son predominantemente interestatales es necesario conocer estas variables ya que el combustible puede no ser quemado en su totalidad en el área donde fue abastecido. La información de actividad es proporcionada por Ferrocarriles Nacionales de México<sup>3</sup>.

Para el cálculo de las emisiones se utilizó la siguiente ecuación:

$$E(i) = (Cg * FE(i))/1000$$

Donde

- E(i): Emisión del contaminante (i) [ton/año]  
 FE(i): Factor de emisión del contaminante (i) tabla A.3.21  
 Cg : Consumo anual del combustible

El consumo de combustible es una variable que se deberá calcular con la ecuación:

$$Cg = R * NSOP * KRS * 2$$

- R: Rendimiento (4.10 l/km)<sup>4</sup>  
 NSOP: Número de semanas de operación [54 semanas]  
 KRS: Kilómetros recorridos por locomotora [km/sem]

$$KRS = DO * KRV * NLP$$

- DO: Días de operación de locomotoras<sup>5</sup> [días/semana]  
 KRV: Kilómetros de vía que existen dentro e la ZMVM<sup>6</sup> [km]  
 NLP: Número de locomotoras en operación por día [NLP/día]

sustituyendo valores en las ecuaciones anteriores se obtuvieron los siguientes resultados de la tabla A.3.22 y el inventario de emisiones para locomotoras de patio y foráneas de la tabla A.3.23.

**Tabla A.3.21. Factores de emisión<sup>7</sup> [kg./l]  
para locomotoras foráneas y de patio**

PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
0.0014	0.0074	0.0075	0.0591	0.0025

**Tabla A.3.22. Inventario de emisiones contaminantes  
y resumen de operaciones de locomotoras foráneas de la ZMVM**

Destino del tren	DO	NLP	KRDL	KRS	R	Cg	Emisiones [ton/año]
------------------	----	-----	------	-----	---	----	---------------------

2 Manual del programa de inventario de emisiones de México - Vol. V-marzo 1997 Pag 5-4. EPA

3 Subdirección de Transporte

4 Información proporcionada por la Terminal ferroviaria del Valle de México.

5 Información proporcionada por Ferrocarriles Nacionales de México "calendario de operaciones".

6 Calculado de mapa de distribución de vías férreas de FNM en el Valle de México y Guía roji 1993. Plano llave de la Ciudad de México. Escala 1:45,000

7 Factor de emisión obtenido del documento México Emissions Inventory Programs Manuals. Volume V - Area Source Inventory Development. Radian International 1996. Sección 5.1 Locomotives.

							PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Cuautla, Morelos (S-C)	7	2	9.9	138.6	4.10	59,099	0.08	0.44	0.44	3.49	0.15
Apaxco, Edo. de México (E-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Coatzacoalcos, Veracruz (E-C)	7	6	3.8	158.8	4.10	67,695	0.09	0.50	0.51	4.00	0.17
Cuautla, Morelos (E-C)	7	2	4.4	61.7	4.10	26,326	0.04	0.19	0.20	1.56	0.07
Ecatepec (E)	6	5	3.8	113.4	4.10	48,354	0.07	0.36	0.36	2.86	0.12
Guadalajara (E)	7	3	5.40	113.4	4.10	48,354	0.07	0.36	0.36	2.86	0.12
Guadalajara, Jalisco (E-C)	7	3	5.4	113.4	4.10	48,354	0.07	0.36	0.36	2.86	0.12
Huehuetoca, Edo. de México (E-C)	6	4	4.82	115.6	4.10	49,275	0.07	0.36	0.37	2.91	0.12
Huichapan, Hgo. (E-C)	3	1	4.82	14.4	4.10	6,159	0.01	0.05	0.05	0.36	0.02
Interm. Méx- Nuevo Laredo (S)	7	6	4.82	202.2	4.10	86,231	0.12	0.64	0.65	5.10	0.22
Lazaro Cardenas (S-C)	7	4	5.4	151.2	4.10	64,472	0.09	0.48	0.48	3.81	0.16
Manzanillo (S)	1	2	5.40	10.8	4.10	4,605	0.01	0.03	0.03	0.27	0.01
Metepec (E)	3	1	3.78	11.3	4.10	4,835	0.01	0.04	0.04	0.29	0.01
Monterrey, Nuevo León (S-C)	7	8	4.82	269.6	4.10	114,974	0.16	0.85	0.86	6.79	0.29
Nuevo Laredo, Tamaulipas (S-C)	3	1	4.82	14.4	4.10	6,159	0.01	0.05	0.05	0.36	0.02
Nuevo Laredo, Tamaulipas (S)	7	4	4.82	134.8	4.10	57,487	0.08	0.43	0.43	3.40	0.14
Puebla (S)	7	6	3.78	158.8	4.10	67,695	0.09	0.50	0.51	4.00	0.17
Queretaro (S)	7	3	5.40	113.4	4.10	48,354	0.07	0.36	0.36	2.86	0.12
Teocalco, Hgo. (S-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Teotihuacan (S)	6	1	6.82	40.9	4.10	17,435	0.02	0.13	0.13	1.03	0.04
Tepexpan, Edo. de México (S-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Torreon, Coahuila (S-C)	7	3	4.82	101.1	4.10	43,115	0.06	0.32	0.32	2.55	0.11
Trinidad, Hgo. (S-C)	6	1	4.82	28.9	4.10	12,319	0.02	0.09	0.09	0.73	0.03
Tula, Hgo. (S-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Veracruz, Veracruz (S-C)	7	2	3.8	52.9	4.10	22,565	0.03	0.17	0.17	1.33	0.06
Veracruz, Veracruz (S)	7	8	3.8	211.7	4.10	90,260	0.13	0.67	0.68	5.33	0.23
Apaxco, Edo. de México (E-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Coatzacoalco, Veracruz (S)	7	3	4.3	90.7	4.10	38,683	0.05	0.29	0.29	2.29	0.10
Cuautla Morelos (S)	7	2	2.02	28.3	4.10	12,059	0.02	0.09	0.09	0.71	0.03
Guadalajara (E)	7	3	4.3	90.7	4.10	38,683	0.05	0.29	0.29	2.29	0.10
Manzanillo (S)	1	2	4.3	8.6	4.10	3,684	0.01	0.03	0.03	0.22	0.01
Metepec (E)	3	1	4.3	12.9	4.10	5,501	0.01	0.04	0.04	0.33	0.01
Mexico Nuevo Laredo (E)	7	6	2.1	88.8	4.10	37,877	0.05	0.28	0.28	2.24	0.09
Nuevo Laredo, Tamaulipas (E)	7	4	2.1	59.2	4.10	25,251	0.04	0.19	0.19	1.49	0.06
Puebla (E)	7	6	4.3	181.4	4.10	77,366	0.11	0.57	0.58	4.57	0.19
Queretaro (E)	7	3	4.32	90.7	4.10	38,683	0.05	0.29	0.29	2.29	0.10
Torreon, Coahuila (E-C)	7	3	2.1	44.4	4.10	18,939	0.03	0.14	0.14	1.12	0.05
Veracruz, Veracruz (E)	7	8	4.3	241.9	4.10	103,155	0.14	0.76	0.77	6.10	0.26
Coatzacoalcos, Veracruz (S-C)	7	6	2.4	100.2	4.10	42,712	0.06	0.32	0.32	2.52	0.11
Puebla (S)	7	6	6.1	257.0	4.10	109,602	0.15	0.81	0.82	6.48	0.27
Veracruz, Veracruz (S-C)	7	2	2.4	33.4	4.10	14,237	0.02	0.11	0.11	0.84	0.04
Veracruz, Veracruz (S)	7	8	6.1	342.7	4.10	146,136	0.20	1.08	1.10	8.64	0.37
Cuautla, Morelos (S-C)	7	2	14.9	208.5	4.10	88,917	0.12	0.66	0.67	5.26	0.22
Cuautla, Morelos (S-C)	7	2	8.9	124.3	4.10	52,995	0.07	0.39	0.40	3.13	0.13

**Tabla A.3.23. Inventario de emisiones [ton/año]  
por locomotoras foráneas y de patio que circulan dentro de la ZMVM**

PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
------------------	-----------------	----	-----------------	----

10	54	62	492	19
----	----	----	-----	----

*Aeropuerto (operación de aeronaves)*

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México se encuentra ubicado en la zona oriente. El cálculo de emisiones considera los diferentes tipos de aeronaves que operan sobre el área de estudio aplicando el programa FAED<sup>8</sup> el cual contiene factores de emisión para varios motores de aeronaves y datos correlacionados de motores con aeronaves específicas, los factores y el sistema de cálculo son verificados y ampliados por ICAO<sup>9</sup>, los datos de actividad son proporcionados por Aeropuertos y Servicios Auxiliares.

La metodología básica consiste en:

1. Identificar el lugar en dónde está el aeropuerto.
2. Determinar la altura de la capa de mezcla.
3. Determinar la flotilla para cada categoría.
4. Determinar la actividad, como el número de operaciones de vuelo para cada categoría de aeronave.
5. Seleccionar los factores de emisión para cada categoría.
6. Estimar los tiempos en cada etapa de la operación de vuelo para cada categoría.
7. Realizar la base de datos, de acuerdo a la actividad del aeropuerto.

La capa de mezcla, es la parte de la atmósfera donde pueden mezclarse los contaminantes del aire, su base esta sobre la superficie del suelo y puede extenderse hasta determinada altura. Las operaciones de las aeronaves en esta capa de interés están definidas por el número de operaciones de vuelo "NOV". La operación de vuelo comienza cuando la aeronave se aproxima al aeropuerto en su descenso, continua en los rodajes de llegada y salida; por último en el despegue y la elevación.

Los cinco pasos específicos de las operaciones de vuelo son:

- Aproximación
- Rodaje de llegada
- Rodaje de salida
- Despegue
- Elevación

Los contaminantes que aquí se calculan son:

- Hidrocarburos (HC)
- Monóxido de carbono(CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Partículas (PM<sub>10</sub>)

Las aeronaves pueden ser categorizadas de acuerdo a su uso. La aviación comercial incluye aquellos servicios usados para transportar pasajeros, carga o ambos. Los aerotaxis también vuelan como un servicio de carga de pasajeros y/o carga, pero generalmente son más pequeños y operan más que las cargas comerciales.

La aviación general incluye otras aeronaves no militares utilizadas para recreación, para el personal, y otras actividades. Para nuestro propósito (desarrollo del inventario de emisiones), las aeronaves de tipo negocios, están combinadas con la aviación general por ser de tamaño similar y uso frecuente así como sus perfiles de operación. Los aerotaxis son tratados como aviación general,

<sup>8</sup> FAA AIRCRAFT ENGINE EMISSIONS DATABASE

<sup>9</sup> Organización Internacional de Aviación Civil

porque típicamente tienen los mismos tipos de aeronaves. La aviación militar cubre una amplia gama de tamaños usos y misiones. Mientras que estos pertenecen a la aviación civil, se manejan separadamente porque operan exclusivamente fuera de bases militares y frecuentemente tienen distintos perfiles de vuelo, tabla A.3.24. La aviación comercial es la fuente más grande de emisiones a la atmósfera, sin embargo se componen de menos de la mitad de todas las aeronaves en operación alrededor del área metropolitana, sus emisiones representan generalmente una gran fracción del total por ser su tamaño y operación frecuente.

Durante un ciclo de vuelo de la aeronave "LTO", esta opera a diferentes períodos de tiempo, dependiendo de su categoría en particular, de las condiciones meteorológicas y las condiciones operacionales dadas en el aeropuerto. En el tiempo en modo "TIM" (utilizado en esta metodología) se toman en consideración estos factores. El tiempo de rodaje, ya sea de la vía a la entrada o viceversa, depende del tiempo y colocación del aeropuerto, de la cantidad de tráfico o congestión y los procedimientos específicos operacionales del aeropuerto. El tiempo de rodaje es el más variable de los modos, puede variar significativamente a través del día (cambios en las actividades generales de viajes principalmente).

El período de despegue, se caracteriza por una operación reguladora, generalmente hasta que la aeronave llega a alcanzar entre 500 y 1000 pies por arriba del nivel del suelo, cuando la potencia del motor es reducida y comienza el modo de elevación, esta transición es standard y no varía mucho de lugar a lugar o entre categorías de aeronaves. Cuando el inventario comienza a realizarse necesitamos saber la composición de la flotilla, la actividad de la aeronave y los tiempos en modo.

Tabla A.3.24. Inventario de emisiones y actividad de aeronaves<sup>10</sup>

Tipo de avión	Fabricante	Tipo de motor	Número de motores	Ciclo de operación de vuelo (LTO's)	Emisiones [ton/año]				
					PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
SE 210 CARAVELL	Aerospatale	JT8D-9	2	7195.00	0.0000	0.0008	115.39	48.50	32.46
A310-300	Airbus	PW4156 (W/OLD COMB.)	2	8734.00	0.0143	0.0049	62.65	227.84	5.03
B707-300B	Boeing	JT3D-3B	4	217.00	0.0000	0.0000	20.04	6.49	21.15
B727-100	Boeing	JT8D-7A	3	20323.00	0.0222	0.0032	496.72	187.64	100.13
B737-300	Boeing	CFM56-3B-2	2	11376.00	0.0060	0.0013	136.24	95.85	7.68
B747	Boeing	PW4X62 PHASE 3	4	1398.00	0.0101	0.0019	49.27	88.71	6.66
B747-200	Boeing	RB211-524D4	4	7396.00	0.0000	0.0088	1121.43	606.88	101.77
B767-200	Boeing	CF6-80A2	2	1253.00	0.0120	0.0006	18.54	29.77	4.16
DC10-30	Mcdonnell Doug	CF6-50C1	3	156.00	0.0045	0.0001	10.10	6.67	3.61
DC9-10	Mcdonnell Doug	JT8D-7A	2	21763.00	0.0222	0.0023	354.61	133.96	97.76
F100	Fokker	TAY MK 620-15	2	13569.00	0.0000	0.0009	120.48	76.37	18.55
IL-86	Ilyushin (Russ)	NK-86	4	69.00	0.0100	0.0001	3.21	1.32	0.46
MD-81	Mcdonnell D oug	JT8D-209	2	64.00	0.0111	0.0000	0.45	0.65	0.13
MD-90-30	Mcdonnell Doug	V2528-D5	2	438.00	0.0000	0.0001	2.35	5.86	0.03
P-550 TURBO	EQUATOR AIRCRFT	PT6A-27	1	20.00	0.0000	0.0000	0.03	0.00	0.02
<b>Total</b>				<b>93971.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,512</b>	<b>1,517</b>	<b>400</b>

### Combustión residencial

La emisión de contaminantes por el proceso de combustión de gas LP en casa habitación, se estimó considerando el consumo de energía por usos finales<sup>11,12</sup> en el calentamiento de agua y cocción de

10 Proyección de actividades a 1998, realizada con información proporcionada por ASA "Aeropuerto y Servicios Auxiliares" para el periodo 92, 93,94, 95, 96, 97.

11 Determinación propia para la ZMVM a partir del procesamiento de las bases de datos originales de las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares 1984, 1992, 1994 y 1996. De aquí se establecieron las saturaciones: 99.2% para estufa de gas y 64.1% para calentador o boiler de gas y el hecho de que cada vivienda equipada cuenta básicamente con una estufa y un calentador.

alimentos, las fugas en instalaciones domésticas en estufas y calentadores; el consumo de gas LP real que entra al proceso de combustión es de 1,355,273 ton, con el dato anterior se procede a utilizar la siguiente ecuación:

$$E(i) = (C_g * FE(i)) / 540$$

Donde:

- E(i): Emisión del contaminante (i) [ton/año]
- C<sub>g</sub>: Consumo anual del combustible [ton/año]
- FE(i): Factor de emisión del contaminante (i) [kg/m<sup>3</sup>] tabla A.3.25
- 540: Factor de conversión

**Tabla A.3.25. Factores de emisión [kg/m<sup>3</sup>] para combustión residencial de gas LP<sup>13</sup>**

CO	NO <sub>x</sub>	HC	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
0.24	1.74	0.064	0.0027	0.054

El siguiente diagrama de procesos (figura A.3.4.) ejemplifica los conceptos involucrados para la estimación de emisión correspondiente al sector residencial por combustión del gas LP.

**Figura A.3.4. Diagrama de proceso para la estimación de emisiones por el uso de gas LP en el sector residencial 1998**

Ventas Pemex GyPB	Emisión por fugas	Consumo ZMVM	Consumo del sector residencial	Emisiones fugitivas en la ZMVM	Emisiones por combustión		
					Combustión ZMVM	Cocción ZMVM	Calentamiento ZMVM
	Almacenamiento 737						
1,889,211		1,978,301	71% 1,403,623	Fugas por instalaciones domestica: 17939 Fugas por consumo domestico* 4234 Fugas por HCNQ 26177 1,355,273 Consumo real de Gas LP para combustión.	NO <sub>x</sub> 4,417 CO 653 SO <sub>2</sub> 0.25 PM <sub>10</sub> 126 HC 166	= 2,385 = 352 = 0 = 68 = 89	+ 2,032 + 300 + 0 + 58 + 76
	Distribución 10,173						

Consumo de gas LP en ton/año

Emisiones fugitivas en ton/año

\* Concidera la emisión por el encendido y apagado de pilotos en estufas y calentadores

12 Friedmann, 1993; Masera et al, 1991; Campero, 1991; De Buen, 1993; Schipper et al 1991; Sheinbaum et al, 1996 y Sheinbaum, 1996.

13 Copilation of Aire Pollutan Emissions Factors, Vol. I, Fifth Edition AP-42, pags. 1.4-3, 1.4-4, 1.4-6; tablas 1.4-1 – 1.4-3, 1.5-2 emissions factors from LPG combustion and emissions factors from natural gas combustion. De EPA -450/4-91-016,

*Combustión comercial institucional*

La estimación de emisiones considera a todas las pequeñas industrias catalogadas como servicios (baños públicos, tortillerías, panaderías, hoteles, centros deportivos, puestos semifijos entre otros) y que consumen diferentes tipos de combustibles. Se aplica la metodología USEPA<sup>14</sup> para el cálculo de emisiones y los datos de actividad son proporcionados por PEMEX gas y petroquímica básica / gerencia de comercialización zona Valle de México.

**Tabla A.3.26. Factores de emisión para la combustión comercial/institucional**

Combustible	CO	NO <sub>x</sub>	HC	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	Unidades
Gas LP	0.24	1.74	0.064	0.0027	0.054	kg/m <sup>3</sup>
Gas natural	330	1600	128	9.6	72	kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Gasóleo	0.6	2.4	0.067	36	4.88	kg/m <sup>3</sup>
Diesel	0.6	2.4	0.0324	8.52	0.12	kg/m <sup>3</sup>

**Tabla A.3.27. Consumo de combustibles asociado al sector comercial/institucional**

Combustible	Consumo	
Gas natural	27,922	mill. ft <sup>3</sup>
Gas LP	297,105	ton
Gasóleo	128,832	m <sup>3</sup>
Diesel	0.074	mill m <sup>3</sup>

La emisión de contaminantes al aire, derivados del proceso de combustión en el sector residencial/comercial de la Zona Metropolitana del Valle de México, se estimó a través del consumo de combustible tabla A.3.27 y el factor de emisión correspondiente al factor de emisión, con la siguiente ecuación:

$$E_{ij} = (Fe_{ij} * Cg_{ij}) / 1000$$

Donde

E<sub>i</sub>: Emisión total del contaminante (i) asociado al combustible (j) [ton/año]

Fe<sub>ij</sub>: Factor de emisión del contaminante (i) asociado al combustible (j) [Kg/m<sup>3</sup>] tabla A.3.26

Cg<sub>ij</sub>: Consumo de combustible (j) asociado al factor de emisión del contaminante (i) [m<sup>3</sup>/año] tabla A.3.27

Sustituyendo los valores de las tablas A.3.26 y A.3.27 en la ecuación anterior, se obtuvieron los resultados de la tabla A.3.28.

**Tabla A.3.28. Inventario de emisiones [ton/año] por tipo de combustible del sector comercial/institucional**

Combustible	CO	NO <sub>x</sub>	HC	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
Gas natural	261	1,265	101	8	152
Gas LP	143	968	36	0.06	31
Gasóleo	77	309	9	4,638	629
Diesel	44	178	2	630	9

14 Copilation of Aire Pollutan Emissions Factors, Vol. I, Fifth Edition AP-42, pags. 1.4-3, 1.4-4, 1.4-6; tablas 1.4-1 - 1.4-3, 1.5-2 emissions factors from LPG combustion and emissions factors from natural gas combustion. De EPA14-450/4-91-016,

*Incendios forestales*

Se considera como incendio forestal, aquel evento natural o inducido que se manifiesta en el bosque o contiguo a él y que se propague en forma descontrolada, afectando un mínimo de 1,000 m<sup>2</sup> de cualquier tipo de vegetación; cuando el daño es menor se le cataloga como incendio incipiente o conato. En el inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, se consideran a todos los incendios<sup>15</sup> forestales, conatos y quemas controladas "para la preparación de terrenos de cultivo" dentro de los límites del área geográfica del Distrito Federal.

Los incendios forestales registren emisiones importantes de NO<sub>x</sub>, CO y PM<sub>10</sub>. Estos pueden ser espontáneos o provocados por el hombre. Merecen particular atención sobre todo por que contribuye a la degradación del suelo y la calidad del aire, para la estima de contaminantes aplica la metodología de USEPA<sup>16</sup> y se define por la ecuación:

$$E_i = P_i * L * A$$

Donde

- E<sub>i</sub>: Emisión generada del contaminante i [ton]
- A: Área afectada por el incendio [hectárea] tabla A.3.29
- P<sub>i</sub>: Cantidad del contaminante i producido [kg/Mg] tabla A.3.30
- L<sup>17</sup>: Biomasa consumida [masa forestal quemada /unidad de área quemada]

**Tabla A.3.29. Superficie de vegetación afectada [hectáreas] por incendios forestales en el Distrito Federal, 1998**

Delegación	Número de incendios	Tipo de vegetación afectada "campana 1997- 1998"						Total
		Pastizal	Arbusto	Hojarasca	Arbolado adulto	Renuevo	Reforestación	
A. Obregón	19	24	15	1	0	0	0	40
Coyoacán	1	0	4	0	0	0	0	4
Cuajimalpa	27	437	91	19	12	7	14	580
G. A. Madero	69	95	3	0	4	0	11	114
Iztapalapa	33	19	0	0	0	0	2	21
M. Contreras	322	376	260	39	3	14	0	692
Milpa Alta	314	1,129	165	11	0	2	128	1,435
Tláhuac	62	1,619	428	50	7	16	141	2,262
Tlalpan	1,043	2,351	82	21	0	44	22	2,520
Xochimilco	42	48	73	3	4	0	6	134
<b>Total</b>	<b>1,932</b>	<b>6,100</b>	<b>1,121</b>	<b>144</b>	<b>30</b>	<b>82</b>	<b>325</b>	<b>7,802</b>

**Tabla A.3.30. Factor de emisión 18 [ton/ton de biomasa]**

CO	NO <sub>x</sub>	HC	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
0.3885	0.01121	0.06602	N/E	0.1242

N/E: No estimado

**Tabla A.3.31. Inventario de emisiones por incendios forestales en el DF 1998 [ton/año]**

15 Informe final de prevención y combate de incendios forestales 1999-2000 en el Distrito Federal de la Comisión de Recursos Naturales, U.D. Incendios Forestales COREANA-SMA-GDF;

16 Emissions Factors for forest Wildfires, AP-42 pág. 13.1-4 (Reformatted 1/95, 9/91) y considera la región 5 de California como una área similar a la ZMVM en condiciones meteorológicas.

17 El factor del consumo de combustible L, 7.284205 ton/hectárea, Sistema de información de incendios forestales (SEMARNAP-NRC).

18 Factores obtenidos del documento EPA-42, Cap. 13.1-1 Miscellaneous Sources / Wildfires and prescribed burning.

Vegetación	HC	NO <sub>x</sub>	CO	PM <sub>10</sub>
Pastizal	2933	497	17261	577
Arbusto	539	91	3173	73
Hojarasca	69	12	408	14
Arbolado adulto	15	2	84	2
Renuevo	39	7	231	8
Reforestación	156	26	919	31
Total	3752	637	22078	706

### Incendio en estructuras

Los incendios a casa habitación, hoteles, departamentos, comercios etc, conocidos como estructurales son considerados como fuentes de contaminación por combustión, sin embargo a diferencia de muchas otras fuentes de combustión estos son involuntarios. Debido a que la construcción que prevalece en la ZMVM es de mampostería y solo se cuantifica la cantidad de materiales consumido dentro del inmueble siguiendo la metodología USEPA<sup>19</sup>, y con los datos proporcionados por el Heroico Cuerpo de Bomberos del Gobierno del Distrito Federal, se determina la emisión de contaminantes por incendio en estructuras.

La siguiente ecuación, permite determinar la emisión de contaminantes asociada a los incendios en estructuras:

$$E_i = I * \%W * (M_{Estruc} + M_{inmue}) * F(i)$$

Donde

E <sub>i</sub> :	La emisión del contaminante generado (i)	[Kg/año]	
F <sub>i</sub> :	Factor de emisión del contaminante (i)	[Kg/Mg]	tabla A.3.32
I:	Incendios registrados en el periodo de un año	[1/Año]	tabla A.3.33
%W:	Porcentaje promedio de pérdida estructural	[=]	----
M <sub>Estruc</sub> :	Material estructural combustible	[Mg]	tabla A.3.34
M <sub>inmue</sub> :	Material combustible en el Inmueble.	[Mg]	tabla A.3.34

La pérdida de materiales "combustibles" contenidos en la estructura, es una función de los criterios de mampostería; para que sea afectada la construcción de tabique, concreto y varilla, es necesario que transcurra un tiempo estimado entre 3 y 4 horas en un inmueble y que además este permanezca cerrado (Información obtenida del Heroico Cuerpo de Bomberos), por lo que se empleo el valor establecidos en la metodología del programa de inventarios de emisiones de México, de 7.3% de pérdida estructural.

Tabla A.3.32. Factores de emisión para incendio en estructuras [kg/Mg]

CO	NO <sub>x</sub>	HC	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
84	2	6.95	N/E	5.40

N/E. No estimado

Tabla A.3.33. Estadística mensual de incendios en estructuras en el Distrito Federal, 1998

Incendio a	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot

19 RADIAN INTERNATIONAL LLC, Transmittal of the Area Source Inventory Development Manual for the Mexico Emissions Inventory Methodology Project. pag.11-2, 11-3.

Casa particular	93	74	85	82	111	48	47	48	39	31	39	91	788
Casa vecindad	4	6	2	6	4	0	2	4	4	4	0	8	44
Edificios de departamentos	40	31	32	44	34	21	27	21	17	21	29	47	364
Predio baldío, casas, construcción abandonada	344	448	354	220	221	66	22	9	8	6	31	60	1789
Edificios públicos	3	4	4	3	9	7	4	4	2	2	1	1	44
Comercios	20	19	24	10	25	20	17	12	5	11	21	20	204
Fabricas/industrias	14	10	20	8	10	1	8	5	8	4	7	12	107
Asentamientos irregulares	2	1	4	3	1	0	0	0	0	0	0	2	13
Bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3
Escuelas	6	5	9	5	8	3	2	2	3	4	3	4	54
Hospitales	1	1	2	1	0	1	1	0	1	1	0	1	10
Iglesias	1	2	0	1	0	0	0	1	0	2	1	3	11
Hoteles	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	8
Talleres	3	6	5	5	10	4	6	4	2	1	2	7	55
Mercados	4	2	4	4	7	2	1	4	1	1	3	4	37
Reclusorios	0	10	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Centros culturales	1	2	1	1	1	0	1	0	2	0	0	1	10
total	536	626	549	394	442	174	139	116	94	89	137	263	3550

Fuente: Dirección del Heroico Cuerpo de Bomberos del D.F.

**Tabla A.3.34. Material estructural, área construida y combustible en interiores del inmueble por tipo de incendio**

Tipo de incendio	Área construida en promedio (m <sup>2</sup> )	Material estructural (Mg)	Combustible en el inmueble (Mg/m <sup>2</sup> )
Casa particular	80	0	0.0386
Casa vecindad	30	0	0.0386
Edificios de departamentos	50	0	0.0386
Predio baldío, casas, construcción abandonada	100	0	0.0332
Edificios públicos	600	0	0.0332
Comercios	40	0	0.0332
Fabricas / industrias	500	0	0.0352
Asentamientos irregulares	200	0	0.0322
Bancos	100	0	0.0386
Escuelas	1200	0	0.0386
Hospitales	1500	0	0.0508
Iglesias	240	0	0.3860
Hoteles	480	0	0.0508
Talleres	40	0	0.0332
Mercados	600	0	0.0332
Reclusorios	300	0	0.0332
Centros culturales	80	0	0.0332

Fuente: Valores default U.S., propuestos en el programa de inventarios para México. Excepto el estimado de combustible estructural, el cual no es considerado ya que las construcciones en México es a base de mampostería al 100%.

Sustituyendo valores en la ecuación de estimación de emisiones para incendios en estructuras, se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla A.3.35.

**Tabla A.3.35. Inventario de emisiones por incendios estructurales en el DF, 1998**

Emisiones [ton/año]				
PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
6.94	N/E	107.90	2.60	8.93

### Combustión en Hospitales

El inventario 1998 por este subsector, fue realizado por proyección con datos de inventarios anteriores, por carecer de información sobre el nivel de combustión y de incineración de residuos

hospitalarios; este último, actualmente es realizado a escala industrial en empresas tratadoras de residuos peligrosos infecciosos, por lo que para el presente inventario no será evaluado dentro de las características de fuentes de área, por otra parte se asume que no existe mayor variación en las características de las calderas utilizadas y que el nivel en el consumo de energéticos será directamente proporcional a la demanda en los servicios hospitalarios que a su vez es una función directa del nivel de población de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Se tomara como referencia el inventario de emisiones de 1994, tabla A.3.36.

**Tabla A.3.36. Inventario de emisiones para combustión en hospitales, 1994**

Emisiones [ton/año]				
PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
8	20	18	74	3

El crecimiento poblacional de 1994 a 1998 fue del 11%, por lo tanto con la siguiente ecuación y sustituyendo los datos necesarios, se estimó la emisión correspondiente al año 1998, tabla A.3.37.

$$E_{i(ae)} = E_{i(ab)} + (E_{i(ab)} * \% C P_{1994-1998})$$

Donde

$E_{i(ae)}$ : Emisión del contaminante (i) al año de estimación [ton/año]  
 $E_{i(ab)}$ : Emisión del contaminante (i) al año base de emisión [ton/año]  
 $\% C P_{1994-1998}$ : Crecimiento poblacional en el periodo 1994-1998 [%]

**Tabla A.3.37. Inventario de emisiones para combustión en hospitales, 1998**

Emisiones [ton/año]				
PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
9	24	21	80	3

## A.4. VEGETACIÓN Y SUELOS

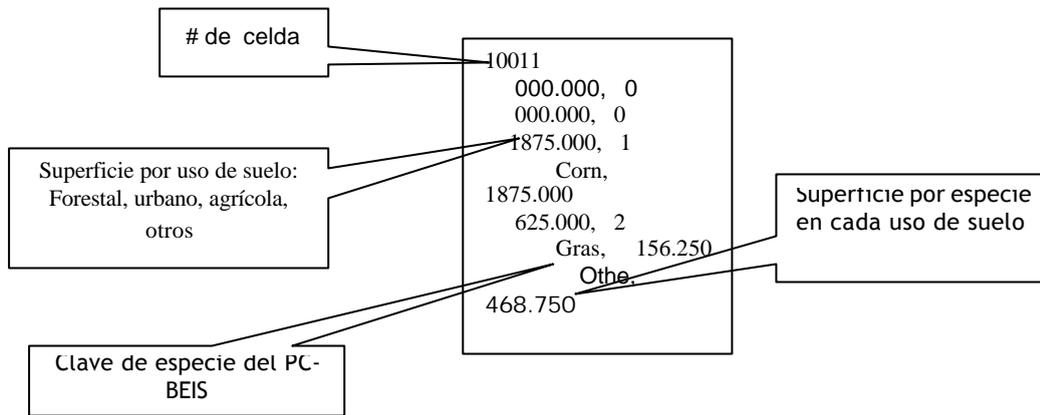
### Vegetación

El inventario de emisiones de la vegetación (biogénicas) consiste en determinar la cantidad de emisiones de hidrocarburos originados por la actividad metabólica de la vegetación, así como de los óxidos de nitrógeno producto de los procesos bioquímicos en el suelo. Las estimaciones se realizaron para un área total de 6,407 km<sup>2</sup>.

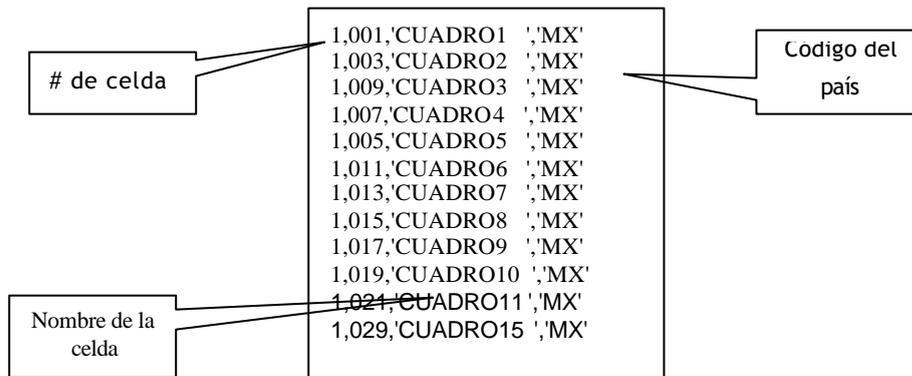
El cálculo se realizó a través del software Personal Computing Biogenic Emissions Inventory System (PC-BEIS 2.2) con información de los años 1997 y 1998.

Antes de correr el PC-BEIS fue necesario renombrar el archivo ejecutable como "Beis2mx2.exe", además de realizar los siguientes ajustes al programa:

El archivo de uso de suelo que se utilizó (mx\_lu.dat) tiene la estructura siguiente:



El archivo que contiene los códigos de lugar o celda a utilizar, llamado originalmente fipscode.dat, se renombra a "fsp.dat" y debe tener la siguiente estructura:



La numeración de las celdas debe ser en números impares.

Una vez realizados los cambios mencionados anteriormente, se proseguirá a describir las actividades necesarias para la obtención de los archivos de entrada del PC-BEIS.

Para el cálculo de las emisiones por vegetación se requiere definir datos: meteorológicos, de uso de suelo y vegetación del área de estudio y factores de emisión de las especies vegetales

### Meteorología

Para estructurar los archivos de meteorología se utilizaron las bases de datos proporcionadas por el Servicio Meteorológico de los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) y la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA).

La información meteorológica fue trabajada con asesoría del personal del departamento de Meteorología, para obtener los archivos con la estructura requerida por el PC-BEIS, es decir, temperatura en grados centígrados [°C] y nubosidad en fracción por cada hora de día. El PC-BEIS

además requiere de datos sobre radiación solar (PAR)<sup>20</sup>, sin embargo si contamos con los datos de nubosidad el PAR no es necesario en el archivo de entrada y puede considerarse como cero.

A continuación se muestra la estructura de un archivo meteorológico:

Hora	Nubosidad	Temp.	PAR
1	0.51	16.04	0.00
2	0.55	15.62	0.00
3	0.56	15.21	0.00
4	0.55	14.80	0.00
5	0.56	14.49	0.00
6	0.54	14.11	0.00
7	0.58	13.83	0.00
8	0.57	13.65	0.00
9	0.55	14.39	0.00
10	0.57	16.10	0.00
11	0.54	18.33	0.00
12	0.51	20.40	0.00
13	0.50	22.06	0.00
14	0.50	23.33	0.00
15	0.49	24.31	0.00
16	0.49	24.73	0.00
17	0.53	23.94	0.00
18	0.47	22.42	0.00
19	0.48	20.88	0.00
20	0.13	19.45	0.00
21	0.19	18.19	0.00
22	0.19	17.45	0.00
23	0.19	16.96	0.00
24	0.19	16.47	0.00

Según el estudio, Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México<sup>21</sup>, el área de estudio presenta tres temporadas climatológicas:

?? Seca-fría.- Noviembre 1997-Febrero 1998

?? Seca-cálida.- Marzo 1998-Mayo 1998

?? Lluviosa.- Junio 1998-Octubre 1998

Con base en ésta caracterización climatológica y las bases de datos meteorológicos se estructuraron los archivo meteorológico para cada temporada en el área de estudio.

#### *Uso de suelo y vegetación*

En lo que se refiere a la base de datos de uso de suelo y vegetación se realizó lo siguiente:

El área de dividió en cuatro grandes tipos de uso de suelo con base en la tabla de uso de suelo y vegetación del PC-BEIS.

?? Forestal.- Incluye bosque de coníferas, pino-encino y abeto.

?? Forestal urbano.- Maleza, áreas con 20% de pasto y 20 % de bosque.

?? Agrícola.- Cultivos como alfalfa, papa, avena, maíz, naranjo, manzana, pastura y arroz entre los principales.

?? Otros.- Incluye pastos, cuerpos de agua y diversas especies que por sus características no se pueden clasificar en ninguno de los anteriores usos de suelo.

---

<sup>20</sup> Photosynthetically Active Radiation

<sup>21</sup> Ruíz Suarez, L.G., Imaz Gispert M., Montero M.O., Hernández Galicia F., Conde C. Y Castro T., 1994. "Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México". Reporte Técnico para CONSERVA. DF y Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México.

**Tabla A.4.1. Distribución porcentual del uso de suelo del área de estudio por especie y entidad federativa [%]**

Uso	Especie	Entidad	
		DF	EdoMex
Forestal	Abie		4.27
	Pinu	0.29	7.74
	Quer	4.66	5.33
	Conf		3.58
	<b>Subtotal</b>	<b>4.95</b>	<b>20.93</b>
Agrícola	Alfa		1.21
	Barl		1.08
	Citr		0.75
	Corn	11.94	21.73
	Matu		0.45
	Miscp	40.68	24.44
	Oats		0.43
	Past		0.07
	Pean		0.17
	Pota		0.97
	Rice		0.28
	Sorg		0.76
	Whea	0.68	4.31
	<b>Subtotal</b>	<b>53.30</b>	<b>56.65</b>
Urbano	Maleza	12.14	
	<b>Subtotal</b>	<b>12.14</b>	
Otros	Gras	21.46	14.25
	Othe	2.72	6.81
	Wate	5.44	1.36
	<b>Subtotal</b>	<b>29.61</b>	<b>22.42</b>
<b>Total</b>		<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

La tabla A.4.1. muestra la superficie por uso de suelo para cada una de las especies vegetales incluidas por entidad.

Con base en ésta distribución de uso de suelo, se realizaron las corridas necesarias en el PC-BEIS por temporada para la Estado de México y Distrito Federal.

*Factores de emisión*

Para la estimación de las emisiones de HC y NOx, se utilizaron los factores de emisión de las especies vegetales que maneja el PCBEIS 2.2, cuyo listado se muestra en la tabla A.4.2.

A.4.2. Factores de emisión por tipo de especie

Especie	Factores de emisión [ $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ ]			
	Isopreno	Monoterpeno	Otros COV s	NO <sub>x</sub>
Abie	170	5100	2775	4.5
Alfa	19	7.6	11.4	12.8
Barl	7.6	19	11.4	256.7
Citr	42.5	680	693.7	4.5
Conf	1550	1564	1036	4.5
Corn	0.5	0	0	577.6
Gras	56.2	140.5	84.3	57.8
Malu	42.5	42.5	693.7	4.5
Mscp	7.6	19	11.4	12.8
Oats	7.6	19	11.4	256.7
Othe	56.2	140.5	84.3	57.8
Past	56.2	140.5	84.3	57.8
Pea	102	255	153	12.8
Pinu	79.3	2380	1295	4.5
Pota	9.6	24	14.4	192.5
Quer	29750	85	693.7	4.5
Rice	102	255	153	0.2
Scru	37.8	94.5	56.7	57.8
Sorg	7.8	19.5	11.7	577.6
Maleza	408.6	161.9	200.5	12.5
Wate	0	0	0	0
Whea	15	6	9	192.5

A continuación se muestran los valores de las emisiones anuales para cada uno de los contaminantes calculados en el área de estudio, ver tabla A.4.3.

Tabla A.4.3. Inventario de emisiones contaminantes biogénicas por temporada y entidad federativa, 1998

Temporada	Emisiones [ton/año]				
	Isopreno	Monoterpenos	Otros COV s	Total de HC	NO <sub>x</sub>
Estado de México					
Seca-fría	768.39	1,419.44	910.84	3,098.67	786.58
Lluvia	2,401.10	2,601.49	1,669.36	6,671.96	1,225.63
Seca-cálida	826.14	1,903.72	1,221.61	3,951.47	789.76
<b>Total</b>	<b>3,995.63</b>	<b>5,924.65</b>	<b>3,801.81</b>	<b>13,722.09</b>	<b>2,801.98</b>
Distrito Federal					
Seca-fría	350.20	52.5420	55.82	458.57	113.55
Lluvia	748.69	90.6005	96.25	935.54	173.51
Seca-cálida	440.93	54.4787	57.88	553.29	104.33
<b>Total</b>	<b>1,539.82</b>	<b>197.6212</b>	<b>209.95</b>	<b>1,947.39</b>	<b>391.39</b>
ZMVM					
<b>Total</b>	<b>5,535.45</b>	<b>6,122.271</b>	<b>4,011.76</b>	<b>15,669.48</b>	<b>3,193.37</b>

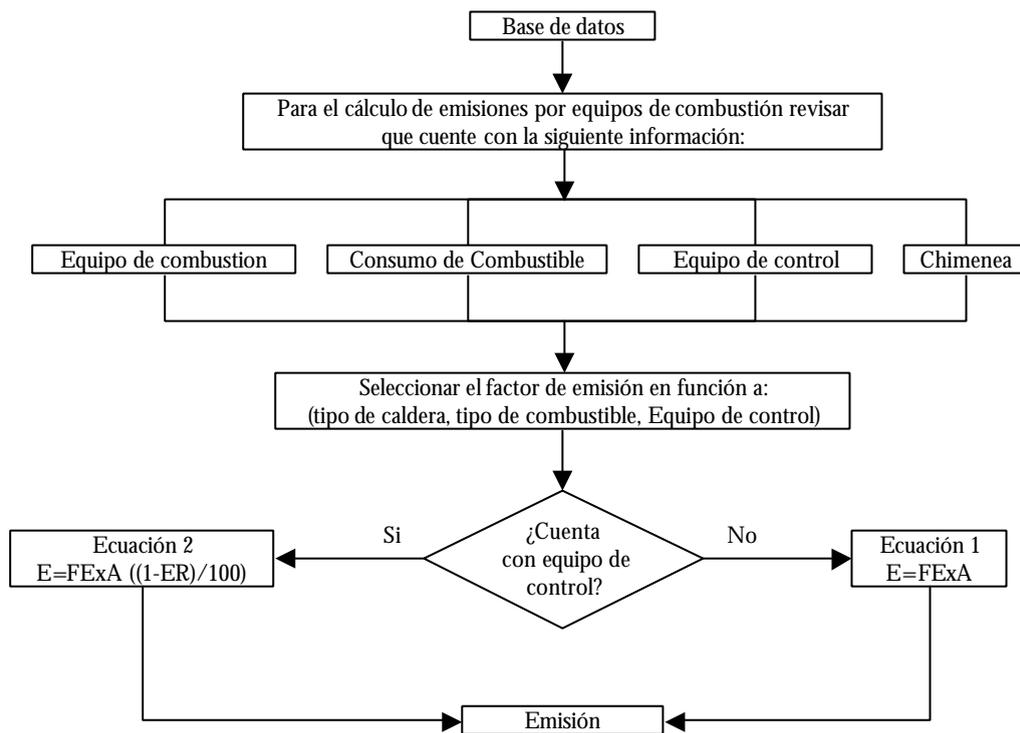
**ANEXO B**

**EJEMPLOS DE CÁLCULOS DE FUENTES FIJAS**

Contaminantes a evaluar

En los siguientes ejemplos se estiman: las emisiones de los contaminantes criterio generados por la combustión de diesel en una caldera (partículas menores a 10 micrómetros  $PM_{10}$  bióxido de azufre  $SO_2$ , monóxido de carbono  $CO$ , óxidos de nitrógeno  $NO_x$ , hidrocarburos totales  $HC$ ) las emisiones de  $PM_{10}$  que se generan en el proceso de concreto premezclado (productos minerales no metálicos) y las emisiones de  $HC$  generadas en el proceso de edición de libros, revistas, periódicos, etc. (artes gráficas). En todos los ejemplos para estimar las emisiones se utilizaron factores de emisión del AP-42 (EPA 454/C-99004 volumen I)<sup>1</sup>.

Diagrama B.1. Procedimiento de cálculo para determinar las emisiones por combustión



E= emisión; FE= Factor de emisión; A= Actividad; ER= eficiencia

Ejemplo 1. - Cálculo de las emisiones por la combustión del diesel

Descripción del proceso de generación de las emisiones

Las emisiones de  $HC$  y  $CO$ , dependen de la eficiencia de combustión, y la emisión de partículas depende del contenido de cenizas en el combustible, eficiencia de combustión y grado del combustible (los combustibles ligeros emiten cantidades menores que los pesados).

<sup>1</sup>. AP-42, Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol I, fifth Edition, november 1999 EPA

## Anexo B

El contenido de azufre en el diesel, determina las emisiones de bióxido de azufre por combustión. Las emisiones de SO<sub>x</sub> de la combustión son predominantemente SO<sub>2</sub>. En promedio más del 95% del azufre del combustible es convertido en SO<sub>2</sub>, entre el 1 y el 5% restante es oxidado a SO<sub>3</sub> y alrededor del 1 al 3% es emitido como partículas sulfatadas.

El contenido de nitrógeno en el combustible es muy importante para la formación de NO<sub>x</sub> ya que influye hasta en un 50% en el NO<sub>x</sub> formado por la combustión. El porcentaje de conversión de nitrógeno del combustible en NO<sub>x</sub> varía del 20 al 90%.

### Hoja de datos para el cálculo de emisiones elaboración de productos para cuidado personal

Razon social de la empresa:									
Dirección:									
Actividad principal:					Productos para cuidado personal				
Clasificación CMAP:					Fabricación de otros productos no clasificados en otra parte 390011				
Materias primas									
CVEIDEN	Materia prima			Consumo	Unidades		Almacenamiento		
47	Ácido cítrico			9,600	kg/año		Bolsas plásticas		
	Alcohol etílico			3,000					
	Aceite mineral			28,800			Contenedor metálico		
	Alcantor			24					
	Alcohol desnaturalizado			240,000					
Producto									
CVIDEN	Producto			Consumo	Unidades		Almacenamiento		
47	Purex detergente liquido			284,500	Kg/año		Contenedor plástico		
	Breck shampoo natural extracts			280,000					
	Breck acondicionador natural extrac.			115,200					
	Breck shampoo-acondicionador natural			216,000					
	Breck hair spray regular			63,000			Contenedor metálico		
Consumo energetico									
Tipo de combustible		Consumo anual				Tipo de suministro		Consumo anual	
		Cantidad		Unidad				Cantidad	
DIESEL		72,000		Litros					
Descripcion del proceso									
Proceso principal		NIP-1	NIP-2		NIP-3		NIP-3		NIP-5
Mezclado		Almacén	Mezclados de sólidos		Acondicionado de producto		Lavado de equipo		
		NIP-6	NIP-7		NIP-8		NIP-9		NIP-10
			Caldera						
Equipos de combustion									
CVEIDEN	Eq Combust	NIP	NPE	Cap Diseño	Unidad	Nom Quem	Nom Combust	Cantidad	Unidad/año
47	CA	C-1	/	337,462.40	BTU/hr	Atomización mecánica	Diesel	24,000	l
	CA	C-2	/	337,462.40				24,000	l
	CA	C-3	/	337,462.40				24,000	l
Equipos de control o sistemas de control									
CVEIDEN	NIP	NPE	NC	Clave de eqcont		Nombre de eq.		Eficiencia	
47	C-1	/		No tiene		No tiene		No tiene	
	C-2	/							
	C-3	/							

NIP: Numero de identificación del proceso

NPE: Numero del punto emisor (ductos o chimenea)

Reporte de emisiones							
CVEIDEN	NIP	NPE	Cv compo	Nom compo	Peso_molec	P_concentr	Unidadcomp
47	C-1						
47	C-2						
47	C-3						

Análisis de la actividad de la empresa

En este ejemplo la empresa fabrica productos para el cuidado personal, para realizar la clasificación se utilizó la información del campo de la clave CMAP proporcionado por la industria, este dato es comparado con el catálogo del CMAP para determinar si son consistentes, posteriormente contra las actividades o servicios que la empresa reporta, con esta información se reasigna o se avala la clave CMAP del establecimiento que es usada para identificar más rápidamente el giro industrial y para calcular emisiones por proceso, así como diversos tipos de reportes.

Del análisis de la base de datos, se desprende que no existe información suficiente para realizar el cálculo de emisiones en el área de proceso, debido a que las unidades de reporte no son las mismas que las utilizadas en los factores de emisión y a que es necesaria información complementaria de las condiciones de operación y almacenaje.

En la primera etapa de actividades en la empresa encontramos el almacén general donde están las materias primas y los productos, dependiendo del estado del almacenaje y manejo se generaran emisiones en mayor o menor cantidad, en este caso el almacenamiento se realiza en contenedores y bolsas, por lo que la emisión será pequeña y solamente puede haber emisiones fugitivas.

En la segunda actividad de la empresa se realiza el mezclado de materias primas, no se reportaron las características del mezclador (si es cerrado o abierto) ni las horas de operación; esta parte del proceso no esta descrita por el SCC, por lo que no se aplicaron factores, es necesario considerar esta parte ya que puede emitir partículas, dependiendo de las condiciones de operación. En el acondicionamiento del producto se pueden emitir partículas y otros contaminantes debido al manejo y evaporación del mismo por lo que es necesario obtener mayor información de esta área para determinar las emisiones. Finalmente la actividad que está relacionada con una caldera genera emisiones a la atmósfera, se estiman usando factores de emisión de acuerdo a los datos reportados.

#### Análisis de las unidades

Las unidades que se reportan de la capacidad de los equipos de combustión y del consumo de combustibles por la Cédula de Operación Anual (COA) no son iguales a las del factor de emisión, por lo que fue necesario homologar estos datos seleccionando los factores de conversión de la tabla B.1.

**Tabla B.1. Factores de conversión de los tipos de combustible**

Combustible	Unidades	Factor de conversión utilizado	Unidades del factor
Diesel	Litros	1,000 litros = m <sup>3</sup>	[m <sup>3</sup> ]
	Kilogramos	0.824 kg/l	
Gas natural	Metros cúbicos	m <sup>3</sup>	
Gas LP	Litros	1,000 litros = m <sup>3</sup>	
	Kilogramos	0.526 kg/l	
Gasóleo	Litros	1,000 litros = m <sup>3</sup>	
	Kilogramos		

Referente a la caldera, fue necesario conocer su capacidad para aplicar correctamente los factores de emisión, por lo que para esto fue necesario homologar los datos de energía proporcionados por las industrias con las equivalencias de unidades energéticas de la tabla B.2.

**Tabla B.2. Equivalencias unidades de energía**

Tabla de equivalencias	Multiplica	=
------------------------	------------	---

Mj	Megajoule	239	[kcal]
Kcal	Kilocaloria	$4.186 \times 10^{-6}$	[Mj]
Kcal	Kilocaloria	3.968	[BTU]
BTU	Unidad termica británica	0.252	[kcal]
CC	Caballo caldera	35.3	[Mj/h]
Mj/h	Megajoule	0.028	[CC]

### Selección del factor de emisión

Para seleccionar el factor de emisión fue necesario considerar el tipo de equipo de combustión, capacidad del equipo de combustión, tipo de quemador, tipo de combustible, así como las unidades de consumo. En la base de datos se mencionan tres calderas con quemadores de atomización mecánica como equipo de combustión, la capacidad es similar en cada una de ellas y menor a 3,000 caballos caldera, que consumen 24,000 litros de diesel cada una, y como no reporta equipo de control se utilizaron los factores de emisión de la tabla B.3.

**Tabla B.3. Factores de emisión para combustión con diesel en calderas**

Capacidad de caldera	Tipo de control	Factor de emisión [kg/m <sup>3</sup> ]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>x</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
(< 3000 cc)	Sin control	0.12	17.045	0.6	2.4	0.05424

Nota: En los hidrocarburos quedan agrupados compuestos orgánicos volátiles y compuestos orgánicos totales.  
 Nota: El valor de S = 0.5% en peso

### Secuencia de cálculos

La estimación de la emisión del contaminante i (E<sub>i</sub>), consiste en el producto del volumen de combustible consumido "CC" en la caldera y el factor de emisión seleccionado (asociado al tipo de combustible) para el contaminante i "FE<sub>i</sub>" ver tabla B.3.

$$E_i = (FE_i) \times (CC)$$

Para la primera caldera

Emisión de PM <sub>10</sub>	= (0.12) x (24,000\1,000)	= 2.88 kg\ año
Emisión de SO <sub>x</sub>	= (17.04) x (0.5) x (24,000\1,000)	= 204.48 kg\ año
Emisión de CO	= (0.6) x (24,000\1,000)	= 14.40 kg\ año
Emisión de NO <sub>x</sub>	= (2.4) x (24,000\1,000)	= 57.60 kg\ año
Emisión de HC	= (0.054) x (24,000\1,000)	= 1.30 kg\ año

Pero como todas las calderas son iguales se puede usar la misma formula, lo que es comparable utilizando el total del combustible que es de 72,000 litros para este caso.

Emisión de PM <sub>10</sub>	= (0.12) x (72,000\1,000)	= 8.64 kg\ año
Emisión de SO <sub>x</sub>	= (17.04) x (0.5) x (72,000\1,000)	= 613.44 kg\ año
Emisión de CO	= (0.6) x (72,000\1,000)	= 43.20 kg\ año
Emisión de NO <sub>x</sub>	= (2.4) x (72,000\1,000)	= 172.80 kg\ año
Emisión de HC	= (0.054) x (72,000\1,000)	= 3.88 kg\ año

*Ejemplo 2. - Cálculo de emisiones por la combustión de gas natural.*

### Descripción del proceso de generación de las emisiones

El gas natural está considerado como un combustible relativamente limpio, pero algunas emisiones resultan de su combustión, por ejemplo, en condiciones inapropiadas de combustión con una mezcla pobre de aire/combustible, etc. puede generar grandes cantidades de humo, CO y emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Los NO<sub>x</sub> son el principal contaminante del gas natural, estas emisiones dependen principalmente de las temperaturas máximas logradas dentro de la cámara de combustión, así como de la concentración de oxígeno en la zona de combustión y del tiempo de exposición a las altas temperaturas. Los niveles de emisión varían considerablemente y están relacionados con el tamaño y diseño de los equipos de combustión y tipo de quemadores.

### Hoja de datos para el cálculo de emisiones en la fabricación de papel y cartón

Razon social de la empresa:										
Dirección:										
Actividad principal: Fabricación de papel y carton										
Clasificación CMAP: Fabricación de papel 341021										
Materias primas										
CVEIDEN	Materia prima			Consumo		Unidades		Almacenamiento		
56	Celulosa fibra larga			5,839		ton		Granel bajo techo		
56	Celulosa fibra corta			2,956						
56	Celulosa quimica terno mecánica			523						
56	Papel periódico			3,272						
56	Virutas papel blanco			1,001						
Producto										
CVEIDEN	Producto			Produccion		Unidades		Almacenamiento		
56	Papel			9,103		ton		Granel bajo techo		
56	Cartoncillo			4,368						
Consumo energético										
Tipo de combustible		Consumo anual			Tipo de suministro		Consumo anual			
		Cantidad	Unidad				Cantidad	unidad		
Gas Natural		5,511,033	M <sup>3</sup>							
Descripción del proceso										
Proceso principal		NIP-1		NIP-2		NIP-3		NIP-3		NIP-5
Fabricación papel		Almacén		Molienda		Refinación		Preparación		Formación
		NIP-6		NIP-7		NIP-8				
		Recuperación de fibra		Recuperación agua		Caldera				
Equipos de combustión										
CVEIDEN	eq combus	NIP	NPE	cap diseño	unidad	nom quem	nom combust	Cantidad	unidad/año	
586	CA	6	1	500	C.C	Q Bajo NOx	Gas Natural	5.51	Millones de m <sup>3</sup>	
Equipos de control o sistemas de control										
CVEIDEN	NIP	NPE	Nc	Clave de eqcont	Nombre de eq.		Eficiencia			
586				NC	NC		NC			

NIP: Numero de identificación del proceso; NPE: Numero del punto emisor (ductos o chimenea); NC-

Reporte de emisiones							
CVEIDEN	NIP	NPE	Cv compo	Nom compo	Peso_molec	P_concentr	Unidadcomp
586	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

### Análisis de la actividad de la empresa

En este ejemplo, la empresa fabrica papel y cartoncillo, para realizar la clasificación se utilizó la información del campo de la clave CMAP proporcionado por la industria, este dato es comparado con el catálogo del CMAP y contra las actividades o servicios que la empresa reporta, con esta

información se reasigna o se avala la clave CMAP del establecimiento, misma que se utilizará en caso de calcular emisiones por proceso y para generar diversos tipos de reportes. Del análisis de la base de datos, se desprende que no existe información suficiente para realizar el cálculo de emisiones en el área de proceso, debido a que es necesaria información complementaria de las condiciones de operación, debido a que puede haber emisiones en el secado y otras partes del proceso. En la primera etapa de actividades de la empresa, encontramos el almacén general, donde están las materias primas y los productos que son almacenados a granel, originándose emisiones fugitivas por el manejo. En la etapa de elaboración del papel, hay ocho etapas del proceso, de las cuales en cinco se pueden generar emisiones contaminantes fugitivas, para este fin solamente se analizó una (combustión) debido a que el SCC<sup>2</sup> requiere de mayor información. La actividad que está relacionada con una caldera, genera emisiones a la atmósfera, las cuales son conducidas y estimadas usando factores de emisión, es importante comentar que no menciona la presencia de un equipo de control relacionado a este punto, ni la capacidad de la caldera para aplicar correctamente los factores de emisión. Las unidades que se reportan en la Cédula de Operación Anual (COA) referente a la capacidad de los equipos de combustión y las unidades de consumo no son las utilizadas en la descripción del factor de emisión, por lo que fue necesario homologar estos datos para aplicar el factor, utilizando las equivalencias de las tablas B.1 - B.2.

### Selección del factor de emisión

Para seleccionar el factor de emisión registrado en la tabla B.4, fue necesario considerar el tipo de equipo de combustión, capacidad del equipo de combustión, tipo de quemador, tipo de combustible, así como las unidades de consumo. Una vez revisada la hoja de datos se seleccionó el factor de emisión para realizar el cálculo, para este caso el equipo de combustión es menor a 3,000 caballos caldera, el cual cuenta con un quemador de bajo NO<sub>x</sub>, ver tabla B.4.

**Tabla B.4. Factor de emisión para combustión con gas natural en calderas [kg/Mm<sup>3</sup>]**

Capacidad de caldera	Tipo de control	PM <sub>10</sub>	SO <sub>x</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
(< 3000 C.C)	Quemador de bajo NO <sub>x</sub>	121.6	9.6	1344	800	264

Nota: En los hidrocarburos totales quedan agrupados compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos totales; M: millones

### Secuencia de cálculos

La estimación de la emisión del contaminante i (E<sub>i</sub>), consiste en el producto del volumen de combustible consumido "CC" en la caldera y el factor de emisión seleccionado (asociado al tipo de combustible) para el contaminante i "FE<sub>i</sub>" ver tabla B.3.

$$E_i = (FE_i) \times (CC)$$

Emisión de PM <sub>10</sub>	= (121.6 kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) x (5.51 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	= 670.01 kg/año
Emisión de SO <sub>2</sub>	= (9.6 kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) x (5.51 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	= 52.89 kg/año
Emisión de CO	= (1,344 kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) x (5.51 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	= 7,405.44 kg/año
Emisión de NO <sub>x</sub>	= (800 kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) x (5.51 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	= 4,408.00 kg/año
Emisión de HC	= (264 kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) x (5.51 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	= 1,454.64 kg/año

*Ejemplo 3. - Emisiones por proceso "Concreto premezclado"*

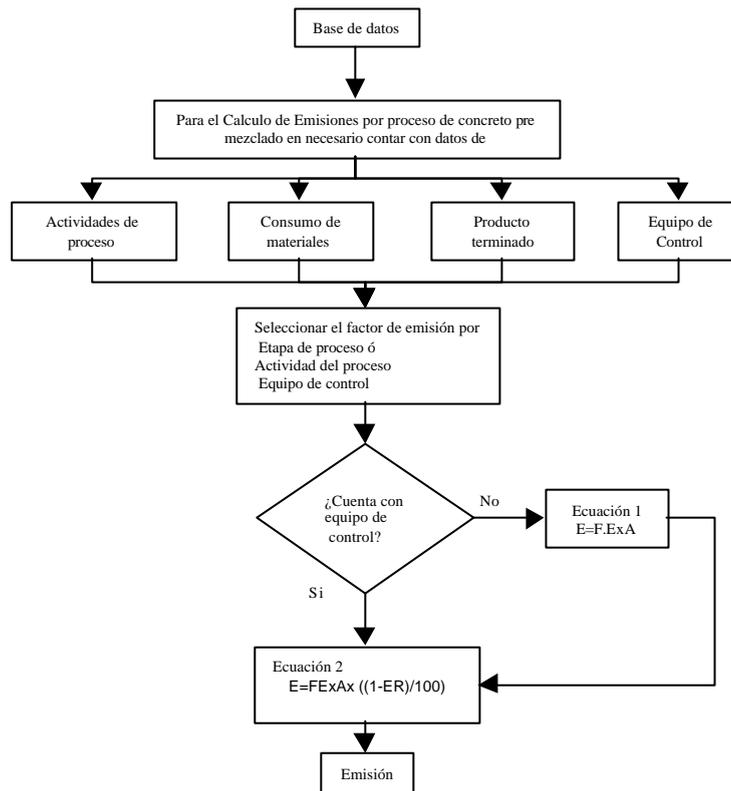
### Descripción del proceso de generación de las emisiones

Concreto Premezclado, el concreto está compuesto esencialmente de agua, cemento, arena (agregados finos) y "agregados gruesos". Los "agregados gruesos" pueden consistir en grava, roca triturada. Algunos agregados especiales pueden ser agregados de alto peso (de barita, magnetita,

<sup>2</sup> Source Code Classification (Clasificación de Códigos de Fuente)

limonita, ilmenita); agregados de peso bajo como el aglomerado de arcilla, lutita, pizarra arcillosa dura, tierra de diatomeas, perlita, vermiculita, piedra pómez o comprimidos de cenizas frías. La arena y los "agregados gruesos" son transferidos a tolvas elevadas por cargadores de cucharón delantero, grúas de cucharón de almeja o elevadores de cangilones. De estos silos elevados, los constituyentes son alimentados por gravedad o transportadores roscados a tolvas pesadoras, que combinan las cantidades adecuadas para cada material. El concreto "shrink-mixed" es parcialmente mezclado en una planta central mezcladora y luego se mezcla completamente en un camión mezclador en camino al sitio de trabajo, el proceso batch en seco pocas veces es llevado al sitio de la construcción.

Diagrama B.2. Memoria de cálculo de emisiones por elaboración de concreto premezclado.



Donde:  
 E= Emisión  
 FE= Factor de Emisión  
 A= Actividad  
 ER= Eficiencia

Hoja de datos para el cálculo de emisiones en la elaboración y venta de preconcreto

Razon social de la empresa:				
Dirección:				
Actividad principal:		Elaboración distribución y venta de preconcreto		
Clasificación CMAP:		369T21		
Materias primas.				
CVEIDEN	Materia prima	Consumo	Unidades	Almacenamiento
1	Cemento	3,323	ton/ año	Al aire libre
1	Gravas	2,633	m <sup>3</sup> /año	

## Anexo B

1	Arena	3,993			l/año				
1	Agua	19,947							
1	Aditivos	44,373							
<b>Producto</b>									
<b>CVIDEN</b>	<b>Producto</b>	<b>Consumo</b>	<b>Unidades</b>		<b>Almacenamiento</b>				
1	Concreto premezclado	83,000	m <sup>3</sup>		Al aire libre				
<b>Consumo energetico</b>									
<b>Tipo de combustible</b>	<b>Consumo anual</b>			<b>Tipo de suministro</b>		<b>Consumo anual</b>			
	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>				<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>		
<b>Descripción del proceso</b>									
<b>Proceso principal</b>	NIP-1	NIP-2		NIP-3		NIP-3	NIP-5		
Mezcla mecánica	Carga de agregados	Transporte		Pesado de agregados		Pesado de cemento			
<b>Equipos de combustión</b>									
<b>CVEIDEN</b>	Eq. combus	NIP	NPE	Cap. diseño	Unidad	Nom. quem	Nom combust	Cantidad	Unidad/año
<b>Equipos de control o sistemas de control</b>									
<b>CVEIDEN</b>	NIP	NPE		NC	Clave de eqcont	Nombre de eq.		Eficiencia	
<small>NIP: Numero de identificación del proceso NPE: Numero del punto emisor (ductos o chimenea)</small>									
<b>Reporte de emisiones</b>									
<b>CVEIDEN</b>	NIP	NPE	CV compo	Nom compo		Peso_molec	P_concentr	Unidad comp	
1	1		1	Material particulado					
1	2		1						

### Clasificación industrial.

Datos de registro para establecimientos de servicio: Para realizar la clasificación se utilizó la información del campo de la clave CMAP<sup>3</sup> proporcionado por la industria punto 2 de datos de registro para establecimientos, este dato es comparado contra el catalogo del CMAP y contra las actividades o servicios que la empresa reporta, con esta información se reasigna o se avala la clave CMAP del establecimiento.

### Selección del factor de emisión

Tipo de combustible y sus unidades: No reporta consumo de combustibles, Selección del factor de emisión por proceso: para seleccionar el factor de emisión registrado en la tabla B.5 es necesario considerar el tipo de proceso, la actividad realizada en el proceso, datos de consumo de materias primas o productos (en este caso producción de concreto).

**Tabla B.5. Factores de emisión**

SCC	Nombre del proceso	PART	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	COV <sub>s</sub>	UNIDADES
3-05-011-01	General (no fugitivas)	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	m <sup>3</sup> concreto producido

\*Airchief EPA november 1999; \*Dosificación de Concreto - 3270, 1771, 3292 kg/m<sup>3</sup>

En la hoja de datos para realizar el cálculo de emisiones en proceso, se observa la cantidad de concreto producido (83,000 m<sup>3</sup> al año), en la COA no se incluía información de equipos de control, por lo que se uso para el cálculo, la ecuación general sin incluir equipo de control, el único contaminante reportado son partículas y PM<sub>10</sub> (tabla B.6) las que se calcularon de la siguiente manera:

3 Clasificación Mexicana de Actividades y Productos

Secuencia de cálculos

Emisión de  $PM_{10}$  =(Factor de emisión para el proceso General (no fugitivas))x(Metros cúbicos de concreto producido)=(0.01 x 83,000) = 830 kg/año

Tabla B.6. Inventario de emisiones [kg/año]

CVEIDEN	Parte del proceso	Formula	PM <sub>10</sub>	SO <sub>x</sub>	NOx	COV <sub>s</sub>	CO
1	General no fugitivas	E = Fe x producto	830	0	0	0	0

Ejemplo 4. - Emisiones por proceso "Artes gráficas"

Descripción del proceso de generación de las emisiones

Artes gráficas, el término artes gráficas es usado para los 4 procesos básicos en la industria de la impresión: litografía, letras prensadas, tipográfica, rotograbado, y flexografía. La impresión se realiza en diversos tipos de papel aunque se puede imprimir en otros materiales, el proceso y los materiales a emplear son importantes en la generación de contaminantes principalmente COV's. Las tintas de impresión varían ampliamente en su composición, pero casi siempre constan de tres elementos (base orgánica, pigmentos, estabilizadores), el pigmento produce los colores y se compone de materiales orgánicos e inorgánicos, los componentes sólidos adhieren los pigmentos al substrato y se compone de resinas orgánicas, polímeros, algunas tintas, aceites, resinas y solventes que se disuelven o dispersan, los pigmentos y el aglomerante.

Proceso de litografía.- Usada para la fabricación de libros, folletos, periódicos, en los libros y folletos se usan tintas que contienen aproximadamente 40% de solvente, y para periódico se usan tintas con el 5%. En ambos casos los solventes son normalmente hidrocarburos o derivados del petróleo, pasan por un túnel o secador a altas temperaturas excepto en el periódico, la mayor parte del solvente en ambos casos se queda en la tinta.

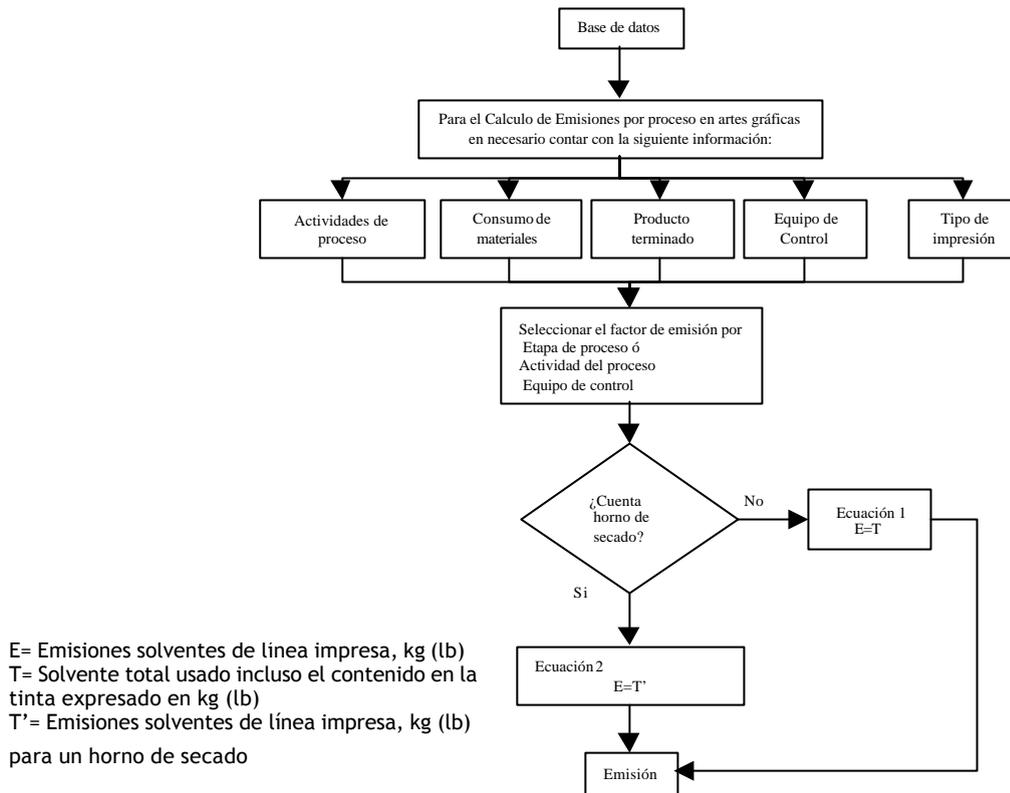
Proceso de letras prensadas. - Se utiliza para la elaboración de revistas y periódicos, las tintas empleadas generalmente contienen el 40% en peso de solvente, los solventes para dilución de las tintas generalmente son alcoholes e hidrocarburos aromáticos.

Rotograbado.- Se utiliza en la impresión en papel recubierto, como etiquetas, revistas, periódicos, en cajas de cartón y otros materiales de empaque flexible. Las tintas usadas contienen del 55-95% de volumen en solvente y generalmente en promedio 75%, los solventes para dilución contienen diversos compuestos como cetonas, glicoles etc.

Flexografía.- Se utiliza principalmente en empaques flexibles, tetrapak, bolsas de cartón, platos, etiquetas, cintas y sobres, se usan tintas base-solvente y base-agua, el primero se utiliza en publicaciones y el segundo en productos grado alimenticio, bolsas y otros, el solvente contiene generalmente alcoholes, alcoholes mezclados con hidrocarburos; el solvente para la dilución contiene glicoles, cetonas y éteres, el secado se realiza con aire caliente.

Tipográfica.- Este proceso se utiliza en la impresión de revistas, folletos etc. y es similar al proceso de serigrafía y tampografía

Diagrama B.3. Procedimiento del cálculo de emisiones en las artes gráficas.



Para el cálculo de emisiones por proceso en artes gráficas se consideran los equipos de impresión, tipo de impresión, capacidad del equipo de impresión, etapas del equipo, tipos y cantidad de tintas. Además dependiendo de que si la emisión es conducida o no, para poder determinar el punto de emisión y ubicar los puntos de control. Es importante mencionar que existen equipo de impresión con el equipo de control integrado para partículas y horno de secado en línea, estas dos particularidades se incluyen en la selección del balance y los valores de las variables a sustituir. Para definir que factores de emisión se utilizaran se realizó una revisión del diagrama de flujo considerando las etapas del proceso de impresión, tipo de tinta, tipo y cantidad de solventes. La ecuación 1 se utilizó para el cálculo de emisiones, cuando no existe horno de secado es la siguiente<sup>4</sup>.

$$E_{Total} = T \text{ Donde: } T = \frac{ISd}{100} \quad (1)$$

E<sub>total</sub> : Total de emisiones de los solventes incluso del producto impreso [kg] "o" [lb]  
 T: Solvente total usado incluso el contenido en la tinta expresado en [kg] "o" [lb]

Las emisiones de solventes cuando el proceso utiliza un secador se pueden calcular con la ecuación 2, el solvente restante se queda en el producto impreso.

4 Capitulo 4 de Evaporation Loss Source Sección 4.9.1, Sección 4.9.2 del AP-42 november 1999

Cuando existe horno de secado la ecuación 1 se convierte en la ecuación 2 y es<sup>5</sup>:

$$E = T' \text{ Donde: } T' = \frac{ISd}{100} \left( \frac{100 - P}{100} \right) \quad (2)$$

E: Emisiones solventes de línea impresa, [kg] "o" [lb]

I: Tinta usada [l] "o" [galones]

S y P: tabla B.7.

D: Densidad del solvente [kg/ l] "o" [lb/ gal]

La emisión de contaminantes es referida a los compuestos orgánicos volátiles, que dependen principalmente del proceso de impresión y las materias primas utilizadas. Las consideraciones antes expuestas son utilizadas en los siguientes ejemplos:

#### Clasificación industrial.

De la hoja de datos para el cálculo de emisiones en industrias auxiliares y conexas con la edición e impresión, se registro para establecimientos de servicio y para su clasificación se utilizó la información del campo de la clave CMAP proporcionado por la industria punto 2 de datos de registro para establecimientos de la COA, este dato es comparado contra el catalogo del CMAP y contra las actividades o servicios que la empresa reporta, con esta información se reasigna o se avala la clave CMAP del establecimiento.

Tipo de combustible y sus unidades:

No reporta consumo de combustibles.

Selección del factor de emisión por proceso:

Para seleccionar el factor de emisión es necesario considerar el tipo de proceso, la actividad realizada en el proceso, datos de consumo de materias primas o productos (en este caso consumo de tintas), obteniendo los siguientes datos:

**Tabla B.7. Contenido de solvente en el producto**

Procesos	Volumen del solvente en tinta [volumen %] [S]	Solvente restante en producto más el destruido en el secador [%] [ P]	Clasificación del factor de emisión	Densidad de thinner estándar
Litográfico publicación	40	40	B	0.775

En la hoja de datos se observa la cantidad de tinta utilizada 564.52 litros, (en ocasiones es reportada en unidades de masa por lo que se requiere utilizar la densidad del solvente) y se considera como equipo de control un secador de acuerdo al proceso.

#### Hoja de datos para el cálculo de emisiones en industrias auxiliares y conexas con la edición e impresión

Razon social de la empresa:	
Direccion:	
Actividad principal:	Industrias auxiliares y conexas con la edicion e impresion
Clasificación CMAP:	342004
Materias primas.	

<sup>5</sup> Capitulo 4 de Evaporation Loss Source Sección 4.9.1, Sección 4.9.2 del AP-42 november 1999

Anexo B

CVEIDEN	Materia prima	Consumo	Unidades	Almacenamiento					
90	Cartón plegadizo	330	ton/año	A granel bajo techo					
90	Papel	72							
90	Tintas	564.52							
90	Pegamento	216	kg/año	Garrafón de plástico					
90	Aceite lubricante	204							
Producto									
CVEIDEN	Producto	Consumo	Unidades	Almacenamiento					
90	Cajas	21,600	PZA	Bolsa de plástico					
90	Etiquetas	1,320	PZA	Bolsa de plástico					
Consumo energetico									
Tipo de combustible	Consumo anual		Tipo de suministro	Consumo anual					
	Cantidad	Unidad		Cantidad	unidad				
Descripción del proceso									
Proceso principal	NIP-1		NIP-2		NIP-3	NIP-3	NIP-5		
Litografía	Preparación de la prensa		Generación de grabados		Impresión				
Equipos de combustión									
CVEIDEN	Eq combus	NIP	NPE	Cap diseño	Unidad	Nom quem	Nom combust	Cantidad	Unidad/año
Equipos de control o sistemas de control									
CVEIDEN	NIP	NPE	NC	Clave de eqcont	Nombre de eq.		Eficiencia		
NIP: Numero de identificación del proceso NPE: Numero del punto emisor (ductos o chimenea)									
Reporte de emisiones									
CVEIDEN	NIP	NPE	Cv compo	Nom compo	Peso_molec	P_concentr	Unidadcomp		

Secuencia de cálculos

$$E = T' \quad \text{En donde} \quad T' = \frac{ISd}{100} * \frac{(100 * P)}{100}$$

por lo tanto

$$\text{Emisión de COV's} = \frac{ISd}{100} * \frac{(100 * P)}{100}$$

- ? : Consumo de tinta = 564.516 [l/año]
- S: factor de la anterior = Volumen del solvente en tinta = 40
- P: factor de la anterior = Solvente en el producto más el destruido en el secador = 40
- D: densidad del solvente = 0.775 [kg/l]

$$\text{Emisión de COV's} = \frac{(564.516 \text{ l/año}) * (40) * (0.775 \text{ kg/l}) * (100 * 40)}{100} = 104.99 \text{ kg/año}$$

Ejemplo 5.- Emisiones por combustión y proceso.

Para realizar la clasificación de esta industria se utilizó la información del campo de la clave CMAP, este dato es comparado con el catálogo del CMAP y contra las actividades reportadas, con esta información se reasigna o se avala la clave CMAP para ser usada en el cálculo de emisiones por proceso.

Del análisis de la base de datos, se observa que existe información suficiente para realizar el cálculo de emisiones en el área de proceso, para realizar esto es necesario uniformizar las unidades reportadas con las unidades de los factores de emisión del proceso, además es necesario identificar información complementaria de las condiciones de operación y almacenaje.

Para la etapa de almacenaje no se presenta información suficiente para determinar las posibles emisiones que pudieran generarse aquí.

Para la etapa de proceso se tienen datos de inyección de plástico, pintado, esmaltado de lámina y productos, por lo que es necesario utilizar los factores de emisión del SCC.

**Tabla B.8. Factores de emisión por combustión con gas LP**

Contaminante	Caldera industrial [kg/m <sup>3</sup> ]	Caldera comercial -institucional-residencial [kg/m <sup>3</sup> ]
PM <sub>10</sub>	0.072	0.0528
SO <sub>2</sub>	0.0001	0.0001
CO	0.4032	0.2376
NO <sub>x</sub>	2.376	1.728
HC	0.0648	0.0648

\* En los HC se incluyen los COTs y los COVs

Finalmente están las emisiones que se producen por la quema del combustible, para lo cual se utilizaron los datos de la tabla B.8. Los datos que se consideraron para esta industria, se presentan en la siguiente hoja de datos, la cual describe los materiales utilizados, los productos y las actividades principales que se realizan:

**Hoja de datos para el cálculo de emisiones en la fabricación y compraventa de herrajes metálicos para cortineros**

<b>Razon social de la empresa:</b>				
Direccion:				
<b>Actividad principal:</b>		Fabricacion y compraventa de herrajes metalicos para cortineros.		
<b>Clasificación CMAP:</b>		381403		
<b>Materias primas.</b>				
CVEIDEN	Materia prima	Consumo	Unidades	Almacenamiento
2309	Cartón plegadizo	800	ton/año	A granel bajo techo
2309	Papel	4		Botes de plástico
2309	Tintas	2		Garrafón de plástico
2309	Pegamento	6		
2309	Aceite lubricante	6		
<b>Producto</b>				
CVEIDEN	Producto	Consumo	Unidades	Almacenamiento

Anexo B

2309	Cortineros	480,000	pza/año	OF					
2309	Herrajes	18,000,000	pza/año	OF					
<b>Consumo energético</b>									
<b>Tipo de combustible</b>	<b>Consumo anual</b>		<b>Tipo de suministro</b>	<b>Consumo anual</b>					
	Cantidad	Unidad		Cantidad	Unidad				
<b>Descripción del proceso</b>									
<b>Proceso principal</b>	<b>NIP-1</b>	<b>NIP-2</b>	<b>NIP-3</b>	<b>NIP-4</b>	<b>NIP-5</b>				
Horno 1	Secado								
Horno 2	Secado								
Horno 3	Secado								
<b>Equipos de combustión</b>									
<b>CVEIDEN</b>	<b>Eq combus</b>	<b>NIP</b>	<b>NPE</b>	<b>Cap diseño</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nom quem</b>	<b>Nom combust</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad/año</b>
2309	Horno1	1					GLP	25.8	m <sup>3</sup>
2309	Horno1	1				25.8			
2309	Horno1	1				25.8			
<b>Equipos de control o sistemas de control</b>									
<b>CVEIDEN</b>	<b>NIP</b>	<b>NPE</b>	<b>NC</b>	<b>Clave de eqcont</b>	<b>Nombre de eq.</b>	<b>Eficiencia</b>			
NIP: Numero de identificación del proceso NPE: Numero del punto emisor (ductos o chimenea)									
<b>Reporte de emisiones</b>									
<b>CVEIDEN</b>	<b>NIP</b>	<b>NPE</b>	<b>Cv compo</b>	<b>Nom compo</b>	<b>Peso_molec</b>	<b>P_concentr</b>	<b>Unidadcomp</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Contaminante</b>		<b>Gasto (G)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concentracion (Conc.)</b>	<b>Unidad</b>			
Horno de curado 1	partículas		6,977.3	m <sup>3</sup> /día	80.1	Mg/m <sup>3</sup>			
Horno de curado 2			13,398.2		120.1	Mg/m <sup>3</sup>			
Horno de curado 3			18,816.4		39.2	Mg/m <sup>3</sup>			

Para determinar las emisiones en masa es necesario considerar condiciones de base seca, y conocer el tiempo de operación de los equipos de manera anual, para este caso la industria trabaja 260 días al año. Es necesario destacar que el tiempo de actividad del equipo emisor es el que debe considerarse para el cálculo de las emisiones y relacionarlo con los datos de las mediciones. Las emisiones calculadas de acuerdo a mediciones basadas en la norma 043 son las siguientes:

$$E_1 = G \cdot (\text{Conc.}) \cdot (\text{días/año}) = (6,977.3 \text{ m}^3/\text{día})(80.1 \text{ Mg/m}^3)(260 \text{ días/año})(\text{ton}/10^9 \text{ mg}) = 0.145 \text{ ton/año}$$

$$E_2 = G \cdot (\text{Conc.}) \cdot (\text{días/año}) = (13,398.2 \text{ m}^3/\text{día})(120.1 \text{ Mg/m}^3)(260 \text{ días/año})(\text{ton}/10^9 \text{ mg}) = 0.42 \text{ ton/año}$$

$$E_3 = G \cdot (\text{Conc.}) \cdot (\text{días/año}) = (18,816.4 \text{ m}^3/\text{día})(39.2 \text{ Mg/m}^3)(260 \text{ días/año})(\text{ton}/10^9 \text{ mg}) = 0.19 \text{ ton/año}$$

Total de emisiones de partículas por proceso.  $E_1 + E_2 + E_3 = 0.145 + 0.42 + 0.192 = 0.757 \text{ ton/año}$

Se presentan emisiones medidas de COV's en masa por lo que es necesario convertir las unidades de kg/año a ton/año.

Emisión anual es 423.4 kg/año

$$E_{\text{COVS}} = (423.4 \text{ kg/año})(\text{ton}/1,000 \text{ kg}) = 0.42 \text{ ton/año de COV's originados en el área de pintura.}$$

Por medio de cálculos basados en el SCC tenemos:

Para el esmalte de recubrimiento se considera el SCC 402-005-01 con un factor de emisión de 381.36 kg/ton de recubrimiento aplicado.

Por lo que:

$$E = (2.4 \text{ ton de recubrimiento}) \times (381.36 \text{ kg/ton recubrimiento}) \text{ (ton/1000 kg)} = 0.91 \text{ ton/año}$$

Que sumados a las emisiones por recubrimiento tenemos que:

$E_{\text{COVs}}$  = emisiones por pintado ( $E_R$ ) y emisiones por esmaltado ( $E_{\text{SCC}}$ ).

$$E_{\text{COVs}} = E_R + E_{\text{SCC}} = 0.91 + 0.42 \text{ ton/año} = 1.33 \text{ ton/año de emisiones de COVs en el área de proceso.}$$

De emisiones por combustión para el Horno1.

$$\begin{aligned} \text{Emisión de PM}_{10} &= (\text{Factor de emisión de PM}_{10} \times \text{Consumo de combustible}) \\ &= (0.072 \text{ kg/m}^3) \times (25.8 \text{ m}^3/\text{año}) = 1.86 \text{ kg/año} \end{aligned}$$

Factor de emisión para el azufre  $9 \times 10^{-6}$

$$\begin{aligned} \text{Emisión de SO}_x &= (\text{Factor de emisión de SO}_x) \times (\text{Consumo de combustible}) \\ &= (9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3) \times (25.8 \text{ m}^3/\text{año}) = 2.322 \text{ E}^{-4} \text{ kg/año} \end{aligned}$$

Factor de emisión para el CO, la relación propano butano es 60/40 en el gas LP

Tomado los valores de la tabla B.8 tenemos que:

$$FE_{\text{CO}} = (0.384) \times (0.6) + (0.432) \times (0.4) = 0.4032 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Emisión de CO} &= (\text{Factor de emisión de CO}) \times (\text{Consumo de combustible}) \\ &= (0.4032 \text{ kg/m}^3) \times (25.8 \text{ m}^3/\text{año}) = 10.40 \text{ kg/año} \end{aligned}$$

Factor de emisión para el  $\text{NO}_x$  la relación propano butano es 60/40 en el gas LP

Tomado los valores de la tabla B.8 tenemos que:

$$FE_{\text{NO}_x} = (2.28) \times (0.6) + (2.54) \times (0.4) = 2.032 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Emisión de NO}_x &= (\text{Factor de emisión de NO}_x) \times (\text{Consumo de combustible}) \\ &= (2.032 \text{ kg/m}^3) \times (25.8 \text{ m}^3/\text{año}) = 52.42 \text{ kg/año} \end{aligned}$$

Factor de emisión para el COT relación propano butano es 60/40 en el gas LP

Tomado los valores de la tabla B.8 tenemos que:

$$FE_{\text{HC}} = (0.06) \times (0.6) + (0.072) \times (0.4) = 0.0648 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Emisión de HC} &= (\text{Factor de emisión de HC}) \times (\text{Consumo de combustible}) \\ &= (0.0648 \text{ kg/m}^3) \times (25.8 \text{ m}^3/\text{año}) = 1.67 \text{ kg/año} \end{aligned}$$

## Anexo B

---

Pero como todos los hornos son iguales se usaron las mismas formulas y secuencia de cálculo, lo que es comparable utilizando el consumo de combustible que es de 25.8 m<sup>3</sup>/año para este caso.

Emisión de PM <sub>10</sub>	=	(0.072 kg/m <sup>3</sup> ) X (25.8 m <sup>3</sup> /año)	=	1.86	kg/año
Emisión de SO <sub>x</sub>	=	(9*10 <sup>-6</sup> kg/m <sup>3</sup> ) X (25.8 m <sup>3</sup> /año)	=	2.32 E <sup>-4</sup>	kg/año
Emisión de CO	=	(0.4032 kg/m <sup>3</sup> ) X (25.8 m <sup>3</sup> /año)	=	10.40	kg/año
Emisión de NO <sub>x</sub>	=	(2.032 kg/m <sup>3</sup> ) X (25.8 m <sup>3</sup> /año)	=	52.42	kg/año
Emisión de HC	=	(0.0648 kg/m <sup>3</sup> ) X (25.8 m <sup>3</sup> /año)	=	1.67	kg/año

## ANEXO C

# EVOLUCIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE 1994 A 1996 Y 1998

Con la finalidad de comparar los valores del inventario de emisiones 1998 con los correspondientes a los años 1994 y 1996 y determinar la tendencia de emisiones de los contaminantes criterio liberados al aire de la Zona Metropolitana del Valle de México, se homologaron los métodos y técnicas de estimación con la metodología que se empleó en el desarrollo del inventario 1998.

Los nuevos cálculos y sus correspondientes ajustes, se determinaron aplicando los mismos factores de emisión utilizados en 1998 (ver el anexo A), así como las mismas fuentes de emisión y zona de estudio.

Antes de iniciar con los cálculos y utilizando las mismas fuentes de información referidas en el inventario de 1998, se presentan los siguientes factores de actividad básicos para el recálculo:

### Población

Tomando como fuente las cifras publicadas por el INEGI, tenemos que la Zona Metropolitana del Valle de México, contaba con una población de 15.7 millones de habitantes en 1994 y 16.2 millones de habitantes en 1996, la tabla C.1 muestra el comportamiento poblacional por entidad federativa.

Tabla C.1. Población por entidad federativa 1994 y 1996

Distrito Federal	[millones de habitantes]		Estado de México	[millones de habitantes]	
	Delegación	1994		1996	Municipio
Azcapotzalco	0.46	0.45	Atizapán de Zaragoza	0.31	0.44
Coyoacán	0.62	0.65	Coacalco	0.15	0.21
Cuajimalpa de Morelos	0.12	0.14	Cuautitlán de Romero	0.05	0.06
Gustavo A. Madero	1.23	1.25	Chalco (Díaz Covarrubias)	0.10	0.18
Iztacalco	0.44	0.42	Chalco (V. Solidaridad)	0.19	0.29
Iztapalapa	1.45	1.71	Chicoloapan	0.06	0.07
Magdalena Contreras	0.19	0.21	Chimalhuacán	0.24	0.43
Milpa Alta	0.06	0.08	Ecatepec de Morelos	1.18	1.49
Alvaro Obregón	0.62	0.68	Huixquilucan	0.13	0.17
Tláhuac	0.20	0.27	Ixtapaluca	0.11	0.21
Tlalpan	0.47	0.56	Naucalpan de Juárez	0.76	0.84
Xochimilco	0.26	0.34	Nezahualcóyotl	1.22	1.23
Benito Juárez	0.40	0.37	Nicolás Romero	0.18	0.24
Cuauhtémoc	0.58	0.54	La paz	0.13	0.19
Miguel Hidalgo	0.40	0.36	Tecámac	0.12	0.15
Venustiano Carranza	0.51	0.48	Tlalnepantla	0.68	0.71
Distrito Federal (16 delegaciones)	8.4	8.5	Tultitlán	0.24	0.38
			Cuautitlán Izcalli	0.32	0.42
			<b>Estado de México (18 municipios)</b>	<b>7.2</b>	<b>7.7</b>
<b>ZMVM</b>	<b>15.7</b>	<b>16.2</b>			

Fuente: CONAPO, 2001. La Situación Demográfica de México 2000.

INEGI, 1996. Censo de Población y Vivienda 1995.

Francisco Covarrubias Gaytan, Análisis de las perspectivas de la Urbanización en la Ciudad de México.

*Consumo de combustibles*

De acuerdo con las cifras reportadas por Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la tabla C.2, se presentan los consumos de los combustibles para la Zona Metropolitana del Valle de México de los años 1994 y 1996.

**Tabla C.2. Consumo de combustibles en la ZMVM 1994 y 1996**

Combustible	[Miles de barriles por año]	
	1994	1996
Nova	25,523	19,173
Pemex premium		32
Pemex magna	16,427	20,168
Diáfano	184	149
Gasóleo industrial	1,977	1,945
Diesel industrial	2,187	1,744
Diesel industrial bajo en azufre		6
Pemex diesel	9,177	9,216
Gas natural [millones de pies cúbicos]	163,553	153,190
Gas LP	22,662	22,770

Fuente: PEMEX, Gas y Petroquímica Básica/ PEMEX Refinación

*Flota vehicular*

Para definir la flota vehicular que circulaba dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México, de acuerdo a la clasificación y distribución por año modelo empleada en el inventario de emisiones de fuentes móviles de 1998, se consultaron varias fuentes de información, las cuales se clasificaron y analizaron para obtener los resultados que se muestran en la tabla C.3.

**Tabla C.3. Distribución del parque vehicular de la ZMVM 1994 y 1996**

ID	Tipo de vehículo	Número de vehículos 1994		
		Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
AUTG	Autos Particulares <sup>1</sup>	1,171,027	679,152	1,850,179
TAXG	Taxis <sup>2</sup>	63,935	5,218	69,153
COMG	Combis <sup>2</sup>	6,526	1,437	7,963
MICG	Microbuses <sup>2</sup>	39,472	8,407	47,879
PICG	Pick up's <sup>1</sup>	55,895	218,642	274,537
CAMG	Camiones de carga a gasolina <sup>1</sup>	134,050	0	134,050
V<3D	Vehículos a diesel <3 ton <sup>1</sup>	4,733	0	4,733
TRAD	Tractocamiones a diesel <sup>1</sup>	68,636	1,821	70,457
AUTD	Autobuses a diesel <sup>2</sup>	9,234	2,794	12,028
V>3D	Vehículos a diesel ? 3 ton <sup>1</sup>	28,580	56,267	84,847
MOTG	Motocicletas <sup>2</sup>	29,021	386	29,407
<b>Total</b>		<b>1,611,109</b>	<b>974,124</b>	<b>2,585,233</b>

Continúa tabla C.3.

ID	Tipo de vehículo	Número de vehículos 1996		
		Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
AUTG	Autos Particulares <sup>1</sup>	1,299,887	719,900	2,019,787
TAXG	Taxis <sup>3</sup>	113,274	5,531	118,805
COMG	Combis <sup>3</sup>	19,406	1,493	20,899
MICG	Microbuses <sup>3</sup>	23,245	8,723	31,968
PICG	Pick up's <sup>1</sup>	61,701	223,772	285,473
CAMG	Camiones de carga a gasolina <sup>1</sup>	141,634	0	141,634
V<3D	Vehículos a diesel <3 ton <sup>1</sup>	4,733	0	4,733
TRAD	Tractocamiones a diesel <sup>1</sup>	68,638	1,914	70,552
AUTD	Autobuses a diesel <sup>3</sup>	9,235	3,010	12,245
V>3D	Vehículos a diesel ? 3 ton <sup>1</sup>	28,580	59,066	87,646
MOTG	Motocicletas <sup>3</sup>	43,315	402	43,717
<b>Total</b>		<b>1,813,648</b>	<b>1,023,811</b>	<b>2,837,459</b>

1:Oficio SMA/DGPCC/08942/2000 de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación. Oficio DEC-010/2000 SETRAVI 1999.  
 Oficio DRT/0299/2000 SETRAVI-Dirección de Registro Público de Transporte.  
 DDF-SETRAVI, 2000.Programa Integral de Transporte y Vialidad 1995-2000  
 Nota: Para todos los tipos de vehículo se tomó la información proporcionada por la Secretaría de Ecología del Estado de México (Verificación Estado de México1999 y DGTT del Estado de México1998).  
 2: SETRAVI. Anuario de Transporte y Vialidad de la Ciudad de México 1993-1994  
 3: SETRAVI. Anuario de Transporte y Vialidad de la Ciudad de México 1995-1996  
 4:Referencias para la Distribución por año-modelo de la flota vehicular en la ZMVM en 1998:  
 Particulares y Pick Up's: Oficio SMA/DGPCC/08942/200 (padrón vehicular de la ZMVM desglosado por año modelo y servicio; Autobuses: Oficio SMA/DGPCC/08942/200 (padrón vehicular de la ZMVM desglosado por año modelo y servicio; Carga gasolina Oficio DRPT/0299/2000 Dirección de Registro Público de Transporte; Carga diesel: Oficio DRPT/0299/2000 Dirección de Registro Público de Transporte; Micros: Oficio DEC-010/2000 Dirección de Evaluación y Control SETRAVI; Combis: Oficio DEC-010/2000 Dirección de Evaluación y Control SETRAVI; Taxis: Verificación 2do. Semestre 1999, archivo magnético; Motocicletas: Oficio DRPT/0299/2000 Dirección de Registro Público de Transporte.

El parque vehicular que circula en la Zona Metropolitana del Valle de México tiene un rango de antigüedad de más de 30 años; por lo que fue necesario limitar la clasificación a 25 años/modelo para los Inventarios 1994 y 1996. Las motocicletas son la excepción de este módulo, puesto que solo se distribuyen en 12 años anteriores a 1994 y 1996. Las tablas C.4 y C.5 muestran la distribución por año/modelo que fueron empleadas para el recálculo del inventario de emisiones 1994 y 1996.

Tabla C.4. Distribución de la flota vehicular por año modelo en la ZMVM, 1994

Año/ modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	MOTG	TOTAL
1970 y ant	80,305	382	39	208	9,225	3,964	1,192	17,369	219	12,076	0	125,066
1971	19,415	96	23	47	2,075	694	145	2,110	42	1,901	0	26,550
1972	24,741	115	24	52	2,329	1,037	253	3,690	72	2,737	0	35,062
1973	31,902	135	22	89	2,692	1,233	217	3,177	74	2,731	0	42,275
1974	34,439	132	28	87	17,758	1,460	253	3,696	72	3,000	0	60,933
1975	34,926	114	27	120	17,576	2,116	361	5,289	146	3,233	0	63,911
1976	37,972	137	65	109	3,989	2,270	361	5,278	168	3,841	0	54,196
1977	38,262	175	143	141	4,809	2,066	72	1,094	78	2,550	0	49,398
1978	49,582	229	192	114	6,090	2,854	217	3,210	157	3,945	0	66,684
1979	62,273	267	92	191	7,925	3,885	253	3,876	112	4,775	0	83,667
1980	70,446	254	153	181	8,499	5,504	470	6,879	371	5,938	0	98,705
1981	66,553	151	251	169	6,409	7,584	650	9,453	194	5,155	0	96,580
1982	68,273	179	325	184	50,244	7,048	253	3,695	179	2,793	0	133,176
1983	53,446	207	327	337	5,769	2,856	0	37	86	2,241	5,734	70,774
1984	59,587	215	270	836	5,564	3,591	0	79	263	1,768	385	72,558
1985	57,082	333	503	3,239	34,425	6,572	36	549	735	1,207	478	105,159
1986	60,259	601	692	8,229	20,313	5,054	0	35	153	1,569	805	97,710
1987	59,814	834	884	14,557	6,606	4,082	0	68	127	2,519	988	90,479
1988	77,667	1,204	1,781	13,572	7,578	4,348	0	179	284	3,017	1,440	111,070
1989	105,131	2,152	1,111	2,802	9,839	7,046	0	214	684	4,271	1,897	135,147
1990	135,221	6,529	558	1,449	10,369	10,164	0	165	1,943	4,390	2,019	172,807
1991	151,903	11,713	280	524	10,647	12,597	0	128	2,483	3,883	2,452	196,610
1992	170,114	17,090	72	285	8,805	14,133	0	100	633	2,641	4,141	218,014
1993	156,022	17,775	45	197	7,947	13,208	0	62	353	1,736	4,320	201,665
1994	144,844	8,134	56	159	7,053	8,683	0	28	2,400	931	4,749	177,037
Total	1,850,179	69,153	7,963	47,879	274,537	134,050	4,733	70,457	12,028	84,847	29,408	2,585,233

Tabla C.5. Distribución de la flota vehicular por año modelo en la ZMVM, 1996

Año/ modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3 D	TRAD	AUTD	V>3D	MOTG	TOTAL
1972 y ant	100,003	405	46	215	10,110	5,695	1,192	17,374	295	12,319	0	147,744
1973	27,561	101	53	49	2,375	1,233	145	2,111	53	1,953	0	35,637
1974	33,091	122	53	53	2,647	1,460	253	3,691	60	2,798	0	44,241
1975	38,660	143	35	92	2,922	2,116	217	3,179	120	2,802	0	50,289
1976	38,345	140	55	91	18,466	2,270	253	3,698	149	3,073	0	66,548
1977	31,234	121	41	124	18,198	2,066	361	5,291	93	3,285	0	60,817
1978	38,772	146	157	112	4,554	2,854	361	5,280	77	3,923	0	56,242
1979	51,721	186	379	146	5,825	3,885	72	1,096	92	2,655	0	66,065
1980	68,936	242	536	116	6,998	5,504	217	3,213	375	4,076	0	90,311
1981	83,621	283	211	197	9,272	7,584	253	3,886	238	4,936	0	110,500
1982	80,043	269	396	188	9,848	7,048	470	6,882	248	6,092	0	111,495
1983	47,398	161	696	168	5,074	2,856	650	9,454	80	5,216	0	71,765
1984	56,225	190	914	179	49,586	3,591	253	3,696	234	2,856	0	117,727
1985	67,848	550	897	301	6,692	6,572	0	38	717	2,353	8,707	94,398
1986	66,479	934	693	640	5,946	5,054	0	83	185	1,856	1,071	82,941
1987	46,002	1,125	1,377	2,068	34,082	4,082	36	550	47	1,256	1,306	91,931
1988	64,071	1,718	1,955	4,987	20,949	4,348	0	37	120	1,647	1,922	101,754
1989	97,224	3,334	2,410	8,869	8,423	7,046	0	72	279	2,644	2,528	132,829
1990	129,321	10,683	4,988	8,412	9,112	10,164	0	188	1,900	3,167	2,673	180,608
1991	157,754	19,526	2,793	2,343	11,598	12,597	0	225	2,696	4,483	3,282	217,297
1992	182,907	28,629	1,217	1,454	11,169	14,133	0	174	498	4,609	5,531	250,321
1993	175,213	29,903	671	526	11,162	13,208	0	134	527	4,076	5,769	241,189
1994	167,751	13,762	123	291	9,527	8,683	0	105	2,581	2,773	6,335	211,931
1995	100,917	4,686	76	196	6,014	5,322	0	65	362	1,822	2,608	122,068
1996	68,691	1,448	126	150	4,924	2,263	0	29	218	977	1,985	80,811
Total	2,019,788	118,807	20,898	31,967	285,473	141,634	4,733	70,551	12,244	87,647	43,717	2,837,459

*Kilómetros recorridos por vehículos*

Los kilómetros de recorrido promedio por tipo de vehículo (KRV), es la variable que rige el sistema, a tal grado que, si el promedio de recorrido por tipo de vehículo disminuyera la emisión estimada se reduciría. Los valores de KRV presentes en la tabla C.6 se utilizaron tanto para 1994 como para 1996.

**Tabla C.6. Kilómetros recorridos por tipo de vehículo**

Clasificación vehicular	[km/día]
Autos Particulares	33
Taxis	200
Combis	200
Microbuses	200
Pick up's	60
Camiones de carga a gasolina	60
Vehículos a diesel <3 ton	60
Tractocamiones a diesel	60
Autobuses a diesel	200
Vehículos a diesel ? 3 ton	60
Motocicletas	33

Fuente: COMETRAVI, 1997. *Definición de Políticas de Modernización, Inspección, Sustitución, Eliminación Definitiva, Adaptación de Vehículos y Combustibles Alternos. Estudio No. 5*

Con los datos del recorrido diario, los días que circularon los vehículos en 1994 y 1996 (313 días), el número de vehículos que de acuerdo a la distribución por año modelo circulan dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México y a partir de la ecuación E.1, se obtuvieron los kilómetros recorridos por tipo de vehículo (KRV) y año modelo asociados al año 1994 y 1996, ver tablas C.7 y C.8 respectivamente.

**Tabla C.7. Kilómetros recorridos por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM, 1994**

Año / modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	MOTG	Total
1970 y ant	830	24	2	13	173	74	22	326	14	227	0	876
1971	201	6	1	3	39	13	3	40	3	36	0	143
1972	256	7	2	3	44	20	5	69	5	51	0	205
1973	330	8	1	6	51	23	4	60	5	51	0	209
1974	356	8	2	6	334	27	5	69	5	56	0	511
1975	361	7	2	8	330	40	7	99	9	61	0	562
1976	392	9	4	7	75	43	7	99	11	72	0	326
1977	395	11	9	9	90	39	1	21	5	48	0	233
1978	512	14	12	7	114	54	4	60	10	74	0	350
1979	643	17	6	12	149	73	5	73	7	90	0	430
1980	728	16	10	11	160	103	9	129	23	112	0	573
1981	687	10	16	11	120	142	12	178	12	97	0	597
1982	705	11	20	12	944	132	5	69	11	53	0	1,257
1983	552	13	21	21	108	54	0	1	5	42	59	324
1984	616	14	17	52	105	67	0	2	17	33	4	310
1985	590	21	32	203	647	123	1	10	46	23	5	1,110
1986	622	38	43	515	382	95	0	1	10	30	8	1,121
1987	618	52	55	911	124	77	0	1	8	47	10	1,286
1988	802	75	112	850	142	82	0	3	18	57	15	1,353
1989	1,086	135	70	175	185	132	0	4	43	80	20	844
1990	1,397	409	35	91	195	191	0	3	122	82	21	1,148
1991	1,569	733	18	33	200	237	0	2	155	73	25	1,476
1992	1,757	1,070	5	18	165	265	0	2	40	50	43	1,657
1993	1,612	1,113	3	12	149	248	0	1	22	33	45	1,626
1994	1,496	509	4	10	133	163	0	1	150	18	49	1,035
Total	19,110	4,329	498	2,997	5,156	2,517	89	1,323	753	1,594	304	19,560

$$KRV_{ij} = (KD_i) (NV_{ij}) (DA) \quad \text{Ecuación E. 1.}$$

Donde

- $KRV_{ij}$ : Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i del año modelo j [km/año]  
 $KD_i$ : Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i [km/día]  
 $NV_{ij}$ : Número de vehículos del tipo i del año modelo j  
 $DA_i$ : Días al año que circulan los vehículos [días/año]

Tabla C.8. Kilómetros recorridos por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM, 1996

Año / modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	MOTG	TOTAL
1972 y ant	1,033	25	3	14	190	107	22	326	18	231	0	1,970
1973	285	6	3	3	45	23	3	40	3	37	0	448
1974	342	8	3	3	50	27	5	69	4	53	0	564
1975	399	9	2	6	55	40	4	60	8	53	0	635
1976	396	9	3	6	347	43	5	69	9	58	0	945
1977	323	8	3	8	342	39	7	99	6	62	0	895
1978	401	9	10	7	86	54	7	99	5	74	0	750
1979	534	12	24	9	109	73	1	21	6	50	0	839
1980	712	15	34	7	131	103	4	60	24	77	0	1,167
1981	864	18	13	12	174	142	5	73	15	93	0	1,409
1982	827	17	25	12	185	132	9	129	16	114	0	1,466
1983	490	10	44	11	95	54	12	178	5	98	0	995
1984	581	12	57	11	931	67	5	69	15	54	0	1,802
1985	701	34	56	19	126	123	0	1	45	44	90	1,239
1986	687	59	43	40	112	95	0	2	12	35	11	1,094
1987	475	70	86	130	640	77	1	10	3	24	14	1,529
1988	662	108	122	312	393	82	0	1	8	31	20	1,738
1989	1,004	209	151	555	158	132	0	1	18	50	26	2,304
1990	1,336	669	312	527	171	191	0	4	119	60	28	3,415
1991	1,629	1,222	175	147	218	237	0	4	169	84	34	3,919
1992	1,889	1,792	76	91	210	265	0	3	31	87	57	4,502
1993	1,810	1,872	42	33	210	248	0	3	33	77	60	4,386
1994	1,733	862	8	18	179	163	0	2	162	52	65	3,243
1995	1,042	293	5	12	113	100	0	1	23	34	27	1,651
1996	710	91	8	9	93	43	0	1	14	18	21	1,005
<b>Total</b>	<b>20,862</b>	<b>7,437</b>	<b>1,308</b>	<b>2,001</b>	<b>5,361</b>	<b>2,660</b>	<b>89</b>	<b>1,325</b>	<b>767</b>	<b>1,646</b>	<b>451</b>	<b>43,908</b>

### C.1. RECÁLCULO DE LAS EMISIONES POR SECTOR DE 1994 Y 1996

Una vez definidos los niveles de actividad básicos del año 1994 y 1996, se procede al cálculo de las emisiones por sector.

#### Fuentes puntuales

La actividad industrial se ha dividido en giros productivos con base en el Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas (SNIFF), se calcularon principalmente las emisiones generadas por el proceso de combustión de combustible; donde el factor determinante es la capacidad de los equipos de combustión, los factores de emisión empleados fueron los mismos que se utilizaron en el inventario de emisiones de 1998.

El contenido de azufre de los combustibles industriales utilizados para el inventario de 1994, es del 4% para el combustóleo pesado y ligero, 2% para el gasóleo industrial, 0.5% para el diesel y para el gas LP 0.009 g/m<sup>3</sup>. Para el recálculo del inventario de 1996, el contenido de azufre se tomó de la siguiente manera, 3.6% para el combustóleo pesado y ligero, 2% gasóleo industrial, 0.44% diesel y 0.009 g/m<sup>3</sup> para el gas LP.

Para el cálculo de las emisiones del sector de generación de energía eléctrica, se utilizaron factores de emisión sin control (anexo A), esto se realizó para calderas mayores a 3,000 C.C. Para el caso de las emisiones de 1994 se asumieron los datos reportados para 1996, debido a que existía información de mayor calidad. En el resto de las industrias presentadas en el inventario de emisiones 1994 y 1996, se utilizaron los factores de emisión reportados en 1998 (anexo A), considerando que la capacidad de las calderas en las industrias no es mayor a 3,000 C.C. Solo en los casos en los que estaba dada una capacidad mayor a 3,000 C.C., se utilizaron los factores de emisión correspondientes a este tipo de equipo. En los casos que reportan estimación por medición en la fuente se tomó este dato, ya sea por combustión y/o proceso.

La base de datos utilizada en el recálculo del inventario de emisiones 1994 y 1996 es la RINV94.xls y RINV96.xls respectivamente, estas bases contienen información técnica y general por industria reportada y son renombradas después de realizar el proceso de control de calidad de datos, las correcciones al consumo de combustibles se realizó comparando los reportados en 1994, 1996 y 1998; se llevó a cabo una comparación en las condiciones de operación y los equipos reportados por cada inventario, con el fin de determinar la compatibilidad con el consumo de combustibles.

En los casos donde no se tenían estimaciones por medio de las mediciones en fuente, los cálculos se realizaron de la forma como se ejemplifica en el Anexo B, tomando los datos de las bases de datos RINV94.xls y RINV96.xls, obteniendo así los siguientes resultados del inventario de emisiones recalculado (tablas C.1.1 y C.1.2).

**Tabla. C.1.1. Recálculo de inventario de emisiones, 1994**

Giro	No. de industrias	Emisiones [ton/año]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica*	5	178	14	1,950	12,413	47
Petroquímica	20	111	114	2	8	26
Industria química	984	1,388	7,425	1,493	5,028	6,142
Mineral metálica	227	668	4,479	1,427	1,466	1,290
Mineral no metálica	240	2,074	2,761	427	1,944	1,185
Productos vegetales y animales	55	436	870	57	118	487
Madera y derivados	227	1,109	5,533	497	1,620	1,939
Industria del vestido	432	755	3,151	1,104	6,241	1,710
Industria del consumo alimenticio	324	143	5,915	1,301	5,959	857
Productos de consumo varios	225	45	2,237	147	390	874
Productos de impresión	406	90	25	5	21	5,694
Productos metálicos	769	282	656	847	2,781	1,268
Productos de vida media	291	182	166	96	79	685
Productos de vida larga	282	68	415	474	686	1,146
Otros	137	122	436	12	39	169
<b>Total</b>	<b>4,624</b>	<b>7,650</b>	<b>34,196</b>	<b>9,839</b>	<b>38,794</b>	<b>23,519</b>

Tabla: C.1.2. Recálculo del inventario de emisiones, 1996

Giro	No. de industrias	Emisiones [ton/año]				
		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
Generación de energía eléctrica	5	178	14	1,950	12,413	47
Petroquímica	19	72	4	1	3	0
Industria química	1,045	760	5,503	828	2,910	4,574
Minerales metálicos	228	391	1,438	1,323	728	259
Minerales no metálicos	279	2,381	4,705	856	3,832	8,042
Productos vegetales y animales	63	1,523	227	37	113	7
Madera y derivados	268	225	6,964	313	1,118	626
Industria del vestido	482	534	7,263	947	6,041	560
Industria del consumo alimenticio	397	410	3,123	852	2,117	413
Productos de consumo varios	260	66	535	84	390	838
Productos de impresión	462	29	11	6	32	3,538
Productos metálicos	904	154	493	964	872	1,951
Productos de vida media	336	101	62	85	88	624
Productos de vida larga	316	305	227	786	1,309	2,420
Otros	191	50	240	118	65	50
<b>Total</b>	<b>5,255</b>	<b>7,180</b>	<b>30,810</b>	<b>9,150</b>	<b>32,031</b>	<b>23,949</b>

### Fuentes móviles

Con la distribución del parque vehicular, los kilómetros recorridos por tipo de vehículo, año modelo y los factores de emisión<sup>1</sup>, se obtienen las emisiones de contaminantes por tipo de vehículo para 1994 y 1996 de la Zona Metropolitana del Valle de México, ver tablas C.1.3 y C.1.4.

Tabla C.1.3. Inventario de emisiones de fuentes móviles en la ZMVM, 1994

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
Autos particulares	554	4,204	817,624	40,010	78,808
Taxis	125	953	89,180	7,131	10,190
Combis	15	110	29,603	1,346	2,816
Microbuses	87	660	323,998	14,237	29,541
Pick up	149	1,134	243,675	17,146	22,561
Camiones de carga a gasolina	73	554	198,297	14,060	17,876
Vehículo < 3 diesel	133	23	255	154	173
Tractocamiones a diesel	1,984	342	16,766	22,809	7,623
Autobuses a diesel	1,129	194	8,962	11,564	3,859
Vehículo a diesel >3 ton	2,390	412	19,908	26,905	9,000
Motocicletas	9	67	9,976	75	2,318
<b>Total</b>	<b>6,648</b>	<b>8,653</b>	<b>1,758,244</b>	<b>155,437</b>	<b>184,765</b>

<sup>1</sup> Ver Anexo A.2. Fuentes Móviles, Tabla A.2.10. - A.2.12.

Tabla C.1.4. Inventario de emisiones de fuentes móviles en la ZMVM, 1996

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Autos particulares	605	3,085	798,202	42,392	78,223
Taxis	216	1,100	142,853	12,080	16,659
Combis	38	194	77,705	3,532	7,392
Microbuses	58	296	216,335	9,506	19,724
Pick up	155	792	244,383	17,402	22,825
Camiones de carga a gasolina	77	393	205,135	14,515	18,173
Vehículo < 3 diesel	133	23	252	153	170
Tractocamiones a diesel	1,987	338	16,734	22,759	7,610
Autobuses a diesel	1,150	195	9,063	11,470	3,814
Vehículo a diesel ≥3 ton	2,469	420	20,399	27,053	9,027
Motocicletas	13	67	14,373	119	3,212
<b>Total</b>	<b>6,901</b>	<b>6,903</b>	<b>1,745,434</b>	<b>160,981</b>	<b>186,829</b>

#### Fuentes de área

En esta sección y debido a que se emplean los mismo procedimiento de cálculo y factores de emisión del anexo A, solo definiremos los nivel de actividad, excepto para la distribución y venta de gasolina, que el procedimiento de cálculo difiere al de 1998, debido a que en este año a diferencia de 1994 y 1996 se toma en cuenta la existencia de sistemas de recuperación de vapores.

#### Servicios y uso de productos con solventes

Este sector se encuentra dividido en nueve giros (consumo de solventes, limpieza de superficies, recubrimiento de superficies arquitectónicas, recubrimiento de superficies industriales, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, pintura automotriz y pintura tránsito) y su nivel de actividad asociada al factor de emisión es referido por persona, por lo que el nivel de actividad se encuentra definido en la tabla C.1.

#### Fugas y evaporación de combustibles

El sector se encuentra dividido en seis giros y su nivel de actividad correspondiente será asociado al factor de emisión por giro.

##### ?? Almacenamiento y distribución de gas LP

El nivel de actividad asociado al almacenamiento de gas LP, es el volumen total de gas LP almacenado en las plantas de almacenamiento para su distribución en cilindros y autotanques a diferentes sectores (transporte, industria, residencial/servicios) ubicados en la Zona Metropolitana del Valle de México, el volumen total de distribución se encuentra definido en la tabla C. 2.

##### ?? Fugas de gas LP en uso doméstico y hidrocarburos no quemados (HCNQ) en la combustión

En las fugas de gas LP por uso doméstico, el número de instalaciones domésticas a gas LP, es el nivel de actividad; para los HCNQ en la combustión, el número de estufas es asociada al factor de

emisión; para definirlo es necesario conocer los factores de saturación de equipos y el número de viviendas que utilizan gas LP como lo muestra la tabla C.1.5.

**Tabla C.1.5. Factor de saturación de equipos y número de viviendas 1994 y 1996.**

	1994	1996
Viviendas [millones]	3.65	3.82
Factor de saturación de estufas a gas LP	0.970	0.970
con piloto	0.798	0.798
sin piloto (encendido con cerillo)	0.095	0.095
encendido electrónico	0.107	0.107
Factor de saturación de calentadores a gas LP	0.613	0.617
Factor de saturación de instalaciones a gas LP		
Con tanque portátil	0.808	0.808
Con tanque estacionario	0.192	0.192

Determinación propia para la ZMVM a partir del procesamiento de las bases de datos originales de las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares 1984, 1992, 1994 y 1996. De aquí se establecieron las saturaciones: 99.2% para estufa de gas y 64.1% para calentador o boilers de gas y el hecho de que cada vivienda equipada cuenta básicamente con una estufa y un calentador.

#### ?? Distribución y venta de gasolina

El volumen de gasolina distribuido dentro de la zona a inventariar por entidad federativa y por estación de servicio, es el nivel de actividad asociado a la emisión, ésta fue determinada con información de distribución global a la Zona Metropolitana del Valle de México y por estación de servicio, obteniéndose los siguientes resultados.

**Tabla C.1.6. Distribución de gasolina en la ZMVM [m<sup>3</sup>]**

1994	1996
6,389,550	5,703,525

Fuente: PEMEX Gas y Petroquímica Básica

Los factores de emisión utilizados en el recálculo 1994 y 1996 son los siguientes:

#### Factor de emisión [kg/m<sup>3</sup>]

fe(tc) por transporte "carro tanque cargado"	0.000599
fe(tv) por transporte "carro tanque vacío"	0.00659
fe(bv) Recarga del contenedor "carro tanque/estación de servicio"	1.3
fe(rts) Respiración del contenedor "estación de servicio"	0.12
fe(rv) Factor de emisión recarga de vehículos "estación de servicio"	1.32

Fuente: Programa de Inventario de Emisiones para México; Volumen 5 Fuentes de Área, Capítulo 7.

A partir de 1998, aplica el factor de emisión por balance de vapores, debido a la implementación del sistema de recuperación de vapores en el tanque de almacenamiento de la estación de servicio. Para el periodo 1994-1996, se consideró el factor de emisión de llenado por barboteo, debido a que no se cuenta con un porcentaje real de las estaciones de servicio que emplean el llenado por sumergido.

El factor de emisión en la recarga de combustible a vehículos en estaciones de servicio para 1994 y 1996, se considera sin control y en 1998 debido a la instrumentación del SRV se considero el factor de emisión con control.

La instrumentación del sistema de recuperación de vapores inicio a partir de 1996, obtenido los siguientes resultados dentro de la ZMVM.

Año	Estación de servicio	Factor de penetración	Eficiencia del SRV promedio
1994	333	0	
1996	362	4.3%*	85%

\* El resto continuaba operando y en proceso de aprobación al 100%

Fuente: Dirección General de Regulación Ambiental de Agua, Suelo y Residuos, Dirección de Verificación Ambiental

La siguiente ecuación muestra el sistema de cálculo realizado:

$$E_{HC(i)} = C_g * FE_{(i)} * FC$$

$E_{HC(i)}$ : Emisión de HC de gasolina en el punto emisor (i) [ton/año]

$C_g$ : Volumen de gasolina distribuido a las estaciones de servicio [m<sup>3</sup>]

$FE_{(i)}$ : Factor de emisión asociado al punto emisor (i) [kg/m<sup>3</sup>]

$FC$ : factor de corrección a la emisión en el punto emisor (i) por concepto del sistema de recuperación de vapores y el factor de penetración de la medida.

Sustituyendo valores en la ecuación anterior, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el Inventario de emisiones 1994:

Punto emisor (i)	Emisión [ton/año]
Transporte "carro tanque cargado"	4
Transporte "carro tanque vacío"	42
Recarga del contenedor "carro tanque/estación de servicio"	8,180
Respiración del contenedor "estación de servicio"	767
Factor de emisión Recarga de vehículos "estación de servicio"	8,434
<b>Total</b>	<b>17,427</b>

No aplica corrección por SRV es decir,  $FC=1$

Para el Inventario de emisiones 1996:

Punto emisor (i)	Emisión [ton/año]	Emisión corregida [ton/año]
Transporte "carro tanque cargado"	4	4
Transporte "carro tanque vacío"	40	40
Recarga del contenedor "carro tanque/estación de servicio"	7,708*	7,437
Respiración del contenedor "estación de servicio"	723*	697
Factor de emisión Recarga de vehículos "estación de servicio"	7,948*	7,669
<b>total</b>	<b>16,422</b>	<b>15,846</b>

Factor de corrección por penetración de la medida: 4.3%

Eficiencia global del SRV: 85%

\* Solo en estos puntos aplica el  $FC = (1 - (\text{Factor de penetración})(\text{Factor de eficiencia del SRV}))$

?? Almacenamiento masivo de gasolina

El nivel de actividad asociado al factor de emisión, considera las propiedades fisicoquímicas del combustible y el volumen mensual almacenado, las características físicas y de diseño de los tanques de almacenamiento, así como las características meteorológicas.

Fuentes móviles no carreteras

?? Operación de Aeronaves

El movimiento de vuelos de aeronaves de pasajeros y oficiales se considera como nivel de actividad, debido a que el volumen de combustible gastado durante la operación de vuelo dentro de la cuenca del Valle de México es desconocido. La tabla C.1.7 muestra las operaciones de vuelo realizadas en el aeropuerto internacional de la Ciudad de México.

Tabla C.1.7. Ciclos de operación de vuelo "LOTs" [miles de LOTs]

Tipo de aeronave		1994	1996
A320-200	Airbus	8,477	8,885
B727-200	Boeing	18,496	21,637
B737-200	Boeing	13,068	9,826
B747-300	Boeing	1,376	1,374
B757-200	Boeing	6,463	7,500
B767-300	Boeing	1,195	1,352
DC09-15F	Mc. Doug	20,335	22,781
DC10-15	Mc. Doug	130	91
F100	Fokker	13,992	13,266
A310	Airbus	168	0
A340-300	Airbus	280	0
ILYUSHIN-62M	Russian	54	60
DC08	Mc. Doug	359	479
MD-80-82Y/O MD-80-88	Mc. Doug	19,902	20,305
IL 96	Russian	0	15
LEARJET 24D	Learjet	0	170
TU-204	Russian	0	94
F-14A	Grumman	0	9
B777-200	Boeing	0	3
A-7	Corsair (ltv)	0	6
FALCON 20	Dassa-breg	0	20
B707-300	Boeing	0	182
ATR-42		7,063	7,268
<b>Total de LOTs</b>		<b>111.358</b>	<b>115.322</b>

?? Recarga de aeronaves

El volumen de distribución de turbosina y gas avión en aeronaves dentro del aeropuerto internacional de la Ciudad de México es el nivel de actividad, la tabla C.1.8. indica que el combustible turbosina inicio un retroceso en su consumo incrementándose al mismo ritmo el consumo de gas avión para satisfacer la demanda.

Tabla C.1.8. Recarga de combustibles en aeronaves [miles de galones]

Combustible	1994	1996
Turbosina	289,012	249,815
Gas avión 100/130	71.30	87.53

?? Locomotoras (foráneas y de patio)

El nivel de actividad del transporte ferroviario es asociado con tres variables a saber, longitud de vía que cruza dentro del área de inventario, número de locomotoras que circularán y rendimiento del combustible. El registro de los factores anteriores se presenta en la tabla C.1.9 para las locomotoras de patio y la tabla C.1.10 para locomotoras foráneas.

Tabla C.1.9. Perfil de operación de locomotoras de patio

1994				1996			
Delegación/Municipio	DO [hr/día]	NLP	KRV [km]	Delegación/Municipio	DO [día/sem.]	NLP	KRV [km]
Alvaro Obregón	24	2	0.50	Azacapatzalco	1	14	28.06
Azacapatzalco	24	2	28.06	Cuauhtemoc	1	1	2.56
Cuauhtemoc	24	1	2.56	Miguel hidalgo	1	2	0.79
Gustavo. A. Madero	24	1	10.40	Ecatepec	7	3	13.19
Miguel hidalgo	24	3	0.79	Tlalnepantla	7	25	23.02
Venustiano Carranza	24	1	2.14	Tultitlán	7	5	7.50
Ecatepec	24	2	13.19	C. de Romero	7	1	4.90
Tlalnepantla	24	41	23.02				
Tultitlán	24	3	7.50				
C. de Romero	24	1	4.90				

DO: tiempo de operación. NLP: número de locomotoras de patio. KRV: kilómetros de vía dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México (Calculado de mapa de distribución de vías férreas de FNM en el Valle de México y Guía Roji 1993. Plano llave de la Ciudad de México. Escala 1:45,000).

Fuente: Información proporcionada por la terminal ferroviaria del Valle de México (Registros de operación de locomotoras de patio a diesel).

Tabla C.1.10. Perfil de operación de locomotoras foráneas

1994				1996			
Delegación/Municipio	DO [día/semana]	NLP	KRV [km]	Delegación/Municipio	DO [día/semana]	NLP	KRV [km]
Acolman	7	88	10	Acolman			
Alvaro Obregón	7	6	10	Alvaro Obregón	7	1	9.9
Azacapatzalco	7	72	5	Azacapatzalco	7	27	4.66
Cuauhtemoc	7	68	3	Cuauhtemoc	6	9	3.57
Cuautitlan Izcalli	7	56	10	Cuautitlan Izcalli	7	14	9.50
Ecatepec	7	92	14	Ecatepec	6	9	13.51
Iztapalapa	7	4	1	Gustavo A. Madero	7	7	4.62
Tláhuac	7	4	3	Huixquilucan	7	5	5.35
Gustavo A. Madero	7	92	6	Magdalena Contreras	7	1	14.90
Huixquilucan	7	18	5	Miguel Hidalgo	7	6	3.30
Magdalena Contreras	7	6	15	Naucalpan	7	5	8.28
Miguel Hidalgo	7	24	5	Tlalnepantla	7	23	7.65
Naucalpan	7	18	8	Tlalpan	7	2	10.50
Tlalnepantla	7	128	6	Tultitlán	7	14	4.64
Tlalpan	7	12	6	Iztapalapa	7	2	0.3
Tultitlán	7	114	6	Tláhuac	7	2	3.24
Chalco	7	4	12	Chalco	7	2	11.7
Nezahualcóyotl	7	4	17	Nezahualcóyotl	7	2	10.97
La Paz	7	4	5	La Paz	7	2	5.08

DO: tiempo de operación. NLP: número de locomotoras de patio. KRV: kilómetros de vía dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México (Calculado de mapa de distribución de vías férreas de FNM en el Valle de México y Guía Roji 1993. Plano llave de la Ciudad de México. Escala 1:45,000).

Fuente: Información proporcionada por la terminal ferroviaria del Valle de México (Registros de operación de locomotoras de patio a diesel).

Incendios combustión y servicios públicos

?? Rellenos sanitarios

Para este sector, el nivel de actividad es la disposición de residuos sólidos municipales en los sitios de disposición final, ver tabla C.1.11.

Tabla C.1.11. Disposición de residuos sólidos municipales

Sitio	Ubicación	Año de apertura	Fecha de clausura	Rango de aceptación [ton/año]	Residuos dispuestos en sitio [ton]
Bordo Poniente E1	Nezahualcóyotl	1985	1992	542,816	3,799,716
Bordo Poniente E2		1988	1993	635,473	3,177,366
Bordo Poniente E3		1991	1992	3,300,571	6,601,143
Bordo Poniente E4		1993	en uso	1,508,315	1,508,000
Santa Catarina	Iztapalapa	1982	en uso	882,750	15,006,750
Prados de la Montaña	A. Obregón	1987	1994	764,752	5,353,270

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos del DF

?? Aplicación de asfalto

El nivel de actividad considerado en éste rubro, es la cantidad de mezcla asfáltica utilizada en el proceso de pavimentación y recubrimiento de baches en calles y avenidas. La tabla C.1.12, muestra la cantidad utilizada por entidad federativa, en el caso especial del Distrito Federal con datos reales; obteniendo así, un factor de aplicación de mezcla asfáltica per cápita con el objeto de proyectar los requerimientos del área de inventario del Estado de México por carecer de información de uso por municipio.

La estimación de emisiones es determinada con la siguiente ecuación:

$$E_{HC[ton/año]} = [0.02380/100] * w$$

Donde:

w = mezcla asfáltica

Tabla C.1.12. Distribución de mezcla asfáltica (w)

Delegación/Municipio	[ton/año]		Delegación/Municipio	[ton/año]		Delegación/Municipio	[ton/año]	
	1994	1996		1994	1996		1994	1996
Alvaro Obregón	11,684	11,44	Tláhuac	12,22	11,33	Huixquilucan	4,694	6,338
Azcapotzalco	8,740	9,137	Tlalpan	12,66	11,69	Ixtapaluca	4,196	7,640
Benito Juárez	4,776	5,735	Venustiano Carranza	14,27	13,05	Naucalpan de Juárez	27,98	30,86
Coyoacán	41,912	42,57	Xochimilco	3,063	2,916	Nezahualcóyotl	44,69	45,08
Cuajimalpa	6,033	5,776	Atizapán de Zaragoza	11,21	15,93	Nicolás Romero	6,551	8,912
Cuauhtemoc	4,008	4,734	Coacalco	5,411	7,838	La Paz	4,718	6,786
Gustavo Madero	28,685	32,35	Cuautitlán de Romero	1,738	2,235	Tecámac	4,384	5,607
Iztacalco	5,182	7,052	Chalco Díaz Covarrubias	3,787	6,765	Tlalnepantla	25,00	26,15
Iztapalapa	38,772	42,10	Chalco (V. Solidaridad)	7,048	10,76	Tultitlán	8,627	13,74
Magdalena Contreras	4,792	6,324	Chicoloapan	2,039	2,656	Cuautitlán Izcalli	11,62	15,54
Miguel Hidalgo	10,221	12,10	Chimalhuacán	8,622	15,65	Otros	170,3	197,5
Milpa Alta	4,519	5,822	Ecatepec de Morelos	43,34	54,51			

Fuente: Planta de asfalto del GDF; determinación propia para el Estado de México.

?? Tratamiento de aguas residuales

El volumen de tratamiento es el nivel de actividad principal, para utilizar el programa SIMS, el nivel de tratamiento y el tipo de industria que descarga el agua en las plantas de tratamiento son factores primarios para la estimación de emisiones. La tabla C.1.13, muestra el volumen de tratamiento por planta.

**Tabla C.1.13. Volumen de tratamiento de agua residual [m<sup>3</sup>/año]**

Planta	1994	1996
Abasolo	315,360	473,040
Acueducto de Guadalupe		2,522,880
Bosques de las Lomas	94,680	567,575
Cerro de la Estrella	126,144,000	66,225,600
Ciudad Deportiva		3,153,600
Colegio Militar	6,630,720	
Coyoacán	1,261,440	9,460,800
Chapultepec	315,360	3,784,320
Iztacalco	346,896	315,360
La Lupita		409,968
Parres	31,536	63,145
PEMEX	74,109,600	473,040
Reclusorio Sur	630,720	
Rosario	605,535	504,430
San Juan de Aragón	12,614,400	9,460,800
San Luis Tlaxalmalco	3,784,320	3,468,960
Tlatelolco	630720	378,140
San Miguel Xicalco	31536	189,070

Para el análisis de estimación de emisiones, se considera el nivel de tratamiento y las características de los equipos utilizados, se realiza un análisis descriptivo del tipo de industria que realiza su descarga residual para ser tratada.  
Fuente: Información proporcionada por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.

?? Combustión habitacional, comercial/institucional y combustión en hospitales

Para definir el nivel de actividad de las mencionadas fuentes, se comparó el nivel de consumo total de la ZMVM, el reporte de la cédula de operación anual para servicios e industria y se identificó el nivel de consumo por servicio y giro industrial así como el tipo de calderas. No fue reportado sistema alguno para el control de emisiones.

?? Incendios forestales

Los incendios forestales considerados como eventos no predecibles en número y cantidad de vegetación consumida, fueron calculados únicamente para el Distrito Federal, por carecer de información referente al Estado de México. La tabla C.1.14 muestra el número de incendios forestales y hectáreas consumidas.

**Tabla C.1.14. Incendios forestales y superficie afectada en el DF**

AÑO	Número de incendios forestales	Superficie afectada [Hectáreas]
1994	1,069	2,556
1996	1,484	3,166
1998	1,932	7,802

?? Incendio de estructuras

No evaluado por carecer de información, por lo que para fines de comparación, el nivel de emisión reportado en el año 1998 permanecerá constante en el año 1994 y 1996.

?? Esterilización en hospitales

El nivel de actividad de este giro está asociado al número de camas en hospitales y centros de salud, donde se realizaron procesos de esterilización con solventes. La tabla C.1.15 muestra el número de camas evaluadas.

**Tabla C.1.15. Número de camas en hospitales de la ZMVM**

Número de camas	1994	1996
menores a 200	25,974	27,273

Considerando los niveles de actividad y la similitud en la metodología de cálculo se obtuvieron los siguientes resultados para fuentes de área 1994 y 1996.

**Tabla C.1.16. Inventario de emisiones fuentes de área de la ZMVM, 1994**

Giro	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	71,709
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	28,183
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	21,294
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	20,041
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	9,394
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,263
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,427
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,035
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	752
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	12,022
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	871
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	20,737
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	24,404
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	17,425
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	543
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,300	1,435	320
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	26	138	140	1,099	47
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	6,369
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	145
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	56
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	20
Combustión en hospitales	8	20	18	74	3
Combustión habitacional	121	0	625	4,233	159
Combustión comercial- institucional	551	4,511	294	1,594	57
Incendios forestales	231	N/E	7,233	209	1,229
Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>944</b>	<b>4,669</b>	<b>10,718</b>	<b>8,647</b>	<b>246,519</b>

**Tabla C.1.17. Inventario de emisiones fuentes de área de la ZMVM, 1996**

Giro	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	74,397
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	29,239
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,092
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	20,792
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	9,746
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,498
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,581
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,112
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	780
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	12,101
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	877
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	21,718
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	25,604
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	15,845
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	97
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,409	1,470	367
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	7	25	40	312	13
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	6,900
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	168
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	60
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	21
Combustión en hospitales	8	20	18	74	3
Combustión habitacional	121	0	628	4,252	159
Combustión comercial- institucional	540	4,275	280	1,537	56
Incendios forestales	286	N/E	8,960	259	1,523
Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>969</b>	<b>4,320</b>	<b>12,443</b>	<b>7,907</b>	<b>253,763</b>

### *Fuentes Naturales*

Para la evaluación de este tipo de fuente no se contó con toda la información necesaria, por lo que para fines de comparación, el nivel de emisión reportado en el año 1998, es el mismo que aparecerá en los inventarios de emisiones de los años 1994 y 1996.

## **C.2 INVENTARIOS DE EMISIONES 1994, 1996 Y 1998**

Con el inventario de emisiones correspondiente a 1998 y con el recálculo de los inventarios de emisiones de los años 1994 y 1996, se puede proceder al análisis en términos absolutos de sus emisiones.

En las tablas C.2.1, C.2.2 y C.2.3 se presentan los inventarios de emisiones por sector en peso y porcentaje para los años 1994, 1996 y 1998 respectivamente.

Las tablas C.2.4, C.2.5 y C.2.6 contienen el inventario en forma desagregada en peso para los años de 1994, 1996 y 1998.

Tabla C.2.1 Inventario de emisiones de la ZMVM, 1994

Sector	Emisiones									
	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>		CO		NO <sub>x</sub>		HC	
	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]
Fuentes puntuales	7,650	33	34,196	72	9,839	1	38,792	19	23,519	5
Fuentes de área	944	4	4,669	10	10,718	1	8,647	4	246,519	52
Vegetación y suelos	7,985	34	N/A	N/A	N/A	N/A	3,193	2	15,669	3
Fuentes móviles	6,648	29	8,653	18	1,758,244	98	155,437	75	184,765	40
<b>Total</b>	<b>23,227</b>	<b>100</b>	<b>47,518</b>	<b>100</b>	<b>1,778,801</b>	<b>100</b>	<b>206,069</b>	<b>100</b>	<b>470,473</b>	<b>100</b>

Nota: Recálculo

Tabla C.2.2 Inventario de emisiones de la ZMVM, 1996

Sector	Emisiones									
	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>		CO		NO <sub>x</sub>		HC	
	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]
Fuentes puntuales	7,180	31	30,810	73	9,150	1	32,031	16	23,949	5
Fuentes de área	969	4	4,320	10	12,443	1	7,907	3	253,763	53
Vegetación y suelos	7,985	35	N/A	N/A	N/A	N/A	3,193	2	15,669	3
Fuentes móviles	6,901	30	6,903	16	1,745,434	98	160,981	79	186,829	39
<b>Total</b>	<b>23,035</b>	<b>100</b>	<b>42,033</b>	<b>100</b>	<b>1,767,006</b>	<b>100</b>	<b>204,112</b>	<b>100</b>	<b>480,210</b>	<b>100</b>

Nota: Recálculo

Tabla C.2.3 Inventario de emisiones de la ZMVM, 1998

Sector	Emisiones									
	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>		CO		NO <sub>x</sub>		HC	
	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]
Fuentes puntuales	3,093	16	12,442	55	9,213	1	26,988	13	23,980	5
Fuentes de área	1,678	8	5,354	24	25,960	1	9,866	5	247,599	52
Vegetación y suelos	7,985	40	N/A	N/A	N/A	N/A	3,193	2	15,669	3
Fuentes móviles	7,133	36	4,670	21	1,733,663	98	165,838	80	187,773	40
<b>Total</b>	<b>19,889</b>	<b>100</b>	<b>22,466</b>	<b>100</b>	<b>1,768,836</b>	<b>100</b>	<b>205,885</b>	<b>100</b>	<b>475,021</b>	<b>100</b>

Tabla C.2.4 Inventario de emisiones desgregado de la ZMVM, 1994

Sector	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>7,650</b>	<b>34,196</b>	<b>9,839</b>	<b>38,792</b>	<b>23,519</b>
Generación de energía eléctrica	178	14	1,950	12,412	47
Industria de consumo alimenticio	143	5,915	1,301	5,959	857
Industria del vestido	755	3,151	1,104	6,241	1,710
Industria química	1,499	7,539	1,494	5,036	6,168
Madera y derivados	1,109	5,533	497	1,620	1,939
Mineral metálica	668	4,479	1,427	1,466	1,290
Mineral no metálica	2,074	2,761	427	1,944	1,185
Productos de consumo varios	45	2,237	147	390	874
Productos de impresión	90	25	5	21	5,694
Productos de vida larga	68	415	474	686	1,146
Productos de vida media	182	166	96	79	685
Productos metálicos	282	656	847	2,781	1,268
Productos vegetales y animales	436	870	57	118	487
Otros	122	436	12	39	169
<b>Fuentes de área</b>	<b>944</b>	<b>4,669</b>	<b>10,718</b>	<b>8,647</b>	<b>246,519</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	71,709
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	28,183
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	21,294
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	20,041
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	9,394
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,263
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,427
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,035
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	752
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	12,022
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	871
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	20,737
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	24,404
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	17,425
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	543
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,300	1,435	320
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	26	138	140	1,099	47
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	6,369
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	145
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	56
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	20
Combustión en hospitales	8	20	18	74	3
Combustión habitacional	121	0	625	4,233	159
Combustión comercial- institucional	551	4,511	294	1,594	57
Incendios forestales	231	N/E	7,233	209	1,229
Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>7,985</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>3,193</b>	<b>15,669</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/E	3,193	15,669
Suelo	7,985	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>6,648</b>	<b>8,653</b>	<b>1,758,244</b>	<b>155,437</b>	<b>184,765</b>
Autos particulares	554	4,204	817,624	40,010	78,808
Taxis	125	953	89,180	7,131	10,190
Combis	15	110	29,603	1,346	2,816
Microbuses	87	660	323,998	14,237	29,541
Pick up	149	1,134	243,675	17,146	22,561
Camiones de carga a gasolina	73	554	198,297	14,060	17,876
Vehículos a diesel < 3 ton	133	23	255	154	173
Tractocamiones a diesel	1,984	342	16,766	22,809	7,623
Autobuses a diesel	1,129	194	8,962	11,564	3,859
Vehículos a diesel > 3 ton	2,390	412	19,908	26,905	9,000
Camiones de carga a gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Motocicletas	9	67	9,976	75	2,318
<b>Total</b>	<b>23,227</b>	<b>47,518</b>	<b>1,778,801</b>	<b>206,069</b>	<b>470,473</b>

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado Nota: Recálculo

Tabla C.2.5 Inventario de emisiones desagregado de la ZMVM, 1996

Sector	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>7,180</b>	<b>30,810</b>	<b>9,150</b>	<b>32,031</b>	<b>23,949</b>
Generación de energía eléctrica	178	14	1,950	12,413	47
Industria de consumo alimenticio	410	3,123	852	2,117	413
Industria del vestido	534	7,263	947	6,041	560
Industria química	832	5,507	828	2,913	4,574
Madera y derivados	225	6,964	313	1,118	626
Mineral metálica	391	1,438	1,323	728	259
Mineral no metálica	2,381	4,705	856	3,832	8,042
Productos de consumo varios	66	535	84	390	838
Productos de impresión	29	11	6	32	3,538
Productos de vida larga	305	227	786	1,309	2,420
Productos de vida media	101	62	85	88	624
Productos metálicos	154	493	964	872	1,951
Productos vegetales y animales	1,523	227	37	113	7
Otros	50	240	118	65	50
<b>Fuentes de área</b>	<b>969</b>	<b>4,320</b>	<b>12,443</b>	<b>7,907</b>	<b>253,763</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	74,397
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	29,239
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,092
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	20,792
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	9,746
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,498
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,581
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,112
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	780
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	12,101
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	877
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	21,718
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	25,604
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	15,845
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	97
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,409	1,470	367
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foraneas/ patio)	7	25	40	312	13
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	6,900
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	168
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	60
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	21
Combustión en hospitales	8	20	18	74	3
Combustión habitacional	121	0	628	4,252	159
Combustión comercial- institucional	540	4,275	280	1,537	56
Incendios forestales	286	N/E	8,960	259	1,523
Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>7,985</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>3,193</b>	<b>15,669</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	3,193	15,669
Suelo	7,985	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>6,901</b>	<b>6,903</b>	<b>1,745,434</b>	<b>160,981</b>	<b>186,829</b>
Autos particulares	605	3,085	798,202	42,392	78,223
Taxis	216	1,100	142,853	12,080	16,659
Combis	38	194	77,705	3,532	7,392
Microbuses	58	296	216,335	9,506	19,724
Pick up	155	792	244,383	17,402	22,825
Camiones de carga a gasolina	77	393	205,135	14,515	18,173
Vehículos a diesel < 3 ton	133	23	252	153	170
Tractocamiones a diesel	1,987	338	16,734	22,759	7,610
Autobuses a diesel	1,150	195	9,063	11,470	3,814
Vehículos a diesel > 3 ton	2,469	420	20,399	27,053	9,027
Camiones de carga a gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Motocicletas	13	67	14,373	119	3,212
<b>Total</b>	<b>23,035</b>	<b>42,033</b>	<b>1,767,006</b>	<b>204,112</b>	<b>480,210</b>

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado, Nota: Recalculo

Tabla C.2.6 Inventario de emisiones desagregado de la ZMVM, 1998

Sector	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>3,093</b>	<b>12,442</b>	<b>9,213</b>	<b>26,988</b>	<b>23,980</b>
Generación de energía eléctrica	138	10	1,111	9,540	48
Industria de consumo alimenticio	515	1,103	400	924	416
Industria del vestido	379	2,262	463	1,316	386
Industria química	415	2,299	2,422	1,335	6,305
Madera y derivados	216	2,295	527	1,066	1,002
Mineral metálica	249	714	893	513	291
Mineral no metálica	504	1,698	653	4,570	765
Productos de consumo varios	73	261	78	129	873
Productos de impresión	46	173	67	145	3,723
Productos de vida larga	140	302	821	2,128	2,654
Productos de vida media	120	80	473	624	1,457
Productos metálicos	175	774	1,137	4,432	3,024
Productos vegetales y animales	61	287	36	109	12
Otros	62	172	132	157	3,024
<b>Fuentes de área</b>	<b>1,678</b>	<b>5,354</b>	<b>25,960</b>	<b>9,866</b>	<b>247,599</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	76,623
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	30,146
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,752
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	21,414
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	10,049
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,692
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,601
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,175
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	803
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	12,314
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	892
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	22,173
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	26,177
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	496
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	102
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,512	1,517	400
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	10	54	62	492	19
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	7,380
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	206
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	78
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	23
Combustión en hospitales	9	24	21	80	3
Combustión habitacional	126	0	653	4,417	166
Combustión comercial- institucional	820	5,276	526	2,720	149
Incendios forestales	706	N/E	22,078	637	3,752
Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>7,985</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>3,193</b>	<b>15,669</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	3,193	15,669
Suelo	7,985	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>7,133</b>	<b>4,670</b>	<b>1,733,663</b>	<b>165,838</b>	<b>187,773</b>
Autos particulares	701	2,000	822,477	47,380	81,705
Taxis	195	567	131,453	11,093	15,310
Combis	10	28	20,448	930	1,945
Microbuses	59	166	216,740	9,524	19,761
Pick up	183	522	255,503	18,961	24,599
Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículos a diesel < 3 ton.	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,990	363	16,675	22,678	7,587
Autobuses a diesel	1,174	214	9,270	11,640	3,853
Vehículos a diesel > 3 ton	2,562	468	20,956	27,662	9,205
Camiones de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	63	22,729	215	4,742
<b>Total</b>	<b>19,889</b>	<b>22,466</b>	<b>1,768,836</b>	<b>205,885</b>	<b>475,021</b>

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado

### C.3 COMPORTAMIENTO DE LAS EMISIONES

Del análisis de la tabla C.3.1 se desprenden los siguientes comentarios; de 1994 a 1998 las emisiones de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) a disminuido cerca del 15%, y el de bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) en 50%, estas reducciones en gran medida se deben a que ha disminuido el contenido de azufre de los combustibles industriales y vehiculares comercializados en la Zona Metropolitana del Valle de México. En lo que se refiere a las emisiones de monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), la reducción lograda es mínima, y respecto a los hidrocarburos se tiene un ligero aumento para 1998, dicho de otra manera, en 1998 se emiten casi las mismas toneladas de estos últimos contaminantes que en 1994, esto al parecer nos indica que los programas implementados en la Zona Metropolitana del Valle de México para mejorar la calidad del aire han logrado detener el incremento de las emisiones. Con base en lo anterior, hay que resaltar la importancia de dar seguimiento y fortalecimiento a las medidas exitosas que se han instrumentado en la Zona Metropolitana del Valle de México, puesto que de otra manera, se esperaría un incremento en la liberación de emisiones al aire en los próximos años.

Tabla C.3.1 Emisión de contaminantes en la ZMVM, 1994, 1996, 1998

Año del inventario	Emisiones [ton/año]				
	$\text{PM}_{10}$	$\text{SO}_2$	CO	$\text{NO}_x$	HC
1994 (recálculo)	23,227	47,518	1,778,781	206,069	470,473
1996 (recálculo)	23,006	42,033	1,766,857	203,108	477,749
1998	19,889	22,466	1,768,836	205,885	475,021

#### C.3.1 Comportamiento de las emisiones en fuentes fijas

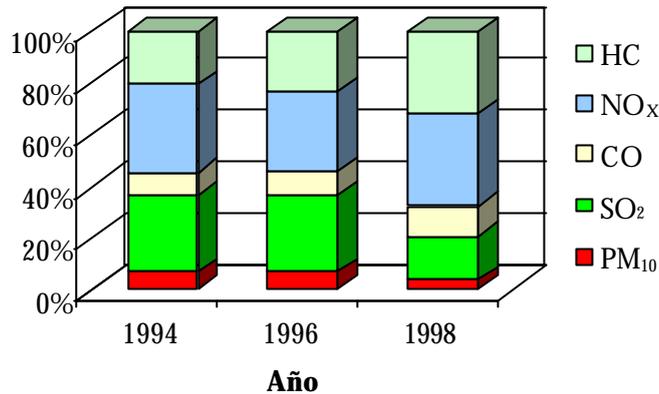
Una de las labores importantes a realizar para entender el comportamiento de las emisiones, es el análisis por sector para cada inventario, en la tabla C.3.1.1 se puede apreciar que con respecto al inventario de 1998, las fuentes industriales tienen una disminución de alrededor del 50% en lo que se refiere a  $\text{PM}_{10}$ , por lo que respecta a los óxidos de azufre se reducen las emisiones en aproximadamente 60%. En cuanto a las emisiones de monóxido de carbono, se observa que permanecen casi sin modificación.

Las emisiones de óxidos de nitrógeno han disminuido en casi el 20%, esto se atribuye a la instalación de quemadores de bajo  $\text{NO}_x$ , por último las emisiones de hidrocarburos han aumentado, lo que indica que la política de medidas gubernamentales de este contaminante necesitan revisarse.

Tabla C.3.1.1. Comportamiento de las emisiones en fuentes fijas

Contaminante	Emisiones [ton/año]		
	1994	1996	1998
$\text{PM}_{10}$	7,650	7,180	3,093
$\text{SO}_2$	34,196	30,810	12,442
CO	9,819	9,129	9,213
$\text{NO}_x$	38,792	32,031	26,988
HC	23,519	23,949	23,980

Gráfica C.3.1.1. Comportamiento porcentual de las emisiones en fuentes fijas



C.3.2 Comportamiento de las emisiones en fuentes móviles

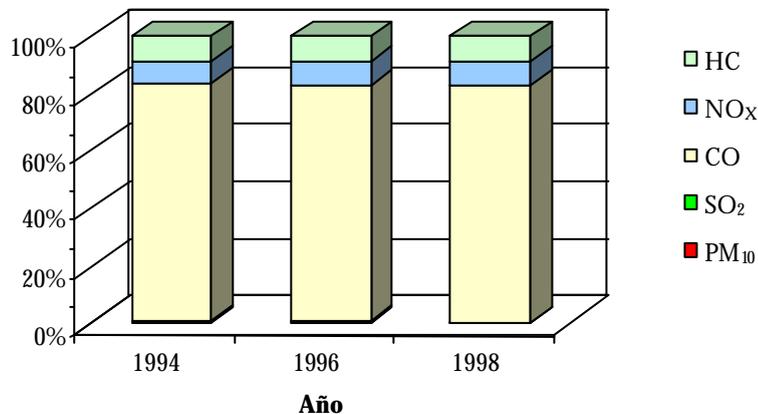
En la tabla C.3.2.1 tenemos que, del inventario de emisiones de 1994 al inventario de emisiones 1998, las fuentes móviles presentan un aumento del 7% en lo que se refiere a PM<sub>10</sub>, lo mismo ocurre para las emisiones de óxidos de nitrógeno con un aumento del 6%; los óxidos de azufre se reducen alrededor del 53% y en cuanto a las emisiones de monóxido de carbono éstas disminuyen un 2%, por último, las emisiones de hidrocarburos aumentan en un 2%. El comportamiento de los hidrocarburos puede atribuirse a que existe un crecimiento de la flota vehicular y que el 34% de los vehículos son de años modelo 1985 y anteriores. Sin embargo, cabe resaltar que se ha logrado frenar la emisión de dicho contaminante.

Tabla C.3.2.1. Comportamiento de las emisiones en fuentes móviles

Contaminante	Emisiones [ton/año]		
	1994*	1996*	1998
PM <sub>10</sub>	6,648	6,901	7,133
SO <sub>2</sub>	8,653	6,903	4,670
CO	1,758,244	1,745,434	1,733,663
NO <sub>x</sub>	155,437	160,981	165,838
HC	184,765	186,829	187,773

\*Recalculo

Gráfica C.3.2.1. Comportamiento porcentual de las emisiones en fuentes móviles



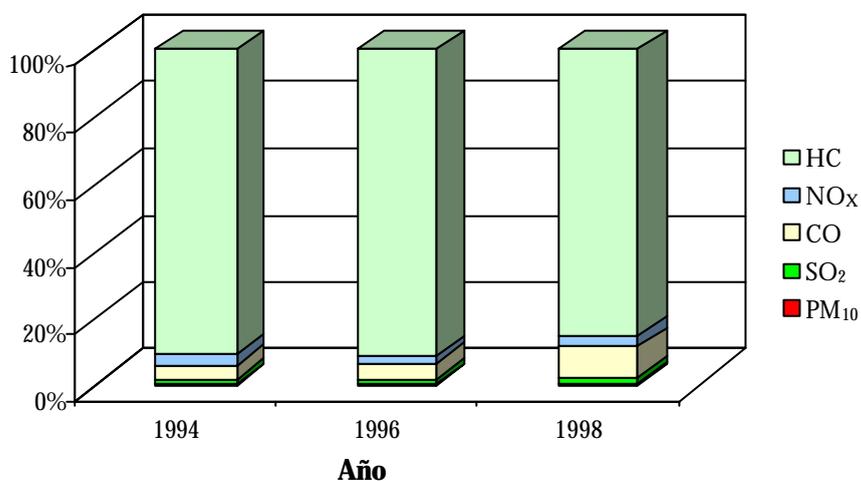
### C.3.3 Comportamiento de las emisiones en fuentes de área

En las emisiones de partículas menores a 10 micrometro y de monóxido de carbono se observa un pequeño incremento, cabe mencionar que esto se atribuye a las condiciones meteorológicas de 1998, que ocasionaron un mayor número de incendios forestales. Las emisiones de hidrocarburos se han mantenido casi constantes desde 1994 y los óxidos de azufre han aumentado en un 20%, esto debido a que en este sector todavía se utilizan grandes cantidades de combustibles azufrados. Los óxidos de nitrógeno han aumentado en casi 8%, cabe destacar que el crecimiento poblacional está relacionado con las emisiones en este sector (tabla C.3.3.1).

Tabla C.3.3.1. Comportamiento de las emisiones en fuentes de área

Contaminante	Emisiones [ton/año]		
	1994	1996	1998
PM <sub>10</sub>	944	969	1,678
SO <sub>2</sub>	4,669	4,320	5,354
CO	10,718	12,443	25,960
NO <sub>x</sub>	8,647	7,907	9,866
HC	246,519	253,763	247,599

Gráfica C.3.3.1. Comportamiento porcentual de las emisiones en fuentes de área



En lo que se refiere a las emisiones de las fuentes naturales se supusieron las estimadas para 1998, debido a que no se cuenta con toda la información requerida para esos años.

**ANEXO D**

**PROYECCION DEL  
INVENTARIO DE EMISIONES 1998  
AL 2000, 2006 Y 2010**

Tomando como base la metodología empleada en el desarrollo del inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, del año 1998, se estima cuales podrían ser las emisiones de esta zona en los años 2000, 2006 y 2010, esto sin considerar la mitigación de emisiones debido a la instrumentación de medidas de control de emisiones contaminantes al aire.

## D.1. TENDENCIAS DE CRECIMIENTO

Las premisas básicas utilizadas en este documento para realizar las proyecciones son las siguientes: las tendencias de crecimiento poblacional, vehicular y de consumo de combustibles, entre las principales. Con base en dichas tendencias se estimaron los niveles de actividad para cada fuente o categoría, a las cuales se les aplicaron los factores de emisión utilizados en el inventario de emisiones 1998 y de esa manera obtener las emisiones proyectada al 2000, 2006 y 2010.

✍ Fuentes puntuales, para realizar la proyección de emisiones, se consideró el crecimiento promedio del producto interno bruto real 1993-1999 constante al 2010, para el caso de la industria manufacturera y para la generación de energía eléctrica. Los datos utilizados fueron en específico para el Distrito Federal y para el Estado de México.

✍ Fuentes de área, se consideraron las tasas de crecimiento poblacional, el incremento de gas natural y de combustóleo, el aumento en el consumo de diesel desulfurado, el incremento de gas LP, así como las tasas de crecimiento anual de las gasolinas y el porcentaje de distribución al 2000, 2006 y 2010.

✍ Fuentes móviles, para los autos particulares se calculó una tasa anual de crecimiento compuesta con los últimos 10 años de ventas, y un perfil de desecho a partir de datos históricos de ventas en la ZMVM y de la flota vehicular por año modelo de autos particulares utilizada en el inventario de emisiones 1998. Para los otros tipos de vehículos se tomaron las tasas de crecimientos por entidad federativa reportadas en el documento de la Secretaria de Energía "Prospectivas del mercado de gas natural 2000-2009".

### D.1.1. Poblacional

La Zona Metropolitana del Valle de México, en el año 1998 contaba con una población de 16.7 millones de habitantes que representan poco más del 20% de la población del país. Del total de la población de la ZMVM el 51% estaba localizada en el Distrito Federal y el 49% en el Estado de México. La evolución del incremento poblacional indica que para el año 2010 existirá una población

de cerca de 19.1 millones de habitantes<sup>1</sup>. Las proyecciones del crecimiento de la población en la Zona Metropolitana del Valle de México por entidad, muestran que en el Estado de México la población aumentará a un ritmo más acelerado que en el Distrito Federal, lo cual indica que en el futuro los municipios conurbados del Estado de México serán los más poblados de la Zona Metropolitana del Valle de México. Lo anterior implica que las emisiones contaminantes generadas en los municipios conurbados del Estado de México aumentaran debido a que esta entidad demandará un mayor consumo energético.

#### D.1.2. Producto interno bruto

Para realizar las proyecciones de las emisiones contaminantes al aire de las fuentes puntuales (sector industria) al año 2010, se aplicaron tasas de crecimiento anual constantes a partir del año base 1998 hasta los años proyectados, 2000, 2006 y 2010, las tasas de crecimiento utilizadas son las que se muestran en la tabla D.1.2.1, en la que se observa la tasa de crecimiento promedio anual 1993-1999 del producto interno bruto (PIB) y su participación por gran división respecto al PIB nacional y por entidad federativa para la industria manufacturera y la generación de energía eléctrica.

**Tabla D.1.2.1. Taza de crecimiento anual del PIB**

Gran divisor	Distrito Federal	Estado de México
Industria manufacturera	4.2	4.5
Electricidad, agua y gas	0.0	3.7

Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa INEGI, 1999.

Nota: Esta información fue proporcionada por la Secretaría de Desarrollo Económico

#### D.1.3. Consumo de combustibles

De acuerdo con las cifras de la tabla D.1.3.1, tenemos que en la Zona Metropolitana del Valle de México el consumo de combustibles vehiculares aumenta año con año, al igual que el diesel industrial bajo en azufre, el gas licuado de petróleo y el gas natural, solo la demanda del gasóleo doméstico y el combustible industrial disminuye, es muy posible que para el año 2010, no se consuman en la ZMVM.

**Tabla D.1.3.1. Consumo de combustibles en la ZMVM**

Año	Consumo de combustible [miles de barriles/año]							
	PEMEX Premium	PEMEX Magna	PEMEX diesel	Gasóleo doméstico	Combustible industrial	Diesel industrial* <sup>1</sup>	Gas LP	Gas natural* <sup>2</sup>
1998	2,548	38,138	10,113	19	2,367	1,557	23,171	172,879
1999	3,135	37,679	10,164	10	1,558	2,002	28,154	183,258
2000	4,024	37,773	10,218	5	831	2,115	29,686	191,806

\*1 Bajo en azufre; \*2 Millones de pies cúbicos; Fuente: PEMEX

**Tabla D.1.3.2. Consumo de combustibles proyectado en la ZMVM, 2001-2010**

Año	Consumo de combustible [miles de barriles/año]
-----	--

<sup>1</sup> CONAPO. Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2010

	PEMEX Premium	PEMEX Magna	PEMEX diesel	Diesel industrial*	Gas LP	Gas natural**
2001	4,791	38,762	10,709	2,217	30,725	203,506
2002	4,992	40,390	11,223	2,323	31,800	215,920
2003	5,202	42,086	11,761	2,435	32,913	229,091
2004	5,420	43,854	12,326	2,552	34,065	243,066
2005	6,675	44,669	12,918	2,674	35,258	257,893
2006	6,955	46,545	13,538	2,803	36,492	273,624
2007	7,247	48,500	14,187	2,937	37,769	290,315
2008	7,551	50,537	14,868	3,078	39,091	308,024
2009	7,869	52,659	15,582	3,226	40,459	326,814
2010	9,460	53,609	16,330	3,381	41,875	346,750

\* Bajo en Azufre; \*\* Millones de pies cúbicos

Con base en el aumento previsto en la población, al dinamismo de la economía y a las tendencias históricas del consumo de combustibles de la Zona Metropolitana del Valle de México, podemos suponer que se espera un crecimiento importante para el año 2010 en lo que se refiere a la demanda energética. Tomando en cuenta las perspectivas de crecimiento del país de la demanda de petrolíferos en el periodo 1999-2010<sup>2</sup>, tenemos que se espera que el consumo de gasolina crezca a una tasa anual de por lo menos 4.2% y la demanda de diesel en un 4.8%. Por otro lado, se espera que en la región centro del país en el periodo 1999-2009, la demanda de gas natural aumente en un 6.1% anual y el gas licuado de petróleo en un 3.5% anual. Tomando como base el consumo de combustible del año 2000 de la Zona Metropolitana del Valle de México (tabla D.1.3.1) y asumiendo una tasa de crecimiento anual constante para combustible hasta el año 2010, en la tabla D.1.3.2 se muestran los consumos para los años proyectados.

#### D.1.4. Flota vehicular

Dadas las características y crecimiento particular de la flota vehicular de la Zona Metropolitana del Valle de México, la proyección se dividió en dos partes, una para los autos particulares y otra para el resto de la flota vehicular.

##### *Autos particulares*

Para estimar el crecimiento de este tipo de vehículos se partió de la clasificación y número de autos particulares reportados en el inventario de emisiones 1998, tal y como se muestra en la tabla D.1.4.1.

**Tabla D.1.4.1. Distribución de los autos particulares y taxis por año modelo, 1998**

Año/Modelo	Distrito Federal		EdoMéx		ZMVM	
	Autos particulares	Taxis	Autos particulares	Taxis	Autos particulares	Taxis
1974 y anteriores.	78,916	-	81,739	628	160,655	628

<sup>2</sup>El sector energía en México, Análisis y Prospectivas, Secretaria de Energía, México, 2000.

Anexo D. Proyección del inventario de emisiones 1998 al 2000, 2006 y 2010

1975	20,063	-	18,597	143	38,660	143
1976	20,081	-	18,264	140	38,345	140
1977	15,479	-	15,755	121	31,234	121
1978	19,807	-	18,965	146	38,772	146
1979	27,571	-	24,150	186	51,721	186
1980	37,375	-	31,561	242	68,936	242
1981	46,837	-	36,784	283	83,621	283
1982	44,987	-	35,056	269	80,043	269
1983	26,499	-	20,899	161	47,398	161
1984	31,542	-	24,683	190	56,225	190
1985	39,285	288	28,563	219	67,848	508
1986	36,751	616	29,728	228	66,479	845
1987	27,137	856	18,865	145	46,002	1,001
1988	39,153	1,332	24,918	191	64,071	1,524
1989	62,587	2,678	34,637	266	97,224	2,944
1990	88,496	9,053	40,825	314	129,321	9,367
1991	112,657	16,745	45,097	346	157,754	17,092
1992	133,379	24,664	49,528	381	182,907	25,044
1993	133,613	25,830	41,600	320	175,213	26,149
1994	128,812	11,755	38,939	299	167,751	12,054
1995	77,163	3,932	23,754	182	100,917	4,114
1996	51,697	1,151	16,994	131	68,691	1,281
1997	96,175	2,034	27,486	211	123,661	2,245
1998	150,533	2,363	47,751	367	198,284	2,730
Total	1,546,595	103,298	795,136	6,109	2,341,731	109,407

Además de la distribución de autos particulares por año modelo, se utilizó un estudio histórico de ventas de autos en la Zona Metropolitana del Valle de México<sup>3</sup>, ver tabla D.1.4.2.

Tabla D.1.4.2. Histórico de ventas de vehículos en la ZMVM

New Gasoline Vehicle Sales in the Mexico City Metropolitan Area			
Year	Cars	Year	Cars
1974 a 1951	857,815	1987	80,585
1975	111,076	1988	99,770
1976	94,203	1989	124,169
1977	88,102	1990	160,325
1978	106,700	1991	186,627
1979	125,297	1992	203,630
1980	126,858	1993	190,755
1981	155,228	1994	200,020
1982	138,835	1995	69,405
1983	81,214	1996	96,614
1984	100,750	1997	143,322
1985	114,572	1998	202,802
1986	84,673	1999	220,133

<sup>3</sup> Reportado por el Grupo Trafalgar: Population of Vehicles in Mexico City's Metropolitan area and their Emission levels

Fuente: Population of Vehicles in Mexico City's Metropolitan area and their Emission levels

Con las ventas de autos para cada año y el número de autos particulares en circulación de cada año modelo (parque reportado en el inventario de emisiones, 1998), se calculó el porcentaje de supervivencia, esto es, de los autos vendidos en un determinado año cuantos se tienen en circulación en 1998 (ecuación D.1). Cabe mencionar que el estudio realizado por el grupo Trafalgar reporta la venta de autos sin distinguir entre taxis y autos particulares, por lo que para obtener la tasa de supervivencia se utilizará la suma de autos particulares y taxis para obtener las unidades en circulación, y se asume que el perfil así obtenido es representativo del comportamiento de los autos particulares. En el caso de los taxis no se utiliza esta tasa de supervivencia ya que la edad de las unidades está restringida a 10 años en circulación.

$$TS_i = [1 - ((V_i - C_i) / V_i)] 100 \quad \text{Ecuación D.1.}$$

Donde:

$TS_i$ : Tasa de Supervivencia del año i. [%]

$V_i$ : Unidades vendidas del año modelo i.

$C_i$ : Unidades en circulación del año modelo i.

A continuación se presenta un ejemplo de cómo se calcula la tasa de supervivencia de los vehículos que tienen 24 años circulando, utilizando la ecuación D.1.

Datos	Valor	Fuente
$V_{1974 \text{ y ant.}}$	857,815	Valor de la celda sombreada de la tabla D.1.4.2
$C_{1974 \text{ y ant.}}$	160,655+628=61,283	Valor de las celdas sombreadas de la tabla D.1.4.1

Sustituyendo en la ecuación D.1.

$$TS_{24} = (1 - ((857,815 - 161,283) / 857,815)) 100 = 18.8 \%$$

El resultado se presenta en la celda sombreada de la tabla D.1.4.3, de igual forma se obtienen los demás valores de esta tabla.

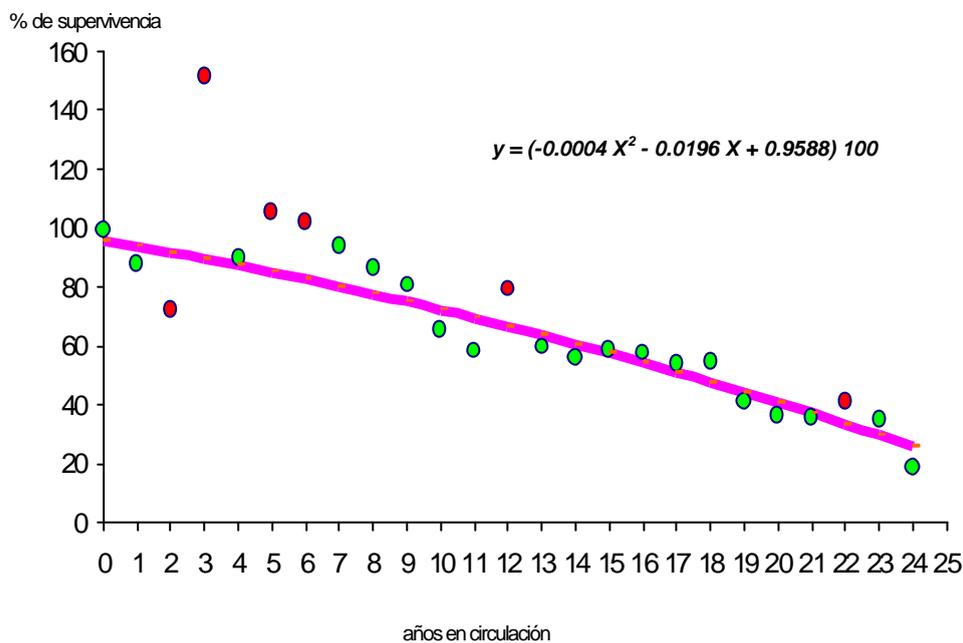
**Tabla D.1.4.3. Tasa de supervivencia**

Años en circulación (x)	Tasa de supervivencia (y)	Años en circulación (x)	Tasa de supervivencia (y)
24	18.8	11	58.3
23	34.9	10	65.7
22	40.9	9	80.7
21	35.6	8	86.5
20	36.5	7	93.7
19	41.4	6	102.1

18	54.5	5	105.6
17	54.1	4	89.9
16	57.8	3	151.3
15	58.6	2	72.4
14	56.0	1	87.8
13	59.7	0	99.1
12	79.5		

A partir de los valores de la tabla anterior, construimos la gráfica D.1.4.4.

Gráfica D.1.4.4. Curva de la tasa de supervivencia



Analizando la gráfica D.1.4.4, tenemos que si omitimos los valores que están arriba del 100% (3, 5 y 6 años de circulación) y los datos de los años 22, 12, 7, y 2, por quedar fuera de la tendencia del resto de los datos, tenemos que los puntos pueden unirse y ajustarse por regresión a una función cuadrática (ecuación D.2).

$$y = (-0.0004x^2 - 0.0196 x + 0.9588) 100 \quad \text{Ecuación D.2.}$$

Donde

Y: Tasa de supervivencia [%]

X: Años de circulación [0 a 23 años]

Dado que no se tiene una clasificación por año modelo de los vehículos más viejos que circulan en la ZMVM, la obtenemos a partir de un análisis de los datos de las tasas de supervivencia (Tabla D.1.4.3), se construye una curva con los datos de las tasas de supervivencia de los 5 años modelos

más viejos (vehículos que tienen de 20 a 24 años de circulación), esta curva se ajustó a una función exponencial, e igualmente por regresión obtuvimos la ecuación D.3, la cual representa el comportamiento de los autos con 24 o más años de circulación.

$$y = (3.9928e^{-0.1135x}) 100 \quad \text{Ecuación D.3.}$$

Donde:

Y: Tasa de supervivencia [%]

X: Años de circulación [24 años o más]

Con la aplicación de las ecuaciones D.2 y D.3 se ajustaron las tasas de supervivencia de la tabla D.1.4.3 y se obtienen los valores de la tabla D.1.4.5.

**Tabla D.1.4.5. Tasa de supervivencia ajustada**

Años en circulación	Tasa de supervivencia [%]	Años en circulación	Tasa de supervivencia [%]
37	5.99	18	47.64
36	6.71	17	51.00
35	7.52	16	54.28
34	8.42	15	57.48
33	9.43	14	60.60
32	10.57	13	63.64
31	11.84	12	66.60
30	13.26	11	69.48
29	14.85	10	72.28
28	16.64	9	75.00
27	18.64	8	77.64
26	20.88	7	80.20
25	23.39	6	82.68
24	26.20	5	85.08
23	29.64	4	87.40
22	33.40	3	89.64
21	37.08	2	91.80
20	40.68	1	93.88
19	44.20	0	95.88

Se realizó un análisis de las ventas de vehículos particulares, con la finalidad de inferir las tasas de ventas de vehículos del año 2000 al año 2010. De este análisis se desprende que un promedio aritmético anual de las ventas de todos los datos históricos (tabla D.1.4.2) no sería del todo representativo, ya que el comportamiento histórico de las ventas es muy variable, sobre todo en los últimos 10 años, por tal motivo se optó por calcular una tasa anual promedio de crecimiento compuesto del periodo 1989-1999, con la ecuación D.4.

$$\text{TACCV} = [(VU / VP)^{(1/NP)} - 1] 100 \quad \text{Ecuación D.4.}$$

Donde

TACCV: Tasa anual de crecimiento compuesto de ventas de autos [%]

VU: Ventas del último año.

VP: Ventas del primer año.

NP: Número de periodos.

Datos	Valor	Fuente
VU (1999)	220,133	tabla D.1.4.2.
VP (1989)	124,169	tabla D.1.4.2.
NP	10 (10 AÑOS)	--

Sustituyendo los datos en la ecuación D.4.

$$\text{TACCV} = ((220,133 / 124,169)^{(1/10)} - 1) 100 = 5.893 \%$$

La tasa de crecimiento compuesto de las ventas de autos obtenida como resultado de la aplicación de la ecuación D.3. en el periodo 1989-1999, se tomará constante para estimar las proyecciones de ventas para el periodo 2000-2010. El siguiente paso es ajustar las ventas de vehículos para cada año del periodo 1974 a 1998 aplicando la ecuación D.5, la cual está en función de las tasas de supervivencia ajustadas (tabla D.1.4.5 y el número de autos particulares que circularon en 1998 (tabla D.1.4.1).

$$VA_i = VC_i / (TSA_j / 100) \quad \text{Ecuación D.5.}$$

Donde

VA<sub>i</sub>: Ventas ajustadas del año i.

VC<sub>i</sub>: Vehículos en circulación del año modelo i.

TSA<sub>j</sub>: Tasa de supervivencia ajustada de los vehículos con j años en circulación [%].

Los resultados de la aplicación de la ecuación D.5 se muestran en la tabla D.1.4.6. y las ventas de autos proyectadas para cada año a partir de 1999, se calcularon con la ecuación D.6.

$$\text{Ventas}_i = (\text{Ventas}_{(i-1)}) (1 + \text{TACCV}/100) \quad \text{Ecuación D.6.}$$

Donde

Ventas<sub>i</sub>: Ventas para el año i (i = 1990- 2010)

Ventas<sub>(i-1)</sub>: Ventas para el año i -1 (i = 1989- 2010)

TACCV. Tasa anual de crecimiento compuesto de ventas de autos [5.893%]

Los resultados de la aplicación de la ecuación D.6. se presentan en la tabla D.1.4.6. Y tomando como base las tasas de supervivencia ajustada (tabla D.1.4.5) de acuerdo a los años de circulación y a las ventas de autos ajustadas por año modelo (tabla D.1.4.6), se procede mediante la ecuación D.7, al cálculo de la flota circulante por año modelo a partir de 1999 hasta el año 2010. Este cálculo se basa en el supuesto de que el perfil de supervivencia construido para 1998, se mantendrá en los años siguientes.

**Tabla D.1.4.6. Venta de autos ajustada por año modelo**

Año/modelo	Ventas ajustadas	Año/modelo	Ventas ajustadas
1974	613,246	1993	205,939
1975	130,431	1994	191,935
1976	114,806	1995	112,580
1977	84,233	1996	74,826
1978	95,309	1997	131,722
1979	117,015	1998	206,804
1980	144,703	1999	218,991
1981	163,962	2000	231,896
1982	147,463	2001	245,562
1983	82,460	2002	260,033
1984	92,780	2003	275,357
1985	106,613	2004	291,583
1986	99,818	2005	308,766
1987	66,209	2006	326,962
1988	88,643	2007	346,230
1989	129,632	2008	366,633
1990	166,565	2009	388,239
1991	196,701	2010	411,118
1992	221,223		

$$V_{ij} = (VA_j) (TSA_k / 100) \quad \text{Ecuación D.7.}$$

Donde

$V_{ij}$ : Número de vehículos del año modelo i en el año j

$VA_j$ : Ventas de autos ajustadas del año i

$TSA_k$ : Tasa de supervivencia ajustada de los vehículos con k años en circulación [%].

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se calcula el número de vehículos del año modelo 1999 en el año 2010. En el año 2010 los autos año modelo 2010 tienen 0 años en circulación a diferencia de los año modelo 1999 que tendrían 11 años en circulación.

Datos

Variabes	Valor	Fuente
VA <sub>1999</sub>	218,991	valor de la celda sombreada de la tabla D.1.4.6
TSA <sub>11</sub>	69.48	valor de las celdas sombreadas de la tabla D.1.4.5

Sustituyendo en la ecuación D.7

$$V_{1999 \text{ en } 2010} = (218,991) (69.48/100) = 152,155$$

El valor así calculado se muestra en la celda sombreada de la tabla D.1.4.7, así mismo se reporta el número de autos por años modelo de los años proyectados (2000, 2006, 2010).

Tabla D.1.4.7. Proyección de autos particulares por año modelo en la ZMVM

Año	2000	2006	2010	Año	2000	2006	2010
1974	128,029	64,797	41,151	1993	165,163	131,060	105,029
1975	30,503	15,438	9,804	1994	158,691	127,828	104,182
1976	30,076	15,222	9,667	1995	95,783	78,221	64,711
1977	24,967	12,511	7,945	1996	65,398	54,085	45,345
1978	31,833	15,857	10,071	1997	118,076	98,792	83,828
1979	43,389	21,808	13,850	1998	189,846	160,563	137,732
1980	58,865	30,210	19,186	1999	205,589	175,631	152,155
1981	72,471	38,345	24,352	2000	222,342	191,732	167,615
1982	70,251	38,631	24,534	2001		208,924	184,172
1983	42,055	24,441	15,368	2002		227,269	201,890
1984	50,361	30,989	19,370	2003		246,830	220,836
1985	61,281	39,532	24,933	2004		267,674	241,081
1986	60,490	40,606	26,150	2005		289,870	262,699
1987	42,136	29,264	19,624	2006		313,491	285,765
1988	59,036	42,230	29,607	2007			310,360
1989	90,068	66,112	48,068	2008			336,569
1990	120,393	90,412	67,759	2009			364,479
1991	147,526	113,064	86,942	2010			394,180
1992	171,757	134,061	105,391	Total	2,556,378	3,435,498	4,266,399

Resto de la flota

Para proyectar el número de vehículos del resto de la flota se utilizaron las estimaciones del crecimiento de la flota reportado por la Secretaría de Energía en el documento "Prospectiva de Mercado de Gas Natural Comprimido 2000-2010", utilizando como base la flota empleada en el inventario 1998 (tabla D.1.4.1.). En la tabla D.1.4.8. se muestran el tipo de vehículo asignado a la

clasificación propuesta en el inventario de emisiones 1998, así como los porcentajes a los que se estima crecerá, o disminuirá la flota vehicular.

El número de vehículos de cada categoría para cada año y en cada entidad, ya sea Distrito Federal o Estado de México se calculó de acuerdo a la ecuación D.8.

**Tabla D.1.4.8. Tasas de crecimiento vehicular**

Tipo de vehículo por fuente		Tasa de crecimiento anual (%)	
Inventario 1998	Secretaría de Energía	DF	EdoMéx
Taxis	Taxis	0	2
Combis	Combis	-6	-6
Microbuses	Microbuses	-6	2
Pick up	Camión de carga no pesados	3	3
Camiones de carga a gasolina	Autobuses	3	0
Vehículos a diesel <3 ton	Autobuses	3	0
Tractocamión diesel	Camión de carga pesados	3	3
Autobuses a diesel	Autobuses	3	0
Vehículos a diesel >3 ton	Camión de carga pesados	3	3
Camiones de carga a gas LP	No reportados	0	0
Motocicletas	No reportados	0	0

Fuente: Prospectiva de Mercado de GNC 2000 - 2010 de la Dirección General de Política y Desarrollo Energético de la Secretaría de Energía, 2000. NR: No reportado. Nota: Las categorías con una tasa de crecimiento 0, indica que no se contó con datos de las perspectivas de crecimiento de estas categorías, por lo que suponemos constante al año 2010 las flotas vehiculares correspondientes.

$$NU_{ij} = (NU_{(i-1)j}) (1+TCA_j) \quad \text{Ecuación D.8.}$$

Donde:

$NU_{ij}$ : Número de unidades del año modelo i del tipo de vehículo j

$NU_{(i-1)j}$ : Unidades del año/modelo inmediato anterior al año/modelo i del tipo de vehículo j

$TCA_j$ : Tasa de crecimiento anual del tipo de vehículo j

Los resultados de los cálculos realizados con la ecuación 8, para estimar el parque vehicular a los años 200, 2006 y 2010 por categoría y entidad, se presentan en la tabla D.1.4.9.

**Tabla D.1.4.9. Proyección de la flota vehicular en la ZMVM**

Tipo de vehículo	ZMVM		
	2000	2006	2010
Particulares	2,556,378	3,435,498	4,266,399
Taxis	109,654	110,456	111,046
Combis	4,859	3,352	2,617
Microbus	29,727	24,638	22,452
Pick up	356,547	425,736	479,170
Camión gasolina	164,065	195,902	220,490
Vehículo <3 ton diesel	5,021	5,996	6,748
Tractocamión diesel	74,980	89,530	100,767
Autobús diesel	13,067	14,969	16,437
Vehículo >3 ton diesel	96,478	115,200	129,659
Camión a gas LP	29,968	29,968	29,968
Motocicletas	72,704	72,704	72,704

<b>Total</b>	<b>3,513,448</b>	<b>4,523,949</b>	<b>5,458,457</b>
--------------	------------------	------------------	------------------

Utilizando la misma distribución por año modelo del inventario de emisiones 1998, (memoria de cálculo, tabla A.2.2), se distribuyó el parque vehicular de cada tipo de vehículo de los años 2000, 2006 y 2010 en las tablas siguientes.

**Tabla D.1.4.10. Distribución de la flota vehicular por año modelo en la ZMVM, 2000**

Año /Modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1976 y ant	188,609	653	49	330	16,053	8,899	1,265	18,472	414	15,562	156	-
1977	24,967	149	22	96	3,100	2,245	153	2,261	121	2,509	85	-
1978	31,833	146	22	94	19,590	2,408	268	3,923	151	3,260	83	-
1979	43,389	126	22	129	19,306	2,192	230	3,390	93	2,559	28	-
1980	58,865	152	24	116	4,831	3,028	268	3,934	78	3,468	98	-
1981	72,471	193	25	151	6,180	4,122	383	5,610	93	4,669	188	-
1982	70,251	252	42	119	7,425	5,839	383	5,632	379	5,250	256	-
1983	42,055	294	93	205	9,837	8,046	77	1,344	241	4,080	827	-
1984	50,361	280	121	198	10,448	7,477	230	3,410	251	4,843	844	-
1985	61,281	167	56	165	5,383	3,030	268	3,916	81	2,987	281	-
1986	60,490	197	90	171	52,606	3,810	498	7,256	237	4,419	457	-
1987	42,136	517	156	256	7,100	6,972	690	10,046	730	6,662	1,286	-
1988	59,036	854	211	368	6,309	5,362	268	3,979	186	3,589	691	-
1989	90,068	1,007	210	443	36,158	4,330	-	27	47	1,101	701	15,483
1990	120,393	1,532	163	600	22,225	4,613	-	39	121	1,747	399	2,701
1991	147,526	2,955	339	2,190	8,936	7,475	38	632	282	3,037	867	3,555
1992	171,757	9,380	487	5,071	9,667	10,783	-	199	1,930	3,360	2,221	3,760
1993	165,163	17,106	654	8,801	12,304	13,364	-	238	2,735	4,756	2,440	4,615
1994	158,691	25,059	1,076	7,933	11,849	14,994	-	184	503	4,889	3,334	7,777
1995	95,783	26,162	528	1,169	11,842	14,012	-	143	531	4,324	2,409	8,121
1996	65,398	12,066	219	353	10,107	9,212	-	112	2,622	2,942	3,103	8,913
1997	118,076	4,122	133	213	6,381	5,646	-	69	366	1,933	2,480	3,672
1998	189,846	1,286	33	141	5,224	2,401	-	31	220	1,037	1,814	2,788
1999	205,589	2,254	28	146	40,931	6,219	-	50	351	1,585	1,980	4,733
2000	222,342	2,745	56	271	12,755	7,586	-	82	303	1,909	2,940	6,587
<b>Total</b>	<b>2,556,378</b>	<b>109,654</b>	<b>4,859</b>	<b>29,727</b>	<b>356,547</b>	<b>164,065</b>	<b>5,021</b>	<b>74,980</b>	<b>13,067</b>	<b>96,478</b>	<b>29,968</b>	<b>72,704</b>

**Tabla D.1.4.11. Distribución de la flota vehicular por año modelo en la ZMVM, 2006**

Año /Modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1982 y ant	252,820	736	34	371	19,169	10,626	1,510	22,057	475	18,582	156	-
1983	24,441	167	15	108	3,702	2,680	183	2,699	137	2,996	85	-
1984	30,989	164	15	106	23,392	2,875	320	4,684	175	3,893	83	-
1985	39,532	142	15	145	23,052	2,617	275	4,048	98	3,056	28	-
1986	40,606	171	16	130	5,769	3,616	320	4,698	85	4,141	98	-
1987	29,264	217	18	170	7,379	4,922	458	6,698	100	5,575	188	-
1988	42,230	284	29	133	8,865	6,972	458	6,725	427	6,269	256	-
1989	66,112	331	64	230	11,746	9,607	92	1,605	272	4,872	827	-
1990	90,412	316	84	222	12,476	8,928	275	4,072	275	5,782	844	-
1991	113,064	188	38	185	6,428	3,618	320	4,676	90	3,567	281	-
1992	134,061	222	62	192	62,814	4,549	595	8,664	272	5,276	457	-

Anexo D. Proyección del inventario de emisiones 1998 al 2000, 2006 y 2010

1993	131,060	545	108	284	8,477	8,325	824	11,995	863	7,955	1,286	-
1994	127,828	884	145	409	7,533	6,403	320	4,751	206	4,285	691	-
1995	78,221	1,026	145	475	43,174	5,170	-	33	49	1,315	701	15,483
1996	54,085	1,557	113	562	26,537	5,508	-	47	134	2,086	399	2,701
1997	98,792	2,990	234	1,821	10,670	8,926	46	755	313	3,626	867	3,555
1998	160,563	9,421	336	3,938	11,543	12,876	-	238	2,260	4,012	2,221	3,760
1999	175,631	17,151	451	6,799	14,692	15,958	-	285	3,156	5,679	2,440	4,615
2000	191,732	25,109	742	6,103	14,149	17,903	-	220	558	5,838	3,334	7,777
2001	208,924	26,204	364	1,035	14,140	16,731	-	170	579	5,163	2,409	8,121
2002	227,269	12,105	151	373	12,068	10,999	-	133	3,058	3,513	3,103	8,913
2003	246,830	4,146	92	230	7,619	6,742	-	83	417	2,309	2,480	3,672
2004	267,674	1,304	23	157	6,238	2,866	-	37	242	1,238	1,814	2,788
2005	289,870	2,282	19	160	48,874	7,426	-	59	397	1,893	1,980	4,733
2006	313,491	2,793	38	298	15,230	9,058	-	98	333	2,279	2,940	6,587
<b>Total</b>	<b>3,435,498</b>	<b>110,456</b>	<b>3,352</b>	<b>24,638</b>	<b>425,736</b>	<b>195,902</b>	<b>5,996</b>	<b>89,530</b>	<b>14,969</b>	<b>115,200</b>	<b>29,968</b>	<b>72,704</b>

Tabla D.1.4.12. Distribución de la flota vehicular por año modelo en la ZMVM, 2010

Año/ Modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1986 y ant	246,383	796	27	401	21,574	11,960	1,700	24,825	522	20,914	156	-
1987	19,624	181	12	117	4,166	3,017	206	3,038	148	3,372	85	-
1988	29,607	178	12	115	26,327	3,236	361	5,272	194	4,382	83	-
1989	48,068	154	12	157	25,946	2,945	309	4,556	101	3,439	28	-
1990	67,759	185	13	141	6,493	4,070	361	5,287	90	4,660	98	-
1991	86,942	235	14	184	8,305	5,540	515	7,539	105	6,275	188	-
1992	105,391	308	23	144	9,978	7,847	515	7,569	465	7,056	256	-
1993	105,029	358	50	249	13,220	10,813	103	1,806	295	5,483	827	-
1994	104,182	342	65	239	14,042	10,048	309	4,583	293	6,508	844	-
1995	64,711	204	30	200	7,235	4,072	361	5,262	96	4,015	281	-
1996	45,345	241	49	208	70,698	5,120	670	9,752	299	5,938	457	-
1997	83,828	567	84	306	9,541	9,370	927	13,501	966	8,954	1,286	-
1998	137,732	906	113	440	8,478	7,206	361	5,347	221	4,823	691	-
1999	152,155	1,040	113	502	48,593	5,819	-	37	51	1,480	701	15,483
2000	167,615	1,575	88	554	29,868	6,200	-	52	144	2,348	399	2,701
2001	184,172	3,016	183	1,664	12,009	10,046	52	849	336	4,081	867	3,555
2002	201,890	9,451	262	3,417	12,992	14,492	-	268	2,514	4,516	2,221	3,760
2003	220,836	17,185	352	5,874	16,536	17,961	-	320	3,482	6,392	2,440	4,615
2004	241,081	25,146	579	5,256	15,925	20,150	-	248	600	6,571	3,334	7,777
2005	262,699	26,235	285	986	15,915	18,831	-	192	617	5,811	2,409	8,121
2006	285,765	12,134	118	392	13,583	12,380	-	150	3,395	3,953	3,103	8,913
2007	310,360	4,163	72	245	8,575	7,588	-	93	455	2,598	2,480	3,672
2008	336,569	1,316	18	168	7,020	3,226	-	42	259	1,393	1,814	2,788
2009	364,479	2,302	15	172	55,008	8,358	-	67	432	2,130	1,980	4,733
2010	394,180	2,829	30	319	17,141	10,195	-	111	357	2,565	2,940	6,587
<b>Total</b>	<b>4,266,399</b>	<b>111,046</b>	<b>2,617</b>	<b>22,452</b>	<b>479,170</b>	<b>220,490</b>	<b>6,748</b>	<b>100,767</b>	<b>16,437</b>	<b>129,659</b>	<b>29,968</b>	<b>72,704</b>

## D.2. METODOLOGÍA Y CÁLCULO DE LAS EMISIONES

### D.2.1. Fuentes puntuales

La ecuación básica utilizada para estimar los crecimientos de emisiones fue<sup>4</sup>:

$$E_n = (E_{n-1} * G * C) + E_{n-1} \quad \text{Ecuación D.9.}$$

Donde

$E_n$ : Emisiones del año proyectado [ton/año]

$E_{n-1}$ : Emisiones del año inmediato anterior al año a calcular [ton/año]

G: Factor de crecimiento [fracción del porcentaje]

C: Factor de control

El factor de control "C" se deriva de las políticas ambientales para la disminución de contaminantes atmosféricos, requeridos para la regulación y modificación de procesos o tecnología. El aumento de las emisiones de las fuentes puntuales es proporcional al aumento anual del Producto Interno Bruto (PIB) por entidad, para este cálculo se tomo un crecimiento constante anual a partir de 1998 hasta 2010. Las tasas de crecimiento del PIB del sector eléctrico fueron del 0% para el Distrito Federal y del 3.7% para los municipios del Estado de México, para todos los demás sectores incluidos en las fuentes puntuales (industria manufacturera) se consideró un PIB del 4.2% para el Distrito Federal y 4.5% para el Estado de México (tabla D.2.1.1).

**Tabla D.2.1.1. Tasa de crecimiento industrial**

Fuentes puntuales	Tasa de crecimiento promedio anual 1993-1999		
	Gran divisor	DF	EdoMéx
Generación de energía eléctrica	Electricidad, agua y gas	0.0	3.7
Industria de consumo alimenticio	Industria manufacturera	4.2	4.5
Industria del vestido			
Industria química			
Madera y derivados			
Mineral metálica			
Mineral no metálica			
Productos de consumo varios			
Productos de impresión			
Productos de vida larga			
Productos de vida media			
Productos metálicos			

<sup>4</sup> EPA, December 1999. Emission Projections, Emission Inventory Improvement Program. Volumen X.

Productos vegetales y animales	
Otros	

La ecuación utilizada para estimar los crecimientos de las emisiones es<sup>5</sup>:

$$E_n = (E_{n-1} * G * C) + E_{n-1} \quad \text{Ecuación D.10.}$$

Donde

$E_n$ : Emisiones industriales del año proyectado [ton/año]

$E_{n-1}$ : Emisiones industriales del año inmediato anterior al año a calcular [ton/año]

G: Factor de crecimiento (PIB)

C: Factor de control

Como no se cuentan con datos del factor de control se asume que no habrá cambios en las condiciones de operación por lo tanto  $C = 1$ , sustituyendo C en la ecuación D.10 resulta la siguiente ecuación:

$$E_n = (E_{n-1} * G) + E_{n-1} \quad \text{Ecuación D.11.}$$

Los porcentajes de crecimiento considerado por año para la división de industria manufacturera, como para la división electricidad, agua y gas se observan en la tabla D.2.1.2 tanto para el Distrito Federal como para el estado de México.

**Tabla D.2.1.2. Tasa de crecimiento promedio anual, 1998-2010**

Año	Industria manufacturera		Generación de energía eléctrica	
	DF	EdoMéx	DF	EdoMéx
1998	-----	----	-----	----
1999-2010	4.2	4.5	0	3.7

A continuación se presenta como ejemplo un cálculo para estimar la generación de  $PM_{10}$  en el Distrito Federal utilizando la ecuación D.11.

Para el año de 1999

Datos

$E_n$  = Emisión al año de proyección "1999"

$E_{n-1}$  = Emisión del año base "1998" (163.11 ton/año)

G = 4.2%

Sustituyendo los datos en la ecuación D.12.

$$E_{1999} = (163.11 \text{ ton/año} * 0.042) + 163.11 \text{ ton/año} = 169.96 \text{ ton/año.}$$

<sup>5</sup> EPA, December 1999. Emission Projections, Emission Inventory Improvement Program. Volumen X

Para el año de 2000

$E_n$  = Emisión al año de proyección "2000"

$E_{n-1}$  = Emisión del año base "1999" (169.96 ton/año)

$G$  = 4.2%

Sustituyendo los datos en la ecuación D.12.

$$E_{2000} = (169.96 \text{ ton/año} * 0.042 * 1) + 169.96 \text{ ton/año} = 177.098 \text{ ton/año}$$

Los resultados obtenidos de cada uno de los sectores estimados en la Zona Metropolitana del Valle de México para los años proyectados se muestran en las tablas D.2.1.3, D.1.2.4 y D.1.2.5.

**Tabla D.2.1.3. Proyección de emisiones para fuentes puntuales en la ZMVM, 2000**

Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica	149	18	1,194	10,248	53
Industria. de consumo alimenticio	561	1,201	435	1,007	452
Industria del vestido	414	2,466	504	1,436	421
Industria química	452	2,501	2,643	1,455	6,874
Madera y derivados	236	2,504	575	1,162	1,092
Mineral metálica	271	778	974	559	317
Mineral no metálica	550	1,853	712	4,988	832
Productos de consumo varios	79	283	85	141	951
Productos de impresión	50	189	73	157	4,046
Productos de vida larga	153	329	896	2,319	2,890
Productos de vida media	130	94	516	679	1,588
Productos metálicos	190	842	1,239	4,836	3,289
Productos vegetales y animales	67	313	38	119	14
Otros	68	187	144	171	3,284
<b>Total</b>	<b>3,369</b>	<b>13,557</b>	<b>10,030</b>	<b>29,276</b>	<b>26,102</b>

Para el año de 2000

$E_n$  = Emisión al año de proyección "2000"

$E_{n-1}$  = Emisión del año base "1999" (169.96 ton/año)

$G$  = 4.2%

Sustituyendo los datos en la ecuación D.12.

$$E_{2000} = (169.96 \text{ ton/año} * 0.042 * 1) + 169.96 \text{ ton/año} = 177.098 \text{ ton/año}$$

Los resultados obtenidos de cada uno de los sectores estimados en la Zona Metropolitana del Valle de México para los años proyectados se muestran en las tablas D.2.1.3, D.1.2.4 y D.1.2.5.

**Tabla D.2.1.3. Proyección de emisiones para fuentes puntuales en la ZMVM, 2000**

Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica	149	18	1,194	10,248	53
Industria. de consumo alimenticio	561	1,201	435	1,007	452
Industria del vestido	414	2,466	504	1,436	421
Industria química	452	2,501	2,643	1,455	6,874
Madera y derivados	236	2,504	575	1,162	1,092
Mineral metálica	271	778	974	559	317
Mineral no metálica	550	1,853	712	4,988	832
Productos de consumo varios	79	283	85	141	951
Productos de impresión	50	189	73	157	4,046
Productos de vida larga	153	329	896	2,319	2,890
Productos de vida media	130	94	516	679	1,588
Productos metálicos	190	842	1,239	4,836	3,289
Productos vegetales y animales	67	313	38	119	14
Otros	68	187	144	171	3,284
<b>Total</b>	<b>3,369</b>	<b>13,557</b>	<b>10,030</b>	<b>29,276</b>	<b>26,102</b>

Tabla D.2.1.4. Proyección de emisiones para fuentes puntuales en la ZMVM, 2006

Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica	184	22	1,482	12,706	65
Industria. de consumo alimenticio	726	1,550	562	1,302	579
Industria del vestido	537	3,196	652	1,863	545
Industria química	584	3,223	3,438	1,885	8,911
Madera y derivados	306	3,252	747	1,508	1,413
Mineral metálica	352	1,006	1,264	724	412
Mineral no metálica	712	2,406	925	6,484	1,071
Productos de consumo varios	101	364	108	180	1,226
Productos de impresión	64	242	94	202	5,192
Productos de vida larga	198	427	1,163	3,000	3,732
Productos de vida media	168	122	668	872	2,057
Productos metálicos	244	1,083	1,607	6,285	4,233
Productos vegetales y animales	87	405	49	154	18
Otros	88	241	185	220	4,207
<b>Total</b>	<b>4,352</b>	<b>17,539</b>	<b>12,942</b>	<b>37,386</b>	<b>33,662</b>

Tabla D.2.1.5. Proyección de emisiones para fuentes puntuales en la ZMVM, 2010

Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica	213	25	1,712	14,670	75
Industria. de consumo alimenticio	862	1,838	665	1,545	683
Industria del vestido	638	3,800	774	2,217	647
Industria química	692	3,817	4,095	2,240	10,595
Madera y derivados	364	3,870	889	1,793	1,677
Mineral metálica	419	1,194	1,504	860	491
Mineral no metálica	846	2,865	1,101	7,724	1,268
Productos de consumo varios	120	430	128	213	1,453
Productos de impresión	76	285	112	238	6,131
Productos de vida larga	235	508	1,384	3,563	4,427
Productos de vida media	199	145	793	1,030	2,444
Productos metálicos	289	1,281	1,910	7,484	5,009
Productos vegetales y animales	103	481	58	183	21
Otros	105	286	218	261	4,963
<b>Total</b>	<b>5,162</b>	<b>20,824</b>	<b>15,343</b>	<b>44,022</b>	<b>39,884</b>

Es importante mencionar que para realizar el cálculo y poder utilizar los datos de crecimiento, las industrias se dividieron en dos grandes grupos que son: la gran división cinco de electricidad agua y gas que contiene al giro de generación de energía eléctrica y la gran división tres de la industria manufacturera, que contiene los giros restantes.

### D.2.2. Fuentes de área

Para estimar las emisiones de fuentes de área, fue necesario ajustar los factores de actividad de 1998 a los años 2000, 2006 y 2010, mediante los siguientes factores de crecimiento: población; consumo de gasolina, diesel, gas natural, combustóleo, gas LP, número de operaciones de vuelos, entre los principales.

La ecuación utilizada para estimar el crecimiento de las emisiones es<sup>6</sup>:

$$E_{fyp} = E_{fyb} * G * C \quad \text{Ecuación D.12.}$$

Donde

$E_{fyp}$ : Emisión del contaminante (y) de la actividad (f) al año de proyección (p)

$E_{fyb}$ : Emisión del contaminante (y) de la actividad (f) al año base de emisión (b)

G: Factor de crecimiento G

C: Factor de control

Por lo tanto, para la realización de la proyección de las emisiones, primero fue necesario crear una línea base que definiera los argumentos anteriores (tabla D.2.2.1).

**Tabla D.2.2.1. Línea base general**

Argumento	Descripción
Año de Proyección.	Se consideran los años 2000, 2006 y 2010 para la proyección de emisiones en la ZMVM
Año base de emisión	Inventario de emisiones 1998 de la ZMVM para fuentes de área
Metodología de aplicación y factores de emisión.	Se asume que la metodología y factores de emisión 1998 por actividad, permanece constante a los años de proyección.
Factores de control. (C=1)	El factor de control no aplica debido a que no hubo cambios en la metodología, en los factores de emisión y medidas de control o prevención de contaminación, por lo que su valor es considerado 1.
Nivel de actividad 1998	Se considera la actividad 1998, como el año base de actividad y es directamente proporcional al cálculo de estimación de emisiones y del factor de crecimiento al mismo año. Por lo que el nivel de actividad (Nfb) se muestra en la tabla D.2.2.2.
Factor de crecimiento.	El factor de crecimiento (G) se obtiene con la relación del nivel de actividad del año base entre el nivel de actividad al año de proyección. La actividad del año de proyección se obtiene de estudios locales del comportamiento o proyección futura por ejemplo, el crecimiento poblacional, el consumo de combustibles o la demanda de un servicio u otros argumentos, asociados al factor de emisión (Tabla D.2.2.2).

---

<sup>6</sup> EPA, December 1999. Emission Projections, Emission Inventory Improvement Program. Volumen X

El cálculo sobre la proyección de las emisiones requiere de los datos correspondientes a cada una de las actividades descritas en las tablas D.2.2.2, los cuales serán sustituidos en la ecuación D.12; Y los resultados obtenidos de emisión por tipo de contaminante y actividad se muestran en las tablas D.2.2.2 y D.2.2.3.

Tabla D.2.2.2. Factor de Crecimiento "G" por actividad

Giro	2000	2006	2010	Giro	2000	2006	2010
Consumo de solventes	1.013	1.120	1.14	HCNQ en la combustión	1.029	1.333	1.490
Limpieza de superficies				Aeropuerto (operaciones de aeronaves)	1.013	1.120	1.144
Superficies arquitectónicas				Aeropuerto (recarga de aeronaves)	1.061	1.083	1.093
Recubrimientos industriales				Locomotoras (foráneas y de patio)	1.013	1.120	1.144
Lavado en seco				Rellenos sanitarios	1.107	1.645	1.914
Artes gráficas				Aplicación de asfalto	1.013	1.120	1.144
Panaderías				Tratamiento agua residual	1.0002	1.0006	1.0008
Pintura automotriz				Esterilización hospitales	1.013	1.120	1.144
Pintura de tránsito				Combustión en hospitales			
Distribución de gas LP				1.085	1.616	1.91	Combustión habitacional <sup>7</sup>
Almacenamiento de gas LP				Combustión comercial/institucional	1.018	1.034	1.056
Fugas de gas LP en uso doméstico	1.024	1.283	1.42	Incendios forestales	1.000	1.000	1.000
Distribución, almacenamiento y venta de gasolina	1.027	1.315	1.55	Incendios en estructuras			

Tabla D.2.2.2. Proyección de emisiones al año 2000

Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	77,631
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	30,543
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	23,051
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	21,696
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	10,181
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,780
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,635
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,204
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	814
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	11,035
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	799
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	23,348
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	27,564
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	510
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	105
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,545	1,537	405
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	10	55	63	498	19
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	8,173
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	209
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	77
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	23

---

Anexo D. Proyección del inventario de emisiones 1998 al 2000, 2006 y 2010

---

Combustión en hospitales	9	24	20	80	3
Combustión habitacional	146	0	649	4,704	162
Combustión comercial institucional	824	5,308	538	2,787	154
Incendios forestales	706	N/E	22,078	637	3,752
Incendio en estructuras	7	N/E	108	3	9
<b>Total</b>	<b>1,702</b>	<b>5,387</b>	<b>26,001</b>	<b>10,246</b>	<b>251,887</b>

Tabla D.2.2.3. Proyección de emisiones al año 2006 y 2010

Giro	Emisiones [ton/año]									
	2006					2010				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	85,811	N/A	N/A	N/A	N/A	87,664
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	33,761	N/A	N/A	N/A	N/A	34,490
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	25,480	N/A	N/A	N/A	N/A	26,030
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	23,982	N/A	N/A	N/A	N/A	24,500
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	11,254	N/A	N/A	N/A	N/A	11,497
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	7,494	N/A	N/A	N/A	N/A	7,656
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,913	N/A	N/A	N/A	N/A	2,976
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,436	N/A	N/A	N/A	N/A	2,488
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	899	N/A	N/A	N/A	N/A	919
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	16,435	N/A	N/A	N/A	N/A	19,375
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	1,191	N/A	N/A	N/A	N/A	1,404
Fugas de gas LP en uso domestico	N/A	N/A	N/A	N/A	23,709	N/A	N/A	N/A	N/A	27,950
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	27,990	N/A	N/A	N/A	N/A	32,997
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	652	N/A	N/A	N/A	N/A	769
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	134	N/A	N/A	N/A	N/A	158
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,813	1,699	448	N/S	N/S	2,874	1,736	458
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5.41	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	11	60	69	551	21	11	62	71	563	22
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	12,139	N/A	N/A	N/A	N/A	14,122
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	231	N/A	N/A	N/A	N/A	236
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	77	N/A	N/A	N/A	N/A	77
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	26	N/A	N/A	N/A	N/A	26
Combustión en hospitales	9	24	20	80	3	9	24	20	80	3
Combustión habitacional	218	0	966	7,005	257	257	0	1,139	8,258	303
Combustión comercial- institucional	829	5321	544	2859	158	834	5338	563	2,921	165
Incendios forestales	706	N/E	22,078	637	3,752	706	N/E	22,078	637	3,752
Incendio en estructuras	7	N/E	108	3	9	7	N/E	108	3	9
<b>Total</b>	<b>1,780</b>	<b>5,405</b>	<b>26,598</b>	<b>12,834</b>	<b>281,267</b>	<b>1,824</b>	<b>5,424</b>	<b>26,853</b>	<b>14,198</b>	<b>300,051</b>

### D.2.3. Fuentes móviles

Una vez definida la estimación de la flota vehicular de la ZMVM en los años 2000, 2006 y 2010, se prosigue a calcular las emisiones contaminantes para cada tipo de vehículo. Para obtener los factores de emisión de NO<sub>x</sub>, HC y CO de cada tipo de vehículo por año modelo y al año de proyección a partir de los factores de emisión utilizados en el inventario de emisiones 1998, excepto para autos particulares donde a partir de 1999 se toman en cuenta los criterios correspondientes a la tecnología TIER I aplicada en los Estados Unidos (tabla D.2.3.1); los factores

de emisión de HC, CO y NOx para los otros tipos de vehículos se encuentran en el anexo A del Inventario de Emisiones 1998, donde un factor de emisión de un año modelo 1974 y anterior (tablas A.2.10, A.2.11 y A.2.12) correspondería al factor empleado en la proyección para un año modelo 1986 y anterior, un año modelo 1975 de estas mismas tablas correspondería a un año modelo 1997 para el cálculo de las proyecciones, y así sucesivamente hasta llegar al año modelo 1998 que correspondería al año modelo 2010. Para obtener las emisiones de los años 2000, 2006 y 2010 de cada contaminante, se utilizó la metodología descrita en el inventario de emisiones 1998, los resultados se reportan en las tablas D.2.3.2-D.2.3.13.

Tabla D.2.3.1. Factores de emisión para autos particulares

Año modelo	Factor de emisión [g/km]		
	HC	CO	NOx
1986 y ant - 1992	6.255	76.400	2.100
1993 - 1997	5.684	55.600	2.100
1998 - 2000	4.545	39.600	2.100
2001 - 2002	3.590	31.400	2.400
2003 - 2004	2.456	23.700	2.400
2005 - 2010	0.250	3.200	0.670

Tabla D.2.3.2. Emisiones de HC por tipo de vehículo en la ZMVM, 2000

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1978 y ant	12,186	256	18	203	1,339	1,245	47	2,018	151	1,700	11	0
1977	1,613	58	8	59	259	314	6	247	44	274	6	0
1978	2,057	57	8	58	1,634	337	10	427	55	355	6	0
1979	2,803	49	8	80	1,611	307	8	369	34	279	2	0
1980	3,803	59	8	71	403	424	10	426	28	376	7	0
1981	4,682	76	9	93	516	577	14	604	33	503	13	0
1982	4,539	99	15	73	619	817	13	605	136	564	18	0
1983	2,469	105	33	126	821	1,125	3	144	86	437	4	0
1984	2,957	100	43	122	872	1,046	8	365	89	518	4	0
1985	3,598	59	20	102	449	424	9	418	29	319	2	0
1986	3,551	70	32	105	4,388	533	17	774	84	471	2	0
1987	2,474	184	55	158	592	975	23	1,062	257	704	7	0
1988	2,771	243	74	227	526	750	9	420	66	379	4	0
1989	4,228	286	74	273	3,016	606	-	3	17	116	4	1,546
1990	5,652	436	58	370	1,854	645	-	4	42	183	2	270
1991	5,470	664	120	1,351	745	1,046	1	66	98	318	5	350
1992	6,369	2,108	172	3,128	806	1,508	-	21	671	351	12	359
1993	4,190	1,971	231	5,430	1,026	1,869	-	25	945	493	13	435
1994	4,026	2,888	381	4,895	988	2,097	-	19	173	503	18	720
1995	1,036	3,015	187	721	988	1,960	-	11	138	337	13	340
1996	707	1,391	77	218	354	361	-	8	606	204	16	303
1997	1,277	475	47	131	224	221	-	5	80	127	13	116
1998	2,053	148	12	87	183	94	-	2	41	58	10	68
1999	531	260	10	90	1,435	244	-	3	66	89	11	104
2000	574	316	20	167	447	297	-	5	57	107	16	130
Total	85,616	15,374	1,719	18,341	26,097	19,821	178	8,049	4,026	9,765	218	4,742



Tabla D.2.3.3. Emisiones de CO por tipo de vehículo en la ZMVM, 2000

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1978 y ant	148,838	3,125	184	2,231	14,532	13,521	70	4,429	331	3,731	23	0
1977	19,702	711	81	648	2,806	3,411	8	542	97	602	13	0
1978	25,121	698	80	638	17,733	3,659	15	940	121	781	13	0
1979	34,240	602	83	874	17,476	3,330	13	812	75	610	5	0
1980	46,452	725	89	783	4,373	4,601	14	938	62	826	15	0
1981	57,190	923	94	1,019	5,594	6,263	20	1,336	74	1,104	29	0
1982	55,438	1,207	156	804	6,721	8,871	20	1,332	299	1,237	39	0
1983	24,152	1,023	347	1,387	8,905	12,224	4	317	189	962	5	0
1984	28,922	975	450	1,339	9,458	11,360	12	804	197	1,138	5	0
1985	35,193	581	207	1,116	4,873	4,604	14	920	63	699	2	0
1986	34,739	687	335	1,155	47,619	5,788	25	1,698	185	1,031	3	0
1987	24,198	1,798	580	1,732	6,427	10,592	35	2,345	568	1,546	7	0
1988	24,147	2,117	783	2,490	5,711	8,147	13	923	144	830	4	0
1989	36,841	2,495	781	2,998	32,730	6,579	-	6	36	253	4	5,941
1990	49,244	3,797	607	4,059	20,118	7,009	-	9	93	402	2	1,036
1991	47,847	5,809	1,261	14,819	8,089	11,357	2	145	215	695	5	1,352
1992	55,706	18,437	1,812	34,313	8,751	16,383	-	45	1,463	764	13	1,413
1993	40,432	16,277	2,431	59,557	11,138	20,304	-	54	2,069	1,079	14	1,711
1994	38,847	23,845	4,000	53,683	10,726	22,780	-	42	379	1,104	19	2,837
1995	7,222	24,894	1,965	7,911	10,719	21,288	-	32	397	970	14	2,097
1996	4,931	11,481	814	2,391	2,221	8,304	-	23	1,838	619	18	2,230
1997	8,903	3,922	495	1,438	1,402	5,090	-	14	244	387	14	896
1998	14,315	1,224	123	955	1,148	2,164	-	6	141	199	10	661
1999	6,795	2,145	103	990	8,994	5,606	-	9	222	301	11	1,089
2000	7,349	2,612	206	1,836	2,803	6,838	-	16	191	361	17	1,465
Total	876,764	132,109	18,068	201,167	271,062	230,071	264	17,736	9,693	22,232	303	22,729

Tabla D.2.3.4. Emisiones de NOx por tipo de vehículo en la ZMVM, 2000

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1978 y ant	4,091	86	8	98	1,016	961	42	6,022	449	5,074	6	0
1977	542	20	4	28	196	242	5	737	132	818	3	0
1978	690	19	4	28	1,240	260	9	1,278	164	1,063	3	0
1979	941	17	4	38	1,222	237	8	1,103	101	833	1	0
1980	1,277	20	4	34	306	327	9	1,278	85	1,127	4	0
1981	1,572	25	4	45	391	445	12	1,802	100	1,500	8	0
1982	1,524	33	7	35	470	631	12	1,808	406	1,685	10	0
1983	912	39	16	61	623	869	2	431	258	1,308	8	0
1984	1,092	37	20	59	661	807	7	1,091	267	1,549	8	0
1985	1,329	22	9	49	341	327	8	1,253	86	956	3	0
1986	1,312	26	15	51	3,329	411	15	2,310	251	1,407	4	0
1987	914	68	26	76	449	753	21	3,178	769	2,107	12	0
1988	1,281	112	36	109	399	579	8	1,254	196	1,132	7	0
1989	1,954	132	35	132	2,288	468	-	9	49	346	7	29
1990	2,611	201	28	178	1,407	498	-	12	126	545	4	5
1991	3,657	444	57	651	566	807	1	197	293	945	8	6
1992	4,258	1,409	82	1,508	612	1,164	-	62	1,996	1,042	21	7
1993	4,094	1,585	110	2,617	779	1,443	-	74	2,812	1,467	23	8

---

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 1998

---

1994	3,934	2,322	182	2,359	750	1,619	-	56	514	1,498	31	13
1995	1,484	2,424	89	348	749	1,513	-	34	426	1,039	23	34
1996	1,013	1,118	37	105	311	554	-	24	1,865	628	29	38
1997	1,829	382	22	63	197	339	-	14	247	391	23	15
1998	2,941	119	6	42	161	144	-	6	144	204	17	12
1999	1,423	209	5	43	1,261	374	-	10	229	311	19	20
2000	1,539	254	9	81	393	456	-	16	198	374	28	28
Total	48,215	11,123	821	8,839	20,116	16,229	160	24,059	12,163	29,347	312	215

---

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 1998

---

1994	3,934	2,322	182	2,359	750	1,619	-	56	514	1,498	31	13
1995	1,484	2,424	89	348	749	1,513	-	34	426	1,039	23	34
1996	1,013	1,118	37	105	311	554	-	24	1,865	628	29	38
1997	1,829	382	22	63	197	339	-	14	247	391	23	15
1998	2,941	119	6	42	161	144	-	6	144	204	17	12
1999	1,423	209	5	43	1,261	374	-	10	229	311	19	20
2000	1,539	254	9	81	393	456	-	16	198	374	28	28
Total	48,215	11,123	821	8,839	20,116	16,229	160	24,059	12,163	29,347	312	215

**Tabla D.2.3.5. Emisiones de HC por tipo de vehículo en la ZMVM, 2006**

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1982 y ant	16,334	288	12	229	1,599	1,486	56	2,410	173	2,030	11	0
1983	1,579	66	5	67	309	375	7	295	50	327	6	0
1984	2,002	64	5	65	1,951	402	12	510	64	424	6	0
1985	2,554	56	5	90	1,923	366	10	441	36	333	2	0
1986	2,623	67	6	80	481	506	11	509	31	448	7	0
1987	1,891	85	6	105	616	688	16	721	36	600	13	0
1988	2,728	111	10	82	740	975	16	722	153	673	18	0
1989	3,881	118	23	142	980	1,344	3	172	97	522	4	0
1990	5,308	112	30	137	1,041	1,249	10	436	98	619	4	0
1991	6,638	67	14	114	536	506	11	499	32	380	1	0
1992	7,871	79	22	119	5,240	636	20	924	97	563	2	0
1993	7,695	194	38	175	707	1,164	28	1,268	304	841	7	0
1994	6,001	251	51	252	628	896	11	502	73	453	4	0
1995	3,672	292	51	293	3,602	723	-	3	17	139	4	1,546
1996	2,539	443	40	347	2,214	770	-	5	47	219	2	270
1997	3,663	672	83	1,124	890	1,248	1	79	109	380	5	350
1998	5,954	2,117	119	2,430	963	1,801	-	25	786	419	12	359
1999	4,455	1,977	160	4,195	1,226	2,232	-	30	1,091	589	13	435
2000	4,864	2,894	263	3,766	1,180	2,504	-	23	191	601	18	720
2001	2,259	3,020	129	638	1,180	2,340	-	13	151	402	13	340
2002	2,458	1,395	53	230	423	431	-	9	706	243	16	303
2003	637	478	32	142	267	264	-	5	91	151	13	116
2004	691	150	8	97	219	112	-	2	45	70	10	68
2005	749	263	7	99	1,714	291	-	3	74	106	10	104
2006	810	322	14	184	534	355	-	6	62	128	15	130
<b>Total</b>	<b>99,857</b>	<b>15,581</b>	<b>1,186</b>	<b>15,201</b>	<b>31,162</b>	<b>23,667</b>	<b>212</b>	<b>9,611</b>	<b>4,613</b>	<b>11,660</b>	<b>215</b>	<b>4,742</b>

**Tabla D.2.3.6. Emisiones de CO por tipo de vehículo en la ZMVM, 2006**

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1982 y ant	199,509	3,519	127	2,509	17,351	16,145	83	5,289	379	4,455	23	0
1983	19,287	801	56	730	3,351	4,072	10	647	109	718	13	0
1984	24,454	786	55	718	21,174	4,369	17	1,122	140	932	12	0
1985	31,196	678	57	984	20,867	3,976	15	969	78	729	4	0
1986	32,044	816	61	882	5,222	5,494	17	1,120	67	986	15	0
1987	23,094	1,040	65	1,148	6,679	7,478	24	1,595	79	1,319	28	0
1988	33,325	1,359	107	903	8,025	10,593	24	1,591	337	1,478	39	0
1989	37,968	1,152	239	1,559	10,633	14,596	5	378	213	1,148	5	0
1990	51,923	1,098	311	1,500	11,293	13,564	14	960	216	1,358	5	0
1991	64,932	655	143	1,254	5,819	5,497	16	1,098	70	835	2	0
1992	76,990	773	231	1,301	56,859	6,911	30	2,027	212	1,232	3	0
1993	75,267	1,898	400	1,925	7,674	12,648	41	2,800	671	1,846	7	0
1994	52,285	2,191	540	2,765	6,819	9,728	16	1,102	159	991	4	0
1995	31,994	2,542	539	3,212	39,081	7,855	-	8	38	303	4	5,941
1996	22,122	3,859	419	3,801	24,022	8,369	-	11	103	480	2	1,036
1997	32,041	5,877	870	12,325	9,658	13,561	2	173	238	830	5	1,352

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 1998

1998	52,075	18,518	1,250	26,647	10,449	19,562	-	54	1,713	913	13	1,413
1999	42,994	16,320	1,677	46,007	13,299	24,245	-	65	2,387	1,289	14	1,711
2000	46,935	23,892	2,760	41,302	12,808	27,201	-	50	420	1,318	19	2,837
2001	15,753	24,934	1,355	7,002	12,799	25,419	-	38	433	1,158	14	2,097
2002	17,136	11,518	562	2,526	2,652	9,915	-	28	2,145	739	17	2,230
2003	8,158	3,945	341	1,560	1,674	6,077	-	17	278	462	14	896
2004	8,847	1,240	85	1,060	1,371	2,584	-	7	155	238	10	661
2005	9,581	2,171	71	1,086	10,739	6,694	-	11	251	360	11	1,089
2006	10,362	2,658	142	2,018	3,346	8,165	-	19	210	431	17	1,465
<b>Total</b>	<b>1,020,274</b>	<b>134,243</b>	<b>12,464</b>	<b>166,725</b>	<b>323,662</b>	<b>274,717</b>	<b>315</b>	<b>21,178</b>	<b>11,104</b>	<b>26,546</b>	<b>298</b>	<b>22,729</b>

**Tabla D.2.3.7. Emisiones de NOx por tipo de vehículo en la ZMVM, 2006**

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1982 y ant	5,484	97	6	110	1,213	1,147	50	7,191	516	6,058	6	0
1983	530	22	3	32	234	289	6	880	148	977	3	0
1984	672	22	3	32	1,480	311	11	1,527	190	1,269	3	0
1985	857	19	3	43	1,459	283	9	1,317	106	994	1	0
1986	881	22	3	39	365	390	10	1,527	92	1,345	4	0
1987	635	29	3	50	467	532	15	2,152	107	1,791	7	0
1988	916	37	5	40	561	753	14	2,159	457	2,012	10	0
1989	1,434	44	11	69	743	1,037	3	515	290	1,562	8	0
1990	1,961	41	14	66	790	964	9	1,303	293	1,850	8	0
1991	2,452	25	6	55	407	391	10	1,496	96	1,141	3	0
1992	2,908	29	11	57	3,975	491	18	2,758	288	1,680	4	0
1993	2,843	72	18	85	537	899	25	3,794	910	2,516	12	0
1994	2,773	116	25	122	477	691	10	1,498	217	1,351	6	0
1995	1,697	135	24	141	2,732	558	-	10	52	413	7	29
1996	1,173	205	19	167	1,680	595	-	15	139	651	4	5
1997	2,449	449	40	542	675	964	1	235	324	1,129	8	6
1998	3,980	1,415	57	1,171	731	1,390	-	74	2,336	1,244	21	7
1999	4,354	1,589	76	2,022	930	1,723	-	88	3,245	1,752	23	8
2000	4,753	2,326	125	1,815	895	1,933	-	67	570	1,788	31	13
2001	3,237	2,428	62	308	895	1,807	-	41	464	1,241	23	34
2002	3,521	1,122	26	111	372	661	-	28	2,176	750	29	38
2003	1,708	384	16	69	235	405	-	17	281	467	23	15
2004	1,852	121	4	47	192	172	-	7	159	243	17	12
2005	2,006	211	3	48	1,505	446	-	12	259	371	19	20
2006	2,169	259	6	89	469	544	-	19	218	447	28	28
<b>Total</b>	<b>57,246</b>	<b>11,218</b>	<b>567</b>	<b>7,326</b>	<b>24,019</b>	<b>19,378</b>	<b>191</b>	<b>28,728</b>	<b>13,933</b>	<b>35,042</b>	<b>308</b>	<b>215</b>

**Tabla D.2.3.8. Emisiones de HC por tipo de vehículo en la ZMVM, 2010**

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1986 y ant	15,918	312	9	248	1,800	1,673	63	2,713	190	2,285	11	0
1987	1,268	71	4	72	348	422	8	332	54	368	6	0
1988	1,913	70	4	71	2,196	453	13	574	70	477	6	0
1989	3,106	60	4	97	2,164	412	11	496	37	374	2	0
1990	4,378	72	5	87	542	569	13	573	32	505	7	0
1991	5,617	92	5	113	693	775	18	812	38	675	13	0

Anexo D. Proyección del inventario de emisiones 1998 al 2000, 2006 y 2010

1992	6,809	120	8	89	832	1,098	18	812	166	757	18	0
1993	6,166	128	18	154	1,103	1,512	4	194	105	588	4	0
1994	6,117	122	23	148	1,171	1,406	11	491	105	697	4	0
1995	3,799	72	11	124	604	570	12	561	34	428	1	0
1996	2,662	86	17	128	5,898	716	23	1,040	106	633	2	0
1997	4,922	202	30	189	796	1,311	31	1,427	340	946	7	0
1998	6,466	258	40	271	707	1,008	12	565	78	510	4	0
1999	7,143	296	40	310	4,054	814	0	4	18	156	4	1,546.3
2000	7,869	448	31	342	2,492	867	0	5	50	246	2	270
2001	6,829	678	65	1,027	1,002	1,405	2	89	117	427	5	350
2002	7,486	2,124	93	2,108	1,084	2,027	0	28	875	471	12	359
2003	5,602	1,980	125	3,624	1,379	2,512	0	33	1,204	663	13	435
2004	6,116	2,898	205	3,243	1,328	2,819	0	25	206	676	18	720
2005	678	3,024	101	608	1,328	2,634	0	15	160	453	13	340
2006	738	1,398	42	242	476	485	0	10	784	274	16	303
2007	801	480	25	151	301	297	0	6	100	170	13	116
2008	869	152	6	104	246	126	0	2	49	78	10	68
2009	941	265	5	106	1,929	328	0	4	81	120	10	104
2010	1,018	326	11	197	601	400	0	6	67	144	15	130
<b>Total</b>	<b>115,231</b>	<b>15,733</b>	<b>926</b>	<b>13,852</b>	<b>35,073</b>	<b>26,638</b>	<b>239</b>	<b>10,817</b>	<b>5,066</b>	<b>13,123</b>	<b>215</b>	<b>4,742</b>

Tabla D.2.3.9. Emisiones de CO por tipo de vehículo en la ZMVM, 2010

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1986 y ant	194,429	3,809	99	2,715	19,529	18,171	93	5,952	417	5,015	23	0
1987	15,486	867	44	790	3,771	4,583	11	728	119	809	13	0
1988	23,364	851	43	777	23,831	4,917	20	1,263	155	1,049	12	0
1989	37,932	734	45	1,065	23,486	4,475	17	1,091	81	823	4	0
1990	53,471	884	48	955	5,877	6,183	19	1,261	71	1,111	15	0
1991	68,609	1,125	51	1,243	7,517	8,417	27	1,795	83	1,494	28	0
1992	83,167	1,471	84	977	9,032	11,922	27	1,791	366	1,669	39	0
1993	60,317	1,247	187	1,687	11,967	16,428	5	426	232	1,292	5	0
1994	59,831	1,189	243	1,620	12,710	15,267	16	1,080	230	1,534	5	0
1995	37,163	709	111	1,356	6,549	6,187	18	1,236	75	943	2	0
1996	26,041	837	181	1,408	63,996	7,779	34	2,282	233	1,390	3	0
1997	48,142	1,972	313	2,071	8,637	14,235	47	3,152	751	2,090	7	0
1998	56,336	2,246	422	2,974	7,674	10,949	18	1,241	171	1,119	4	0
1999	62,236	2,577	421	3,398	43,986	8,841	0	9	39	342	4	5941
2000	68,559	3,905	327	3,748	27,037	9,419	0	12	111	540	2	1036
2001	59,732	5,928	679	11,259	10,870	15,263	2	194	256	934	5	1352
2002	65,479	18,578	976	23,121	11,760	22,018	0	61	1,906	1,027	13	1413
2003	54,060	16,352	1,309	39,752	14,968	27,288	0	73	2,634	1,451	14	1711
2004	59,016	23,927	2,155	35,570	14,415	30,615	0	56	452	1,483	19	2837
2005	8,683	24,963	1,058	6,670	14,406	28,610	0	43	461	1,303	14	2097
2006	9,445	11,546	438	2,655	2,985	11,160	0	32	2,381	832	17	2230
2007	10,258	3,962	266	1,660	1,884	6,840	0	19	304	520	14	896
2008	11,125	1,252	66	1,140	1,543	2,908	0	8	166	268	10	661
2009	12,047	2,190	56	1,162	12,087	7,534	0	13	274	405	11	1089
2010	13,029	2,692	111	2,161	3,766	9,190	0	21	225	485	17	1465
<b>Total</b>	<b>1,197,958</b>	<b>135,812</b>	<b>9,731</b>	<b>151,933</b>	<b>364,285</b>	<b>309,197</b>	<b>355</b>	<b>23,836</b>	<b>12,193</b>	<b>29,928</b>	<b>298</b>	<b>22,729</b>

Tabla D.2.3.10. Emisiones de NOx por tipo de vehículo en la ZMVM, 2010

Año	Emisiones (ton/año)											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1986 y ant	5,344	105	5	119	1,365	1,292	57	8,094	567	6,819	6	0
1987	426	24	2	35	264	326	7	990	161	1,099	3	0
1988	642	23	2	34	1,666	349	12	1,718	211	1,428	3	0
1989	1,043	20	2	47	1,642	318	10	1,482	110	1,119	1	0
1990	1,470	24	2	42	411	439	12	1,718	97	1,514	4	0
1991	1,886	31	2	55	526	598	16	2,422	112	2,015	7	0
1992	2,286	40	4	43	631	847	16	2,429	497	2,265	10	0
1993	2,278	47	8	74	837	1,168	3	579	316	1,758	8	0
1994	2,260	45	11	71	889	1,085	10	1,467	313	2,082	8	0
1995	1,404	27	5	60	458	440	11	1,684	103	1,285	3	0
1996	984	32	8	62	4,474	553	21	3,104	317	1,890	4	0
1997	1,818	74	14	91	604	1,012	28	4,271	1,018	2,832	12	0
1998	2,988	119	19	131	537	778	11	1,686	233	1,521	6	0
1999	3,300	137	19	149	3,075	628	0	12	53	465	7	29
2000	3,636	207	15	165	1,890	669	0	16	150	733	4	5
2001	4,566	453	31	495	760	1,085	1	264	349	1,270	8	6
2002	5,005	1,420	44	1,016	822	1,565	0	83	2,600	1,401	21	7

Anexo D. Proyección del inventario de emisiones 1998 al 2000, 2006 y 2010

2003	5,474	1,592	60	1,747	1,047	1,939	0	99	3,580	1,972	23	8
2004	5,976	2,330	98	1,563	1,008	2,176	0	76	613	2,013	31	13
2005	1,818	2,431	48	293	1,007	2,033	0	46	494	1,396	23	34
2006	1,978	1,124	20	117	418	744	0	32	2,416	844	29	38
2007	2,148	386	12	73	264	456	0	19	307	525	23	15
2008	2,329	122	3	50	216	194	0	8	170	274	17	12
2009	2,522	213	3	51	1,694	502	0	13	282	418	19	20
2010	2,728	262	5	95	528	613	0	22	233	503	28	28
Total	66,307	11,288	442	6,676	27,034	21,810	214	32,334	15,300	39,440	308	215

Emisiones de PM<sub>10</sub>

Para el cálculo de las emisiones de PM<sub>10</sub> se utilizaron los mismos factores de emisión que para el inventario de emisiones 1998, (tabla A.2.16 del anexo A), y siguiendo la metodología de dicho inventario se tienen las emisiones de PM<sub>10</sub> para los años 2000, 2006 y 2010 en las tablas que a continuación se presentan.

Tabla D.2.3.11. Emisiones de PM<sub>10</sub> por tipo de vehículo en la ZMVM, 2000

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1978 y ant	56	1.2	0.09	0.60	9	5	36	520	39	438	0.08	-
1977	7	0.3	0.04	0.17	2	1	4	64	11	71	0.05	-
1978	10	0.3	0.04	0.17	11	1	8	111	14	92	0.05	-
1979	13	0.2	0.04	0.23	11	1	6	95	9	72	0.02	-
1980	18	0.3	0.04	0.21	3	2	8	111	7	98	0.06	-
1981	22	0.4	0.05	0.27	3	2	11	158	9	132	0.11	-
1982	21	0.5	0.08	0.22	4	3	11	159	36	148	0.14	-
1983	13	0.5	0.17	0.37	5	4	2	38	23	115	0.45	-
1984	15	0.5	0.22	0.36	6	4	6	96	24	136	0.46	-
1985	18	0.3	0.10	0.30	3	2	8	110	8	84	0.16	-
1986	18	0.4	0.16	0.31	29	2	14	204	22	124	0.25	-
1987	13	0.9	0.28	0.46	4	4	19	283	69	188	0.71	-
1988	18	1.6	0.38	0.67	3	3	8	112	18	101	0.38	-
1989	27	1.8	0.38	0.80	20	2	-	1	4	31	0.39	4.64
1990	36	2.8	0.30	1.09	12	3	-	1	11	49	0.23	0.81
1991	44	5.4	0.62	3.98	5	4	1	18	26	86	0.48	1.06
1992	51	17.0	0.88	9.21	5	6	-	6	181	95	1.22	1.13
1993	49	31.1	1.19	15.98	7	7	-	7	257	134	1.34	1.38
1994	48	45.5	1.95	14.40	6	8	-	5	47	138	1.83	2.33
1995	29	47.5	0.96	2.12	6	8	-	4	50	122	1.32	2.43
1996	20	21.9	0.40	0.64	6	5	-	3	246	83	1.70	2.67
1997	35	7.5	0.24	0.39	3	3	-	2	34	54	1.36	1.10
1998	57	2.3	0.06	0.26	3	1	-	1	21	29	1.00	0.84
1999	62	4.1	0.05	0.27	22	3	-	1	33	45	1.09	1.42
2000	67	5.0	0.10	0.49	7	4	-	2	28	54	1.61	1.97
Total	766	199	9	54	194	89	141	2,112	1,227	2,718	16	22

Tabla D.2.3.12. Emisiones de PM<sub>10</sub> por tipo de vehículo en la ZMVM, 2006

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1982 y ant	76	1.3	0.06	0.67	10	6	43	621	45	523	0.08	-
1983	7	0.3	0.03	0.20	2	1	5	76	13	84	0.05	-
1984	9	0.3	0.03	0.19	13	2	9	132	16	110	0.05	-
1985	12	0.3	0.03	0.26	13	1	8	114	9	86	0.02	-
1986	12	0.3	0.03	0.24	3	2	9	132	8	117	0.05	-
1987	9	0.4	0.03	0.31	4	3	13	189	9	157	0.10	-
1988	13	0.5	0.05	0.24	5	4	13	189	40	177	0.14	-
1989	20	0.6	0.12	0.42	6	5	3	45	26	137	0.45	-
1990	27	0.6	0.15	0.40	7	5	8	115	26	163	0.46	-
1991	34	0.3	0.07	0.34	4	2	9	132	8	100	0.15	-
1992	40	0.4	0.11	0.35	34	2	17	244	26	149	0.25	-
1993	39	1.0	0.20	0.52	5	5	23	338	81	224	0.70	-
1994	38	1.6	0.26	0.74	4	3	9	134	19	121	0.38	-
1995	23	1.9	0.26	0.86	24	3	-	1	5	37	0.38	4.64
1996	16	2.8	0.20	1.02	14	3	-	1	13	59	0.22	0.81
1997	30	5.4	0.42	3.31	6	5	1	21	29	102	0.47	1.06
1998	48	17.1	0.61	7.15	6	7	-	7	212	113	1.21	1.13
1999	53	31.1	0.82	12.34	8	9	-	8	296	160	1.33	1.38
2000	57	45.6	1.35	11.08	8	10	-	6	52	164	1.82	2.33
2001	63	47.6	0.66	1.88	8	9	-	5	54	145	1.31	2.43
2002	68	22.0	0.27	0.68	7	6	-	4	287	99	1.69	2.67
2003	74	7.5	0.17	0.42	4	4	-	2	39	65	1.35	1.10
2004	80	2.4	0.04	0.28	3	2	-	1	23	35	0.99	0.84
2005	87	4.1	0.03	0.29	27	4	-	2	37	53	1.08	1.42
2006	94	5.1	0.07	0.54	8	5	-	3	31	64	1.60	1.97
Total	1,029	201	6	45	232	107	169	2,522	1,406	3,245	16	22

Tabla D.2.3.13. Emisiones de PM<sub>10</sub> por tipo de vehículo en la ZMVM, 2010

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1986 y ant	74	1.4	0.0	1	12	7	48	699	49	589	0.08	0.0
1987	6	0.3	0.0	0	2	2	6	86	14	95	0.05	0.0
1988	9	0.3	0.0	0	14	2	10	149	18	123	0.05	0.0
1989	14	0.3	0.0	0	14	2	9	128	10	97	0.02	0.0
1990	20	0.3	0.0	0	4	2	10	149	8	131	0.05	0.0
1991	26	0.4	0.0	0	5	3	15	212	10	177	0.10	0.0
1992	32	0.6	0.0	0	5	4	15	213	44	199	0.14	0.0
1993	31	0.7	0.1	0	7	6	3	51	28	154	0.45	0.0
1994	31	0.6	0.1	0	8	5	9	129	28	183	0.46	0.0
1995	19	0.4	0.1	0	4	2	10	148	9	113	0.15	0.0
1996	14	0.4	0.1	0	39	3	19	275	28	167	0.25	0.0
1997	25	1.0	0.2	1	5	5	26	380	91	252	0.70	0.0
1998	41	1.6	0.2	1	5	4	10	151	21	136	0.38	0.0
1999	46	1.9	0.2	1	26	3	0	1	5	42	0.38	4.6
2000	50	2.9	0.2	1	16	3	0	1	14	66	0.22	0.8
2001	55	5.5	0.3	3	7	5	1	24	32	115	0.47	1.1
2002	60	17.2	0.5	6	7	8	0	8	236	127	1.21	1.1

Anexo D. Proyección del inventario de emisiones 1998 al 2000, 2006 y 2010

2003	66	31.2	0.6	11	9	10	0	9	327	180	1.33	1.4
2004	72	45.7	1.1	10	9	11	0	7	56	185	1.82	2.3
2005	79	47.6	0.5	2	9	10	0	5	58	164	1.31	2.4
2006	86	22.0	0.2	1	7	7	0	4	319	111	1.69	2.7
2007	93	7.6	0.1	0	5	4	0	3	43	73	1.35	1.1
2008	101	2.4	0.0	0	4	2	0	1	24	39	0.99	0.8
2009	109	4.2	0.0	0	30	5	0	2	41	60	1.08	1.4
2010	118	5.1	0.1	1	9	6	0	3	34	72	1.60	2.0
<b>Total</b>	<b>1,278</b>	<b>202</b>	<b>5</b>	<b>41</b>	<b>261</b>	<b>120</b>	<b>190</b>	<b>2,839</b>	<b>1,543</b>	<b>3,652</b>	<b>16</b>	<b>22</b>

*Emisiones de SO<sub>2</sub>*

Las emisiones de bióxido de azufre, se calcularon mediante un balance de masa, de acuerdo a la metodología descrita en el inventario de emisiones de 1998, en la tabla D.1.3.1 se tienen los consumos utilizados para el año 2000, así mismo, en la tabla D.1.3.2 se muestran las estimaciones proyectadas del consumo de combustible; las emisiones de SO<sub>2</sub> se muestran en la tabla D.2.3.7.

Cabe destacar que se utilizó la misma concentración de azufre y densidad de los combustibles vehiculares del año 1998, para el cálculo de los años 2000, 2006 y 2010 (tabla D.2.3.6).

**Tabla D.2.3.6. Densidad y contenido de azufre de los combustibles**

Combustible	Densidad <sup>8</sup> [ton/m <sup>3</sup> ]	Azufre <sup>9</sup> [%peso]
PEMEX Magna	0.73	0.039
PEMEX Premium	0.73	0.022
PEMEX Diesel	0.83	0.04

**Tabla D.2.3.7. Emisiones de SO<sub>2</sub> por tipo de vehículo en la ZMVM, 2000, 2006 y 2010.**

Clasificación Vehicular	Emisiones [ton/año]		
	2000	2006	2010
Autos Particulares	2,056	2,551	2,980
Taxis	583	722	844
Combis	27	36	42
Microbuses	156	211	247
Pick up's	544	666	777
Camiones de carga a gasolina	262	306	358
Vehículos a diesel <3 ton	25	33	39
Tractocamiones a diesel	374	486	587

<sup>8</sup> Fuente: PEMEX Refinación.

<sup>9</sup> Oficio fechado el lunes 21 de junio de 1999 de la Subdirección de Producción de PEMEX Refinación dirigido al Dr. Adrián Fernández Bremauntz, Director General del Instituto Nacional de Ecología.

Autobuses a diesel	217	287	346
Vehículos a diesel = 3 ton	464	626	755
Camiones de carga a gas LP	-	-	-
Motocicletas	63	63	63
<b>Total</b>	<b>4,771</b>	<b>5,987</b>	<b>7,038</b>